

**ADANA' N N S I Ç A K N E M L İ İ K L İ M İ N D E D İ Ş D U V A R L A R D A
O L U Ş A N H A S A R L A R I N İ R D E L E N M E S İ V E
Y A P I S A L Ç Ö Z Ü M Ö N E R İ L E R İ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
M m a r A p e r D O Ğ A N**

A n a b i l i m D a l ı : M İ M A R L I K

P r o g r a m : Y A P I B İ L G İ S İ

M A Y I S 2 0 0 4

**ADANA' NIN SICAK NEMLİ İKLİMİNDE DİŞ DUVARLARDA
OLUŞAN HASARLARIN İRDELENMESİ VE
YAPISAL ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Alper DOĞAN
502 011 121**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Mayıs 2004**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bilge İŞİK
Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. Ayşe BALANLI (Y.T.Ü)
Doç. Dr. Gül KOÇLAR (İ.T.Ü)**

MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Binaların önemli bir elemanı olan dış duvarlarda oluşan hasarlar, duvarların kendisinden beklenen işlevleri tamolarak yerine getirmesini engeller. Bakıma onarılmı giderlerinin istenmeyen enerji kayıp ve kazançlarının çevre kirliliğinin en aza indirilmesi yanında sağlıklı iç mekanlarda yaşanabilmesi için tasarımı evresinden başlayarak, bölgelere göre değişkenlik gösteren atmosferik etmenler başta olmak üzere diğer tüm etmenler analitik olarak incelenmeli, hasar olasılığı yüksek olan noktalar yeterince önemsenerek amaca uygun duvar seçenek ve ayrıntıları belirlenmelidir.

Bu çalışma, Adana'nın sıcak-nemli ikliminde dış duvarlarda oluşan hasarların anlaşılmasına ve bölge iklim şartlarında hasar oluşma olasılığı en az olan dış duvar seçeneklerinin belirlenmesine yardımcı olacağı düşüncesiyle hazırlanmıştır.

Bu çalışmada ilgi ve desteği ile yardımcı olan, yol gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Bilge IŞIK'a, yardımlarını esirgeyerek çalışmamın daha iyi bir noktaya gelmesini sağlayan Doç. Dr. Ayşe BALANLI'ya ve Doç. Dr. Gül KOÇLAR'a, yardımlarından dolayı arkadaşlarımla Y. Mimar Bahar BEYHAN'a, Dr. Çiğdem ÇELİK'e, Y. Mimar Evren AKGÖZ'e, Mimar Fidan ÇAPAR'a, çalışmamın her aşamasında sabır ve desteklerini eksiltmeyen aileme teşekkür ederim.

Ve son olarak manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili babam Sebahi DOĞAN'a teşekkür etmek istiyorum. Kalbimdesi...

Mayıs 2004

Alper Doğan

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
SEMBOL LİSTESİ	XI
ÖZET	XII
SUMMARY	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
1.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem	2
2. DIŞ DUVARLARIN TANIMI, SINIFLANDIRILMASI, OLUŞUMLARINI BELİRLİYEN ÇEVRESEL ETMENLER VE GEREKSİNİMLER	3
2.1. Dış Duvarların Tanımı ve Sınıflandırılması	3
2.1.1. Taşıyıcı Dış Duvarlar	3
2.1.2. Taşıyıcı Olmayan Dış Duvarlar	3
2.2. Dış Duvar Bileşenleri	4
2.2.1. Duvar Gövdesi	5
2.2.2. Kaplama	8
2.2.2.1. Boyalar	9
2.2.2.2. Sıvalar	9
2.2.2.3. Haka Halinde Kaplamalar	11
2.2.3. Hava Boşluğu	12
2.2.4. Isı Yalıtımı	13
2.3. Dış Duvarların Oluşumunu Belirleyen Çevresel Etmenler ve Gereksinimler	17
2.3.1. Isı ile İlgili Etmen ve Gereksinimler	19
2.3.2. Su ve Nem ile İlgili Etmen ve Gereksinimler	21
2.4. Bölüm Sonucu	23

3. DIŞ DUVAR HASARLARI NA YOL AÇAN ETKENLER VE BU ETKENLERİN DIŞ DUVARLARI ETKİLEME ŞEKİLLERİ	25
3.1. Atmosferik Etkiler	26
3.1.1. Sıcaklık Etkisi	26
3.1.2. Su ve Nem Etkisi	30
3.1.3. Güneş Işınlarmın Etkisi	35
3.1.4. Rüzgar Etkisi	37
3.1.5. Zararlı Gazların Etkisi	38
3.2. İç Ortamdan Gelen Etkiler	39
3.3. Mikroorganizmalar, Bitkiler ve Rüzgarla Gelen Partiküllerin Etkisi	40
3.4. Duvar Özelliklerine Bağlı Etkiler	40
3.4.1. Duvarı Ouşturan Ürünlerin Su ve Nemle İlgili Özellikleri	42
3.4.2. Duvarı Ouşturan Ürünlerin Isıl Özellikleri	48
3.5. Bölüm Sonucu	52
4. ADANA' DAKİ BİNALARIN DIŞ DUVARLARINDA OLUŞAN HASARLARIN İRDELENMESİ İÇİN ALAN ÇALIŞMASI VE YAPISAL ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	53
4.1. Alan Çalışmasının Amacı	53
4.2. Alan Çalışmasında İzlenen Yol	53
4.3. Adananın İklimsel Verilerinin Düzenlenmesi	54
4.3.1. Adana İlinin Meteorolojik (İklimsel) Özellikleri	55
4.3.2. TS 825 Standartı	56
4.4. Adanada Uygulanan Dış Duvar Tipleri	61
4.4.1. Duvar Tiplerinin Isıl Sorunlar Yönünden İrdelenmesi	65
4.4.2. Duvar Tiplerinin Nem ve Yoğuşma Yönünden İrdelenmesi	67
4.5. Oluşan Hasar Türleri	70
4.5.1. Çıçıklanmalar	70
4.5.2. Çatlakların Oluşması	73
4.5.3. Kabarmalar ve Dökülmeler	75
4.5.4. Renk Bozulmaları	79
4.6. Hasarların Oluşum Nedenleri	81
4.6.1. Tasarıma Bağlı Nedenler	81
4.6.2. Uygulamaya Bağlı Nedenler	85

4.6.3 Kullanıma Bağlı Nedenler	87
4.7. Yapısal Çözüm Önerileri	87
4.8. Bölüm Sonucu	89
5. SONUÇLAR	90
KAYNAKLAR	92
EKLER	96
ÖZGEÇMİŞ	104

KI SALT MALAR

Dİ E	: Devlet İstatistik Enstitüsü
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TS	: Türk Standartları
UV	: Mor ötesi (ultraviyole) Işınları
IR	: Kı zı lberisi (infrared) Işınları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Konut yapılarının yapı sistemlerine göre dağılımları 4
Tablo 2.2	Bazı ısı yalıtı ürünlerine ait ısı iletkenlik katsayıları değerleri 14
Tablo 2.3	Çevresel etmenler ve gereksinimler 19
Tablo 2.4	Bölgelere göre tavsiye edilen duvarlara ait U değerleri 20
Tablo 3.1	Dış yüzey sıcaklığının renge bağlı değişimi 36
Tablo 3.2	Dış yüzey emicilik katsayısının yüzey pürüzlülüğüne bağlı değişimi 37
Tablo 3.3	Ürünlerin ısı ve su ile ilgili özelliklerinin farklılığından kaynaklanan hasarlar 41
Tablo 3.4	Üründe kapiler su geçirimsizliği somutlaştırıcı bir dala (50 mg) suyun malzeme yüzeyince emiliş süreleri (t) 44
Tablo 3.5	Çeşitli ürünlerde ağırlıkça su emme, basınçlı su geçirimsizlik ve kapilarite katsayıları 45
Tablo 3.6	Çeşitli ürünlerin su buharı difüzyon direnç katsayıları ... 46
Tablo 4.1	Adana il merkezi meteorolojik (iklimsel) verileri (1990-2001) ... 55
Tablo 4.2	Konutların taşıyıcı sistemleri 62
Tablo 4.3	Adana’da bulunan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünün cinsleri ve kullanım yüzdeleri 62
Tablo 4.4	Adana’da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların taşıyıcı sistemleri 63
Tablo 4.5	Adana’da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünü cinsleri ve kullanım yüzdeleri 64
Tablo 4.6	Adana’da uygulanan sekiz ayrı duvar tipinin yoğunlaşma denetimi sonuçları ve hasarlar 69
Tablo 4.7	“Şekil 4.11” de görünen hasarlı duvara ait bileşenlerin ayrıştırması ... 72
Tablo 4.8	“Şekil 4.11” de görünen binanın dış duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı, gerçek buhar basıncı değerleri ... 72
Tablo 4.9	“Şekil 4.18” de görünen binanın dış duvar bileşenlerinin ayrıştırması.. 78
Tablo 4.10	“Şekil 4.18” de görünen duvar kesitine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı, gerçek buhar basıncı hesap değerleri 78
Tablo 4.11	Dış duvarlarda hasar oluşumunu etkileyen atmosferik etkenler, hasar oluşum türleri, nedenleri ve yapısal çözüm önerileri 88
Tablo A.1	(A) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması 96
Tablo A.2	(A) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları 96
Tablo A.3	(B) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması 96
Tablo A.4	(B) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları 97
Tablo A.5	(C) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması 97

Tablo A6	(Q) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları	97
Tablo A7	(D) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması	98
Tablo A8	(D) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları	98
Tablo A9	(E) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması	98
Tablo A10	(E) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları	99
Tablo A11	(F) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması	99
Tablo A12	(F) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları	99
Tablo A13	(G) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması	100
Tablo A14	(G) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları	100
Tablo A15	(H) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıştırması	100
Tablo A16	(H) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları	100
Tablo A17	(30, 9° C) ile (20, 9° C) arasındaki sıcaklıklarda doymuş su buharı basıncı değerleri sıcaklık derecelerine göre doymuş su buharı basıncı (Pa)	101

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Br duvarın bileşenleri	5
Şekil 2.2 : Dış duvara dıştan ısı yalıtımı uygulaması yapılması	14
Şekil 2.3 : Dış duvara içten ısı yalıtımı uygulaması yapılması.....	15
Şekil 2.4 : Dış duvara ortadan ısı yalıtımı uygulaması	17
Şekil 3.1 : Genleşme profili örnekleri	26
Şekil 3.2 : Genleşme profili örnekleri (kesit).....	27
Şekil 3.3 : Dış duvara nüfuz eden suyun donması sonucunda dış kaplama bileşeninde oluşan ve ileride onarılmak isteyen düşme ve kırılma	29
Şekil 3.4 : Yapıda etkili olan su kaynakları ve iletim yolları	30
Şekil 3.5 : Güneş ışığı tayfının frekans dağılımı	35
Şekil 3.6 : Ürün rengi ne bağlı olarak saat-sıcaklık ilişkisi	36
Şekil 3.7 : Malzeme de basınçlı su geçirimsizlik ve kapilarite deneyleri	42
Şekil 3.8 : Nem oranının ısı iletkenlik katsayısına etkisi	49
Şekil 4.1 : Adana’da bulunan konutların taşıyıcı sistemleri ve kullanımı yüzdeleri	62
Şekil 4.2 : Adana’da bulunan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünü cinsleri ve kullanım yüzdeleri	62
Şekil 4.3 : Adana’da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların taşıyıcı sistemleri ve kullanım yüzdeleri	63
Şekil 4.4 : Adana’da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünleri cinsleri ve kullanımı yüzdeleri	64
Şekil 4.5 : Adana’da uygulanan sekiz farklı dış duvar tipi	65
Şekil 4.6 : Sekiz ayrı dış duvara ait sıcaklık gradyanı	67
Şekil 4.7 : Sekiz ayrı dış duvara ait buhar gradyanı	68
Şekil 4.8 : Duvar kesitinde oluşan gizli yoğunlaşma suyu, bitirme bileşeni altında çiçeklenmeye neden olmuştur	70
Şekil 4.9 : Yoğuşma nedeniyle oluşan suyun yarattığı hasar	71
Şekil 4.10 : Rüzgarla gelen yağmur damlaları, kapilarite yoluyla duvar bünyesine nüfuz eden zemin suları etkisinde sıva dökülmeleri, çiçeklenme, kabarmalar, dökülmeler	71
Şekil 4.11 : Yoğuşma nedeniyle duvar kesitinde oluşan gizli yoğunlaşma ve yüzeyde oluşan terleme sonucu oluşan suyun duvar yüzeyinde oluşturduğu kabarma ve dökülmeler	72
Şekil 4.12 : “Tablo 4.7” nin grafik anlatımı; buhar gradyanları (taralı kısımda gizli yoğunlaşma oluşmaktadır)	73
Şekil 4.13 : Kaplama bileşeninde oluşan çatlamalar, kabarma ve dökülmeler.	74
Şekil 4.14 : Yağış suları ile birlikte bina çevresinde ek önlemler alınmadığı için temelde toprak oturumları dolayısıyla oluşan dış duvar hasarı	74

Şekil 4 15	: B n a m ı n o t u r d u ğ u z e m i n i ç e r i s i n d e k i y a ğ ı ş s u l a r ı n a b a ğ l ı o l a r a k o l u ş a n h a r e k e t l e r e t k i s i n d e d u v a r d a o l u ş a n ç a t l a k l a r	75
Şekil 4 16	: H a v a n ı n n e m i v e r ü z g a r l a i t i l e n y a ğ m u r d a m ı a l a r ı n ı n n e d e n o l d u ğ u k a b a r m a v e d ö k ü l m e l e r	76
Şekil 4 17	: R ü z g a r l a i t i l e n y a ğ m u r d a m ı a l a r ı n ı n v e h a v a d a b u l u n a n n e m e t k i s i n d e o l u ş a n b o y a d ö k ü l m e l e r i	77
Şekil 4 18	: K a p l a m a a l t ı n d a o l u ş a n g i z l i y o ğ u ş m a (k o n d a n s a s y o n) s o n u c u n d a y a p ı ş t ı r m a h a r c ı y l a (ç i n e n t o e s a s l ı) t e s p i t e d i l e n s e r a m i k k a p l a m a l a r ı n d ö k ü l m e s i	77
Şekil 4 19	: “T a b l o 4 10” u n g r a f i k a n l a t ı m ı (t a r a l ı b ö l g e d e y o ğ u ş m a o l u ş u y o r)	78
Şekil 4 20	: İ s ı l g e r i l m e l e r e t k i s i n d e s e r a m i k k a p l a m a m ı n d ö k ü l m e s i	79
Şekil 4 21	: G ü n e ş e t k i s i n d e d ı ş c e p h e b o y a s ı n ı n r e n g i n i y ı t i r e r e k k ö t ü b i r g ö r ü n ü m a l m a s ı	79
Şekil 4 22	: H a v a d a b u l u n a n g a z l a r ı n s u y l a b i r l e ş e r e k y ü z e y d e o l u ş t u r d u ğ u t a h r i b a t v e r ü z g a r l a g e l e n i s, t o z, k u m g i b i p a r t i k ü l l e r i n y o l a ç t ı ğ d u v a r d u v a r y ü z e y i n d e o l u ş a n k ı r l e n m e l e r	80
Şekil 4 23	: İ k i f a r k l ı ü r ü n ü n a r a k e s i t i n d e o l u ş a n a y r ı l m a, ç a t l a m a, d ö k ü l m e	82
Şekil 4 24	: S u y a l ı t ı m ı n d a a y r ı n t ı l a n d ı r m a i l k e l e r i	83
Şekil 4 25	: D a m l a l ı k a y r ı n t ı s ı n ı n y a n l ı ş o l m a s ı n e d e n i y l e, s u y u n b i n a c e p h e s i n d e o l u ş t u r d u ğ u i s t e n n e y e n g ö r ü n t ü v e h a s a r l a r	84
Şekil 4 26	: H a r p u ş t a a y r ı n t ı s ı n ı n y a n l ı ş o l m a s ı n a b a ğ l ı o l a r a k y a ğ m u r s u y u n u n d ı ş d u v a r d a y a r a t t ı ğ h a s a r l a r	84
Şekil B 1	: A d a n a’ d a b u l u n a n b i n a l a r a a i t s e k i z a y r ı d ı ş d u v a r k e s i t i n i n Q (ı s ı k a y b ı)’ y a g ö r e k a r ş ı l a ş t ı r ı l m a s ı	102
Şekil B 2	: A d a n a’ d a b u l u n a n b i n a l a r a a i t s e k i z a y r ı d ı ş d u v a r k e s i t i n i n t i (i ç y ü z e y s ı c a k l ı ğ) v e t d (d ı ş y ü z e y s ı c a k l ı ğ)’ l e r i n e g ö r e k a r ş ı l a ş t ı r ı l m a s ı	103
Şekil B 3	: A d a n a’ d a b u l u n a n b i n a l a r a a i t s e k i z a y r ı d ı ş d u v a r k e s i t i n i n “U (ı s ı g e ç i r g e n l i k k a t s a y ı s ı)” l a r ı n a g ö r e k a r ş ı l a ş t ı r ı l m a s ı	103

SEMBOL LİSTESİ

Δl	: Boydaki değişim
l_0	: İlk boy
l	: Son boy
Δt	: Sıcaklık değişimi
α	: Genleşme katsayısı
E	: Elastisite modülü
σ	: Gerilme
S_a	: Ağırlıkça su emme oranı
$P_{\square}$	: Suyu doymuş ağırlığı
P_0	: Kuru ağırlığı
Q	: Birim zamanda geçen su miktarı (cm^3/sn)
P	: Su basıncı (cm)
A	: Kesit alanı (cm^2)
k	: Geçirimsizlik katsayısı (cm/sn)
x	: Ürün kalınlığı (cm)
V	: Toplam hacim
Δ	: Birim hacim ağırlık
t	: Geçen zaman (sn)
K	: Kapilarite katsayısı (cm^2/sn)
p	: Çevrimperi yodu
c	: Özgül ısıyı
λ	: Isıl iletkenlik katsayısı
ρ	: Homojen malzemenin yoğunluğu
ϕ	: Bağlı nem (rölatif, nispi, göreceli)
P_s	: Doymuş buhar basıncı
ϕ	: İç bağlı nem
ϕ_d	: Dış bağlı nem
μ	: Buhar difüzyon direnç faktörü
U_b	: Duvar kesitini alacağı maksimum maksimum geçirgenlik katsayısı değeri
R	: Duvarın ses geçişine karşı gösterdiği direnç
f	: Sesi n frekansı
$B A$	: Betonarme

ADANA' NIN SICAK-NEMLİ İKLİMİNDE DİŞ DUVARLARDA OLUŞAN HASARLARIN İRDELENMESİ VE YAPISAL ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

ÖZET

Dış duvarlar, iç ortam dış ortamdan ayıran, her türlü çevresel etkiye maruz kalan en önemli yapı elemanlarından birisidir. Farklı bileşenlerden oluşan dış duvarlar özellikle, uygulanacakları bölgelerin iklimsel (meteorolojik) şartları ve oluşumlarını belirleyen diğer çevresel etmenler ve gereksinimler göz önünde bulundurularak tasarlanmalı ve kompozisyonları belirlenmelidir. Aksi takdirde, binanın yaşam sürecinde meydana gelen hasarlar, duvarın kendinden beklenen işlevleri tam olarak yerine getirmesini engelleyecektir. Hasarların bakım onarım masrafları bir yana; hasarlı bölgeler, istenmeyen enerji kayıp ve kazançlarına, sağlıklı insan konfor şartlarından uzak mekanların oluşmasına ve çevre kirliliğine yol açacaktır.

Gerek tasarımı evresinde gerekse uygulama evresinde hasar olasılığı yüksek olan bölgelere gereken önemin gösterilmesi hasarların oluşmasında en önemli nedendir. Yatırım maliyeti görece olarak ucuz olduğu gerekçesiyle, çevresel etmenler ve malzeme özellikleri dikkate alınmadan oluşturulan duvar kompozisyonları, düşünülen aksine ekonomik olmayan sonuçlar doğuracaktır.

Tezin 1. Bölümünde konu genel hatlarıyla çizilerek giriş yapıldıktan sonra tezin amacı, kapsam ve konuyu irdelerken kullanılacak yöntem belirtilmiştir. 2. Bölümünde “Dış Duvarların Tanım, Sınıflandırılması, Oluşumlarını Belirleyen Çevresel Etmenler ve Gereksinimler” ana başlığıyla, dış duvarlar anlatılmıştır. Bu anlatım sırasında dış duvarlar, Adana’da bulunan dış duvar kompozisyonları; DİET tarafından 1999 depremi sonrasında yapılmış olan 2000 yılı “Adana’da Bulunan Konutların Taşıyıcı Sistemleri ve Kullanılan Yapı Malzemesi Çeşitleri” adlı istatistik çalışması ışığında, sadece “Taşıyıcı Çatı ve Taşıyıcı Çatıyan Dış Duvarlar” olarak sınıflandırılmıştır.

Analitik olarak kaplama-gövde-kaplama olarak ele alınan dış duvar bileşenleri, yine DİET’in bahsedilen belirlenmesinden ve yapı üretim sürecine dair yapılmış gözlemlerden, “2.2 Dış Duvar Bileşenleri” bölümünde olduğu şekliyle alt başlıklarla sınırlanmıştır. 2.3. bölümde ise dış duvarların oluşumunu belirleyen “Çevresel Etmenler ve Gereksinimler” tablo halinde gösterildikten sonra bu çalışmada Adana’nın sıcak ve nemli ikliminde dış duvar tasarımıyla ilgili etmen ve gereksinimler ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Tez’in 3. bölümünde, Adana’da bulunan binaların dış duvarlarında oluşan hasar türlerini ve nedenlerini tam olarak ortaya koyabilmek için dış duvar hasarlarına yol açan etkenler genel olarak ele alınmıştır. Hasar oluşumunu etkileyen etkenler irdelenirken konu dört ayrı alt başlıkta “Atmosferik Etkenler”, “İç Ortamdan Gelen Etkenler”, “Mikroorganizmalar, Bitkiler ve Rüzgarla Gelen Partiküllerin Etkisi” ve “Duvar Özelliklerine Bağlı Etkenler (Yanlış Malzeme Seçimi)” incelenmiştir.

Tez'in 4. bölümünde ise Adana'nın sıcak-nemli ikliminde, dış duvar hasarlarının oluşumunda büyük etkisi olan su, nem güneş gibi iklim değişkenleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1990-2001 yılları arası, ortalama ve ekstrem değerler, tablo şeklinde belirtilmiştir. Bu değerler dikkate alınarak Adana'da uygulanan sekiz farklı duvar kompozisyonu ısı-buhar gradyanı hesap ve çizim yöntemi de kullanılarak "Isıl Sorunlar Yönünden", "Nem ve Yoğuşma Yönünden", irdelenerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Yine, aynı bölümde Adana'daki binaların dış duvarlarında oluşan hasar türleri, oluşum nedenleri, bölgede bulunan çeşitli binalardan alınmış fotoğraflarla desteklenerek ortaya konulmuştur. Bölümün sonunda, alan çalışmasında tespit edilmiş olan dış duvar hasarlarına ilişkin yapısal çözüm önerilerinde bulunulmuştur (Tablo 4.11).

Uzun süre bakım-onarım masrafları gerektirmeyen, kalıcı, sağlıklı, optimumda fayda sağlayan binalarda yaşamak için belirtilen önerilere uyulması, faydalı olacaktır.

- Hasar oluşumunda etkenler; özellikle bölgelere göre değişen atmosferik etkenler (sıcaklık, yağış, nem vs.) tasarımı mevresinde iyi bir şekilde analiz edilmeli, uygun dış duvar kesitleri belirlenmelidir. Ayrıca, hasar olasılığı yüksek noktalar uygun şekilde ayrıntılandırılmalıdır.
- İmalatların, proje, ilgili şartname ve yönetmeliklere uygun olarak yapıp yapılmadığının denetlenmesi gerekmektedir. Konusunda uzman işçilerle, teknik adamlarla çalışılmasına özen gösterilmelidir.
- Kullanılan malzemelerin depolanma koşullarının uygunluğu, kullanımsürelerinin geçmemesi ve standart dışı kullanılması engellenmelidir.
- Kullanıcıların belirli periyotlarda bakımı yapması; yüzeysel olarak oluşan yenilenmesi durumunda düşük maliyetlerle çözümlenebilecek bazı basit bozulmaların daha ciddi hasarlara dönüşmesini önleyecektir.

INVESTIGATION OF DAMAGES EXAMINED IN EXTERNAL WALLS AS A RESULT OF HOT-HUMID CLIMATE OF ADANA AND CONSTRUCTIVE SOLUTION SUGGESTIONS

SUMMARY

External walls, which separate interior and exterior space, and confront all kinds of environmental effects, are one of the most important construction elements. Formed by combination of different components, external walls specifically have to be designed and compositional possibilities should be set, according to the climatic (meteorological) factors and environmental factors regulating the formation of the masonry. Otherwise, damages occurring during the life span of the building will obstruct the structural performance expected from the wall itself. In addition to the maintenance cost of the damages, all the damaged areas will cause undesirable energy loss, and create unhealthy spaces, contradicting human comfort standards and lead to environmental pollution.

During the design process, as well as application phase, the most important factor in damage formation is to avoid giving the necessary importance to the sections with high damage risk. In contrast to the justification that investing is relatively cheaper, wall structures that are produced disregarding the environmental factors and material specifications will cause uneconomic results.

In the first section of the thesis, after the introduction with an overall examination of the subject, purpose of the thesis, extent of it and the approach that is going to be used while investigating the subject is covered. In the second section external walls are studied under the main title of "Identification, Categorization Of External Walls And Performance Requirements Of External Walls".

During this study, external walls and external wall compositions that are common used in Adana are categorized as "Load Bearing and Non-Load Bearing Type External Walls" according to a survey dated 2000 and named "Structural Systems In Residential Buildings In Adana And The Types Of Materials Used", by Prime Ministry State Institute of Statistics (SIS) which is done after the earthquake in 1999.

External wall layers which are analytically examined as coating-body-coating are categorized and configured in subtitles as in section "2.2 External Wall Layers" again according to the SIS's mentioned survey and a result of the personal observations as one actively involved in the construction practice. In section 2.3, after the environmental factors determining the formation of external walls are listed as a table, in this study, factors only related to heat, water, and humidity and their requirements are described in detail.

In the third section of the thesis, in order to examine the diversity of damages seen in external walls of buildings, the factors that result the external wall damages are covered in general and while investigating the factors causing the damage formation,

the subject is sorted in four different subtitles as “At mospheric Factors”, “Internal Space Factors”, “Microorganisms, Plantation and Effect Of Particles Carried By Wind”, “Factors Related To Wall Specifications (Inappropriate Material Selection)” are examined accordingly.

In the 4th section of the thesis, within the hot-humid climate of Adana, climate varieties like water, humidity, sun which have a great effect on the formation of external wall damages are depicted by a table developed according to the values of average and extreme conditions between 1990-2001 obtained from State Meteorological Service. Within these values in mind, eight different kinds of wall composition are studied and compared to each other from “Temperature Problems Point Of View” and “Humidity and Condensation Point Of View” by using heat-vapor chart and by utilizing the illustration method.

Again in the same section types of damages seen in the external walls of buildings in Adana, and the origins of these damages are revised in conjunction with the photos from various buildings around the region. At the end of this section constructional solutions are suggested for the external wall damages obtained from case studies.

In order to create built environments, which are livable, healthy, and productive, and to enhance sustainability and environmental compatibility following the suggested solutions will be helpful.

- Factors effecting the formation of damages; especially climatic factors (heat, rain, humidity etc.) changing due to regional properties should be examined during the design phase, and appropriate external wall compositions should be selected. Moreover, sections carrying high risk potential should be designed by developing appropriate details.
- Produced materials should be checked to ensure that they follow the regulations and operating instructions. Should be paid attention that specialized workers who are expert in their field and competent technical staff are selected as coworkers.
- Appropriate storage conditions of the materials that are used should be provided while following their expiration dates and application of substandard materials should be avoided.
- Periodical maintenance by users and repairing minor damages while they are small and uncritical with low cost will prevent formation of serious problems.

3. DIŞ DUVAR HASARLARI NA YOL AÇAN ETKENLER VE ETKİ LEME ÇEKİ LLERİ

Bugün, Türkiye’de mevcut ürün ve yapı msistemleri yle ol uőturulan çeşitli yapı ların sahip ol duğu fiziksel perfor mans, kullanıcı, mal sahibi ve tasarımı açısından beklenen düzeyde gerçekteőtirile mekte ve birtakı msosyo-ekonomik sorunlara neden ol maktadır.

Bu sorunların en somut örnekleri; yapı hasarları, yapı msüresi nin uzunluğu, kullanı m mali yeti nin yüksekli ği ve çok kısa sürede yapının fiziksel açıdan eski neye uğrayıp onarı m gör me zorunluluğunun doğması olarak ortaya çı kar.

Di ő duvarlarda hasara neden olan kusurların en öne mlilerinden biri tasarım evresinde belli konuların analiz edil meyi çi dir. Bu nedenle di ő duvarları ol uőturulan iç kaplama, duvar gövdesi ve di ő kaplama bileşenleri standartlara, projesine uygun olarak ayrıca yapı fizi ği kuralları içinde tertiplenmeli dir. Aksi halde yapı hasarları ol uőabilir.

