



**Makale
(Article)**

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına Göre İkinci Bölgede Bulunan Bir Binanın Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlarının Enerji Verimliliği Bakımından Karşılaştırılması

Selçuk USTA*

*Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü, 65080 Van/TÜRKİYE
susta@yyu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, ısı yalıtımı yapılmayan bir konut binasının TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun ısı yalıtımlı duruma dönüştürülmesiyle ısı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacında meydana gelecek değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Kullanılabilir enerji kaynakları kısıtlı olan ülkemizde, enerji ihtiyacının yarısından fazlası ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Ülkemizin enerji temininde dışa bağımlı olması, tüm sektörlerde enerji tasarrufu yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Isınma amaçlı tüketilen enerji, toplam enerji tüketimi içerisinde büyük bir oran teşkil etmektedir. Bu oranın azaltılmasında en etkili tasarruf yöntemi, binaları standartlara uygun yalıtımlı bir şekilde projelendirerek ısı kayıplarını en aza indirmektir. Binalardaki ısı kayıpları ısıtılması planlanan hacmin büyüklüğüne, yapı elemanlarının boyutlarına ve ısı geçirenlik özelliklerine göre değişmektedir. Isı yalıtımı ile, bina durumuna bağlı olarak % 20-75 oranında ısı tasarrufu yapılabildiği gibi, yakıt miktarında ve dolayısıyla atmosfere salınan zararlı gazlar ile çevre kirliliğinde de önemli azalmalar sağlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isı kaybı, ısı kazancı, ısı yalıtımı, yalıtım malzemesi, enerji verimliliği.

Comparison of Insulated and Uninsulated Versions of A Building Located at Second Region According to TS 825 “Guidelines for Heat Insulation in Buildings”

Abstract

The purpose of this study is to determine the possible changes in heat loss, heat gain and heating energy needs of an uninsulated residence building after insulating the building according to TS 825 “Guidelines for Heat Insulation in Buildings” standards. In Turkey usable energy sources are quite restricted and more than half of Turkey’s energy needs are met by import. The fact that Turkey is dependent on foreign countries in energy supply requires energy saving to be made in all sectors. The energy that is consumed for heating constitutes the largest part of total energy consumption. The most effective savings method for decreasing the ratio of energy consumption in heating is to minimize heat losses by designing buildings with heat insulation. Heat losses in buildings vary according to the size of the planned volume, the dimensions of building elements and their thermal permeability properties. With heat insulation, % 20-75 heat saving can be achieved depending on the condition of the building. In addition, environmental pollution can be considerably decreased due to reduced fuel amount and reduced harmful gases to the atmosphere.

Keywords: Heat loss, heat gain, heat insulation, insulation material, energy efficiency.

Bu makaleye atıf yapmak için

USTA S., “ TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına Göre İkinci Bölgede Bulunan Bir Binanın Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlarının Enerji Verimliliği Bakımından Karşılaştırılması” Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 5(1) 1-24

How to cite this article

Usta S., “Comparison of Insulated and Uninsulated Versions of A Building Located at Second Region According to TS 825 “Guidelines for Heat Insulation in Buildings”,” Electronic Journal of Construction Technologies, 2009, 5 (1) 1-24

1. GİRİŞ

İnsanlar beden iç ısılarında değişikliklere neden olabilecek çevre ve iklim değişikliklerine karşı fazla dayanıklı değildirler. İnsanların bedensel ve zihinsel üretim hızını etkileyen en önemli faktör, buldukları ortamın ısı konforudur. Isıl konfor bir insanın sağlıklı ve verimli olabileceği ısı parametrelerin, bulunduğu ortamda sağlanması olarak tanımlanmaktadır [12]. Herhangi bir ortam için optimum ısı konfor şartları ortamın ısı kazançları ile ısı kayıplarının dengede tutulması ile sağlanmaktadır. Ortamdaki ısı kayıplarının ısı kazançlarından fazla olması durumunda aradaki enerji farkının ısıtma enerjisi olarak ortama verilmesi gereklidir. Isı kayıplarının azaltılması iç ve dış ortamlar arasında sınır oluşturan duvar, pencere, kapı, döşeme, çatı vb. yapı elemanlarında gerekli yalıtım detaylarının uygulanması ile sağlanmaktadır. Isı kayıplarının azaltılması ısıtma enerjisinin temininde kullanılacak yakıt miktarı ile yakıt atıklarının çevreye verdiği zararların azaltılmasında etkili olmaktadır.

Ülkemizde enerji tüketiminin ortalama % 41'i konutlarda, % 33'ü sanayide, % 20'si ulaşımda, % 5'i tarımda ve % 1'i diğer alanlarda kullanılmaktadır. Tüketilen enerjinin yaklaşık % 85'i ısınma amaçlı kullanılmaktadır [5]. Bu değer enerji ihtiyacının yaklaşık % 61.5'ini ithal eden ülkemiz için çok büyüktür [4]. Türkiye'de 1997 yılında 71 milyon ton petrol eşdeğeri (TPE) enerji tüketildiği belirlenmiştir. Bu tüketim yanında enerji üretiminin 29 Milyon TPE enerji olduğu ve üretimin tüketimi karşılama oranının % 41 olduğu tespit edilmiştir [2]. Bu sonuca göre ülkemizde bir enerji açığı söz konusudur. Bu enerji açığı, mevcut enerjinin en yüksek verimle kullanılmasını ve enerji tasarrufunu zorunlu kılmaktadır.

Binalarda ısı yalıtım önlemleriyle bina durumuna bağlı olarak % 20-75 oranında ısı tasarrufu sağlanabilmektedir. Ülkemizde yakıtı ödenen paranın büyük bir kısmının ithalat yoluyla yurt dışına gittiği düşünülürse, yalıtım yoluyla yakıt tasarrufu aynı zamanda döviz tasarrufu anlamına da gelmektedir [7]. Ülkemizdeki binaların ısı yalıtım projelerinin hazırlanmasında TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardı kullanılmaktadır. TS 825 Standardı 14.06.1999 gün ve 23725 sayılı resmi gazetede yayınlanmış, 14.06.2000 tarihinden itibaren zorunlu standart olarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu standart, binalarda kullanılacak ısı yalıtım malzemelerinin fiziksel özelliklerini sınırlayan, binanın bulunduğu çevreyle olan etkileşimini tarif eden ve binanın ihtiyaç duyduğu ısınma enerjisini hesaplamaya yönelik bir hesap metodunu içermektedir [14]. TS 825 Standardı yürürlüğe girdikten sonra Ülkemizdeki bazı büyük kentlerde inşa edilmiş binaların İstanbul'da % 53'ünde, Ankara'da % 24'ünde, İzmir, Kocaeli ve Bursa'da % 84'ünde ısı yalıtım uygulamalarının hiç yapılmadığı belirlenmiştir [8].

Binaların iç ortamı ile dış ortam arasında sınır oluşturan yapı elemanları sürekli değişen dış iklimsel koşulların etkisi altında kalmaktadır. Dolayısıyla bina içerisinde istenen ısı konfor şartları duvar, pencere, kapı, döşeme, çatı vb. dış cephe yapı elemanları ile doğrudan ilişkili olmaktadır [3]. Isı kayıpları yapının mimarisine, konumuna, yalıtımına ve yapı malzemelerinin özelliklerine göre değişiklik gösterse de genel olarak, bina yüksekliği arttıkça dış duvarlardan ve pencerelerden gerçekleşen ısı kayıp oranlarının arttığı görülmektedir [1]. Son yıllarda konutların yüksekliklerindeki artış göz önüne alındığında dış duvarlar ve pencerelerde yapılan ısı yalıtım uygulamalarının önemi daha iyi anlaşılacaktır.

Binaların dış cephelerinde kullanılan doğramalar ve cam elemanlar da ısı konforunun sağlanmasında önemli bir yere sahiptirler. TSE Belgesiz doğramalar yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında ortalama % 58 oranında artışa sebep olmaktadır [6]. Binaların proje aşamalarında pencere tipi ve oranının seçiminde ekonomik durum göz önüne alınmalıdır. Pencere oranının % 25 yerine % 75 alınması ısı kaybını yaklaşık iki katına çıkarmaktadır. Pencerelerin ısı yalıtımlı (Çift cam) değil de basit tip pencere (Tek cam) yapılması durumunda % 25, % 50 ve % 75 pencere oranları için sırasıyla % 42, % 61 ve % 73 oranında daha fazla ısı kaybı meydana gelmektedir [1]. Edirne İlinde 1999 yılında 90 konut üzerinde yapılan bir araştırmada, kullanıcıların % 77'sinin tek camlı olan ahşap doğramalarını çift camlı plastik doğrama ile değiştirdikleri tespit edilmiştir [11]. Yapılan bu tespitler, kullanıcıların ısı kaybı daha az olan pencere sistemlerine giderek daha fazla önem verdiği yönündedir.

1990 yılı verilerine göre yapılan bir çalışmada, bina dış duvarlarında kullanılan ortalama yalıtım malzemesi kalınlığının Fransa'da 10 cm, Almanya'da 6 cm, İtalya'da 5.5 cm, İngiltere'de 5 cm ve Türkiye'de ise 3 cm olduğunu Tespit edilmiştir [6]. Bu kalınlık değerlerinin günümüz koşulları dikkate alındığında daha da artacağı bir gerçektir. TS 825 Standardına göre ikinci derece gün bölgesinde yer alan Bursa İli Nilüfer İlçesinde yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre; konutların ortalama % 78'inde duvar yalıtımı olmadığı ve yalıtım uygulanan duvarlarda ise çift duvar arası 3 cm polistren sert köpük malzeme kullanıldığı belirlenmiştir [12]. Çift duvar arası ısı yalıtımı uygulamaları sandviç duvar olarak ifade edilmektedir. İki duvar arasına sert köpük levhaların yerleştirilmesiyle oluşturulan uygulaması kolay bir yöntemdir. Türkiye'deki çift duvar arası ısı yalıtımı uygulamalarında çoğunlukla betonarme yüzeyler yalıtılmamaktadır. Betonarme yüzeylerdeki ısı köprülerinin oluşumunu engellemek sadece binanın dıştan yalıtılmasıyla mümkün olmaktadır [10].

Eurostat (Statistical Office of the European Communities) ve Devlet İstatistik Enstitüsünün 1999 yılı verilerine göre çatı yalıtımlı konut oranının Avrupa Birliği lkelerinde ortalama % 69, Türkiye'de % 10.2 olduğu ayrıca çift camlı konut oranının Avrupa Birliği lkelerinde ortalama % 74, Türkiye'de ise % 9 olduğunu belirlenmiştir [13]. Bu değerlerden de görüleceği üzere Avrupa Birliği lkelerinde ısı yalıtımı malzemelerinin kullanım oranı Türkiye'nin yaklaşık 7-8 katıdır. Aradaki bu farkın azaltılabilmesi için Türkiye'deki binaların Avrupa Birliği Standartları doğrultusunda hazırlanan TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına uygun yalıtımlı bir şekilde projelendirilerek inşa edilmesi ve enerji verimliliğine yönelik toplum bilincinin artırılması gereklidir.

