



Engineering Sciences
ISSN: 1308 7231 (NWSAENS)
ID: 2018.13.2.1A0403

Status : Original Study
Received: October 2017
Accepted: April 2018

**Ahmet Serhan Canbolat, Ömer Kaynaklı,
Burak Türkan, Akın Burak Etemoğlu, Recep Yamankaradeniz**
Uludag University, Bursa-Turkey
ascanbolat@uludag.edu.tr; kaynakli@uludag.edu.tr;
burakt@uludag.edu.tr; aetem@uludag.edu.tr; recep@uludag.edu.tr

DOI	http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.2.1A0403	
ORCID ID	0000-0002-0423-6411	0000-0002-9763-6464
	0000-0002-4019-7835	0000-0001-8022-1185
	0000-0003-0087-2629	
CORRESPONDING AUTHOR	Ahmet Serhan Canbolat	

FARKLI İKLİMSSEL BÖLGELERDE BULUNAN BİNALARDA YAPILAN YALITIMIN TERMAL VE EKONOMİK ANALİZİ

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'deki iki farklı derece-gün (DG) bölgesinde yer alan illerin optimum yalıtım kalınlıkları güneş radyasyonu etkisi göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar ısıtma, soğutma ve yıllık enerji ihtiyaçları dikkate alınarak yapılmıştır. Faiz ve enflasyon oranının dışında sistemin ömrünün de hesaba katıldığı bir maliyet analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonunda her iki il için optimum yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri, tasarruf oranları, ısıtma-soğutma enerji yükleri elde edilmiş ve farklı iklim koşullarına sahip bu iki ilin karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak optimum yalıtım kalınlıkları ısıtma, soğutma ve yıllık enerji ihtiyaçları dikkate alındığında Bayburt'da daha fazla çıkmıştır. Yatırımın geri ödeme süresinin de Bayburt ilinde daha kısa olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Ekonomik Analiz, Yalıtım, Optimizasyon, Derece-Gün

THERMAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE INSULATION IN THE BUILDINGS IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES

ABSTRACT

In this study, the optimum insulation thicknesses in two different degree-day (DD) regions in Turkey were calculated by considering solar radiation effect. The calculations were done by considering on heating, cooling and annual energy requirements. A cost analysis was done regarding interest rate, inflation rate and the life of the system. At the end of the study, optimum insulation thicknesses, payback periods, savings rates, heating-cooling energy loads were obtained for both cities and these two cities with different climatic conditions were compared. As a result, when considering the heating, cooling and annual energy requirements, the optimum insulation thicknesses are higher in Bayburt. It was seen that the payback periods of the investment is shorter in Bayburt.

Keywords: Energy, Economic Analysis, Insulation, Optimization, Degree-Day

How to Cite:

Canbolat, A.S., Kaynaklı, Ö., Türkan, B., Etemoğlu, A.B. ve Yamankaradeniz, R., (2018). Farklı İklimsel Bölgelerde Bulunan Binalarda Yapılan Yalıtımın Termal ve Ekonomik Analizi, **Engineering Sciences (NWSAENS)**, 13(2):85-95, DOI: 10.12739/NWSA.2018.13.2.1A0403.



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji verimliliği ve enerji tüketiminin minimum seviyelere indirilmesi geçmişte olduğu kadar günümüzde de önemli bir çalışma konusudur. Özellikle son yıllarda enerji birim fiyatlarındaki artış sebebiyle bu konu daha da önem kazanmıştır. Türkiye özelinde bakıldığında ise, Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bölümünü ithal etmesi, enerjiyi tasarruflu kullanmayı bir zorunluluk haline getirmektedir. Türkiye'deki konut ve yapı sektöründe tüketilen enerji, toplam enerjinin yaklaşık %35'ini oluşturmaktadır [1]. Bu nedenle binalardaki ısı yalıtımı uygulamaları, enerji verimliliği ile ilgili yapılacakların başında gelmektedir. Duvarlarda kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığının arttırılması ısı kaybını azaltır, böylece enerji maliyeti azalır fakat yalıtım maliyeti artar. Tam tersi durumda ise ısı kayıpları artacak, aynı zamanda enerji maliyeti de artacak fakat yalıtım maliyeti azalacaktır. Dolayısıyla en düşük toplam maliyeti elde etmek için yalıtım kalınlığının optimum değerinin bulunması gerekmektedir. Literatürde bu konuda yapılmış farklı çalışmalar mevcuttur. Özel [2] Elazığ şehri için farklı yalıtım malzemeleri kullanarak optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet analizleri yapmıştır.