Di ő duvarlar bizleri korurken kendileri de korunmaya muhtacdır. Bu ele manlar yapı yı koruma görevi yüklenirken zaman içerisinde kendileri eskir ve bozulur. Uygulamaların başarılı ol ması için uygulamaya yapılan yüzeylerin ve bu yüzeyleri taşıyan yapı bileşenlerinin, yapı fizi ğine uygun ol ması gerekir [21].

Böl gelere göre de ği őkenlik gösteren atmosferik etkenler başta ol mak üzere; di ő duvarları etkileyen, di ő duvarın tasarımı nda öne mle üzerinde durul ması gereken etkenler vardır. Bu etkenlerin neler ol duğu t amolarak belirlenip duvar kompozisyon seçenekleri bu etkenlerin di ő duvarları etkile me şekilleri göz önünde bul undurularak belirlenmeli dir.

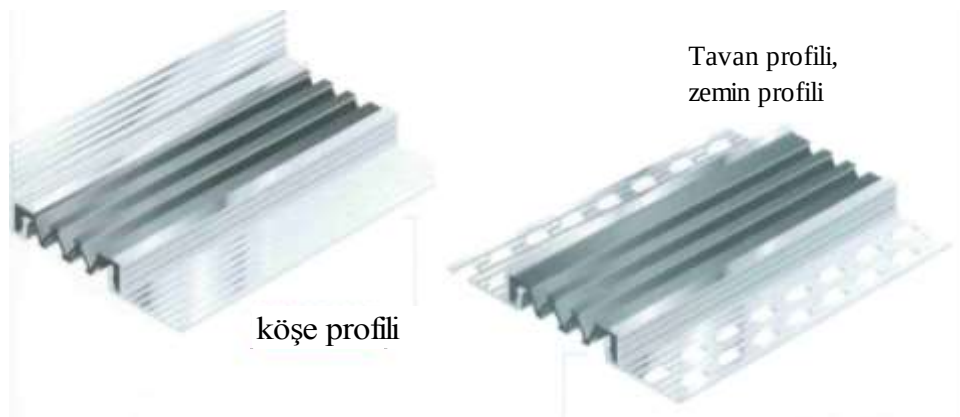
3.1 Atmosferik Etkiler

Doğal atmosfer ısısal açıdan; mevsî m̈gece-gündüz, coğrafi enlem yön ve benzeri parametrelere baēlı deēiřlik göstermektedir. Bu deēiřlikler içinde insanın kendini dış etkilere koruması, saēlıklı bir ortamda yaşayabilmesi için gerekli konfor şartları saēlanmalıdır. Bu konfor şartları, soēuk dōnemde mekan ısıkt tutmak, sıcak dōnemde de serin tutmaya yönelik uygun ürünlerle saēlanmaktadır [7].

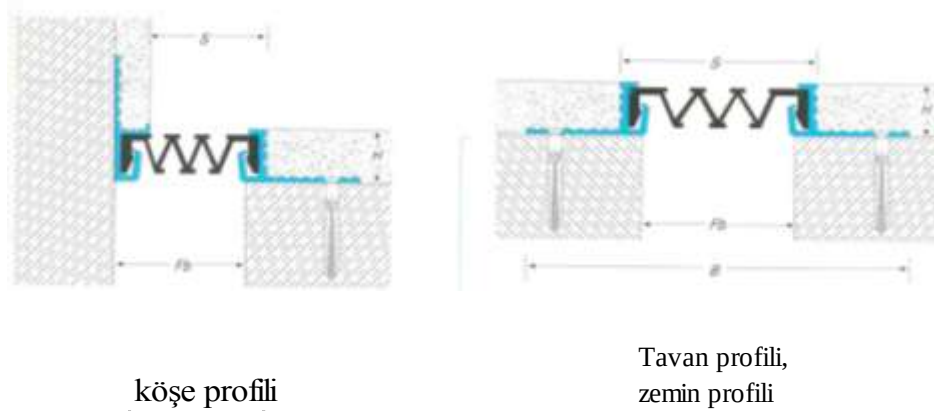
3.1.1 Sıcaklık Etkisi

Sıcaklık, bir yapı ürününün (katı, sıvı, gaz) ısı durumunu belirtmekte kullanılan öne mli bir kavramdır. Bilimsel araştırmalarda Celsius($^{\circ}\text{C}$) ve Kelvin(K) ölçekleriyle ölçülmektedir [1, 7].

Sıcaklığın yükselmesi üründe genleşme etkisi yapar. Isı enerjisi emen ürünlerin sıcaklığı yükselir, iç enerjisi artar ve buna baēlı olarak boyutlarında deēiřlikler (boyda uzama, hacimde büyüme) görülür. Farklı karakterde olan ürünlerin yan yana kullanılması dış ve iç etkenler nedeniyle ek yerlerinde ayrılmalara, çatlama ve dökülmelere neden olur. Bunun için fuga ve genleşme derzleri yapılması gerekir (Şekil 3.1, 3.2) [1, 7, 22].



Şekil 3.1 Genleşme profili örnekleri [23].



Şekil 3.2 Genleşme profili örnekleri (kesit) [23].

Ani sıcaklık değişimi

Sıcaklıkta meydana gelen ani değişimler, dış duvarlarda bulunan farklı malzemelerin birbirleri üzerinde çekme ve basınç kuvvetleri oluştururlar. Betonarme yapılarda, yapının bütününe bu etki den zarar görme mesisi için 30-50 m de bir aralık yapılarak sağlanabilir. Bu aralıklara genleşme derzi denir.

Dış duvarlarda, çeşitli işlevleri karşılamak için farklı karakterde ve farklı biçimlerde ürünlerin bir arada kullanılması gerekmektedir. Duvar gövdesi bileşeni üzerine bir harç ile tutturulmuş seramik ya da cam mozayik, pencere denizliğinde mermer, doğrama olarak ahşap, alüminyum ya da PVC, bunların arasında bağlantı parçası, serbest olan veya uzaıma elverişli ürünler, sıcaklık farkı “ $\Delta t = t - t_0$ ” ile orantılı ve ürünün genleşme katsayısı ve boyu ile orantılı olarak uzayacak ve diğer ürünler üzerine basınç ya da bağlandığı yapı bileşeninde çekme gerilmeleri oluşturacaktır. Yapı ürününün uzaıma miktarı:

$$\Delta l = \alpha \times \Delta t \quad (3.1)$$

bağıntısı ile kolaylıkla bulunur. Δl ürünün l_0 boyuna bağlı Δt sıcaklık artması na karşılık gelen uzaıma miktarıdır. 30 m’lik bir genleşme derzi aralığı bulunan BA yapı da 30 °C’lik sıcaklık farkı nda meydana gelen uzaıma miktarı:

$$\Delta l = 30 \times 10^3 \times 1,1 \times 10^{-6} \times 30 = 9,9 \text{ mm} \sim 10 \text{ mm} \quad (3.2)$$

olacaktır. Bu durumda yapılacak derz aralığının en az 20 mm olması gerekmektedir.

Serbest hareketine imkan verilmeden durumlarında ise;

$$\Delta l/l = \alpha \cdot \Delta t \quad \varepsilon = \alpha \cdot \Delta t \quad (3.3)$$

$$\sigma/E = \alpha \cdot \Delta t \quad \sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \text{ (N/mm}^2\text{)} [16] \quad (3.4)$$

Yapı ürününde oluşan gerilmenin, ürünün boyuna bağlı olduğunu, ürünün elastisite modülüne, sıcaklık farkına ve genleşme katsayısına bağlı olduğu (3.4) nolu bağıntıda görülmektedir.

Betonarme bir yapıda;

$$E=3 \times 10^4 \text{ MPa}, \Delta t=30^\circ \text{C ve } \alpha=1,1 \times 10^{-5} \text{ ise}$$

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (3.5)$$

$$\sigma = 3 \times 10^4 \times 30 \times 1,1 \times 10^{-5} = 9,9 \text{ MPa} \sim 10 \text{ MPa} \quad (3.6)$$

değerinde bir gerilme ortaya çıkmaktadır. Bu değer bazı sıvalardan ve bağlantı harcılarından beklenen basınç dayanımlarından büyüktür [1, 7, 22].

Donan Suyun Etkisi

Dış duvarları oluşturan doğal taş, tuğla, sıva v.b. ürünlerin boşluk ve çatlaklarına su emme kapasitesi ne bağlı olarak giren su, sıcaklığın 0°C nin altına düşmesi ile donar ise, (genleşme için) = hacmin 1/11 artmasından dolayı, gerekli boşluk bulamaz ise, boşluk ci darlarına yaklaşık dayanımları güc bir basınç oluşturur.

Özellikle boşluklu kaplama bileşenlerinde, çözünen tuzlar içeren sıvalarda parçalanma ve bozulmalar daha fazladır.

Kaplama bileşeninin serbest haciminde su emme oranı ile gerçek boşlulukluk = gerçek gözeneklilik (porozite) arasındaki oran donmaya dayanıklılıkta bir gösterge olarak kabul edilir [1].

Ürünlerin donmaya dayanıklılığı doyuma derecesi ile belirlenir [28]. Doygunluk dereceleri görünür gözeneklilik olarak da adlandırılan hacimce su emme oranının, gerçek gözenekliliğe olan oranında ve bu değer % 100 olduğunda bütün boşlukların su ile dolabildiğini gösterir. Dona dayanıklı olabilmesi için ürünün doygunluk derecesi %80 den küçük olmalıdır ki hacmi artan buzun gidebileceği boşluklar kalmış olsun. Doğal koşullar altında, ürün boşluklarında yukarıda bahsedilen büyüklükte bir iç basınç oluşmasına her zaman imkan yoktur. Çünkü boşlukların düşey bir yüzeyde, tamamen su ile dolması, boşluğun kapalı ve içinde hava olması gerekir. Doğal koşullarda, bu duvarın dış yüzünde bulunan kaplama ürünüde, özellikle doğal taş ve sıvalarda çatlaklar belirli bir derinliğe kadar su ile dolmakta, bu kısım açık çatlak ve boşluklarda su bulundurmaktadır ve böylece doyuma derecesi %80'in altında kalmaktadır. Doğal koşullarda kaplama bileşeninin boşluklarına bir yağış sırasında dolan suyun önce soğuk hava ile karşılaşan dışa yakın olan kısım donar ve yavaş yavaş içeriye doğru ilerler [1, 7].

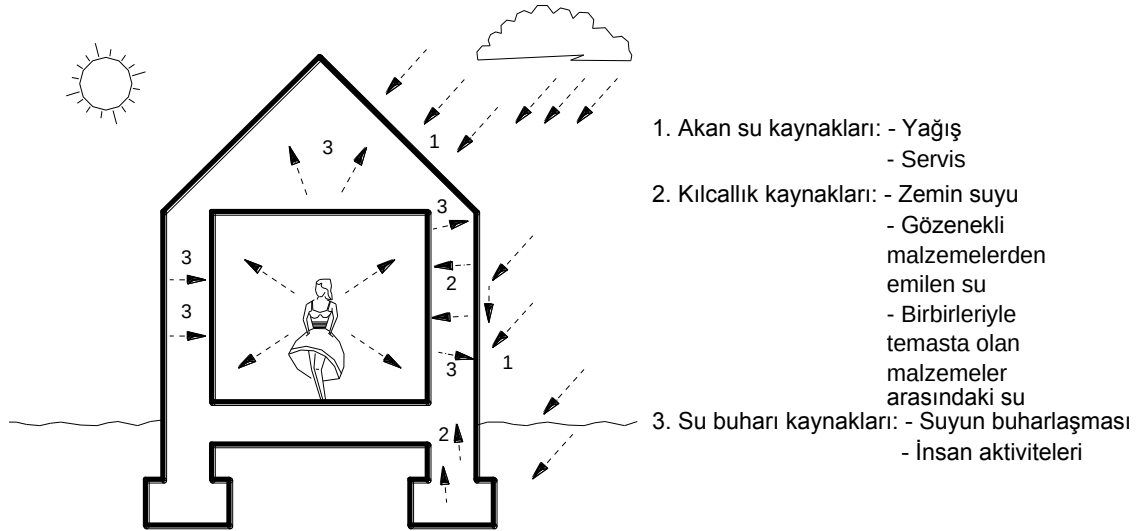
Suyun genişlemesinden doğan basınç daha çok dışa doğrudur. Kış mevsiminde gece, ısıtmanın kesildiği saatlerde duvar kesitinde içe doğru olan donma hareketi, gündüz saatlerinde havanın yumuşaması ve ısıtma rejiminin devreye girmesi ile çözünme dışarıya doğru olur. Kış mevsimi boyunca bir çok defa bu etkiye uğrayan üründe yüzeye paralel olarak parçalanma düzlemleri ortaya çıkar.



Şekil 3.3 Dış duvara nüfuz eden suyun donması sonucunda dış kaplama bileşeninde oluşan ve ileride onarılmayı bekleyen düşme ve kırılma [12].

3.1.2 Su ve Nem Etkisi

Su, yaşam kaynağı ve aynı zamanda bina yapım aşamasında kullanılan en önemli yapı malzemelerinden bir tanesidir. Ancak yapı yeterince korunmaz ise uygun kesit ve ayrıntılar kullanılmazsa yapılara zarar verir. Su etki ettiği yüzeyde çözme, taşıyıcılık etkisi, fiziksel ve kimyasal bozulmalar yapar. Yapı bünyesine çeşitli şekillerde giren su, yapı elemanlarında ısı direncinin azalmasına, ısı yalıtım ürünü varsa bunların bozulmasına, çürümeye, pas, iç gerilim çatlakları, küflenme, çiçeklenme, boylarda ve kaplamalarda kabarmaya, metallerde korozyona, ahşap gibi organik yapı ürünlerinin çeşitli zararlara uğramasına yol açmaktadır. Yapıya zarar veren suların %90'ı yağış suları, %10'u ise iç çevreden gelen buharıdır [1, 7, 21].



Şekil 3.4 Yapıda etkili olan su kaynakları ve iletim yolları [24].

Dış Duvarlara zarar veren sular ;

- Yağış suları
- Dış Duvarları çevreleyen havanın nemi
- İnşaat sırasında yapı bünyesinde kalan su

- Yapıdaki hasarlar ve yanlış uygulamalarla sızan sular
- Yer altı ve zemin suları'dır [25].

Bu suların dış duvarları etkileme ve yayılma şekilleri bilinmeden tasarı mevresinde alınan kararlar doğru olmaz. Suyun yapıya nüfuz etmesi engellenmediği sürece zemin içerisinde dış duvarlarda hasarların oluşması kaçınılmaz olur.

Yağış Suları

Atmosferdeki su buharı, belirli sıcaklıklara bağlı olarak yoğunlaşarak yağmur, kar, dolu ve kırağı şekline dönüşür ve yağış denilen şekilde yeryüzündeki yapıların cepheleriyle temas ederek iç hacimlere kadar iletilirler. Rüzgarla itilen yağmur suyu cepheyi ıslatır. Duvar kaplanmasında bulunan delik ve boşluklardan giren su duvardaki çözünebilen tuzları çözerek iç ve dış tarafa doğru hareket eder. Kuruma sonunda yapı kabuğunda ince tüy şeklinde tuz artıkları oluşur. Buna çiçeklenme de denir. Buharlaşmanın fazla olduğu yerlerde veya dış duvar kaplamasının suyu iyi geçirmediği durumda, suda bulunan tuzlar duvar içinde dış kabuğa yakın yerlerde çöker ve şişer. Kaplamanın altında duvarla bağlantısız kabukların oluşmasına ve dökülmesine neden olur [21].

Yapı kabuğu;

- Yağmur damalarının kinetik enerjisi ile duvara veya terasa çarpması, gözenek ve çatlaklardan içeri girmesi,
- Duvar yüzünde yağış nedeniyle oluşan nemin kılcal kuvvetler (kapilarite) ile yapı elemanına girmesi,
- Duvar veya teras çatlaklarına giren yağış suyunun yerçekimi kuvvetiyle yapı elemanı içinde aşağılara yürütmesi,
- Duvar veya teras çatlaklarında veya gözeneklerindeki yağış suyunun rüzgar basıncı ile yapı elemanına nüfuz etmesi nedeniyle nemlenir ve hasar görür [9, 21, 26, 27].

Dış Duvarları Çevreleyen Havanın Nemi

Çeşitli kaynaklardan buharlaşan su nedeniyle havanın içinde her zaman belirli bir miktarda su buharına rastlanmaktadır. İçinde su buharı barındıran hava “nemli hava” olarak adlandırılmaktadır. Havanın barındırdığı nem miktarı sıcaklığa bağlı olarak değişir. Birim hacimdeki havanın belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği en fazla nem miktarı “doyma miktarı” ve doyma miktarında nem barındıran hava ise “doymuş hava” olarak adlandırılmaktadır. Hava içinde bulunan nem miktarı havanın toplam basıncı içinde su buharının oluşturduğu “kısmi basınç”, yani “gerçek buhar basıncı” ile tanımlanabilir. ‘Doymuş buhar basıncı’ ise doymuş hava içindeki su buharının basıncıdır. Hava içinde bulunan nemnin tanımlanması için kullanılan bir başka yaklaşımda, bağıl nem oranıdır. “Bağıl nem oranı”, belirli şartlardaki havanın barındırdığı su buharı miktarının veya bunun oluşturduğu kısmi basıncın, aynı şartlardaki doymuş havanın barındırdığı su buharı miktarına veya doymuş buhar basıncına oranıdır. Dış hava bağıl nem oranı değerleri de, dış hava sıcaklığında olduğu gibi, 24 saatlik periyotlarla tekrarlanmaktadır [28].

Buhar difüzyonunun oluşmasının nedeni, ortamlar arasındaki kısmi buhar basıncı farkları olduğuna göre, dış hava nemliliği, buhar difüzyonunun oluşmasında etkili olan en önemli çevresel etmendir.

Dış duvarın iç ve dış çevre havası içinde bulunan nem ve bu nemnin ısı etkisi ile duvardan geçişi iki şekilde olur.

- Kılcallıkla nem geçişi.
- Buhar difüzyonu ile nem geçişi ve yoğunlaşma.

Kılcallıkla Nem Geçişi

Yapı ürünlerinin bünyesinde, bulunduğu çevre havasının nemliliğine bağlı olarak belli miktarda nem bulunur. Bu nem ürünlerin higroskopik denge nem veya pratik nemliliği olarak adlandırılır. Ürünlerin bünyesindeki nemin kılcallık olayı ile hareket etmesi sonucu üründen nem geçişi gerçekleşir. Bu yolla geçen nem miktarı genellikle çok az miktarda olduğundan, duvardan geçen nem miktarının hesaplanmasında ihmal

edilebilir. Ancak dış duvar herhangi bir nedenle su ile temas halinde ise kılcal geçiş çok etkilidir [28].

Buhar Difüzyonu ile Nem Geçişi ve Yoğuşma

Dış duvarların iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanan farklı buhar basınçları meydana gelir. Isıtma periyodu olan kış mevsimini dikkate aldığımızda, genellikle iç tarafta yüksek buhar basıncı vardır ve iç ortamda gaz halinde bulunan su buharı ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışmaktadır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması halinde yapı elemanının gerek kullanıma göre, gerekse ısı performans açısından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanını oluşturan bileşenlerin su buharı geçişi ne gösterdikleri direnç ve bileşenlerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçen su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali vardır [17].

İki tür yoğuşma vardır;

- Görünür Yoğuşma : Yüzeyde oluşur. Cam ve seramik yüzeylerde açıkça görülebilir.
- Gizli Yoğuşma (Kondansasyon): Dış duvar bileşenlerinin arasında oluşan yoğuşmadır [28].

Yoğuşma sonucu dış duvarlarda oluşan nemli ortamın zararlı etkilere yol açar:

- Islanan dış duvarın ısı iletkenliği artar. Gerekli konfor sıcaklığının sağlanması için daha fazla enerji tüketilmesi gerekir.
- Nemli dış duvar nemli iç ortama neden olarak konfor koşullarını olumsuz etkiler.
- Kesit, ıslanmayla özelliğini kaybetmeyen ürünlerden oluşsa dahi sıcak havada yoğuşan suyun buharlaşması nedeniyle oluşan gerilmeler sonucu, kesitin buhar difüzyon direnci (Δ) yüksek bileşenlerini zorlayarak hasara neden olabilir.

- Nem harç, beton gibi inorganik kökenli gözenekli ürünlerde eritme türü korozyona, metallerde elektro kimyasal korozyona, ahşap gibi organik kökenli ürünlerde ise mantar düşümüne ve çürümeye yol açar [29].

İnşaat Sırasında Yapı Bünyesinde Kalan Su

Yapıda kullanılan beton ve harçların üretimiindeki su nedeni ile yapıda çok miktarda su bulunmaktadır. Yapının tamamlanmasının ardından, uygun çevre şartları bulunduğu oranda bu suyun büyük bir kısmı kurur. Yapıda özgül nemliliği yüksek olan bir bileşenin yeterince kurumadan bir yalıtım bileşeni ile kaplanması halinde nemli bir zaman gereksiz bir şekilde yapı elemanının bünyesinde kalır [25].

Tesisat Kaçağı, Yıkama Sularından Sızan Sular

Banyo, tuvalet ve mutfak gibi suyun bol kullanıldığı ıslak hacimlerde döşeme üzerine gelen sular, sıva dişi veya süpürgelik denilen geçiş bileşenlerinin kusurları nedeniyle duvar içine nüfuz eder. Sonuçta tesisattan vb. kaçan sular sıva bozulmalarına, çiçeklenmelere veya yapı kabuğunda dökülmelere neden olur.

Yapıdaki arızalar ve yanlış uygulamalar neticesi nemlenmeyi ve oluşabilecek hasarları önlemek için yapının tasarımı mevsiminden itibaren gerekli bütün önlemlerin düşünülmesi ve uygulamanın hatasız ve eksiksiz yapılması gerekir [21].

Yeraltı ve Zemin Suları

Yeraltı ve zemin suları sızıntı suyunun geçirgen olmayan bir tabakayla karşılaştığında yükselerek bulunduğu zeminin gözeneklerini tüpüyle doldurmasıyla oluşur ve yapı üzerinde hidrostatik bir basınç yapar. Hemsuyu biriktiren tabakanın durumu, hem de arazinin yüzey yapısı, yeraltı suyunun ağır ağır akmasına neden olabilir.

Sızıntı suyu kesiminde zemin ne kadar iri gözenekli ise, zemin suyunun varlığı ve nitelenmesi o kadar kolay olur. Yüzeye yakın yerlerde zeminin bünyesi ne kadar sık gözenekli ve su geçirimsiz ise zemin suyunun varlığını anlamak zorlaşır [30].

Zemin alt yapıları, zemin üstüne geçişte iyi bir su yalıtımı ile ayrılmalıdır. Zemin altı (subasman) elemanları da su emmez nitelikte olmalıdır. Ters durumlarda zeminden

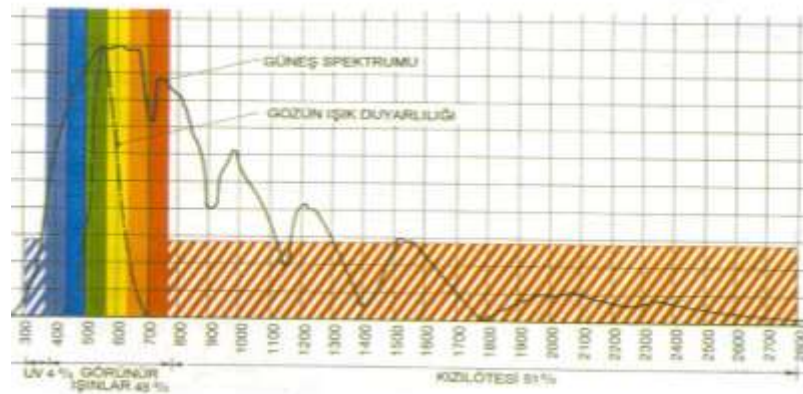
gelen su, duvar bünyesine nüfuz ederek içeride ve dışarıda çiçeklenme, renk bozulması, kabarması ve dökülmelere neden olur [31].

3.1.3 Güneş Işınları nın Etkisi

Güneşten gelen ısı miktarı, bölgenin enlemine, denizden yüksekliğine, meteorolojik karakterine, yerleşimçesiğine, yer kabuğunun boyutu, şekli, yüksekliği, yönelmesi ve yüzey özelliklerine göre değişmektedir [32].

Görünür ışınların (visible spectrum) tayfında kısa dalga boyuna sahip ışınların kırılması olduğu fiziksel bir gerçektir. Bu ışınların daha kısa dalga boyunda olup göze görünmeyenleri morötesi (ultraviyole- UV), kırılması renkten daha büyük dalga boyuna sahip olanları ise kızılberisi (infrared- IR) ışınları diye adlandırılır (Şekil 3.6) [7].

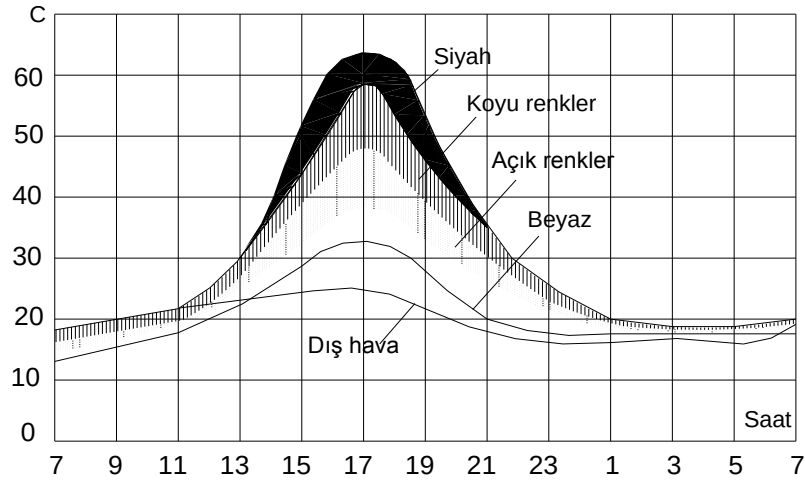
Kızılberisi ışınlar ısı enerjisi taşıyan ışınlardır. Atmosferin alt seviyelerinde ve yansıdığı yüzeylerde ortamın sıcaklığını yükseltir. Buna yüzeyine doğrudan ve yansıtılarak gelen IR ışınlar, aynı etkiyi dış duvarı oluşturan ürünlerde de kendini gösterir. Bunun doğal sonucu olarak da dış duvarın sıcaklığı artar ve duvar genişir [33].



Şekil 3.5 Güneş ışığı tayfının frekans dağılımı [7].

Güneş radyasyonu etkisiyle ürün yüzeylerinde, ürünün bünyesinde ısı biriktirmesi özelliğine, yüzeyin renk ve dokusuna bağlı olarak belli bir yüzey sıcaklığı oluşur. Parlak ve açık renkli yüzeyler radyasyonun büyük bir kısmını yansıtırken, koyu

renkli yüzeyler en büyük kısmını emenler (Şekil 3.7) bu emme sonucu yüzeyde oluşan sıcaklık nedeniyle yapı elemanları genişir [12].



Şekil 3.6 Ürün rengine bağlı olarak saat-sıcaklık ilişkisi [32].

Dış duvarlarda, duvar renginin yanı sıra pürüzlülük özelliği de güneş ışınlarının etkisini azaltır ya da artırır [32].

Tablo 3.1 Dış yüzey sıcaklığının renge bağlı değişimi [34].

Sıva Rengi	Maksimum Yüzey Sıcaklığı (t) °C
Beyaz	33
Pembe	48
Sarı	40
Açık yeşil	46
Açık mavi	47
Kırmızı	47
Kahverengi	50
Koyu mavi	54
Koyu yeşil	56
Siyah	64

Tablo 3.2 Dış yüzey emicilik katsayısının yüzey pürüzlülüğüne bağlı değişimi [34].

Yüzey	Emicilik Katsayısı
Metal olmayan siyah yüzeyler	0,85 - 0,98
Kırmızı tuğla, beton ve taş, koyu renk boyalar	0,65 - 0,80
Sarı Tuğla ve taş	0,50 - 0,70
Beyaz tuğla, kiremit, beyaz boya, badana	0,30 - 0,50
Parlak alüminyum, yaldız boya, bronz boya	0,3 - 0,5
Mat bakır, alüminyum, galvanize çelik	0,4 - 0,65

Güneş ışınları içerisinde renk giderici ışınlara mor ötesi veya ultraviyole ışınlar denir. Ultraviyole ışınları ile gelen α parçacıkları organik malzemelerin atomlarına çarparak atom yapısını bozmakta, eskime ve renk değişimlerine neden olmaktadır [33].