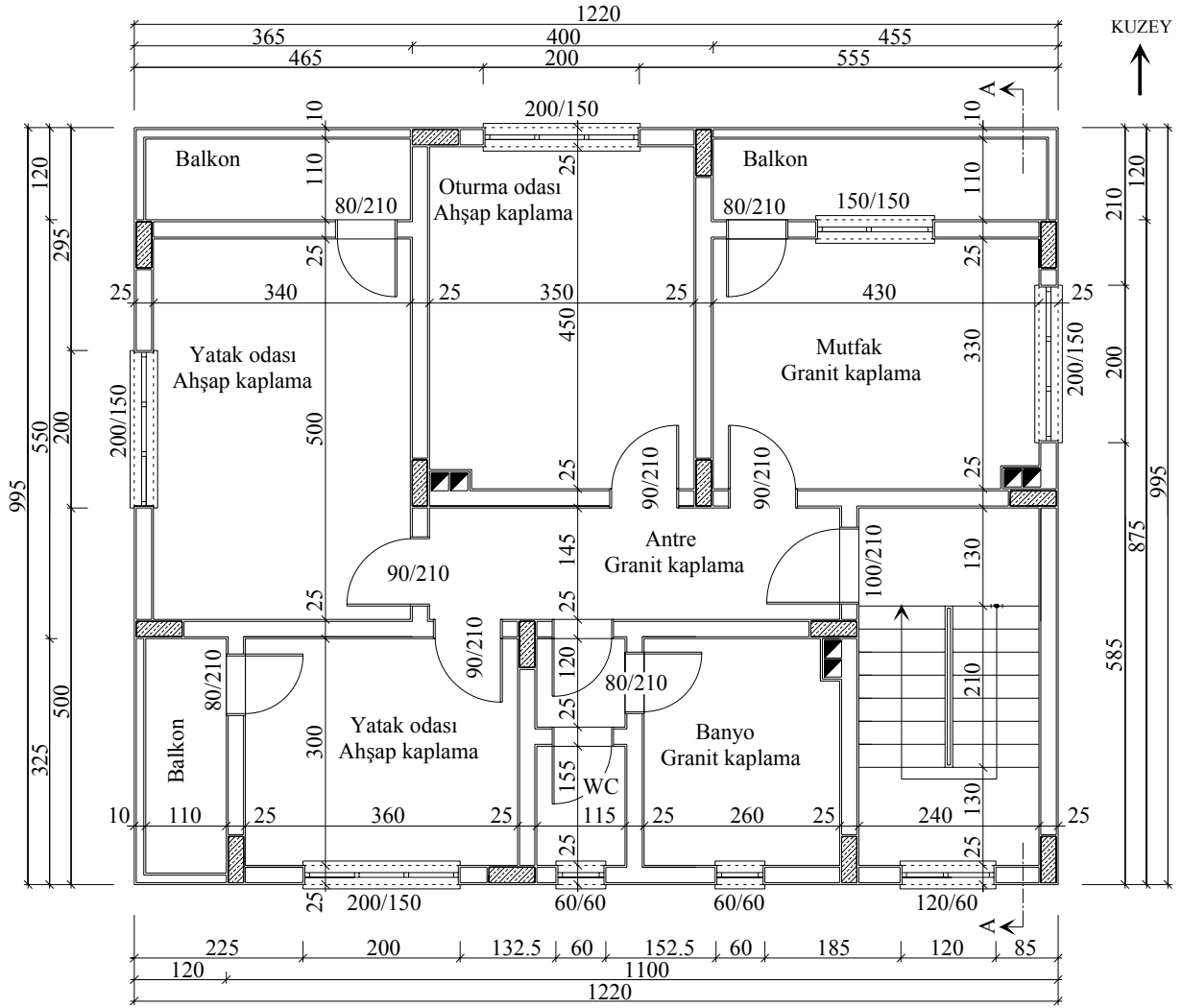
Isı yalıtımının enerji tasarrufu yanında ortaya çıkardığı en önemli sonuçlardan bir tanesi de, daha az yakıt ve daha az baca gazı nedeniyle evre kirliliğini azaltıcı yöndeki etkisidir. Fosil yakıtlar çevreye çok büyük zarar verirler. Fosil yakıtların yakılması sera etkisinin atmosferde biriken gazların sıcaklığının yeryüzünden geri ışınımı engellemesiyle oluşan küresel tehdidin ana nedenidir. Sera etkisine neden olan en temel gaz fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan karbondioksittir. Mevcut eğilimin böyle devam etmesi durumunda küresel sıcaklık önümüzdeki yıllarda fark edilir oranda artacaktır ve bu durum önemli ekolojik ve iklimsel sonuçlar doğuracaktır [10].

Bu alışmada TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına göre ikinci derece gün bölgesinde yer alan ve hiçbir yapı elemanında ısı yalıtımı yapılmayan bir konut binasının, ilk olarak TS 825 standardına uygun ısı yalıtımlı duruma dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Daha sonra binanın yalıtımsız ve yalıtımlı durumları için ısı kazançları, ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları belirlenerek bu değerlerdeki değişimlerin enerji verimliliği bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın materyalini, şekil 1'de normal kat planı verilen ve yapı elemanlarının hiçbirinde ısı yalıtımı yapılmayan, geleneksel yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilmiş üç katlı müstakil betonarme bina oluşturmuştur. Kat yüksekliği 280 cm olan bina konut olarak kullanılmaktadır. Bina üzerinde eğimi % 33 ve yüksekliği 180 cm olan bir kırma çatı bulunmaktadır. Bina iki adet normal kat ve bir adet zemin kattan meydana gelmektedir. atı ile tavan döşemesi arasındaki hacim kullanılmamaktadır. Binanın normal kat planı ve zemin kat planı aynı olup, aralarındaki tek fark zemin katta balkonlar ve balkon kapılarının olmamasıdır. Ayrıca zemin katın doğu cephesi üzerinde 100/210 cm boyutlarında demir doğramadan ve camsız olarak imal edilmiş bir bina giriş kapısı bulunmaktadır.

Bina duvarlarında 19 cm kalınlığındaki yatay delikli tuğlalar kullanılmıştır. Dış duvarların i yüzeyleri kireç-imento harcından imal edilen 3 cm kalınlığındaki sıva ile dış yüzeyleri ise imento harcından imal edilen 3 cm kalınlığındaki sıva ile kaplanmıştır. Binadaki kirişler 20x50 cm, kolonlar ise 20x60 cm kesit boyutlarındadır. Kolon ve kirişlerin her iki yüzeyleri de 2,5 cm kalınlığındaki sıva ile kaplanmıştır. Dış yüzeylerin sıvasında imento harcı, i yüzeylerin sıvasında ise kireç-imento harcı kullanılmıştır.



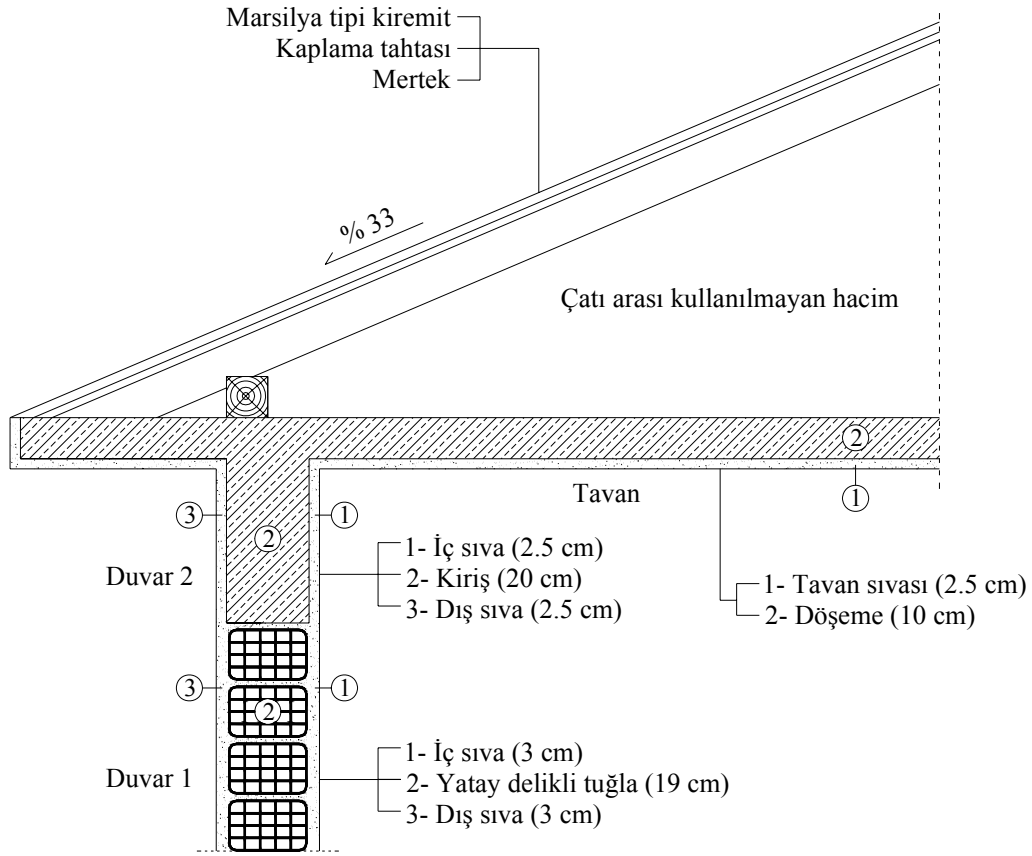
Şekil 1. Normal kat planı

Binadaki bütün taşıyıcı döşememelerinin kalınlığı 10 cm olarak projelendirilmiştir. Tavanlar kireç-çimento harcından imal edilen 2.5 cm kalınlığındaki sıva ile kaplanmıştır. Havalandırma sistemi olarak, kapı ve pencereler ile gerçekleştirilen doğal havalandırma sistemi kullanılmıştır. Bina katlarındaki tüm kapı ve pencereler ahşap doğramadan ve tek camlı olarak imal edilmiştir. Dış kapı ise demir doğramadan ve camsız olarak imal edilmiştir. Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında balkon kapılarındaki cam yüzeylerin alanları toplamı yapının pencere alanları toplamına ilave edilmiştir. Balkon kapıları, kapı genişliğince yüksekliğinin yarısı ahşap doğrama diğer yarısı da cam olacak şekilde imal edilmiştir. Hesaplamalarda pencereler "pencere", balkon kapılarının ahşap doğrama kısımları "kapı 1" ve dış kapı "kapı 2" ismi ile ifade edilmiştir. Kapı ve pencerelerin hesaplamalarda dikkate alınan ısıl geçirgenlik katsayıları tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kapı ve pencerelerin ısıl geçirgenlik katsayıları [14]

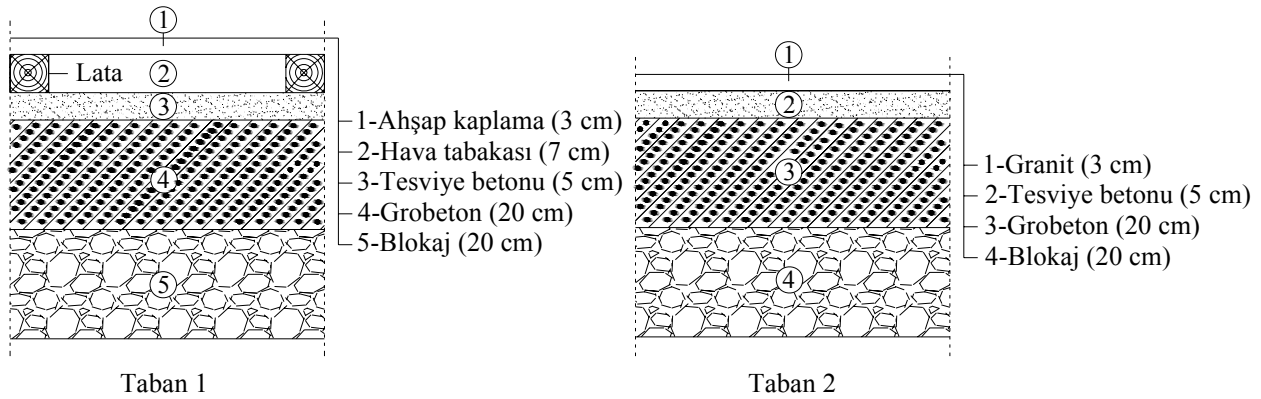
Yapı elemanı	Isıl geçirgenlik katsayısı (U) (W/m ² .K)
Pencere (tek cam)	4.90
Kapı 1 (balkon kapıları)	3.50
Kapı 2 (dış kapı)	5.50

Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında; binanın dış duvarları "duvar 1", dış cepheleri üzerindeki kolon ve kirişleri "duvar 2", çatı altı döşemesi ise "tavan" ismi ile ifade edilmiştir. Dış duvarlar, kirişler ve çatı altı tavan döşemesine ait detay çizimleri şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Dış duvar, kiriş ve çatı altı döşemesi detayları

Binanın zemin kat döşemesi toprağa oturmaktadır. Zemin kat döşemelerine ait detay çizimleri şekil 3'de verilmiştir. Sulu hacim olarak adlandırılan mutfak, banyo, tuvalet, antre ve balkonların tabanlarına granit döşenmiştir. Kuru hacim olarak adlandırılan yatak odası ve oturma odası tabanları ahşap kaplama şeklinde yapılmıştır. Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında; kuru hacim tabanları "taban 1", sulu hacim tabanları ise "taban 2" ismi ile ifade edilmiştir.



