

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNA DUVARLARINA UYGULANAN YALITIMIN YOĞUŞMAYA
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

NESRİN İLGİN

Tez Yöneticisi
Yrd.Doç.Dr. Meral Özel

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI**

ELAZIĞ-2009

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNA DUVARLARINA UYGULANAN YALITIMIN YOĞUŞMAYA
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

NESRİN İLGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI

Bu Tez semineri,..... tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı/ başarısız olarak değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman : Yrd. Doç. Dr . Meral ÖZEL

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında ve oluşmasında bana yol gösteren danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Meral ÖZEL' e, her yardıma ihtiyacım olduğunda bana yol gösteren sayın Prof. Dr. Mustafa İNALLI hocamıza ve matlab' ta program oluşturma konusunda yardımcı olmak için değerli vaktini bana ayıran Arş.Gör.Dr. Oğuz YAKUT hocamıza teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER BÖLÜMÜ.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
TABLolar LİSTESİ.....	IV
SİMGELER LİSTESİ	V
EKLER LİSTESİ	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2 . YAPI KABUĞU-MALZEME VE YOĞUŞMAYA İLİŞKİSİ.....	3
2.1. Yapı Kabuğundan Isı Geçişi.....	3
2.2. Yapı Kabuğundan Nem Geçişi	3
3. NEM KONTROLÜNDE “TS 825 YÖNTEMİ”.....	12
4.BİNA DUVARLARINDA OLUŞAN YOĞUŞMANIN HESABI İÇİN PROGRAM TASARLANMASI.....	16
5. YALITIMIN DUVAR İÇERSİNDEKİ FARKLI KONUMLARINA GÖRE YOĞUŞMA ANALİZİ.....	19
5.1. Dıştan Yalıtımlı Duvar Modeli.....	19
5.2. İçten Yalıtımlı Duvar Modeli	24
5.3. Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli	28
5.4. Dıştan ve Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli.....	29
5.5. İçten ve Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli.....	30
5.6. Dıştan ve İçten Yalıtımlı Duvar Modeli.....	31
5.7. Dıştan, Ortadan ve İçten Yalıtımlı Duvar Modeli.....	32
6.SONUÇLAR.....	33
KAYNAKLAR.....	41
EKLER.....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. Havanın sıcaklığa (°C) bağlı olarak bünyesinde barındırabildiği en fazla nem miktarı, g/m ³5	5
Şekil 2. Aynı şartlardaki hava sıcaklığının 20 °C'den 10°C'ye inmesi sonucu açığa çıkan “su” miktarı.....6	6
Şekil 3. Farklı malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörlerinin karşılaştırma.....8	8
Şekil 4. Farklı malzemelerin bağıl nem oranı/hacimsel nem miktarı ilişkisi (sorpsiyon izotermi).....8	8
Şekil 5. İçerisinde herhangi bir yoğuşmanın olmadığı çok katmanlı bir yapı elemanında buhar difüzyonu.....15	15
Şekil 4.1. ilk adımda oluşturulacak duvar yapısına göre katman sayısı, her katmanın kalınlığı ve her katmanda kullanılan malzemelerin seçilmesi ve bu malzemelerin ısı iletim katsayısı, difüzyon katsayısı değerlerinin belirlenmesi.17	17
Şekil 4.2. İkinci adımda seçilecek ilin belirlenmesi.....17	17
Şekil 4.3. Üçüncü adımda yoğuşma hesabı yapılacak il için seçilecek ayın belirlenmesi ve seçilen ay için dış ortam sıcaklığı ve bağıl nem belirlenmesi.....18	18
Şekil 4.4. Dördüncü adımda kısmi ve doymuş buhar eğrilerin grafiksel olarak gösterilmesi ve belirlenmesi.18	18
Şekil 5.1.1. Dıştan Yalıtımlı Duvar.....19	19
Şekil 5.1.2. Dıştan yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....20	20
Şekil 5.1.3. Dıştan yalıtımlı duvar modelinde aylara göre Elazığ ili için difüzyon değişim eğrileri.....21	21
Şekil 5.1.4. İzoder programının dıştan yalıtımlı duvar modelinde Elazığ ili için buhar difüzyon değişim eğrileri.....22	22
Şekil 5.2.1. İçten Yalıtımlı Duvar.....24	24
Şekil 5.2.2. İçten yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....24	24
Şekil 5.2.3. İçten yalıtımlı duvar modelinde aylara göre Adana ili için difüzyon değişim eğrileri.....25	25
Şekil 5.2.4. İzoder programının içten yalıtımlı duvar modelinde Adana ili için buhar difüzyon değişim eğrileri.....26	26
Şekil 5.3.1. Ortadan Yalıtımlı Duvar.....28	28
Şekil 5.3.2. Ortadan yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....28	28
Şekil 5.4.1. Dıştan ve ortadan yalıtımlı duvar.....29	29
Şekil 5.4.2. Dıştan ve ortadan yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....29	29
Şekil 5.5.1. İçten ve Ortadan yalıtımlı duvar.....30	30
Şekil 5.5.2. içten ve ortadan yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....30	30
Şekil 5.6.1. Dıştan ve içten yalıtımlı duvar.....31	31
Şekil 5.6.2. içten ve dıştan yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....31	31

Şekil 5.7.1. Dıştan,ortadan ve içten yalıtımlı duvar.....	32
Şekil 5.7.2. içten,ortadan ve dıştan yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu.....	32

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

- Tablo 6.1.** Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.).....35
- Tablo 6.2.** Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.).....36
- Tablo 6.3.** Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak beton duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.)..... 37
- Tablo 6.4.** Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak beton duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.)38
- Tablo 6.5.** Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak cam yünü kullanılmıştır.)39
- Tablo 6.6.** Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak cam yünü kullanılmıştır.)40

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Ek A: Farklı sıcaklıklar için doymuş su buharı basınç değerleri.....	43
Ek B: İllerin ve bazı ilçelerin aylık ortalama bağıl nem oranları (%).....	44
Ek C: Malzeme özellikleri.....	47

SİMGELER LİSTESİ

U:	Bileşenin Toplam Isı Geçiş Katsayısı, W/m^2K
λ :	Malzemenin ısı iletim katsayısı, $(W/m K)$
T_i :	İç Ortam Sıcaklığı, $(^{\circ}C)$
T_d :	Dış Ortam Sıcaklığı $(^{\circ}C)$
T_{iy} :	İç Yüzey Sıcaklığı $(^{\circ}C)$
T_{dy} :	Dış Yüzey Sıcaklığı, $(^{\circ}C)$
α_l :	İç Yüzey Isı Taşınım Katsayısı $(W/m^2 ^{\circ}C)$
α_d :	Dış Yüzey Isı Taşınım Katsayısı $(W/m^2 ^{\circ}C)$
q:	Isı Geçiş Miktarı, W
d:	Bileşeni Oluşturan Katman Kalınlığı, m
μ :	Buhar difüzyon direnç faktörü, μ
S_d :	Su Buharı Difüzyon Eşdeğer Hava Tabakası Kalınlığı, m
P:	Kısmi Su Buharı Basıncı, Pa
P_s :	Doymuş Su Buharı Basıncı, Pa
ϕ :	Bağıl Nem Oranı, %
ϕ_d :	Dış Hava Bağıl Nem Oranı, %
ϕ_i :	İç Hava Bağıl Nem Oranı, %
D:	Difüzyon sabiti (cm^2/sn)
W_y :	Buhar Akış Miktarı (Debi), (kg/m^2)
W_t :	Yoğuşma Miktarı, (kg/m^2)
δ_o :	Havanın Buhar iletim Katsayısı $(kg/msPa)$

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİNA DUVARLARINA UYGULANAN YALITIMIN YOĞUŞMAYA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Nesrin İLGİN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Termodinamik Anabilim Dalı

2009, Sayfa: 60

Bu çalışmada, farklı yalıtım konumlarına sahip duvar yapılarının kalınlıkları boyunca meydana gelen yoğuşma olayı TS 825 standardını esas alarak MATLAB paket programında GUI toolbox'ı kullanım seçeneklerinin yardımıyla çözülmüştür. Bu amaçla, yalıtım malzemesinin toplam kalınlığı eşit olacak şekilde; tek tabaka, iki eşit tabaka ve üç eşit tabaka halinde duvar içerisine farklı yerlerde yerleştirilerek her bir yalıtım durumu için yoğuşma ve buhar geçişi incelenmiştir. Çözümler farklı derece gün bölgelerinde bulunan Elazığ, Adana, İstanbul ve Kars illeri için, farklı yalıtım ve duvar malzemeleri ile farklı kalınlıktaki yapı malzemeleri için hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalıtımlı duvar, Yoğuşma ve Buhar difozyonu, MATLAB paket programı

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ISOLATION APPLIED ON BUILDING WALLS ON CONDENSATION

Nesrin İLGİN

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Thermodynamic

2009, Page: 60

In this research, condensation that occurs throughout the thickness of the wall structures which have different isolation places are solved on the basis of TS 825 standards with the help of the GUI toolbox usage options in the MATLAB package programme.. For this aim, with equal total thickness of isolation material; it is located in different places in the wall in the shape of one layer, two equal layers and three equal layers and condensation for each isolation case and vapour passages are analyzed. Solutions for cities of different day degrees Elazığ, Adana, İstanbul, and Kars are estimated with different isolation and wall materials for construction materials in distinct thickness. Results gained are shown in graphs and tables.

Key Words: Isolated wall, Condensation and Vapour diffusion, MATLAB package programme.

1.GİRİŞ

İç ve dış mekanlar arasında sınır oluşturan yapı dış duvarları sürekli değişen iklim şartlarının etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle yapı içerisinde istenilen konfor şartlarının daha az enerji tüketimiyle sağlanabilmesi için bina duvarlarının uygun bir şekilde yalıtılması gerekmektedir. Bu yüzden yapılarda kullanılan ısı yalıtımlarının faydaları hem yapı, hem çevre ve hem de insan sağlığı açısından oldukça fazladır. Isı yalıtımı, her mevsimde konforlu koşullar sağlar, emisyonu azalttığı için çevrenin korunmasını sağlar, ısı kaçaklarını önlediği için, daha düşük kapasiteli ısıtma ve soğutma tesisleri ve daha az tesisat malzemesinin kullanılması mümkündür. Bu ilk yatırım harcamalarını önemli ölçüde azaltan bir unsurdur. Isı yalıtımı sayesinde, ısıtma ve soğutma giderleri azalarak enerji tasarrufu sağlanır ve yoğuşma önlediği için duvarlarda nem ve küflenme sorunu ortadan kalkar ve yapı ömrünü uzatır.

20. yüzyılın başlarından itibaren hem endüstrinin gelişmesi hem de modern mimarideki taleplerin artması ile, modern konstrüksiyon metotlarının hızla kullanılmaya başlanması; yapı malzemelerinin, taşıyıcılık görevlerinin azalmasını, incelmelerini ve ısı geçirgenlik direncinin önemli miktarda düşmesini sağlamıştır. Isı geçirgenlik direncinin yükseltilmesi dolayısıyla ısı ekonomisinin sağlanması ve yapı malzemesi yüzeyindeki yoğuşmanın önlenmesi için inşa edilen binalardaki duvarlarda birden fazla yapı elemanı kullanılmasını ortaya çıkarmıştır [1].

Yapı malzemelerinde, kullanım şartlarına göre yazın ve kışın ortaya çıkan yoğuşma yada terleme olayı; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası sıcaklığının altında olması durumunda gerçekleşir. Eğer su buharı, yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmazsa, terleme olmadan yapı malzemesi içine girer. Yapı malzemesi içine difüz eden su buharının kısmi basıncı iç katmanlarda herhangi bir noktada o sıcaklıktaki su buharı doyma basıncına eşit olduğu anda yoğuşmaya başlar. Malzeme içinde yoğuşan su, malzemenin nemini arttırarak küf, mantar üremesi, koku ve boya bozulmalarına neden olur. Yoğuşma, yapı malzemesinin yapısını bozar ve malzemenin toplam ısı transferi katsayısını yükselterek ısı kayıplarını da artırır [1].

Bu konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde; Çorap [2] binalarda ideal enerji performansını ve iç yüzeylerde terlemeye ve yapı elemanı içinde de yoğuşmaya karşı tasarım seçeneğini belirlemeyi amaçlamıştır. Gül [3] kılcal gözenekli ortamlarda ısı ve kütle transferinin analizini araştırmıştır. Erim [4] nemli hava ile su ikilisi arasındaki ısı ve kütle geçişinin bir arada olduğu iklimlendirme cihazları üzerinde durarak hesap algoritmalarını geliştirmeye çalışmıştır. Kavas [5] ısı yalıtım yönetmeliğinde önerilen kesitler ve güncel yalıtım malzemeleriyle oluşturulan kesitlerin en çok uygulanabilirliği olanların seçilip iç yüzey sıcaklığı açısından inceleyerek yoğuşma kontrolü yapmış ve kesitlerin ısısal konfor açısından uygun olup olmadığını belirleme konusunda çalışılmıştır. Yavuz [6] dış duvarlarda ısı korunumu ve 16.01.1985 tarihli yönetmeliğin ısı ve buhar kontrolü açısından

değerlendirilmesi konusunda çalışılmıştır. Bircan [7] yapı malzemelerinde buhar difüzyonu prosesinin incelenmesi ve yoğuşma hesabı için bir bilgisayar programı tasarlamıştır. Francis W.H.Yik ve diğerleri, [8] yapıyı sarmalayan ısı ve nem transferi modelini iç ortamdaki hava ve yapının havalandırma sisteminin aynı anda hesaplanması için havalandırma sistemi bileşenleri modelleriyle ilişkili bütünleştirilip geliştirme çalışması yapmıştır. Menghao Qin vd., [9] gözenekli yapıdaki malzemenin ısı ve nem transferi geçişinin değerlendirilmesi için dinamik bir model oluşturup hem ısı hem de nem transferini benzer şekilde hesaba katarak ve birbiri ile olan etkileşimi modellenmiştir. Stephane Hameury [10] ahşap yapıları sarmalayan iç ortam koşullarında ısı ve nem geçişi için higrotermik bir model muhasebesi ile sayısal simülasyon yapıp hava değişim oranı ve ahşap yapının duvar bölgesinin fonksiyonu olarak güçlü bir tahta yapısının tamponlanma kapasitesini göstermesini sağlamıştır. Jerzy Wyrwal vd., [11] gözenekli duvarlarda yoğunlaşma ile aynı zamandaki bir boyutlu ısı ve buhar transferini analitik olarak incelemiştir. R.C.Gaur vd., [12] yapı malzemesinden geçen eş zamandaki ısı ve nem transferini dikkate alıp bir günlük periyod üzerinden bir odanın iç sıcaklığının zamanla değişimini incelemiştir. M.A.Hamdan [13] yalıtım kalınlıklarının artırılmasıyla ilgili 3 faktör bulunup en iyi performansa sahip duvarı seçmek için yapıdaki yalıtım tabakalarının etkilerini ve sıcaklık dalgalarının azaltılmasını araştırmıştır. M.Karoglou vd., [14] binaların duvarlarından mevsimlik nem transferiyle binaları sarmalayan nemin tahrip edici etkileri hakkında çalışmalar yapmıştır.

Binalarda ısı yalıtımı daha çok enerjinin korunumu için düşünülmektedir. Ancak, yalıtım yapılırken su buharı hareketlerinin de göz önüne alınması gerekir. Çünkü, su buharı difüzyonu sonucu olan yoğuşma, yapı malzemelerine ve yapı malzemelerinde meydana gelen ısı geçişinin artışına etki eder. Bu yüzden yoğuşma olayının önlenmesi için yapı bileşeninin su buharı hareketine karşı direnci artırılmalıdır. Yapı bileşenine yalıtım uygulanarak su buharına ve ısı geçişine karşı direnci artırılabilir. Ancak ısı yalıtımı yapılırken yalıtımın duvar içerisindeki yeri, su buharının yoğuşacağı yer açısından önemlidir. Bu yüzden bu çalışmadaki temel hedef, farklı yalıtım tabakalarından oluşan çok katmanlı bir duvardaki buhar difüzyonu ve yoğuşmayı araştırmaktır. Bu amaçla, yalıtım malzemesinin toplam kalınlığı eşit olacak şekilde; tek tabaka, iki eşit tabaka ve üç eşit tabaka halinde duvar içerisine farklı yerlerde yerleştirilerek her bir yalıtım durumu için yoğuşma ve buhar geçişi incelenecektir. Bunun için MATLAB’da bir bilgisayar programı geliştirilerek farklı yalıtım konumları için yoğuşma ve buhar difüzyonu Türkiye’deki farklı iklim bölgeleri için, farklı yalıtım ve duvar malzemeleri ile farklı kalınlıktaki yapı malzemeleri için hesaplanmıştır.

2.YAPI KABUĞU-MALZEME VE YOĞUŞMAYA İLİŞKİSİ

Yapı kabuğu ve malzeme arasındaki ilişkinin yoğuşmayı belirlemede rol oynaması nedeni ile yapı kabuğu ve malzemenin tanımını yapacak olur isek aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

2.1. YAPI KABUĞUNDAN ISI GEÇİŞİ

Yapı ile birlikte oluşan iç ve dış mekanları birbirinden ayıran yapı öğelerinin tümü yapı kabuğu olarak tanımlanır. Bu çalışmada yapı kabuğu olarak nitelendirdiğimiz eleman binaların dış duvarı olarak ele alınmıştır. İç ve dış çevre arasındaki ısı alışverişi büyük oranda yapı kabuğu vasıtasıyla olur. Isı geçişi şekillerini üç grupta toplayabiliriz

- **Isınım (Radyasyon):** Isı enerjisinin herhangi bir ara taşıyıcıya ihtiyaç olmadan bir maddeden diğer bir maddeye nakline radyasyon denir. Radyasyon diğer ısı geçiş şekillerinin aksine herhangi bir ara taşıyıcıya ihtiyaç duymadan doğrudan meydana gelir.
- **İletim (Kondüksiyon):** Bir maddenin daha yüksek enerjili parçacıklarından daha düşük enerjili parçacıklarına, bu parçacıklar arasındaki etkileşimler sonucunda enerjinin aktarılması olarak düşünülebilir.
- **Taşınım (konveksiyon):** Isınım veya iletim yolu ile ısınan maddesel ortamın yer değiştirmesi ve ısıyı böylece taşıması, yaymasıdır. Taşınım katı cisimlerde söz konusu değildir.

2.2. YAPI KABUĞUNDAN NEM GEÇİŞİ

Hava, değişik oranlarda gazların karışımı olup, normal şartlarda bünyesinde her zaman belirli miktarda su buharı da bulundurmaktadır. Belirli sıcaklıktaki hava, ancak belirli miktarda su buharını bünyesinde barındırabilmektedir. Hava içinde bulunan su buharı “nem” olarak da adlandırılmaktadır. Nemin bir binanın, çatı, duvar, döşeme gibi yapı elemanları ile bina tesisatına etkileri söz konusudur. Bu çalışmada bina yapı kabuğunu elemanlarından biri olan duvar ile nemin etkileşimi üzerinde durulmuştur.