3.1.4 Rüzgar Etkisi

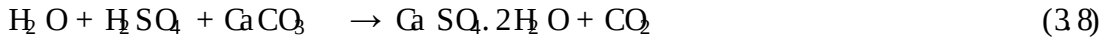
Yapıya etkiyen kuvvetlerden bir diğeri olan rüzgar yapı boyutu ile ilgili değerlerde basınç ve yatay kuvvetleri oluşturur. Yapıların ve yerleşimlerin tasarımında ve düzenlenmesinde hakim rüzgar doğrultuları göz önüne alınmalıdır. Özellikle, çok yüksek yapılarda rüzgar etkileri ve buna karşı alınması gereken önlemler bir mühendislik sorunudur. Rüzgarlar, yüksek yapıları yanal (yatay) bir yük olarak etkiler ve yapının taşıyıcı sisteminin doğrudan bu duruma göre tasarlanması ve hesaplanması zorunluluğu ortaya çıkar. Yapıyı etkileyen yükün en azı indirgenmesi için yapının dar cephesinin hakim rüzgar yönüne çevrilmesi bir tasarım ilkesidir. Bunun yanı sıra, rüzgara dik bina cephesinde basınç etkileri oluşurken, rüzgara paralel ve arka cephede farklı büyüklüklerde emme etkileri (alçak basınç) meydana gelir. Bu nedenlerle, yapının taşıyıcı sistemi, cephe sistemi ve pencerelerinde bu etkileri çözümlenen tasarlanmalıdır [1, 7].

Rüzgar ayrıca yapı dış yüzeyindeki hava hareketlerini hızlandırır ve bu durumda dış duvarların yüzeyden daha fazla ısı kaybetmesine sebep olur. Suyun duvar yüzeyine gelmesinde en önemli etkenlerden biri de rüzgardır. Rüzgar ile toz, duman, kum vb. cisimler yapı yüzeylerinin girişili, kuytu köşelerinde birikmesine, uyguladığı basınç

ile yüzeye herhangi bir yoldan gelen suyun çeşitli çatlaklardan içeri girmesi ve yüzeyin aşınması sonucu dökülen parçacıkların sürüklenmesine neden olur. Aynı zamanda rüzgar hızı ile duvara çarpan yağmur suyu çeşitli delik ve çatlaklardan dış duvara girip çeşitli fiziksel ve kimyasal olaylara neden olur ve sonuçta duvar hasar görür [21].

3.1.5 Zararlı Gazların Etkisi

Evlerin ve fabrikaların bacalarından, otomobillerin egzozlarından, vapur ve trenlerden çıkan gazlar, endüstriyel atıklar, muhtelif temizleme kimyasalları gibi çeşitli gazlar atmosferde kirliliğe yol açmasının yanı sıra, dış duvarlar üzerinde teşhisi ve onarım güç, maliyeti yüksek hasarlara neden olurlar. Havada özellikle endüstri bölgelerinde bulunan CO_2 , SO_3 gibi gazlar, yağmur, sis ve havanın nem ile birleşerek H_2CO_3 ve H_2SO_4 gibi karbonik ve sülfürik asitlerin oluşmasına neden olurlar. Bu tür asitler duvar dış kaplama bileşeninde eritici ve parçalayıcı etkisi vardır.



Oluşan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ürünün suda erimesine, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ise hacim genişlemesi ile parçalanmasına yol açar. Ayrıca metallerin korozyona uğramasında da önemli bir etkidir [1, 12].

Çeşitli kimyasal etkiler, havada ve sulara bulunan asit ve sülfatlar yapılarda kirlenme, çiçeklenme, erime, çözülme, kararma, parçalanma gibi etkilere yol açmaktadır.

Zemin suyu ve endüstriyel atıklar; kıl, toprak çimento, metaller gibi malzemelere zarar veren çözünebilen sülfat içerir. Sonuç olarak portland çimentosu ve hidrolik kirecin genişlerken ayrılıp dağılmasına yol açar [35].

Sülfürik asit reaksiyonunda ise, kalsiyum karbonat alçıtaşı haline gelip su alarak kristalleşmektedir. Bu olayda oluşan hacim genişmesi yüzeyde ürünleri parçalar ve

eski nesine yol açar. Bu asitler kalkerli olmayan diğer ürünler üzerinde de çeşitli zararlı etkilere yol açabilmektedir [22].

Su, mantarların gelişmesi, kimyasal reaksiyonlar ve donma olayı için uygun ortam koşullarını hazırlar. Su, tuzların ve suda çözünebilen maddelerin taşıyıcılığı da yapar.

Yapı ürünlerine zarar veren suların başında tatlı sular, yani sertliği az olan (içinde erimiş tuzlar az olan) sular gelir. Bunların içinde erimiş bulunan havanın CO₂'i kendisini nötralize edecek kireç bulamayacağı su içinde karbonik asit etkisi yapacaktır. Tatlı suların asidik etki yapması yapı kabuğuna zarar verecektir.

3.2 İç Ortamlan Gelen Etkiler

İnsanlar, nefesleri ve faaliyetleri sonunda kullanılan suyun buharlaşması ile ortama buhar verir. Buhar suyun gaz haline gelmiş şeklidir. Buhar, aynen hava gibi suyun geçmediği yerlerden difüzyon yoluyla geçer; geçtiği yerlerde soğursa yoğunur. Buhar difüzyonuna etki eden belli başlı iç iklimi etmenleri; iç hava sıcaklığı ve iç hava nemliliğidir. İç hava sıcaklığı, dış duvarın ısı geciktirmesine bağlı olarak düzenli olmayan bir değişim göstermektedir. İç bağıl nem oranı ile tanımlanabilen iç hava nemliliği ve yukarıda sıralanan sıcaklıkla ilgili etmenlere ek olarak, duvarın buhar geçirgenliğine, iç ortamdaki su buharı üretimine bağlı olarak, düzenli olmayan bir değişim gösterir [28].

Kışın soğuk günlerinde pencere camı üzerinde görülen yoğunlaşma, genelde, duvar içinde herhangi bir yerde de olabilir ki bu, duvar için oldukça tehlikelidir. Bu nedenle, duvarları oluşturan bileşenlerden buharın kolay geçmesi yani duvarın nefes alması istenir [31].

Kullanıcının davranış biçimleri kimi zaman hasar oluşturabilir. Soğuk iklim bölgelerinde yapı içindeki nem havalandırma yapılması nedeniyle dış duvarın bozulmasına neden olabilir [36].

Dış duvarlar kullanımdan dolayı çeşitli mekanik etkilerle karşılaşabilir. Bu etkiler; sürtünme, darbe gibi doğrudan kaplamaları aşındırıp ezerek bu malzemelerin dökülmesine, kalkanmasına ya da kabarmasına neden olur [37]. Ayrıca yapı kullanımı

esnasında ıslak hacimlerden kaynaklanan kusurlar duvarlarda yapısal hasarlara neden olabilir [21].

3.3 Mikroorganizmalar, Bitkiler ve Rüzgarla Gelen Partiküllerin Etkileri

Bazı bakteri, mantar, böcek gibi organizmalar bitüm esaslı ürünlerde ve ahşapta tahriata yol açar. Çeşitli bakteri, mantar ve kurtlar ahşabın nişasta ve selüloz yapısını ayrıştırarak beslendiklerinden, çok kısa bir sürede ürünü toz haline getirir. Bu ayrışma, nemli, karanlık ve sıcak bir ortamda daha da tehlikeli bir hal almaktadır. Topraktaki bakterilerin özellikle yapısında organik taşıyıcı bulunan bitümlü ürünü ayrıştırmaya ve niteliğini bozma şeklinde zararlı etkileri vardır. Sülfat üreten bakteri, yeraltındaki kurşun, demir, çelik gibi boruları korozyona uğratar. Ayrıca bitkisel parazitlerin de taş ürünün parçalanmasına yol açan bir etkisi vardır.

Rüzgarın yapılar üzerindeki mekanik etkileri dışında taşıdığı kum toz, dolu vb. partiküllerin yaptığı erozyondan bina dış duvarının korunma önlemlerinin alınması göz ardı edilmelidir [12].

3.4 Duvar Özelliklerine Bağlı Etkiler

Dış duvarların genel olarak bölüm 3.1'de söz edilen atmosferik etkenler altında hasar görmeyip çevresel gereksinimleri karşılayabilmeleri, duvarı oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri ile duvarın diğer bazı özelliklerine bağlıdır.

Malzemelerin özelliklerini iç yapılarına bağlı olarak mekanik (darbe, çarpma vb.), ısı, nemle ilgili, optik, akustik, elektro-kimyasal, kimyasal (zararlı gazlar, toz, duman vb.), biyokimyasal, manyetik-elektriksel, biyolojik (bitki kökleri, salgıları, böcek, diğer zararlılar), radyasyon, içyapısal özellikler başlıkları altında toplamak olanaklıdır [7, 22].

Hasarların oluşumunda malzemelerin ısı ve su ile ilgili performans özelliklerinin farklı olmasının önemli bir yeri vardır. Örneğin, farklı ısı genleşme katsayılarına sahip olan iki ayrı ürün aynı üretimde, sıcaklık değişimlerine farklı davranışlar gösterecekleri için birleşim yerlerinde aderans zayıflaması oluşarak hasar

oluşabilecektir. Buhar difüzyon dirençleri birbirinden farklı ürünler bir arada kullanıldıklarında ürünlerden birisi buhar difüzyonuna olanak verirken diğeri engel olursa ara kesitte yoğunlaşma ihtimali ortaya çıkacaktır. Bu da dış duvarda hasar oluşumuna neden olabilecektir.

Bu çalışmanın kapsamı çerçevesinde, dış duvarların ısı ve nem ile ilgili performansını etkileyen malzeme özellikleri üzerinde durulmuştur.

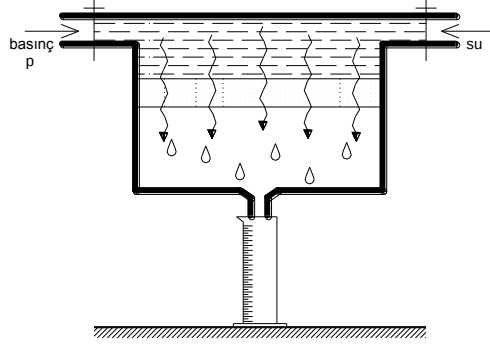
Tablo 3.3 Ürünlerin ısı ve su ile ilgili özelliklerinin farklılığından kaynaklanan hasarlar [24].

NEDEN	DEĞİŞİM		HASAR
Isı Geçirgenliği ve iletkenliğindeki Farklılıklar	iç yüzey sıcaklıklarında farklılıklar ve ısı köprüleri	Yoğuşma	ısı geçirgenlik katsayısında yükselmeler, kaplama malzemelerinde kabanına ve dökülmeler, metallerde korozyon, ahşapta deformasyon. çiçeklenme, küflenme
		Isıl gerilmeler	çatlamlar
		ısı kayıpları	ısısal konforsuzluk
Isısal Genleşme Farklılıktan	iç gerilmeler ve ısısal deformasyon		çatlamlar, kaplamalarda dökülmeler, ek yerlerinde ayrılmalar
	Malzeme bünyesindeki tuzların çözünmesi		yüzeyde lekeler-görünüş bozuklukları ,
			çiçeklenme, adezyon kaybı
Su Geçirimsizliğindeki Farklılıklar	Tuzların kristalizasyonu		sıvalarda ve kaplama malzemelerinde kabarma ve dağılmalar, çatlamlar, adezyon kaybı
	Suyun malzeme bünyesinde tutulması		malzemelerin ısı geçirgenlik dirençlerinde azalma, çürüme, küflenme, iç gerilme çatlaktan, çiçeklenme, kaplamalarda kabarma, patlama, erime, metallerde korozyon
Buhar Geçirimsizliğindeki Farklılıklar	Yoğuşma		malzemelerin ıslanması, şişme-büzülme, sıva dökülmeleri, boya bozulmaları, ısı yalıtım maddelerinin değerini kaybetmesi, taş ve tuğlanın ufalanarak dökülmesi, küflenme, organik ve neme hassas malzemelerin bozulması, kaplama malzemelerinde kabarma, çatlama ve patlamalar, malzemelerin ısı geçirgenliğinde artış
	Nem hareketine bağlı deformasyon		çatlamlar, bağlayıcılığın yok olması
Donma mukavemetindeki farklılıklar	Hacim genleşmeleri ve iç gerilmeler		parçalanmalar, çatlamlar, dökülmeler, malzeme iç yapısında bozulmalar

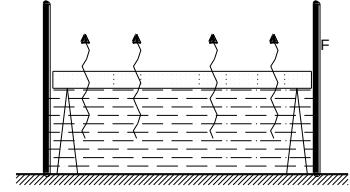
3.4.1 Duvarı Oluşturan Ürünlerin Su ve Nemle İlgili Özellikleri

Su Emme, Geçirirlik ve Kılcalık

Su ile ilişki sonucu su içinde bulunan malzemelerde su emme, yüzeysel olarak su ile temasta bulunan ürünlerde su geçirirlik olayı karşımıza çıkar. Su emme olayında ürünün boşluğu önemli etkidir.



basıncılı su geçirirlik



kapiler su geçirirlik

Şekil 3.7 Üründe basınçlı su geçirirlik ve kapilarite deneyleri [12].

Ürünün suya doymuş ağırlığı (P_1) ile kuru ağırlığı (P_0) arasındaki farkın ($P_1 - P_0$) kuru ağırlığına oranının yüzde olarak değeri ürünün ağırlıkça su emme yüzdesini (S_b) belirler [16].

$$S_a = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100 \quad (\%) \quad (3.9)$$

$$S_b = \frac{P_1 - P_0}{V} \times 100 \quad (\%) \quad (3.10)$$

Üründeki boşluk oranından hareketle her iki su emme değeri arasında bir bağlantı bulunmak mümkündür.

$$S_b = S_a \times \Delta \quad (3.11)$$

S_a = ağırlıkça su emme oranı

P_1 = suya doymuş ağırlığı

$$S_a = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \quad (3.12)$$

P_0 = kuru ağırlığı

$P_1 - P_0$ = emilen suyun ağırlığı

Δ = Birim hacim ağırlık

Belli alan ve kalınlıktaki ürünün iki yüzü arasında su farklı düzeylerde ise, bu ortamlar arasında hidrolik bir basınç farkı meydana gelir ve bunun sonucunda belirtilen şartlar altında birim alandan, birim zamanda geçen su miktarı geçirgenlik katsayısı (k) ile ifade edilir [7].

Ürünün birim zamanda geçirdiği su miktarı, basınç ve alan ile doğru orantılı, kalınlık ile ters orantılıdır. Geçirgenlik katsayısı ise bir malzeme özelliği olup orantı sabitidir [38].

Darcy kanununa göre

Q = birim zamanda geçen su miktarı (cm³/sn)

P = su basıncı (cm)

A = kesit alan (cm²)

$$Q = k \frac{P \cdot A}{x} \quad (3.13)$$

k = geçirgenlik katsayısı (cm/sn)

x = ürünün kalınlığı (cm)

Tablo 3.4 Üründe kapiler su geçiri miliği somutlaştırıcı bir danda (50 mg) suyun ürün yüzeyi nce emiliş süreleri (t) [12].

Ürün	t (sn)
Taş (elle işlenmiş)	2
Taş (düzgün yüzeyli)	6-38
Kireç sıva (1:3.5)	2-4
Melez sıva	3-4
Çimento harcı (1:3)	5-7
Çimento harcı (1:4)	2-3
B180 (kırık kesiti)	10-40
B300 (kırık kesiti)	12-60
B300 (dış yüzey)	90
Asbest beton	35-70
Sırlı pişmiş toprak (kırık yüzey)	68-140
Klinker tuğlası	600-1800
Sırlı pişmiş toprak (sırlı yüzey)	3600
Boyalı sıva	275-500
Silikonlu sıva	3600

Ürünlerde gözeneklilik taneli olanlarda ise tane düzeni ve çapı, ürünün basınçlı su geçiri miliğini etkiler. Gözenekliliğin küçük olması halinde geçiri mihik az olur. Gözenekliliğin büyük olmasının aksine ürün bünyesindeki boşluklar birbirleriyle bağlantılı değilse geçiri mihik gözeneklilik ile birlikte artar [39].

Kapiler su geçiri mihik ürün yüzeyinin su ile temas geldiği zaman, suyun yüzey gerili mi nedeniyle, ürün boşluklarında ve kılcal kanallarında suyun yüksel mesi dir. Bu durumda emilen su miktarı (Q, ürünün su ile temas eden yüzeyine (A), suyun diğer yüzeyine geçiş süresi ne ve ürün kapilarite katsayısına (K) bağlı olarak değişir [38].

Q = emilen su miktarı (cm^3)

t = geçen zaman (sn)

$$Q = \sqrt{K \cdot t \cdot A} \quad (3.14)$$

A = su ile temas eden alan

K = kapilarite katsayısı (cm^2 / sn)

Tablo 3.5 Çeşitli ürünlerde ağırlıkça su emme, basınçlı su geçirimsizlik ve kapilarite katsayıları

Ürün	S_a %	k_1 cm/sn	k_2 cm ² /sn	Δ_b %
Taş	0.3-5	10^{-9} - 10^{-12}	10^{-6} - 10^{-7}	0.004-0.15
Çimento Harcı	30-50	10^{-9}	10^{-6}	0.02-0.04
Beton	1-8	10^{-7}	10^{-5}	0.01-0.08
Tuğla	8-18	10^{-6} - 10^{-8}	10^{-2} - 10^{-4}	0.01
Ahşap	15-100	—	—	5-15
Plastik	0.01-2	—	—	0.10-0.50

Rötre ve Şişme:

Ürünün ıslanması, genişlemeye veya şişmeye, buna karşılık üründeki su miktarının azalması ise büzülmesine yani rötre yapmasına yol açar. Rötre ve şişme olaylarının serbest şekilde meydana gelmesi halinde birtakım iç kuvvetler veya gerilmeler meydana gelir. Rötre ve şişme olaylarına maruz kalan ürünler; harç, beton ve ahşaptır [40].

Buhar Geçirgenliği

Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü (μ):

Bir yapı ürününün buhar difüzyon direncinin aynı kalınlık ve şartlardaki hava tabakasının kaç katı direnç gösterdiğini belirleyen bir sayıdır. Havanın difüzyon direnç faktörü 1'dir [41]. Ürünün özgül ağırlığına bağlı olarak difüzyon direnci de yükselir.

Tablo 3.6 Çeşitli ürünlerin su buharı difüzyon direnç katsayıları [17].

Ürün	Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)
Doğal taşlar	70 - 150
Beton	70 - 150
Gaz beton	5 - 10
Kireç ve çimento harçları	15 - 35
Alçı harcı ve sıva	10
Alçı blok ve duvar levhaları	5 - 10
Alçı karton plak	8
Harman tuğlası ve delikli tuğlalar	5 - 10
Cam	∞
Beton biriket	5 - 10
Asmolen tuğlası ve briketi	5 - 10
Masif ahşap	40
Kontrplak	50 - 400
Yonga levha	20
Sert ahşap lifli levhalar	70
Yumuşak ahşap lifli levhalar	5
Linolyum	∞
Plastik	∞
Bitümlü karton	2000
0,01 mm alüminyum folyo bitüm pestil	100000
Polistren sert köpük levha	30 - 100
Mantar levha	10
Cam lifleri ve mineral lifleri	1
Metaller	∞

Su Buharı Geçirgenliği:

İki farklı hacim arasındaki buhar basıncı değişik koşullarda sıcaklık derecelerine bağlı olarak farklı değerler vermektedir. Farklı değerlerdeki buhar basıncı yüksek basınçtan alçak basınca yönelik bir akım meydana getirir. Su buharı geçirgenliği; buhar basınç farkı sonucunda bir yapı ürününün su buharını bir tarafından diğer tarafına geçirmediği [12].

Belirli dış buhar basıncı altında bir malın kalınlığındaki numunenin bir malından bir malın arasında geçen su buharı, buhar geçirgenliğini belirler ve bu geçiş ürünlerinin buhar geçirgenlik katsayılarına (δ) bağlıdır. Bağıl nem %50 den az ise buhar difüzyonla, daha fazla ise kısmen difüzyon, kısmen de kılcalık etkisi ile geçer [22].

Higroskopik Emicilik

Nemli hava içindeki su buharı, ürünün, yüzeyleri ile temas halindeyken belli şartlarda buhar basınc farkına gerek olmaksızın emmesi ve içinde tutması durumuna higroskopik emicilik denir. Ürünün fiziksel ve kimyasal hal değiştirme sürecinin bünyesine nem nüfuz etmesi durumu adsorbsiyon olarak adlandırılır. Fiziksel veya kimyasal ya da her iki şekilde de değişim gösteren durumundaki emmeye ise absorbsiyon denir. Higroskopik yapı ürünleri kendilerini çevreleyen ortamın nemine (nisipten) bağlı olarak bünyesinde nem içerir [28].

İçerdiği Nem Miktarı

Yapı ürünlerinin pratikte az veya çok miktarda nem içerdikleri kabul edilir. Bunların nemliliği o anda içinde barındırdığı su miktarı ile belirtilir. Bu nemlilik yapı ürününün su ve su buharı ile ilgili özelliklerine bağlıdır [42].

Nem miktarı, belli bir anda, belirli bir hacimdeki ürünün içerdiği su kütlesini miktarın tamamı kuru ürün kütlesine oranının yüzde olarak ifadesidir [43].

$$\text{NemMiktarı} = \frac{\text{ÜründeBulunanSuMiktarı}}{\text{ÜrününKuruKütlesi}} \times 100 \quad (3.15)$$

Ürünün içerdiği nem miktarı ile içinde bulunduğu havanın nem miktarı arasında bir bağlantı mevcuttur. Havanın neminin azalması ya da artması ürün içinde nemin değişmesine sebep olur [39].

Donma Dayanımı

Sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesi halinde gözenekli ürünün içerisinde bulunan su donarak hacminde %9 oranında artışa sebep olur. Bu hacim artışını karşılayacak derecede boşluk bulundurmayan ürünlerde suyun donması sonucu ürün içerisinde meydana gelen basınç ve çekme gerilmeleri hasarlara sebep verebilir. Bu gerilmeler ürünün mekanik mukavemetini aşmadıkça cisim donma etkisine dayanıyor demektir. Aksi halde donma olayı sonucunda meydana gelen gerilmeler üründe çatlamalara neden olur. Bu nedenle bir ürün kullanıldığı yerde (0°C'nin altında sıcaklık derecesine maruz kalacak ise) donmaya karşı dayanıklı olmalıdır [39].

Doyma derecesi, ürünün donmaya dayanıklılığını belirleyen bir etmendir. Su ile dolu gözenek hacminin toplam gözenek hacmine oranı olarak tanımlanır. Doyma derecesinin %80 veya daha düşük olması ürünün donmaya dayanıklılığını belirler. Büyük gözenekli ürünler, kapilaritesi yüksek olan küçük gözenekli ürünlere göre donmaya karşı daha dayanıklıdır [38].

3.4.2 Duvarı Oluşturan Ürünlerin Isıl Özellikleri

Ürün molekülleri ufak genlikli titreşim hareketi yaparlar. Ayrıca mekanik etkiler de üründe sıcaklığın yükselmesine yol açacaktır. Isıl enerji emen ürünlerin iç enerjisi artar ve sıcaklığı yükselir. Bu enerjinin bir kısmı atomsal titreşimlerle kinetik enerjiye, bir kısmı da genişleme yolu ile potansiyel enerjiye dönüşür. Emilen ısı enerjisinin büyüklüğü (özgül ısı), iletilme hızı (ısıl iletkenlik) ve boyutlardaki değişimler (ısıl genişleme) ürün türüne, iç yapıya ve çevre koşullarına bağlı birer ısıl özelliktir [12].

Isı Geçirgenliği ve İletkenliği

İki ürün arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle genelde ısı bir enerji olarak sıcak üründen soğuk ürüne doğru bir geçiş sağlar ve iki ürün arasındaki ısısal geçirimlilik ürünlerin bulunduğu ortamlara göre kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşıma) ve radyasyon (ışıma) olmak üzere üç farklı şekilde görülür [12].

- Kondüksiyon: Katı cisimlerde ısı enerjisinin, cismi oluşturan moleküllerin titreşimi sonucu bir molekül den diğerine aktararak yayılmasıdır.
- Konveksiyon: Sıvı ve gaz gibi akışkanlarda görülen ısı iletim yoludur. Sıcaklığı yüksek bir katı cisme temas eden gaz veya sıvı moleküllerinin kapladıkları hacmin artmasıyla, ısınan moleküller titreşime başlar ve yükselirler. Sıcak moleküllerin soğuk moleküllerle yer değiştirmesi sonucu enerji taşınmıştır.
- Radyasyon: Bütün katı ve sıvı cisimler sürekli olarak yüzeylerinden elektromagnetik dalgalar yolu ile ısı ışınlarını yayarlar. Bu yayını cismin yüzey sıcaklığına ve yüzey özelliklerine bağlıdır. Taşıyıcı ortama gerek yoktur, ısı boşlukta bile yayılabilir [7, 44].

Q: birim zamanda geçen ısı miktarı

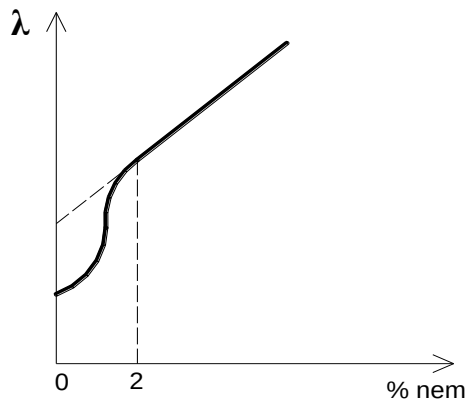
A: alan

$$Q = \lambda \frac{A(t_2 - t_1)}{e} \quad (3.16)$$

e: kalınlık

Birim zaman ve birim alanda ürün içinden geçen ısı miktarı ürünün ısı iletkenlik katsayısı ile orantılıdır. Isı iletkenlik katsayısı λ , alanı 1 m^2 , kalınlığı 1 m olan bir üründen, iki yüzü arasındaki sıcaklık farkı 1°C iken, 1 saatte geçen ısı miktarıdır [39].

Ürünün gözeneklilik derecesi, gözeneklerin büyüklüğü ile dağılım durumu ve barındırdığı nem miktarı ürünlerin ısı iletkenliğini etkileyen faktörlerdir. Nemin varlığı gözenekli ürünlerin ısı iletmesini artırır (Şekil 3.11). Örneğin, organik esaslı ürünlerde ısı iletkenlik katsayıları nemin ağırlıkça her %1 artışıında %1.25 oranında yükselir. İnorganik esaslı ürünlerde ise bu değer %1 artışıında %32 oranında bir artış göstermesine rağmen nem yüzdesi arttıkça bu değer %6.2'ye kadar düşmektedir [22].



Şekil 3.8 Nem oranının ısı iletkenlik katsayısına etkisi [45].

Isısal Genleşme

Sıcaklığın artmasıyla dış duvarları oluşturan ürünlerin atomları denge konumundan ayrılarak daha hızlı titreştiklerinden dolayı birbirlerinden uzaklaşırlar. Bunun sonucunda ürünün boyutunda artış olur [38]. Atomlar arası uzaklığın Δt sıcaklık yükselişine karşı artışı ısısal genleşme olarak adlandırılır. Isısal genleşme atom çaplarının büyümesinden kaynaklanır. Sıcaklık farkı dolayısıyla belli bir boydaki ürünün sıcaklık farkı karşısında gösterdiği

genleşme miktarı, ürünün iç yapı özelliklerine bağlı bir katsayıya göre her üründe değişik değerler alan, ürünün iç yapı özelliklerine bağlı olan bir katsayıya göre farklı değerler alır. Sıcaklığın 1°C artmasının birim boyda oluşturduğu artışa ısısal genleşme katsayısı (α) denir. Δt kadar sıcaklık değişimine karşılık oluşan Δl kadar boy değişimi bir ürünün sıcaklık değişimiyle doğru orantılıdır.

$$\Delta l / l = \alpha \cdot \Delta t \quad (3.17)$$

Ürünlerin türüne, iç yapısına ve sıcaklığa bağlı olarak değişen ısısal genleşme katsayıları sıcaklıkla artar. Bunun aksine ısısal genleşme ile erime sıcaklığı arasında ters orantı vardır. Isısal genleşme küçüldükçe erime sıcaklığı artar.

Bir ürünün genleşmesi kısıtlanması durumunda sıcaklık değişince gerilmeler oluşur. Bu gerilmeler ısısal genleşme katsayısıyla orantılıdır. Bazı hallerde ısı gerilmeleri kırılmalara yol açabilir [12].

$$\sigma = E \alpha \cdot \Delta t \quad (3.18)$$

σ : ısı gerilmesi

E : elastisite modülü

Isı Biriktirme Kapasitesi (Isıl Sığa)

Isı biriktirme kapasitesi (S) malzemenin yoğunluğu, ısı iletkenlik katsayısı ve özgül ısısına bağlıdır. S_{24} ise günlük ısı biriktirme kapasitesidir. Isı depolama kapasitesi, 1 m^3 malzemenin sıcaklığının 1°C artması için bünyesinde biriktirmesi gereken ısı miktarıdır. Birimi $\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$ dır.

$$Q=2S_p T \quad (3.19)$$

Şeklinde yazıldığında, T , sıcaklık değişim aralığıdır ($^{\circ}\text{C}$). S_p ısı biriktirme kapasitesiyse,

$$S = \sqrt{\frac{2\rho\pi\lambda c}{p}}$$

Bağıntısıyla ifade edilir. Burada;

p çevrimperi yodunu

c özgül ısıyı

λ ısı iletkenlik katsayısını

ρ homjen ürünün yoğunluğunu göstermektedir.