20 yıl ömür biçilen bir bina için farklı yalıtım malzemeleri kullanıldığında optimum yalıtım kalınlıkları 5.4cm-19.2cm arasında bulunmuştur. Enerji tasarruf miktarları ise 86.26\$/m²-140.05\$/m² olarak elde edilmiştir. Buna bağlı olarak geri ödeme süreleri de 3.56 yıl ile 8.85 yıl arasında değişen değerlerde hesaplanmıştır. Çomaklı [3] yaptığı çalışmada Türkiye'de bulunan 3 farklı il (Erzurum, Kars, Erzincan) için bir takım hesaplamalar yapmıştır. Bu 3 il için de optimum yalıtım kalınlıklarını, geri ödeme sürelerini ve tasarruf miktarlarını hesaplamıştır. Sonuç olarak özellikle soğuk iklimde bulunan binalara yalıtım uygulamasının yapılması gerektiğini belirtmiştir. Dombaycı [4] Türkiye'deki 4 derece-gün bölgesinde bulunan iller için iki farklı yalıtım malzemesi kullanarak optimum yalıtım kalınlıklarını belirlemiştir. Minimum yalıtım kalınlığı sıcak iklim bölgesindeki il için elde edilirken, maksimum yalıtım kalınlığı soğuk iklim bölgesindeki il için elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek tasarruf miktarı soğuk iklim bölgesindeki il için elde edilmiştir. Buna karşın en düşük tasarruf miktarı sıcak iklim bölgesindeki il için elde edilmiştir. Gölcü [9] yaptığı çalışmada binalarda ısıtma için farklı enerji kaynakları kullanıldığında, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıklarının, enerji tasarruf miktarlarının ve geri ödeme süresinin ne olacağını incelemiştir. Çalışma Denizli ilindeki binalar için yapılmıştır. Enerji kaynağı olarak kömür kullanıldığında; optimum yalıtım kalınlığının 4.8cm ve geri ödeme süresinin 2.4 yıl olduğunu tespit etmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada iki farklı iklimsel bölgede bulunan Bursa ve Bayburt illeri için optimum yalıtım kalınlıkları güneş radyasyonu etkisi hesaba katılarak hesaplanmıştır. Her iki il için sezonluk ve yıllık enerji tasarruf miktarları maksimize edilerek optimum yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri, tasarruf oranları, ısıtma-soğutma enerji yükleri de elde edilmiş ve farklı iklim koşullarına sahip bu iki ilin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmaların genelinden farklı olarak hesaplamalar radyasyon etkisi göz önüne alınarak yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

3.1. Derece-Gün Kavramı (Degree-Day Concept)

Binalardaki enerji tüketiminin tahminindeki en basit ve güvenilir yöntemlerden birisi derece gün yöntemidir. Bu yöntem, ortalama dış ortam sıcaklığı ile denge sıcaklığı (T_b) arasındaki farkın, binanın enerji ihtiyacı ile doğru orantılı olduğunu varsayar. Denge sıcaklığı, binadaki ısı kaynaklarıyla (ısıtma sistemi, insan, aydınlatma, televizyon, bilgisayar, güneş radyasyonu vs.) binadan olan ısı kayıplarının eşit (dengede) olduğu sıcaklık olarak tanımlanır [5]. Isıtma derece gün (HDD) ifadesi; belirli bir zaman diliminde (ay, yıl vb.) dış ortam ve oda denge sıcaklığını hesaba katarak soğukun şiddetini açıklar. Soğutma derece gün (CDD) ifadesi ise; belirli bir zaman diliminde (ay, yıl vb.) dış ortam ve oda denge sıcaklığını hesaba katarak sıcaklığın şiddetini açıklar. HDD ve CDD ifadeleri aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$HDD = \sum_1^{365} (T_b - T_{g-h})^+ \quad (1)$$

$$CDD = \sum_1^{365} (T_{g-h} - T_b)^+ \quad (2)$$

Burada (T_{g-h}) şeklinde ifade edilen değer güneş hava sıcaklığıdır. Başka bir deyişle günlük ortalama dış hava sıcaklığına güneş radyasyonu etkisinin katıldığı bir ortalama sıcaklık değeridir.