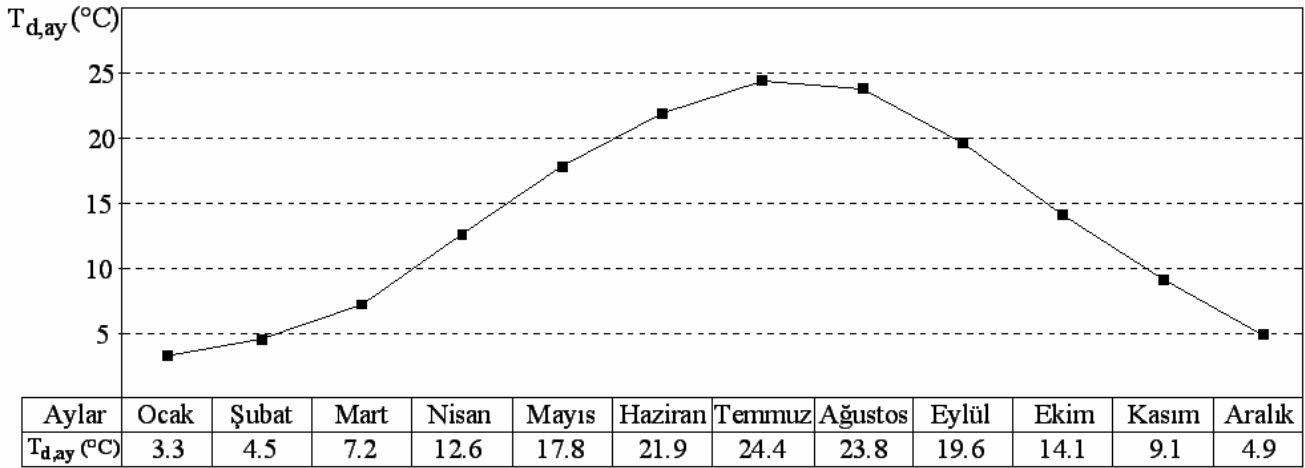
Şekil 3. Zemin kat tabanı detayları

Araştırma konusu binada doğal agrega kullanılarak imal edilmiş TS 500'e uygun beton kullanılmıştır. Zemin kattaki kuru hacim tabanlarına iğne yapraklı ağaçlardan üretilen ahşap kaplama döşenmiştir. Ahşap kaplama 7x7 cm kesit boyutlarındaki latalardan oluşturulan ızgara sistemi üzerine oturtulmuştur. Ahşap döşeme kaplamaları altındaki tesviye betonlarının imalatında gözeneksiz agregalar kullanılmıştır. Granit döşeme kaplamaları altındaki tesviye betonları ise çimento harcı kullanılarak imal edilmiştir. Yapı elemanları bileşenlerin ısı iletkenlik hesap değerleri tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yapı elemanları bileşenlerinin ısı iletkenlik hesap değerleri [14]

Yapı elemanı bileşeni	Isı iletkenlik hesap değeri (λ_h) (W/m.K)
Donatılı beton (betonarme)	2.10
Donatısız beton (grobeton)	1.74
Yatay delikli tuğla	0.45
Çimento harçlı dış sıva / Çimento harçlı tesviye betonu	1.40
Kireç-çimento harçlı iç sıva	0.87
Kireç-çimento harçlı tavan sıvası	0.87
İğne yapraklı ağaçlardan üretilen ahşap kaplama	0.13
Granit	3.50
Blokaj (kırma taş)	0.70
Gözeneksiz agregalar ile üretilen edilen tesviye betonu	0.81
Yatay hava tabakası (ısı akımı yukarıdan aşağıya)	0.15

TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına göre, araştırma konusu binanın ikinci bölgede olduğu kabul edilmiştir. İkinci bölge için aylık ortalama dış hava sıcaklığı değerlerinin aylara göre değişimi şekil 4'de verilmiştir.

**Şekil 4.** TS 825 Standardına göre ikinci bölge için aylık ortalama dış hava sıcaklıkları [14]

Isı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında, TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardı ve bu Standard doğrultusunda İZODER (Isı, su, ses ve yangın yalıtımcıları derneği) tarafından hazırlanan bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Binanın dış ortam ile arasındaki sınırlarını belirleyen zemin kat tabanı, dış duvarlar, çatı altı tavan döşemesi, dış kapı ve pencereler arasında kalan iç hacmi dikkate alınarak tek bir bölge için ısı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları yapılmıştır. Araştırma konusu binada çatı ile tavan döşemesi arasındaki hacim kullanılmadığından dolayı hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Merdiven kovası boşluğu tüm bina yüksekliğince ısıtılması planlanan iç ortam hacmine dahil edilmiştir.

Balkon ve çatı saçağı döşemeleri, bina iç hacmi ile dış ortam arasında bir ısı köprüsü oluşturmadıklarından dolayı hesaplamalarda göz ardı edilmişlerdir. TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına göre; ısı kayıpları, ısı kazançları ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları aşağıda verilen işlem sırası takip edilerek yapılmıştır.

İlk olarak (1-5) numaralı eşitlikler ile binanın yalıtımsız durumu için özgül ısı kayıpları belirlenmiştir. Özgül ısı kayıpları; binanın dış ortam ile arasındaki sınırları oluşturan zemin kat tabanı, dış duvarlar, çatı altı tavan döşemesi, dış kapı ve pencerelerden iletim yolu ile gerçekleşen ısı kayıpları ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıpları toplamına eşittir.

$$H = H_i + H_h \quad (1)$$

$$H_i = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + U_K \cdot A_K \cdot 0,8 \cdot U_T \cdot A_T + 0,5 \cdot U_t \cdot A_t \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (3)$$

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (4)$$

$$V_h = 0,80 \cdot V_{\text{brüt}} \quad (5)$$

Eşitliklerde;

H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K)

H_i, H_h : Binadan iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıpları (W/K)

U_D : Dış duvarların ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

U_P, U_K : Pencere ve dış kapılarının ısı geçirgenlik katsayıları (W/m²K)

U_T, U_t : Tavan ve taban döşemelerinin ısı geçirgenlik katsayıları (W/m²K)

A_D : Dış duvarların toplam yüzey alanı (m²)

A_P, A_K : Pencere ve dış kapıların toplam yüzey alanları (m²)

A_T, A_t : Tavan ve taban döşemelerinin toplam yüzey alanları (m²)

U : Yapı elemanının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m².K)

d_n : Yapı elemanı bileşeninin kalınlığı (m)

λ_h : Yapı elemanı bileşeninin ısı iletkenlik hesap değeri (W/m.K)

1/α_i : Yapı elemanı iç yüzeyinin yüzeysel ısı taşınım direnci (m².K/W)

1/α_d : Yapı elemanı dış yüzeyinin yüzeysel ısı taşınım direnci (m².K/W)

n_h : Hava değişim sayısı (h⁻¹)

V_h : Havalandırılan hacim (m³)

V_{brüt} : Brüt hacim (m³)

Değerlerini göstermektedir.

Yüzeysel ısı taşınım direnci değerleri tablo 3'de verilmiştir. Hava değişim sayısı (n_h); milli ve milletler arası yetkili kuruluşlar tarafından verilen uygunluk belgesine sahip firmaların ürettiği pencere sistemleri için 1 h⁻¹, diğer pencere sistemleri için 2 h⁻¹ alınır. Bu değer araştırma konusu binanın yalıtımsız durumu için 2 h⁻¹, TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumu için 1 h⁻¹ olarak dikkate alınmıştır.

Tablo 3. Yapı elemanlarının yüzeysel ısı taşınım direnci değerleri [14]

Yapı elemanı	1/α _i (m ² .K/W)	1/α _d (m ² .K/W)
Dış duvarlar	0.13	0.08
Kullanılmayan çatı arası hacim altındaki tavan	0.13	0.08
Altında bodrum olmayan bir mekânın zemine oturan tabanı	0.17	0.04

İç ısı kazançları binadaki ısıtma, aydınlatma, yemek pişirme vb. durumlardan elde edilen kazançlar olup hesaplamalarda 5 W/m² olarak alınmıştır. Güneş enerjisi kazançları ise sadece bina pencerelerinden sağlanan güneş enerjisidir. İç ısı kazançları (6) ve (7) numaralı eşitlikler, güneş enerjisi kazançları (8) ve (9) numaralı eşitlikler, toplam ısı kazancı değeri ise (10) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \quad (6)$$

$$A_n = 0,32 \cdot V_{\text{brüt}} \quad (7)$$

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (8)$$

$$g_{i,ay} = 0,80 \cdot g_{\perp} \quad (9)$$

$$\Phi_{T,ay} = \Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay} \quad (10)$$

Eşitliklerde;

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (W)

A_n : Bina kullanım alanı (m²)

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları (W)

$r_{i,ay}$: "İ" yönündeki saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

$g_{i,ay}$: "İ" yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$: "İ" yönündeki dik yüzeylere gelen aylık güneş ışınımı şiddeti (W/m²)

A_i : "İ" yönündeki toplam pencere alanı (m²)

g_{\perp} : Yüzeğe dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

$\Phi_{T,ay}$: Aylık toplam ısı kazançları (W)

Değerlerini göstermektedir.

Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$); müstakil ve kat sayısı üç kata kadar olan binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0.8, ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalınıyorsa 0.6, bitişik nizam ve çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için 0.5 alınmaktadır. Bu değer araştırma konusu bina müstakil ve üç katlı olduğu için hesaplamalarda 0.8 olarak alınmıştır. Yüzeğe dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü (g_{\perp}); binanın yalıtımsız durumunda kullanılan tek cam için 0.85, TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumda kullanılan çift cam için 0.75 alınmıştır. Aylık güneş ışınımı şiddeti ($I_{i,ay}$) değerleri tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [14]

Ay	$I_{i,ay}$	$I_{güney}$ (W/m ²)	I_{kuzey} (W/m ²)	$I_{batı/doğu}$ (W/m ²)
Ocak		72	26	43
Şubat		84	37	57
Mart		95	52	77
Nisan		83	66	90
Mayıs		92	79	114
Haziran		95	83	122
Temmuz		93	81	118
Ağustos		93	73	106
Eylül		89	57	81
Ekim		82	40	59
Kasım		67	27	41
Aralık		64	22	37

İç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları toplamının ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmamaktadır. Bu nedenle iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları (11) ve (12) numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanan bir kazanç kullanım faktörü ile azaltılmıştır. Hesaplamalarda aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ($T_{i,ay}$) konutlar için 19°C alınmıştır. Dış hava sıcaklığının iç ortam sıcaklığından büyük olduğu aylarda ısı kaybı olmadığı kabul edilerek, bu aylar için ısı kaybı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesapları yapılmamıştır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/\gamma_{ay})} \quad (11)$$

$$\gamma_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})/H.(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (12)$$

Eşitliklerde;

η_{ay} : Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü

γ_{ay} : Kazanç/kayıp oranı

$T_{i,ay}, T_{d,ay}$: Aylık ortalama iç ve dış ortam hava sıcaklıkları ($^{\circ}C$)

Değerlerini göstermektedir.

Bina iç ortamında belli bir iç sıcaklığın sağlanabilmesi için gerekli olan ısı enerjisinin bir kısmı iç ısı kaynaklarından ve güneş enerjisinden karşılanmaktadır. Geriye kalan ısı enerjisi miktarının ise ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gereklidir. Binanın yalıtımsız durumu için (13) numaralı eşitlik kullanılarak iç ortama iletilmesi gereken aylık ısı enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (14) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Kazanç/kayıp oranının 2.5 ve daha büyük değerlerde olduğu aylarda ısı kaybı olmadığı kabul edilerek bu aylar için hesap yapılmamıştır.

$$Q_{ay} = [H.(T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})].t \quad (13)$$

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (14)$$

Eşitliklerde;

$Q_{ay}, Q_{yıl}$: Aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları (KJ)

t : Bir aylık zamanın saniye cinsinden karşılığı (S)

Değerlerini göstermektedir.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; net oda yüksekliğinin 2.6 metreden küçük olması durumunda eşitlik (15) kullanılarak KWh/m^2 cinsinden, 2.6 metreden büyük olması durumunda ise eşitlik (16) kullanılarak KWh/m^3 cinsinden hesaplanacaktır. Olması gereken en büyük ısı kaybı (Q') değerinin belirlenmesinde, net oda yüksekliğinin 2.6 metreden küçük olması durumunda eşitlik (17), 2.6 metreden büyük olması durumunda ise eşitlik (18) kullanılacaktır. Hesaplamalarda $1J \cong 10^{-3}KJ$, $1KJ \cong 0.278 \times 10^{-3}kWh$, $1Kcal \cong 4.187 KJ$, $1Kcal \cong 1.163 \times 10^{-3}KWh$ birim dönüşümleri kullanılmıştır. Ayrıca bir aylık zamanın saniye cinsinden karşılığı 30×86400 saniye olarak dikkate alınmıştır.

$$Q = Q_{yıl} / A_n \quad (15)$$

$$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \quad (16)$$

$$Q' = 68.59 \frac{A_{top}}{V_{brüt}} + 32.30 \quad (17)$$

$$Q' = 21.95 \frac{A_{top}}{V_{brüt}} + 10.34 \quad (18)$$

Eşitliklerde;

Q : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (KWh/m^2) (KWh/m^3)

Q' : Olması gereken en büyük ısı kaybı (KWh/m^2) (KWh/m^3)

A_{top} : Isı kaybı gerçekleşen yüzey alanları toplamı (m^2)

Değerlerini göstermektedir.