Ürünün yüksek miktarda ısı biriktirebilmesi için kütlesinin büyük olması gerekmektedir. Aynı ısı geçiricilik değerinde olan elemanlardan yoğun, dolayısıyla ısı iletkenliği büyük ve kalınlıkları da fazla olanlar, hafif ürün ile yapılan ince elemanlara nazaran daha çok miktarda ısı biriktirirler [25]. Isı depolama kapasitesi küçük olan ürünler hava sıcaklıklarındaki değişimlere daha çok cevap verir. Yapı elemanlarının ısı depo etme yeteneği, kışın ısıtmanın durması anında çabuk soğumayı, yazın da çabuk ısınmayı kısıtlamak için gereklidir [35].

Özgül Isı (Isınma Isısı)

Özgül ısı, bir cismin 1 kg kütlesinin sıcaklığının 1°C artışı için verilmesi gereken ısı enerjisi dir. Doğal maddeler içerisinde özgül ısı değeri en yüksek olan sudur. Su için bu değer 1 kcal/kg °C olarak alındığından diğer cisimlerin ısınma ısısı daha l'den küçük değerler alır [7].

Bir ürünün özgül ısısı, ısınabilme ve soğuma kabiliyetini belirler. Bir yapı ürününün özgül ısısı, onun sıcaklık değişimi karşısındaki davranışını belirlemek açısından oldukça önemlidir. Ürün yüksek bir özgül ısıya sahipse sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenir. Ürünün nem miktarı özgül ısı değerini artırır.

Eri me Sıcaklığı

Eri me, sıcaklığın artışı sonucu, ürün iç yapısında moleköl bağlarının uza ması, elastik şekil değıştir me değeri nin art ması ve sonuç olarak iç yapının kristal sisteminin dağılarak ürünün katı halden akıcı hale geç mesi dir [12].

Katıların bağıarı kuvvetli, sıvıların zayıftır. Katı halden sıvı hale geçerken kuvvetli, sıvı halden buhar haline geçerken zayıf bağlar kopar. Elemanların bağ enerjisi arttıkça, eri me sıcaklığı da artar [22].

3.5 Böl ü m Sonucu

Dış duvarlarda hasar oluşumuna yol açan bir çok etken vardır. 3. Bölümde, bu etkenler, dört ana başlıkta incelenmiştir. Böl ü m 3. 1’de, bölgelere göre değışkenlik gösteren sıcaklık, yağış, ne m güneş ışını m, rüzgar, havada bulunan gazlar gibi tahribata yol açarak dış duvarların kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirmesini engelleyen atmosferik etkenler anlatılmıştır. Böl ü m 3. 2’de “İç Ortamdan Gelen Et kiler” başlığıyla iç iklim elemanlarının yoğunlaşma olayındaki yerine ve kullan ma bağıarı etkenlerin hasar oluşumuna etkisine değinilmiştir.

Böl ü m 3. 3’de; mikroorganizmalar, bitkiler, rüzgarla gelen kum toz, dolu vb. partiküllerin, dış duvarlarda tahribata neden olabileceğı belirtilmiştir.

Farklı özelliklere sahip olan yapı ürünleri, aynı şartlar altında farklı davranışlar göstermektedir. Aynı üretilde birbirleriyle uyumlu olmayan ürünlerin bir araya gelişleri, üzerinde önemle durulup çözüm üretilmesi gereken bir konudur. Birleşimlere ilişkin ayrıntılandırmaların yeterli olabilmesi için de ürün özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Hasar ihtimalinin yüksek olduğu ürünlerin ara kesitinde oluşabilecek hasarlar, sonradan uygulanan ek çözümlerle istenilen sonucu ver meyebilir. Böl ü m 3. 4’de “Duvar Özelliklerine Bağlı Et kiler” başlığı altında, dış duvar hasarlarında büyük et kisi olan ürünlerin ısı, su ve ne m ile ilgili özelliklerinin farklı ol masına bağıarı etkileri anlayabil mek için duvarı oluşturan ürünlerin ısı, su ve ne m ile ilgili özellikleri incelenmiştir.

4 ADANA' DAKİ Bİ NALARIN DIŞ DUVARLARINDA OLUŞAN HASARLARIN İRDELENMESİ İ ÇİN ALAN ÇALIŞ MASI VE YAPISAL ÇÖZÜ M ÖNERİ LERİ

4.1 Alan Çalış masının Amacı

Ü ke mizde, dış duvarlarda oluş an hasarlara ilişkin herhangi bir istatistik çalış ması bulunm akmaktadır. Hasar belirleme ye yönelik yapılan çalış malar t a m a n e n gözle m e dayalı olarak yapılmıştır. Bu alan çalış masında da Adana' da bulunan binalardan alınan fot oğraflardan yararlanarak gözle mlenen, kavramsal ve matematiksel olarak irdelenerek tespit edilen hasarlara ilişkin yapısal çözüm önerilerinde bulunul muştur.

4.2 Alan Çalış masında İzlenen Yol

Öncelikle, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden, 1990-2001 yılları arasında Adana' ya ait sıcaklık, yağış, nem rüzgar gibi iklimsel parametrelere ait ortalama ve ekstrem veriler temin edilerek tablo haline dönüştürülmüştür. Bir sonraki aşama olarak; Adana' da, binalarda kullanılan farklı dış duvar tipleri belirlenmiştir. Bu belirleme yapılırken Dİ E'nin 2000 yılında yapmış olduğu “Adana' da Bulunan Konutların Taşıyıcı Sistemleri ve Kullanılan Yapı Malzemesi Çınsırları” adlı istatistik çalış masından ve bölgede yapı üretimine ilişkin yapılmış olan gözlemlerden faydalanılmıştır. sekiz ayrı duvar kesiti için TS 825'in öngördüğü hesap yöntemi kullanılarak yoğunlaşma denetimi yapılmıştır. İklim bölgelerine göre değişkenlik gösteren, TS 825'ce belirlenmiş olan, 1. Bölge için tavsiye edilen dış duvarlara ait maksimum U_D (Tablo 2.3), Q ve t_i , t_d değerleri sekiz ayrı duvar kesiti üzerinde birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Adana gibi sıcak ve nemli iklim bölgelerinde bulunan şehirlerde dış duvar kesitinde oluşabilecek yoğunlaşmanın (kondansasyon) yol açacağı hasarlar grafik yöntemiyle belirlendikten sonra çeşitli şekillerde duvar bünyesine nüfuz ederek hasar oluşumuna

neden olabilecek havada bulunan nem yağış suları, sıcaklık ve güneş ışınımı gibi değişkenlerin yol açtığı hasarlar bölgeden alınan fotoğraflar aracılığıyla kavramsalsal olarak değerlendirilerek bölge iklim şartlarında dış duvarlarda oluşan hasar türleri ve nedenleri tespit edilerek yapısal çözüm önerilerinde bulunulacaktır.

4.3 Adana İç İklimsel Verilerin Düzenlenmesi

Bina dışı çevre iklimini oluşturan iklim elemanları, iklimsel konforu etkileyen, enerji korunumu sürecinde etkili olan, üçüncü bölümde de ayrıntılı bir şekilde ele alındığı üzere, dış duvar hasarlarının oluşmasında önemli yeri olan atmosferik etkenlerdir. Bu elemanlar, güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgar şeklinde sıralanabilir.

Bina dışı çevredeki atmosferik etkilere bağlı olarak herhangi bir binanın içerisinde iklimsel konforun ek yapma enerji sistemlerine en az gereksinim duyularak gerçekleştirilebilmesi için mimarın denetiminde olan değişkenlerin diğer bir deyişle yapma çevreye ilişkin tasarım parametrelerinin uygun değerlere sahip olmaları gerekmektedir [46].

Enerji korunumunda dış duvarlar büyük bir paya sahiptir. Bunun dışında, etkileri büyük boyutlara ulaşan ve bünyedeki yetersizliklerden kaynaklanan hasarların dış duvarlarda olduğu gözlenmekte, yapılan araştırmalarda bunu doğrulanmaktadır. Yapı bünyesindeki tüm hasar olgularının çoğunlukla binanın kabuğunu oluşturan dış duvarda ve örtüde görülmesi de doğaldır ve nedenleri açıkça ortadadır. İç ortam ile dış ortam birbirinden ayıran dış duvar, atmosferik etkenlerin etkisi altında kendisinden beklenen çeşitli işlevleri uygun düzeyde yerine getirmesi istenen bir yapı elemanıdır [8].

Dış duvar hasarlarının oluşmasında, çevresel gereksinimleri optimum düzeyde yerine getirmesini engellemekte en önemli çevresel etkenin atmosferik (meteorolojik) etkenler olduğu üçüncü bölümde ele alınmıştır. Bölgelere göre değişkenlik gösteren atmosferik etkenler gözönünde bulundurularak belirlenen bir duvar kesitinde zaman içerisinde hasarlar oluşmakta ve duvar işlevini tam anlamıyla yerine getirememektedir.

Adana’da bulunan binalar üzerinden fotoğraflanarak ortaya konulan dış duvar hasarlarının, doğru bir şekilde, analiz edilebilmesi ve mevcut duvar oluşumlarının uygunluğunun değerlendirilebilmesi için Adana’nın iklim verilerinin bilinmesi gerekmektedir.

4.3.1 Adana İlinin Meteorolojik (İklimsel) Özellikleri

Adana ilinin Toros Dağları dışında kalan bölümlerinde tipik Akdeniz iklimi görülür. Yazın kurak ve sıcak, kışın ılık ve yağışlı bir iklim mevcuttur. 1990-2001 yılları arasındaki ortalama değerlere bakıldığında aşağıdaki sonuçlar görülmektedir.

On yıllık ortalama sıcaklık 19,1 °C dir. Maksimum hava sıcaklığı 07.08.1998 tarihinde 43,8 °C olmuştur. En düşük sıcaklık ise 06.02.1997’de -6,4 °C olarak gözlenmiştir. On yıllık yağış ortalaması 657,3 mm dir. Ortalama nispi nem %69 mertebesinde dir. En nemli ve sıcak olan ay temmuz ayı olup, on yıllık temmuz ayı ortalama nispi nem ise %79 tur. Ortalama rüzgar hızı 2,1 (m/sn) dir (Tablo 4.1) [47].

Tablo 4.1 Adana il merkezi meteorolojik (iklimsel) verileri (1990-2001)

Meteorolojik Parametreler	Adana Verileri
Ortalama sıcaklık (°C)	19,1
Maksimum sıcaklık (°C) (07.08.1998)	43,8
Minimum sıcaklık (°C) (06.02.1997)	-6,4
Ortalama yaygın basınç (mb)	1010,5
Ortalama nisbi nem	69%
En yüksek nisbi nem (temmuz ayı)	79%
En düşük toprak sıcaklık ortalaması,(5 cm’de) (°C)	-3,8
Ortalama toprak sıcaklık ortalaması,(5 cm’de) (°C)	21,9
Ortalama açık gün sayısı	109
Ortalama bulutlu gün sayısı	207,1
Ortalama bulutlu gün sayısı	207,1
Ortalama kapalı gün sayısı	49,2
Ortalama yağış miktarı	657,3
Ortalama kar yağışlı gün sayısı	0,1
Ortalama sisli gün sayısı	4,3
Ortalama dolulu gün sayısı	2,7
Ortalama kırılgılı gün sayısı	5,8
Ortalama rüzgar hızı(m/sn)	2,1
En hızlı rüzgar yönü	KB-D-KD
Hakim rüzgar yönü	GGB

4.3.2 TS- 825 Standardı

“TS 825 standardı” ve bağılı olduğu “Isı Korunum Yönetmeliği”, binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerini içermektedir. Bu standart yeni inşa edilecek binaların ve mevcut binaların oturma alanının %15’i oranında ve üzerinde yapılacak onarımlarda, onarılan bölünün ısıtma enerjisi gereksiniminin hesaplamak kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsamaktadır [17].

Bu alan çalışması kapsamında, dış duvar hasarlarının oluşmasında önemli bir yeri olan yoğunlaşma, Adana’da uygulanan sekiz ayrı duvar kesiti üzerinde denetlenecektir. Denetimi yapılırken TS 825 kapsamında kullanılan hesap yönteminden faydalananlar Adana’nın meteorolojik (iklimsel) verileri (Tablo 4.1) hesaplarda kullanılacak, çıkan sonuçlar duvar kesiti soyutlamaları üzerinde belirtilecektir.

TS 825 kapsamında kullanılan hesap yöntemine göre;

- Dış duvarın iki yüzeyinin sıcaklığının değişmediği ve aradaki sıcaklık farkının sabit kaldığı,
- Dış duvarı oluşturan ürünlerin homojen ve izotrop olduğu

varsayıldığında, böyle bir yapı elemanının bir malından, bir mızamanda geçen ısı enerjisi miktarı Fourier yasasına göre şöyledir:

$$Q = \frac{\lambda}{d} (t_1 - t_2) \quad (W/m^2) \quad (4.1)$$

λ : Yapı elemanını oluşturan bileşenler ait ısı iletkenlik katsayısı (W/mK),

d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

t_1 : Yapı bileşeninin bir yüzünün sıcaklık derecesi ($^{\circ}C$),

t_2 : Yapı bileşeninin diğer yüzünün sıcaklık derecesi’dir ($^{\circ}C$),

her bir bileşenin kalınlığını ısı iletkenlik katsayısına bölümü olan (d/λ), yani her bir bileşenin direnç değerleri toplanarak yapı elemanının toplamı geçirgenlik direnci bulunabilir. Buna göre bağıntı,

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} \text{ (m}^2\text{°C/W)} \quad (4.2)$$

şeklini alır. Bu bağıntıdaki Λ yapı elemanının ısı geçirgenliğidir. $1/\Lambda$ ise yapı elemanının ısı geçirgenlik direncidir. Böylece Fourier bağıntısı;

$$Q = \Lambda (t_1 - t_2) \quad (\text{W/m}^2) \quad (4.3)$$

şekline gelir.

Tek veya çok bileşenli bir yapı elemanı her iki yüzünden havayla temas halinde olduğu için, burada katı cisimden havaya ya da havadan katı cisme bir konveksiyon söz konusudur. Bu durumda, iki ortam arasındaki bu türden bir ısı geçişini hesaplayabilmek için yüzeysel ısı iletim katsayısı (α) kavramı kullanılır (α aynı zamanda yüzey fil mkatsayısı ya da konveksiyon katsayısı diye de adlandırılır).

Konveksiyon yoluyla olan ısı akımı, bu durumda;

$$Q = \alpha (t_o - t_y) \quad (\text{W/m}^2) \quad (4.4)$$

olur. Burada,

Q Birim alandan birim zamanda geçen ısı akımı miktarı,

α : Yüzeysel ısı iletim katsayısı $(\text{W/m}^2\text{°C})$

t_o : Ortamsıcaklığı (°C) ,

t_y : Yapı elemanının yüzey sıcaklığı (°C)

olup, α , yüzeyin pürüzlülüğüne, elemanı çevreleyen hava hareketinin hızına, yüzeyin yatay veya düşey oluşuna, her durumda dış ya da iç yüzey oluşuna, kısaca yapı elemanının konumuna bağlı olarak değişir.

$$Q = U (t_i - t_d) AZ \quad (\text{W}) \quad (4.5)$$

bağıntısıyla $A(\text{m}^2)$ alandan $Z(\text{sn})$ zamanda geçen ısı akımı watt olarak bulunur. Bu bağıntıdaki (U) elemanın ısı geçirgen katsayısı olarak;

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (\text{m}^2\text{C/W}) \quad (4.6)$$

1/ U : Her bir ısı geçirgen direnci $(\text{m}^2\text{C/W})$,

1/ α_i : Her bir iç yüzey ısı iletme direnci $(\text{m}^2\text{C/W})$,

1/ Λ : Yapı elemanının ısı iletkenlik direnci $(\text{Wm}^2\text{C}^{-1})$,

1/ α_d : Her bir dış yüzey ısı iletme direnci $(\text{m}^2\text{C/W})$,

t_i : İç sıcaklık $(^\circ\text{C})$,

t_d : Dış sıcaklık $(^\circ\text{C})$,

şeklinde tarif edilir.

Yukarıda verilen

$$Q = U(t_i - t_d) A Z \quad (\text{W}) \quad (4.7)$$

Bağlantısındaki A (alan) ve Z (zaman), 1 m^2 ve 1 sn olarak alındığında bağlantı;

$$Q = U(t_i - t_d) \quad (\text{Wm}^2) \quad (4.8)$$

halini alır. Bu bağlantı;

$$Q = \frac{(t_i - t_d)}{1/U} \quad (\text{W/m}^2) \quad (4.9)$$

şeklinde yazılıp düzenlendiğinde;

$$Q \frac{1}{U} = (t_i - t_d) \quad (\text{W/m}^2) \quad (4.10)$$

dur. 1/ U yerine açık ifadesi olan $(\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d})$ konduğunda bağlantı

$$Q(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}) = (t_i - t_d) \quad (4.11)$$

Isı akımının, yani Q'nun, her bir bileşenin direnci ile çarpım sonucunda bulunan değerini o bileşenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkını verir.

Böylece, bir veya birden fazla bileşenden oluşan bir yapı elemanında ısı enerjisinin elemanın her bir bileşeninin yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık dereceleri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$Q \frac{1}{\alpha_i} = \delta t_i \quad (^\circ\text{C}), \quad Q \frac{d_1}{\lambda_1} = \delta t_1 \quad (^\circ\text{C}), \quad Q \frac{d_2}{\lambda_2} = \delta t_2 \quad (^\circ\text{C}),$$

$$Q \frac{d_n}{\lambda_n} = \delta t_n \quad (^\circ\text{C}), \quad Q \frac{1}{\alpha_d} = \delta t_d \quad (^\circ\text{C}), \quad (4.12)$$

Bu şekilde bulunan sıcaklık farkları iç ortam sıcaklığından sırasıyla çıkarılarak her bileşenin yüzeyindeki sıcaklık derecesi bulunur ve işlem devam edilerek sonuçta dış sıcaklık değeri ne ulaşılır.

Örneğin üç bileşenden oluşan bir duvarda;

$$t_y = t_i - \alpha_i \quad (^\circ\text{C}),$$

$$t_1 = t_y - \alpha_1 \quad (^\circ\text{C}),$$

$$t_2 = t_1 - \alpha_2 \quad (^\circ\text{C}),$$

$$t_{dy} = t_2 - \alpha_3 \quad (^\circ\text{C}),$$

$$t_d = t_{dy} - \alpha_d \quad (^\circ\text{C}),$$

değerleri bulunur. Burada,

t_i ; iç ortam sıcaklığı

t_d ; dış ortam sıcaklığı

t_{iy} ; duvarın iç yüzey sıcaklığı

t_1 ; birinci bileşen ile ikinci bileşen arası sıcaklığı

göstermektedir.

Dış Duvarlarda Buhar Akımları, Buhar Gradyan Hesap ve Gizi

Dış duvarların gradyanını çizilebilmek için öncelikle iç (t_i) ve dış (t_d) sıcaklık derecelerine, iç (ψ) ve dış (ψ_d) bağıl nem değerlerine, dış duvarı oluşturan her bir bileşenin kalınlık (d), ısı iletkenlik katsayısı (λ), buhar difüzyon direnç faktörü (μ) ve sıcaklığa bağlı olarak doymuş buhar basıncı değerlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır.

$$P_i = P_{si} \cdot \psi \quad (\text{N m}^2)(\text{Pa}) \quad (4.13)$$

$$P_d = P_{sd} \cdot \psi_d$$

P_i : t_i sıcaklığına bağlı iç ortam buhar basıncı (Pa),

P_d : t_d sıcaklığına bağlı dış ortam buhar basıncı (Pa),

P_{si} : t_i sıcaklığında tablolar dan bulunan doymuş buhar basıncı (Pa),

P_{sd} : t_d sıcaklığında tablolar dan bulunan doymuş buhar basıncı (Pa)

Yukarıdaki bağıntılardan iç ve dış ortamdaki buhar basınç değerleri bulunur. İç ve dış ortam arasındaki buhar basınç farkı $P_i - P_d$ 'dir. Her bir bileşenin iki yüzü arasındaki buhar basıncının azalması,

$$\delta p = \frac{(P_i - P_d)\mu d}{\sum \mu d} \quad (4.14)$$

bağıntısıyla içten dışa doğru tek tek hesaplanır. Elde edilen buhar basıncı düşme miktarı, iç buhar basıncı değerinden içten itibaren sırasıyla çıkarılarak her bileşenin yüzeyindeki buhar basıncı değerleri bulunur, P_i bilindiğine göre,

$$P_i - \delta P_1 = P_1$$

$$P_1 - \delta P_2 = P_2 \quad (4.15)$$

$$P_2 - \delta P_3 = P_3$$

.....

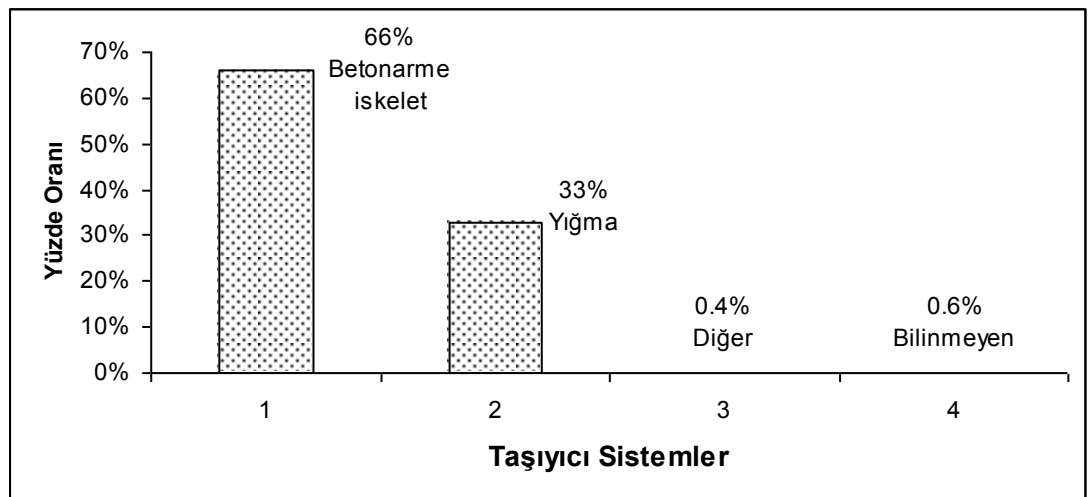
$$P_{d-1} - \delta P_d = P_d$$

Değerleri hesaplanarak bulunur, her bileşenin üzerindeki yerleri işaretlenir ve bir grafik halinde çizilerek gösterilir. Diğer yandan grafik üzerinde (t) sıcaklıklarına bağlı olarak Ps değerleri tablodan bulunur ve aynı grafik üzerinde gösterilir. Ps eğrisi, eleman kesitinde oluşabilecek buhar basınçlarının en üst değerlerini gösterdiğinden, bu değerden daha yüksek buhar basınçları bulunduğu takdirde bu basıncı oluşturan buhar yoğuşacak ve elemanın kesiti içinde suya dönüşecektir [7, 17].

4.4 Adana’da Uygulanan Dış Duvar Tipleri

Devlet İstatistik Enstitüsü’nün 2000 yılında Adana’da yapmış olduğu, “Binaların Taşıyıcı Sistemi ve Kullanılan Yapı Malzemesi Cinsi, 2000” isimli istatistik çalışmasından, Adana’da bulunan konutların %66’sının betonarme iskelet, %33’ünün yığma, %1’inin de diğer taşıyıcı sistemler kullanılarak inşa edilen binalardan oluştuğunu görülmektedir (Şekil 4.1- Tablo 4.2).

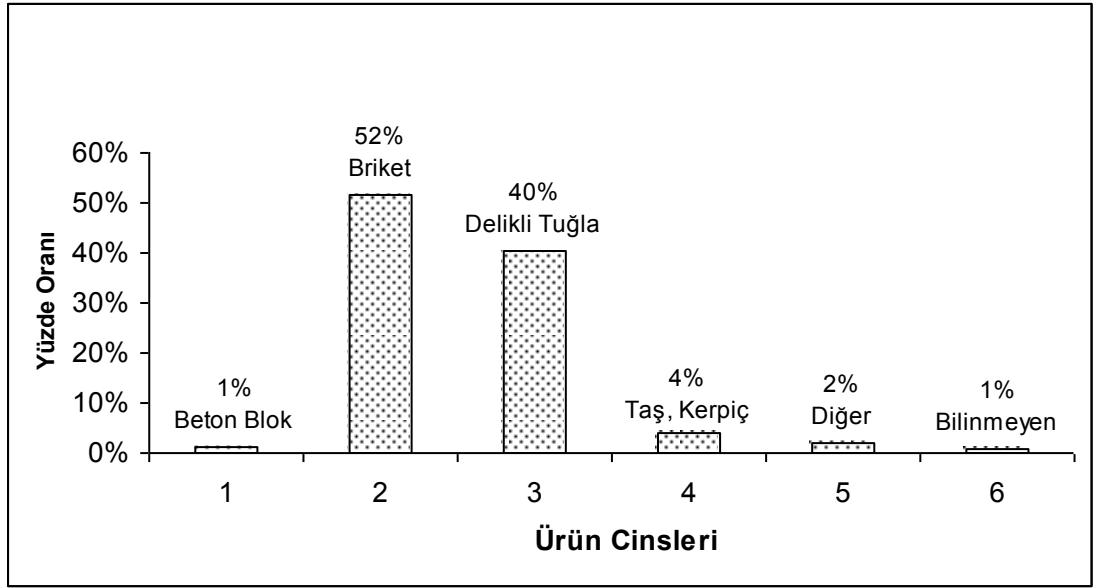
Bu sistemler içerisinde gerek taşıyıcı gerekse duvar gövde bileşeni olarak kullanılan yapı ürünlerinin %1 beton blok, %52 briket, %40 tuğla, %4 taş-kerpiç, %2 diğer (gazbeton, prekast duvarlar vb.) oranlarında kullanıldıkları görülmektedir (Şekil 4.2- Tablo 4.3).



Şekil 4.1 Adana’da bulunan konutların taşıyıcı sistemleri ve kullanımyüzdeleri.

Tablo 4.2 Adana’da bulunan konutların taşıyıcı sistemleri

Yapım Sis.	Adet	Yüzde
Betonarme iskelet	168.253	66%
Yığma	84.577	33%
Diğer	224	0.4%
Bilinmeyen	393	0.6%
TOPLAM	253.447	100%

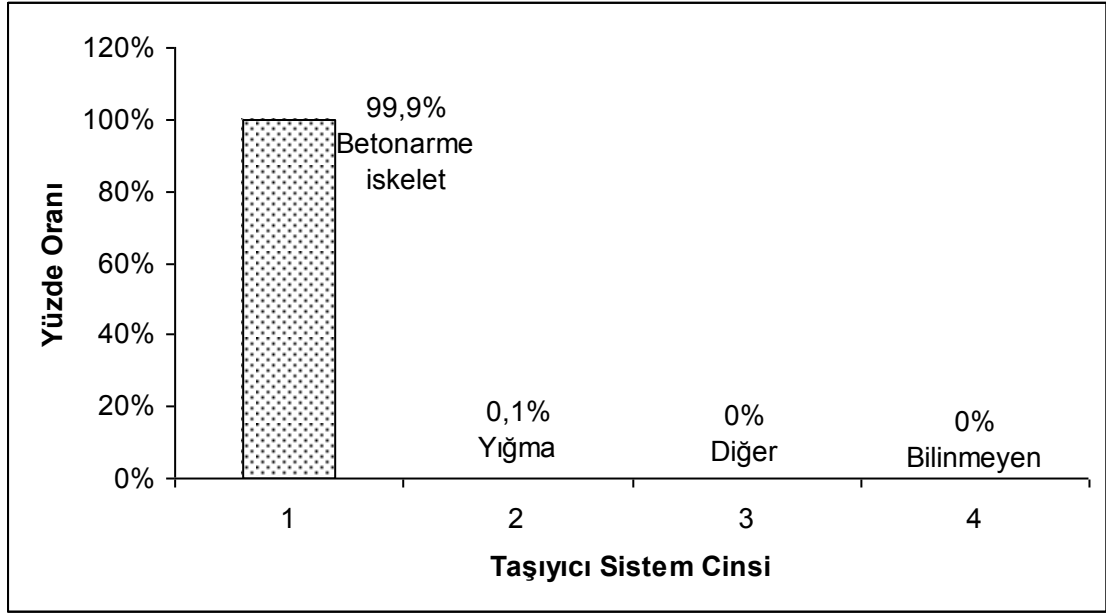


Şekil 4.2 Adana’da bulunan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünü cinsleri ve kullanımyüzdeleri.

Tablo 4.3 Adana’da bulunan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünü cinsleri ve kullanımyüzdeleri [48].

Ürün	Adet	Yüzde
Beton Blok	2.866	1%
Briket	131.190	52%
Tuğla	102.368	40%
Taş, Kerpiç	9.860	4%
Diğer	5.017	2%
Bilinmeyen	2.146	1%
TOPLAM	253.447	100%

Bu oranlar, sadece Adana il merkezi olmayıp çevre ilçeleri de kapsamaktadır. Ancak, alan çalışmasının kapsamını oluşturan Adana merkez mahallelerine ve özellikle Yeni Adana denilen, Adana'daki son yirmi yıllık yapı üretimsüreçlerinin geçtiği mahallelere bakıldığında konutların, %99,9 oranında betonarme-iskelet, %0,1 oranında ise yığma taşıyıcı sistemli binalardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.3 - Tablo 4.4).