2.2.1. Nem ve Nem Geçişinin Etkileri

Bina kabuğunu oluşturan çatı, duvar ve döşeme gibi yapı elemanlarının yapımında kullanılan hemen hemen tüm yapı malzemeleri, az veya çok gözenekli yapıları nedeniyle, çevredeki nemi bünyelerine alma, depolama, taşınmasını sağlama ve tekrar bünyelerinden atma özelliğine sahiptir. Çok katmanlı yapı elemanlarında, farklı katman malzemelerinin farklı nem geçirgenlik özelliklerine sahip olmaları nedeni ile, taşınan nem bazı katmanlardan hızlı bir şekilde geçerken, bazı nem geçirgenlik direnci yüksek katmanların önünde birikmesi söz konusu olabilmektedir. Bundan başka, bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarında , olağan şartlardaki nemin dışında, çevre şartlarının etkisi ile veya tasarım ve uygulama hatalarından ötürü, buharın suya dönüşmesi olayı, başka bir deyişle “ yoğuşma ”

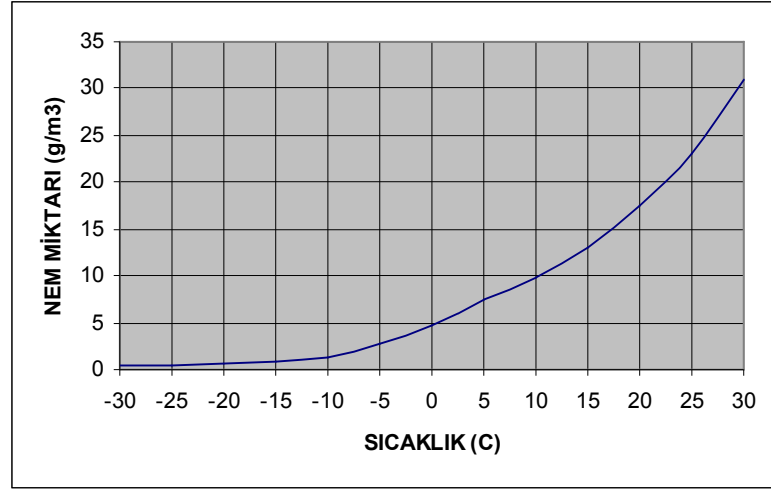
meydana gelebilmektedir. “Yoğuşma” nedeni ile kabuğun kendisinden beklenen performansı yerine getirmemesi söz konusu olabilmektedir. Özellikle, malzeme nemliliğinin kabuğun ısı ve nem ile ilgili performansına olumsuz etkileri önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bina yapımı tamamlandıktan sonra, kabuğun kendisinden beklenen performansı yerine getirmemesi durumunda, bu tür sorunların ortadan kaldırılmasının çok zor, hatta bazı durumlarda olanaksız olduğu açıktır. Bu nedenden ötürü, bu tür sorunların ortaya çıkıp çıkmayacağının, tasarım sürecinde belirlenip, yine bu aşamada gerekli önlemlerin alınması, kabuğun kendisinden beklenen performansı sürekli olarak yerine getirebilmesi açısından, önemlidir. Bina kabuğunun yapım sürecinde de, tasarım kararlarının gerçekleştirilmesine yönelik gerekli özenin gösterilmesi gerekmektedir.

2.2.2. Nem İle İlgili Temel Tanımlar

Nem kontrolü konusu ile ilgili sıkça kullanılan temel kavramlara ilişkin tanımlar aşağıda verilmiştir.

Burada “Nem”, hava içinde bulunan su buharıdır. Dış ortamdaki havada, su buharı sürekli olarak bulunmakla birlikte, miktarı oransal olarak %4’ü aşmamaktadır. Dış ortamdaki havada bulunan su buharı miktarı, başta iklimsel olaylar olmak üzere çevresel etmenlere bağlıdır. İç ortamdaki su buharı miktarı ise ağırlıklı olarak, yıkama veya yemek pişirme amaçlı sıcak su kullanımı, bitkilerin veya insanların nefesindeki su buharı gibi insanların eylemleri, insan ve bitki sayısı gibi etmenlere bağlıdır. Belirli sıcaklıktaki hava, ancak belirli miktarda nemi bünyesinde barındırabilmektedir (Şekil 1). Mutlak nemlilik, nemli havanın birim hacmi içinde bulunan su buharının birim kütesidir. Buna gerçek buhar miktarı, buhar konsantrasyonu, su buharının yoğunluğu da denir. Özgül nemlilik, birim kütledeki nemli hava içersindeki su buharının kütesidir. Buna nemli havanın nem miktarı veya kütle konsantrasyonu da denir. Doymuş hava, hava sıcaklığına bağlı olarak, belirli bir miktar su buharını bünyesinde barındırabilmektedir. Sıcaklık düştükçe, havanın içinde barındırabileceği buhar miktarı azalır. Belirli barometrik şartlar altında, belirli bir sıcaklıktaki hava, maksimum buhar miktarını bünyesinde barındırıyorsa, bu havaya “buhara doymuştur” denir. Doyma miktarı, birim hacimdeki havanın belirli bir sıcaklıkta bünyesinde barındırabileceği maksimum buhar miktarıdır. Buna doymuş buhar miktarı da denir. Sıcaklığa bağlı olarak doyma miktarları, Şekil 1’de verilmiştir. Çiğ noktası, belirli şartlardaki doymuş havanın sıcaklığıdır. Bu sıcaklık, doyma halinden yoğuşmaya geçiş halini ifade ettiğinden, doyma sıcaklığı veya yoğuşma noktası olarak da adlandırılır. Bağlı nem oranı; verilen şartlarda, havanın içindeki su buharı kütesinin, aynı şartlarda havanın içinde bulunması olanaklı olan en fazla su buharı kütesine oranıdır.

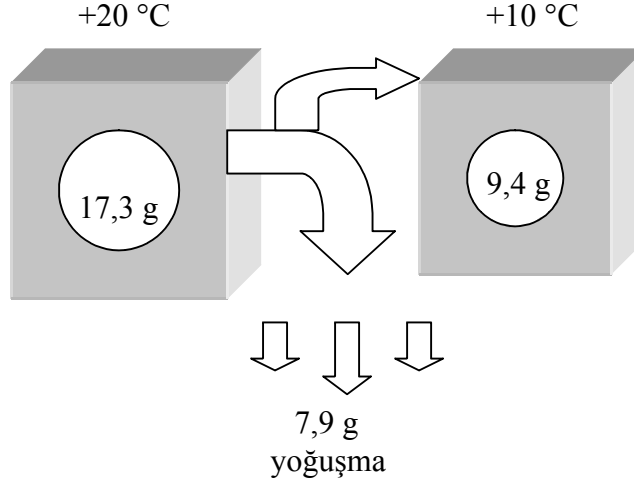
$$\varphi = \left(\frac{W}{W_s} \right) * 100 = \left(\frac{P}{P_s} \right) * 100 \quad (1)$$



Şekil 1. Havanın sıcaklığa (°C) bağlı olarak bünyesinde barındırabildiği en fazla nem miktarı, g/m³ [19].

Kısmi buhar basıncını tamınlar isek, buhar basıncı, su baharının hava içinde oluşturduğu “kısmi” basınçtır. Belirli şartlarda, havanın içinde mevcut su buharı kütlelerinin, oluşturduğu basınca “kısmi” veya “gerçek” buhar basıncı adı verilir. Doymuş buhar basıncı, belirli şartlarda havanın içinde bulunması olanaklı olan en fazla su buharı kütlelerine oluşturduğu basınç; “doymuş” buhar basıncıdır. Buhar basıncı farkı ise, değişik şartlardaki iki ayrı ortam örneğin bina içi ile dışı arasında buhar basınçları farkıdır. Binalar ısıtıldığı veya soğutulduğu için, iç ve dış ortamlar arasında bir sıcaklık farkı söz konusudur. Örneğin ısıtma yapılan dönemde, iç ve dış bağıl nemlilik değerleri eşit olsa, hatta dış bağıl nemlilik %100’e erişse bile, iç hava sıcaklığı dış hava sıcaklığına göre daha yüksek olduğundan, iç havanın kısmi buhar basıncı dış havanınkinden çok daha büyüktür. Buhar difüzyonu olayı, buhar basıncı farkından dolayı meydana gelmektedir. Su buharı akış yoğunluğu (buhar akım debisi) veya su buharı difüzyonu akış yoğunluğu, yapı bileşenlerinden birim zamanda, birim alandan geçen su buharı miktarıdır. Buhar difüzyon geçiş katsayısı, bir yüzeyin 1m² alanı ile ona değen hava arasında 1 Pa buhar basıncı farkı varken bir saniyede havadan yüzeye veya yüzeyden havaya difüzyon yoluyla geçen buhar miktarıdır. Buhar iletim katsayısı, homojen bir malzemenin veya havanın kararlı durumunda birbirine koşut iki yüzeyi arasında, 1m kalınlık ve 1 Pa basınç farkı olduğu zaman, bir saniyede, yüzeylere dik yönde difüzyon yoluyla geçen buhar miktarıdır. Su buharı difüzyon direnç faktörü ise; bir malzemenin bünyesinden buhar girişimine karşı aynı kalınlıktaki havanın kaç katı direnç gösterdiğini belirleyen sayıdır (Hava için $\mu=1$ ’dir). Yoğuşma, nemli havanın, sıcaklığı, mutlak nemliliği değiştirilmemek şartı ile, düşürülürse, bağıl nem oranı buna koşul olarak yükselir ve belirli bir sıcaklıkta (çiğlenme sıcaklığı) da %100 oranına ulaşır. Sıcaklığın bu değerin altına düşmesi durumunda da, havadaki su buharının bir bölümü, halini değiştirerek, sıvı veya buz haline dönüşür. Bu durum havada sis veya yağış, katı cisimlerin yüzeyinde (görünür) veya bünyesinde (gizli) yoğuşma olarak meydana gelir. Örneğin, 20 °C sıcaklıktaki hava bünyesinde en fazla 17.3 g/m³ su buharı barındırabilirken, 10 °C sıcaklıktaki hava ise en fazla 9.4 g/m³ su buharını bünyesinde barındırabilmektedir (Şekil 2). Yapı Fiziği yönünden iki türlü yoğuşma vardır: Görünür yoğuşma (terleme);yoğuşma, yapı elemanlarının yüzeyinde meydana gelirse

terleme adını alır. Gizli Yoğuşma; Yoğuşma, yapı elemanlarının içinde ortaya çıkarsa, “gizli” yoğuşma olarak tanımlanmaktadır. Buharlaştırma, sıcaklığın yükselmesi ile katı cisimlerin yüzeyinde veya bünyesinde bulunan sıvı haldeki suyun hal değiştirerek su buharına dönüşmesi ve dış ortama doğru hareket etmesidir.



Şekil 2. Aynı şartlardaki hava sıcaklığının 20 °C’den 10°C’ye inmesi sonucu açığa çıkan “su” miktarı[19].

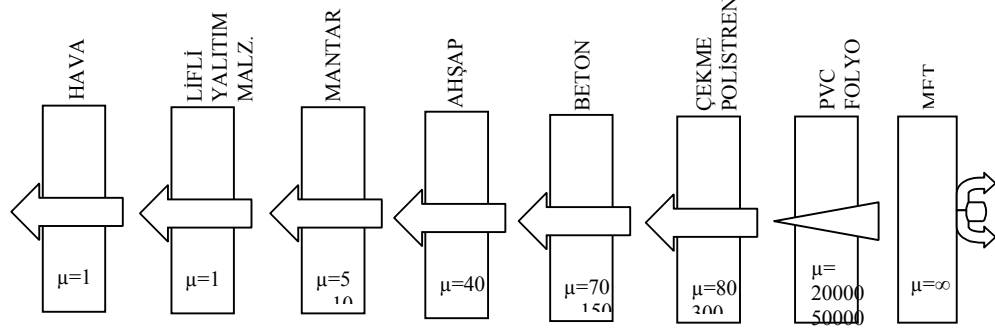
2.2.3. Neme Bağlı Kullanıcı Konfor Gereksinimi

Ortamdaki nem oranı, kullanıcı tarafından ortam sıcaklığının algılanmasındaki etkisi açısından, ısı konforu oluşturan bileşenlerden biridir. Burada nem geçiş türlerini açıklar isek; genelde nem geçişi “azdan çokla geçiş” kuralı doğrultusunda meydana gelmektedir. Nemin konsantrasyon olarak fazla olduğu ve buna bağlı olarak kısmi buhar basıncının fazla olduğu taraftan, nem konsantrasyonun az olduğu ve buna bağlı olarak kısmi buhar basıncının az olduğu tarafa doğru nem geçişi meydana gelmektedir. Bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarında nem geçişi değişik etmenlere bağlı olarak değişik tiplerde meydana gelmektedir. Nem geçişi, iki ortamı birbirinden ayıran kabukta, bu iki ortamın şartlarının birbirinden çok farklı olduğu dönemlerde daha da etkili olmaktadır. Yapı elemanlarından nem geçişi farklı şartlara bağlı olarak farklı biçimlerde meydana gelebilmektedir. Nem geçişi tam olarak, difüzyon, efüzyon, sıvı halde geçiş ve hava akımı ile meydana gelmektedir. Burada nem geçişinin, difüzyon ile meydana geldiği kabul edilecektir. Difüzyon gaz halindeki suyun, başka deyişle buharın, yapı malzemeleri veya sistemleri içindeki hareketidir. Difüzyonun meydana gelmesinde etkili olan çevresel etmen, iki ortam arasındaki kısmi buhar basınçlarındaki farktır. Nem geçişinin nedenleri

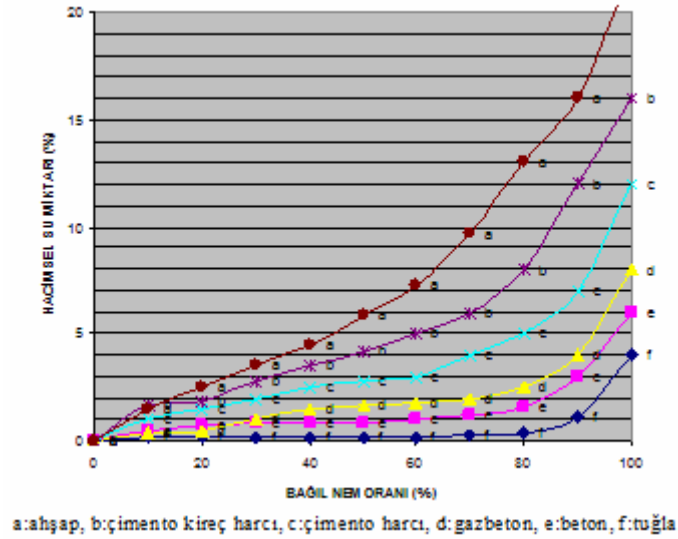
ve etkili olan etmenleri açıklar isek; bina kabuğunu oluşturan, yapı malzemelerinden ve sistemlerden, nem geçişi ile bu geçişin yoğunluğunu etkileyen, temel nedenler olarak; çevresel etmenleri ve malzeme ile sistem özelliklerini sıralamak olanaklıdır. Çevresel Etmenler; nem geçişinde etkili olan başlıca çevresel etmenleri ve iklim elemanlarını oluşturmaktadır. Burada söz konusu olan iklim elemanları; hava sıcaklığı, havadaki nem miktarı, hava hareket hızı ve güneş ışıınım yeğinliğıdır. Hava sıcaklığı, havanın bünyesinde barındırabildiğı en fazla nem miktarını belirleyen etmendir. Nem geçişinin temel nedenlerinden biri olan kısmi buhar basıncı, hava sıcaklığı ile birlikte havadaki nem miktarının bir fonksiyonudur. Hava hareket hızı, iki farklı neden ile nem geçişinde ve bina kabuğı bünyesinde depolanmasında etkili olmaktadır. Hava hareket hızı, kabuğun yüzey sıcaklığı üzerinde etkili olması nedeni ile, bu bölgedeki, kısmi buhar basıncı değerini de etkilemektedir. Bundan başka, hava hareketi ile havadaki nem bir bölgeden bir başka bölgeye taşınmaktadır. Bu olay, hem belirli bir bölgedeki nem konsantrasyonunun azalmasına, hem de nemin doğrudan taşınmasına neden olmaktadır. Güneş ışıını ise dış kabuğun dış ortam ile ilişkili yüzeylerinde, yüzey sıcaklığının, ortam sıcaklığına göre artmasına neden olmaktadır. Malzeme özellikleri, nem geçişinin yoğunluğunda ve depolanmasında etkili olan etmenlerden biri de bina kabuğunu oluşturan malzemelerin nem ile ilgili özellikleridir. Burada söz konusu olan başlıca malzeme özellikleri; nem geçişi ile ilgili olan buhar difüzyon direnç faktörü veya buhar geçirgenlik katsayısı ile nem depolama ile ilgili olan sorpsiyon olarak sıralanabilir. Buhar Geçirme Özelliğı (Buhar difüzyon direnç faktörü), Buhar difüzyon direnç faktörü, bir malzemenin buhar difüzyon direncinin aynı kalınlık ve şartlardaki hava tabakasından kaç kere daha büyük olduğı tanımlanır. Buna göre havanın, buhar difüzyon direnç faktörü “1” dir (Şekil 3). Buhar difüzyon direnç faktörü birimsizdir. Difüzyon direnç faktörü daha büyük olan malzemeler, kalınlığa da bağılı olarak daha az buhar geçirirler. Hemen tüm malzemeler için iki farklı şart altında (dry cup/wet cup) buhar difüzyon direnç faktörü değerleri deneysel yöntemle belirlenmiş olup, bunlardan hesaplamalarda, duruma göre daha uygunsuz olanının kullanılması uygun görülmektedir. Buhar geçirgenlik katsayısı, belirli kalınlıktaki bir malzemenin birbirine paralel iki yüzü arasında, birim alandan, birim zamanda yüzeyler arasında buhar basınç farkı 1Pa iken, geçen buhar miktarıdır. Buhar geçirgenlik katsayısının birimi $\text{ng}/(\text{sm}^2\text{Pa})$ ’dır. Nemi Bünyeye Alma ve Depolama Özelliğı (sorpsiyon), malzemeler, yüzeyi ile ilişki halinde olan nemli hava içindeki nemi, belirli şartlar altında, bünyelerine almakta ve depolamaktadır. Higroskopik yapı malzemelerinde nemi emme, “sorpsiyon” olarak tanımlanmaktadır. Bazı yapı malzemelerinin bağılı nem oranı ile malzeme bünyesindeki nem miktarı ilişkisi Şekil 4’te verilmiştir. Sistem özellikleri, Nem geçişinde etkili olan sistem özellikleri, katman kalınlığı ve katmanlardan birbirine göre konumları olarak sıralanabilir. Katman kalınlığı buhar difüzyon direnç faktörü ile birlikte, malzeme katmanının buhar difüzyon direnç değerini (S_d) oluşturmaktadır.

$$S_d = \mu * d \quad (2)$$

Bina kabuğu sistemi içinde, nem ile ilgili farklı özellikleri olan, katmanların sıralaması da nem geçişi ve nem birikmesi veya “yoğuşma” olayının meydana gelmesinde etkili olmaktadır.



Şekil 3. Farklı malzemelerin buhar difüzyon direnç faktörlerinin karşılaştırması [19].