3.2. Güneş Radyasyonu Hesaplamaları (Solar Radiation Calculations)

HDD ve CDD değerleri eşitlik (1) ve (2) de görüldüğü üzere güneş hava sıcaklığı değerine bağlıdır. Güneş hava sıcaklığı ise dış ortam sıcaklığına ve radyasyon akısına bağlıdır. Çengel [6] T_{g-h} değerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır:

$$T_{g-h} = T_0 + \frac{\alpha_s q_s}{h_0} - \frac{\varepsilon \sigma (T_0^4 - T_{\text{çevre}}^4)}{h_0} \quad (3)$$

Burada T_0 dış ortam sıcaklığı, α_s yüzeyin güneş soğurma katsayısı, h_0 birleşik (taşınım ve ışınım) ısı transfer katsayısı, q_s yüzeye gelen güneş ışınımı değeri, ε yüzeyin yayma katsayısı, σ Stefan Boltzman sabiti, $T_{\text{çevre}}$ çevreleyen yüzeylerin ortalama sıcaklığını temsil eder. Bu bölümde güneş radyasyonu hesaplamalarıyla ilgili en temel denklemler verilecektir. Atmosfer dışında yatay düzleme düşen günlük güneş ışınımı eşitlik (4) yardımıyla bulunur.

$$\dot{q}_{0,h} = \frac{G_{s,c}}{\pi} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \left[\cos \theta \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi \omega_s}{360} \sin \theta \sin \delta \right] \quad (4)$$

$$\frac{\dot{q}_h}{\dot{q}_{0,h}} = \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (5)$$

$$a = 0.103 + 0.000017Z + 0.198 \cos(\theta - \delta) \quad (6)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\theta - \delta) \quad (7)$$

Bu denklemlerde $G_{s,c}$ güneş sabiti, ω_s güneş batış saat açısı, n yılın kaçınıcı günü olduğu, a ve b bölgeye bağlı sabitler, $\dot{q}_h/\dot{q}_{0,h}$ berraklık indeksi (K_T), n/N izafi güneşlenme süresi, δ deklinasyon açısı, θ enlem açısı, Z rakım olarak tanımlanmıştır. Atmosfer içinde yatay düzleme düşen günlük toplam güneş ışınımının yayılı ve direkt kısımlarının hesaplanması için literatürde birçok ampirik ifade mevcuttur. Bu ifadeler genellikle berraklık indeksi (K_T)'nin fonksiyonu şeklindedir [7]. Dik yüzeye düşen toplam ışınım miktarı ise o yöne ait direkt, yayılı ve yansıyan ışınımın toplamına eşittir [8].

$$\frac{\dot{q}_{h,d}}{\dot{q}_h} = (0.703 - 0.414K_T - 0.428K_T^2) \quad (8)$$

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (9)$$

$$\dot{q}_s = \dot{q}_h \left(1 - \frac{\dot{q}_{h,d}}{\dot{q}_h} \right) R_b + \dot{q}_{h,d} \left(1 + \frac{\cos \beta}{2} \right) + \dot{q}_h \rho \left(1 - \frac{\cos \beta}{2} \right) \quad (10)$$

Bu denklemlerde θ güneş ışınımının geliş açısı, $\dot{q}_{h,d}$ yatay yüzey için ortalama günlük yayılı ışınım, ρ yerin yansıtma oranıdır.

Çalışmada burada verilen denklemlerin dışında başka eşitliklerden de yararlanılmıştır. Daha detaylı bilgi için Yiğit ve Atmaca [7] dan yararlanılabilir.

3.3. Duvar Yapısı ve Isıtma/Soğutma İhtiyacı (Wall Structure and Heating/Cooling Requirement)

Bir binada ısı kaybının en çok olduğu yer, binanın dış duvarlarıdır. Bu çalışmada da dış duvarlardaki ısı kayıpları göz önüne alınarak optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılmıştır. Yalıtım yapılmış bir duvar için toplam ısı geçirgenliği (U) şu şekilde ifade edilir:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_w + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_d}} \quad (11)$$