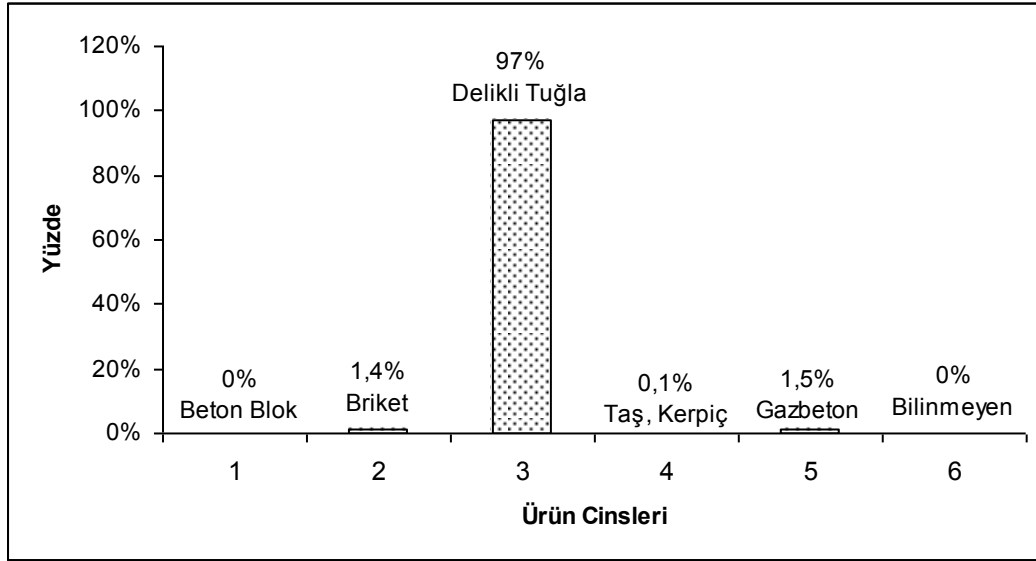


Şekil 4.3 Adana'da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların taşıyıcı sistemleri ve kullanımyüzdeleri.

Tablo 4.4 Adana'da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların taşıyıcı sistemleri.

Yapım Sis.	Adet	Yüzde
Betonarme iskelet	1.016	99,9%
Yığma	1	0,1%
Diğer	0	0
Bilinmeyen	0	0
TOPLAM	1.017	100%

Neredeyse bütün binaların betonarme-iskelet sistemiyle yapıldığı ve duvar gövdesi ürünleri olarakta %77 delikli tuğla, %1,4 briket, %1,5 gazbeton, %0,1 taş, kerpiç, oranlarında kullanıldığı görülmektedir (Şekil 4.4 -Tablo 4.5).

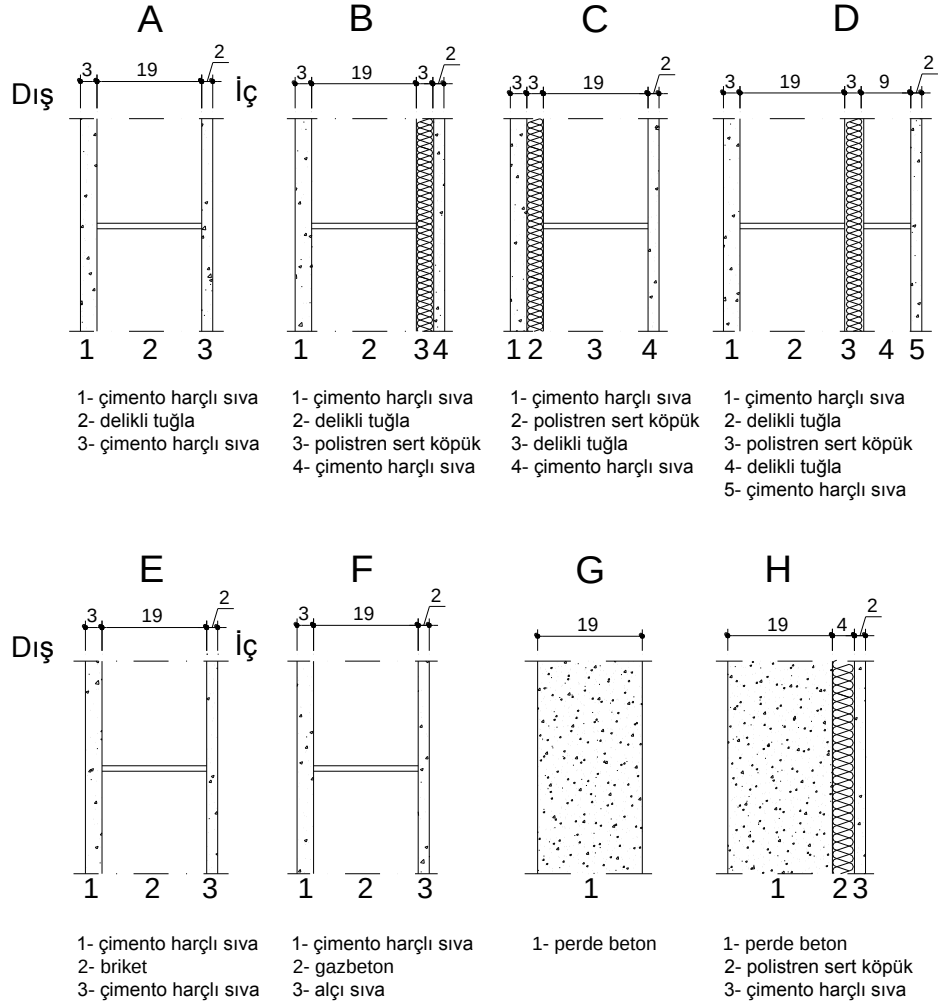


Şekil 4.4 Adana’da 1980-2000 yılları arasında konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünü cinsleri ve kullanımyüzdeleri.

Tablo 4.5 Adana’da 1980-2000 yılları arasında yapılan konutların dış duvarlarında kullanılan yapı ürünü cinsleri ve kullanımyüzdeleri.

Ürün	Adet	Yüzde
Beton Blok	0	0%
Briket	14	1,4%
Tuğla	987	97%
Taş,Kerpiç	1	0,1%
Diğer (Gazbeton)	15	1,5%
Bilinmeyen	0	0%
TOPLAM	1.017	100%

Bu istatistiki çalışmadan ve yapılan gözlemlerden faydalananarak Adana’da bulunan konutlarda uygulanan sekiz ayrı dış duvar tipi belirlenmiştir. Bu duvarların sağlıklı bir şekilde ısıya bağlı parametreler açısından, nem yoğunlaşma yönünden karşılaştırmasını yapabilmek için dış kaplama, duvar gövdesi ve iç kaplama bileşenleri yönünden bir soyutlamaya gidilmiştir. Sıcaklık-buhar akım gradyanları hesaplanarak çizilecek olan sekiz ayrı duvar tipi ‘Şekil 4.5’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Adana'da uygulanan sekiz farklı dış duvar tipi.

4.4.1 Dış Duvar Tiplerinin Isıl Yönden İrdelenmesi

(G) kesitli duvar örneği, 1. iklim bölgesi için belirlenen U_D 'yi sağlamamaktadır. Bununla birlikte, (G) kesitli duvar iç yüzey sıcaklığı iç konfor şartları için de uygun değerde değildir. Bu duvar örneği, en fazla ısı kaybının olduğu duvar kesiti olması nedeniyle dış yüzey sıcaklığı en fazladır. (G) kesitli duvar örneği, Adana'da yaşanan deprem sonrası, konut açığının kısa zamanda kapatılması amacıyla tünel kalıp sistemiyle yapılan konutlara aittir. Bu binalarda sınır U_D değerinin sağlanması amacıyla (H) duvar kesitinde gösterildiği gibi içten yalıtım bileşeni eklenmiştir (Şekil 4.5).

(A) kesitli duvar, Adana'da geleneksel olarak en çok yüzdeyle kullanılan dış duvar kesiti olup (G) duvarından sonra en fazla ısı kayıplarının olduğu, sınır U_D değerinin

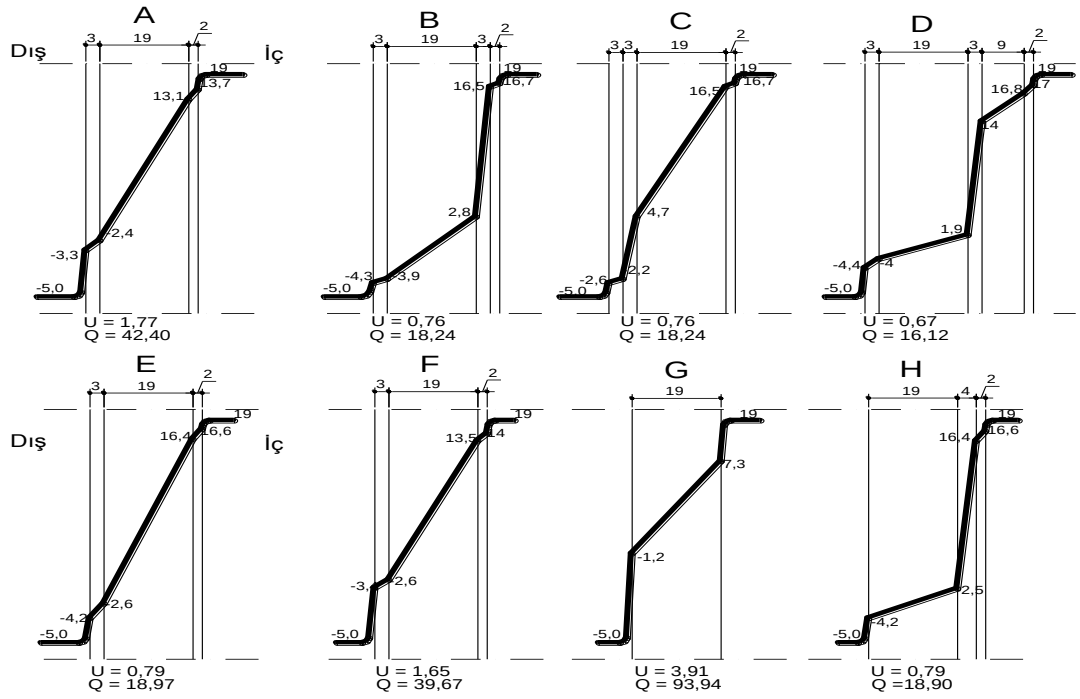
sağlanmadığı bir duvar çeşidi dir. Düşük maliyetli olduğu gerekçesiyle kullanılan bu duvar kesitindeki enerji kayıpları ve oluşan hasarların bakım onarım giderleri gözönünde bulundurulduğunda bu duvarın hiç de ekonomik olmadığı anlaşılabacaktır.

(B), (C), (D) duvar tipleri (A) duvarına ısı yalıtım bileşeni eklenmesi sonucu oluşan duvar kesiti dir. U_D 'yi sağlayan bu duvarlardan (B) ve (C) kesitleri aynı nitelik ve nicelikte olan duvar bileşenlerinden oluştukları için iki duvarda da kaybedilen ısı miktarının (Şekil B 1) ve iç ve dış yüzey sıcaklıklarının da birbirine eşit olduğu görülecektir (Şekil 4.6, B 2). Ancak, ısı yalıtım bileşeni nin yerlerinin farklı olması dolayısıyla su buharı gradyanı hesaplanarak çizildiğinde (B) duvar kesiti içinde yoğunlaşma olduğu görülecektir (Şekil 4.7).

Adana'da kullanım yüzdesi olarak ikinci sırada olan (F) duvarı, U_D 'yi sağlamamasının yanında ısı kaybının en fazla olduğu üçüncü duvardır. (E) duvarı ise herhangi bir ısı yalıtım bileşeni gerekmesiz U_D 'yi sağlayan tek duvardır.

Isı biriktirme kapasitesi açısından bir karşılaştırma yapıldığında (A, C, D, E, F, G) gibi iç yüzeyde ısı yalıtım bileşeni olmayan duvar tiplerinin ısıyı bünyelerinde biriktirebileceği, dolayısıyla bu tiplerin çevrelediği mekanların ön ısıtma sürelerini uzayacağı, (B ve H)'de olduğu gibi iç yüzlerinde ısı yalıtım bileşeni bulunan duvar tiplerinde ise bu sürenin en azalacağı söylenebilir. Bu nedenle, konutlar gibi uzun süreli olarak kullanılacak mekanları çevreleyen duvarlarda yalıtımın dıştan uygulanması konfor şartları, ekonomi sağlama açısından uygun olacaktır.

Bu duvar tipleri ısı genleşme yönlerinden karşılaştırıldığında, duvar gövdesinin dış tarafında yalıtım bileşeni bulunmayan duvar tipleri (A, B, D, E, F, G, H) yaz-kış ve gece-gündüz sıcaklık farklarından önemli ölçüde etkilenerek genleşme ve büzülme yapacağı söylenebilir. Dış tarafında ısı tutucu bileşen olan (C) duvar tipi, sıcaklık farklarından etkilenmeyip dış kaplama bileşeninde hasar oluşturacak kadar iç gerilmeler oluşmaz.



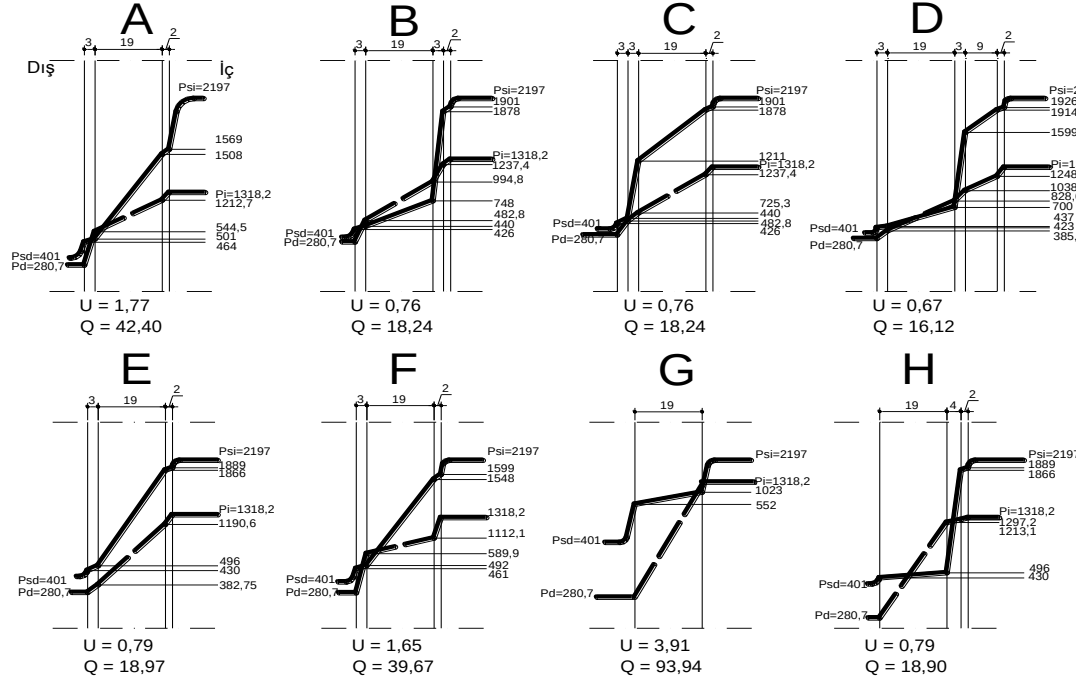
Şekil 4.6 Sekiz ayrı dış duvara ait sıcaklık gradyanı

4.4.2 Dış Duvar Tiplerinin Nem ve Yoğuşma Yönünden İrdelenmesi

Sözkonusu irdelenme için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Adana'nın iklimsel verilerinden faydalanılarak dış ortamdaki bağıl nemin %70, iç ortamdaki nemin ise %60 olduğu varsayılmıştır. Adana'da son on yıllık değerler dikkate alındığında sıcaklığın yaklaşık -7°C ye kadar düştüğü ölçülmüştür (Tablo 4.1). Sıcaklık- buhar gradyanı hesabı için dış ortam sıcaklık değeri -5°C iç ortamı ise 19°C olarak kabul edilerek Adana'da uygulanan sekiz ayrı duvar tipinde "Bölüm 4.3.2"de gösterilen formler (TS 825) kullanılarak yoğuşma denetimi yapılmıştır. Sekiz ayrı duvar tipi için yapılan hesap sonuçları tablolara dönüştürülmüştür (Tablo A1-A16). Yoğuşma denetimi sonuçları ve hasarlar ise "Tablo 4.6" da gösterilmiştir.

Isı yalıtım bileşeni bulunmayan (A, F, G) duvar tiplerinde bağıl nem oranlarının artmasına bağlı olarak iç yüzeyde terleme ve yoğuşma olasılığı yüksektir. Isı yalıtım bileşeninin içte bulunduğu (B) duvar tipinde; ısı yalıtım bileşeni içinde ve dış kaplama altında olmak üzere iki ayrı yerde, (H) duvar tipinde ise ısı yalıtım bileşeni altında önemli ölçüde yoğuşma olduğu ve yine iç ortama bağıl nem oranının artması halinde yoğuşmanın daha da artacağı görülmektedir (Şekil 4.7). Ortada ısı yalıtım

bileşeni nin bulunduğ u (D) duvar tipinde de (B) tipinde oluş an yoğ uş ma nın benzeri bir şekilde kesit içerisinde iki farklı yerde ön emli ölçüde yoğ uş ma olduğ u gör ülm ektedir. Dış tan yalıtı m bileşeni bulunduran (C) kesitinde ise dış kapla ma buhar geçirir si z bir tabaka ol nağ ı ğ u süreçte yoğ uş ma riski yoktur (Ş ekil 4.7). (E) kesitli duvar tipinde de yoğ uş ma riski yoktur (Ş ekil 4.7, Tablo 4.6)



Ş ekil 4.7 Sekiz ayrı dış duvara ait buhar gradyanı.

Tablo 4.6 Adana’da uygulanan sekiz ayrı duvar tipinin yoğunlaşma denetimi sonuçları ve hasarları.

Duvar Tipleri $\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı İlet. Kats. (λ , W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Difüzyon Direnç Faktörü μ	$\mu.d$	Yoğuşma Denetimi Sonuçları (TS 825 de 1. Bölge için tavsiye edilen $U_b \leq 0,80$)	Hasarlar
A $U=1,77$ $Q=42,40$		$1/\alpha_i=1/8$	8	0,125			$U_b \leq 0,80$ i sağlamıyor. İç yüzey sıcaklığı uygun değerde değil. Duvar yüzeyinde yoğunlaşma riski vardır (Şekil 4.6, 4.7).	İstenmeyen ısı kayıp ve kazançları, çatlamalar, kabarma ve dökülmeler, çiçeklenmeler, kötü görünüş, sağlıklı iç ortam
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Düş. Del. Tuğla	0,19	0,52	0,365	10		
		3 Çim.Harç.Sıva	0,03	1,40	0,021	25		
		$1/\alpha_d=1/25$	25	0,040	$\Sigma \mu.d = 2,95$			
B $U=0,76$ $Q=18,24$		$1/\alpha_i=1/8$	8	0,125			$U_b \leq 0,80$ i sağlıyor olmasına karşın kesit içi yoğunlaşma (gizli kondansasyon) olma riski yüksektir (Şekil 4.7).	Islanan kesitin ısı iletkenlik katsayısı artacağı için istenmeyen ısı kayıp ve kazançları artacaktır. Kuruma döneminde yüzeye ulaşan su yüzünden çatlamalar, kabarma ve dökülmeler, çiçeklenmeler,
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Poli.Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30		
		3 Düş. Del. Tuğla	0,19	0,52	0,365	10		
		4 Çim. Harç.Sıva	0,03	1,40	0,021	25		
C $U=0,76$ $Q=18,24$		$1/\alpha_i=1/8$	8,00	0,125			$U_b \leq 0,80$ i sağlıyor Kesit içi ve yüzeyinde yoğunlaşma olma riski yok denilecek kadar azdır (Şekil 4.6, 4.7).	Uygun bir kesittir.
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Düş. Del. Tuğla	0,19	0,52	0,365	10		
		3 Poli.Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30		
		4 Çim. Harç.Sıva	0,03	1,40	0,021	25		
D $U=0,67$ $Q=16,12$		$1/\alpha_i=1/8$	8,00	0,125			$U_b \leq 0,80$ yi sağlıyor ancak kesit içi yoğunlaşma riski yüksektir (Şekil 4.7).	Islanan kesitin ısı iletkenlik katsayısı artacağı için istenmeyen ısı kayıp ve kazançları artacaktır. Kuruma döneminde yüzeye ulaşan su yüzünden çatlamalar, kabarma ve dökülmeler, çiçeklenmeler, kötü görünüş, sağlıklı iç ortam oluşacaktır.
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Düş. Del. Tuğla	0,09	0,52	0,173	10		
		3 Poli.Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30		
		4 Düş. Del. Tuğla	0,19	0,52	0,365	10		
E $U=0,79$ $Q=18,97$		$1/\alpha_i=1/8$	8,00	0,125			$U_b \leq 0,80$ i sağlamıyor İç yüzey sıcaklığı uygun olmadığı için duvar yüzeyinde yoğunlaşma riski yüksektir.	İstenmeyen ısı kayıp ve kazançları, çatlamalar, kabarma ve dökülmeler, çiçeklenmeler, kötü görünüş, sağlıklı iç ortam
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Briket	0,19	0,47	0,404	4		
		3 Çim. Harç.Sıva	0,03	1,40	0,021	15		
		$1/\alpha_d=1/25$	8	0,040	$\Sigma \mu.d = 1,51$			
F $U=1,65$ $Q=39,67$		$1/\alpha_i=1/8$	8,00	0,125			$U_b \leq 0,80$ i sağlıyor Kesit içi ve yüzeyinde yoğunlaşma riski azdır (Şekil 4.7).	Uygun bir kesittir.
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Gaz Beton	0,19	0,19	1,000	10		
		3 Alçı Sıva	0,03	0,35	0,086	8		
		$1/\alpha_d=1/25$	25	0,040	$\Sigma \mu.d = 2,44$			
G $U=3,91$ $Q=93,94$		$1/\alpha_i=1/8$	8,00	0,125			$U_b \leq 0,80$ i sağlamıyor İç yüzey sıcaklığı uygun olmadığı için duvar yüzeyinde yoğunlaşma riski yüksektir.	İstenmeyen ısı kayıp ve kazançları, kabarma ve dökülmeler, çiçeklenmeler, kötü görünüş
		1 Nor.Agr.Beton	0,19	2,10	0,090	70		
		$1/\alpha_d=1/25$	25	0,040	$\Sigma \mu.d = 13,30$			
H $U=0,79$ $Q=18,90$		$1/\alpha_i=1/8$	8,00	0,125			$U_b \leq 0,80$ yi sağlıyor ancak kesit içi yoğunlaşma riski yüksektir (Şekil 4.7).	İstenmeyen ısı kayıp ve kazançları, çatlamalar, kabarma ve dökülmeler, çiçeklenmeler, kötü görünüş, çelik donatıların korozyona uğraması
		1 Çim. Harç.Sıva	0,02	1,40	0,014	15		
		2 Poli.Sert Köpük	0,04	0,04	1,000	30		
		3 Nor.Agr.Beton	0,19	2,10	0,090	70		
		$1/\alpha_d=1/25$	25	0,040	$\Sigma \mu.d = 14,80$			

4.5 O uş an H a s a r T ü r l e r i

4.5.1 Ç i ç e k l e n m e l e r

Ç e ş i t l i y o l l a r l a d ı ŝ d u v a r l a r ı n b ü n y e s i n e n ü f u z e d e n s u l a r d u v a r k e s i t i n d e, ö n l e r i n e ç ı k a n t u z l a r ı ç ö z e r e k t a ş ı r l a r. B u t u z l u s u l a r, d a h a s o n r a k u r u m a d e v r e s i n d e b ü n y e l e r i n d e k i t u z l a b i r l i k t e d u v a r k e s i t i n i n i ç v e d ı ŝ y ü z l e r i n d e i n c e t ü y ŝ e k l i n d e k r i s t a l i z e o l m u ŝ t u z a r t ı k l a r ı o l a r a k m e y d a n a ç ı k a r l a r. D u v a r y ü z e y l e r i n d e g ö z l e m e n e n b u o l u ŝ u m a ç i ç e k l e n m e a d ı v e r i l i r. Ç i ç e k l e n m e n i n b i r s o n u c u o l a r a k s ı v a ç a t l a k l a r ı, k a b a r m a l a r ı, b o y a k a b a r m a l a r ı, d ö k ü l m e l e r i ŝ e k l i n d e h a s a r l a r o l u ŝ m a k t a d ı r.



Ş e k i l 4.8 D u v a r k e s i t i n d e o l u ŝ a n g i z l i y o ğ u ŝ m a s u y u, b i t i r m e b i l e ŝ e n i a l t ı n d a ç i ç e k l e n m e y e n e d e n o l m u ŝ t u r.

B u d u r u m l a r d ı ŝ d u v a r l a r d a k ö t ü b i r g ö r ü n t ü n ü n o l u ŝ m a s ı n ı n y a n ı s ı r a, d ı ŝ d u v a r l a r ı n k e n d i s i n d e n b e k l e n e n i ŝ l e v l e r i y e r i n e g e t i r m e s i n e e n g e l o l u r l a r.

D u v a r b ü n y e s i n e n ü f u z e d e n s u l a r ı n y a p ı y a g e l i ŝ i e n g e l l e n m e z s e h a s a r l a r ı n o n a r ı m, g e ç i c i ç ö z ü m o l u r. B u h a s a r l a r k e n d i n i s ü r e k l i o l a r a k t e k r a r l a y a r a k d ı ŝ d u v a r l a r ı n s a ğ l ı ğ ı n ı b o z m a y a d e v a m e d e r.



Şekil 4.9 Yoğuşma nedeniyle oluşan suyun yarattığı hasar.



Şekil 4.10 Rüzgarla gelen yağmur damlaları, kapilarite yoluyla duvar bünyesine nüfuz eden zemin suları etkisinde sıva dökülmeleri, çiçeklenme, kabarmalar ve dökülmeler.



Şekil 4.11 Gzli yoğunlaşma suyu ve duvar yüzeyinde terlenme sonucu oluşan suyun neden olduğu kabarması ve dökülmesi.

Tablo 4.7 Şekil 4.11 de görünen hasarlı duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı iletkenlik katsayısı (λ , W/m °C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Subuharı dif.direnç faktörü μ	$\mu.d$
$1/\alpha_i=1/8$		8,00	0,125		
1 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	8	0,24
2 Polistiren Sert Köpük	0,04	0,04	1,000	30	1,20
3 Normal Agregalı Beton	0,15	2,10	0,071	70	10,50
$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040		11,94

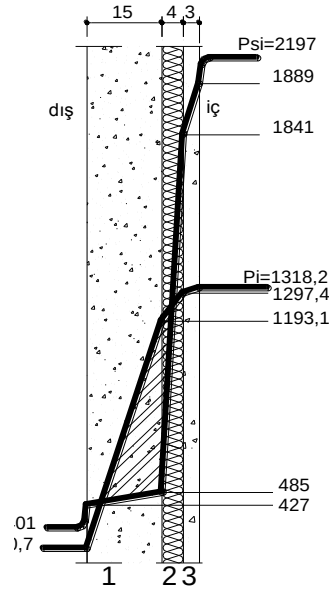
Tablo 4.8 Şekil 4.11 de görünen binanın dış duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı, gerçek buhar basıncı değerleri

$t(^{\circ}\text{C})$	$P_s(P_a)$	$P(P_a)$
19,00 t_i	2197 P_{s_i}	1318,20 P_i
16,61 t_{iy}	1889 $P_{s_{iy}}$	1318,20 P_y
16,21 t_1	1841 P_{s_1}	1297,35 P_1
-2,87 t_2	485 P_{s_2}	1193,07 P_2
-4,24 t_{dy}	427 $P_{s_{dy}}$	280,70 P_{dy}
-5,00 t_d	401 P_{s_d}	280,70 P_d

$\varphi_d=70\%$ $\varphi=60\%$ olarak hesap yapılmıştır.

$$\varphi_d=70\%$$

$$\varphi_i=60\%$$



Şekil 4.12 “Tablo 4.7” nin grafik anlatımı; buhar gradyanları (taralı kısımda yoğunlaşma olmaktadır).

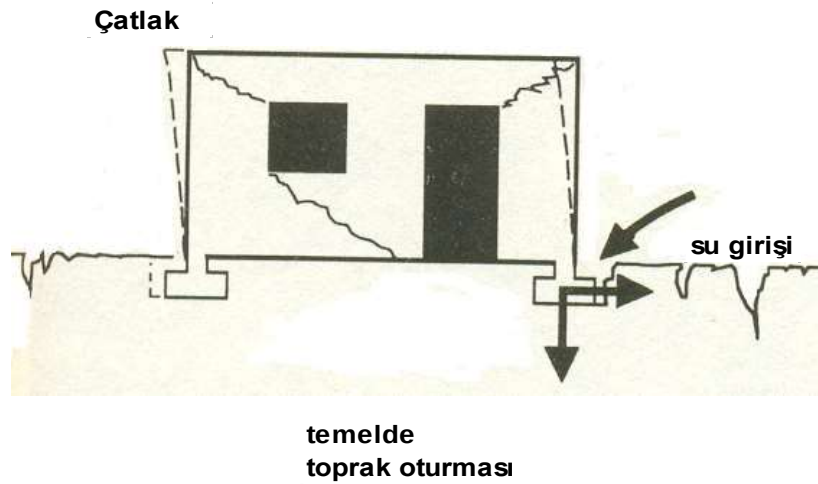
4.5.2 Çatlakların Oluşması

Adana’da incelenen binaların büyük bir çoğunluğunda, duvar gövdesini koruyan bileşen sıvalardır. Dolayısıyla, sıkça karşılaşılan hasarların başında, tüm çevresel etkenlere maruz kalan dış sıvalarda görülen çatlaklar gelir. Deprem aşırı ve devamlı yüklemeler, ısısal genleşme ve büzülme, yağış suları, nem donma ve rötre gibi etkilere maruz kalırlar.