Şekil 4. Farklı malzemelerin bağıl nem oranı/hacimsel nem miktarı ilişkisi (sorpsiyon izotermi) [19]

Burada ele alınacak ikinci bir durum ise; Bina kabuğundaki nemin bina bileşenlerine ve kullanıcılara etkileridir. Bunlar ortamda bulunan, bina kabuğundan geçen veya belirli bir süre boyunca depolanan nemin gerek bina bileşenlerine gerekse kullanıcılara etkileri söz konusu olabilmektedir. Nemin bina bileşenlerine olası etkileri arasında, değişik türde bozulmalar ile birlikte malzemelerin ısı performansında olumsuz yönde değişimler sayılabilir. Ortamdaki ve bileşen bünyesindeki nem, kullanıcı konforu ile sağlığı üzerinde de etkili olmaktadır. Nemin bina bileşenlerine etkileri ise bina bileşenlerinde aşırı nem birikmesi veya doğrudan yoğuşma meydana gelmesi nedeni ile ıslanma/kuruma, donma/çözülme, korozyon, yüzey kirlenmesi ve biyolojik etkiler gibi genelde olumsuz olaylar meydana gelmektedir. Islanma ve kuruma olayı açıklanır ise, Islanma, ahşap gibi bazı yapı malzemelerinde, hacim artması nedeni ile deformasyona neden olabilmektedir. Yine, nemli malzemenin

tekrar kuruması nedeni ile hacim azalmasına bağılı olarak deformasyon meydana gelmektedir. Bu olayların tekrarlanması, gerek mukavemet özelliklerini, gerekse görünümü olumsuz yönde etkilemektedir. Donma ve çözülme ise, aşırı miktarda nem birikmesi veya “yoğuşma” nedeni ile ıslanma, düşük sıcaklıklar nedeni ile suyun hal değiştirerek donmasına neden olabilmektedir. Suyun buz haline dönüşmesi halinde hacminde %8 ile %9 arası bir artış söz konusu olmaktadır. Hacim artışı nedeni ile meydana gelen deformasyonun yanı sıra, sıcaklığın yükselip, buzun suya dönüşmesi ile yeni bir hacim değişmesi meydana gelip yeni bir deformasyona neden olmaktadır. Bu olayların tekrarlanması sonucunda ise, mukavemet özellikleri olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Korozyon, metal yapı bileşenlerinin yüzeylerinde, aşırı miktarda nem birikmesi veya “yoğuşma” nedeni ile ıslanma ve oksijen etkisi ile korozyon meydana gelebilmektedir. Alüminyum, bakır gibi malzemelerde meydana gelen korozyonun, malzeme bünyesinde oldukça düşük düzeyde olumsuz etkisi olurken, demir v.b. malzemelerde aşınmalar veya bozulmalar meydana gelmektedir. Yüzey kirlenmesi, bina bileşen yüzeylerinde nem miktarının artması veya “yoğuşma” nedeni ile doğrudan ıslanması, havada var olan toz zerreciklerinin bu alanlara yapışarak, yüzey kirlenmesine neden olabilmektedir. Yüzey kirlenmesi, bina bileşenlerinin bünyesine zarar vermemekle birlikte “estetik” bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Biyolojik etki (çürüme), ortamda her zaman var olan bir cins mantar (fungus) sporları, nem miktarı artan bina bileşen yüzeylerinde veya eşyaların yüzeyinde, yaşamak, büyümek ve çoğalmak için uygun bir ortam bulabilmektedir. Bu tip mantar sporlarının hızlı şekilde artması için, 0°C ile 25 °C arası sıcaklık, %70 bağılı nemin üzerindeki nemlilik oranları, oksijen ve özellikle organik kökenli yüzeyler uygun bir ortam yaratmaktadır. Selüloz kökenli malzemeleri besin kaynağı olarak kullanan bu mantar türü, özellikle ahşap türü malzemelerde “çürümeye” neden olmaktadır. Nemin kullanıcılara etkilerine bakılacak olunur ise, ortamda bulunan nem, kullanıcıları doğrudan etkilerken, bina bileşenlerinde biriken nem nedeni ile kullanıcıların sağlığını etkileyebilecek şartlar da oluşabilmektedir. Ortamdaki nem oranı, kullanıcının ortam sıcaklığını algılamasına olan etkisi ile, ısı konforu oluşturan bileşenlerden biridir. Nem oranının yüksek olduğu durumlarda yüksek sıcaklıklar olduğundan daha “sıcak”, düşük sıcaklıklar ise olduğundan daha “soğuk” olarak algılanmaktadır. Nem oranının düşük olduğu durumlarda, kullanıcıda, burun, geniz, gözler ve tende kuruluk nedeni ile bir konforsuzluk hissi oluşmaktadır. Yine nem oranının düşük olduğu ortamlarda, elektrostatik yüklenme nedeni ile eşyalar ile kullanıcılar arasında elektrik akımı oluşarak, konforsuzluk hissi meydana gelebilmektedir. Nem oranının yüksek olduğu ortamlar, “ev tozu akarları” adı verilen organizmaların hızlı bir şekilde çoğalmasına neden olabilmektedir. “Ev tozu akarları”nın ortamda fazla miktarda bulunmaları, bazı kullanıcılarda alerji ve astım gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Organik kökenli malzeme yüzeylerinde, uygun sıcaklık ve nem şartları söz konusu ise, bazı mantar türleri, yaşama olanağı bulup çoğalabilmektedir. Nemli yüzeylerde gelişme olanağı bulan ve “küf” olarak da adlandırılan bu mantar ver sporları bazı kullanıcılarda, alerji, astım, enfeksiyon ve zehirlenme gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir başka husus ise nemin ısı performansına etkisi ve ısı geçişi ile karşılıklı etkileşimidir. Malzeme içindeki nemin ve nem geçişinin, malzemenin ve sistemin ısı

performansı üzerinde önemli derecede etkisi söz konusudur. Yapı malzemelerinin gözenekleri ve boşluklarını dolduran “kuru” hava, malzemenin ısıl direncine olumlu katkıda bulunmaktadır. Gözeneklerdeki havanın nem oranının artması veya hal değiştiren buharın suya dönüşmesi sonucu, bu bölgelerde meydana gelen ısı akışı debisi artmaktadır. Suyun ısı geçirme özelliğinin, kuru havaya göre yaklaşık 25 kat daha fazla olması bu olgunun meydana gelmesinde en önemli etmen olarak ortaya çıkmaktadır.

Eğer bina kabuğunda nem kontrolünü inceleyecek olursak, nemin bileşenlere ve kullanıcılara olan olumsuz etkilerinin ortaya çıkışını engelleyecek biçimde, bina kabuğundaki nem geçişinin ve depolanmasının kontrol altında tutulması gerekmektedir. Burada ele alınması gerek husus bina kabuğunda nem kontrol yöntemleridir. Bina kabuğunda, nem geçişinin ve depolanmasının kontrolünde üç temel yöntemden söz edilebilir. Bunlar;

- Olanaklar ölçüsünde nemin bir engel ile karşılaşmadan geçişine olanak tanıyan sistemler ile
- Nem geçişinin uygun bölgelerde engellendiği buhar kesicili sistemler ile
- Bina bileşenlerine olumsuz etkisi olabilecek, iç ortamdaki nemin, mekan havalandırması ile

kontrol edilmesidir.

Ayrıca bina kabuğunun ısıl direncinin gerekli düzeye çıkarılması ile yüzey sıcaklığının artırılması ile yüzeysel yoğuşmanın engellenmesi de bir nem kontrolü yöntemi olarak kullanılabilir.

Bina kabuğunda nem kontrolü ile hesaplama yöntemlerine bakılacak olunursa, bina kabuğunun nem ile ilgili performansı, nem geçişinin yanı sıra, ısı geçişi ve hava geçişi ile de doğrudan ilişkilidir. Buna bağlı olarak bu üç olayın bir arada ele alınması gereklidir. Isı, nem ve hava geçirgenliği ile ilgili performansın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin duyarlılığı üç öğeye bağlıdır. Bunlar;

- Hesaplama modeli
- Hesaplamalarda kullanılan çevresel etmenler
- Hesaplamalarda kullanılan malzeme özellikleridir.

Hesaplama modelleri, göz önünde bulundurdıkları, değişik etmenlerden ötürü oluşan nem taşıma tiplerine göre farklılaşmaktadır. Yine modellerde; ısı, nem ve hava geçişinin birbiri ile olan etkileşimlerinin hesaba katılması önem taşımaktadır. Modellerin ayırt edici özelliklerinden bir diğeri de göz önünde bulundurulan çevresel etmenler ve malzeme özellikleri ile bunların zamana ve meydana gelen olaylara bağlı olarak gösterdikleri değişimlerdir. Hesaplamalarda kullanılan çevresel etmenler, dış ve iç iklim elemanları ile dış ve iç çevredeki yüzeylerin yansıtıcılık özelliğidir. Isı, nem ve hava geçişi üzerinde etkili olan dış iklim elemanları, periyodik olarak değişen; sıcaklık, güneş ışıınımı ve bağıl nem oranı ile düzensiz olarak değişen; rüzgar hızı ve yönü, bulutluluk oranı, yağış miktarıdır. Dış iklim elemanlarının değerleri genelde saatlik olarak veya daha geniş ve daha dar zaman aralıkları ile meteoroloji istasyonlarında ölçülerek belirlenmektedir. İç iklim elemanları ise; iç hava sıcaklığı, iç bağıl

nem oranı ile hareket hızıdır. Bina kabuğunun katmanlarını oluşturan malzemelerin, ısı, nem ile ilgili ve optik özellikleri nem kontrolü hesaplamalarında kullanılan girdilerdir. Burada söz konusu olan ısı özellikleri; ısı geçirgenlik ve ısı depolamadır. Nem ile ilgili özellikleri ise; yine farklı nem taşıma tipleri ile ilgili geçirgenlik ve nem depolamadır. Malzemelerin optik özellikleri ise, özellikle dış kaplamayı oluşturan katmanlar ile ilgili olarak yansıtıcılık ve yutuculuktur. Malzeme özellikleri, başta sıcaklığa ve nem miktarına bağlı olmak üzere çevresel etmenler ve meydana gelen olaylardan ötürü az veya çok değişim göstermektedir.

Isı, nem ile ilgili ve hava geçişi ile ilgili performansın belirlenmesinde, gerçekçi sonuçların elde edilmesi, hesaplama modeli ile çevresel etmenler ile malzeme özelliklerinde meydana gelen değişimlerin göz önünde bulundurulmasına bağlıdır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında değişik duyarlılık düzeylerinde yöntemleri geliştirilmiştir. Hesaplamalarda bilgisayar kullanım olanağı da modellerdeki sayısal çözümlerin gerçekleştirilmesine olumlu katkıda bulunmuştur. Hesaplama yöntemleri ayrıca çevresel etmenler ile ilgili yaptıkları kabullere göre de sınıflandırmak olanaklıdır. Buna göre;

- Değişken rejimde hesaplama yöntemleri
- Sabit rejimde hesaplama yöntemleri

Değişken rejim hesaplama yöntemlerinde, gerçekte olduğu gibi veya gerçeğe yakın biçimde, iklim elemanlarının değişimleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Sabit rejim hesaplama yöntemlerinde ise, iklim elemanlarının belirli dönemler boyunca sabit kaldığı var sayılmaktadır.

3. NEM KONTROLÜNDE “TS 825 YÖNTEMİ”

TS 825'te [20], bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının nem ile ilgili performansının belirlenmesinde kullanılmak üzere önerilen yöntemin hesaplama modeli, Glaser Grafik Yöntemi'ni esas almaktadır. Yöntemin, hesaplama modeli, göz önünde bulundurduğu iklim elemanları ve malzeme özellikleri, sağladığı değerlendirme olanakları ile uygulanmasına ilişkin bilgiler aşağıda kısaca sıralanmıştır.

Hesaplama modeli, 1950'li yıllarda Helmut Glaser tarafından geliştirilmiş olan grafik yöntemi esas alan yaklaşımdır [21]. Söz konusu yaklaşım Alman ısı korunumu standardında da yoğuşma kontrolünde kullanılmak üzere önerilmektedir [22]. Yöntemde bina kabuğunda nem geçişi türünün, ortamların kısmi buhar basınçlarındaki farklar nedeni ile meydana gelen buhar difüzyonu olduğu varsayılmaktadır. Bina kabuğunu oluşturan her katmanın kalınlığı ve buhar difüzyon direnç faktörüne bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı bir direnç oluşturduğu ve buhar akım yoğunluğunun tüm katmanlarda eşit olduğu kabul edilmektedir. Kabuktaki ısı, nem ve hava geçişinin karşılıklı etkileşimi göz önünde bulundurulmamaktadır. Yöntemi, iklim elemanlarındaki zamana bağlı değişimleri sınırlı ölçüde göz önünde bulunduruyor olması nedeni ile, “sabit rejim şartlarını kullanan yöntemler” sınıfında değerlendirmek olanaklıdır. İklim Elemanlarına bakılacak olunursa, hesaplamalarda kullanılan iklim elemanları, iç ve dış çevreye ait sıcaklık ve bağıl nem oranlarıdır. Olağan durumda, dış ortama ait iklim elemanlarının saatlik değişimleri göz önünde bulundurulmayıp ay boyunca sürekli sabit kaldıkları varsayılmaktadır. İç ortama ait iklim elemanlarının ise sürekli sabit kaldıkları kabul edilmektedir. Ele alınması gereken bir başka husus ise malzeme özellikleridir. Ele alınan bina kabuğunu oluşturan yapı elemanı katmanlarının hesaplamalarda kullanılan malzeme özellikleri, ısı geçirgenliğini tanımlayan “ısı iletkenlik katsayısı” ile nem geçirgenlik özelliğini tanımlayan “buhar difüzyon direnç faktörü”dür. Isı iletkenlik katsayıları, belirli bir malzeme nemliliği oranına ve sıcaklığa göre belirlenmiş hesap değerleridir. Hemen tüm malzemeler için iki farklı şart altında (dry cup/wet cup) belirlenmiş buhar difüzyon direnç faktörü değerleri söz konusudur. Bunlardan hesaplamalarda duruma göre daha uygun olanının kullanılması gerekmektedir. Hesaplamalarda her iki malzeme özelliğinin “sabit” kaldığı var sayılmaktadır. Yöntemin adımlarını ele alırsak;

Glaser grafik yönteminde yapılan kabuller, hesaplamalar için gereksinim duyulan bilgiler ve yoğuşma kontrolü için yapılan işlemlerin adımları aşağıda sıralanmıştır. Yöntem aşağıdaki kabullerden yola çıkmaktadır;

- Yöntem elemanının her hangi bir bölgesinde sıcaklığa bağlı olarak ortaya çıkan gerçek buhar basıncı değerinin hiçbir zaman doymuş buhar basıncı değerinin üzerine çıkamaz.
- Buhar akım yoğunluğu, yapı elemanı bünyesinde kat ettiği yol boyunca eşit kalır veya azalır, ancak artmaz.

- Gerçek buhar basıncı, aynı bölgede söz konusu olabilecek gerçek buhar basıncından küçük olduğu sürece, buhar akım yoğunluğunun sabit kaldığı varsayılmaktadır.

- Su buharı difüzyon akışı, su buharı difüzyon direncine sahip bir yapı bileşeninde, su buharı kısmi basıncına sahip yüzeyle temas halinde olan havanın bulunduğu bir taraftan su buharı kısmi basıncına sahip yüzeyle temas halinde bulunan havanın bulunduğu diğer tarafa doğru gerçekleşir.

- Bir yapı elemanı bünyesindeki su buharı basıncı, doymuş su buharı basıncına ulaştığında yoğuşma meydana gelir.

- Yapım aşamasındaki suyun kuruduğu varsayılır.
- Isıl iletkenliği ile nem miktarı etkileşiminin olmadığı var sayılır.
- Serbest kalan ve emilen gizli ısı göz önünde bulundurulmaz.
- Nem miktarına bağlı olarak malzeme özelliklerinin değişmediği var sayılır.
- Kapiler emme ve malzeme içerisinden su geçişi olmadığı varsayılır.
- Malzeme bünyesindeki boşluklarda meydana gelen hava hareketi göz önünde tutulmaz.
- Malzemelerin higroskopik nem kapasitelerinin olmadığı varsayılır.

Yöntem uygulanmasında gereksinim duyulan bilgiler ise; Glaser grafik yöntemi ile yoğuşma kontrolü için, ele alınan kabuk bileşeni ile ilgili sistem ve malzeme bilgileri ile çevresel etmenlere ait bilgiler gerekmektedir:

Sistem ve malzeme bilgileri; Katmanların birbirine göre konumu (sıralaması) Har katmanın kalınlığı (d), Har katmanın malzeme özelliği (ısı iletim katsayısı (λ), buhar difüzyon direnç faktörü (μ), çevresel etmenlere ilişkili bilgiler; dış hava sıcaklığı (T_d), iç hava sıcaklığı (T_i), dış hava bağıl nem oranı (ϕ_d), iç hava bağıl nem oranı, ϕ_i , dış yüzey ısı taşınım katsayısı, (α_d), iç yüzey ısı taşınım katsayısı (α_i),

Yöntem adımlarına bakılacak olunursa, Glaser Grafik yönteminin yoğuşma kontrolünde kullanılması; bina kabuğu elemanının, iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile bünyesindeki sıcaklıkların belirlenmesi, iç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın denetlenmesi, su buharı difüzyon eş değer hava tabakası kalınlığının belirlenmesi, doymuş buhar basıncı değerlerinin belirlenmesi, kısmi buhar basıncı değerlerinin belirlenmesi, yoğuşma dönemi için grafiğin hazırlanması ve yorumlanması, yoğuşma suyu miktarının belirlenmesidir. [20],[21],[22].

Burada ilk önce yapılması gereken adım Kabuk elemanının, iç ve dış yüzey sıcaklıklarının belirlenmesidir

Bunun için yapılacak olan; ilk işlem duvar bloğundan geçen ısı miktarının belirlenmesidir.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (3)$$

Burada U, bileşenin toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m²K). d₁,d₂,...,d_n: bileşeni oluşturan katman kalınlıkları, (m). λ₁, λ₂,...,λ_n: bileşeni oluşturan katmanların Isı iletim Katsayısı, (W/mK). q: ısı geçişi miktarı, (W). T_i: iç ortam sıcaklığı, (°C). T_d: dış ortam sıcaklığını(°C) vermektedir.

$$q = U * A * (T_i - T_d) \quad (4)$$

İkinci işlem ise yüzey sıcaklıklarının belirlenmesidir. T_{iy}: iç yüzey sıcaklığı(°C) ,T_{dy}: dış yüzey sıcaklığı(°C), α_i: iç yüzey ısı taşınım katsayısı (W/mK), α_d: dış yüzey ısı taşınım katsayısını (W/mK) ifade etmektedir.

$$q = \alpha_i * (T_i - T_{iy}) \quad (5)$$

$$T_{iy} = T_i - \frac{q}{\alpha_i} \quad (6)$$

$$q = \alpha_d * (T_d - T_{dy}) \quad (7)$$

$$T_1 = T_{yi} - R_1 * q \quad (8)$$

$$T_2 = T_1 - R_2 * q \quad (9)$$

$$T_n = T_{n-1} - R_n * q \quad (10)$$

NOT: Gerek ısı konfor, gerekse yüzeysel yoğunlaşma riskinin azaltılması açısından iç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın 3 °C' den az olması uygun görülmektedir.

