



Dıştan yalıtım uygulamalarında farklı duvar modelleri için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi ve ekonomik analizleri

Süheyla Yerel KANDEMİR*

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik
syerel@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4056-5383, Tel:0 228 214 1559

Veli BEKTAŞ

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik
veli_bektass@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-9338-5012, Tel:0 545 557 2056

Emin AÇIKKALP

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bilecik
emin_acikkalp@bilecik.edu.tr, ORCID:0000-0001-5336-1467, Tel:0 228 214 1693

Geliş: 05.03.2018, Kabul Tarihi: 06.04.2018

Öz

Dünya üzerinde enerji kaynaklarının tüketimi her geçen gün hızla artmaktadır. Günümüzde ısı yalıtımı uygulamaları ile yakıt tüketiminin azalması ve büyük oranda enerji tasarrufu hedeflenmektedir. Bu çalışmada konutlar için en uygun yalıtım sistemi olarak kabul edilen dıştan yalıtım uygulaması tercih edilmiştir. Ankara ili için yapılan çalışmada iki farklı yalıtım malzemesi (taşyünü ve camyünü) iki farklı duvar modeline (tuğla duvar ve gazbeton duvar) uygulanmıştır. Yakıt olarak ise doğalgaz tercih edilmiştir. Çalışmanın ekonomik analizleri ömür maliyet analizine dayanan P_1 - P_2 yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup neticede dış duvarların optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri tespit edilmiştir. Taşyününün tuğla duvar ve gazbeton duvar sistemine uygulanması halinde optimum yalıtım kalınlıkları sırasıyla 0.051 m ve 0.045 m olarak hesaplanmış camyünü için ise bu değerler sırasıyla 0.064 m ve 0.057 m olarak belirlenmiştir. Enerji tasarrufu değerlerinin 27.75 TL/m² ile 46.10 TL/m² arasında, geri ödeme sürelerinin ise 3.77 yıl ile 4.90 yıl arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak her iki yalıtım malzemesi için de tuğlaya göre daha küçük ısı iletkenlik değerine sahip olan gazbetonun kullanılması halinde daha düşük yalıtım kalınlığı elde edilmiştir. En düşük yalıtım kalınlığı taşyünü ile gazbeton duvar modelinin oluşturduğu yalıtım sisteminde tespit edilmiştir. En yüksek enerji tasarrufu değeri ise camyünü ile tuğla duvar modelinin oluşturduğu yalıtım sisteminde hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar tablo ve grafikler yardımıyla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dıştan ısı yalıtımı; Optimum yalıtım kalınlığı; Ömür maliyet analizi; P_1 - P_2 metodu

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.401958

Giriş

Dünyada sanayileşmenin, kentleşmenin ve teknolojinin her geçen gün gelişmesi ile kaynağı çoğunlukla fosil yakıtlar olan enerji tüketimi sürekli artmaktadır. Ancak fosil yakıtların sınırlı olması ve tüketimin sürekli artması ülkeleri önem almaya itmiştir. Çünkü enerji tüketimine bağlı olarak ülkelere tehdit oluşturacak iki temel sorun vardır. Bunlardan ilki doğal enerji kaynaklarının gittikçe azalması ve diğeri ise insan ve çevre sağlığı üzerinde çok ciddi sorunlar oluşturabilecek olan hava kirliliğinin artmasıdır. Ülkelerin öncelikli amacı fosil yakıt tüketimini azaltmak ve daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek olmalıdır.

Ülkemizde enerji tüketiminin büyük bir kısmı konutlarda ısıtma ve soğutma amaçlı gerçekleşmektedir. Enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için enerji tüketiminin azaltılması çok önemli olduğundan bu konu ile ilgili çalışmalar yapılmış ve yalıtım konusu gündeme gelmiştir. Binalarda enerjinin etkin kullanılması için başvurulması gereken yollardan birisi ısı yalıtım uygulamasıdır. Bina dış duvarlarına uygulanan ısı yalıtımı; enerjinin korunumu açısından önemli olduğu gibi, çevre kirliliğinin azalması, ısı konfor, binanın korunması ve yakıt tüketimine bağlı olarak işletme giderlerinin azalması açısından da çok önemlidir (Öztuna ve Dereli, 2009).

Enerji maliyetlerindeki artış binalarda özellikle ısı yalıtımını ekonomik bir çözüm olarak ortaya çıkarmaktadır. Günümüzün artan teknolojik gelişmeleri ve bilinç seviyesine bağlı olarak yapı kullanıcıları tüketilen fazla yakıtın ekonomik zararlarının yanında çevresel zararlarını da göz önüne almaktadır. Bu durumda ısı yalıtım malzemeleri de teknolojik gelişmelere paralel olarak değişim göstermiştir. Saman, kil, toprak gibi organik malzemelerin yerini polistren, poliüretan gibi polimerler veya taşıyünü, camyünü gibi inorganik bileşenli malzemeler almıştır (Topçuoğlu, 2017).

Binalarda yaşam faaliyetlerinin daha verimli

olması adına ısı konforun sağlanması çok önemlidir. Çünkü insanlar ancak konforlu ortamlarda üretken olabilirler. İş yerindeki bir kişinin verimi, okuldaki bir öğrencinin başarısı ya da hastane de ki bir kişinin sağlığı üzerinde ısı konforun önemli derecede etkisi vardır. Bu yüzden bir yapıyı tasarlarırken konfor şartları mutlaka dikkate alınmalıdır. Isı kayıplarının minimum olduğu, daha az yakıtın tüketildiği, insan ve çevre sağlığını daha az tehdit eden ve daha konforlu yapılar tasarlamak biz mühendislerin en önemli görevleri arasında olmalıdır.

Yapıda konforlu bir yaşam ortamının oluşmasında duvarların önemli bir görevi vardır. Çünkü duvarlar iç ve dış ortamı birbirinden ayırarak ısı, ses ve su geçişini önlemektedirler. Ayrıca yangın gibi olumsuz durumlara da direnç gösterirler. Bu yüzden bir duvarın mukavemetinin yanında, yalıtım özelliklerinin ve yangın direncinin de önemi büyüktür. Isı kayıpları genelde duvar, çatı, döşeme, kapı ve pencere gibi yapı elemanlarında oluşur. Ancak ısı kaybının en fazla duvarlarda gerçekleştiğini söyleyebiliriz. Özellikle binayı çevreleyen duvarlar doğrudan dış ortamla temas halindedir. İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıklarından dolayı dış duvarlarda çok hızlı bir şekilde ısı geçişi yani ısı kaybı olacaktır. Bundan dolayı enerjinin verimli kullanılmasında ve enerji tasarrufunda dış duvarların ısı performansını belirleyici özelliğe sahiptir.

Binalarda ısı yalıtım uygulamaları ile kış aylarında ısı kayıplarının yaz aylarında ise ısı kazançların azalmasına karşın, kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak binanın ilk yatırım maliyeti artmaktadır. Ancak elde edilen enerji tasarrufları göz önüne alındığında hesaplanan geri dönüşüm süresine bağlı olarak sonraki yıllarda enerji tüketiminde azalma görülmektedir. Bu durumda enerji tasarrufu açısından yalıtımın optimum kalınlığının bilinmesi gerekmektedir. Yalıtımın optimum kalınlığı, yalıtım maliyeti ve binanın ömrü üzerinden enerji tüketim maliyetini içine alan minimum toplam maliyeti sağlayan değerdir. Bu yüzden maliyet analizi yapılarak

optimum yalıtım kalınlığı tespit edilmelidir (Özel ve Şengür, 2012).