Binanın yalıtımsız durumu için belirlenen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri (Q) ile olması gereken en büyük ısı kaybı değeri (Q') karşılaştırılarak binanın ısı yalıtımı bakımından uygunluğu kontrol edilmiştir.

$Q < Q'$ durumunda binanın TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına uygun olduğu, $Q > Q'$ durumunda ise bu standarda uygun olmadığı kabul edilmiştir. Ayrıca binanın yalıtımlı durumu için dış duvarlar ve tavan döşemesi kesit detaylarında su buharı difüzyonu ve yoğunlaşma kontrolleri yapılarak, yoğunlaşmanın TS 825 Standardında belirtilen sınırlara göre uygunluğu kontrol edilmiştir.

Binalarda su buharı difüzyonu şu şekilde gerçekleşmektedir. Bina iç ortamı ile dış ortam sıcaklıklarının farklı olmasından dolayı, iç ve dış ortam havasının kısmî su buharı basınçları da farklı olmaktadır. Bunun sonucu olarak da havadaki su buharı yapı elemanlarının içinden geçerek, kısmî basıncın yüksek olduğu ortamdaki düşük olduğu ortama doğru hareket etmektedir. Su buharının yapı elemanları içerisinden geçerken soğuk bir bölge ile karşılaşarak yoğunlaşması, yapı elemanları içerisinde su birikmesine neden olmaktadır. Biriken bu su yapının sağlamlığını, sağlık ve konfor şartlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Buhar difüzyonu sonucunda oluşması muhtemel yoğunlaşma suyu miktarının hesapla belirlenerek, belirli bir sınırın altında kalması sağlanmalıdır. TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına göre; su buharı difüzyonu hesaplamaları aşağıda verilen işlem sırası takip edilerek yapılmıştır.

İlk olarak (19) numaralı eşitlik kullanılarak yapı elemanı bileşenlerinin difüzyon dengi hava tabakası kalınlıkları belirlenmiştir. Daha sonra (20-23) numaralı eşitlikler kullanılarak yapı elemanı bileşenleri üzerindeki sıcaklık dağılımı tespit edilmiştir. Hesaplamalarda yapı elemanı bileşenlerinin su buharı difüzyon direnci katsayıları (μ) TS 825 Standardına uygun olarak seçilmiştir.

$$S_d = \mu \cdot d \quad (19)$$

$$q = U \cdot (T_i - T_d) \quad (20)$$

$$T_{yi} = T_i - \left(\frac{1}{\alpha_i} \right) q \quad (21)$$

$$T_{yd} = T_d + \left(\frac{1}{\alpha_d} \right) q \quad (22)$$

$$T_n = T_{n-1} - \left(\frac{1}{U} \right) q \quad (23)$$

$$p_i = \Phi_i \cdot P_{si} \quad (24)$$

$$p_d = \Phi_d \cdot P_{sd} \quad (25)$$

Eşitliklerde;

S_d : Yapı elemanı bileşeninin difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı (m)

μ : Yapı elemanı bileşeninin su buharı difüzyon direnci katsayısı (Birimsiz)

q : Isı akış yoğunluğu (W/m^2)

T_{yi}, T_{yd} : Yapı elemanının iç ve dış yüzey sıcaklıkları ($^{\circ}C$)

T_i, T_d : İç ve dış ortam hava sıcaklıkları ($^{\circ}C$)

T_n : Yapı elemanı bileşeninin yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)

P_i, P_d : İç ve dış ortamın kısmî su buharı basınçları (Pa)

Φ_i, Φ_d : İç ve dış ortamın bağıl nemleri (%)

P_{si}, P_{sd} : İç ve dış ortamın doymuş su buharı basınçları (Pa)

Değerlerini göstermektedir.

Yoğunlaşma suyu miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan hesaplamalarda, TS 825 Standardına göre bazı kabuller yapılmıştır. Bina iç ortam sıcaklığı 20 °C, bağıl nemi % 50 ve dış ortam sıcaklığı -10 °C, bağıl nemi % 80 olarak dikkate alınmıştır. Yapı elemanı bileşenleri üzerindeki sıcaklık dağılımına göre, doymuş su buharı basınçları tespit edilerek (24-25) numaralı eşitlikler ile kısmî su buharı basıncı değerleri belirlenmiştir. Kısmî ve doymuş su buharı basınçları yapı elemanı kesiti üzerindeki grafiğe aktarılarak, yoğunlaşma olup olmadığı kontrol edilmiştir. Çizilen grafiğe göre kısmî su buharı basıncı eğrisinin, doymuş su buharı basıncı eğrisini kestiği bölgelerde bir yoğunlaşma düzleminin olduğu kabul edilmiştir. Kısmî su buharı basıncı eğrisi, doymuş su buharı basıncı eğrisini kesmiyorsa kesitin her noktasında kısmî su buharı basıncı, muhtemel doymuş su buharı basıncından düşüktür. Başka bir ifadeyle, yapı elemanı bileşenlerinin yüzey sıcaklıkları, suyun yoğunlaşma sıcaklığı değerinden daha büyüktür. Hesaplamalarda bu tür yapı elemanlarının kesiti boyunca bir yoğunlaşmanın oluşmadığı kabul edilmiştir.

Yoğunlaşma süresi boyunca meydana gelen yoğunlaşma suyu kütesinin miktarı (26-30) numaralı eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Yoğunlaşma suyu kütesinin miktarı yapı elemanı bileşenlerinde herhangi bir hasar (Isı yalıtımı malzemesinin işe yaramaz hale gelmesi, küf ve mantar oluşumu, korozyon vb.) meydana gelmesini önleyecek ölçüde sınırlandırılmalıdır. TS 825 Standardına göre, yoğunlaşma suyu kütesi miktarının 1.0 kg/m² değerinden küçük olması istenmektedir. Buharlaşma süresi boyunca, buharlaşma ile atılabilen su kütesinin miktarı eşitlik (31) kullanılarak tespit edilmiştir. Hesaplamalarda yoğunlaşma süresi 1440 saat (60 gün), buharlaşma süresi ise 2160 saat (90 gün) olarak alınmıştır.

$$W_T = t_T \cdot (i_i - i_d) \quad (26)$$

$$i_i = \frac{P_i - P_{sw}}{1/\Delta_i} \quad (27)$$

$$i_d = \frac{P_{sw} - P_d}{1/\Delta_d} \quad (28)$$

$$1/\Delta_i = 1,5 \cdot 10^6 \cdot S_{di} \quad (29)$$

$$1/\Delta_d = 1,5 \cdot 10^6 \cdot S_{dd} \quad (30)$$

$$W_V = t_V \cdot (i_i + i_d) \quad (31)$$

Eşitliklerde;

W_T : Yoğunlaşma süresi boyunca meydana gelen yoğunlaşma suyu kütesi miktarı (kg/m²)

t_T : Yoğunlaşma süresi (Saat)

i_i : İç yüzeyden yoğunlaşma suyu düzlemine kadar olan difüzyon akış yoğunluğu (kg/m².h)

i_d : Dış yüzeyden yoğunlaşma suyu düzlemine kadar olan difüzyon akış yoğunluğu (kg/m².h)

$1/\Delta_i$: İç ortam su buharı difüzyon direnci (m².h.Pa/kg)

$1/\Delta_d$: Dış ortam su buharı difüzyon direnci (m².h.Pa/kg)

S_{di} : Yapı elemanı iç yüzeyinden itibaren yoğunlaşma suyu düzlemine kadar olan toplam difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı (m)

S_{dd} : Yapı elemanı dış yüzeyinden itibaren yoğunlaşma suyu düzlemine kadar olan toplam difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı (m)

P_{sw} : Yoğunlaşma suyu düzlemindeki doymuş su buharı basıncı (Pa)

W_V : Buharlaşma süresi boyunca buharlaşma ile atılabilen su kütesi miktarı (kg/m²)

t_V : Buharlaşma süresi (Saat)

Değerlerini göstermektedir.

Buharlaştırma ile atılabilen su kütlesi miktarının, yoğunlaşma suyu kütlesinden büyük olması durumunda meydana gelen yoğunlaşmanın zararsız olduğu, aksi durumda ise yoğunlaşmanın zararlı olduğu kabul edilmiştir. Buharlaştırma ile atılabilen su kütlesi miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan hesaplamalarda iç ve dış ortam sıcaklıkları 12°C , bağıl nem değerleri ise % 70 olarak alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Binanın mevcut yalıtımsız durumu için şekil 2 ve şekil 3’de verilen detaylar dikkate alınarak özgül ısı kaybı hesaplamaları yapılmış ve sonuçları toplu olarak tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Binanın yalıtımsız durumu için özgül ısı kaybı hesaplamaları

Binadaki yapı elemanları		d (m)	λ (W/m.K)	d/λ	$1/\alpha$ ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)	U ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	A (m^2)	A.U (W/K)
Duvar 1	$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.13	-	-	-
	1	İç sıva	0.03	0.87	0.034			
	2	Tuğla	0.19	0.45	0.422			
	3	Dış sıva	0.03	1.40	0.021			
	$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	0.04			
Toplam		0.25	-	0.65	1.542	197.61	304.71	
Duvar 2	$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.13	-	-	-
	1	İç sıva	0.025	0.87	0.029			
	2	Kolon, giriş	0.20	2.10	0.095			
	3	Dış sıva	0.025	1.40	0.018			
	$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	0.04			
Toplam		0.25	-	0.31	3.206	112.02	359.14	
Tavan	$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.13	-	-	-
	1	Tavan sıvası	0.025	0.87	0.029			
	2	Döşeme	0.10	2.10	0.048			
	$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	0.08			
Toplam		12.50	-	0.29	0.8x3.492	107.65	300.73	
Taban 1	$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.17	-	-	-
	1	Ahşap kaplama	0.03	0.13	0.231			
	2	Hava tabakası	0.07	0.15	0.467			
	3	Tesviye betonu	0.05	0.81	0.062			
	4	Grobeton	0.20	1.74	0.115			
	5	Blokaj	0.20	0.70	0.286			
	$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-			
Toplam		0.55	-	1.29	0.5x0.751	53.51	20.09	
Taban 2	$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.17	-	-	-
	1	Granit	0.03	3.50	0.009			
	2	Tesviye betonu	0.05	1.40	0.036			
	3	Grobeton	0.20	1.74	0.115			
	4	Blokaj	0.20	0.70	0.286			
	$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-			
Toplam		0.48	-	0.57	0.5x1.626	54.14	44.02	
Pencere		-	-	-	4.90	55.35	271.21	
Kapı 1		-	-	-	3.50	5.04	17.64	
Kapı 2		-	-	-	5.50	2.10	11.55	
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_i)						1329.10 W/K		
Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_h)						477.40 W/K		
Binanın özgül ısı kaybı (H)						1806.50 W/K		

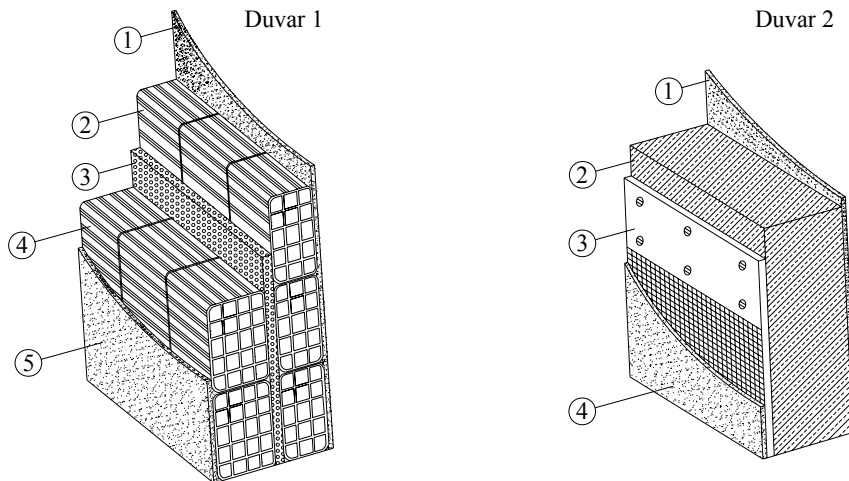
Yalıtımsız durum için belirlenen özgül ısı kaybı değeri ile iç ve dış hava sıcaklıkları, iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları yapılmış ve sonuçları tablo 6’da verilmiştir. Hesaplamalarda bina iç hacmi 904.26 m³ olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Binanın yalıtımsız durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları

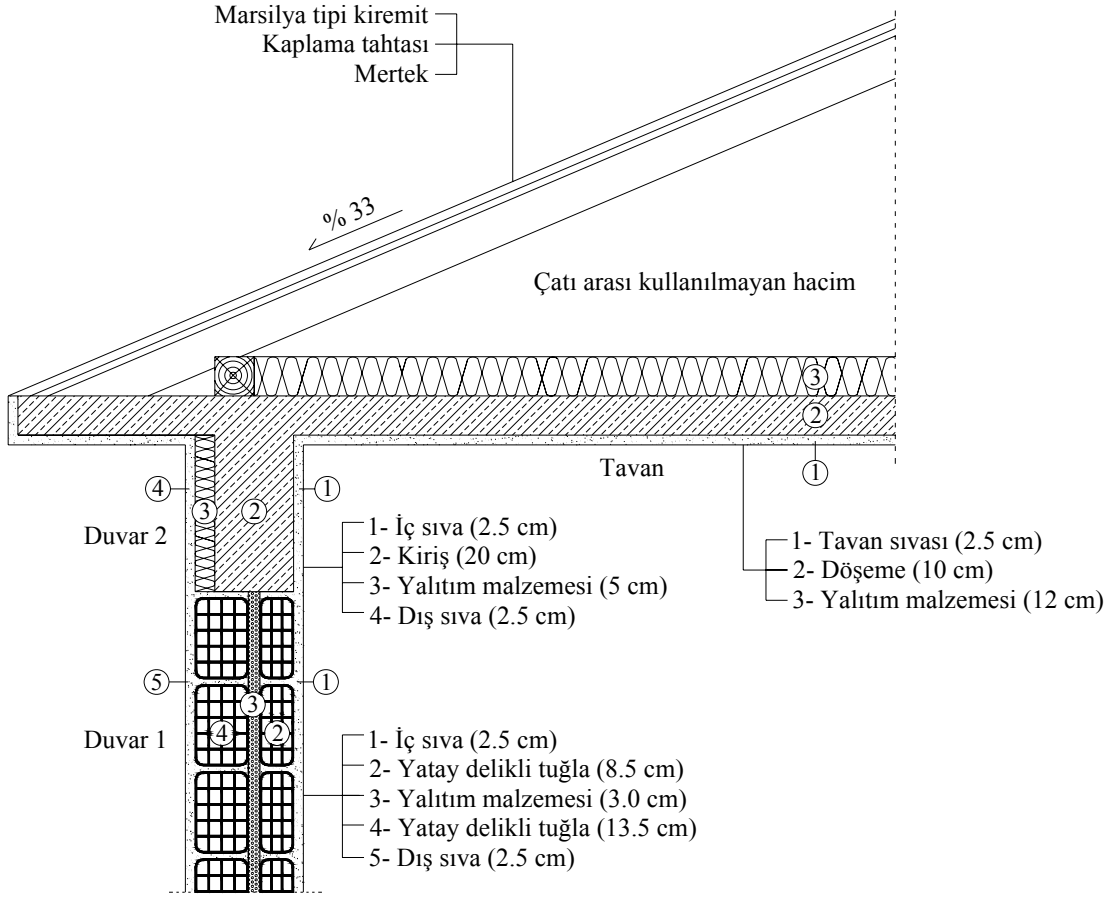
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			γ_{ay}	η_{ay}	Q_{ay} (KJ)
	H (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H.(T_i - T_d)$ (W/K). (°C)	$\Phi_{i,ay}$ (W)	$\Phi_{g,ay}$ (W)	$\Phi_{T,ay}$ (W)			
Ocak	1806.50	15.7	28362	1447	1379	2826	0.10	1.00	66189312
Şubat		14.5	26194		1752	3199	0.12	1.00	59603040
Mart		11.8	21316		2221	3668	0.17	1.00	45743616
Nisan		6.4	11561		2397	3844	0.33	0.95	20500646
Mayıs		1.2	2167		2871	4318	1.99	0.39	1251884
Haziran		0	0		3025	4472	0	0	0
Temmuz		0	0		2943	4390	0	0	0
Ağustos		0	0		2732	4179	0	0	0
Eylül		0	0		2262	3709	0	0	0
Ekim		4.9	8851		1786	3233	0.37	0.93	15148451
Kasım		9.9	17884		1323	2770	0.15	1.00	39175488
Aralık		1.1	25471		1201	2648	0.10	1.00	59157216
$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 306769653$ KJ									
$Q_{yıl} = 85281$ KWh									
$Q = 94.31$ KWh/m ³									
$Q^1 = 24.59$ KWh/m ³									

Hesaplamalar sunucunda $Q > Q^1$ durumu ile karşılaşıldığı için binanın TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardına uygun olmadığı kabul edilmiştir. Bina iç ortam hacmi ile dış ortam arasındaki sınırları oluşturan yapı elemanlarında şekil 5, şekil 6 ve şekil 7’de verilen ısı yalıtımı detayları uygulanarak bina TS 825 standardına uygun hale getirilmiştir.

Dış duvarlarda (Duvar 1) sandviç duvar kesiti uygulanmıştır. Isı yalıtım malzemesi olarak 3 cm kalınlığında yüzeyi düzgün ciltli levhalar kullanılmıştır. Dış hava ile temas halinde olan kolon ve giriş (Duvar 2) yüzeylerinde ısı yalıtım malzemesi olarak 5 cm kalınlığında yüzeyi pürüzlü ve kanallı levhalar kullanılmıştır. Yalıtım malzemelerinin montajında vida ve dübel kullanılmıştır. Yalıtım malzemeleri ile dış sıva arasındaki aderans rabitz teli sağlanmıştır. Duvar detayları şekil 5’de verilmiştir.

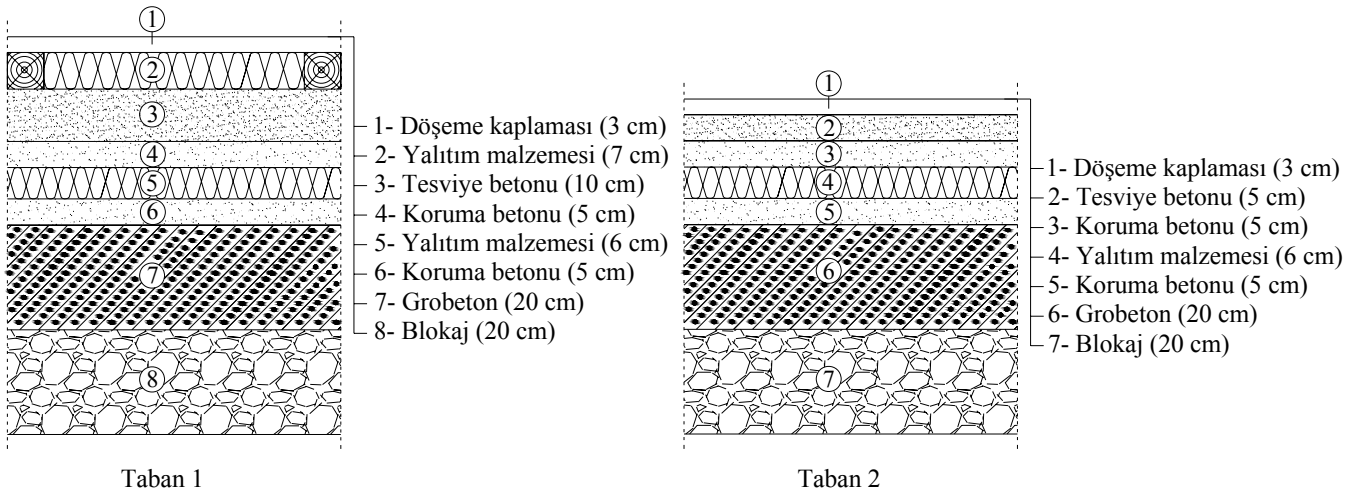


Şekil 5. Binanın yalıtımlı durumunda uygulanan duvar 1 ve duvar 2 detayları



Şekil 6. Binanın yalıtımlı durumunda uygulanan dış duvar, kiriş ve çatı altı döşemesi detayları

Tavan döşemelerinde (Tavan) 12 cm kalınlığında mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri kullanılmıştır. Kuru hacim taban döşemelerinde (Taban 1) ısı yalıtım malzemesi olarak 7 cm kalınlığında mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri ile 6 cm kalınlığında yüzeyi düzgün ciltli levhalar kullanılmıştır. Sulu hacim taban döşemelerinde (Taban 2) ısı yalıtım malzemesi olarak 6 cm kalınlığında yüzeyi düzgün ciltli levhalar kullanılmıştır. Binanın yalıtımlı durumunda pencereler 16 mm ara boşluklu çift cam şeklinde tasarlanmıştır. Dış kapıda (Kapı 2) ısı yalıtımı yapılmıştır. Balkon kapılarında (Kapı 1) ise ısı yalıtımına gerek duyulmamıştır. Binanın yalıtımlı durumu için özgül ısı kaybı hesaplamaları yapılarak sonuçları toplu halde tablo 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Binanın yalıtımlı durumunda uygulanan zemin kat tabanı detayları

Tablo 7. Binanın yalıtımlı durumu için özgül ısı kaybı hesaplamaları

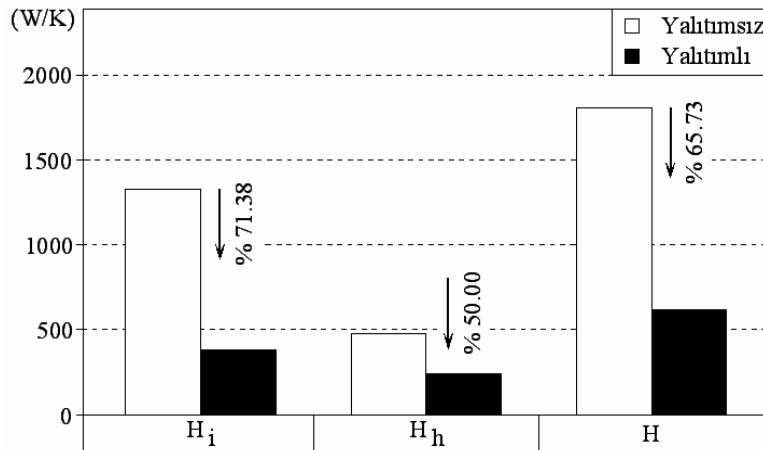
Binadaki yapı elemanları		d (m)	λ (W/m.K)	d/λ (m ² .K/W)	1/ α (W/m ² .K)	U (W/m ² .K)	A (m ²)	A.U (W/K)
Duvar 1	1/ α_i	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.13	-	-	-
	1	İç sıva	0.025	0.87	0.029			
	2	Tuğla	0.085	0.45	0.189			
	3	Yalıtım malzemesi	0.030	0.028	1.071			
	4	Tuğla	0.135	0.45	0.300			
	5	Dış sıva	0.025	1.40	0.018			
	1/ α_d	Dış ısı ilet. kat.	-	-	0.04			
Toplam		0.30	-	1.78	0.562	197.61	111.06	
Duvar 2	1/ α_i	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.13	-	-	-
	1	İç sıva	0.025	0.87	0.029			
	2	Kolon, kiriş	0.20	2.10	0.095			
	3	Yalıtım malzemesi	0.050	0.031	1.613			
	4	Dış sıva	0.025	1.40	0.018			
	1/ α_d	Dış ısı ilet. kat.	-	-	0.04			
Toplam		0.30	-	1.92	0.519	112.02	58.14	
Tavan	1/ α_i	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.13	-	-	-
	1	Tavan sıvası	0.025	0.87	0.029			
	2	Döşeme	0.10	2.10	0.048			
	3	Yalıtım malzemesi	0.12	0.040	3.000			
	1/ α_d	Dış ısı ilet. kat.	-	-	0.08			
Toplam		0.245	-	3.29	0.8x0.304	107.65	26.18	
Taban 1	1/ α_i	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.17	-	-	-
	1	Döşeme kaplaması	0.03	0.13	0.231			
	2	Yalıtım malzemesi	0.07	0.040	1.750			
	3	Tesviye betonu	0.10	0.81	0.123			
	4	Koruma betonu	0.05	1.40	0.036			
	5	Yalıtım malzemesi	0.06	0.028	2.143			
	6	Koruma betonu	0.05	1.40	0.036			
	7	Grobeton	0.20	1.74	0.115			
	8	Blokaj	0.20	0.70	0.286			
1/ α_d	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-				
Toplam		0.76	-	4.85	0.5x0.204	53.51	5.46	
Taban 2	1/ α_i	İç ısı ilet. kat.	-	-	0.17	-	-	-
	1	Döşeme kaplaması	0.03	3.50	0.009			
	2	Tesviye betonu	0.05	1.40	0.036			
	3	Koruma betonu	0.05	1.40	0.036			
	4	Yalıtım malzemesi	0.06	0.028	2.143			
	5	Koruma betonu	0.05	1.40	0.036			
	6	Grobeton	0.20	1.74	0.115			
	7	Blokaj	0.20	0.70	0.286			
1/ α_d	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-				
Toplam		0.64	-	2.79	0.5x0.353	54.14	9.56	
Pencere					2.600	55.35	143.91	
Kapı 1					3.500	5.04	17.64	
Kapı 2					4.000	2.10	8.40	
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_i)					380.34 W/K			
Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_h)					238.70 W/K			
Binanın özgül ısı kaybı (H)					619.04 W/K			