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

(S_d: su buharı difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlığı (m), d : katman kalınlığı(m), μ : su buharı difüzyon direnç faktörü)

İkinci olarak doymuş buhar basıncı değerlerinin belirlenmesidir, Burada yapılacak olan işlem doymuş buhar basıncı değerleri hesaplanıp her yüzeydeki sıcaklıklara karşılık gelen bağıl nem oranlarının çarpımı sonucu kısmi basınçların hesaplanmasıdır.

$$P_s = a \left[b + \frac{T}{100 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]^n \quad (12)$$

$$\diamond \quad T \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{için} \quad P_s = 610,5 e^{\frac{17,269 T}{237,3+T}} \quad (12-1)$$

$$\diamond \quad T \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{için} \quad P_s = 610,5 e^{\frac{21,875 T}{265,5+T}} \quad (12-2)$$

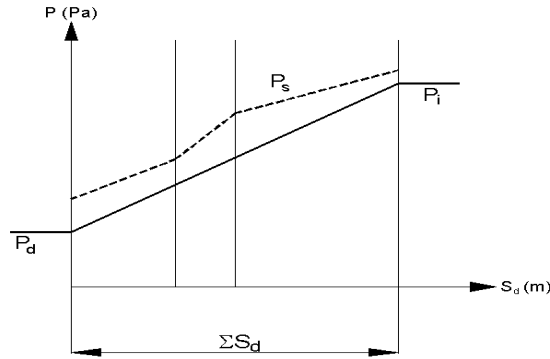
$$P = P_s * \varphi \quad (13)$$

Burada P, P_s sırasıyla kısmi su buharı basıncı, doymuş su buharı basıncı (Pa) ve φ , bağıl nem oranını (%) vermektedir.

Su buharının kuru havadaki difüzyonu, Kuru hava içinden difüze olan su buharı W_y (kg/m²h) Fick Kanunu bağıntısı ile hesaplanır [17]. Bu doğrultuda glaser grafik yönteminin kabul ettiği kabuller sonucu standartlarda yapılan hesaplar aşağıdaki gibidir.

Yapı bileşeni içerisindeki buhar difüzyonu akış miktarı (debi) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$W_y = \delta_o x \frac{P_i - P_d}{S_{d,T}} \quad (14)$$



Şekil 5. İçerisinde herhangi bir yoğuşmanın olmadığı çok katmanlı bir yapı elemanında buhar difüzyonu

Yoğuşma miktarı, taşınan nem miktarı ile yoğuşmanın olduğu ara yüzeyden taşınan nem miktarı arasındaki farktır:

$$W_t = \delta_o \left(\frac{P_i - P_{sw}}{S_{d,T} - S'_{d,sw}} - \frac{P_{sw} - P_d}{S'_{d,sw}} \right) \quad (15)$$

4. BİNA DUVARLARINDA OLUŞAN YOĞUŞMANIN HESABI İÇİN PROGRAM TASARLANMASI

Bu çalışmada bina duvarlarındaki yalıtımın yoğuşmaya olan etkisini görebilmek için MATLAB’da GUI ara yüzü ile bir bilgisayar programı tasarlanmıştır. MATLAB GUI tasarımları iki ayrı yöntem kullanılarak yapılabilir. Bunlar,

- MATLAB GUIDE aracı kullanılarak,
- M-File programlama yöntemi kullanılarak

GUIDE matlabın GUI tasarımcılarına sunduğu içerisinde çeşitli araçlar içeren ve kolaylık sağlayan bir grafiksel GUI geliştirme ortamıdır. GUIDE kullanılarak tıkla ve sürükle-bırak tekniği ile GUI ara yüzüne nesneler (örneğin butonlar, text kutuları, liste kutuları, grafikler v.s.) kolaylıkla eklenebilir. Ayrıca, eklenen nesnelerin hizalanması, tab sırasının değiştirilmesi, görsel ayarlar üzerinde manipülasyonlar yapılması da bu ortamın tasarımcılara sunduğu imkânlardan bazılarıdır. Burada GUI ara yüzünde;

- Bir adet grafik çizim (axes) nesnesi,
- Bir adet peak, membrane, sinc data setlerini gösteren popup menü,
- Bir adet popup menü başlığı sunan static text nesnesi,
- Üç adet surf, mesh ve contour yazılı buton nesneleri yer almaktadır.

GUI ara yüzünü kullanarak hazırlanan program sırasıyla aşağıdaki adımları içermektedir (Şekil 4. 1,2,3,4).

Şekil 4.1. ilk adımda oluşturulacak duvar yapısına göre katman sayısı, her katmanın kalınlığı ve her katmanda kullanılan malzemelerin seçilmesi ve bu malzemelerin ısı iletim katsayısı, difüzyon katsayısı değerlerinin belirlenmesi.

ÖZELLİKLERİ	MALZEME1	MALZEME2	MALZEME3	MALZEME4	MALZEME5	MALZEME6	MALZEME7	MALZEME8	MALZEME9	MALZEME10
Isı İletkenlik Katsayısı	AHŞAP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malzeme Difüzyon Katsayısı	BETON	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MALZEME	DUVAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabaka Kalınlığı (cm)	DÖKME	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TABAKA SAYISI	PLAKA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SIVA	Kireç Harcı, Kireç-Çimento Harcı								
	TAŞ	Çimento Harcı								
	YALITIM	Alçı Harcı, Kireçli Alçı Harcı								
	ZEMİN	Sadece Alçı Sıva								
		Alçı Harçlı Şap								

İL: ELAZIG AY: OCAK BÖLGE: 3 DIŞ SICAKLIK (C): -0.3 DIŞ NEM ORANI (%): 75 İÇ SICAKLIK (C): 20 İÇ NEM ORANI (%): 65 DIŞ TAŞINIM KATSAYISI: 22 İÇ TAŞINIM KATSAYISI: 6 KAT GENİŞLİĞİ (m): 1 KAT YÜKSEKLİĞİ (m): 1

MESAJ KUTUSU HESAPLA

İÇ YÜZEY SICAKLIĞI (C) - DIŞ YÜZEY SICAKLIĞI (C) - Ps_{iy} - Ps_{dy} - P_{iy} - P_{dy}

Doymuş Su Buharı Basıncı Ps Değerlerini Göstermektedir

Kısmi Su Buharı Basıncı P Değerlerini Göstermektedir

Şekil 4.2. İkinci adımda seçilecek ilin belirlenmesi

ÖZELLİKLERİ	MALZEME1	MALZEME2	MALZEME3	MALZEME4	MALZEME5	MALZEME6	MALZEME7	MALZEME8	MALZEME9	MALZEME10
Isı İletkenlik Katsayısı	0.51	0.4	0.035	1.2	0	0	0	0	0	0
Malzeme Difüzyon Katsayısı	10	8	80	35	0	0	0	0	0	0
MALZEME	SIVA	DUVAR	YALITIM	SIVA	0	0	0	0	0	0
Tabaka Kalınlığı (cm)	2	20	3	3	0	0	0	0	0	0
TABAKA SAYISI	4									

İL: ELAZIG AY: BOLU BURDUR BURSA CANAKKALE CANKIRI CORUM DENİZLİ DİYARBAKIR EDİRNE ELAZIG ERZİNCAN ERZURUM ESKİŞEHİR GAZİANTEP GİRESUN GÜMÜŞHANE HAKKARİ HATAY İSPARTA İSTANBUL

MESAJ KUTUSU HESAPLA

İÇ YÜZEY SICAKLIĞI (C) - DIŞ YÜZEY SICAKLIĞI (C) - Ps_{iy} - Ps_{dy} - P_{iy} - P_{dy}

Doymuş Su Buharı Basıncı Ps Değerlerini Göstermektedir

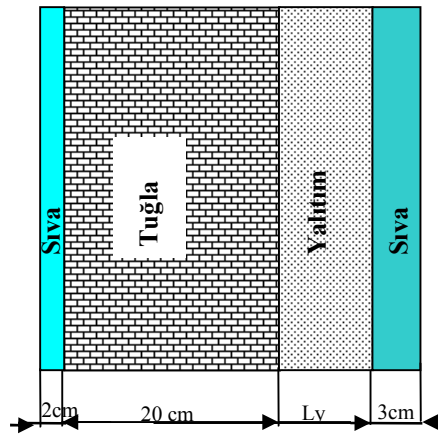
Kısmi Su Buharı Basıncı P Değerlerini Göstermektedir

5. YALITIMIN DUVAR İÇERSİNDEKİ FARKLI KONUMLARINA GÖRE YOĞUŞMA ANALİZİ

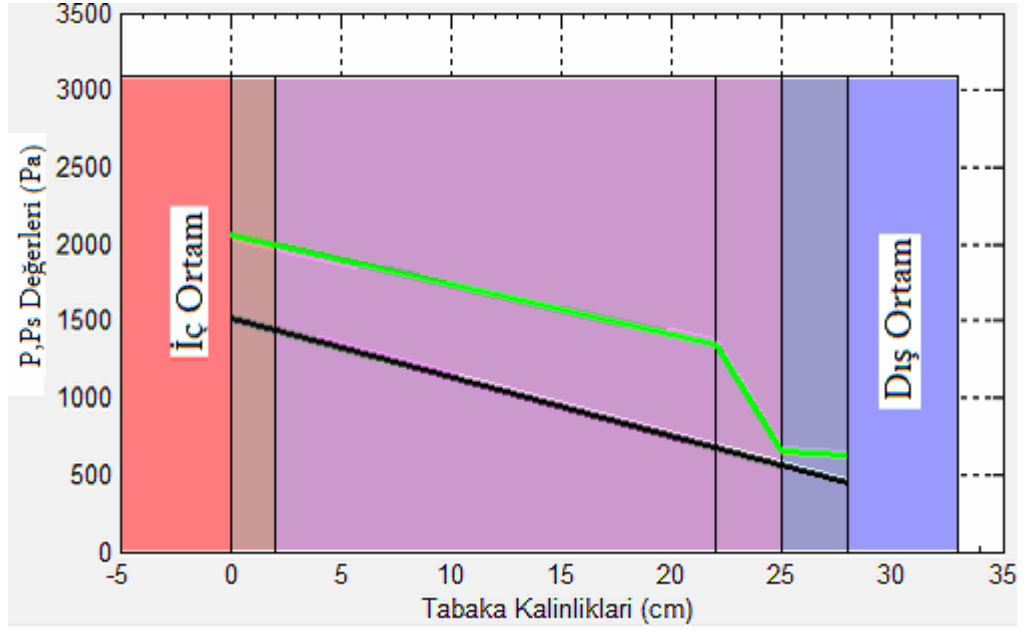
Bu çalışmada yalıtım malzemesi tek tabaka, iki eşit ve üç çeşit tabakalar halinde duvar içersinde farklı konumlandırılarak duvardaki yoğuşma ve buhar difüzyonu incelenmiştir. Bunun için yukarda açıklanan MATLAB'ın GUI grafik ara yüzü programı kullanılarak aşağıdaki duvar modelleri için çözüm yapılmıştır. Çözümler 3. bölgede Elazığ ili için Ocak ayında tuğla duvar ve yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük için yapılmıştır.

5.1. Dıştan Yalıtımlı Duvar Modeli

Bu duvar modelinde yalıtım malzemesi tek parça olarak (3cm ve 6 cm) yalıtım malzemesi duvarın dış yüzeyine Şekil 5.1.1' de görüldüğü gibi yerleştirilmiş ve duvar içten 2 cm sıva dıştan 3 cm kalınlığında sıva ile kaplanarak duvar modeli oluşturulmuştur. Bu duvar bloğunda meydana gelen buhar difüzyonunun duvar kalınlığına göre değişimi Şekil 5.1.2 de gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere yalıtımın bitim noktasına doğru yani yalıtım tabakası ile dış yüzeydeki sıva arasında yoğuşma riski mevcut olmuş ancak yoğuşma gerçekleşmemiştir.

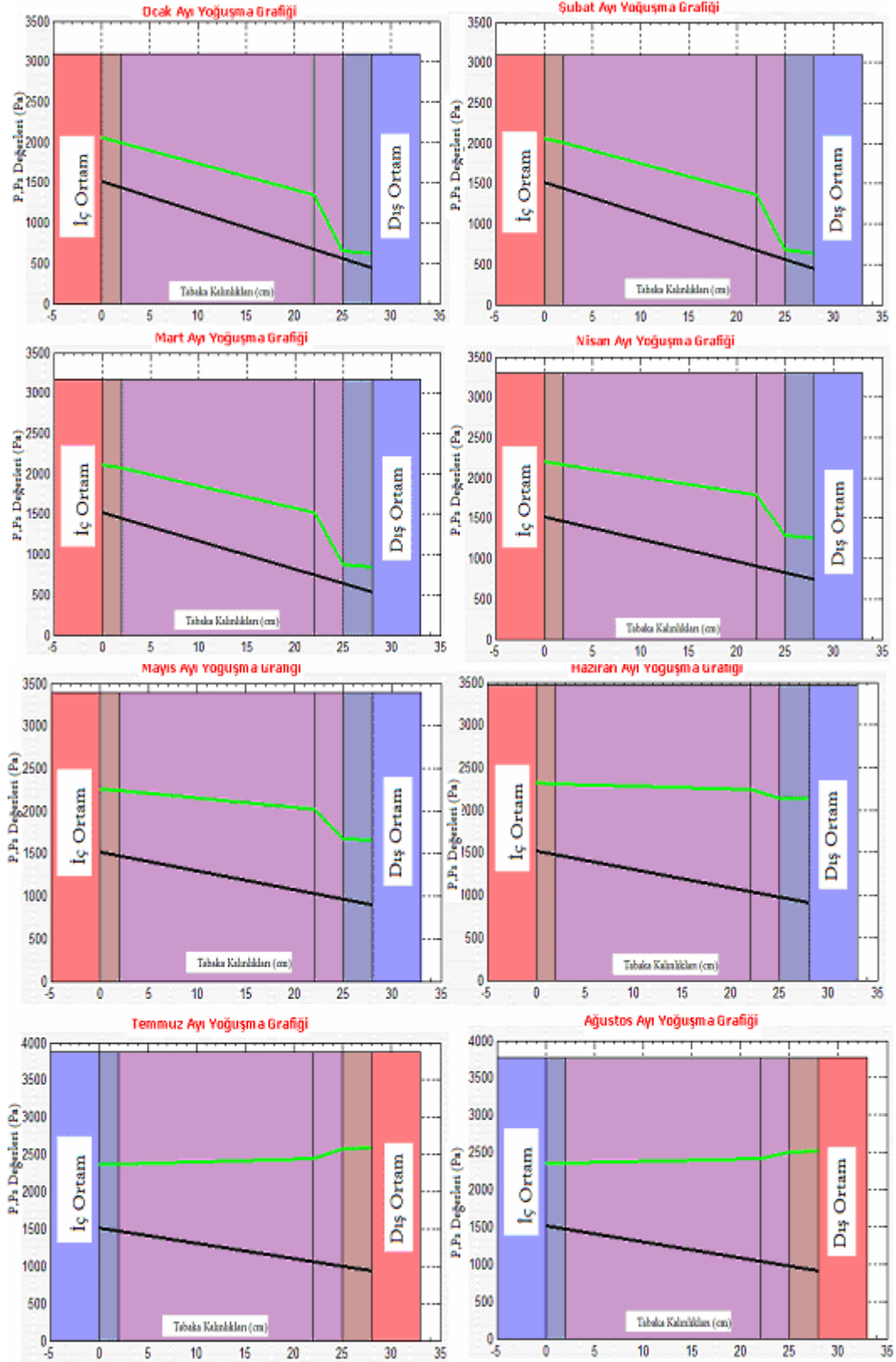


Şekil 5.1.1. Dıştan yalıtımlı duvar

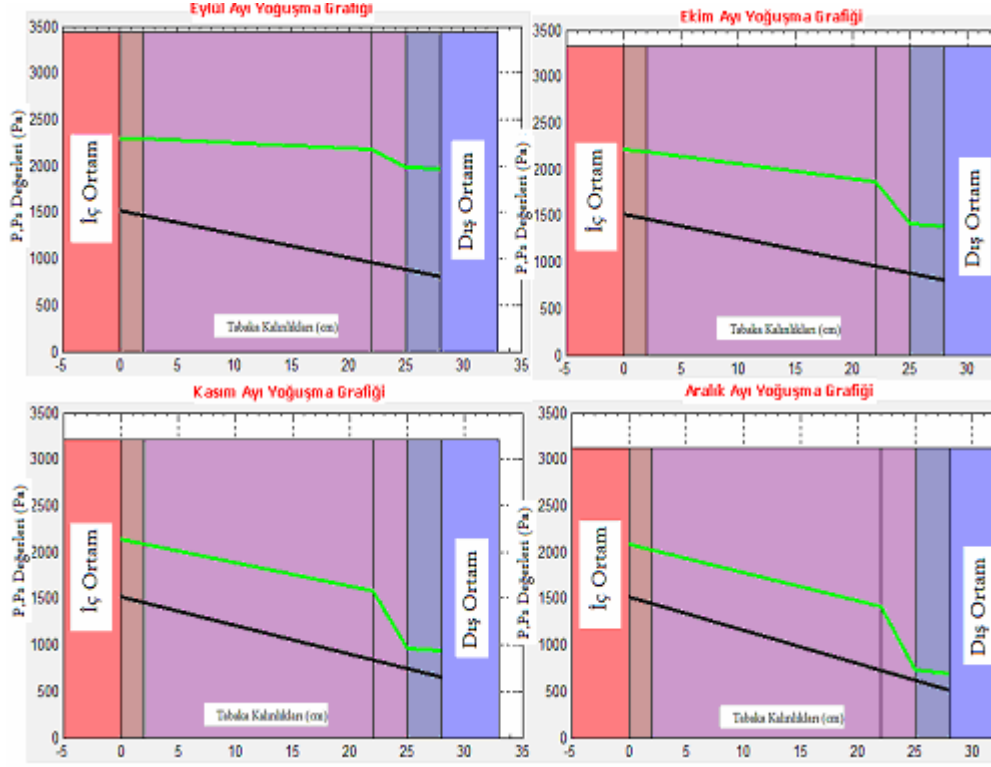


Şekil 5.1.2. Dıştan 3 cm yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu

Programın doğruluğu açısından dıştan duvar modelinde bütün ayların buhar difüzyonu eğrileri Elazığ ili için izoder programı ile aşağıdaki şekilde karşılaştırıldı (Şekil 5.1.3 ve Şekil 5.1.4). Bu çalışmada hazırlanan program öğrencilere ve bu alanda çalışma yapanlara ikinci bir alternatif sunup görüldüğü üzere izoder programı ile karşılaştırıldığında yoğuşma riskinin söz konusu olmadığı konusunda hemfikir olduğu gibi yoğuşma riskinin tam olarak hangi noktada meydana geldiği konusunda ise daha iyi bir fikir sunmaktadır. Çünkü bu programda duvar, yalıtım malzemesi grafikte iyi bir şekilde gözle görülmekte ve yoğuşmanın duvarın tam olarak neresinde meydana geldiği tespit edilip bu alan üzerinde çalışma yapıp yoğuşma riskini ortadan kaldırmak mümkündür.

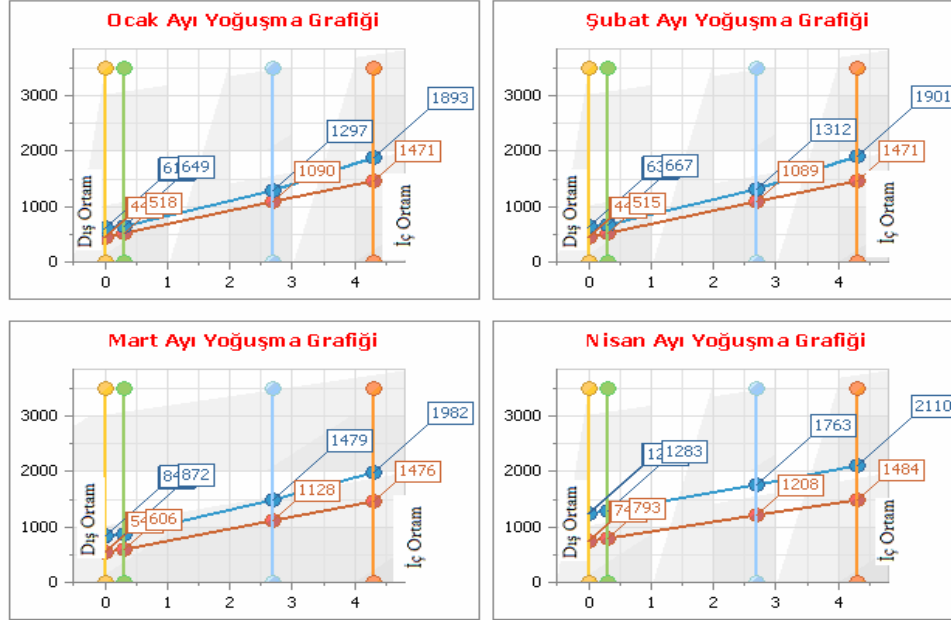


Şekil 5.1.3. Dıştan 3 cm yalıtımlı duvar modelinde aylara göre Elazığ ili için difüzyon değişim eğrileri.