Şekil 4.13 Kaplama bileşeni içinde oluşan çatlaklar, kabarma ve dökülmeler.

Havadaki nemin dış duvar kaplama bileşeni tarafından emilmesi ve yağmur damlalarının çeşitli şekillerde duvar bünyesine nüfuz etmesiyle birlikte, sıcaklık değişimleri ve güneş ışınımı etkisinde bu sular sıva çatlakları, boya kabarma ve dökülmelerine neden olurlar (Şekil 4.13).



Şekil 4.14 Yağış suları ile birlikte bina çevresinde ek önlemler alınmadığı için temel altında toprak oturmaları dolayısıyla oluşan dış duvar hasarı [12].



Şekil 4.15 Bina nın oturdu ğu ze m in i çerisindeki yağış sularına ba ğlı hareketler etki sinde duvar da ol uş an çatla klar.

Gece-gündüz, yaz-kış de ği ş i m leri gi bi sıcaklık artış ve azalış larından dolayı dı ş duvar bileş enlerinde ol uş an ısı l genleş meler ve bü zül meler, sı va bünyesinde i ç geril meler e neden ol ur, bunun sonucu olarak sı vanın mekani k mukave meti zayıflayarak çat lar [40].

Dı ş ve i ç ortam ş artlarının farklı ol ması dolayısıyla ol uş an buhar bası ncı farkı etkisinde havada bulunan su buharı, ısı tı nın istendi ğ i kış aylarında yüksek bası nçtan al çak bası nca do ğ ru dı ş duvar kesitinde harekete ge çer. Bu buharı n duvar kesitinde bir yerde yoğunlaş ması i hti m alı vardır. Sı va kapla nması altında yoğunlaşabilecek olan su buharı burada su olarak birikir ve don etkisinde genleş me sonucu çatla m alara neden ol ur [1].

4.5.3 Kabarm a ve Dökül meler

Sı vanı n, boyanı n, tabakasından ayrıl ması olayına kabarm a denir. Bu ayrıl ma, sı va bağ layıcısının ve yüzeyin çeşitli etkilerle zayıflanması ve i ki ürünü birbirine bağ layan yüzey molekülleri ni n bir tabaka halinde ayrıl ması ile ger çekleşir. Kabarm a

olayının sonucu olarak sıva yer yer kısmen ya da gittikçe yayılan tek bir noktadan başlayarak dökülür [49].



Şekil 4.16 Havanın nemi ve rüzgarla itilen yağmur damlalarının neden olduğu kabarmalar ve dökümler.

Bazı dış duvar dış kaplama ürünlerinde; doğal taşlarda, seramiklerde, fiziksel etkiler sonucunda (sıcaklık değişimi, donma-çözülme, genleşip-büzülme gibi) levhalar halinde soyulmalar oluşmaktadır. Üründe oluşan çatlaklar daha sonra yarıklar haline dönüşmektedir [1].

Dış duvar kaplamasının kabarması, hatta yüzeyden tamamen ayrılıp levhalar halinde dökülmesi, prensip olarak içten dışa yönelik bir etki sonucu oluşur. Duvarlarda bu etki genellikle hacim genleşmeleri sonucu oluşur. Buhar difüzyon direnci çok yüksek olan, buhar hareketlerine olanak vermeyen yanlış seçilmiş ürünler veya uygun olmayan ayrıntılar yüzünden kesitte kaplama altında sular birikir veya daha önceden çeşitli sebeplerle kaplamada oluşan kılcal çatlaklara özellikle rüzgarla itilen yağmur damlalarının ve havadaki nemin kaplama yüzeyi tarafından emilmesi gibi nedenlerle duvar kesiti ne nüfuz etmesi, kaplamada soyulma ve dökümlere neden olur.



Şekil 4.17 Rüzgarla itilen yağmur damlalarının ve havada bulunan nem etkisinde oluşan ince sıva (hazır sıva) dökülmeleri.

Ayrıca duvar yüzeyini saran bitkiler, bünyelerindeki su-nem ve yağmur suyunu tutmaları nedeni ile duvar bünyesine girmelerine neden olur. Duvar kesitindeki suların burada çözdüğü tuzlar kristalize olurken, kaplama bileşeni altında çöker ve şişer, duvarla bağımsız kabuklarının oluşmasına ve dökülmesine neden olur [49].



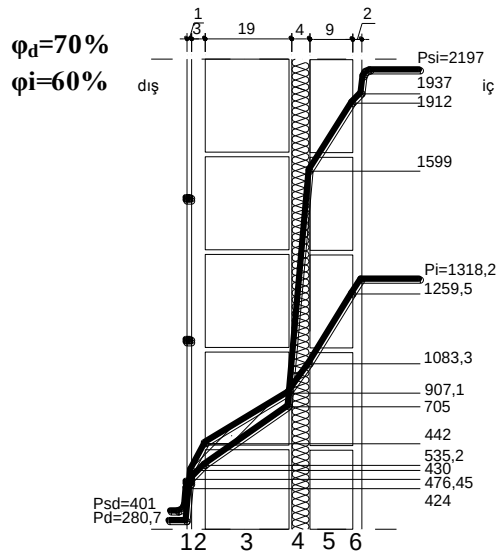
Şekil 4.18 Kapsama altında oluşan gizli yoğuşma sonucunda yapıştırma harcıyla tespit edilen seramik kaplamanın dökülmesi.

Tablo 4.9 “Şekil 4.18” de görünen binanın dış duvar bileşenlerinin ayrıntısı.

Bileşenler	(d, m)	(λ , W/m °C)	$\Lambda=d/\lambda$	μ	$\mu.d$
1/$\alpha_i=1/8$		8,00	0,125		
1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
2 Düşey Delikli Tuğla	0,09	0,52	0,173	10	0,90
3 Polistiren Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30	0,90
4 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365	10	1,90
5 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	10	0,30
6 Seramik kaplama	0,01	0,99	0,010	100	1,00
1/$\alpha_d=1/25$		25	0,040		5,30

Tablo 4.10 “Şekil 4.18” de görünen duvar kesitine ait sıcaklık doymuş buhar basıncı, gerçek buhar basıncı hesap değerleri.

$t(^{\circ}\text{C})$	$P_s(P_a)$	$P(P_a)$
19,00 t_i	2197 P_{s_i}	1318,20 P_i
17,00 t_{iv}	1937 $P_{s_{iv}}$	1318,20 P_v
16,77 t_1	1912 P_{s_1}	1259,47 P_1
14,00 t_2	1599 P_{s_2}	1083,29 P_2
1,99 t_3	705 P_{s_3}	907,12 P_3
-3,85 t_4	442 P_{s_4}	535,18 P_4
-4,20 t_5	430 P_{s_5}	476,45 P_5
-4,36 t_{dv}	424 $P_{s_{dv}}$	280,70 P_{dv}
-5,00 t_d	401 P_{s_d}	280,70 P_d



Şekil 4.19 “Tablo 4.10” un grafik anlatımı (taralı bölgede yoğunlaşma oluyor).

Adana’da sıcak dönemde yüzey sıcaklığı, yüzey rengi ne ve kaplama cinsi ne bağlı olarak 50-60  C yi bulmaktadır. Gece-gündüz farkında değişen sıcaklık, ürün bünyesinde ısıl gerilmeler doğurmaktadır. Bu durumu tolere edemeyen seramik kaplama ve derzler, farklı özelliklere sahip olduğu uygulama yüzeyinden ayrılmalıdır.



Şekil 4.20 Isıl gerilmeler etkisinde seramik kaplamanın dökülmesi.

4.5.4 Renk Bozulmaları

Güneşten gelen ı ınlarda içerisinde bulunan kısa dalga boylu olan ı ınlardır. Mor  tesi ı ınlardır veya ultra viyole ı ınlardır olarak adlandırılan bu ı ınlarda ürünlerin renklerinin bozulmasına ve hatta derinliğine etki ederek birle imlerinin bozulmasına neden olabilir [21].



Şekil 4.21 G ne  etkisinde dış cephe boyasının rengini yitirerek kötü bir görünüm alması.

At mosferde karbondi oksit, karbon monoksit, ve kükürt di oksit gi bi kirl etici ve zararlı gazlar bul un makt adı r. Yağış suları yla asitlere dönüş en bu gazların dış duvarlarda hasar oluş ması na neden ol acak kadar ciddi zararları var dır. Gazların dış duvarlara verebileceği zararlar düşünülerek koruma a macı ile yapılacak bakı mışlemlerinin daha sık aralı klarla yapılması gerek mekt edir.



Şekil 4.22 Gazların suyla birleşerek yüzeyde oluşturduğu tahribat ve rüzgarla gelen is, toz, kum gi bi partiküllerin yol açtığı kirlen me.

Rüzgarın etkisi yle toz, du man, kum vb. cisi mler yapı yüzeylerini girintili, kuytu köşelerinde birikerek kirli bir tabaka oluşturur. Örneğin, petrol ürünlerinin yanması sonucu oluşan karbon monoksit, otomobil, dizel motor gi bi araçlardan çıkarak dış duvar yüzeylerinde birikerek temizlenmesi güç siyah lekeler oluşturur. Du man partikülleri adeziv (çeki m gücü) niteliklerinden ötürü yüzeyde yapışıp kalır ve sonuçta isli tabakalar oluşturur. Kötü bir görüntü oluşması ile birlikte bu isli tabakalar oldukça fazla suyu bünyelerinde tutma kapasitesine sahiptir. Rüzgarla gelen yağmur suyunun dış duvarları ıslatması ile oluşan sülfirik asit, boya ve sı va tabakası tarafından absorbe edilir ve yüzeyde sülfatlar, klorürler ve diğer bazı maddeler oluşur. Bu maddeler yüzeyde hasarlara, lekelenmelere neden ol ur [21].

4.6 Hasarların Oluşum Nedenleri

Bu çalışmada hasar oluşum nedenleri;

- Tasarım Bağı Nedenler
- Uygulamaya Bağı Nedenler
- Kullanım Bağı Nedenler

olarak üç ayrı bölümde incelenecektir.

4.6.1 Tasarım Bağı Nedenler

Tasarım bağı nedenlerden oluşan hasarlar,

- Taşıyıcı Sistem Tasarım Yanlışları,
- Uyumlu Olmayan Malzemelerin Yanlış Olarak Kullanılması
- Ayrıştırılabilir Yanlışları

olarak üzere üç alt başlık altında irdelenecektir.

Taşıyıcı Sistem Tasarım Yanlışları

Binaya etki eden yükler ve kuvvetlerin etkiye şekline göre tasarım, plan düzenlemesi, marmarların, mühendislerle birlikte takımlı halde çalışması gereken bir konudur. Binanın konulanacağı zeminin etüt edilerek zemin cinsine göre tedbirlerin alınması önemlidir. İnşaat mühendislerinin kolon-kiriş gibi taşıyıcı sistem elemanlarını, uygun bir şekilde güncel yönetmelikleri dikkate alarak boyutlandırması, donatı hesaplarını yapması gerekir. Olası hasarların tasarım aşamasında değerlendirilmesi çok önemlidir. Aksi takdirde, zaman içerisinde zemin oturmalarına bağlı olarak veya deprem etkisinde, binanın taşıyıcı sisteminde, duvarlarda ve tabii ki kaplamalarda ciddi hasarlar oluşabilir.

Uyuml u O mayan Ürünleri n Kullanıl ması

Genel olarak bir malzeme kullanılırken, ürünün kendi özelliklerine bağlı çeşitli mekanik, fiziksel, kimyasal ve atmosfer olayları karşısında alacağı davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Ürün özelliklerinin ve yapıdaki kullanılış prensiplerinin tam olarak bilinmesi, bu yüzden yanlış olarak kullanılması sonucunda zaman içerisinde hasarların ortaya çıkması kaçınılmazdır [40].

Tasarım evresinde kullanılış amacına uygun ürünler seçilmelidir. Özellikle atmosferik etkenlere maruz kalan dış duvar dış kaplama bileşeni belirlenirken; uygulandığı yüzey, maruz kaldığı etkenler, binanın bulunduğu bölge iklim koşulları değerlendirilerek işlevlerini uygun düzeyde karşılayacak olan bileşen belirlenmelidir.



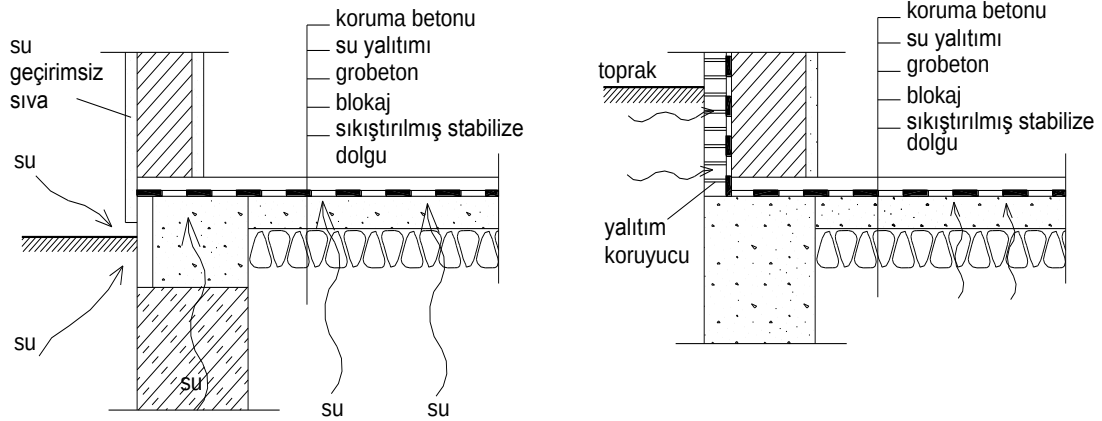
Şekil 4.23 İki farklı ürünün ara kesitinde oluşan ayrılma, çatlama, dökülme.

Farklı ürünlerin aynı üretilmişinde bulunması genleşme farklılıklarının doğmasına neden olur. Parapet duvarı tuğladan, altındaki taşıyıcı ise betonarme kiriştir. Bu iki malzeme farklı miktarda genişip farklı miktarlarda büzülmeceklereinden arakesitlerinde ve kaplama bileşeni olan sıvada çatlamalar, dökülmeler oluşacaktır (Şekil 4.23).

Ayrıntılandırma Yanlışları

Dış duvarı oluşturan bileşenler tek başlarına düşünüldükleri zaman yanlış düşünülebilir. Özellikle binaların yapıldığı yerlerin iklimsel özellikleri gözeticiler, ürün seçiminde daha ziyade ürünlerin birleşimleri, bir araya gelişleri tasarımı evresinde değerlendirilerek uygun çözümlerin, ayrıntıların üretilmesi gerekmektedir.

Tasarım evresinde, hasar oluşumuna neden olan etkenler karşısında hasar oluşma ihtimalinin yüksek olduğu bölgelerde önleyici ayrıntılandırmalar yapılmalıdır. Binanın subasman seviyesi, temel ve bodrum duvarlarında zeminden gelen suyun duvar bölgesinde kapılar yolla ilerlemesini önlemek amacıyla su yalıtımı yapılmalıdır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Su yalıtımında ayrıntılandırma ilkeleri [12].

Dış duvar yüzeyindeki yatay çıkıntılar, pencere-duvar bağlantıları, balkon ve teras gibi bölgelerde suyun, yüzeyi en hızlı şekilde terk etmesi için yalıtım eğilimidir, dağınıklık gibi önlemler alınmalıdır. Pencere, kapı doğramaları, denizlik gibi farklı bileşenlerin birleşme noktalarında oluşan çatlaklar sonucunda suyun dış duvar kesitine girerek hasarların oluşması nedeniyle bu noktalarda doğru ayrıntılandırma ve yalıtım yapılmalıdır.



Şekil 4.25 Damlalık ayrıntısının yanlış olması nedeniyle, suyun bina cephesinde oluşturduğu istenmeyen görüntü ve hasarlar.



Şekil 4.26 Harpuştanın yanlış olmasına bağlı olarak yağmur damlalarının dış duvarda yarattığı hasarlar.

4.6.2 Uygulamaya Bağlı Nedenler

Uygulamaya bağlı nedenler;

- Dış hava koşulları,
- Ürün,
- İşçilik Kalitesi, Denetim Eksikliği

olmak üzere üç ayrı alt başlıkta ele alınacaktır.

Dış Hava Koşulları

Beton harcının dökümü, sıvaların ve harçla tespit edilen plak halindeki kaplanmanın soğuk (+5 °C altında) havada uygulanması plastik kıvamdaki harcın priz almadı dönüşümünü yerine getirmeyen donmasına, sıcak(+35 °C üstünde) havada uygulanması ise yine ıslak olan harç, prizini almadan suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasına neden olur. Her iki durumda da, betonun mukavemetinde azalma, sıvalarda ise aderans azalması sonucu kısa sürede çatlamalar, kabarıp plakalar halinde dökümler meydana gelir.

Ürün

Adana'da bulunan binaların çok büyük bir bölümünde, dış duvarların dış kaplanma bileşenlerinin sıvalar olduğu görülmektedir. Sıva örneğini ele alacak olursak; sıva karışımını meydana getiren malzemeler, deneyimli, teknik insanlar tarafından doğru oranlarda ve kaliteli malzemeler kullanılarak bir araya getirilmelidir. Ürünlerin, depolama süresinin aşılması, uygunsuz koşullarda depolanması yüzünden; sıvanın aderans, esneklik gibi özelliklerini kaybetmesi bunun sonucunda kabarıp dökülmesi, renginin bozulması gibi hasarlar oluşmaktadır.

Sıva karışımının hazırlanması aşamasında; iyi karıştırılması, bağlayıcı ve dolgu malzemelerinin homojen bir şekilde dağılması ve bu nedenle de yekpare, aynı nitelikte, kalınlıkta bir bileşen oluşturulması sonucunu doğurur. Bu durum hem yapısal hem de estetik hasarlara neden olur.

İşçilik Kalitesi, Denetim Eksikliği

Şantiyedeki işçilik şartları standardizasyondan ve belli bir kaliteden yoksun, geleneksel üretim metotlarına bağlı olarak yürütülmektedir. Bu tür ürünü üreten işçinin belli bir bilimsel eğitimi yoktur. Dolayısıyla ürün üretimi işçi kalitesine göre devamlı olarak farklı bir düzeyde olmaktadır. Örneğin bir beton üretiminde, ürünün mukavemetine ve geçirimsizliğine en önemli etken olan doluluk araştırılmaları, birçok şantiyede ihmal edilmektedir. Betonun bünyesine giren agregamalzemelelerinin granülometrik çalışmalar sonucu tane irilikleri ve karışım nispetleri daha önceden belirlenmiş değildir. Çok kere iyi yerleşme düzeni vermeyen, köşeli taneli ve bünyesinde hidroskopik tuzlar ve çeşitli yabancı maddeler bulunan agrega, harç, sıva ve beton üretiminde kullanılmaktadır [40].

Örneklerle çoğaltılabilecek birçok uygulama; vasıfsız işçilik, yeterli ölçüde yapılmayan denetim, bilgisizlik yüzünden yapılan uygulama hataları zaman içerisinde binaların dış duvarlarında hasar oluşumuna neden olur. Bu hasarlar; örneğin dış sıvalarda; homojen kalınlığın sağlanması, temiz ve pürüzsüz yüzeyin oluşturulması, sıva yapım kurallarına uymayarak ek yerlerinin yanlış yerlerde bırakılmasından dolayı yerlerinin belli olması gibi görüntü bozukluklarıdır.

Denetim eksikliğinden oluşan hasarlar da büyük bir yekun tutar. Örneğin beton bileşimine giren malzeme miktarlarının denetlenmeyişi, bozuk bir kalıp düzeni, demir donatının projesine uygun olmayışı ve aralıklarından beton agregasının girmesine olanak vermesi, beton yerleştirilmesinde yeterince itina gösterilmeyişi, rötreten oluşacak hataların önüne geçmek için parçalı döküm şartına uyulmayışi, kireci söndürülmesinde kuyuda yeterince bekletilmeyişi, bilinçsiz zaman tasarrufuna gidilerek erken kalıp sökölüşü ve gerekli bakım şartlarının yerinde denetlenmeyişi gibi [40].

Kı sacası, şantiye şartlarında yapılan uygulamalar sonucunda hasarların oluşması için şantiyede uyulması gereken en önemli husus; imalatın projesine, şartnamesine uygun bir şekilde ve gereken itinalı işçilikle yapılması, yaptırılmasıdır.

4.6.3 Kullanma Bağı Nedenler

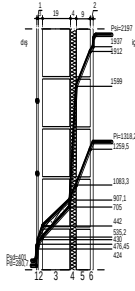
Binaların tasarlanış amaçlarından farklı olarak kullanılmaları, sonradan yapılan işlev değişiklikleri zaman içerisinde binanın taşıyıcı sisteminin ve dış duvarlarının hesaptanmayan yüklere, etkilere maruz kalmasına neden olabilir. Bu durumda dış kaplamaların karşılayamayacağı etkiler yaratarak çatlamalar, parçalanmalar, dökülmeler gibi hasarları oluşturabilir.

Periyodik aralıklarla yapılması şart olan bakım ve onarımları da dış duvar hasarlarının oluşmasında önemli bir etkidir. Dış kaplamanın hem estetik hem de koruyucu özelliklerini kaybetmeleri, kendisinden beklenen işlevleri tam olarak yerine getirebilmeleri için boyaların yenilenmesi, onarılmı gerektiren yerlerin doğru bir şekilde tamir edilmesi oluşabilecek daha ciddi hasarların önünü almak için gereklidir.

4.7 Yapısal Çözüm Önerileri

Önemli olan dış duvar hasarlarına neden olan etkenleri doğru analiz edip, doğru değerlendirmektir. Hasar oluşum riskinin fazla olduğu durumları daha önceden düşünerek önlemler almak gerekmektedir. Aksi halde hasarların giderilmesi için üretilen çözümler geçici olur. Hasarın kaynağını tespit etmeden bölgesel olarak yapılan hasar bakım onarımları amacına ulaşmaz, sık sık tekrarlanmak durumunda kalır. Üçüncü bölümde ayrıntılı bir şekilde anlatılan ve alan çalışmasında da gözlemlenen hasar oluşumunu etkileyen çevresel etkenlerin başında atmosferik etkenler gelmektedir.

Adana'nın sıcak ve nemli ikliminde atmosferik etkenler altında dış duvarlarda oluşan hasar türleri, hasar oluşum nedenleri ve hasarların oluşumunu en azindirmek için dikkat edilmesi gereken yapısal çözüm önerileri "Tablo 4.11" de gösterilmiştir.



duvarlarında gözlemlenen hasarları belirlemeye yönelik macı ve hasarların tespiti ne yönelik izlenen yol Dördüncü nıştır. Alan çalışması nda gözlenen hasarların büyük bir 70 oranında nişpi nemi n olduğu Adana’da, iç-dış basınç ın duvar kesitinde ve yüzeyinde yoğunması sonucu oluşan sudan kaynaklanmaktadır. Adana’da uygulandığı tespit edilen sekiz ayrı duvar tipi üzerinde yapılan yoğunlaşma denetimi nde soğuk dönem koşulları dikkate alınarak ısı-buhar gradyanları hesaplanıp grafik çizilerek, yoğunlaşma nedeniyle hasar olasılığı yüksek olan kesitler belirlenmiştir (Tablo 4. 6). Bu belirlemeye esas “ Bölüm 4. 3. 1”de tabl oya dönüştürülmüş Adana’ya ait meteorolojik veriler, yine aynı bölümün “4. 3. 2” alt başlığında ayrıntılı bir şekilde anlatılan TS 825’de kullanılan hesaplama ve grafik yöntemi aracılığıyla irdelenmiştir. “4. 4. Bölümü”nde sekiz ayrı duvar kesiti ısıl sorunlar, nem ve yoğunlaşma yönlerinden matematiksel olarak irdelenmiştir.

Yoğunlaşma suyu dışında; dış ortam bağılı nemi, rüzgarla itilen yağmur damlaları gibi çeşitli kaynaklardan dış duvara ulaşan sular, yüzeyin su emicilik özelliğine bağlı olarak dış kaplama üzerinde filmtabakası oluştururlar. Dış duvar dış kaplama bileşeni tarafından emilerek ya da yerçekimi etkisinde kılcal kanallar (kapilarite) yoluyla duvar bünyesine nüfuz etmektedir. Sıcaklık değişimi etkisinde dış duvarlarda “Bölüm 4. 5”de dört ayrı alt başlıkta incelendiği şekliyle kendini göstermekte, dış duvarın performans düzeyini kötü yönde etkilemektedir.

Hasar oluşum nedenlerinin incelendiği “Bölüm 4. 6” üç ayrı alt başlıkta açılarak incelenmiştir. Tasarım evresinde bölge iklimsel şartları ve malzeme özellikleri yeterince değerlendirilmediği hasar oluşum nedenlerinin ilki olarak “Bölüm 4. 6. 1”de incelenmiştir. Ayrıntıların yetersiz olması veya projesine uygun olarak yapılmayan ayrıntılar, belirli bir standarttan uzak işçilik alan çalışması nda sıklıkla gözlenen hasarların oluşum nedeni olarak tespit edilen bir başka başlık olarak “Bölüm 4. 6. 2”de incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında son olarak “Bölüm 4. 6. 3”de incelenen hasar oluşum nedeni ‘Kullanım Bağılı Hasarlar’ başlığıyla ele alınmıştır.

5. SONUÇLAR

Her türlü dış etkene maruz kalan dış duvarlarda oluşan hasarlar duvardan beklenen işlevlerin tam olarak yerine getirilmesini engellemektedir. Hasarların giderilmesi ne yönelik bakım onarımları, artan yakıt ve işletme giderlerinin, gerek kullanıcı gerekse ülke kaynakları açısından yarattığı olumsuzluklar düşünüldüğünde, yapı yaşam sürecinde, sadece yatırım maliyeti düşünülerek tercih edilen duvar seçeneklerinin hiç de ekonomik olmayan sonuçlar doğurduğu görülmektedir.

Dış duvar hasarlarının oluşmasını engellemek için tasarım evresinde hasar olasılığının irdelenmesi, farklı özelliklere sahip olan dış duvar elemanının optimumda fayda sağlayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada kapsamında, öncelikle doğru bir hasar araştırması yapıp yeterli çözümler üretebilmek için dış duvarlar incelenmiştir. Dış duvarlar, sadece uygulandıkları binaların taşıyıcı sistemlerine göre “Taşıyıcı Dış Duvarlar ve Taşıyıcı Olmayan Dış Duvarlar” olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflama yapılırken, DiE tarafından yapılmış olan 2000 yılı “Adana’da Bulunan Konutların Taşıyıcı Sistemleri ve Kullanılan Yapı Malzemesi Çınsı” adlı istatistikî çalışmada ve yapı üretimine dair gözlemler esas alınmıştır.

Dış duvarlarda hasar oluşumuna yol açan etkenler ve bu etkenlerin yapıyı etkileme şekilleri incelendiğinde, iklim bölgelerine göre değişkenlik gösteren atmosferik etkenler tasarımlarlarında öneme üzerinde durulması gereken etkenlerin başında gelmektedir. “Atmosferik etkenler”in dışında, “iç ortamdan gelen etkiler”, “mikro organizmalar, bitkiler ve rüzgarla gelen partiküllerin etkisi”, “duvar özelliklerine bağlı etkiler” başlıkları altında diğer etkenler incelenmiştir.

Adana’daki binaların dış duvarlarında oluşan hasarların irdelenmesi için yapılan alan çalışmasının amacı ve çalışmada izlenecek yol anlatıldıktan sonra, Adana’da uygulandığı belirlenen sekiz ayrı tip duvar “ısıl sorunlar, nem ve yoğunlaşma yönlerinden” birbirleriyle karşılaştırılarak irdelenmiştir. Adana’daki binaların dış duvarlarında gözlemlenen hasarların büyük bir kısmının, kondansasyon sonucu

oluşan suyun etkisinde olduğu tespit edilmiştir. TS 825’de geçen hesaplama ve grafik yöntemiyle yoğunlaşma denetimi yapılarak kesit içi ve yüzeyinde yoğunlaşma olasılığı olan duvar tipleri belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Alan çalışması kapsamında gözlemlenen hasar türleri “çiçeklenmeler”, “çatlakların oluşması”, “kabarık ve dökülmeler” ve “renk bozulmaları” başlıkları altında bölgeden alınan fotoğraflarla örneklendirilmiştir.

Alan çalışmasında gözlemlenen hasarların oluşum nedenleri üç ayrı başlıkta; “Tasarıma Bağlı Nedenler”, “Uygulamaya Bağlı Nedenler”, “Kullanıma Bağlı Nedenler” olarak incelenmiştir.