Yalıtımlı durum için belirlenen özgül ısı kaybı değeri ile iç ve dış hava sıcaklıkları, iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları yapılmış ve sonuçları tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Binanın yalıtımlı durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamaları

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			γ_{ay}	η_{ay}	Q_{ay} (KJ)
	H (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H.(T_i - T_d)$ (W/K). (°C)	$\phi_{i,ay}$ (W)	$\phi_{g,ay}$ (W)	$\phi_{T,ay}$ (W)			
Ocak	619.04	15.7	9718	1447	1217	2664	0.27	0.98	18422069
Şubat		14.5	8975		1546	2993	0.33	0.95	15893236
Mart		11.8	7304		1959	3406	0.47	0.88	11163018
Nisan		6.4	3961		2115	3562	0.90	0.67	4081000
Mayıs		1.2	742		2533	3980	5.36	0	0
Haziran		0	0		2669	4116	0	0	0
Temmuz		0	0		2597	4044	0	0	0
Ağustos		0	0		2410	3857	0	0	0
Eylül		0	0		1995	3442	0	0	0
Ekim		4.9	3033		1576	3023	1.00	0.63	2925097
Kasım		9.9	6128		1168	2615	0.43	0.90	9783504
Aralık		14.1	8728		1060	2507	0.29	0.97	16319776
$Q_{yil} = \Sigma Q_{ay} = 78587700$ KJ									
$Q_{yil} = 21847$ KWh									
$Q = 24.16$ KWh/m ³									
$Q' = 24.59$ KWh/m ³									

Hesaplamalar sunucunda $Q < Q'$ durumu sağlanarak araştırma konusu bina TS 825 Standardına uygun hale getirilmiştir. Binanın yalıtımsız durumu ile TS 825 Standardına uygun yalıtımlı durumunda meydana gelen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları şekil 8'de verilmiştir. Yapı elemanlarında gerekli yalıtım detayları uygulanarak özgül ısı kaybı % 65.73 oranında azaltılmıştır.

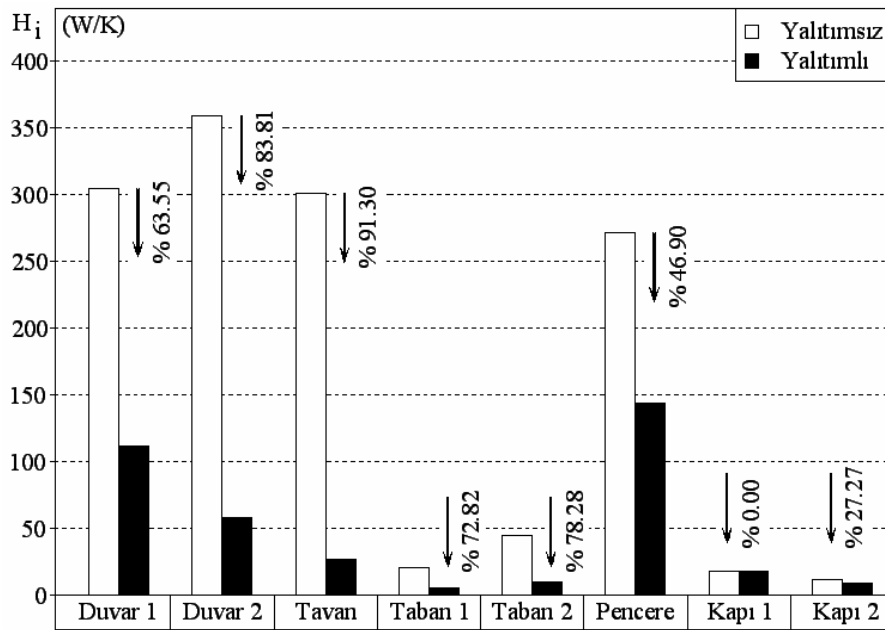


Şekil 8. Isı kayıpları ve yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen azalma oranları

Yalıtımsız durumda; özgül ısı kaybının % 73.57'si yapı elemanlarından iletim yoluyla, % 26.43'ü ise havalandırma yoluyla gerçekleşmiştir. Yalıtımlı durumunda ise; özgül ısı kaybının % 61.44'ü iletim yoluyla, % 38.56'sı ise havalandırma yoluyla gerçekleşmiştir. İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı yapı elemanlarında gerekli yalıtım detayları uygulandıktan sonra % 71.38 azaltılmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı milli ve milletler arası yetkili kuruluşlar tarafından verilen uygunluk belgesine sahip firmaların ürettiği pencere sistemleri kullanılarak % 50 azaltılmıştır.

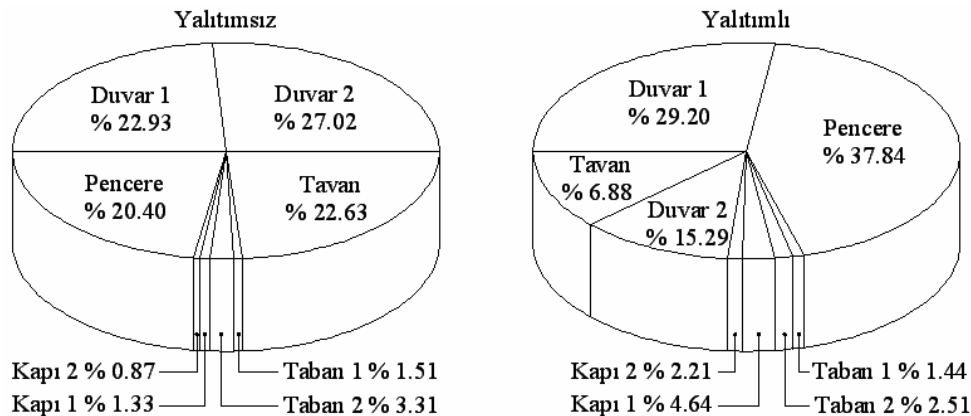
Yapı elemanları bünyesinde kullanılan yalıtım malzemelerinin kalınlıkları artırıldığında meydana gelen ısı kayıpları da aynı oranda azaltılabilir. Yalıtım malzemelerinde ekonomik olmayan aşırı kalınlık artışlarının yapılması yapı elemanı kesit boyutlarının büyümesine ve dolayısıyla bina iç hacminde kayıpların oluşmasına, ayrıca yalıtım maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Yalıtım uygulanan bütün yapı elemanlarında $Q < Q'$ şartını sağlayacak şekilde yalıtım malzemesi kalınlıkları tespit edilmelidir.

Yapı elemanlarının her birinden iletim yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ve ısı kayıplarında meydana gelen azalma oranları şekil 9'da verilmiştir. Yalıtımsız durumda tek cam olarak planlanan pencereler, çift cam yapıldıktan sonra ısı kaybı % 46.90 azalmıştır. Tavan döşemesinde 12 cm kalınlığında mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemesi kullanılarak ısı kaybı % 91.30 azaltılmıştır. Diğer yapı elemanlarında, yalıtım yapıldıktan sonra ısı kaybında meydana gelen azalma miktarları % 63.55-83.81 arasında değişmektedir. Dış kapıda (Kapı 2) yalıtım yapıldıktan sonra ısı kaybında % 27.27 azalma olmuştur.



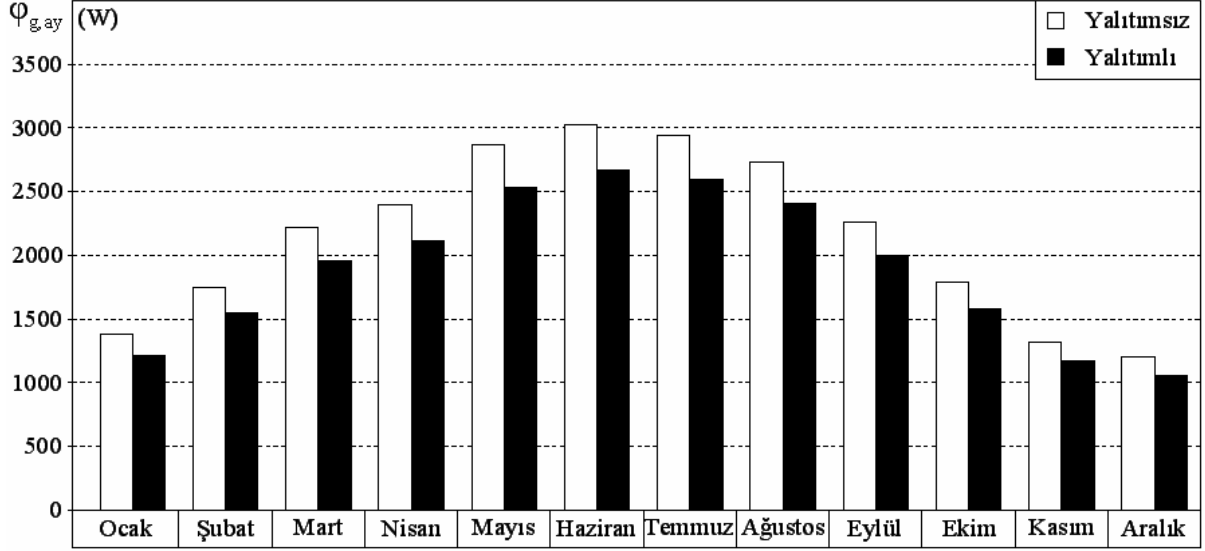
Şekil 9. İletim yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ve azalma oranları

İletim yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybının yüzdesi cinsinden yapı elemanlarından gerçekleşen ısı kaybı değerleri şekil 10'da verilmiştir. Yalıtımsız durumda iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı % 27.02 değeriyle en fazla kolon ve giriş (Duvar 2) yüzeylerinden olmuştur. Yalıtımlı durumda ise iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı en fazla % 37.84 değeri ile pencerelerden olmuştur.



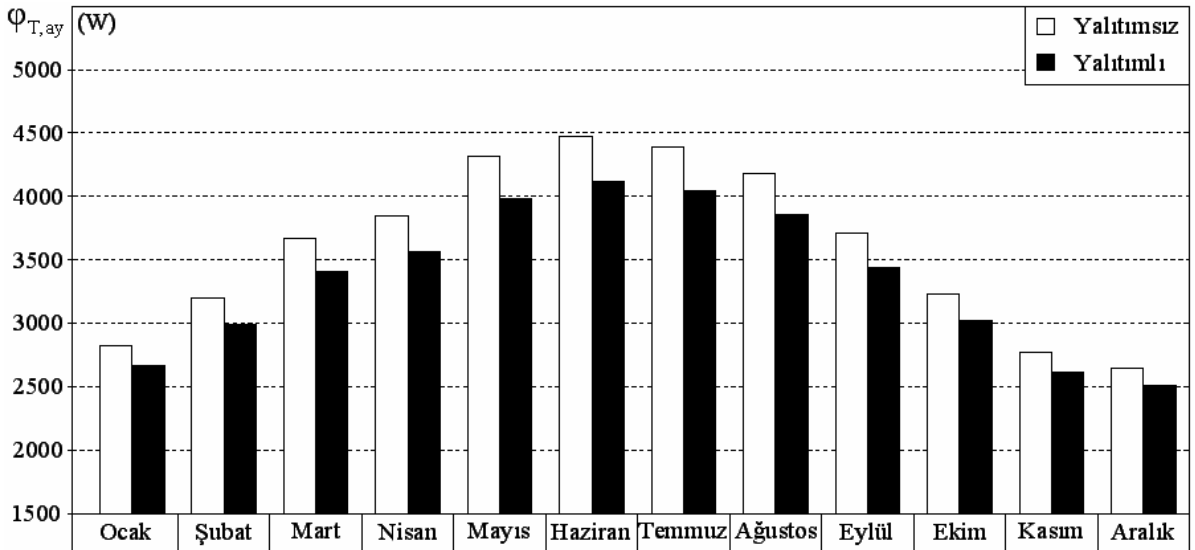
Şekil 10. İletim yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybının yüzdesi cinsinden ısı kayıpları

Güneş enerjisi kazançlarının aylara göre değişimi Şekil 11'de verilmiştir. Dış hava sıcaklığının en yüksek olduğu aylar temmuz ve ağustos ayları olmasına karşın en fazla güneş enerjisi kazancı haziran ayında olmuştur. Bu durumun nedeni dik yüzeylere gelen aylık güneş ışınımı Şiddeti ($I_{i,ay}$) değerlerinin haziran ayında temmuz, ağustos ve diğer aylara oranla daha yüksek olmasıdır. Güneş enerjisi kazancında belirleyici ana faktör dik yüzeylere gelen aylık güneş ışınımı Şiddeti değerleridir.