Çalışmada optimum yalıtım kalınlıkları ömür maliyet analizine göre tespit edilmiştir. Literatürde ömür maliyet analizinin kullanılarak en uygun yalıtım kalınlığının hesaplandığı çalışmalar mevcuttur. Ertürk çalışmasında yalıtım malzemesiyle birlikte hava boşluğunu kullanarak ısı yalıtımının ekonomik ve çevresel boyutunu incelemiştir. Yakıt olarak doğalgaz ve kömür, duvar tipi olarak sandviç duvar, yalıtım malzemesi olarak da ekspande polistren (EPS), ekstrude polistren köpük (XPS) ve taşıyünü tercih etmiştir. Hesaplamalarda dört farklı kalınlıkta hava boşluğu dikkate alınmıştır. Neticede en az yalıtım kalınlığı XPS kullanıldığında bulunmuştur. Yakıt olarak doğalgaz kullanıldığında ve XPS'nin tek başına olduğu durumda optimum yalıtım kalınlığı 9.2 cm olarak bulunurken duvar bileşenine hava boşluğu eklendiğinde artan hava boşluğu kalınlığına bağlı olarak optimum yalıtım kalınlığı değeri azalmış ve 4 cm hava boşluğu için optimum yalıtım kalınlığı 3.4 cm olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam maliyet m² başına 24.48 TL'den 17.57 TL'ye, geri ödeme süresi 1.509 yıldan 1.320 yıla düşmüş, yıllık kazanç ise %96 oranında artmıştır. 2014 yılı nüfus ve meskene ait elektrik abone sayıları esas alınarak yapılan hesaplamalara göre; yalıtımsız binaya kıyasla, 4 cm XPS ve 4 cm hava boşluğu ile oluşturulan duvar bileşeni için CO₂ ve SO₂ salınımının %82 azalacağı hesaplanmıştır (Ertürk, 2016). Uçar ve Balo yaptıkları çalışmada 4 farklı iklim bölgesinden 4 il (Mersin, Elazığ, Şanlıurfa ve Bitlis) seçerek her bir şehir için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamıştır. Hesaplamalarda 4 farklı yalıtım malzemesi ve 5 farklı enerji kaynağı tercih edilmiştir. 10 yıllık ömür için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi ve enerji tasarrufu tespit edilmiştir. Çalışma sonunda yalıtım kalınlığı arttıkça yakıt maliyetinin azaldığı anlaşılmıştır. Şehre ve yalıtım malzemesine bağlı olarak enerji tasarruf değerlerinin 4.2 \$ / m² ile 9.5 \$ / m² arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek optimum yalıtım kalınlığı değerine yakıt olarak LPG kullanıldığında ulaşıırken en

düşük değer ise doğalgaz kullanıldığında bulunmuştur. En yüksek geri ödeme süresi değeri 2.25 yıl ile Mersin için doğalgaz kullanıldığında tespit edilirken, en düşük değer ise Bitlis için LPG kullanıldığında hesaplanmıştır (Uçar ve Balo, 2010). Gürel vd. , Karabük için doğalgaz ve kömür kullanımı durumunda optimum yalıtım kalınlığını belirlemişlerdir. Ayrıca azalan yakıt tüketimine bağlı olarak CO₂ ve SO₂ emisyonlarını hesaplayarak çevresel bir değerlendirme yapmışlardır. Çalışma 10 yıllık ömür için yapılmış ve faiz oranı ile enflasyon oranı sırasıyla %10 ve %9 olarak alınmıştır. EPS için yapılan hesaplamalar neticesinde yakıt olarak doğalgaz kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığı 0.116 m olarak bulunurken kömür kullanıldığında ise 0.134 m olarak tespit edilmiştir. Enerji tasarrufu ise sırasıyla 88.39 TL/m² ve 117.14 TL/m² olarak bulunmuştur. Ayrıca yalıtımsız binada gerçekleşen yakıt tüketimi göz önüne alındığında, hesaplanan optimum yalıtım kalınlığı değerlerinde CO₂ ve SO₂ emisyonlarının kömür kullanımı için %85.4, doğalgaz için ise %83.5 oranında azaldığı görülmüştür (Gürel vd., 2012). Dağdır ve Bolattürk yaptıkları çalışmada birinci iklim bölgesinde bulunan İzmir ili için güneş radyasyonunun etkisini de dikkate alarak ısıtma ve soğutma yüküne göre optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Çalışmada yakıt olarak ısıtma için doğalgaz, soğutma için ise elektrik tercih edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak sıkıştırılmış polistren (XPS) ve genişletilmiş polistren (EPS) kullanılmıştır. 2 farklı duvar tipi üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda XPS'nin kullanıldığı birinci duvar tipinde radyasyonsuz optimum yalıtım kalınlığı ısıtma için 0.0419 m, soğutma için 0.0143 olarak hesaplanmıştır. Enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri ise sırasıyla 13.93 \$/m²-1.63 \$/m² ve 3.61-6.21 yıl olarak tespit edilmiştir. Radyasyonlu ($\alpha_s/h_o=0.052$ m²°C/W) durum da ise ısıtma için optimum yalıtım kalınlığı 0.0340 m, soğutma için 0.0955 m olarak bulunmuştur. Enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri sırası ile 9.20 \$/m²-72.31 \$/m² ve 4.10-1.99 yıl olarak tespit edilmiştir. Diğer duvar tipi için ve EPS yalıtım malzemesi için bulun sonuçlarda tablo

halinde verilmiştir. Neticede optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılırken güneşin radyasyon etkisinin de dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır (Dağdır ve Bolattürk, 2011). Liu vd. , çalışmalarında yıllık enerji tüketimini tahmin etmek için nem transferinin ısı transferine olan etkisini dikkate alan birleştirilmiş ısı ve nem transferi modeli kullanmışlardır. Çin’de bulunan 3 şehir için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi ve tasarruf değerlerini hesaplanmıştır. Çalışmada yalıtım malzemesi olarak EPS ve XPS tercih edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda optimum yalıtım kalınlığının XPS için 0.053m ile 0.069m arasında, EPS için ise 0.081m ile 0.105m arasında değiştiği bulunmuştur. Tasarruf miktarları ve geri ödeme süreleri ise sırasıyla EPS için 16.69-28.50 \$ / m² ve 1.89-2.52 yıl, XPS için ise 16.60-28.39 \$ / m² ve 1.97-2.56 yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda EPS’nin XPS ye göre daha ekonomik olduğu belirtilmiştir (Liu vd., 2015). Şişman tez çalışmasında Türkiye’nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığını, tasarruf miktarını, yatırım tutarını ve geri ödeme süresini hesaplamıştır. Hesaplar için ekonomik analiz yöntemlerinden biri olan bugünkü değer yöntemini kullanmıştır. 2 farklı duvar tipi ve 3 farklı yalıtım malzemesi (EPS, XPS ve taşyünü) ile yapılan hesaplar neticesinde en yüksek yalıtım kalınlığı yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında çıkmış, en düşük yalıtım kalınlığı ise taşyünü kullanıldığında bulunmuştur. Bu durumda yalıtım kalınlığı hesaplarında yalıtım malzemesinin birim fiyatının önemli bir belirleyici faktör olduğu belirtilmiştir. Ayrıca birim fiyatı düşük olan malzeme ile daha fazla yalıtım kalınlığında yalıtım yapmanın yıl içerisinde mali olarak daha fazla kazanç sağlayacağı da vurgulanmıştır (Şişman, 2005). Yalçın, yüksek lisans tez çalışmasında Elazığ ili için dış duvarlarda gerekli optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Çalışmada enerji kaynağı olarak kömür, doğalgaz ve elektrik; yalıtım malzemesi olarak XPS, EPS ve taşyünü; duvar modeli olarak ise yatay delikli tuğla duvar, sandviç duvar ve gazbeton tercih edilmiştir. Örnek olarak yatay delikli tuğla duvara tüm yalıtım