Bu denklemde h_i iç ortamın ısı taşınım katsayısı, h_d dış ortamın ısı taşınım katsayısı, R_w yalıtım yapılmamış duvarın ısıl direnci, x yalıtım malzemesinin kalınlığı ve k yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısıdır. Birim alandaki yıllık ısıtma ($q_{A,H}$) ve soğutma ($q_{A,C}$) enerji ihtiyaçları sırasıyla eşitlik (12) ve eşitlik (13) de verilmiştir.

$$q_{A,H} = \frac{86400HDDU}{\eta} \quad (12)$$

$$q_{A,C} = 86400CDDU / COP \quad (13)$$

Duvarı oluşturan malzemelerin özellikleri, iç ve dış ortam ısı taşınım katsayıları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Dış duvarı oluşturan malzemelerin özellikleri ve taşınım katsayıları

(Table 1. Properties of exterior wall materials and convective heat transfer coefficients)

Duvar Yapısı		Değer
x cm	Yalıtım Malzemesi	k=0.03 W/mK
3 cm	Dış Sıva	k=0.87 W/mK
2 cm	İç Sıva	k=0.87 W/mK
20 cm	Delikli Tuğla	k=0.45 W/mK
	İç Ortam Isı Taşınım Katsayısı	$h_i=8.29 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Dış Ortam Isı Taşınım Katsayısı	$h_d=34 \text{ W/m}^2\text{K}$ (kışın)
		$h_d=22.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (yazın)

3.4. Optimum Yalıtım Kalınlığı Hesabı ve Ekonomik Analiz (Optimum Insulation Thickness Calculation and Economic Analysis)

Yalıtım kalınlığı ile yalıtım maliyeti doğru enerji maliyeti ters orantılıdır. Bu şartlarda yalıtım kalınlığına karar vermeden önce, toplam maliyeti minimum yapacak bir optimizasyon çalışması yapmak uygun olur. Çalışma kapsamında yapılan optimizasyon hesaplamalarında kullanılan değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Maliyet hesaplamalarında kullanılan değerler
(Table 2. Values used in the cost calculations)

Parametre	Değer
Yalıtım Malzemesinin Fiyatı	$C_{ins}=90$ USD/m ³
Doğalgaz (Isıtma)	
Fiyat	$C_f=0.367$ USD/m ³
Alt Isıl Değer	$Hu=34.526 \times 10^6$ J/m ³
Sistemin Verimi	$\eta =0.93$
Elektrik (Soğutma)	
Fiyat	$C_e=0.118$ USD/kWh
Cop	2.5
Finansal Parametreler	
Enflasyon Oranı	$i=9\%$
Faiz Oranı	$g=17\%$
Ömür	$LT=10$
Şimdiki Değer	$PV=6.91$

Yapılan yalıtımın maliyeti, kalınlığı ile doğru orantılıdır (Eşitlik 14).

$$C_{t,ins} = C_{ins}x \quad (14)$$

Bu çalışmada, optimum yalıtım kalınlığı ve enerji maliyeti hesaplamalarında ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Şimdiki değer (PV) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$PV = \left(\frac{1+i}{g-i}\right) \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+g}\right)^{LT}\right] \quad (15)$$

Isıtma sezonundaki toplam ısıtma maliyeti ve optimum yalıtım kalınlığı sırasıyla eşitlik (16) ve eşitlik (17) yardımıyla hesaplanabilir. Isıtmanın doğalgaz ile yapıldığı varsayılmıştır. Bu denklemlerdeki $R_{t,w}$ değeri yalıtım olmayan bir duvardaki toplam ısıl direnci temsil etmektedir.

$$C_{t,H} = C_{ins}x + \frac{86400HDD C_f PV}{\left(R_{t,w} + \frac{x}{k}\right) Hu \eta} \quad (16)$$

$$x_{opt,H} = \left(\frac{86400HDD C_f PV k}{Hu \eta C_{ins}}\right)^{0.5} - R_{t,w} k \quad (17)$$

Buna benzer olarak soğutma sezonundaki toplam maliyet ve optimum yalıtım kalınlığı aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanabilir. Soğutma sezonunda soğutucu sistemin elektrikle çalıştığı varsayılmıştır.

$$C_{t,C} = C_{ins}x + \frac{86400CDD C_e PV}{\left(R_{t,w} + \frac{x}{k}\right) COP} \quad (18)$$

$$x_{opt,A} = \left(\frac{86400PV \left(\frac{HDD C_f + CDD C_e}{Hu \eta + COP}\right) k}{C_{ins}}\right)^{0.5} - R_{t,w} k \quad (19)$$