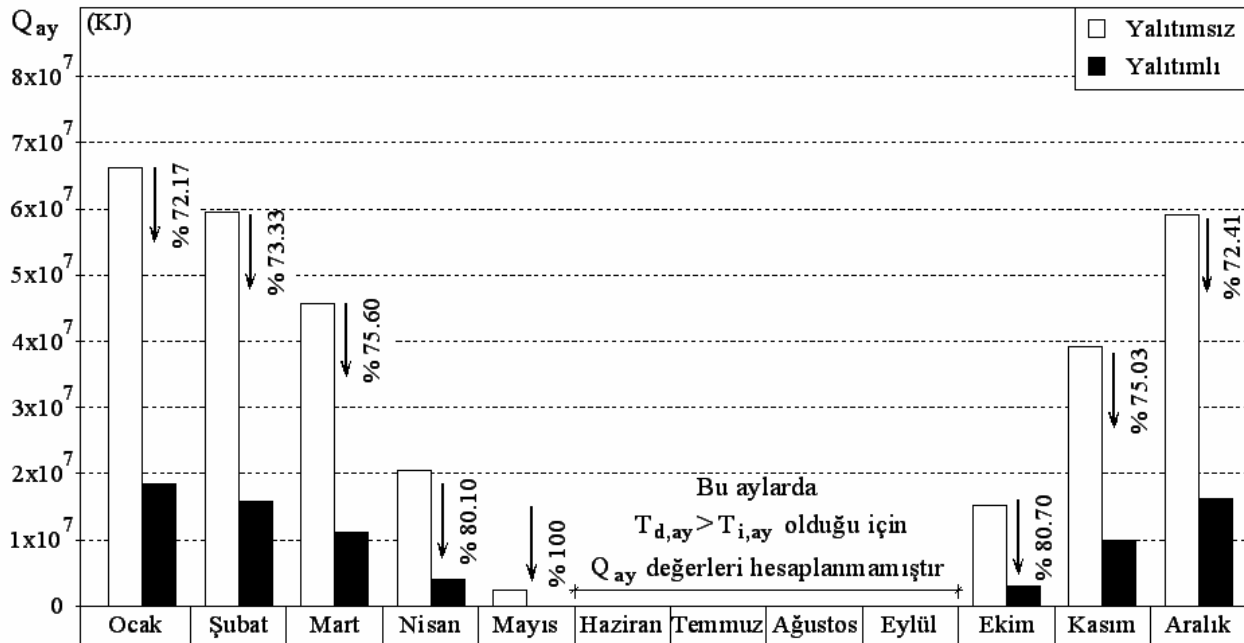
Şekil 11. Güneş enerjisi kazançlarının aylara göre değişimi

Aylık güneş enerjisi kazançları, yalıtımlı durumda pencereler çift cam yapıldıktan sonra pencerelerin tek cam olması durumuna göre ortalama % 11.76 azalmıştır. Çift camlı pencere sisteminde güneş enerjisi kazancı tek camlı pencere sistemine oranla daha azdır. Fakat burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta çift camlı pencere sisteminde meydana gelen ısı kaybının tek camlı pencere sistemine göre daha az olmasıdır. Pencerelerin tek cam olması durumunda 271.21 W/K olan ısı kaybı, pencereler çift cam yapıldıktan sonra % 46.90 azalarak 143.91 W/K değerine düşmüştür. Isı yalıtımı uygulamalarında, bina iç ortam sıcaklığının muhafaza edilmesi yani ısı kaybının önlenmesi güneş enerjisi kazancından daha önemli ve etkilidir. İç ısı kazancı ile güneş enerjisi kazançları toplamına eşit olan toplam ısı kazançları Şekil 12'de verilmiştir. İç ısı kazancı yalıtımsız ve yalıtımlı durumların her ikisi için de 1447 W'dır.



Şekil 12. Toplam ısı kazançlarının aylara göre değişimi

Araştırma konusu binanın mevcut yalıtımsız durumda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 306769653 KJ'dur. Yapı elemanlarında gerekli yalıtım detayları uygulandıktan sonra yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı % 74.4 azaltılmış ve 78587700 KJ değerine düşürülmüştür. Yalıtımsız durumda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının yüzdesi cinsinden aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri büyükten küçüğe doğru şöyledir; ocak % 21.58, şubat % 19.43, mart % 14.91, nisan % 6.68, mayıs % 0.41, ekim % 4.94, kasım % 12.77, aralık % 19.28. Yalıtımsız durumda en fazla ısıtma enerjisi dış hava sıcaklığının en düşük olduğu ocak ayı için gereklidir. Yalıtımlı durumda ise yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının yüzdesi cinsinden aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri büyükten küçüğe doğru şöyledir; ocak % 23.44, şubat % 20.22, mart % 14.20, nisan % 5.20, mayıs % 0, ekim % 3.72, kasım % 12.45, aralık % 20.77. Yalıtımlı durumda da en fazla ısıtma enerjisi dış hava sıcaklığının en düşük olduğu ocak ayı için gereklidir. Yalıtımlı ve yalıtımsız durumların her ikisinde de haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında dış hava sıcaklığı iç ortam sıcaklığından büyüktür. Dolayısıyla bu aylarda ısı kaybı olmadığı kabul edilerek ısı kaybı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesapları yapılmamıştır. Ayrıca binanın yalıtımlı durumunda mayıs ayı için yapılan hesaplamalarda Kazanç/kayıp oranı $\gamma_{ay} \geq 2.5$ olduğundan dolayı, ısı kaybı olmadığı kabul edilerek ısı kaybı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesapları yapılmamıştır. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ve yalıtım yapıldıktan sonra azalma oranları şekil 13'de verilmiştir. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarındaki azalma ortalama % 74.40'dır.



şekil 13. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ve yalıtım yapıldıktan sonra azalma oranları

Bir ortamın ısıtma enerjisine ihtiyacı olup olmadığı ortamın ısı kazançları ve ısı kayıpları dikkate alınarak belirlenir. ısı kazançlarının ısı kayıplarından büyük olması durumunda ek bir ısıtma enerjisine ihtiyacı yoktur. Mevcut ısı kazançları ile ısı konfor şartları sağlanabilmektedir. ısı kazançlarının ısı kayıplarından küçük olması durumunda ise aradaki enerji farkının ek ısıtma enerjisi olarak ortama verilmesi gereklidir. Araştırma konusu binada haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarındaki ısı kazançları ısı kayıplarından büyük olduğundan dolayı bu aylarda ek ısıtma enerjisine ihtiyacı duyulmamaktadır. Diğer aylarda ise ısı kazançları ısı kayıplarından küçük olduğu için ek ısıtma enerjisine ihtiyacı duyulmaktadır.

Araştırma konusu binanın yalıtımsız durumu ve TS 825 "Binalarda ısı Yalıtım Kuralları" Standardına uygun yalıtımlı durumundaki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları dikkate alınarak, bazı yakıt türleri için gerekli yakıt miktarları ve yalıtım yapıldıktan sonra yakıt miktarlarındaki azalma oranları tablo 9'da verilmiştir. Yalıtım yapıldıktan sonra yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacındaki azalma ile orantılı olarak yakıt miktarlarında ortalama % 74.4 azalma olmuştur. Özellikle ithalat yoluyla temin edilen petrol türevi yakıtlar için (Motorin, fuel oil, likit petrol gazı) bu azalma oranı çok önemli ve dikkat çekicidir.

Tablo 9. Bazı yakıt türleri için gerekli yıllık yakıt miktarları ve azalma oranları

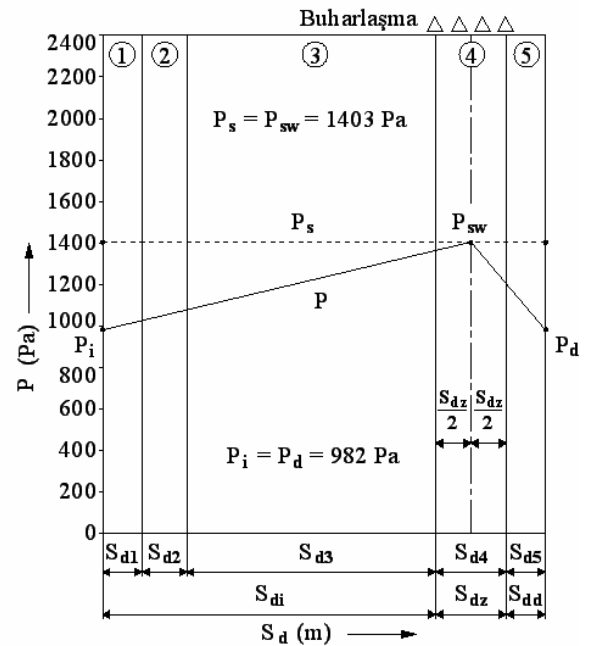
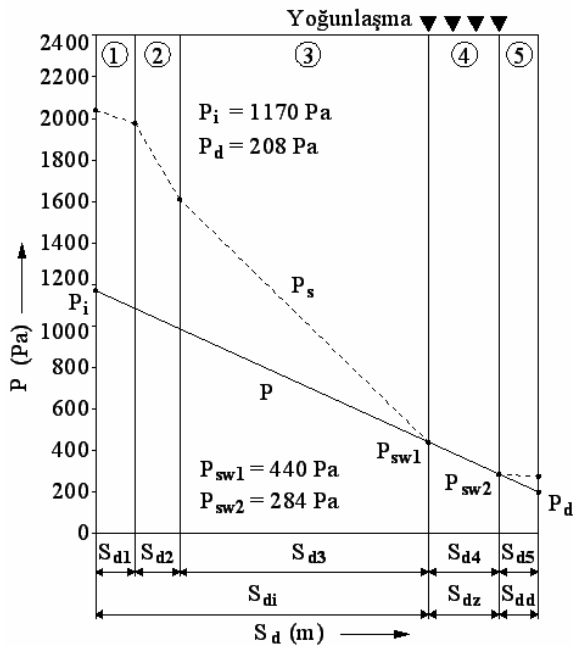
Yakıt türü	Isı değeri* (Kcal/kg)	Yıllık yakıt miktarı (Ton)		Azalma (Ton)	Azalma (%)
		Yalıtımsız durum	Yalıtımlı durum		
Odun	2500-2800	26.20	6.71	19.49	74.40
Linyit kömürü	3000-3300	22.22	5.70	16.52	74.35
Taş kömürü	4500-7500	9.78	2.50	7.28	74.44
Motorin	10200-10800	6.79	1.74	5.05	74.37
Kalorifer yakıtı (Fuel oil)	9700-10500	6.98	1.79	5.19	74.36
Likit petrol gazı (LPG)	11000-11900	6.16	1.58	4.58	74.35

*Yıllık yakıt miktarı hesaplamalarında ısı değerlerinin üst sınırları kullanılmıştır [9].

Binanın yalıtımlı durumu için şekil 5 ve şekil 6'da verilen kesit detayları dikkate alınarak, dış duvarlar (Duar 1, duvar 2) ve tavan döşemesinde su buharı difüzyonu ve yoğunlaşma kontrolleri yapılmıştır.