malzemelerinin uygulanması ve tüm yakıtların kullanılması durumunda optimum yalıtım kalınlıkları 0.0374-0.1141 m arasında, yalıtım maliyeti 16.89-54.46 TL/m² arasında, yıllık enerji kazancı 39.09-292.81 TL/m² arasında, enerji tasarrufu %41.93-77.75 arasında ve geri ödeme süresi 0.94-2.81 yıl arasında değiştiği tespit edilmiştir (Yalçın, 2012). Kaya vd. , çalışmalarında Erzincan ilinde örnek olarak seçilen ısı yalıtımlı ve yalıtımsız her bir bina türünden gerçekleşen ısı kayıplarını tespit ederek ekonomik analizler yapmışlardır. Çalışmada XPS yalıtım malzemesi kullanılmış, Erzincan ili için optimum yalıtım kalınlığı 0.0882 m olarak bulunmuştur. Ayrıca çalışmada projelerde genellikle tercih edilen yalıtım kalınlıkları olan 4.5 ve 8 cm için hesaplamalar yapılmıştır. 4.5 ve 8 cm XPS yalıtımı için toplam yıllık ısıtma maliyetindeki tasarrufun sırasıyla %43.80, %41.49 ve %38.81 olarak olduğu hesaplanmıştır. Geri ödeme süreleri ise sırasıyla 1.75 yıl, 1.66 yıl ve 1.57 yıl olarak bulunmuştur (Kaya vd., 2016). Aktemur ve Atikol yaptıkları çalışmada 4 farklı iklim bölgesinden 4 il (Muğla, Kocaeli, Ankara ve Ardahan) seçerek ömür maliyet analizi ile optimum yalıtım kalınlıklarını tespit etmiştir. 6 farklı yalıtım malzemesi ve 6 farklı yakıt türü kullanılmıştır. 15 yıllık ömür için yapılan hesaplamalar neticesinde sandviç duvar modeli için optimum yalıtım kalınlığının 2.8 cm ile 45.1 cm arasında hesaplanmıştır. Enerji tasarruflarının 16.4 TL/m² ve 479 TL/m² arasında, geri ödeme sürelerinin ise 0.078 yıl ile 0.860 yıl arasında değiştiği belirtilmiştir (Aktemur ve Atikol, 2017).

Bu çalışmada ise Ankara ili için hesaplar yapılmış olup iki farklı duvar modeli (yatay delikli tuğla duvar ve gazbeton duvar) için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Yalıtım malzemesi olarak taşyünü ve camyünü, yakıt olarak ise doğalgaz tercih edilmiştir. Çalışmada tuğla duvar modeli ve gazbeton duvar modeli için optimum yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri ve tasarruf değerleri tespit edilmiştir. Yatay delikli tuğlaya göre daha düşük ısı iletkenlik değerine (λ) sahip olan gazbeton için optimum yalıtım kalınlıklarının

daha düşük olduğu görülmüştür. Bulunan sonuçlar karşılaştırılarak tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Materyal ve yöntem

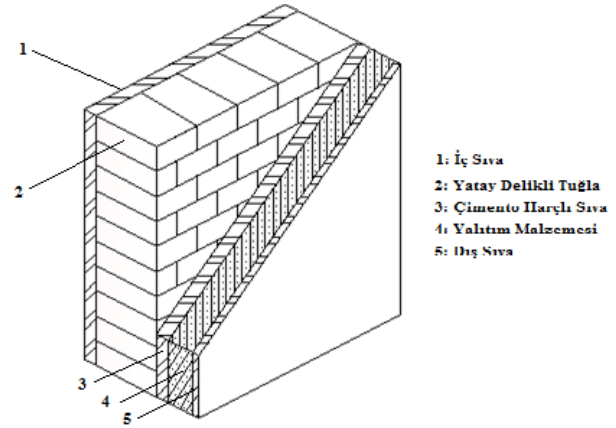
Duvar modelleri ve bileşenleri

Çalışmada dıştan yalıtım uygulamasına ait duvar modelleri incelenmiştir. Mantolama olarak da bilinen dıştan yalıtım uygulamasında bina dış duvarları dış yüzeyden yalıtım malzemesiyle kaplanır. Bu sistem binayı dışarıdan bir manto gibi sarmakta ve olası ısı köprülerini engellemektedir. Böylelikle sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan gerilme ve çatlaklar önlenmekte, duvarlar rüzgâr, yağmur gibi zor koşullardan korunmaktadır. Özellikle yüksek verim ve ısıl konfor açısından hedeflenen yaşam alanları oluşturur. Bu yüzden dışarıdan yalıtım uygulaması yapı fiziği açısından en uygun sistem olarak tercih edilmektedir. Ayrıca mantolama ile yapının bakım-onarım masrafları azalmakta, yapı ömrü uzamaktadır. Bu uygulama diğer dış duvar yalıtım uygulamalarına kıyasla yüksek maliyetli olmasına karşın, konutlar için en uygun sistem olarak kabul edilmektedir (Sezer, 2005).

Çalışmada yalıtım malzemesi olarak taşıyünü ve camyünü tercih edilmiştir. Cam yünü borosilikat camdan yaklaşık 1400°C sıcaklıkta, taş yünü ise ergitilmiş taştan (diyabaz, dolerit) yaklaşık 1500 °C sıcaklıkta üretilir. Isıtılmış kütle gerekli işlemlerden geçirilerek elyaflar oluşturulur. Hem taşıyünü hem de camyününün üretimi sırasında lifleri birbirine bağlamak ve ürün özelliklerini iyileştirmek amacıyla fenolik reçine eklenir. Mineral yünlerin ısı iletkenlik hesap değeri 0.030-0.040 W/mK arasındadır. Bu değer, sıcaklık, nem içeriği ve yoğunluk gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Jelle, 2011). Camyünü ve taşıyünü yalıtım malzemeleri açık gözenekli malzemelerdir. Bu yalıtım malzemeleri genellikle mantolama olarak da adlandırılan duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamalarında kullanılır. Ayrıca iki duvar elemanı arasında (sandviç duvar), çatı döşemesi üzerinde şilte formunda ısı yalıtım uygulamalarında ve boru formunda

tesisat yalıtımı uygulamalarında da kullanılmaktadır (Bayraktar, 2016). Ayrıca mineral yün grubundaki malzemelerin yapılarında boşluklar ve hava geçiş yolları bulunmaktadır. Açık gözenekli yapıya sahip olan bu malzemeler sese maruz kaldığında ses bu iç boşluklara doğru ilerler. Ses enerjisinin bir kısmı, bu boşluklarda ilerlerken sürtünme ve malzemelerdeki küçük elyafların titreşimi nedeniyle ısı enerjisine dönüşerek kaybolur. Bu yüzden ses yutucu olarak adlandırılan bu malzemeler ses yalıtımı amacıyla da kullanılırlar (Murat, 2016).