Sezonluk enerji maliyetlerinin dışında yıllık enerji maliyeti ve buna bağlı olarak elde edilen optimum yalıtım kalınlığı da hesaplanmıştır. Eşitlik (20) ve eşitlik (21) bu hesaplamalar ile ilgilidir.

$$C_{t,A} = C_{ins}x + \frac{86400CDD C_e PV}{\left(R_{t,w} + \frac{x}{k}\right) COP} + \frac{86400HDD C_f PV}{\left(R_{t,w} + \frac{x}{k}\right) Hu \eta} \quad (20)$$

$$x_{opt,A} = \left(\frac{86400PV \left(\frac{HDD C_f + CDD C_e}{Hu \eta + COP}\right) k}{C_{ins}}\right)^{0.5} - R_{t,w} k \quad (21)$$

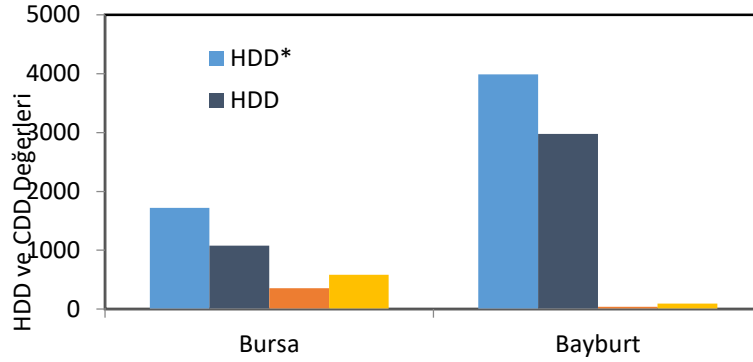
Yılın 12 ayı kullanılan bir binanın hem ısıtma hem de soğutma enerji gereksinimi olacağı bilinmektedir. Isı yalıtımı uygulamaları her iki enerji ihtiyacını da düşüreceği için maliyet analizlerinde ve

optimum yalıtım kalınlığının tayininde eşitlik (20) ve eşitlik (21) den yararlanılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı tayin edildikten sonra ısıtma ve soğutma enerji maliyetlerinden edilen tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Enerji tasarruf miktarı (ETM) hem ısıtma hem soğutma için, yalıtımsız durumdaki binanın enerji maliyeti ile yalıtımlı halindeki enerji miktarının birbirinden çıkarılması ile bulunur. Geri ödeme süresi (GÖS) ise eşitlik (22) ile hesaplanmıştır. Geri ödeme süresi yapılan yatırımın kendini amorti etme süresidir.

$$GÖS = \frac{(C_{ins}^{opt,A})}{ETM/LT} \quad (22)$$

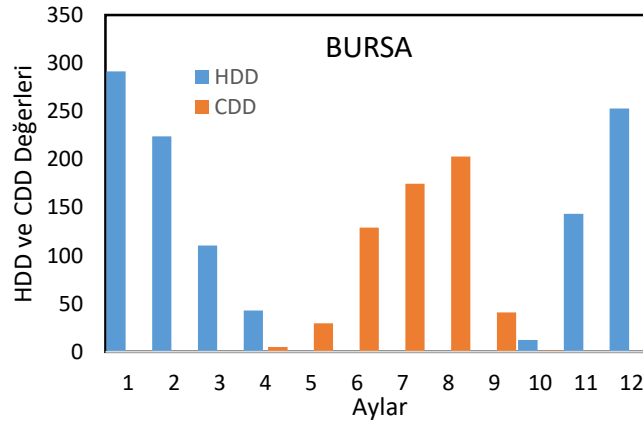
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSION)

Bursa ve Bayburt illeri için öncelikle güneş radyasyonu hesaba katılarak HDD ve CDD değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler literatürde var olan güneş radyasyonu etkisi hesaba katılmadan bulunan HDD ve CDD değerleri ile karşılaştırılmıştır. HDD* ve CDD* güneş radyasyonu etkisi hesaba katılmadan elde edilmiş, literatürde var olan değerlerdir.