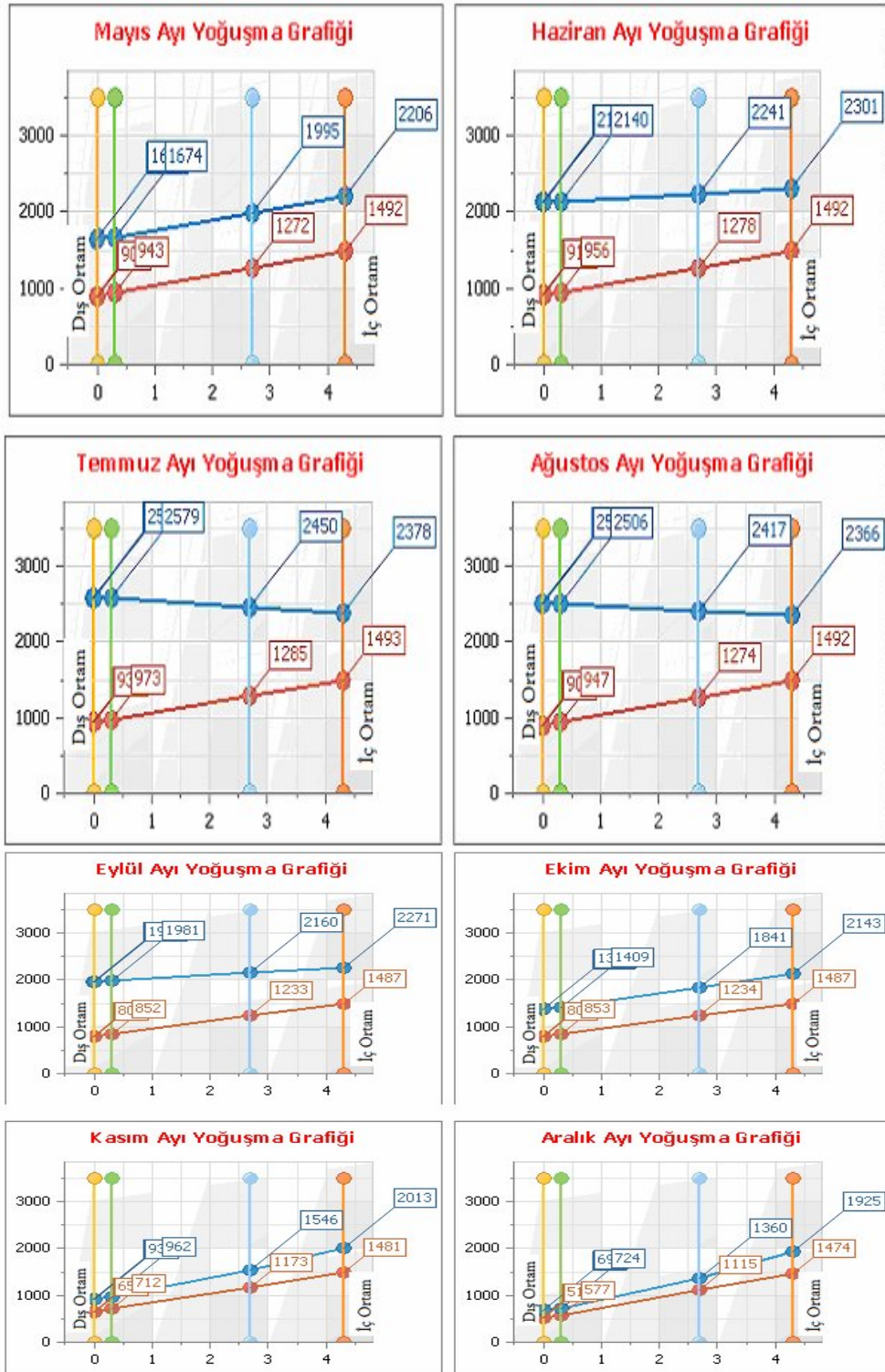


Şekil 5.1.3. 'in devamı: Dıştan 3 cm yalıtımlı duvar modelinde aylara göre Elazığ ili için difüzyon değişim eğrileri.

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



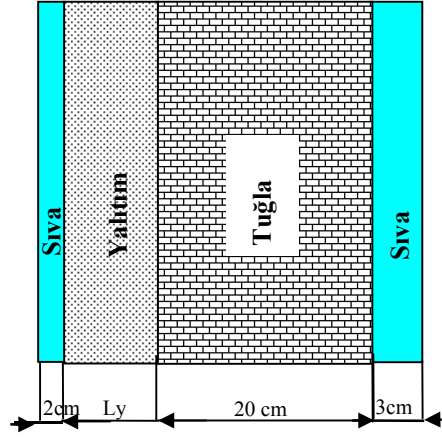
Şekil 5.1.4. İzoder programının dıştan 3m yalıtımlı duvar modelinde Elazığ ili için buhar difüzyon değişim eğrileri



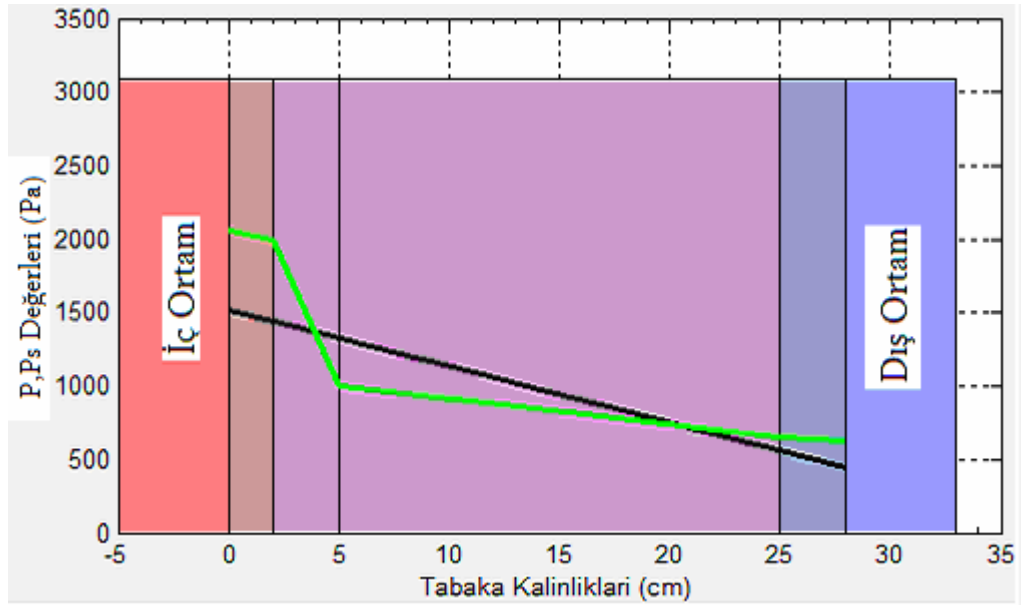
Şekil 5.1.4.'ün devamı: İzoder programının dıştan 3m yalıtımlı duvar modelinde Elazığ ili için buhar difüzyon değişim eğrileri

5.2. İçten Yalıtımlı Duvar Modeli

Yalıtım malzemesi Şekil 5.2.1’ de görüldüğü gibi duvar içersindeki yoğuşmanın etkisi incelenmiştir. İçten yalıtımlı duvardaki buhar difüzyonu Şekil 5.2.2’ de görüldüğü gibidir. Burada görüldüğü üzere yalıtım tabakasının orta noktalarında bir yerde yoğuşma başlamış olup tuğla duvarın yarısından daha fazla bir alanda yoğuşma gerçekleşmiştir

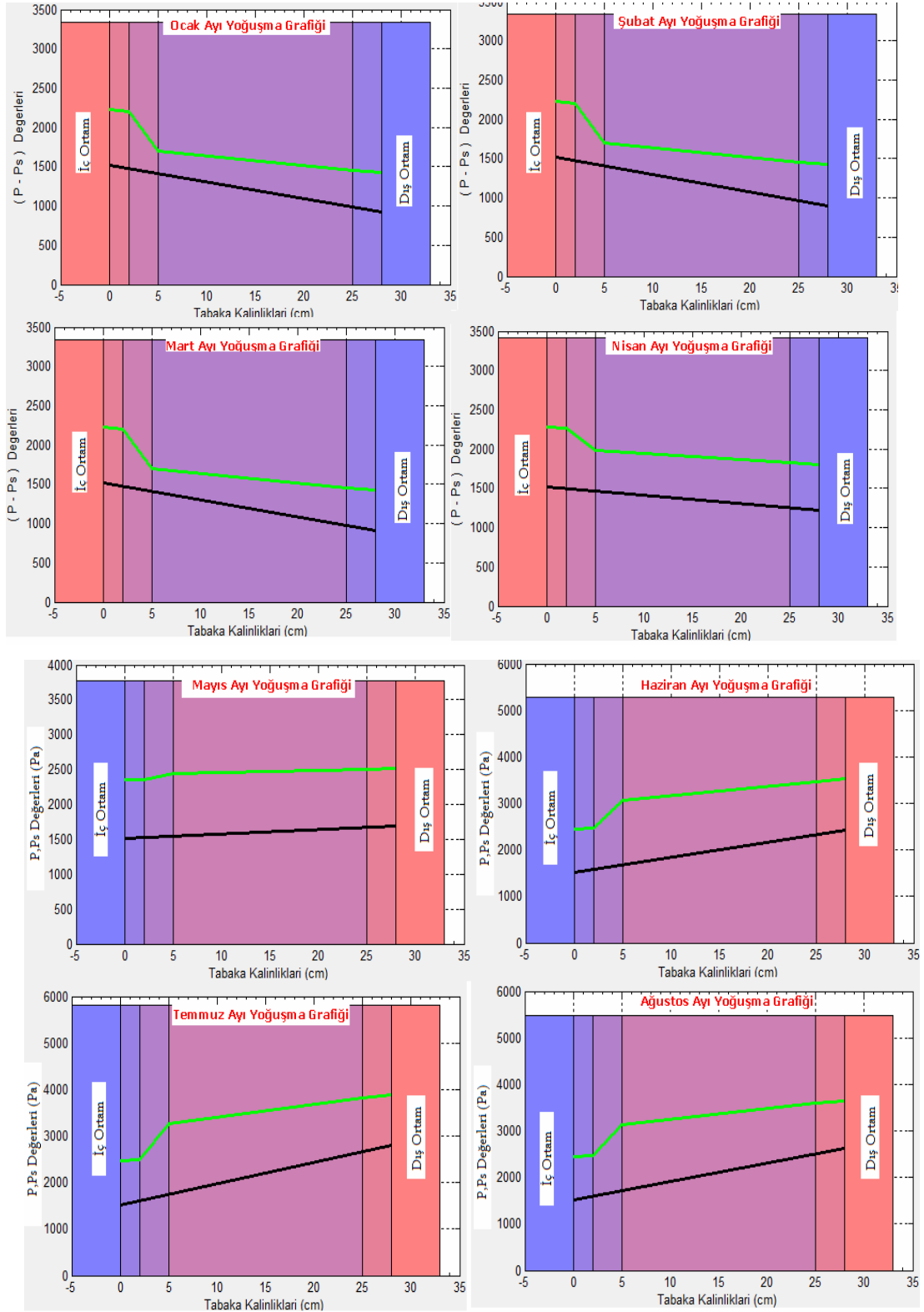


Şekil 5.2.1. İçten yalıtımlı duvar

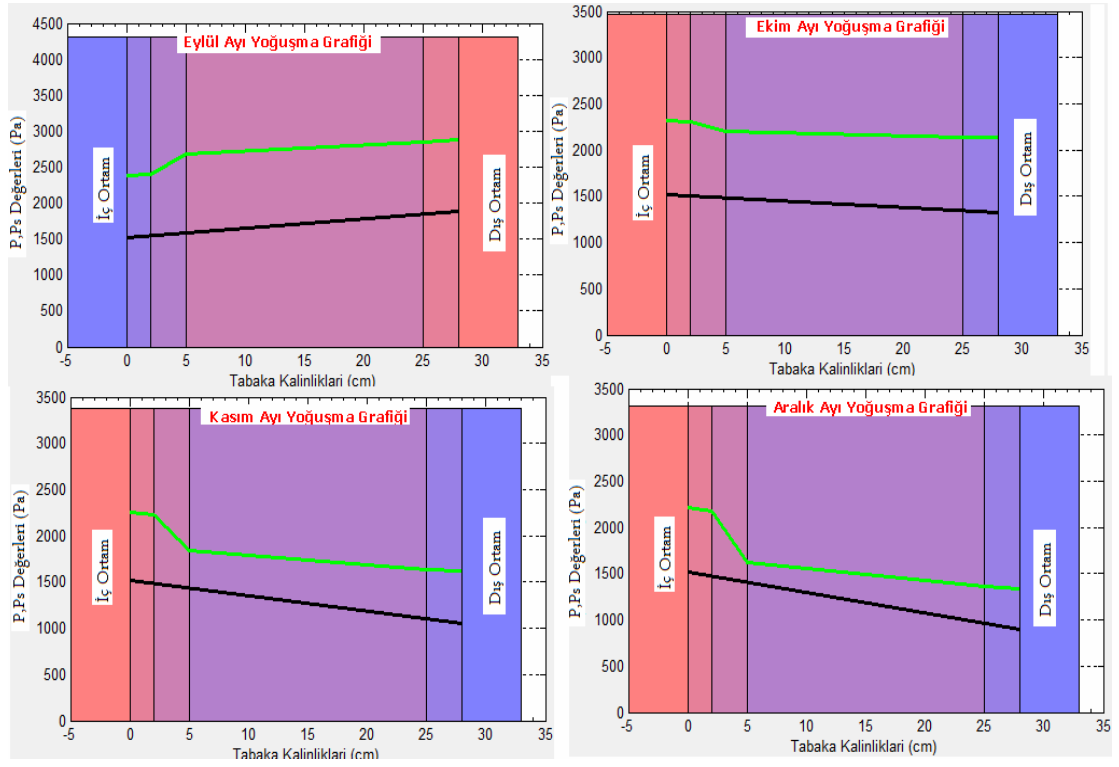


Şekil 5.2.2. İçten 3 cm yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu

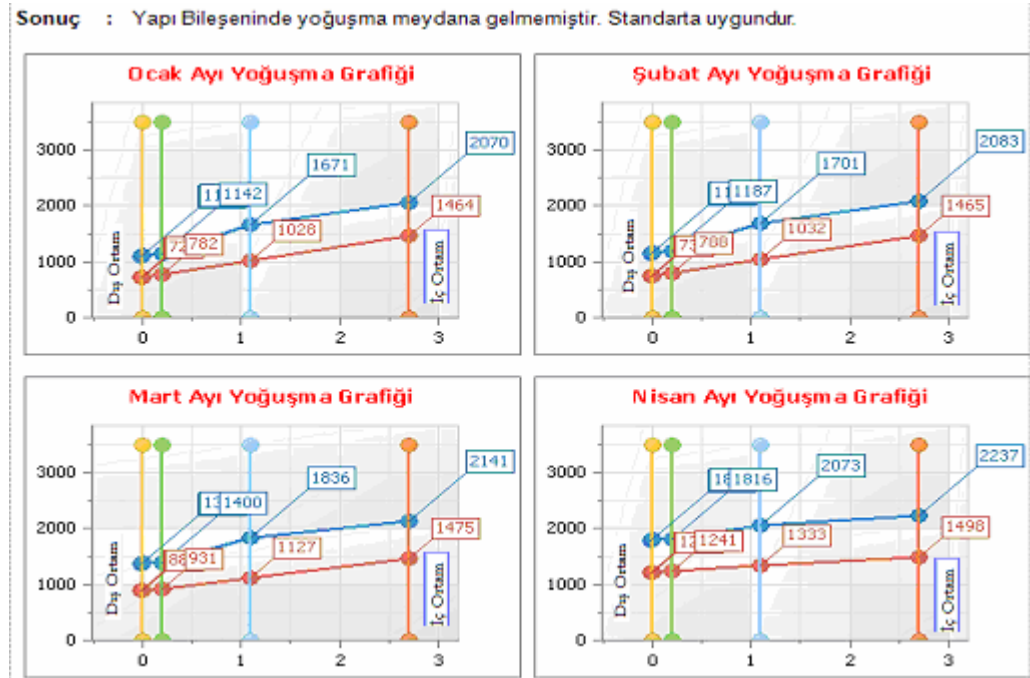
Programın doğruluğu açısından içten duvar modelinde de bütün ayların buhar difüzyonu eğrileri 3. bölgedeki Adana ili için ızoDER programı ile aşağıdaki şekilde karşılaştırıldı (Şekil 5.2.3 ve Şekil 5.2.4).