Alan çalışması’nın son bölümünde yapısal çözüm önerilerinde bulunuldu (Tablo 4.11). Uzun süre bakım-onarım masrafı gerektirmeyen kalıcı, sağlıklı binalarda yaşamak için belirtilen önerilere uyulması fayda sağlayacaktır.

- Hasar oluşumunu etkileyen etkenler tasarımı evresinde analiz edilmeli, hasar olasılığı yüksek olan yerler uygun bir şekilde ayrıntılandırılmalıdır. Bunu yaparken de “malzeme özellikleri”nin iyi bilinmesi, bileşenlerin uygun ayrıntılarla bir arada kullanılması gerekmektedir.
- İşçilik standardizasyondan ve belirli bir kaliteden uzaktır. Uygun ayrıntı çözümülemesi olmasına karşın projenin tam olarak uygulanması bir çok hasarın nedeni dir. Projedeki ayrıntının şantiyede doğru yapıp yapılmadığı denetlenerek hasar oluşum olasılığı en aza indirgenmelidir.
- Şantiyede kullanılan ürünlerin uygunsuz koşullarda depo edilmesi, kullanım sürelerinin geçmesi ve standart dışı malzemelerin karışımında kullanılması engellenmelidir.
- Belirli periyotlarda bakım yapılması gerekmektedir. Yüzeysel olarak oluşan yenilenmesi durumunda düşük maliyetlerle çözümlenecek bazı basit onarımlar yapılarak kılcal hasarların zamanla ciddi hasarlara dönüşmesi engellenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Gürdal, E.**, 2001. Yapı Hasarları ve Yapının Korunması Ders Notları. İ. T. Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [2] **Oral, G.**, 2004. Bina Cephelerinde Isı ve Yoğuşma Kontrolünün Önemi, *Ataşehir Örneği, Yapı Dergisi*, **81**, 40-42
- [3] **Özkan, E.**, 1986. Taşıyıcı Olmayan Duvarlar, Yapı Bilgisi 2 Ders Notları, İ. T. Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [4] **Yücesoy, L.**, 1998. Temeller, Duvarlar, Döşemeler, YEM İstanbul.
- [5] **Erten, E.**, 1987. Yapı Elemanları, K A T Ü Müh. MİM Fak., Trabzon
- [6] **Anon**, 1994. Dİ.E Yılığ.
- [7] **Toydemir, N, Gürdal E, Tanaçan L.**, 2000. Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınları, İstanbul.
- [8] **Kafesçioğlu, R.**, 1984. Yapıda dış kaplama ve sorunları, *Cephe Kaplama Malzemeleri ve Dış Doğramalar Semineri*, YEM İstanbul, Nisan.
- [9] **Arıoğlu, N.**, 1995. Yapı dış kabuğunun oluşturulmasında çevresel etkenler, işlevler, beklenen özellikler ve ilişkiler, *Yapıda Dış Kabuk Seminer Bildirileri*, YEM İstanbul, Mart.
- [10] **Başaran, U.**, 1998. Zemin üzeri dış duvarlarda seçenek özelliklerinin tanımlanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Yong** Tanıtım Kataloğu
- [12] **Eriş, M.**, 2002. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul.
- [13] **TS-1481**, 1988. Sıva Yapım Kuralları-Bina Dış Yüzlerinde Kullanılan, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- [14] **Weber Mürkem** 2003. Çözüm Rehberi.
- [15] **Özer, M.** 1982. Yapılarda Isı – Su Yalıtımları, Özer Yayınları, İstanbul.
- [16] **Özkan, E.** 1995. Dış Kabuk Sistemleri Katmanlaşma ve Birleşim Olanakları, *Yapıda Dış Kabuk Semineri*, YEM İstanbul.
- [17] **TS-825**, 1999. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [18] **İlgaz, T.** 1979. Dış Duvarlarda Isı Korunumu, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [19] **Girdal, R.** 1990. Isı yalıtım ve ısı yalıtkan malzemeler, *İnşaat Dergisi*, **30**, Mayıs.
- [20] **Balanlı, A.** 1997. Yapıda Ürün Seçimi, Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [21] **Koçu, N.** 1995. Yapı Dış Kabuğunda Oluşan Hasarlar ve Kusurları Önleme Önerileri, *Yapıda Dış Kabuk Semineri*, YEM İstanbul, Mart.
- [22] **Onaran, K.** 1999. Malzeme Bilimi, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [23] **Arfeş** Tanıtım Kataloğu
- [24] **Tekin, N.** 2003. Malzemelerin Yanyana Gelişlerinde Isı ve Su ile İlgili Özelliklerinin Hasar Oluşumuna Etkisi ve Dış Cephe de Açık Sıva Uygulanabilirliği Üzerinde Örneklendirmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25] **Özer, M.** 1974. Yapıların Isı Su ve Buhar Yalıtımları, İstanbul.
- [26] **ASTM International**, 2001. Standart Guide For Limiting Water- Induced Damage To Buildings.
- [27] **Brand, R.** 1992. Architectural details for insulated buildings, *Ph. D.*, Carleton University, Ottawa.
- [28] **Altun, C.** 1997. Buhar difüzyonunun dış duvarların nem ile ilgili ve ısı performansına etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [29] **Kavas, E.**, 1997. Doğu Anadolu Bölgesi'nde ısı korunumu duvar kesitleri oluşturulması ve yoğunlaşma kontrolü (Erzurum örneği), *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] **Erten, E.**, 1996. Binalarda Nem Yalıtımı, K.A.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Trabzon.
- [31] **Eriç, M., Ersoy, H.Y., Gürdal, E., Toydemir, N.**, 1989. Yapı Fiziği Açısından Cephe Kaplamaları Sorunları ve Çözüm Yolları, *Düzayn Konstrüksiyon Dergisi*, **47**, 37-42.
- [32] **Tavil, A.Ü.**, 1995. Opak yüzeylerde güneş ışını etkisini yüzey pürüzlülüğü ile değişimi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [33] **Tuna, G.**, 1998. Yapı Dış Sıvalarında Oluşan Sorunların Belirlenmesi ve Çözüm Önerileri. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] **Alkan, A.**, 1997. Yapı kabuğundaki dış sıva hasarlarının belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [35] **Everett, A.**, 1994. Mitchell's Materials, England.
- [36] **Özdeniz, M.**, 1978. Rüzgarla İtilen Yağmurun Yapılardaki Sorunları ve Rüzgarla İtilen yağmur Şiddetinin Hesaplanması İçin Bir Yöntem. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [37] **Gürdal, E., Ersoy, H.Y.**, 1997. Boya ve Sıvı Kaplamalar Kurs Notları, YEM İstanbul.
- [38] **Kocataşkın, E.**, 1972. Yapı Malzemesi Bilimi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [39] **Postacıoğlu, B.**, 1966. Yapı Malzemesi Esasları, Gsi'nin Genel Özellikleri, Gilt 1, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [40] **Eriç, M.**, 1975. Yapı Malzemesi Üretim ve Uygulama Hataları, *Yapı Dergisi*, **12**.
- [41] **Yücesoy, L.**, 1984. Yapılarda Isı ve Buhar Etkisi Bağlantı Çizelge ve Yönetmelikler, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [42] **Yılmaz, Z.**, X. Yapı Elemanlarında Yoğuşma Kontrolü, Ders Notları, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

- [43] **Kuzumacılar, D**, 1995. Kagit yapılar da nem problemlerinin teşhis ve çözümü, *Yüksek Lisans Tezi*, İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] **Yılmaz, Z**, 1987. Isıtma- Havalandırma Ders Notları, İ. T. Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [45] **Genceli, O F**, 1995. Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme Yardımcı Tablolar, İ. T. Ü. Mühine Fakültesi, İstanbul.
- [46] **Berköz, E, Yılmaz, Z A, Kocaaslan, G**, 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarım Proje No: 201, İ. T. Ü, İstanbul.
- [47] **Meteoroloji Genel Müdürlüğü**, Adana'nın İklimsel Verileri, Akara.
- [48] **DİE Arşivi.**, 2000. Binanın taşıyıcı Sistemi ve Kullanılan Yapı Malzemesi Çınsı, Adana.
- [49] **Ersoy, H Y**, 1989. Cephelerin Korunması ve Sıva, *İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları Dergisi*, **16**, 16-39.

EKLER

Ek- A

Tablo A 1 (A) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

A	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ , W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Dif. Direnç Fak. μ	$\mu \cdot d$
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ $U=1,77$ $Q=42,40$	$1/\alpha_i=1/8$		8	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365	10	1,90
	3 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	25	0,75
	$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040	$\Sigma \mu \cdot d =$	2,95

Tablo A 2 (A) tipi duvar bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

$t(^{\circ}\text{C})$	$P_s(P_a)$	$P(P_a)$
19,00 t_i	2197 P_{s_i}	1318,20 P_i
16,61 t_{iy}	1596 $P_{s_{iy}}$	1318,20 P_y
16,21 t_1	1508 P_{s_1}	1212,69 P_1
-2,87 t_2	501 P_{s_2}	544,47 P_2
-4,24 t_{dy}	464 $P_{s_{dy}}$	280,70 P_{dy}
-5,00 t_d	401 P_{s_d}	280,70 P_d

Tablo A 3 (B) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

B	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ , W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Dif. Direnç Fak. μ	$\mu \cdot d$
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ $U=0,76$ $Q=18,24$	$1/\alpha_i=1/8$		8	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Polistiren Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30	0,90
	3 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365	10	1,90
	4 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	25	0,75
	$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040	$\Sigma \mu \cdot d =$	3,85

Tablo A 4 (B) ti pi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

t(°C)		P _s (P _a)	P(P _a)
19,00	t _i	2197 P _{s_i}	1318,20 P _i
16,72	t _{iy}	1901 P _{s_{iy}}	1318,20 P _y
16,46	t ₁	1878 P _{s₁}	1237,36 P ₁
2,78	t ₂	748 P _{s₂}	994,82 P ₂
-3,88	t ₃	440 P _{s₃}	482,81 P ₃
-4,27	t _{dy}	426 P _{s_{dy}}	280,70 P _{dy}
-5,00	t _d	401 P _{s_d}	280,70 P _d

Tablo A 5 (Q) ti pi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

C	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W/m°C)	Isıl Direnc Λ=d/λ	Buhar Dif. Direnc Fak. μ	μ.d
φi=60% φd=70% U=0,76 Q=18,24	1/α _i =1/8		8,00	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365	10	1,90
	3 Polistiren Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30	0,90
	4 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	25	0,75
	1/α _d =1/25		25	0,040	Σμ.d =	3,85

Tablo A 6 (Q) ti pi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

t(°C)		P _s (P _a)	P(P _a)
19,00	t _i	2197 P _{s_i}	1318,20 P _i
16,72	t _{iy}	1901,00 P _{s_{iy}}	1318,20 P _y
16,46	t ₁	1873 P _{s₁}	1237,36 P ₁
9,80	t ₂	1211 P _{s₂}	725,34 P ₂
-3,88	t ₃	440 P _{s₃}	482,81 P ₃
-4,27	t _{dy}	426 P _{s_{dy}}	280,70 P _{dy}
-5,00	t _d	401,00 P _{s_d}	280,70 P _d

Tablo A7 (D) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

D	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Dif. Direnç Fak. μ	$\mu \cdot d$
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=0,67 Q=16,12	$1/\alpha_i=1/8$		8,00	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Düşey Delikli Tuğla	0,09	0,52	0,173	10	0,90
	3 Polistiren Sert Köpük	0,03	0,04	0,750	30	0,90
	4 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365	10	1,90
	5 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	15	0,45
	$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040	$\Sigma \mu \cdot d =$	4,45

Tablo A8 (D) tipi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

t(°C)		P_s(P_a)		P(P_a)	
19,00	t _i	2197	P _{s_i}	1318,2	P _i
16,99	t _{iy}	1926	P _{s_{iy}}	1318,20	P _y
16,76	t ₁	1914	P _{s₁}	1248,26	P ₁
13,97	t ₂	1599	P _{s₂}	1038,42	P ₂
1,88	t ₃	700	P _{s₃}	828,59	P ₃
-4,01	t ₄	437	P _{s₄}	385,62	P ₄
-4,36	t _{dy}	423	P _{s_{dy}}	280,70	P _{dy}
-5,00	t _d	401	P _{s_d}	280,70	P _d

Tablo A9 (E) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

E	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Dif. Direnç Fak. μ	$\mu \cdot d$
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=0,79 Q=18,97	$1/\alpha_i=1/8$		8,00	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Gaz Beton	0,19	0,19	1,000	10	1,90
	3 Alçı Sıva	0,03	0,35	0,086	8	0,24
	$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040	$\Sigma \mu \cdot d =$	2,44

Tablo A 10 (E) tipi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

t(°C)		P_s(P_a)	P(P_a)
19,00	t _i	2197 P _{s_i}	1318,20 P _i
16,63	t _{iy}	1889 P _{s_{iy}}	1318,20 P _y
16,36	t ₁	1866 P _{s₁}	1190,64 P ₁
-2,61	t ₂	496 P _{s₂}	382,75 P ₂
-4,24	t _{dy}	430 P _{s_{dy}}	280,70 P _{dy}
-5,00	t _d	401 P _{s_d}	280,70 P _d

Tablo A 11 (F) tipi duvara ait bileşenlerin ayrırtısı.

F	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W/m°C)	Isısal Direnc Λ=d/λ	Buhar Dif. Direnc Fak. μ	μ.d
φ_i=60% φ_d=70% U=1,65 Q=39,67	1/α_i=1/8		8,00	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Briket (Hafif Ag.Beton)	0,19	0,47	0,404	4	0,76
	3 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021	15	0,45
	1/α_d=1/25		8	0,040	Σμ.d =	1,51

Tablo A 12 (F) tipi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

t(°C)		P_s(P_a)	P(P_a)
19,00	t _i	2197 P _{s_i}	1318,20 P _i
14,04	t _{iy}	1599 P _{s_{iy}}	1318,20 P _y
13,47	t ₁	1548 P _{s₁}	1112,07 P ₁
-2,56	t ₂	492 P _{s₂}	589,89 P ₂
-3,41	t _{dy}	461 P _{s_{dy}}	280,70 P _{dy}
-5,00	t _d	401 P _{s_d}	280,70 P _d

Tablo A 13 (G) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

G	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ , W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Dif. Direnç Fak. μ	$\mu.d$
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ $U=3,91$ $Q=93,94$	$1/\alpha_i=1/8$		8,00	0,125		
	1 Normal Agregalı Beton	0,19	2,10	0,090	70	13,30
	$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040	$\Sigma\mu.d = 13,30$	

Tablo A 14 (G) tipi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

$t(^{\circ}\text{C})$	$P_s(P_a)$	$P(P_a)$
19,00 t_i	2197 P_{s_i}	1318,20 P_i
7,26 t_{iy}	1023 $P_{s_{iy}}$	1318,20 P_y
-1,24 t_{dy}	552 $P_{s_{dy}}$	280,70 P_{dy}
-5,00 t_d	401 P_{s_d}	280,70 P_d

Tablo A 15 (H) tipi duvara ait bileşenlerin ayrıntısı.

H	Bileşenler	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ , W/m°C)	Isısal Direnç $\Lambda=d/\lambda$	Buhar Dif. Direnç Fak. μ	$\mu.d$
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ $U=0,79$ $Q=18,90$	$1/\alpha_i=1/8$		8,00	0,125		
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014	15	0,30
	2 Polistiren Sert Köpük	0,04	0,04	1,000	30	1,20
	3 Normal Agregalı Beton	0,19	2,10	0,090	70	13,30
	$1/\alpha_d=1/25$		25	0,040	$\Sigma\mu.d = 14,80$	

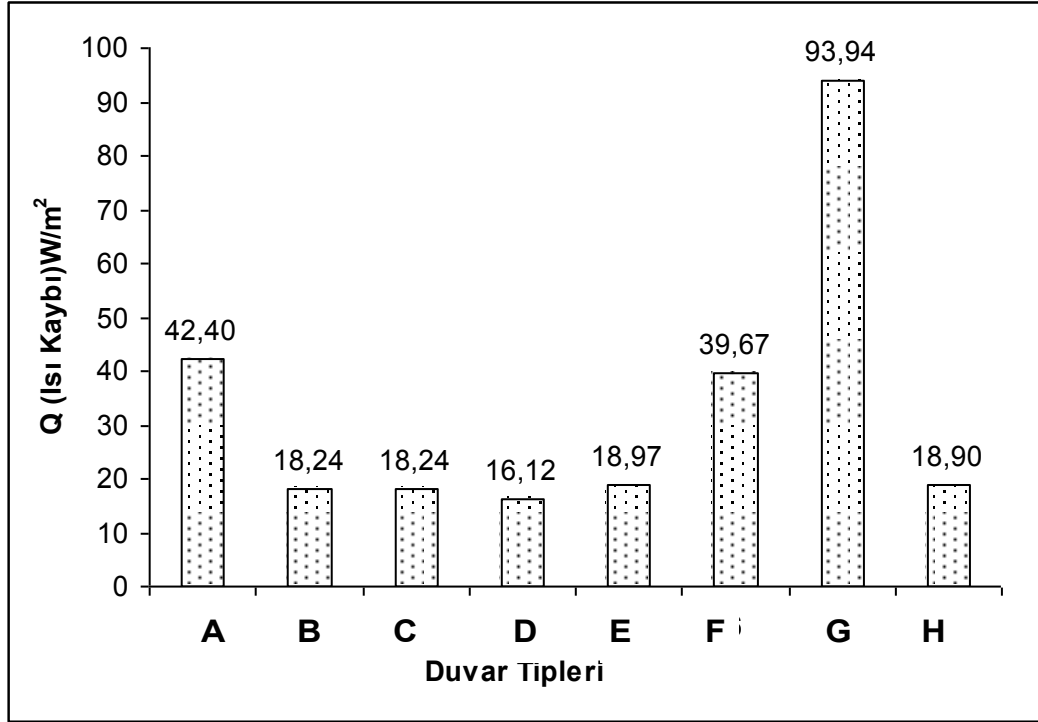
Tablo A 16 (H) tipi duvarın bileşenlerine ait sıcaklık, doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı hesap sonuçları.

$t(^{\circ}\text{C})$	$P_s(P_a)$	$P(P_a)$
19,00 t_i	2197 P_{s_i}	1318,20 P_i
16,64 t_{iy}	1889 $P_{s_{iy}}$	1318,20 P_y
16,37 t_1	1866 P_{s_1}	1297,17 P_1
-2,53 t_2	496 P_{s_2}	1213,05 P_2
-4,24 t_{dy}	430 $P_{s_{dy}}$	280,70 P_{dy}
-5,00 t_d	401 P_{s_d}	280,70 P_d

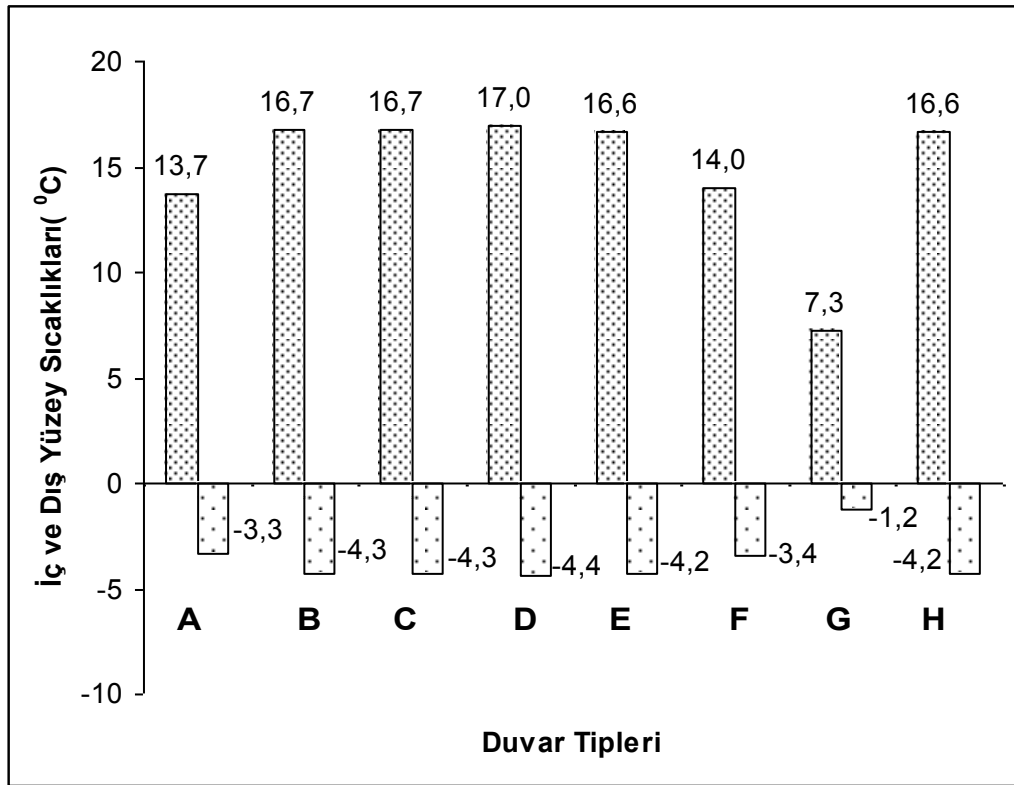
Tablo A 17 (30,9°C ile (20,9°C arasındaki sıcaklıklarda doymuş su buharı basıncı değerleri sıcaklık derecelerine göre doymuş su buharı basıncı (Pa)

°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4244	4269	4294	4319	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	3793	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	456	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

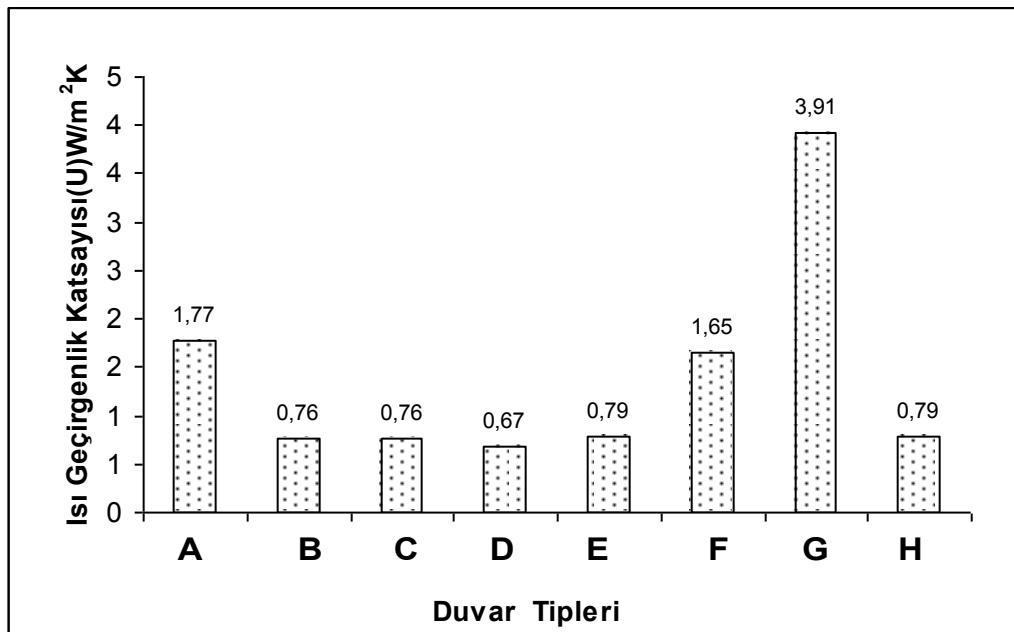
Ek- B



Şekil B 1 Adana’da bulunan binalara ait sekiz ayrı dış duvar kesiti nin Q(ısı kaybı)’ ya göre karşılaştırılması.



Şekil B2 Adana’da bulunan binalara ait sekiz ayrı dış duvar kesitinin t_i (iç yüzey sıcaklığı) ve t_d (dış yüzey sıcaklığı)’lerine göre karşılaştırılması.



Şekil B3 Adana’da bulunan binalara ait sekiz ayrı dış duvar kesitinin “U (ısı geçirgenlik katsayısı)”larına göre karşılaştırılması.

ÖZGEÇMİŞ

Mimar Alper Doğan, 1978 yılında Adana’da doğdu. İlk eğitimi, Adana Ahmet Karabucak İlkokulu’nda, orta eğitimi Adana Atatürk Ortaokulu’nda ve lise eğitimi Adana Borsa Lisesi’nde tamamladı. İki sene Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü’nde okuduktan sonra 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nde mimarlık eğitime başladı. 2000 yılında bölümüçüncüsü olarak mezun olduktan sonra altı ay İngiltere’de dil eğitimi aldı. 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi programında yüksek lisans eğitime başladı.

Katmanlar

A
U = 1 ,
7 7
Q = 4 2
, 4 0

$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	8	#	#		
Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
D ü ş . D e l 0	#	#	#	1 0	#
Ç i m . H a r . 0	#	#	#	2 5	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	2 5	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	8	#	#		

B
U = 0 ,
7 6
Q = 1 8
, 2 4

Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
P o l i . S e r 0	#	#	#	3 0	#
D ü ş . D e l 0	#	#	#	1 0	#
Ç i m . H a r 0	#	#	#	2 5	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	2 5	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	#	#	#		

C
U = 0 ,
7 6
Q = 1 8
, 2 4

Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
D ü ş . D e l 0	#	#	#	1 0	#
P o l i . S e r 0	#	#	#	3 0	#
Ç i m . H a r 0	#	#	#	2 5	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	2 5	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	#	#	#		

D
U = 0 ,
6 7
Q = 1 6
, 1 2

Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
D ü ş . D e l 0	#	#	#	1 0	#
P o l i . S e r 0	#	#	#	3 0	#
D ü ş . D e l 0	#	#	#	1 0	#
Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	2 5	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	#	#	#		

E
U = 0 ,
7 9
Q = 1 8
, 9 7

Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
B r i k e t 0	#	#	#	4	#
Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	8	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	#	#	#		

F
U = 1 ,
6 5
Q = 3 9
, 6 7

Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
G a z B e t o 0	#	#	#	1 0	#
A l ç ı S ı v 0	#	#	#	8	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	2 5	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	#	#	#		

G
U = 9 ,
9 1
Q = 9 3
, 9 4

N o r . A g r . 0	#	#	#	7 0	#
$\frac{1}{8} \alpha_d = 1 / 2 5$	2 5	#	#	$\sum p$. d	#
$\frac{1}{8} \alpha_i = 1$	#	#	#		

H
U = 0 ,

Ç i m . H a r 0	#	#	#	1 5	#
-----------------	---	---	---	-----	---

7 9
Q = 1 8
, 9 0

P o l i . S e r	0	# #	# #	3 0	# #
N o r . A g r .	0	# #	# #	7 0	# #
1 / α _d = 1 / 2 5	2 5	# #	# #	Σ μ _d	# #

**Yoğuşma
Denetimi
Sonuçları
(TS 825 de 1.
Bölge için
tavsiye**

$U_D > 0,80$ i
sağlamıyor. İç
yüzey
sıcaklığı
uygun değerde
değil. Duvar
yüzeyinde
yoğuşma riski
vardır
(Şekil

$U_D \leq 0,80$ i
sağlıyor
olmasına
karşın kesit
içi yoğuşma
(gizli
kondansasyon)
olma riski
yüksektir
(Şekil 4.7) .

$U_D \leq 0,80$ i
sağlıyor
Kesit içi ve
yüzeyinde
yoğuşma olma
riski yok
denilecek
kadar azdır
(Şekil 4.6 ,
4.7) .

$U_D \leq 0,80$ yi
sağlıyor
ancak kesit
içi yoğuşma
riski
yüksektir
(Şekil 4.7) .

$U_D > 0,80$ i
sağlamıyor
İç yüzey
sıcaklığı
uygun
olmadığı için
duvar
yüzeyinde
yoğuşma riski
yüksektir .

$U_D \leq 0,80$ i
sağlıyor
Kesit içi ve
yüzeyinde
yoğuşma riski
azdır
(Şekil 4.7) .