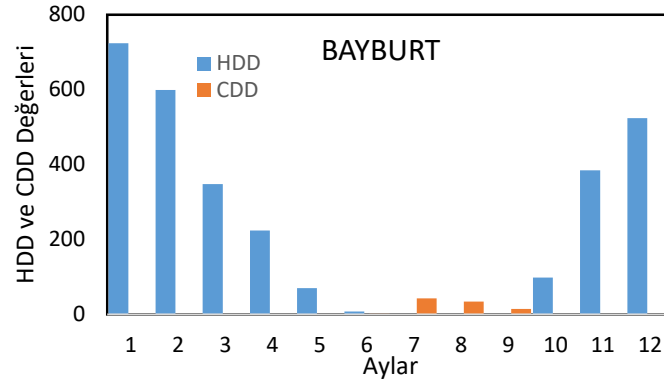


Şekil 1. Yıllık HDD ve CDD değerleri
(Figure 1. Annual HDD and CDD values)

Güneş radyasyonu etkisi hesaba katıldığında her iki il için HDD değerlerinin azaldığı, CDD değerlerinin ise arttığı gözlemlenmiştir. HDD değeri soğukun şiddetini ifade ettiğinden, güneş radyasyonu etkisi katılınca azalma göstermesi mantıklı bir sonuçtur. Buna paralel olarak CDD değeri de sıcaklığın şiddetini ifade ettiğinden, güneş radyasyonu etkisi hesaba katılınca artış göstermesi beklenen bir sonuçtur. Şekil 2 ve Şekil 3'de her iki il için aylık olarak elde edilen HDD ve CDD değerleri gösterilmiştir.

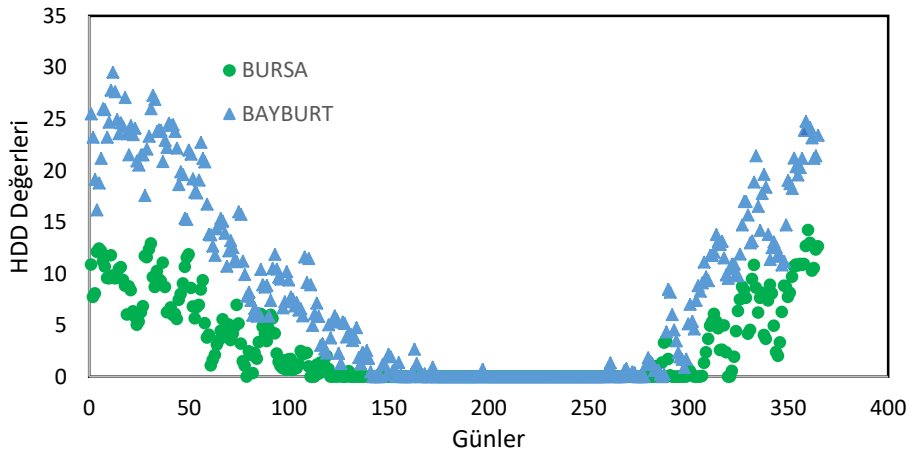


Şekil 2. Bursa için aylara göre HDD ve CDD değerleri
(Figure 2. Monthly HDD and CDD values for Bursa)

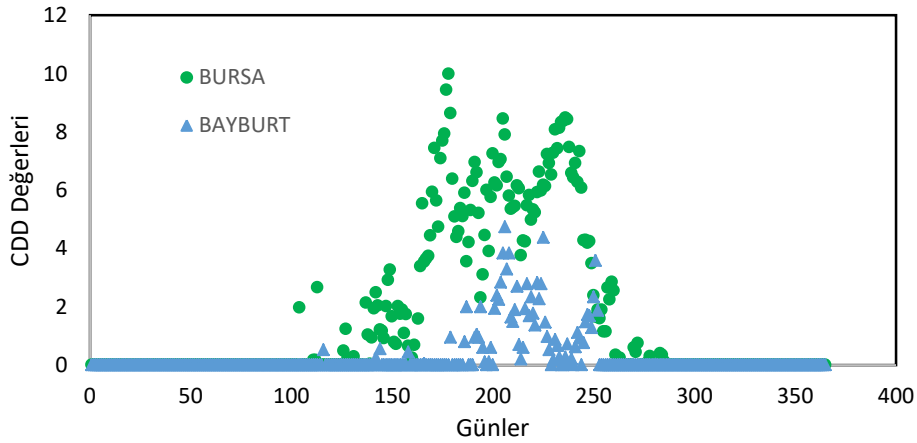


Şekil 3. Bayburt için Aylara göre HDD ve CDD değerleri
(Figure 3. Monthly HDD and CDD values for Bayburt)

Şekil 4a ve Şekil 4b'de de her iki il için HDD ve CDD değerleri günlere göre detaylı şekilde verilmiştir. Burada HDD değerlerinin 0 olduğu yerler ısıtma yapılmayan günleri göstermektedir. Benzer şekilde CDD'nin 0 olduğu günlerde ise soğutma işlemine gerek olmadığı yorumu yapılabilir.