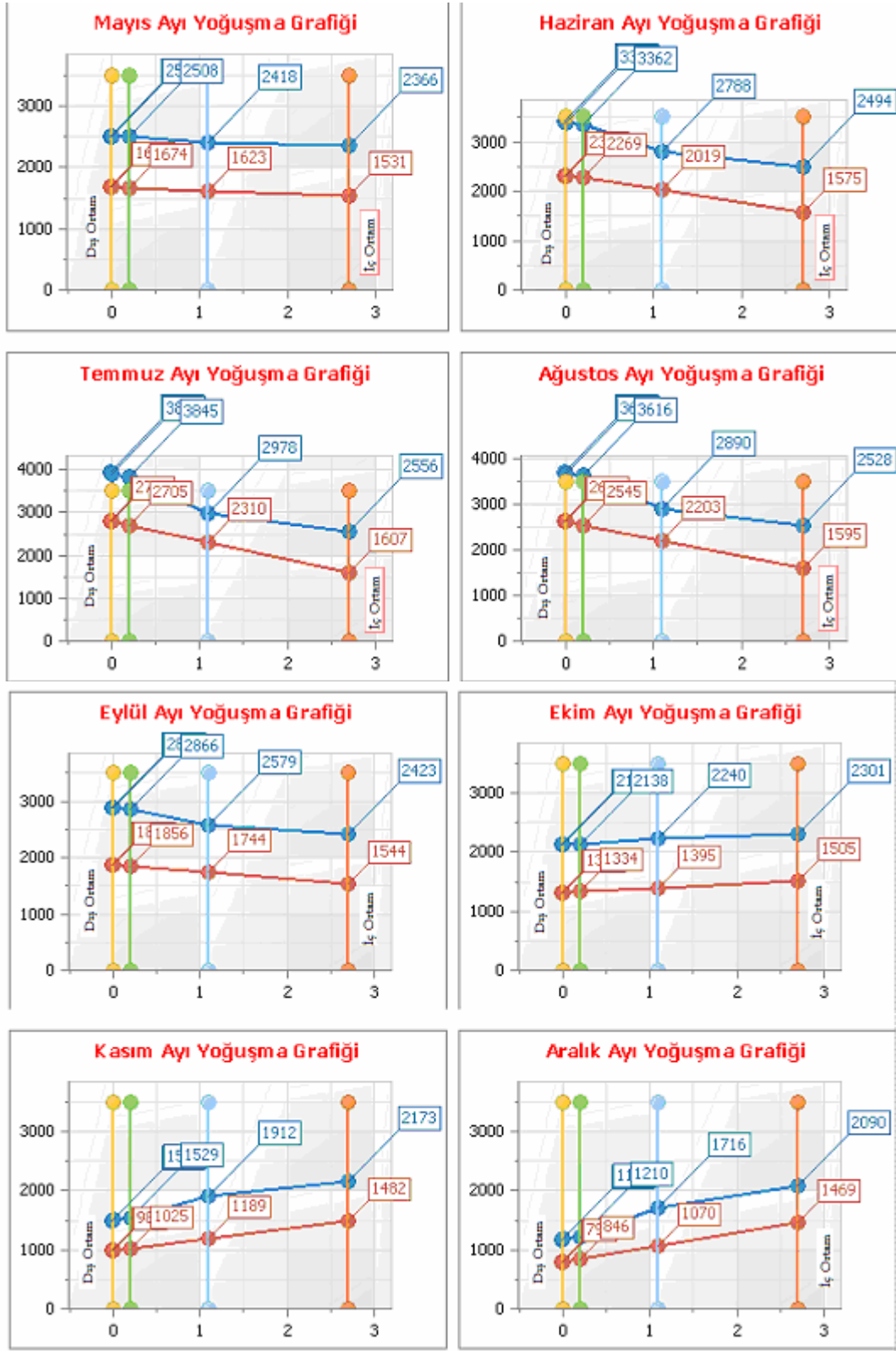
Şekil 5.2.3. İçten 3 cm yalıtımlı duvar modelinde aylara göre Adana ili için difüzyon değişim eğrileri.



Şekil 5.2.3. 'in devamı: İçten 3 cm yalıtımlı duvar modelinde aylara göre Adana ili için difüzyon değişim eğrileri.



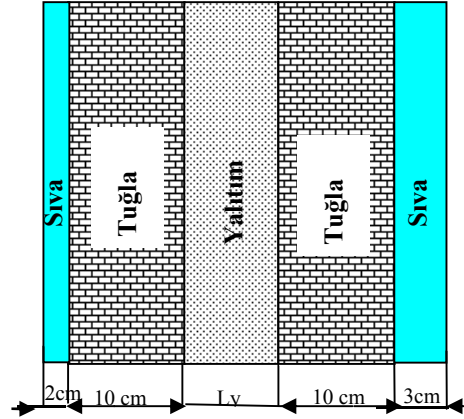
Şekil 5.2.4. İzoder programının 3 cm içten yalıtımlı duvar modelinde Adana ili için buhar difüzyon değişim eğrileri



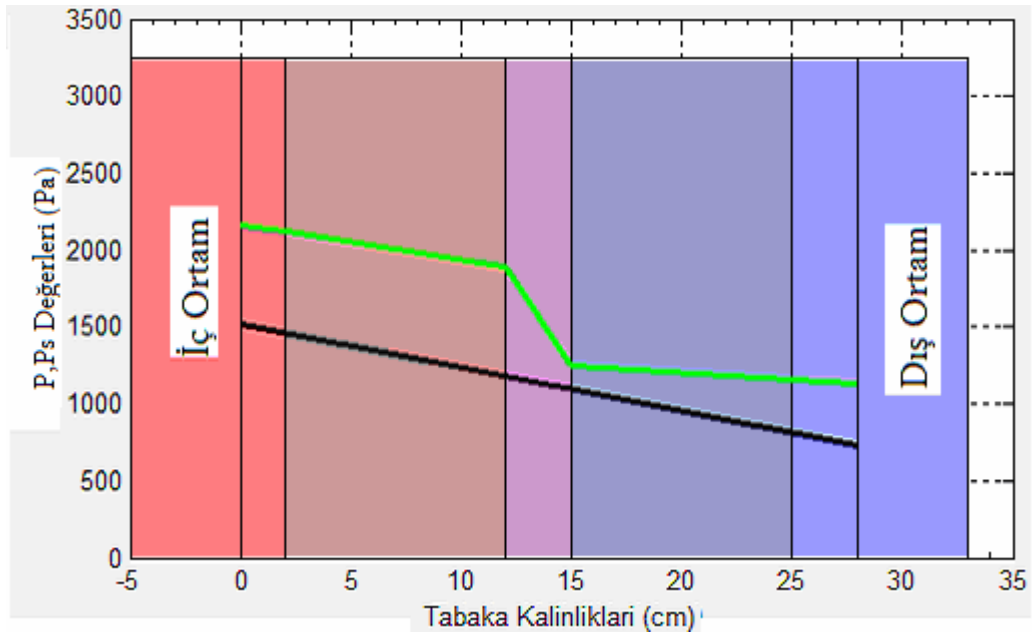
Şekil 5.2.4. 'in devamı: İzoder programının 3 cm içten yalıtımlı duvar modelinde Adana ili için buhar difüzyon değişim eğrileri

5.3. Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli

Şekil 5.3.1’ de görüldüğü gibi yalıtım malzemesi bu defa tuğla duvarın ortasına yerleştirilerek çözüm yapıldı. Duvar bloğunda meydana gelen buhar difüzyonu değişimi Şekil 5.3.2’ de gösterilmiştir. Şekil 5.3.2’ de görüldüğü üzere yalıtımın bittiği nokta yani yalıtım ve tuğla duvar arasında yoğuşma riskini oluşturabilecek bir şekilde kısmi su buharı basınç eğrisi doymuş su buharı basınç eğrisine yaklaştığı görülmektedir. Ancak yoğuşma gerçekleşmemiştir.



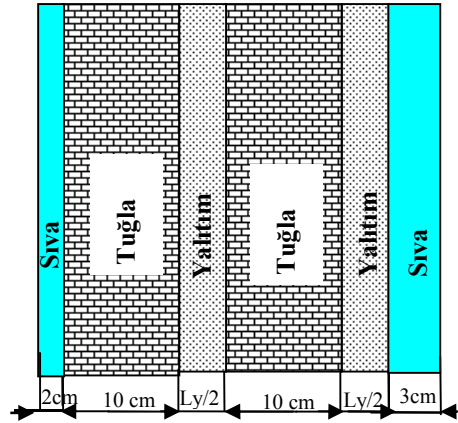
Şekil 5.3.1. Ortadan yalıtımlı duvar



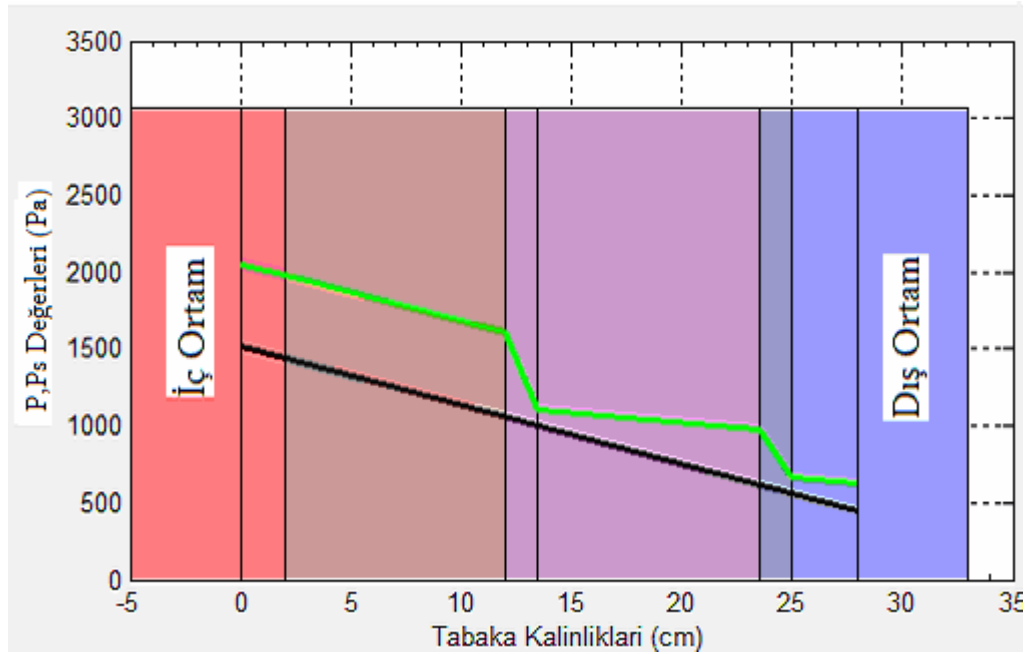
Şekil 5.3.2. Ortadan 3cm yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu

5.4. Dıştan ve Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli

Şekil 5.4.1’ de görüldüğü gibi toplam yalıtım kalınlığı değişmeyecek şekilde poliüretan yalıtım malzemesi iki eşit parçaya bölünerek tuğla duvarın dış yüzeyine ve ortasına yerleştirilerek çözüm yapıldı. Duvar bloğunda meydana gelen buhar difüzyonu değişimi Şekil 5.4.2’ de gösterilmiştir. Şekil 5.4.2’ de görüldüğü üzere yoğuşma riski ortadaki yalıtım tabakasının bitim noktası ile tuğla duvar arasında ve dış taraftaki yalıtım tabakası ile sıva arasında oluşmaktadır. Yani bu noktalarda kısmi basınç eğrisi doymuş su buhar basınç eğrisine yanaşmaktadır. Ancak yoğuşma gerçekleşmemiştir.



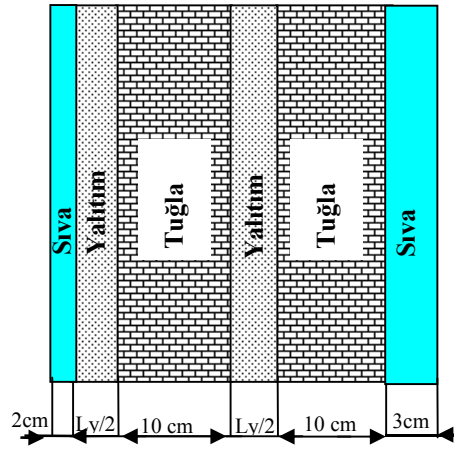
Şekil 5.4.1. Dış yalıtımlı duvar



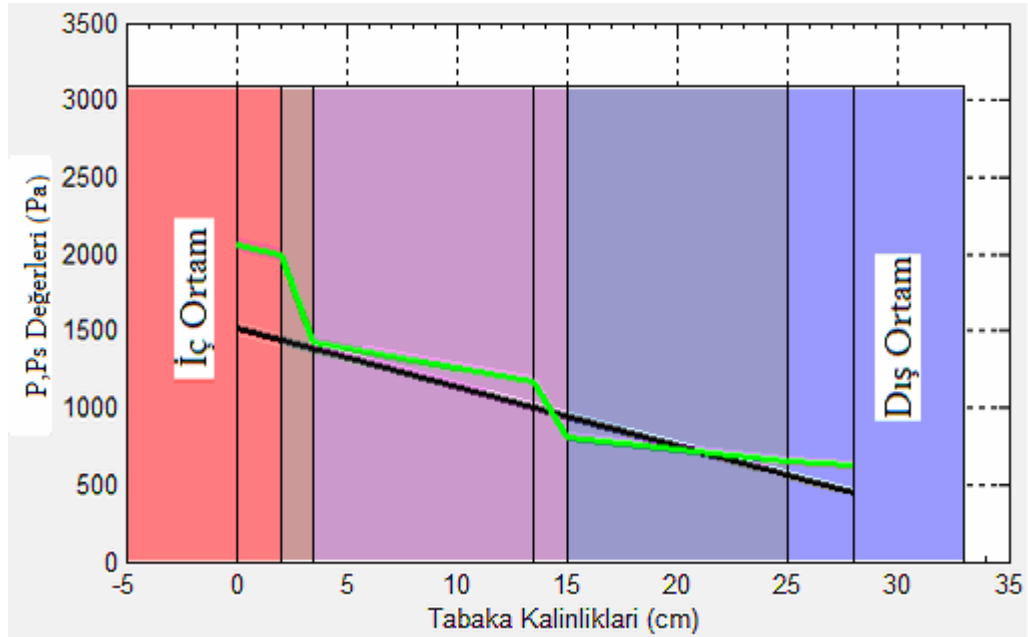
Şekil 5.4.2. Dıştan ve ortadan toplam 3 cm yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu

5.5. İçten ve Ortadan Yalıtımlı Duvar Modeli

Bu duvar modelinde ise poliüretan yalıtım tabakaları tuğla duvarın iç yüzeyine ve ortasına yerleştirilerek çözüm yapıldı ve yoğuşmanın gerçekleştiği durum Şekil 5.5.2'deki gibi grafik halinde gösterildi. Duvar bloğunda meydana gelen buhar difüzyonu değişiminin gösterimi Şekil 5.5.2' de gösterilmiştir. Şekil 5.5.2' de görüldüğü üzere iç taraftaki yalıtım tabakasının bitiş noktası ile tuğla duvar arasında yoğuşma riski görülmüş olup ikinci yalıtım tabakasının ortasına doğru yoğuşma yaşanmaya başlayıp duvarın orta kısmına doğru yoğuşma olayı gerçekleşmiştir.



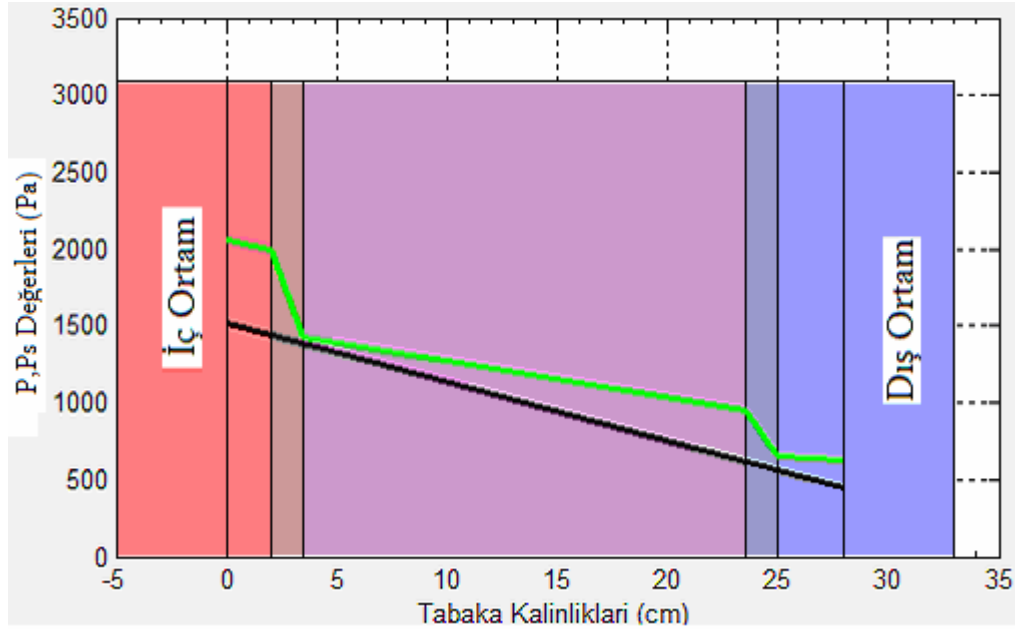
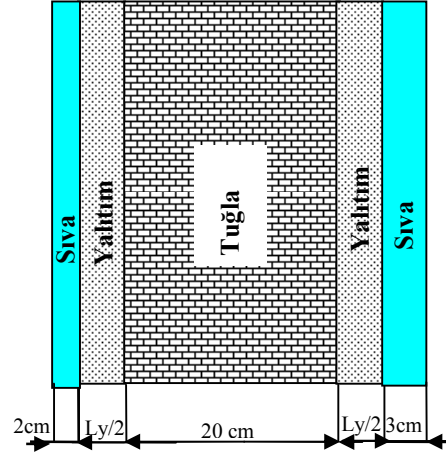
Şekil 5.5.1. İç ve ortadan yalıtımlı duvar



Şekil 5.5.2. içten ve ortadan toplam 3 cm yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu

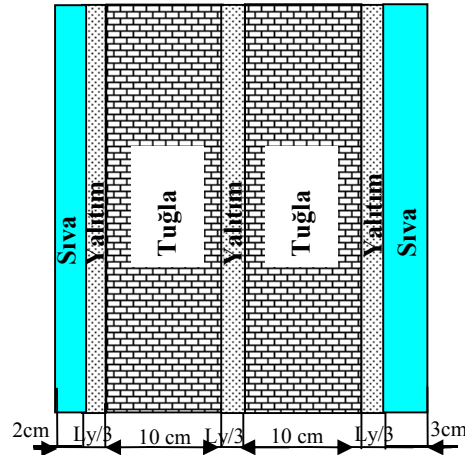
5.6. Dıştan ve İçten Yalıtımlı Duvar Modeli

İki eşit parça halinde poliüretan yalıtım tabakaları bu defa da Şekil 5.6.1’de görüldüğü gibi tuğla duvar bloğunun iç yüzeyine ve dış yüzeyine yerleştirilerek duvar yapısı oluşturuldu ve hazırlanmış programda çözümü yapıldı. Duvar bloğunda meydana gelen buhar difüzyonu değişiminin gösterimi Şekil 5.6.2’ de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere her iki yalıtım tabakasının bitim noktasında yoğunlaşma riski görülmüştür. Ancak duvar içersinde yoğunlaşma gerçekleşmemiştir.

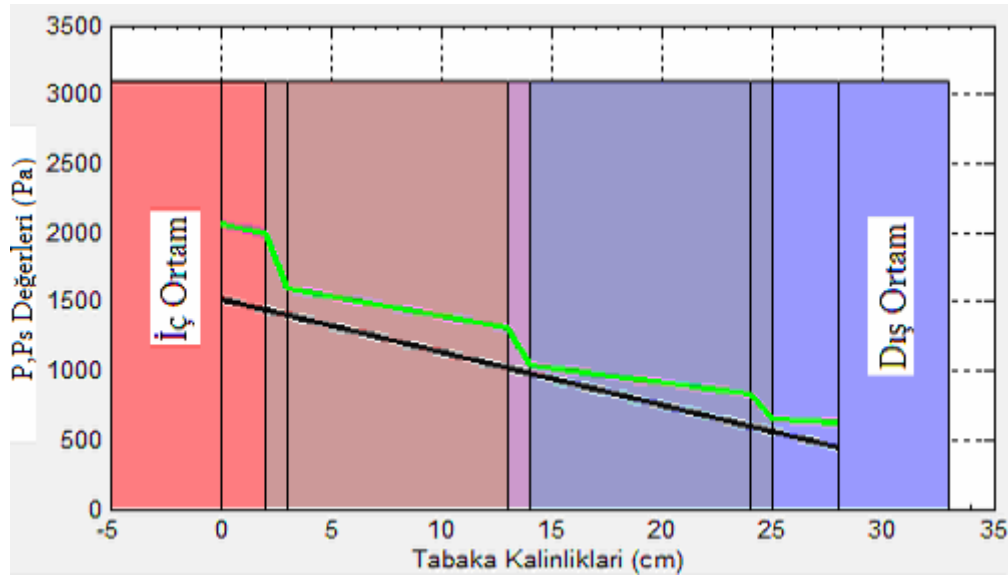


5.7. Dıştan, Ortadan ve İçten Yalıtımlı Duvar Modeli

Son olarak da toplam yalıtım kalınlığı aynı kalacak şekilde poliüretan yalıtım malzemesi üç eşit parça halinde Şekil 5.7.1’de görüldüğü gibi tuğla duvar bloğunun iç yüzeyine, orta kısmına ve dış yüzeyine yerleştirilerek duvar yapısı oluşturuldu ve hazırlanmış programda çözümü yapıldı. Duvar bloğunda meydana gelen buhar difüzyonu değişiminin gösterimi Şekil 5.7.2’ de gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere ilk yalıtımın bitim noktasında yoğunlaşma riski görülmemekte olup ikinci yalıtım parçasının son kısmına doğru yoğunlaşma riski yaşanmış ancak yoğunlaşma olmamıştır. Üçüncü yalıtım parçasının da sonuna doğru çok az bir yoğunlaşma riski yaşanmış ancak yoğunlaşma gerçekleşmemiştir.