Tablo 10. Duvar 1 kesiti bileşenleri üzerindeki yüzey sıcaklığı ve doymuş su buharı basıncı dağılımı

No.	Tabaka	d (m)	μ (Birimsiz)	S_d (m)	λ (W/m.K)	d/λ $1/\alpha$ (m ² .K/W)	T (°C)	P_s (Pa)
$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	-	-	0.13	20.00	$P_{Si} = 2340$
1	İç sıva	0.025	15	0.38	0.87	0.029	17.80	2039
2	Tuğla	0.085	5	0.43	0.45	0.189	17.30	1976
3	Yalıtım malzemesi	0.030	80	2.40	0.028	1.071	14.10	1610
4	Tuğla	0.135	5	0.68	0.45	0.300	-3.90	440
5	Dış sıva	0.025	15	0.38	1.40	0.018	-9.00	284
$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-	-	0.04	-9.30	276
				ΣS_d	4.27	$\Sigma(1/U)$	-10.00	$P_{Sd} = 260$
						1.78		

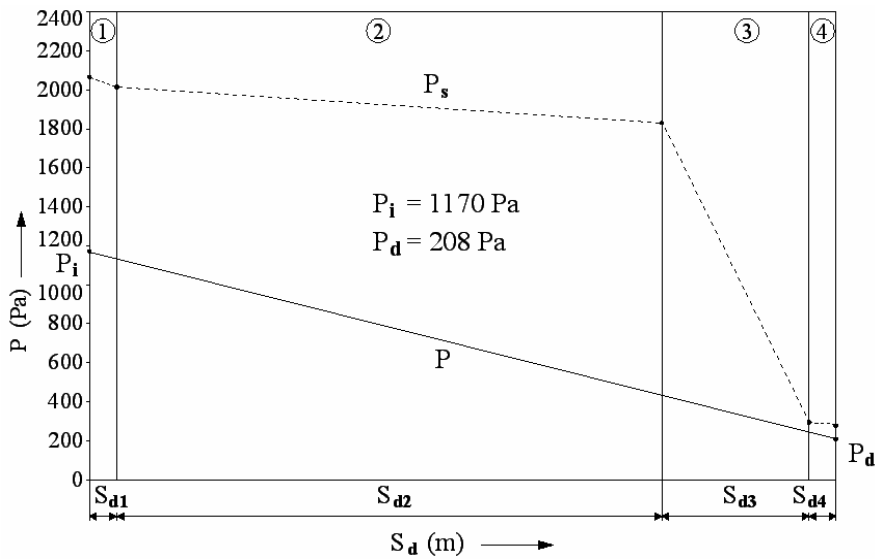
**Şekil 14.** Duvar 1 kesitinin yoğunlaşma ve buharlaşma grafikleri

Duvar 1 kesiti bileşenleri üzerindeki yüzey sıcaklığı dağılımı ve yüzey sıcaklıklarına göre belirlenen doymuş su buharı basıncı değerleri tablo 10'da verilmiştir. Yüzey sıcaklıkları ve doymuş su buharı basıncı değerlerine göre çizilen yoğunlaşma grafiğinde (Şekil 14), kısmî su buharı basıncı eğrisi ve doymuş su buharı basıncı eğrisi 13.5 cm kalınlığındaki tuğla bileşeni üzerinde üst üste gelerek bir yoğunlaşma bölgesi meydana getirmişlerdir. Bu bölgede yoğunlaşma süresi boyunca meydana gelen, yoğunlaşma suyu kütlesinin miktarı 0.04 kg/m^2 , buharlaşma süresi boyunca buharlaşma ile atılabilen su kütlesinin miktarı ise 1.52 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; buharlaşma ile atılabilen su kütlesi miktarının, yoğunlaşma suyu kütlesi miktarından büyük olduğu, ayrıca yoğunlaşma suyu kütlesi miktarının TS 825 Standardına göre üst sınır olarak belirtilen 1.0 kg/m^2 değerinin altında olduğu tespit edilerek, duvar 1 kesitinde meydana gelen yoğunlaşmanın zararsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

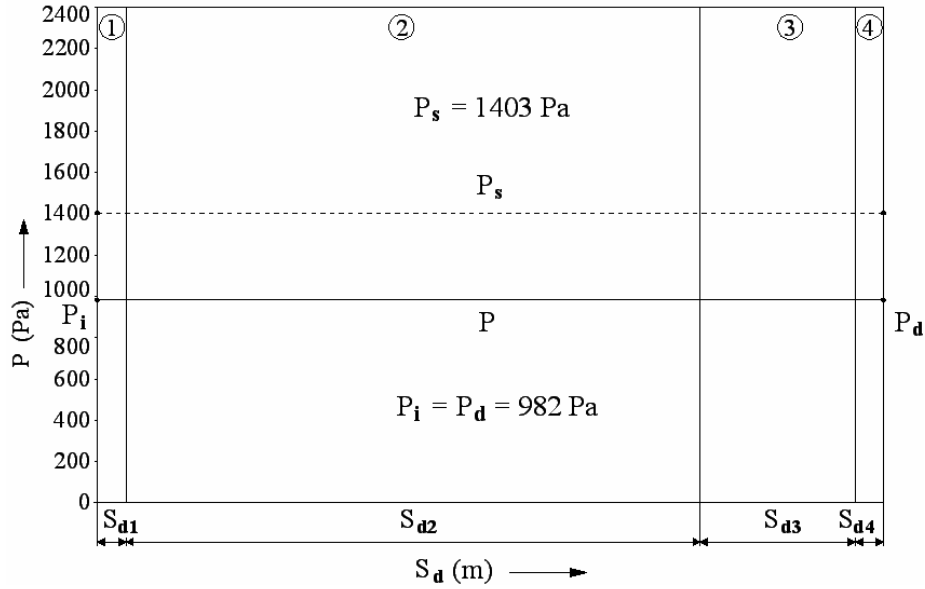
Duvar 2 ve tavan döşemesi kesitleri için, tablo 11 ve tablo 12'deki verilere göre çizilen yoğunlaşma grafiklerinin (Şekil 15, şekil 17) her ikisinde de kısmî su buharı basıncı eğrisi ve doymuş su buharı basıncı eğrisi kesit boyunca hiçbir noktada kesişmediklerinden dolayı, bu kesitlerde bir yoğunlaşmanın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Duvar 2 ve tavan döşemesi kesitlerinde, kısmî su buharı basıncı kesitin her noktasında doymuş su buharı basıncından düşüktür. Dolayısıyla bu kesitlerde yoğunlaşma olmadığı gibi buharlaşma da meydana gelmemektedir. Buharlaşma grafikleri şekil 16 ve şekil 18'de verilmiştir.

Tablo 11. Duvar 2 kesiti bileşenleri üzerindeki yüzey sıcaklığı ve doymuş su buharı basıncı dağılımı

No.	Tabaka	d (m)	μ (Birimsiz)	S_d (m)	λ (W/m.K)	d/λ $1/\alpha$ ($\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	P_s (Pa)
$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	-	-	0.13	20.00	$P_{Si} = 2340$
1	İç sıva	0.025	15	0.38	0.87	0.029	18.00	2065
2	Kolon, kiriş	0.20	70	14	2.10	0.095	17.60	2014
3	Yalıtım malzemesi	0.050	80	4	0.031	1.613	16.10	1830
4	Dış sıva	0.025	15	0.38	1.40	0.018	-9.00	284
$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-	-	0.04	-9.30	276
				ΣS_d		$\Sigma(1/U)$	-10.00	$P_{Sd} = 260$
				18.76		1.92		



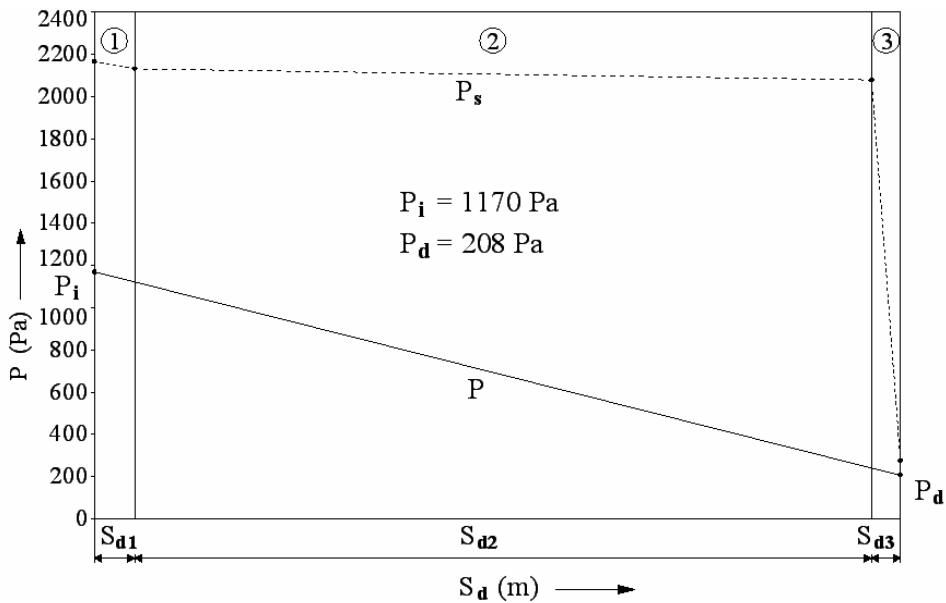
Şekil 15. Duvar 2 kesitinin yoğunlaşma grafiği



Şekil 16. Duvar 2 kesitinin buharlaşma grafiği

Tablo 12. Tavan kesiti bileşenleri üzerindeki yüzey sıcaklığı ve doymuş su buharı basıncı dağılımı

No.	Tabaka	d (m)	μ (Birimsiz)	S_d (m)	λ (W/m.K)	d/λ $1/\alpha$ ($m^2.K/W$)	T ($^{\circ}C$)	P_s (Pa)
$1/\alpha_i$	İç ısı ilet. kat.	-	-	-	-	0.13	20.00	$P_{Si} = 2340$
1	Tavan sıvası	0.025	15	0.38	0.87	0.029	18.80	2172
2	Döşeme	0.10	70	7	2.10	0.048	18.50	2132
3	Yalıtım malzemesi	0.12	1	0.12	0.040	3.000	18.10	2079
$1/\alpha_d$	Dış ısı ilet. kat.	-	-	-	-	0.08	-9.30	276
				ΣS_d		$\Sigma(1/U)$	-10.00	$P_{Sd} = 260$
				7.50		3.29		



Şekil 17. Tavan döşemesi kesitinin yoğunlaşma grafiği

Enerji ihtiyacının % 61.5'inin ithalat yoluyla karşılandığı Türkiye'de tüm sektörlerde enerji tasarrufu yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Toplam enerji ihtiyacının % 85'inin ısınma amaçlı tüketildiği düşünülürse ısı yalıtımının önemi daha da iyi anlaşılacaktır. Binalarda ısı enerjisi tasarrufu; mevcut ve yeni yapılacak binaların ısı yalıtımı projelerinin TS 825 Standardı doğrultusunda hazırlanmasıyla, konuyla ilgili denetimlere ve yasal yaptırımlara gereken önemin verilmesiyle sağlanabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Can, A., 1998, "Yapılarda Isı Yalıtımı ve Türkiye'de Enerji İhtiyacının Azaltılması Yönünden Önemi", TMMOB Makine Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 49
2. Coşkun, E., 1997, "Enerji Tasarrufu ve Isı Yalıtımı", İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı: 8
3. Dağsöz, A.K., Işık, K., Bayraktar, K.G, 1999, "Yapılarda Sıcak Etkisinin Getirdiği Problemlerin Isı Yalıtımı ile Çözümü ve Enerji Tasarrufu", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 329-339, İzmir
4. Ertan, K., 1999, "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Metodunun Bilgisayar Programı Vasıtasıyla Uygulanması", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 93-103, İzmir
5. Evcil, N., 2000, "Isı İzolasyonu ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
6. Karagöz, N., 2004, "Konutlarda Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamalarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
7. Karakoç, T.H., Binyıldız, E., Turan, O., 1999, "Binalarda ve Tesisatlarda Isı Yalıtımı", ODE Teknik Yayınları Yayın No: 20, İstanbul
8. Köse, B., Isıkan, O., İnan, A.T., 2006, "Isı Yalıtımı Uygulamalarının Üç Bölge İçin Enerji Verimliliği Açısından İncelenmesi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2006(3), 1-9
9. Serfiçeli, S.Y., 2000, "Malzeme Bilgisi Ders Kitabı", MEB Yayınları Yayın No: 3458, İstanbul
10. Şengül, D., Sayın, B., Kaplan, S.A., 2005, "Su ve Isı Yalıtımının Yapılarda Uygulanmasının Gerekliliği ve Yalıtımdaki Uygulamaların Emniyet ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi", II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 457-466
11. Şenkal Sezer, F., 2003, "Konutlarda Isıl Konfor ve Pencerelerin Isıl Konfora Etkileri", Yapı ve Yalıtım Teknolojileri Dergisi, Sayı: 44
12. Şenkal Sezer, F., Karagöz, N., 2004, "Konutlarda Kullanıcıların Isıl Konfor Koşullarına İlişkin Görüşlerini İçeren Bir Araştırma: Bursa / Ataevler Örneği", Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, Sayı: 225
13. Toksoy, M., Gülşen, E., Şener, C., 2004 "An Assessment on Thermal Insulation and Thermal Comfort of Dwellings in Turkey", Turkish Society of HVAC&SANITARY Engineers International HVAC+R Technology Symposium, İstanbul
14. TS 825, 1999, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Mecburi Standart Tebliği, Ankara