Aşağıda iki farklı duvar tipine ait duvar modeli şekil 1 de verilmiştir. Duvar bileşenleri ve duvarların ısı iletkenlik direnci R_{wt} (m^2K/W) ise tablo 1 de yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan duvar modeli

Duvar 1 için duvar bileşenleri soldan sağa doğru iç sıva, yatay delikli tuğla, çimento harçlı sıva, yalıtım malzemesi (taşıyünü-camyünü) ve anorganik esaslı dış sıvadan oluşmaktadır. Duvar 2 için ise duvar bileşenleri; iç sıva, gazbeton, çimento harçlı sıva, yalıtım malzemesi ve anorganik esaslı dış sıvadır. Aşağıdaki tabloda duvar bileşenlerine ait özellikler ve duvarların hesaplar için gerekli olan ısı iletkenlik dirençleri (R_{wt}) verilmiştir. “ R_{wt} ” yalıtım malzemesi hariç toplam ısı iletkenlik direncini ifade etmektedir.

Tablo 1. Duvar bileşenlerinin özellikleri (TS 825, 2008).

Duvar bileşenleri	Kalınlık (m)	Isı iletkenlik değeri (W/m K)	R(m ² K/W)
Kireç harcı-iç sıva	0.02	1	0.020
Yatay delikli tuğla	0.19	0.39	0.487
Gazbeton	0.19	0.29	0.655
Çimento harçlı sıva	0.02	1.6	0.013
Anorganik esash dış sıva	0.006	0.30	0.020
Taşyünü		0.035	
Camyünü		0.040	
R _i (iç ortam ısı direnci)			0.13
R _e (dış ortam ısı direnci)			0.04
Duvar 1 (R _{wt})			0.710
Duvar 2 (R _{wt})			0.878

Çalışmada yakıt olarak doğalgaz kullanılmıştır. Hesaplamalar için doğalgaza ait bazı verilerin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar yakıtın birim fiyatı, alt ısı değeri ve sistem verimidir. Doğalgaza ait parametreler Tablo 2 de yer almaktadır. Doğalgazın birim fiyatı için Başkent

Doğalgaz Dağıtım A. Ş.'nin 2017 yılında her bir ay için belirlediği değerler dikkate alınmıştır. Bu durumda hesaplarda kullanılacak birim fiyat 0.987 TL/m³ olarak belirlenmiştir (Başkent Doğalgaz, 2018).

Tablo 2. Doğalgaza ait değerler (Başkent Doğalgaz, 2018).

Yakıt	Birim fiyatı (C _f)	Yakıt alt ısı değeri (H _w)	Sistem verimi (η _k)
Doğalgaz	0.987 TL/m ³	34542x10 ³ j/m ³	0.92

Hesaplamalarda kullanılan diğer parametreler ise Tablo 3 de verilmiştir. Yalıtım malzemelerinin birim fiyatları için piyasa araştırması yapılarak ortalama bir değer alınmıştır. Faiz ve enflasyon oranlarının yaklaşık değerleri, Türkiye İstatistik

Kurumu'nun 2017 yılı Üfe ve Tüfe oranları dikkate alınarak belirlenmiştir (Tüik, 2018). Isıtma derece-gün değeri ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Ankara ili için son 10 yılın verileri dikkate alınarak 2384 olarak belirlenmiştir (Mgm, 2018).

Tablo 3. Çalışmada kullanılan parametreler ve değerleri (TS 825, 2008; Tüik, 2018; Mgm, 2018).

Parametre	Değer
Isıtma derece-gün	
DG	2384
Finansal parametreler	
Enflasyon oranı (g)	11(%)
Faiz oranı (i)	15(%)
Yatırımın ekonomik ömrü (N)	10
P ₁	10.62
P ₂	1
Yalıtım malzemeleri	
Camyünü	
Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)	0.040
Birim fiyatı (TL/m ³)	320
Taşyünü	
Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)	0.035
Birim fiyatı (TL/m ³)	410

Yukarıdaki parametreler dikkate alınarak dış duvarlardan kaynaklanan ısı kayıplarını engellemek için duvarların dış yüzeylerine yapılan ısı yalıtımının optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Her iki duvar modeli için yapılan analizlerde kullanılan hesap metodu ise iki ekonomik göstergeye dayanarak yaşam dönemi maliyetinin hesaplandığı P₁-P₂ metodudur.

Hesap Yöntemi

Dış duvarın birim alanında oluşan ısı kaybı, aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$q=U.(T_b-T_o) \quad (1)$$

Burada, U duvarın toplam ısı geçiş katsayısını, T_b ve T_o ise sırasıyla denge sıcaklığını ve ortalama günlük sıcaklığı ifade etmektedir. Birim yüzey alanda meydana gelen yıllık ısı kaybı,

$$q=U.86400.DG \quad (2)$$

olarak bulunur. DG ısıtma derece-gün sayısını ifade etmektedir. Yalıtımlı veya yalıtımsız bir duvarda ısıtma amaçlı gerekli olan yıllık enerji

ihtiyacı ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (Uçar ve Balo, 2010).

$$E_A = \frac{U.86400.DG}{\eta} \quad (3)$$

Burada “ η ” ısıtma sisteminin verimini ifade etmektedir. Yalıtımsız duvarın toplam ısı geçiş katsayısı (U_{un}) denklem 4 e göre, yalıtımlı duvarın toplam ısı geçiş katsayısı (U_{in}) ise, denklem 5 e göre hesaplanmaktadır.

$$U_{un} = \frac{1}{R_i+R_w+R_e} \quad (4)$$

$$U_{in} = \frac{1}{R_i+R_w+R_{in}+R_e} = \frac{1}{R_{wt}+x/\lambda} \quad (5)$$

Denklem 4 ile verilen eşitlikte “ $R_i+R_w+R_e$ ” yalıtım tabakasının ısı direnci hariç diğer ısı iletim dirençlerinin toplamını ifade eder ve R_{wt} ile gösterilir. R_{in} ise yalıtım malzemesinin ısı direnci olup x/λ olarak yazılabilir. λ (W/mK) yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik hesap değeri, x (m) yalıtım kalınlığıdır. $\Delta U=U_{un}-U_{in}$ olduğundan, yalıtımsız ve yalıtımlı duvarların ısı geçiş katsayıları farkı aşağıdaki eşitlik ile bulunur (Gürel vd., 2012).

$$\Delta U = \frac{1}{R_{wt}} - \frac{1}{R_{wt}+\frac{x}{\lambda}} \quad (6)$$

Binanın dış duvarlarında her bir birim yüzey için harcanan yıllık enerji miktarı ise denklem 7 ye göre hesaplanır (Dağıdır ve Bolattürk, 2011).

$$C_{Ain} = \frac{86400. DG. U. C_f}{H_u.\eta} \quad (7)$$

Çalışmada yakıt olarak doğalgaz kullanıldığından, bu eşitlikte “ H_u ” doğalgazın alt ısı değeridir. “ C_f ” ise yakıtın birim fiyatını göstermektedir. Yalıtımın maliyeti aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$C_{in}=C_i. x \quad (8)$$

C_{in} TL/m² cinsinden, yalıtımın toplam maliyeti olup formüldeki x yalıtım malzemesinin kalınlığını (m) ve C_i ise TL/m³ cinsinden yalıtım malzemesinin birim fiyatını gösterir.

Optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve ekonomik analizler

Bir yatırımın ekonomik olup olmadığının değerlendirilmesi aşamasında kullanılacak birçok ekonomik analiz yöntemi mevcuttur. Bu çalışmada optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması için, ekonomik analiz yöntemlerinden biri olan P_1 - P_2 metodu tercih edilmiştir. P_1 - P_2 metodunda, bazı ekonomik parametreler (faiz ve enflasyon oranları, yakıt ve yalıtım malzemesi fiyatları...) hesaba katılarak analizler gerçekleştirilir. Günümüzde çeşitli mühendislik çalışmalarında ekonomik analiz yöntemi olarak P_1 - P_2 metodu kullanılmaktadır. Yatırım ömrü boyunca faiz (i) ve enflasyon (g) oranlarına bağlı olarak P_1 denklem 9'daki gibi hesaplanır. Hesaplarda bakım ve sürekli maliyetler (işletme maliyeti vb.) olmadığı kabul edildiğinden P_2 değeri 1 alınmıştır (Baykal, 2014).

$i \neq g$ ise;

$$P_1 = \frac{1}{g-i} \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+g} \right)^N \right] \quad (9)$$

$$P_2 = 1 + P_1 M_s - \frac{R_v}{(1+g)^N} \quad (10)$$

Burada M_s yıllık bakım ve işletme maliyetini, R_v ise ilk yatırım maliyetini ifade etmektedir. Bu çalışmada M_s ve R_v değeri sıfır kabul edildiğinden $P_2 = 1$ olarak alınır. Dış duvar birim alanından ısıtma için elde edilecek enerji tasarrufu (S), aşağıdaki eşitlik ile verilmiştir.

$$S = \frac{P_1 \cdot 86400 \cdot DG \cdot \Delta U \cdot C_f}{H_u \cdot \eta} - P_2 \cdot C_i \cdot X \quad (11)$$

Yalıtımlı bir binanın toplam ısıtma maliyeti (C_{Tin}); tüm harcamaların toplamını ifade eder ve denklem 12 ye göre hesaplanır.

$$C_{Tin} = P_1 C_{Ain} + P_2 C_{in} \quad (12)$$

$$C_{Tin} = \frac{P_1 \cdot 86400 \cdot DG \cdot C_f}{\left(R_{wt} + \frac{x}{\lambda} \right) \cdot H_u \cdot \eta} + P_2 \cdot C_i \cdot X \quad (13)$$

Optimum yalıtım kalınlığı (x_{opt}), yıllık maliyetin en düşük olduğu nokta olarak tanımlanabilir. Bu noktada gerçekleşecek bir yalıtım ile maliyet minimum olurken tasarruf ise maksimum düzeyde olacaktır. Toplam ısıtma maliyetinin yalıtım kalınlığına (x) göre türevi alındığında optimum yalıtım kalınlığı elde edilir ve aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır.

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{86400 \cdot P_1 \cdot \lambda \cdot DG \cdot C_f}{P_2 \cdot C_i \cdot H_u \cdot \eta}} - \lambda \cdot R_{wt} \quad (14)$$

Yatırım maliyetine karşılık gelen geri ödeme süresinin belirlenmesi de çok önemlidir. Geri ödeme süresi aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur (Ertürk, 2016).

$$PP = \frac{P_2 \cdot C_i \cdot H_u \cdot \eta (R_{wt} \cdot x + R_{wt}^2 \cdot \lambda) \cdot (1+i)}{C_f \cdot 86400 \cdot DG} \quad (15)$$

Bulgular ve Değerlendirme

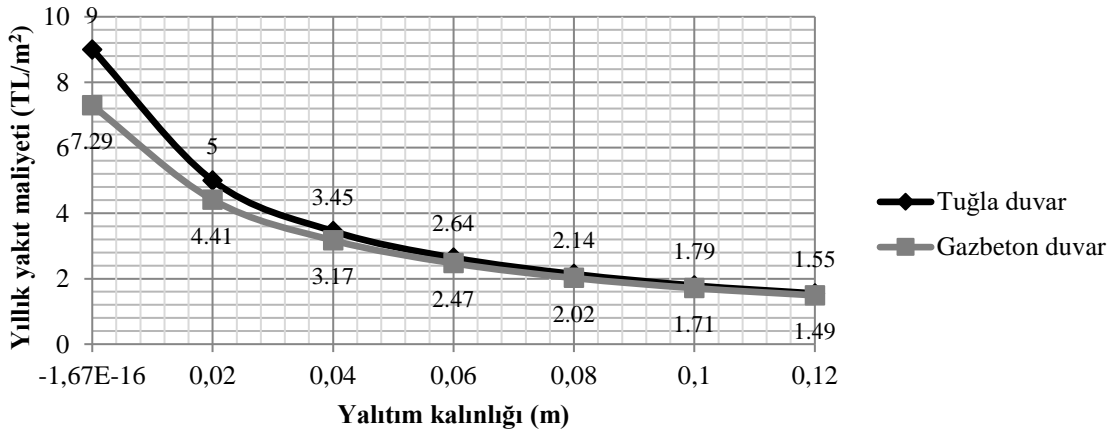
Bu çalışmada 3. derece gün bölgesinde bulunan Ankara için iki farklı yalıtım malzemesi ve iki farklı duvar modeli esas alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Her bir yalıtım sistemi için optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanarak sonuçlar Tablo 4 de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en düşük yalıtım kalınlığı değeri taşıyünü+gazbeton duvar yalıtım sisteminde elde edilirken en yüksek yalıtım kalınlığı değeri ise camyünü+tuğla duvar yalıtım sisteminde bulunmuştur. Enerji tasarrufunun yüksek olduğu yerde geri ödeme süresi daha düşüktür. Kazanç yüksekse sistemin kendini karşılayabilmesi için geçen süre daha az olmaktadır. Sonuçlara göre enerji tasarrufunun en yüksek olduğu değer 46.10 TL/m² ile camyününe (tuğla duvar) ait olduğu görülürken tasarrufa karşılık gelen geri ödeme süresi ise 3.77 yıldır.

Tablo 4. Farklı yalıtım malzemeleri ve duvar tipleri için hesaplanan optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri

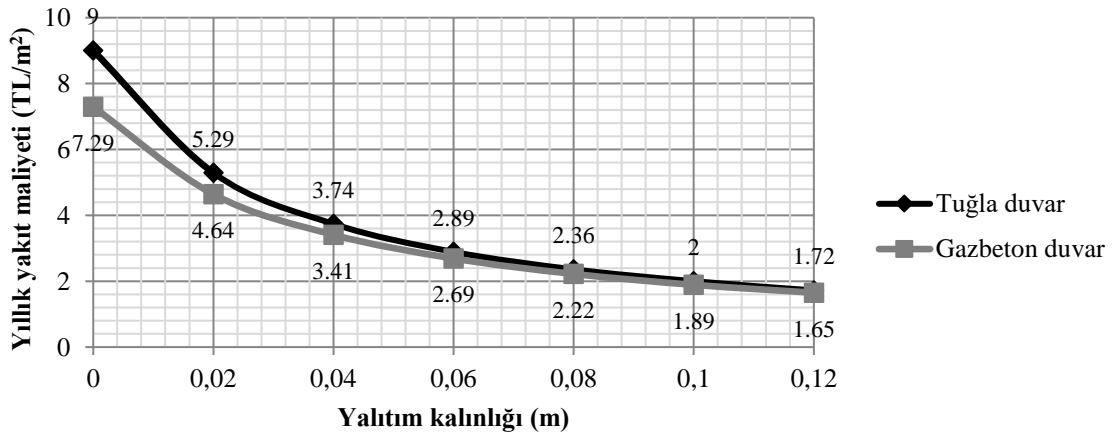
	Optimum yalıtım kalınlığı (m)	Enerji tasarrufu (TL/m ²)	Geri ödeme süresi (yıl)
Taşyünü (tuğla duvar)	0.051	43.63	3.97
Taşyünü (gazbeton duvar)	0.045	27.75	4.90
Camyünü (tuğla duvar)	0.064	46.10	3.77
Camyünü (gazbeton duvar)	0.057	29.32	4.65