Şekil 5.7.1. Dış,orta ve içten yalıtımlı duvar.



Şekil 5.7.2. içten,ortadan ve dıştan toplam 3 cm yalıtımlı duvarda buhar difüzyonu

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, bina duvarlarında 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buhar difüzyonu analiz edilmiştir. Bunun için TS 825'in 2008 standardına göre Glaser grafik yöntemi ile MATLAB'da GUI ara yüzünü kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program ile duvar içerisinde kullanılan yalıtım tabakalarının yerini değiştirerek farklı duvar ile yalıtım malzemeleri ve farklı iller için yoğuşma durumları incelenmiştir. Çözümler farklı derece-gün bölgelerinde bulunan Elazığ, Adana, İstanbul ve Kars illeri için yapılmıştır. Tablo 6.1 ve 6.2 sırasıyla toplam 3 cm ve 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumları için ve duvar malzemesi olarak tuğla yalıtım malzemesi olarak da poliüretan sert köpük kullanılması halinde yoğuşma ve buharlaşma miktarlarını 4 farklı il için göstermektedir. Aynı yalıtım malzemesi ve duvar malzemesi olarak da beton duvar kullanılması halinde elde edilen yoğuşma ve buharlaşma miktarları yine 3 cm ve 6 cm kalınlığında yalıtım için sırasıyla Tablo 6.3 ve 6.4'te gösterilmektedir. Aynı durumlar duvar malzemesi olarak tuğla ve yalıtım malzemesi olarak da cam yünü için 3 cm ve 6 cm yalıtım kalınlığına göre sırasıyla Tablo 6.5 ve 6.6 da verilmiştir. Tablolarda mevcut değerler yıl boyunca elde edilen ortalama değerlerdir

Tüm tablo değerleri incelendiği zaman sırasıyla tüm duvar yapıları için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Ele alınan bütün iller için (Adana hariç) en fazla yoğuşma miktarı içten yalıtımlı duvar modelinde elde edilmiştir. Bu duvar modelinde yoğuşan su yıl içerisinde tamamen buharlaşmadığı için standarda uygun bir duvar yapısı değildir. Çünkü, Tablo 6.1'deki Kars ili incelenecek olursa, yıl içerisinde yoğuşan su miktarı $0,83435 \text{ kg/m}^2$ olup, bu miktar yıl içerisinde duvardan taşınan su buharı miktarından ($0,306189 \text{ kg/m}^2$) fazla olduğu için yıl içerisinde yoğuşan su miktarının tamamı buharlaşmamaktadır.

2. Dıştan yalıtılmış duvar modeli ele alınırsa, yoğuşan nem kütesinin yıl içerisinde buharlaştığı görülmektedir. Tablo 6.1'deki Kars ili incelenecek olursa, yıl içerisinde yoğuşan su miktarı $0,089746 \text{ kg/m}^2$ olup, bu miktar yıl içerisinde duvardan taşınan su buharı miktarından ($0,792989 \text{ kg/m}^2$) küçük olduğu için yıl içerisinde yoğuşan su miktarının tamamı buharlaşmaktadır. Bundan dolayı bu duvar yapısı standarda uygundur.

3. Ortadan yalıtımlı duvar yapısında, İstanbul ili için tüm tablo değerleri incelenecek olursa yoğuşma miktarı buharlaşan su miktarından küçük olduğu için standarda uygun kabul edilmektedir. Elazığ ili için poliüretan sert köpüklü beton duvar yapısı standarda uygun olmazken diğer incelenen malzemeler için uygun olduğu görülmüştür. Kars ilinde ise sadece cam yünü yalıtımlı tuğla duvarın

standarda uygun olduğu gör÷lmektedir. Diğer yapı malzemeleri için ise bu yalıtım konumunun standarda uygun olmadığı gör÷lmektedir. Cam yünü yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı poliüretan sert köpüğe göre daha büyük olmasına rağmen cam yününün difüzyon katsayısı 1 olup poliüretan sert köpük malzemesinin difüzyon katsayısı 80 olarak alındığı için sonuçlarda cam yünü kullanılması halinde elde edilen yoğuşma değeri daha küçük çıkmıştır.

4. İçten ve ortadan yalıtımlı duvar yapısında, Elazığ ve İstanbul illeri için incelenen tüm yapı malzemelerinde standarda uygun bir duvar yapısı olduğu tüm tablo değerlerinden gör÷lmektedir. Ancak Kars ilinde sadece camyünü yalıtımlı tuğla duvar malzemesi kullanılması halinde standarda uygunluk gör÷lürken diğer yapı malzemelerinde standarda uygunluk gör÷lmemektedir.

5. Ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar modelinde, tüm yapı malzemeleri için Elazığ, Adana ve İstanbul illerinde herhangi bir yoğuşma elde edilmemiştir. Kars ilinde ise tüm yapı malzemeleri için yoğuşan su miktarı yıl içerisinde buharlaşan miktardan küçük olduğu için standarda uygun bir duvar yapısı olmaktadır.

6. İçten ve dıştan yalıtımlı duvar modeli incelenecek olursa tüm iller için standarda uygun bir duvar yapısı olduğu gör÷lmektedir.

7. Son olarak da; içten, ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar modelinin tüm iller için ve tüm yapı malzemeleri için yine standarda uygun bir duvar yapısı olduğu tespit edilmiştir.

En az yoğuşmanın olduğu duvar yapısını belirlemek için; tüm duvar modellerinde yoğuşmanın söz konusu olduğu Kars ilini inceleyecek olursak en az yoğuşma miktarının sırasıyla içten, ortadan ve dıştan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği ikinci olarak da ortadan ve dıştan duvar yapısının, üçüncü olarak da sadece dıştan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği gör÷lmüştür. Yoğuşma açısından en kötü duvar yapısının ise içten yalıtımlı duvarda daha sonra ise içten ve ortadan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği gör÷lmüştür.

Tablo 6.1. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğunlaşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.)

	Elazığ		Adana		İstanbul		Kars	
Tuğla Duvar + Poliüretan Sert Köpük	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)
Yalıtılmamış Duvar	1,02114	1,35517	---	1,893647	0,66315	1,0157405	1,33966	0,656128
İçten 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,87872	0,532819	---	0,883696	0,48106	0,47401523	0,83435	0,306189
Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,089746	0,792989
Ortadan 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,49674	0,632409	---	0,883696	0,33954	0,47401523	0,521729	0,306189
İçten ve Ortadan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	0,38079	0,745159	---	0,883696	0,23602	0,57581523	0,81081	0,306189
Ortadan ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,089674	0,79298900
İçten ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,30976	0,398889
İçten,Ortadan ve Dıştan 1 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,06013	0,527649

Tablo 6.2. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.)

	Elazığ		Adana		İstanbul		Kars	
Tuğla Duvar + Poliüretan Sert Köpük	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)
Yalıtılmamış Duvar	1,02114	1,35517	---	1,893647	0,66315	1,0157405	1,33966	0,656128
İçten 6 cm Yalıtılmış Duvar	0,817	0,347491	---	0,576324	0,68687	0,20432567	0,79186	0,1447694
Dıştan 6 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,053308	0,5171664
Ortadan 6 cm Yalıtılmış Duvar	0,48436	0,855713	---	0,576324	0,31673	0,33913967	0,5196	0,1996874
İçten ve Ortadan 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,37997	0,485975	---	0,576324	0,22744	0,42529967	0,78697	0,1996874
Ortadan ve Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,011511	0,5171664
İçten ve Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,302905	0,3441184
İçten,Ortadan ve Dıştan 2 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,011487	0,3441184

Tablo 6.3. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak beton duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.)

Beton Duvar + Poliüretan Sert Köpük	Elazığ		Adana		İstanbul		Kars	
	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)
Yalıtılmamış Duvar	0,743625	0,73637	0,5676	1,326047	1,00754	0,6713505	1,6189917	0,326348
İçten 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,84026	0,532819	0,42965	0,618818	0,71473	0,31329923	0,94038	0,221981
Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,282202	0,707339
Ortadan 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,61905	0,532819	---	0,883696	0,33933	0,47401523	0,55043	0,306189
İçten ve Ortadan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	0,51506	0,532819	---	0,883696	0,42783	0,47401523	0,82646	0,306189
Ortadan ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,27495	0,70733900
İçten ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	0,273997	0,745159	---	0,883696	0,091857	0,67694523	0,314586	0,410879
İçten,Ortadan ve Dıştan 1 cm Yalıtılmış Duvar	---	1,108939	---	0,883696	---	0,78349523	0,21495	0,578579

Tablo 6.4. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğunlaşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak beton duvar, yalıtım malzemesi olarak poliüretan sert köpük kullanılmıştır.)

Beton Duvar + Poliüretan Sert Köpük	Elazığ		Adana		İstanbul		Kars	
	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)	Wt (kg/m²)	Wv (kg/ m²)
Yalıtılmamış Duvar	0,743625	0,73637	0,5676	1,326047	1,00754	0,6713505	1,6189917	0,326348
İçten 6 cm Yalıtılmış Duvar	0,80142	0,347491	0,40042	0,503577	0,67285	0,20432567	0,806086	0,2390204
Dıştan 6 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,11547	0,5171664
Ortadan 6 cm Yalıtılmış Duvar	0,59379	0,347491	---	0,576324	0,3157	0,40913967	0,518269	0,3768524
İçten ve Ortadan 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,30957	0,347491	---	0,576324	0,36278	0,40913967	0,801884	0,265886
Ortadan ve Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,108126	0,5171664
İçten ve Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,19504	0,485975	---	0,576324	---	0,51096967	0,189406	0,2679654
İçten,Ortadan ve Dıştan 2 cm Yalıtılmış Duvar	---	0,723225	---	0,576324	---	0,51096967	0,10537	0,3441184

Tablo 6.5. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 3 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğuşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak cam yünü kullanılmıştır.)

	Elazığ		Adana		İstanbul		Kars	
Tuğla Duvar + Cam yünü	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/m ²)	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/ m ²)	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/ m ²)	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/ m ²)
Yalıtılmamış Duvar	1,02114	1,35517	---	1,893647	0,66315	1,0157405	1,33966	0,656128
İçten 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,71334	1,12568	---	1,866954	0,25239	0,6526745	0,66881	0,646871
Dıştan 3 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,184907	1,675321
Ortadan 3 cm Yalıtılmış Duvar	0,152662	1,57429	---	1,866954	0,132981	0,8128645	0,295157	0,646871
İçten ve Ortadan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	0,15484	1,57429	---	1,866954	0,046536	1,2415745	0,48253	0,646871
Ortadan ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,1233	1,6753210 0
İçten ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,29233	1,114741
İçten,Ortadan ve Dıştan 1 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,056985	1,114741

Tablo 6.6. Dört farklı il için yalıtımsız ve toplam 6 cm yalıtım kalınlığına sahip 7 farklı yalıtım konumlandırma durumu için yoğunlaşma ve buharlaşma miktarları (Duvar malzemesi olarak tuğla duvar, yalıtım malzemesi olarak cam yünü kullanılmıştır.)

	Elazığ		Adana		İstanbul		Kars	
Tuğla Duvar + Cam yünü	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/m ²)	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/ m ²)	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/ m ²)	Wt (kg/m ²)	Wv (kg/ m ²)
Yalıtılmamış Duvar	1,02114	1,35517	---	1,893647	0,66315	1,0157405	1,33966	0,656128
İçten 6 cm Yalıtılmış Duvar	0,1557	1,16849	---	1,841043	0,10422	0,8069482	0,195771	0,637891
Dıştan 6 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,3103	---	1,841043	---	1,6322582	0,10115	1,652061
Ortadan 6 cm Yalıtılmış Duvar	0,11306	1,401044	---	1,841043	0,101048	0,9875282	0,18239	0,637891
Ortadan ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,1233	1,67532100
İçten ve Dıştan 1,5 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,29233	1,114741
İçten,Ortadan ve Dıştan 1 cm Yalıtılmış Duvar	---	2,34285	---	1,866954	---	1,4666845	0,056985	1,114741

KAYNAKLAR

1. Heperkan,H.A., Bircan, Sevindir,M.k., ‘‘Yapı malzemesinde Buhar difüzyonu ve yoğuşma’’, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 461-469
2. Çorap, E., 1999, Yapı Elemanlarında Isı ve Buhar Geçişinin Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
3. Gül, S.H., 1993, Gözenekli Ortamlarda Birleşik Isı ve Kütle Transferinin Sayısal Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Erim, C., 1991, Isı ve Kütle Geçişinin Bir arada Gerçekleştiği Sistemler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
5. Kavas, E., 1997, Doğu Anadolu Bölgesinde Isı Korunumlu Duvar Kesitleri Oluşturulması ve Yoğuşma Kontrolü (Erzurum örneği.)
6. Yavuz, A.C., 1995, Dış Duvarlarda Isı Korunumu ve 16.01.1985 Tarihli Yönetmeliğin Isı ve Buhar Kontrolü Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
7. Bircan, M.M., Yapı malzemelerinde buhar difüzyonu prosesinin incelenmesi ve yoğuşma hesabı için bilgisayar programı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. Yik, F.W.H., Underwood, C.P., Chow, W.K., 1998, Simultaneous modeling of heat and moisture transfer and air conditioning system in buildings.
9. Qin, M., Belarbi, R., Ait-Mokhtar, A., Seigneurin, A., 2005, An analytical method to calculate the couples heat and moisture transfer in building materials.
10. Hameury, S., Moisture buffering capacity of heavy timber structures directly exposed to an indoor climate: a numerical study.
11. Wyrwal, J., Marynowicz. A., 2000, Vapour condensation and moiature accumulation in porous building wall.
12. Gaur, R.C., Bansal, N.K., 2000, Effect of moisture transfer across building components on room temperature.
13. Hamdan, M.A., 2001, Layered wall design to prevent moisture consendation on its inside surface.
14. Karaoğlu, M., Moropoulou, A., Krokida, M.K., Moroulis, Z.B., 2005, A powerful Simulator for moisture tranfer in buildings
15. Patankar, S.V., Numerical Heat Transfer and Fluid Flow.
16. Holman, J.P., 1981, Heat Transfer.
17. İncropera., F.P.,and Dewit., D.P., 2001, Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri. Yayıncılık Dağıtım.

- 18.** Garratt, J., Nowak, F., 1991, Tackling Condensation , Building Research Establishment Report.
- 19.** Wiese, G., Wasserdampfdiffusion, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1975.
- 20.** Lohmayer, G., Praktische Bauphysik, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1985.
- 21.** Glaser, H., Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen, Kältetechnik 11, Heft 10/59, s. 345-349, 1959.
- 22.** Anon., DIN 4108, Wärmeschutz im Hochbau, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1981.
- 23.** Anon., TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları , Türk Standardı Tasarısı, Ankara, 2008.

EKLER

Ek A: (Farklı sıcaklıklar için doymuş su buharı basınç değerleri [23].

Doymuş su buharı basıncı (Pa)										
Sıcaklık °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4241	4265	4289	4314	4339	4364	4389	4414	4439	4464
29	4003	4026	4050	4073	4097	4120	4144	4168	4192	4216
28	3778	3800	3822	3844	3867	3889	3912	3934	3957	3980
27	3563	3584	3605	3626	3648	3669	3691	3712	3734	3756
26	3359	3379	3399	3419	3440	3460	3480	3501	3522	3542
25	3166	3185	3204	3223	3242	3261	3281	3300	3320	3340
24	2982	3000	3018	3036	3055	3073	3091	3110	3128	3147
23	2808	2825	2842	2859	2876	2894	2911	2929	2947	2964
22	2642	2659	2675	2691	2708	2724	2741	2757	2774	2791
21	2486	2501	2516	2532	2547	2563	2579	2594	2610	2626
20	2337	2351	2366	2381	2395	2410	2425	2440	2455	2470
19	2196	2210	2224	2238	2252	2266	2280	2294	2308	2323
18	2063	2076	2089	2102	2115	2129	2142	2155	2169	2182
17	1937	1949	1961	1974	1986	1999	2012	2024	2037	2050
16	1817	1829	1841	1852	1864	1876	1888	1900	1912	1924
15	1704	1715	1726	1738	1749	1760	1771	1783	1794	1806
14	1598	1608	1619	1629	1640	1650	1661	1672	1683	1693
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1567	1577	1587
12	1402	1411	1420	1430	1439	1449	1458	1468	1477	1487
11	1312	1321	1330	1338	1347	1356	1365	1374	1383	1393
10	1227	1236	1244	1252	1261	1269	1278	1286	1295	1303
9	1147	1155	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219
8	1072	1080	1087	1094	1102	1109	1117	1124	1132	1140
7	1001	1008	1015	1022	1029	1036	1043	1050	1058	1065
6	935	941	948	954	961	967	974	981	988	994
5	872	878	884	890	897	903	909	915	922	928
4	813	819	824	830	836	842	848	854	860	866
3	757	763	768	774	779	785	790	796	801	807
2	705	710	715	721	726	731	736	741	747	752
1	656	661	666	671	676	680	685	690	695	700
0	611	615	619	624	629	633	638	642	647	652
0	611	616	621	626	631	636	641	647	652	657
-1	562	567	571	576	581	586	591	596	601	605
-2	517	521	526	530	535	539	544	548	553	557
-3	475	479	484	488	492	496	500	504	509	513
-4	437	441	444	448	452	456	460	464	468	471
-5	401	405	408	412	415	419	422	426	430	433
-6	368	371	375	378	381	384	388	391	394	398
-7	338	341	344	347	350	353	356	359	362	365
-8	309	312	315	318	320	323	326	329	332	335
-9	283	286	288	291	294	296	299	301	304	307
-10	259	262	264	266	269	271	274	276	278	281
-11	237	239	241	244	246	248	250	252	255	257
-12	217	219	221	223	225	227	229	231	233	235
-13	198	200	202	203	205	207	209	211	213	215
-14	181	182	184	186	187	189	191	193	194	196
-15	165	166	168	169	171	173	174	176	177	179
-16	150	152	153	154	156	157	159	160	162	163
-17	137	138	139	141	142	143	145	146	147	149
-18	124	126	127	128	129	130	132	133	134	135

Ek B:İllerin ve bazı ilçelerin aylık ortalama bağıl nem oranları (%), [23].