$U_D > 0,80$ i
sağlamıyor
İç yüzey
sıcaklığı
uygun
olmadığı için

$U_D \leq 0,80$ yi
sağlıyor
ancak kesit

Hasarlar

istenmeyen ısı
kayıp ve
kazançları,
çatlamalar,
kabarma ve
dökülmeler,
çiçeklenmeler,
kötü görünüş,
sağlıksız iç
ortam
ısılanan kesitin
ısı iletkenkenik
katsayısı
artacağı için
istenmeyen ısı
kayıp ve
kazançları
artacaktır.
Kuruma döneminde
yüzeye ulaşan su
yüzünden
çatlamalar,
uygun bir

kesittir .
ısılanan kesitin
ısı iletkenkenik
katsayısı
artacağı için
istenmeyen ısı
kayıp ve
kazançları
artacaktır.
Kuruma döneminde
yüzeye ulaşan su
yüzünden
çatlamalar,
kabarma ve
dökülmeler,
istenmeyen ısı
kayıp ve
kazançları,
çatlamalar,
kabarma ve
dökülmeler,
çiçeklenmeler,
kötü görünüş,
sağlıksız iç
ortam
uygun bir

kesittir .
istenmeyen ısı
kayıp ve
kazançları,
kabarma ve
dökülmeler,
çiçeklenmeler,
istenmeyen ısı
kayıp ve
kazançları,
çatlamalar,
kötü görünüş,
sağlıksız iç
ortam
uygun bir

iç iyoğuşma
riski
yüksektir
(Şekil 4.7).

kabarma ve
dökülmeler,
çiçeklenmeler,
kötü görünüş,
çelik
donatılarının

**DIŞ DUVALARI
ETKİLEYEN
ATMOSFERİK ETKENLER**

**HASAR OLUŞUM
TÜRLERİ**

**HASAR OLUŞUM
NEDENLERİ**

Sıcaklık Etkisi

- Ani Sıcaklı
Değişimi
- Donan Suyun

Su ve Nem Etkisi

- Rüzgarla Gelen
Yağmur
Damlaları
- Havanın Nemi
- Yoğuşma Suyu
- Yeraltı ve
Zemin
Suları

- Çiçeklenme
- Çatlama
- Kabarma ve
Dökülme

- Tasarıma
Bağlı

- Uygulamaya
Bağlı

- Kullanıma
Bağlı

Güneş Işınları

- Renk
Bozulması

Rüzgar Etkisi

**Zararlı Gazların
Etkisi**

YAPI SAL ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

- Sıcaklık değişimleri sonucu oluşacak iç gerilmeleri karşılayabilecek uygun malzeme ve katmanlaşma seçenekleri tasarım aşamasında belirlenmelidir. Hesaplama sonucu belirlenen aralıklarda genleşme derzleri bırakılmalıdır. Duvarı oluşturan bileşenlerin birleşim detayları yeterince irdelenmelidir. Projedeki detayın şantiyede doğru
 - Rüzgarla gelen yağmur damlalarının duvar yüzeyinde tutunmasına izin vermeyecek özelliklere sahip, suyu geçirmeyen dış kaplama malzemesi seçilmelidir.
 - Kapilarite (kılcallık) yoluyla duvara ulaşarak duvara nüfuz eden zemin sularının yapıya gelişini engellenmelidir (bina çevresine uygun **tretuvar, drenaj sistemi**) (**Bölüm ??**).
 - Buhar difüzyonuna olanak veren (nefes alan) duvar kesitleri seçilmelidir. Kesit içi ve duvar yüzünde yoğuşma riskinin en az olduğu duvar katmanlaşma olanakları belirlenmelidir (**Bölüm ??**). Prensip olarak duvar içten yalıtılmamalı fakat yapılması zorunlu olan içten yalıtım uygulaması yapılırken sıcak yüzeyden buhar geçişine izin vermeyen buhar kesici katmanı kullanılmalıdır. Ortadan yalıtımlı duvar
 - Dış kaplama yüzey sıcaklığı yüzey rengine bağlı olarak 55-60 °C'ye ulaşmaktadır (Şekil ??). Isıl gerilmelerin en az şekilde oluşmasını sağlamak için açık renkli dışkaplama malzemesi kullanılmalıdır. Gözle görünmeyen UV ve IR ışınlarından bozulmayan, dayanıklı dış
-
- Rüzgarın basınç ve çekme etkisini karşılayan kaplama ve birleşim de
 - Zararlı gazların (CO₂, SO₃ v.b.) suyla birleşerek oluşturdukları asidik özellikteki sulara karşı dayanıklı dış kaplama bileşeni seçilmelidir.

	P	t azal an	t (° C)		Ps (Pa)	
			19, 00	t i	2197	PSi
A	105, 51	5, 30	13, 70	t i y	1569	PSi y
	668, 22	0, 61	13, 09	t 1	1508	PS1
	263, 77	15, 49	- 2, 40	t 2	501	PS2
		0, 91	- 3, 30	t d y	464	PSd y
		1, 70	- 5, 00	t d	401	PSd

		t azal an	t (° C)		Ps (Pa)	
			19, 00	t i	2197	PSi
D	80, 84	2, 28	16, 72	t i y	1901	PSi y
	242, 53	0, 26	16, 46	t 1	1878	PS1
	512, 01	13, 68	2, 78	t 2	748	PS2
	202, 11	6, 66	- 3, 88	t 3	440	PS3
		0, 39	- 4, 27	t d y	426	PSd y
		0, 73	- 5, 00	t d	401	PSd

			t (° C)		Ps (Pa)	
			19, 00	t i	2197	PSi
C	80, 84	2, 28	16, 72	t i y	1901	PSi y
	512, 01	0, 26	16, 46	t 1	1878	PS1
	242, 53	6, 66	9, 80	t 2	1211	PS2
	202, 11	13, 68	- 3, 88	t 3	440	PS3
		0, 39	- 4, 27	t d y	426	PSd y
		0, 73	- 5, 00	t d	401	PSd

D

		t (° C)		Ps (Pa)	
		19, 00	t i	2197	Ps i
			t i		
69, 94	2, 01	16, 99	y	1926	Ps i y
209, 83	0, 23	16, 76	t 1	1914	Ps 1
209, 83	2, 79	13, 97	t 2	1599	Ps 2
442, 98	12, 09	1, 88	t 3	700	Ps 3
104, 92	5, 89	- 4, 01	t 4	437	Ps 4
	0, 35	- 4, 36	t d y	423	Ps d y
	0, 64	- 5, 00	t d	401	Ps d

351, 69

P(Pa)

1318, 20	Pi	U= 1, 77		P azal an
1318, 20	Py	Q= 42, 40		127, 56
1212, 69	P1		□	807, 89
544, 47	P2			102, 05
280, 70	Pd y			
280, 70	Pd			

269, 48

P(Pa)

1318, 20	Pi	U= 0, 76		P azal an
1318, 20	Py	Q= 18, 24		206, 13
1237, 36	P1		□	522, 19
994, 82	P2			309, 19
482, 81	P3			
280, 70	Pd y			
280, 70	Pd			

269, 48

P(Pa)

1318, 20	Pi	U= 0, 76		
1318, 20	Py	Q= 18, 24	⌒	1037, 50
1237, 36	P1			
725, 34	P2			
482, 81	P3			
280, 70	Pd y			
280, 70	Pd			

233, 15

P(Pa)			
1318, 20	Pi	U= 0, 67	
1318, 20	Py	Q= 16, 12	21, 03
1248, 26	P1		84, 12
1038, 42	P2		932, 35
828, 59	P3		
385, 62	P4		
280, 70	Pd y		
280, 70	Pd		

	$t \text{ (} ^\circ \text{C)}$		$P_s \text{ (Pa)}$		$P \text{ (Pa)}$		
t azal an	19, 00	t_i	2197	P_{s_i}	1318, 20	P_i	U=
2, 37	16, 63	t_{i_y}	1889	$P_{s_{i_y}}$	1318, 20	P_y	Q=
0, 27	16, 36	t_1	1866	P_{s_1}	1190, 64	P_1	
18, 97	- 2, 61	t_2	496	P_{s_2}	382, 75	P_2	
1, 63	- 4, 24	t_{d_y}	430	$P_{s_{d_y}}$	280, 70	P_{d_y}	
0, 76	- 5, 00	t_d	401	P_{s_d}	280, 70	P_d	

	$t \text{ (} ^\circ \text{C)}$		$P_s \text{ (Pa)}$		$P \text{ (Pa)}$		
t azal an	19, 00	t_i	2197	P_{s_i}	1318, 20	P_i	U=
4, 96	14, 04	t_{i_y}	1599	$P_{s_{i_y}}$	1318, 20	P_y	Q=
0, 57	13, 47	t_1	1548	P_{s_1}	1112, 07	P_1	
16, 04	- 2, 56	t_2	492	P_{s_2}	589, 89	P_2	
0, 85	- 3, 41	t_{d_y}	461	$P_{s_{d_y}}$	280, 70	P_{d_y}	
1, 59	- 5, 00	t_d	401	P_{s_d}	280, 70	P_d	

	$t \text{ (} ^\circ \text{C)}$		$P_s \text{ (Pa)}$		$P \text{ (Pa)}$		
	19, 00	t_i	2197	P_{s_i}	1318, 20	P_i	U=
11, 74	7, 26	t_{i_y}	1023	$P_{s_{i_y}}$	1318, 20	P_y	Q=
8, 50	- 1, 24	t_{d_y}	552	$P_{s_{d_y}}$	280, 70	P_{d_y}	
3, 76	- 5, 00	t_d	401	P_{s_d}	280, 70	P_d	

	t (° C)		P _s (P _a)		P(P _a)		
	19, 00	t _i	2197	P _{s i}	1318, 20	P _i	U=
2, 36	16, 64	t _{i y}	1889	P _{s i y}	1318, 20	P _y	Q=
0, 27	16, 37	t ¹	1866	P _{s¹}	1297, 17	P ¹	
18, 90	- 2, 53	t ₂	496	P _{s 2}	1213, 05	P ₂	
1, 71	- 4, 24	t _{d y}	430	P _{s d y}	280, 70	P _{d y}	
0, 76	- 5, 00	t _d	401	P _{s d}	280, 70	P _d	

425, 20

0, 79

18, 97

687, 09

1, 65

39, 67

78, 01

3, 91

93, 94

70, 10

0, 79

18, 90

A

t (° C)		P_s (P_a)		P (P_a)	
20, 00	t _i	2338, 7	P _{S i}	1403, 22	P _i
14, 48	t _i y	1652, 3	P _{S i y}	1403, 22	P _y
13, 85	t ₁	1580, 5	P _{S 1}	1289, 07	P ₁
- 2, 29	t ₂	505	P _{S 2}	566, 09	P ₂
- 3, 23	t _{d y}	467, 5	P _{S d y}	280, 70	P _{d y}
- 5, 00	t _d	401	P _{S d}	280, 70	P _d

D

t (° C)		P_s (P_a)		P (P_a)	
20, 00	t _i	2338, 7	P _{S i}	1403, 22	P _i
17, 63	t _i y	2013, 1	P _{S i y}	1403, 22	P _y
17, 35	t ₁	1987, 6	P _{S 1}	1315, 75	P ₁
3, 11	t ₂	764, 8	P _{S 2}	1053, 34	P ₂
- 3, 83	t ₃	444, 2	P _{S 3}	499, 37	P ₃
- 4, 24	t _{d y}	429, 5	P _{S d y}	280, 70	P _{d y}
- 5, 00	t _d	401	P _{S d}	280, 70	P _d

C

t (° C)		P_s (P_a)		P (P_a)	
20, 00	t _i	2338, 7	P _{S i}	1403, 22	P _i
17, 63	t _i y	2013, 10	P _{S i y}	1403, 22	P _y
17, 35	t ₁	1987, 6	P _{S 1}	1315, 75	P ₁
10, 41	t ₂	1261	P _{S 2}	761, 78	P ₂
- 3, 83	t ₃	444, 2	P _{S 3}	499, 37	P ₃
- 4, 24	t _{d y}	429, 5	P _{S d y}	280, 70	P _{d y}
- 5, 00	t _d	401, 00	P _{S d}	280, 70	P _d

t (° C)		P_s (P_a)		P (P_a)	
-----------------	--	--	--	----------------------------	--

D

20, 00	t _i	2338, 7	Ps _i	1403, 22	P _i
17, 90	t _i y	2051, 4	Ps _{i y}	1403, 22	P _y
17, 66	t ₁	2025, 9	Ps ₁	1327, 54	P ₁
14, 76	t ₂	1683, 6	Ps ₂	1100, 52	P ₂
2, 17	t ₃	715, 8	Ps ₃	873, 49	P ₃
- 3, 97	t ₄	436, 3	Ps ₄	394, 21	P ₄
- 4, 33	t _{d y}	425, 5	Ps _{d y}	280, 70	P _{d y}
- 5, 00	t _d	401	Ps _d	280, 70	P _d

		t (° C)	Ps (Pa)
1403, 22		20, 00 t _i	2338, 7
1289, 065	114, 1546	17, 53 t _i y	2000, 4
		17, 25 t ₁	1962, 2
		- 2, 52 t ₂	496, 2
		- 4, 21 t _{d y}	429, 5
280, 7		- 5, 00 t _d	401

□

	t (° C)	Ps (Pa)
	20, 00 t _i	2338, 7
	14, 83 t _i y	1683, 6
	14, 24 t ₁	1619, 9
	- 2, 46 t ₂	496, 2
	- 3, 35 t _{d y}	463, 8
	- 5, 00 t _d	401

□

	t (° C)	Ps (Pa)
	20, 00 t _i	2338, 7
	7, 77 t _i y	1059
	- 1, 09 t _{d y}	556, 8
	- 5, 00 t _d	401

⌒

t (° C)	Ps (Pa)
-----------------	------------------

	20, 00	t i	2338, 7
	17, 54	t i y	2000, 4
□	17, 26	t 1	1974, 9
	- 2, 43	t 2	501, 1
	- 4, 21	t d y	429, 5
	- 5	t d	401

P(P_a)

Ps _i	1403, 22	P _i
Ps _{i y}	1403, 22	P _y
Ps ₁	1265, 21	P ₁
Ps ₂	391, 11	P ₂
Ps _{d y}	280, 70	P _{d y}
Ps _d	280, 70	P _d

P(P_a)

Ps _i	1403, 22	P _i
Ps _{i y}	1403, 22	P _y
Ps ₁	1180, 20	P ₁
Ps ₂	615, 23	P ₂
Ps _{d y}	280, 70	P _{d y}
Ps _d	280, 70	P _d

P(P_a)

Ps _i	1403, 22	P _i
Ps _{i y}	1403, 22	P _y
Ps _{d y}	280, 70	P _{d y}
Ps _d	280, 70	P _d

P(P_a)

Ps i	1403, 22	Pi
Ps i y	1403, 22	Py
Ps 1	1380, 47	P1
Ps 2	1289, 45	P2
Ps d y	280, 70	Pd y
Ps d	280, 7	Pd

A	Katmanlar	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, 8	Isısal Direnç
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=1,766 Q=44,16	1/α_i = 1/8		8	0,125
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
	2 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365
	3 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021
	1/α_d = 1/25		25	0,040

B	Katmanlar	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, 8	Isısal Direnç
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=0,76 Q=18,99	1/α_i = 1/8		8	0,125
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
	2 Polistiren Sert Köp	0,03	0,04	0,750
	3 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365
	4 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021
	1/α_d = 1/25		25	0,040

C	Katmanlar	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, 8,00	Isısal Direnç
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=0,76 Q=18,99	1/α_i = 1/8		8,00	0,125
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
	2 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365
	3 Polistiren Sert Köp	0,03	0,04	0,750
	4 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021
	1/α_d = 1/25		25	0,040

D	Katmanlar	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, 8,00	Isısal Direnç
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=0,67 Q=16,78	1/α_i = 1/8		8,00	0,125
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
	2 Düşey Delikli Tuğla	0,09	0,52	0,173
	3 Polistiren Sert Köp	0,03	0,04	0,750
	4 Düşey Delikli Tuğla	0,19	0,52	0,365
	5 Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021
	1/α_d = 1/25		25	0,040

E	Katmanlar	Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, 8,00	Isısal Direnç
$\phi_i=60\%$ $\phi_d=70\%$ U=0,79 Q=19,76	1/α_i = 1/8		8,00	0,125
	1 Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
	2 Gaz Beton	0,19	0,19	1,000
	3 Alçlı Sıva	0,03	0,35	0,086
	1/α_d = 1/25		25	0,040

F	Katmanlar		Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W m ⁻¹ K ⁻¹)	Isısal Direnç (1/λ, K/W m)
	1/α _i = 1/8			8,00	0,125
φ _i =60%	1	Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
φ _d =70%	2	Briket (Hafif Ag. Bet)	0,19	0,47	0,404
U=1,65	3	Çimento Harçlı Sıva	0,03	1,40	0,021
Q=41,32	1/α _d = 1/25			8	0,040

G	Katmanlar		Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W m ⁻¹ K ⁻¹)	Isısal Direnç (1/λ, K/W m)
	1/α _i = 1/8			8,00	0,125
φ _i =60%	1	Normal Agregalı Bet	0,19	2,10	0,090
φ _d =70%					
U=1,65?					
Q=41,32?					
.	1/α _d = 1/25			25	0,040

H	Katmanlar		Kalınlık (d, m)	Isı ilet. Kats. (λ, W m ⁻¹ K ⁻¹)	Isısal Direnç (1/λ, K/W m)
	1/α _i = 1/8			8,00	0,125
φ _i =60%	1	Çimento Harçlı Sıva	0,02	1,40	0,014
φ _d =70%	2	Polistiren Sert Köp	0,04	0,04	1,000
U=0,79	3	Normal Agregalı Bet	0,19	2,10	0,090
Q=19,69	1/α _d = 1/25			25	0,040

Katmanlar	Kalınlık (d, m)	Isı iletkenlik katsayısı (λ, W m ⁻¹ K ⁻¹)	Isısal Direnç Λ=d/λ	Subuharı dif. d irenç faktörü μ
1/α _i = 1		8,00	0,125	
1 Çir	0,03	1,40	0,021	8
2 Pol	0,04	0,04	1,000	30
3 Nor	0,15	2,10	0,071	70

$$1/\alpha_d = 1/25$$

$$25$$

$$0,040$$

$$U= 0,795$$

$$Q= 19,08$$

Katmanlar	(d, m)	(λ , W m °C)	$\Lambda=d/\lambda$	μ
1 /		8,00	0,125	
1 Çi r	0,02	1,40	0,014	15
2 Düş	0,09	0,52	0,173	10
3 Pol	0,03	0,04	0,750	30
4 Düş	0,19	0,52	0,365	10
5 Çi r	0,03	1,40	0,021	10
6 Ser	0,01	0,99	0,010	100
1/ $\alpha_d = 1/25$		25	0,040	

$$U= 0,667$$

$$Q= 16,01$$

Buh.			
Di f .			
Di r e n ç		$t_i = 19$	
Fak .	$\mu . d$	$t_d = -5$	24
15	0,30		U= 1,77
10	1,90		Q= 42,40
25	0,75		
$\Sigma \mu . d =$	2,95		

15	0,30	U= 0,76
30	0,90	Q= 18,24
10	1,90	
25	0,75	
$\Sigma \mu . d =$	3,85	

Buhar		
Di f .	$\mu . d$	
Di r e n ç		
Fak .		
		U= 0,76
15	0,30	Q= 18,24
10	1,90	
30	0,90	
25	0,75	
$\Sigma \mu . d =$	3,85	

Buhar		
Di f .	$\mu . d$	
Di r e n ç		
Fak .		
		U= 0,67
15	0,30	Q= 16,12
10	0,90	
30	0,90	
10	1,90	
15	0,45	
$\Sigma \mu . d =$	4,45	

Buhar		
Di f .	$\mu . d$	
Di r e n ç		
Fak .		
		U= 0,79
15	0,30	Q= 18,97
10	1,90	
8	0,24	
$\Sigma \mu . d =$	2,44	

Buhar
Di f .
Di renç
Fak.

$\mu . d$

15 0, 30
4 0, 76
15 0, 45

$\Sigma \mu . d = 1, 51$

U= 1, 65
Q= 39, 67

Buhar
Di f .
Di renç
Fak.

$\mu . d$

70 ####

$\Sigma \mu . d = ####$

U= 3, 91
Q= 93, 94

Buhar
Di f .
Di renç
Fak.

$\mu . d$

15 0, 30
30 1, 20
70 ####

$\Sigma \mu . d = ####$

U= 0, 79
Q= 18, 90

$\mu . d$

t (° C)

P_s (P_a)

		19, 00	t _i	2197	P _{si}
0, 24	2, 39	16, 61	t _{i y}	1889	P _{si y}
1, 20	0, 41	16, 21	t ₁	1841	P _{s1}
10, 50	19, 08	- 2, 87	t ₂	485	P _{s2}

11, 94	1, 36	- 4, 24	t d y	427	PS d y
	0, 76	- 5, 00	t d	401	PS d
μ . d		19, 00	t i	2197	PS i
	2, 00	17, 00	t i y	1937	PS i y
0, 30	0, 23	16, 77	t 1	1912	PS 1
0, 90	2, 77	14, 00	t 2	1599	PS 2
0, 90	12, 01	1, 99	t 3	705	PS 3
1, 90	5, 85	- 3, 85	t 4	442	PS 4
0, 30	0, 34	- 4, 20	t 5	430	PS 5
1, 00	0, 16	- 4, 36	t d y	424	PS d y
5, 30	0, 64	- 5, 00	t d	401	PS d

P(P_a)

86, 89

1318, 20	P _i	
1318, 20	P _y	20, 85
1297, 35	P ₁	104, 27
1193, 07	P ₂	912, 37

280, 70 Pd y

280, 70 Pd

1318, 20 Pi

195, 75

1318, 20 Py

58, 73

1259, 47 P1

176, 18

1083, 29 P2

176, 18

907, 12 P3

371, 93

535, 18 P4

58, 73

476, 45 P5

195, 75

280, 70 Pd y

1037, 50

280, 70 Pd

Tablo 4.11 Dış duvarlarda hasar oluşumunu etkileyen atmosferik etkenler, h
ve yapısal çözüm önerileri

DIŞ DUVALARI ETKİLEYEN ATMOSFERİK ETKENLER	HASAR OLUŞUM TÜRLERİ				HASAR OLUŞUM NEDENLERİ		
	Çiğ klen	Çatı lam	Kavak ma ve	Renk Bozu	Zararlı ma	Uygun maya	Kullanı ma
• Ani Sıcaklık Değişimi		•	•		•	•	
• Donan Suyun Etkisi		•	•		•	•	
• Kuzgarla Gelen Yağmur	•	•	•	•	•	•	•
• Yeraltı ve Zemin Suları	•	•	•	•	•	•	•
• Havanın Nemi	•	•	•	•	•	•	•
• Yüzeysel Yoğuşma (çiyleşme, terleme)	•	•	•	•	•	•	
• Gizli Yoğuşma (kondansasyon)	•	•	•		•	•	•
Güneş Işınları		•	•	•	•	•	
Rüzgar Etkisi		•	•	•	•	•	
Zararlı Gazların Etkisi		•	•	•	•	•	

asar oluşum türleri, nedenleri

YAPISAL     M   NERİLERİ

- Tasarım evresinde genleşme derzleri d ş n lmeli.
- Sıcaklık değişimleri sonucu oluşacak i  gerilmeleri karşılayabilecek uygun malzeme ve kompozisyon seçenekleri tasarım evresinde belirlenmelidir.
- Duvarı oluşturan bileşenlerin birleşim ayrıntılarını yeterince irdelenmelidir. Projedeki ayrıntısının şantiyede doğru
- Rüzgarla gelen yağmur damlalarının duvar yüzeyinde tutunmasına izin verilmeyecek özelliklere sahip ve suyu kapılarına (kılıcılık) ye olanak verilmeyecek gözeneklilikte kaplama bileşenini kullanılmalıdır.
- Drenaj sistemiyle su yapıdan uzaklaştırılmalıdır.
- Tasarım evresinde kaplama bileşeninin higroskopik emicilik özelliği dikkate alınarak buhar ge işşine izin veren, su-
- içten ısı yalıtımlı yapılması zorunlu hallerde duvarın sıcak yüzünden su buharının ge işşini engelleyecek önlemler alınmalı (hava boşluğu bileşenli duvar kesiti veya sıcak yüzeyde buhar kesici kullanmak gibi)
- Tasarım evresinde duvar bileşenleri, su buharının yoğuşmadan geçebileceği
- Ur n n bünyesinde ısı biriktirme özelliğine, kaplama yüzey renk ve dokusuna bağlı olarak belli bir yüzey sıcaklığı oluşur. Açık renkli kaplama
- Rüzgarın basınç ve çekme etkisini karşılayan kaplama ve birleşim ayrıntıları seçilmelidir.
- Zararlı gazların (CO , SO  v.b.) suyla birleşerek oluşturdukları asidik özellikteki sulara karşı dayanıklı dış

DIŞ DUVALARI ETKİLEYEN ATMOSFERİK ETMENLER	HASAR OLUŞUM TÜRLERİ				HASAR OLUŞUM NEDENLERİ		
	Çiçekle nme	Çatla ma	Kabar ma ve	Renk Bozul m	Tasar ıma Bağlı	Uygul amay a Bağlı	Kull anıma Bağlı
Sıcaklık Etkisi							
• Ani Sıcaklı Değişimi		•	•		•	•	
• Donan Suyun Et ki si							
Su ve Nem Et ki si							
• Rüzgar la Gelen Yağmur							
Daml al ar ı	•	•	•	•	•	•	•
• Havan ın Nemi							
• Yoğuşma Suyu							
• Yer alt ı ve Zemi n							
Güneş Işınl ar ı		•	•	•	•	•	
Rüzgar Et ki si				•	•	•	
Zarar l ı Gazların Et ki si	•	•	•	•	•	•	

YAPISAL ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

- Yeteri kadar genleşme derzi bırakmalı.
- Tasarım aşamasında malzeme özellikleri dikkate alınarak birbirleriyle uyumlu olan malzeme ve bileşenlerden oluşan duvar kompozisyonları seçilmeli.
- Don etkisinde malzemenin zarar görmemesi için malzeme doygunluk derecesi %80 den küçük olmalı.

A
 $U=1,77$
 $Q=44,16$

2

1
 2
 3

B
 $U=0,76$
 $Q=18,99$

D 1 §

3

1
 2
 3
 4

C
 $U=0,76$
 $Q=18,99$

2

1
 2
 3
 4

D
 $U=0,67$
 $Q=16,78$

1
 2
 3
 4
 5

E
 $U=1,65$
 $Q=41,32$

1

2

3

F
 $U=0,79$
 $Q=19,76$

1
 2
 3

G
 $U=1,65$
 $Q=41,32$

1

$Q=11, 52$

H
U=0, 79
Q=19, 69

1
2
3

1/ $\alpha_i = 1/8$	8	####		
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Düş. Del.Tuğla 0,19	0,52	####	10	1,90
Çi m. Har. Sıva 0,03	1,40	####	25	0,75
1/ $\alpha_d = 1/25$	25	####	Σp.d	2,95
1/ $\alpha_i = 1/8$	8	####		
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Pol i. Sert Köpü 0,03	0,04	####	30	0,90
Düş. Del.Tuğla 0,19	0,52	####	10	1,90
Çi m. Har ç. Sıvı 0,03	1,40	####	25	0,75
1/ $\alpha_d = 1/25$	25	####	Σp.d	3,85
1/ $\alpha_i = 1/8$	8,00	####		
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Düş. Del.Tuğla 0,19	0,52	####	10	1,90
Pol i. Sert Köpü 0,03	0,04	####	30	0,90
Çi m. Har ç. Sıvı 0,03	1,40	####	25	0,75
1/ $\alpha_d = 1/25$	25	####	Σp.d	3,85
1/ $\alpha_i = 1/8$	8,00	####		
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Düş. Del.Tuğla 0,09	0,52	####	10	0,90
Pol i. Sert Köpü 0,03	0,04	####	30	0,90
Düş. Del.Tuğla 0,19	0,52	####	10	1,90
Çi m. Har ç. Sıvı 0,03	1,40	####	15	0,45
		####	Σp.d	= 4,45
1/ $\alpha_d = 1/25$	25			
1/ $\alpha_i = 1/8$	8,00	####		
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Br i ket 0,19	0,47	####	4	0,76
Çi m. Har ç. Sıvı 0,03	1,40	####	15	0,45
		####	Σp.d	= 1,51
1/ $\alpha_d = 1/25$	8			
1/ $\alpha_i = 1/8$	8,00	####		
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Gaz Beton 0,19	0,19	####	10	1,90
Al çı Sıva 0,03	0,35	####	8	0,24
1/ $\alpha_d = 1/25$	25	####	Σp.d	2,44
1/ $\alpha_i = 1/8$	8,00	####		
Nor. Agr. Beton 0,19	2,10	####	70	####

1/ $\alpha_d = 1/25$	25	####	$\Sigma \mu . d$	####
1/ $\alpha_i = 1/8$	8,00	####	=	####
Çi m. Har ç. Sıvı 0,02	1,40	####	15	0,30
Pol i . Ser t Köpü 0,04	0,04	####	30	1,20
Nor . Agr . Bet on 0,19	2,10	####	70	####
1/ $\alpha_d = 1/25$	25	####	$\Sigma \mu . d$	####

UD $\leq$ 0,80 i sağlamıyor.
İç yüzey sıcaklığı uygun
değerde değil duvar
yüzeyinde yoğuşma riski
UD $\leq$ 0,80 i sağlıyor
olmasına
karşın kesit içi yoğuşma
(gizli kondansasyon)
olma riski yüksektir
(Şekil 4.7).

UD $\leq$ 0,80 i sağlıyor
Kesit içi ve yüzeyinde
yoğuşma olma riski yok
denilecek kadar azdır
(Şekil 4.6, 4.7).

UD $\leq$ 0,80 yi sağlıyor
ancak kesit içi yoğuşma
riski yüksektir (Şekil
4.7).

UD $\leq$ 0,80 i sağlamıyor
İç yüzey sıcaklığı uygun
olmadığı için duvar
yüzeyinde yoğuşma riski
yüksektir.

UD $\leq$ 0,80 i sağlıyor
Kesit içi ve yüzeyinde
yoğuşma riski azdır
(Şekil 4.7).

UD $\leq$ 0,80 i sağlamıyor
İç yüzey sıcaklığı uygun
olmadığı için duvar
yüzeyinde yoğuşma riski

yüzeyinde yoğunlaşma riski
yüksektir.

$UD \leq 0,80$ yi sağlıyor
ancak kesit içi yoğunlaşma
riski yüksektir (Şekil
4.7).