Yalıtım kalınlığı arttıkça yıllık yakıt maliyeti azalacaktır. Şekil 2 ve Şekil 3'te taşyünü ve camyünü malzemeleri için yalıtım kalınlığının yıllık yakıt maliyetine etkisi görülmektedir. Yalıtım olmadığında yani yalıtım kalınlığı sıfır iken tuğla duvar için yıllık yakıt maliyeti 9 TL/m², gazbeton duvar için ise 7.29 TL/m²'dir. Artan kalınlıklarda taşyünü yalıtım malzemesi logaritmik olarak azalmaktadır. 0.06 m kalınlığa

kadar azalma hızlıdır, bu değerden sonra azalma hızı düşmektedir ve yıllık yakıt maliyeti azalarak 0.12 m kalınlık için bu değerler cam yünü ve taş yünü için sırasıyla 1.55 TL/m² ve 1.49 TL/m² olarak tespit edilmiştir. Camyünü yalıtım malzemesi uygulandığında ise 0.12 m kalınlık için belirlenen yıllık yakıt maliyetleri tuğla ve gazbeton duvar modelleri için sırasıyla 1.72 TL/m² ve 1.65 TL/m² olarak hesaplanmıştır.



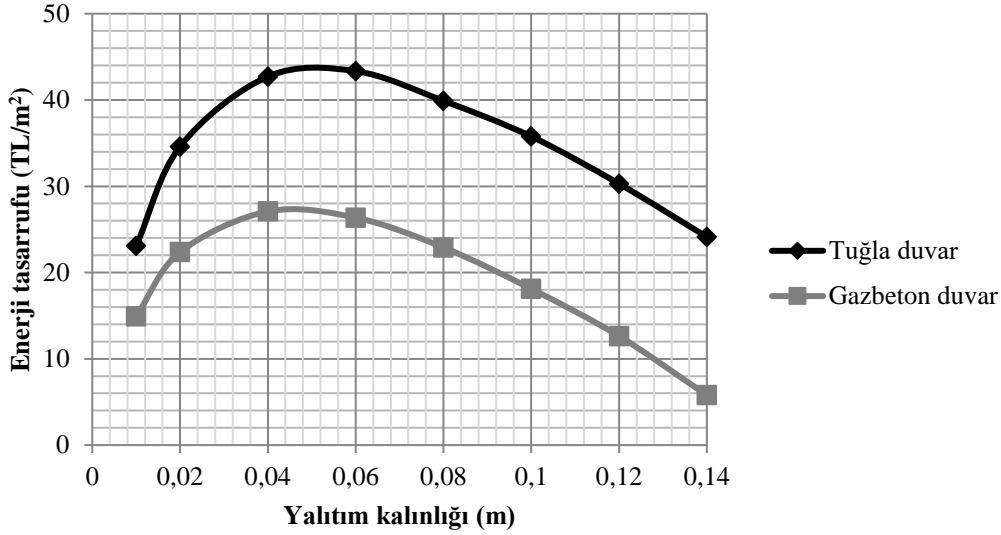
Şekil 2. Taşyünü için değişen yalıtım kalınlıklarına göre yıllık yakıt maliyeti grafiği



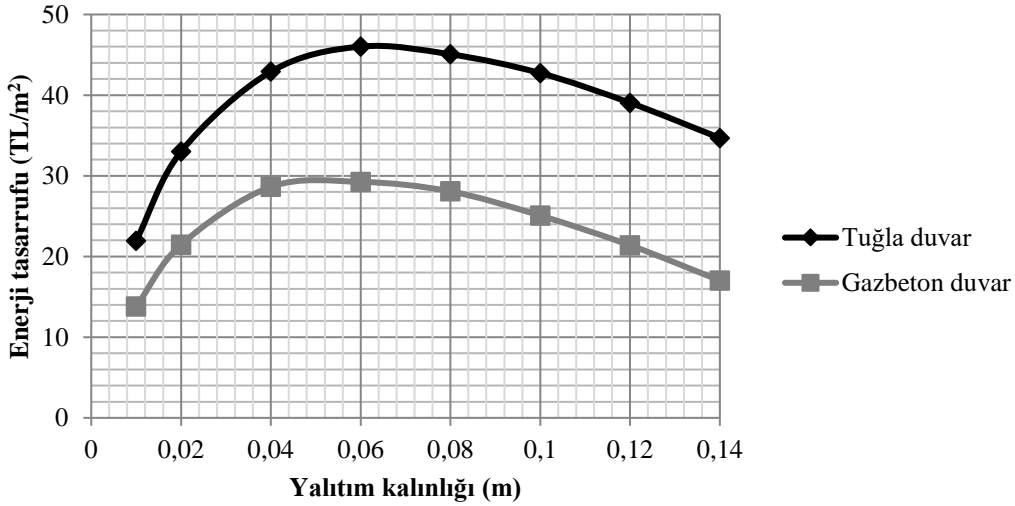
Şekil 3. Camyünü için değişen yalıtım kalınlıklarına göre yıllık yakıt maliyeti grafiği

Şekil 4 ve şekil 5 incelendiğinde belirli bir değerde tepe noktasına sahip bir grafik görülmektedir. Bu değer optimum yalıtım kalınlığı olarak adlandırılır. Optimum yalıtım kalınlığına karşılık gelen enerji tasarrufu değeri o sistemden elde edilecek maksimum tasarruf

miktarını diğer bir deyişle maksimum kazancı ifade etmektedir. Şekiller incelendiğinde optimum yalıtım kalınlığına kadar değerlerin arttığı, bu değerden itibaren ise değerlerin azaldığı görülmektedir.