İL/ İLÇE ADI	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
-19	113	114	115	116	117	119	120	121	122	123		
-20	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112		
ABANA	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ADANA	66	64	65	68	67	68	71	71	65	62	66	68
ADIYAMAN	69	66	62	59	50	35	31	34	36	50	64	72
AFŞİN	79	75	69	61	59	52	46	48	53	64	74	79
AFYON	78	73	67	63	61	57	54	54	56	65	73	79
AĞRI	82	82	81	75	70	64	59	57	59	70	79	83
AKSARAY	70	66	61	58	56	51	47	46	49	58	66	71
AMASYA	68	62	58	58	57	55	54	55	57	62	67	70
ANKARA	76	71	65	62	59	55	49	48	52	62	72	78
ANTALYA	65	64	67	70	67	60	58	61	62	60	66	68
ARDAHAN	77	76	75	70	70	71	69	67	65	71	75	79
ARHAVİ	72	70	71	74	77	79	82	82	82	81	78	74
ARTVİN	64	63	61	60	63	66	70	71	67	66	64	65
AYDIN	70	67	65	63	57	49	51	56	57	62	68	73
AYVALIK	77	76	75	74	69	64	63	65	68	74	79	79
BALIKESİR	81	78	75	71	68	61	61	63	64	72	79	82
BARTIN	84	81	79	79	78	77	78	80	82	84	84	85
BATMAN	78	71	67	64	57	42	35	36	41	58	72	79
BAYBURT	72	71	67	61	60	58	54	54	53	62	69	73
BİLECİK	78	75	71	68	67	65	65	66	66	72	75	78
BİNGÖL	71	69	65	60	54	43	37	37	42	59	68	73
BİTLİS	77	77	75	70	64	55	51	53	55	67	75	79
BODRUM	64	63	63	63	59	52	50	54	56	61	65	67
BOLU	80	76	73	71	72	73	72	72	72	77	78	82
BOZKURT	80	80	80	80	81	80	79	79	80	82	79	80
BURDUR	74	69	65	62	58	51	46	46	51	59	70	77
BURSA	71	70	69	68	64	60	58	61	65	71	73	73
CİDE	74	72	72	75	76	74	75	76	77	77	74	72
ÇANAKKALE	84	81	81	81	78	73	69	70	74	78	83	84
ÇANKIRI	80	74	67	67	66	62	58	59	62	69	77	80
ÇATALZEYTİN	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ÇORUM	78	73	68	67	67	64	61	62	63	69	75	79
DALAMAN	73	72	75	76	73	65	66	69	69	71	75	76
DATCA	65	63	64	63	60	54	52	53	54	61	66	68
DENİZLİ	73	70	67	63	57	49	48	50	54	63	70	76
DİYARBAKIR	75	70	67	65	56	38	29	30	35	52	68	76
DOĞANYURT	71	72	72	66	74	71	75	73	74	77	72	69
DURSUNBEY	74	72	69	66	64	60	59	61	61	68	73	76
DUZCE	81	75	72	71	71	70	72	73	74	78	79	81
EDİRNE	82	75	73	69	65	61	57	58	63	73	80	83
ELAZIĞ	75	72	66	60	55	43	36	36	41	59	72	76

Ek B'nın devamı

İL /İLÇE ADI	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
ELBİSTAN	74	70	66	63	61	58	55	55	57	65	72	74
ERZİNCAN	75	72	66	60	59	54	50	51	54	68	75	77
ERZURUM	78	77	75	67	63	59	54	51	54	66	75	79
ESKİŞEHİR	79	75	69	66	64	61	57	58	61	68	74	80
FETHİYE	66	63	64	65	62	57	57	59	60	63	67	68
GAZİ ANTEP	75	72	68	66	59	50	47	50	53	62	73	77
GİRESUN	71	71	74	79	80	79	79	77	78	77	72	70
GÖKOVA	73	71	73	73	68	59	57	60	62	68	74	76
GÖKSUN	79	76	73	69	66	59	54	56	61	69	76	81
GÜMÜŞHANE	71	68	65	63	64	64	64	64	63	68	71	72
HAKKARİ	71	71	67	60	54	44	39	37	38	54	64	72
HATAY	75	71	70	71	70	71	73	73	69	66	71	76
HOPA	66	67	72	75	79	78	80	80	78	76	69	63
IĞDIR	66	59	50	48	49	45	43	45	50	62	65	68
İNEBOLU	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ISPARTA	71	68	65	63	59	53	49	51	56	62	69	75
İSTANBUL	79	76	75	74	74	70	71	74	75	80	79	80
İZMİR	71	69	67	64	60	53	51	54	58	64	70	73
K.MARAŞ	70	66	62	60	56	53	54	55	53	58	68	73
KARABÜK	73	68	64	64	59	58	59	61	61	65	71	75
KARAMAN	76	73	67	59	57	51	46	47	51	61	71	77
KARS	82	81	81	74	73	72	72	69	67	73	80	83
KASTAMONU	75	71	66	66	65	64	60	61	65	71	76	78
KAYSERİ	77	74	68	63	63	58	52	52	55	64	72	77
KELEŞ	69	67	64	63	59	57	55	54	56	62	66	71
KIĞI	66	64	62	59	54	49	45	44	46	57	65	68
KİLİS	68	64	61	57	49	46	50	51	48	49	60	70
KIRIKKALE	79	74	67	65	62	58	54	53	56	65	75	80
KIRKLARELİ	79	75	73	69	66	64	60	63	66	73	78	80
KIRŞEHİR	79	75	69	67	63	58	53	53	56	65	75	80
KOCAELİ	78	75	74	72	71	69	71	73	73	78	78	78
KONYA	76	71	63	58	56	48	42	43	46	58	71	78
KORKUTELİ	68	66	63	61	58	50	46	48	51	58	67	71
KÖYCEĞİZ	68	66	66	65	59	50	50	54	56	62	69	72
KÜTAHYA	71	68	63	60	58	57	56	57	58	63	68	73
MALATYA	73	68	61	55	51	41	35	35	40	56	70	75
MANİSA	75	70	67	64	56	47	45	48	53	63	73	78
MARDİN	66	63	60	54	43	34	29	30	33	47	58	68
MARMARİS	73	71	73	73	68	59	57	60	62	68	74	76
MERSİN	68	68	70	73	75	77	78	76	69	65	66	68
MERZİFON	77	73	69	66	67	67	64	65	65	69	74	77

Ek B'nın devamı

İL/ İLÇE ADI	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
MESUDİYE	77	74	72	69	70	70	68	71	71	73	76	78
MİLAS	70	67	67	66	61	52	51	56	60	64	70	73
MUĞLA	76	73	71	69	63	53	49	51	56	65	75	80
MUŞ	80	79	77	69	62	51	42	40	45	64	77	82
NEVŞEHİR	70	69	63	60	58	54	52	51	51	59	66	71
NİĞDE	75	71	65	60	59	54	48	49	51	62	70	75
ORDU	68	69	72	75	75	72	72	72	72	74	71	69
OSMANİYE	64	61	62	63	62	61	65	63	58	59	63	68
POZANTI	66	63	64	64	60	59	59	57	56	61	66	68
PÜLÜMÜR	75	74	71	64	59	54	49	49	51	65	75	76
RİZE	75	74	76	76	77	77	79	79	80	81	78	76
SAKARYA	76	75	73	73	73	71	74	75	75	79	78	77
SAMSUN	68	70	74	80	80	77	74	74	75	76	71	68
ŞANLI URFA	72	67	63	60	48	38	35	38	41	51	65	74
Ş.KARAHİSAR	71	68	64	60	61	60	57	56	56	63	69	73
SİİRT	73	67	64	59	51	37	30	29	34	51	65	74
SİNOP	72	72	75	78	78	76	77	76	75	75	75	73
ŞIRNAK	69	69	65	59	56	52	52	48	50	54	59	66
SİVAS	77	74	69	64	63	61	59	58	59	66	74	78
SOLHAN	75	74	71	64	57	47	40	40	43	59	70	77
TEKİRDAĞ	82	79	79	79	77	74	71	73	75	79	82	82
TOKAT	69	65	59	60	61	60	58	59	60	66	70	72
TOSYA	74	68	61	60	61	59	54	55	56	62	70	77
TRABZON	69	68	72	76	78	76	76	76	75	75	71	68
TUNCELİ	75	72	66	61	57	48	40	39	44	62	73	76
ULUDAĞ	72	73	71	69	63	62	59	59	61	65	71	77
ULUS	80	75	71	72	70	70	68	68	74	78	78	82
UŞAK	74	71	68	66	62	56	52	52	56	63	71	78
VAN	65	65	65	59	54	47	44	42	45	57	64	66
YALOVA	73	72	73	73	73	71	72	73	73	77	75	73
YOZGAT	80	78	74	70	68	65	61	60	61	69	77	81
ZONGULDAK	70	69	69	70	72	71	74	74	72	74	69	70

Ek C : Malzeme özellikleri, [23].

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
1	DOĞAL TAŞLAR	> 2800 2600	3,5 2,3	10000 200/250
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.)			
1.2	Tortul, sedimente taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600 < 1600	2,3 0,55	200/250 15/20
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	2500-2700	2,8	10000
1.4	Granit	2700-3000	3,5	10000
1.5	Bazalt	2800	3,5	10000
1.6	Mermer	< 2600	2,3	200/250
1.7	Alçı taşı	1750	1,3	40/50
1.8	Yapay taşlar	2000-2800	2,2	800/1000
1.9	Arduvaz			
2	DOĞAL ZEMİNLER (doğal nemlilikte)			
2.1	Kum, kum-çakıl	1700-2200	2,0	50
2.2	Kil, alüvyon	1200-1800	1,5	50
3	DÖKME MALZEMELER (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,70	3
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤1000	0,19	3
3.3	Yüksek fırın cürufu	≤600	0,13	3
3.4	Kömür cürufu	<1000	0,23	3
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤1200 ≤1500 ≤100	0,22 0,27 0,060	3 3 3
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS EN 14316-1)	100<400	0,16	3
3.7	Genleştirilmiş mantar çubukları	≤200	0,055	3
3.8	Polistiren sert köpük parçacıkları	15	0,050	3
3.9	Testere ve planya talaşı	200	0,070	3
3.10	Saman	150	0,058	3

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
4	SIVALAR, ŞAPLAR VE DİĞER HARÇ TABAKALARI			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	1,0	15/35
4.2	Çimento harcı	2000	1,60	15/35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,70	10
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,51	10
4.5	Alçı harçlı şap	2100	1,20	15/35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,40	15/35
4.7	Dökme asfalt kaplama	2100	0,70	50000
4.8	Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,30 0,35 0,38	
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
5	BETON YAPI ELEMANI			
5.1	Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar			
	Donatılı	2400	2,5	80-130
	Donatısız	2200	1,65	70/120
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
		800	0,39	70/150
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarda)	900 100 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0,44 0,49 0,55 0,62 0,70 0,79 0,89 1,00 1,30 1,60	70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
5.2.2	Sadece genişletilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun)	300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,1 0,13 0,15 0,19 0,21 0,24 0,27 0,30 0,35 0,42 0,49	70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150 70/150
5.3	Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600 1800 2000	0,81 1,10 1,40	3-10 3-10 5-10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak yapılmış kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar	600 700 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,22 0,26 0,28 0,36 0,46 0,57 0,75 0,92 1,20	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar	400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000 1100 1200 1300	0,12 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,20 0,22 0,24 0,27 0,32 0,37 0,41 0,47	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400 600 800 1000 1200	0,14 0,19 0,25 0,35 0,44	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4.2	Çeltik kapçı betonu	600 700	0,14 0,17	5-15 5-15

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanları dahil)	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000	0,11 0,13 0,15 0,15 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25 0,29 0,31	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10
6	YAPI PAKALARI VE LEVHALAR			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS en 771-4'e uygun plakalar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçlarla yerleştirilen levhalar	400 500 600 700 800	0,20 0,22 0,24 0,27 0,29	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800	0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10
6.2	Hafif betondan duvar plakaları	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu ve agregalı olanlar dahil) (TS 451 EN 12859, TS EN 520, TS 1474'e uygun)	750 900 1000 1200	0,35 0,41 0,47 0,58	5/10 5/10 5/10 5/10
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS EN 13169'a uygun)	600 750 900	0,29 0,35 0,41	5/10 5/10 5/10
6.5	Alçı karton plakalar (TS EN 520'ye uygun)	800	0,25	8/25

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7	KAĞIR DUVARLAR (harç fugaları-derzleri dahil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kagir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker (TS 4562) seramik klinker (TS 2902)	1800 200 2200 2400	0,81 0,96 1,20 1,40	5/10 5/10 5/10 5/10
Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7.1.2	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200 1400 1600 1800 200 2200 2400	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96 1,20 1,40	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10
7.1.3	Düşey delikli duvarlar (TS EN 771-1'e uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,32 0,33 0,35 0,36 0,38 0,39 0,41 0,42 0,44 0,45	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10
7.1.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,27 0,28 0,30 0,31 0,33 0,34 0,36 0,37 0,38 0,40	5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10 5/10

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_n (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7.1.4.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,19	5/10
		600	0,20	5/10
		650	0,20	5/10
		700	0,21	5/10
		750	0,22	5/10
		800	0,23	5/10
		850	0,23	5/10
		900	0,24	5/10
		950	0,25	5/10
		1000	0,26	5/10
7.1.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	600	0,33	5/10
		700	0,36	5/10
		800	0,39	5/10
		900	0,42	5/10
		1000	0,45	5/10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'e uygun)	700	0,35	5/10
		800	0,40	5/10
		900	0,44	5/10
		1000	0,50	5/10
		1200	0,56	5/10
		1400	0,70	5/10
		1600	0,79	15/25
		1800	0,99	15/25
		2000	1,10	15/25
		2200	1,30	15/25
7.3	Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar (TS EN 771-4'e uygun)			
7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar	400	0,20	5/10
		450	0,21	5/10
		500	0,22	5/10
		550	0,23	5/10
		600	0,24	5/10
		650	0,25	5/10
		700	0,26	5/10
		800	0,29	5/10

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar	350	0,11	5 / 10
		400	0,13	5 / 10
		450	0,15	5 / 10
		500	0,16	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,21	5 / 10
		700	0,22	5 / 10
		750	0,24	5 / 10
		800	0,25	5 / 10
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla)	450	0,31	5 / 10
		500	0,32	5 / 10
		550	0,33	5 / 10
		600	0,34	5 / 10
		650	0,35	5 / 10
		700	0,37	5 / 10
		800	0,40	5 / 10
		900	0,43	5 / 10
		1000	0,46	5 / 10
		1200	0,54	5 / 10
		1400	0,63	5 / 10
		1600	0,74	10 / 15
		1800	0,87	10 / 15
		2000	0,99	10 / 15

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7.4.3	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450	0,23	5 / 10
		500	0,24	5 / 10
		550	0,25	5 / 10
		600	0,26	5 / 10
		650	0,27	5 / 10
		700	0,28	5 / 10
		800	0,30	5 / 10
		900	0,32	5 / 10
		1000	0,35	5 / 10
7.4.4	Kuars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450	0,18	5 / 10
		500	0,20	5 / 10
		550	0,21	5 / 10
		600	0,22	5 / 10
		650	0,23	5 / 10
		700	0,25	5 / 10
		800	0,27	5 / 10
		900	0,30	5 / 10
		1000	0,32	5 / 10
7.4.5	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450	0,16	5 / 10
		500	0,17	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,20	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		900	0,26	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
7.4.6	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla yapılan duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS EN 14316-1'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla ⁶⁾)	500	0,26	5 / 10
		600	0,29	5 / 10
		700	0,32	5 / 10
		800	0,35	5 / 10

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla yapılan duvarlar			
7.5.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
7.5.1.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
	1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,	450	0,28	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 150 mm,	500	0,29	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 175 mm,	550	0,31	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 200 mm,	600	0,32	5 / 10
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm,	650	0,34	5 / 10
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,	700	0,36	5 / 10
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	800	0,41	5 / 10
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 425 mm,	900	0,46	5 / 10
	≤ 6 sıra boşluklu genişlik < 490 mm,	1000	0,52	5 / 10
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda	1200	0,60	5 / 10
		1400	0,72	5 / 10
		1600	0,76	5 / 10
7.5.1.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ ün altında olan harç kullanılarak hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm ,	450	0,23	5 / 10
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,	500	0,25	5 / 10
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	550	0,27	5 / 10
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 490 mm,	600	0,28	5 / 10
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda	650	0,30	5 / 10
		700	0,32	5 / 10
		800	0,36	5 / 10
		900	0,40	5 / 10
		1000	0,52	5 / 10
		1200	0,60	5 / 10
		1400	0,72	5 / 10
		1600	0,75	5 / 10

Ek C'nin devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun) 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm ,	<1800	0,92	20 – 30
7.5.2.1	3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm, olan bloklarda			
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	<1800	1,3	20 - 30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi ;< 1600 kg/m ³ > 1600,< 2000 kg/m ³ > 2000,< 2600 kg/m ³ > 2600 kg/m ³		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 4645 EN 636), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS EN 309, TS EN 12369-1)	700	0,13	50 / 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 70 70
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	< 200 < 300	0,046 0,058	5 5

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
9	KAPLAMALAR			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1200	0,17	800-1000
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	200	0,06	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama > 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)	1100	0,19	2000
	Bitümlü karton	1200	0,19	14000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	900	0,19	100000
	0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil	2000	0,19	14000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000-5000	0,19	20000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri			
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve folyolar	1000	0,19	80000
	Polietilen folyo	1200	0,19	42000
	PVC örtü	1600	0,26	300000
	PIB polyisobütillen örtü	1000	0,19	80000
	ECB etilen kopolimer örtü	1200	0,30	100000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü			

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_n (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
10	ISI YALITIM MALZEMELERİ			
10.2	Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler			
10.2.1	Poliüretan (PUR) - (DIN 18159-1'e uygun) Isıl iletkenlik grupları 035 040	(>45)	0,035 0,040	30-100
10.2.2	Reçine - formaldehit köpüğü (UF) – (DIN 18159-2'ye uygun) Isıl iletkenlik grupları 035 040	(≥10)	0,035 0,040	1-3
10.3	Sentetik köpük malzemeler			
10.3.1	Ekspande polistiren köpük (PS) levhalar			
10.3.1.1	Polistiren – Parçacıklı köpük - TS 7316 EN 13163'e uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040	≥ 15 ≥ 20 ≥ 30	0,035 0,040	20-50 30-70 40-100
10.3.3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar			
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun Isıl iletkenlik grupları 025 030 035 040	(≥ 30)	0,025 ¹⁵⁾ 0,030 0,035 0,040	30-100
10.4	Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar			
10.4.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166'ya uygun Isıl iletkenlik grupları 030 035 040 045	(≥ 30)	0,030 0,035 0,040 0,045	10-50

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
10.5	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10) 'ye uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050	(8-500)	0,035 0,040 0,045 0,050	1
10.6	Cam köpüğü			
10.6.1	Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun Isıl iletkenlik grupları 045 050 055 060	(100-150)	0,045 0,050 0,055 0,060	11)
10.6.2	Cam köpüğü - bina su yalıtımının dış tarafında Isıl iletkenlik grupları 045 050 055	(110-150)	0,045 0,050 0,055	11)
10.7	Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050 055 060 065 070	(110-450)	0,035 0,040 0,045 0,050 0,055 0,060 0,065 0,070	5

Ek C'nın devamı

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi (kg/m ³)	Isı iletkenlik hesap değeri, λ_h (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
10.7	Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050 055 060 065 070	(110-450)	0,035 0,040 0,045 0,050 0,055 0,060 0,065 0,070	5
10.8	Mantar yalıtım malzemeleri Mantar levhalar - TS 304 EN 13170'e uygun Isıl iletkenlik grupları 045 050 055	(80-500)	0,045 0,050 0,055	5-10