Şekil 4. Taşyünü için değişen yalıtım kalınlıklarına göre enerji tasarrufu grafiği

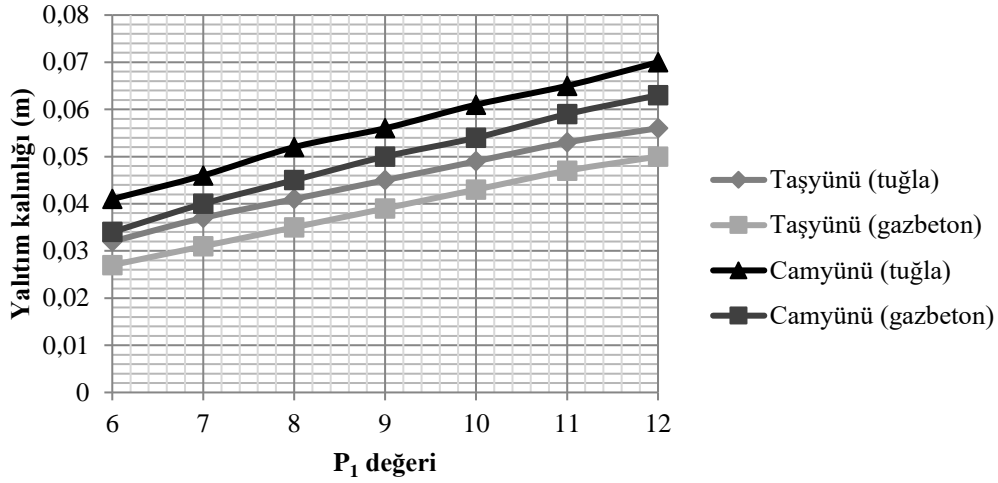


Şekil 5. Camyünü için değişen yalıtım kalınlıklarına göre enerji tasarrufu grafiği

Optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması için gerekli olan parametrelerden birisi de P_1 değeridir. P_1 değeri faiz ve enflasyon oranlarına göre belirlenen bir değer olup sürekli değişiklik gösteren bir özelliğe sahiptir. Farklı yalıtım

sistemleri için P_1 değerinin yalıtım kalınlığına etkisi şekil 6 da görülmektedir. Grafik incelendiğinde P_1 değeri arttıkça yalıtım kalınlığının arttığı azaldıkça yalıtım kalınlığının azaldığı görülmektedir. 6 ile 12 arasında değişen

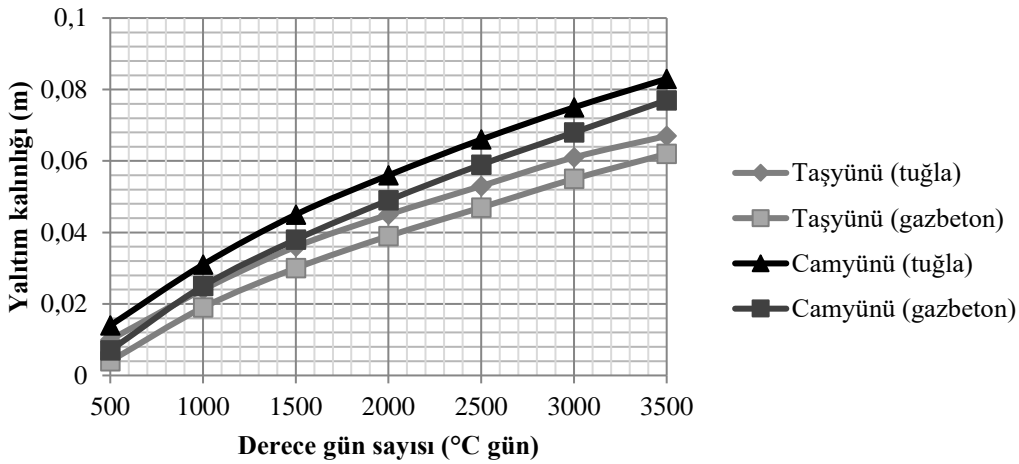
P_1 değerleri için yapılan hesaplar sonucunda arasında değiştiği tespit edilmiştir. yalıtım kalınlıklarının 0.027 m ile 0.07 m



Şekil 6. Farklı yalıtım malzemeleri ve duvar tipleri için P_1 değerinin yalıtım kalınlığına etkisi

Optimum yalıtım kalınlığını etkileyen önemli parametrelerden bir diğeri ısıtma derece gün sayısıdır. Sıcak bir iklim bölgesinden soğuk bir iklim bölgesine gidildikçe ısıtma derece gün sayısı artmaktadır. Isıtma derece gün sayısının yüksek olduğu bir yerde daha fazla ısı kaybının olduğu, daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulduğu ve daha yüksek yalıtım kalınlığı değerlerinin gerektiği yorumları yapılabilir. Şekil 7'de ısıtma

derece gün sayısının yalıtım kalınlığına etkisini gösteren grafik verilmiştir. 500-3500 °C gün arasında değişen değerler için hesaplanan yalıtım kalınlıkları görülmektedir. Grafikten DG değerinin arttıkça yalıtım kalınlığının arttığı anlaşılmaktadır. Neticede yalıtım kalınlıklarının 0.007 m ile 0.083 m arasında değiştiği yapılan hesaplar sonucunda tespit edilmiştir.



Şekil 7. Farklı yalıtım malzemeleri ve duvar tipleri için DG değerinin yalıtım kalınlığına etkisi

Sonuçlar

Dünyada enerjiye olan talep hızla artmaktadır. Enerji kaynaklarının kısıtlı olduğu ülkemizde ise enerji ithal edilmektedir. Bu yüzden enerjide dışa bağımlılığı azaltmak adına önlemler

alınmaya başlanmıştır. Yakıt tüketimini azaltmak ve istenilen tasarruf seviyelerine ulaşmak için atılması gereken adımların başında ise ısı yalıtım uygulamaları gelmektedir. Bu çalışmada 3. İklim bölgesinde bulunan Ankara için optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiş ve

diğer ekonomik analizler yapılmıştır. Hesaplamalar için ömür maliyet analizine dayanan P_1-P_2 hesap metodu kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak taşıyünü ve camyünü, yakıt olarak ise doğalgaz tercih edilmiştir. Dıştan yalıtımın iki farklı duvar modeli için uygulanması durumunda optimum yalıtım kalınlıkları 0.045 m ile 0.064 m arasında değişmiştir. En düşük yalıtım kalınlığı taşıyünü (gazbeton) kullanıldığında, en yüksek yalıtım kalınlığı ise camyünü (tuğla) kullanıldığında elde edilmiştir. Enerji tasarrufu değerlerinin 27.75 TL/m² ile 46.10 TL/m² arasında, geri ödeme sürelerinin ise 3.77 yıl ile 4.90 yıl arasında değiştiği hesaplanmıştır. Gazbetonun ısı iletkenlik değeri (λ) yatay delikli tuğlaya göre daha düşüktür. Düşük ısı iletkenlik yüksek ısı yalıtım özelliği anlamına gelmektedir. Sonuç olarak hem taşıyünü hem de camyünü yalıtım malzemesi için gazbeton kullanılması halinde daha düşük yalıtım kalınlığı tespit edilmiştir. En düşük yalıtım kalınlığının ise taşıyünü yalıtım malzemesi ile gazbeton duvar modelinin oluşturduğu yalıtım sisteminde elde edildiği görülmüştür.

U : Duvarın toplam ısı geçiş katsayısı (W/mK)
 U_{in} : Yalıtımlı duvarın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m²K)
 U_{un} : Yalıtımsız duvarın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m²K)
 q : Dış duvarın birim alanında oluşan ısı kaybı (MJ/m²yıl)
 ΔU : Yalıtımsız ve yalıtımlı duvarların ısı geçiş katsayıları farkı (W/m²K)
 λ : ısı iletkenlik değeri (W/mK)

Semboller

C_{Ain} : Her bir birim yüzey için harcanan yıllık enerji miktarı (J/m²yıl)
 C_f : Doğalgaz birim fiyatı (TL/m³)
 C_{in} : Yalıtımın toplam maliyeti (TL/m²)
 C_i : Yalıtım malzemesinin birim fiyatı (TL/m³)
 C_{Tin} : Yalıtımlı bir binanın toplam ısıtma maliyeti (TL/m²yıl)
 DG : Isıtma derece gün sayısı (°C gün)
 E_A : Yıllık enerji ihtiyacı (J/m²-yıl)
 H_u : Doğalgazın alt ısı değeri (j/m³)
 g : Enflasyon oranı
 i : Faiz oranı
 N : Yatırımın ekonomik ömrü (yıl)
 η_k : Sistem verimi
 PP : Geri ödeme süresi (yıl)
 R : Isıl iletkenlik direnci (m²K/W)
 R_{in} : Yalıtım malzemesinin ısı direnci (m²K/W)
 R_i : İç ortamın ısı direnci (m²K/W)
 R_e : Dış ortamın ısı direnci (m²K/W)
 R_{wt} : Yalıtımsız duvar tabakasının toplam ısı direnci (m²K/W)
 S : Enerji tasarrufu (TL/m²)
 T_b : Denge sıcaklığını (°C)
 T_o : Ortalama günlük sıcaklığı (°C)

Kaynaklar

- Aktemur, C. ve Atikol, U., (2017). Optimum Insulation Thickness for the Exterior Walls of Buildings in Turkey Based on Different Materials, Energy Sources and Climate Regions, *International Journal of Engineering Technologies*, **3**, 2, 72-82.
- Baykal, C., (2014). Binalarda yönlere göre yalıtım kalınlığının ekonomikliğinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayraktar, D., Bayraktar, E.A., (2016). Mevcut binalarda ısı yalıtımı uygulamalarının değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **7**, 1, 59-66.
- Dağdır, C. ve Bolattürk, A., (2011). Sıcak İklim Bölgelerindeki Binalarda Isıtma ve Soğutma Yüküne Göre Tespit Edilen Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Karşılaştırılması, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 64-77.
- Ertürk, M., (2016). Bina dış duvarlarında farklı yalıtım malzemesi ve hava boşluğu kullanımının, birim alandaki enerji tasarrufu ve kişi başı emisyon hesaplamalarında yeni bir yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **31**, 2, 395-406.
- Gürel, A.E., Çay, Y., Daşdemir, A. ve Küçükkülahlı, E., (2012). Karabük için dış duvar optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufu ve hava kirliliğine etkileri, *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, **1**, 4, 402-414.
- Jelle, B.P., (2011). Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions–Properties, requirements and possibilities, *Energy and Buildings*, **43**, 10, 2549-2563.
- Kaya, M., Fırat, İ. ve Çomaklı, Ö., (2016). Erzincan ilindeki binalarda ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisinin ekonomik analizi, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, **36**, 1, 47-55.
- Liu, X., Chen, Y., Ge, H., Fazio, P. ve Chen, G., (2015). Determination of optimum insulation thickness of exterior wall with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China, *Procedia Engineering*, 121, 1008-1015.
- Murat, T., (2016). Ses yalıtımının önemi, *İzoderji*, 117.
- Özel, M. ve Şengür, S., (2012). Farklı yakıt türü ve yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 132, 5-11.
- Öztuna, S. ve Dereli, E., (2009). Edirne ilinde optimum duvar yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi, *Trakya Univ J Sci*, **10**, 2, 139-147.
- Sezer, F.Ş., (2005). Türkiye’de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **10**, 2, 79-85.
- Şişman, N., (2005). Derece gün bölgeleri için bina dış duvarlarında farklı yalıtım malzemesi ve duvar yapı bileşenleri kullanılması halinde ekonomik analiz yöntemi ile en iyi yalıtım kalınlığının tespiti, *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Topçuoğlu, K., (2017). *Yalıtım Teknolojisi*, 2. basım, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- TS 825, (2008). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Uçar, A. ve Balo, F., (2010). Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls, *Renewable Energy*, **35**, 1, 88-94.
- Yalçın, A.H., (2012). Elazığ ilinde kullanılan farklı duvar tipleri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve ekonomik analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Başkent Doğalgaz Web Sitesi.

<https://online.baskentdogalgaz.com.tr/MusteriOnline/faces/genel/dogalgazsatisfiyatları.jsf> , (12.02.2018)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web Sitesi.

<http://www.mgm.gov.tr/> , (12.02.2018)

Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi.

<http://www.tuik.gov.tr> , (12.02. 2018)

Determination of optimum insulation thicknesses and economic analysis for different wall models in external wall insulation applications

Extended abstract

The consumption of energy resources all over the world is increasing day by day. Nowadays, thermal insulation applications are aiming to reduce fuel consumption and energy saving substantially.

In our country, a large part of the energy is consumed for heating and cooling purposes in the houses. Our country, which is dependent on foreign countries for energy, has been working on this subject and the issue of insulation has come to the agenda. One of the ways in which buildings should be applied for efficient use of energy is thermal insulation application. With thermal insulation applications in buildings, heat losses in winter months and heat gains in summer months are decreasing. However, depending on the thickness of the insulation material used, the initial investment cost of the building is increasing. In this case, it is necessary to know the optimum thickness of the insulation in terms of energy saving. Therefore, optimum insulation thickness should be determined by cost analysis.

Wall models of external insulation application are examined. In the external insulation applications, also known as sheathing, the exterior walls of the building are covered with insulation material from the exterior. This system prevents possible heat bridges. Thus, stresses and cracks caused by temperature changes are prevented and the walls are protected from difficult conditions such as wind and rain. Therefore, the external insulation application is preferred as the most suitable system in terms of building physics. It was preferred to use external insulation for this study.

In this study, two different insulation materials (rockwool and glasswool) were applied to two different wall models (brick wall and aerated concrete wall) in Ankara. Natural gas is preferred as fuel. The economic analysis of the work was carried out by the method of P_1 - P_2 based on life cost analysis and as a result optimum insulation thicknesses, energy saving and payback period of outer walls were determined. Optimum insulation

thicknesses were calculated as 0.051 m and 0.045 m, respectively, in the case of the application of rockwool to brick wall and aerated concrete wall system. For glasswool, these values were determined as 0.064 m and 0.057 m respectively. It has been determined that energy saving values have changed between 27.75 TL / m² and 46.10 TL / m², and payback period have changed between 3.77 and 4.90 years.

As the insulation thickness increases, the annual fuel cost will decrease. If there is no insulation, annual fuel cost for brick wall is 9 TL / m² and for aerated concrete wall is 7.29 TL / m². The annual fuel cost decreased when rockwool was applied in increasing thicknesses and these values were determined as 1.55 TL / m² and 1.49 TL / m² for 0.12 m thickness, respectively. When glasswool is applied, annual fuel costs determined for 0.12 m thickness are calculated as 1.72 TL / m² and 1.65 TL / m² for brick and aerated concrete wall models respectively.

The study also examined the effect of P_1 and degree-day value on the insulation thickness for different insulation materials and wall types. It is understood that as the value of P_1 and degree-day increases, the insulation thickness increases.

As a result, for both insulation materials, a lower insulation thickness is obtained if aerated concrete is used which has a smaller thermal conductivity value than the brick. The lowest insulation thickness was determined in the insulation system formed by the rockwool and aerated concrete wall model. The highest energy saving value is calculated in the insulation system formed by glasswool and brick wall model. The results are compared with the help of charts and graphs.

Keywords: External wall insulation, Optimum insulation thickness, Life cost analysis, P_1 - P_2 method