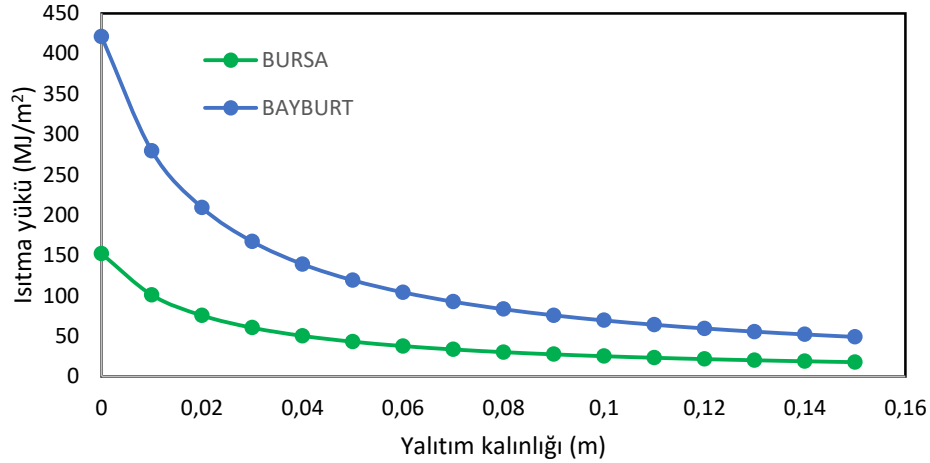


Şekil 4a. Günlere göre HDD ve CDD değerleri
(Figure 4a. Daily HDD and CDD values)



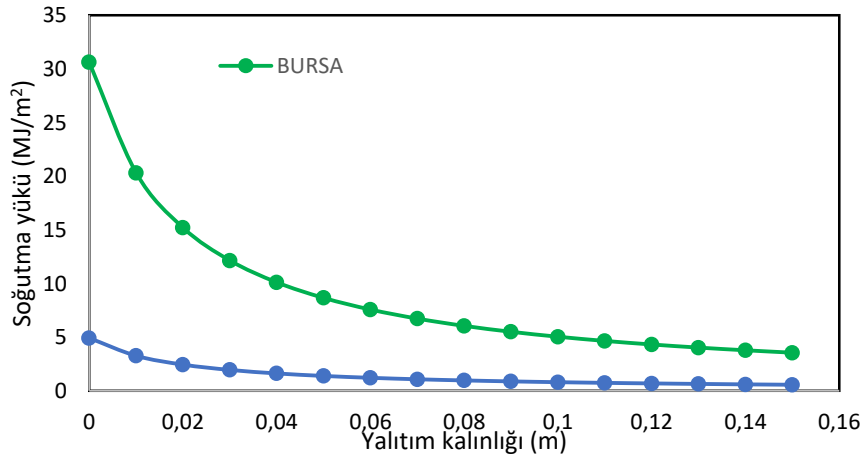
Şekil 4b. Günlere göre HDD ve CDD değerleri
(Figure 4b. Daily HDD and CDD values)

Binanın dış duvarlarına yapılan yalıtımın kalınlığı değiştikçe ısıtma ve soğutma yüklerinde de farklılık oluşacaktır. Her iki il için hem ısıtma sezonundaki hem de soğutma sezonundaki enerji ihtiyaçları farklı yalıtım kalınlıkları için elde edilmiştir ve Şekil 5a ve Şekil 5b'de gösterilmiştir. Yalıtım kalınlığı arttıkça hem ısıtma yüklerinin hem de soğutma yüklerinin azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla yalıtım kalınlığı arttıkça hem soğutma için hem de ısıtma için gerekli olan enerjinin de azaldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 5a. Yalıtım kalınlığına bağlı Isıtma/Soğutma yüklerinin değişimi

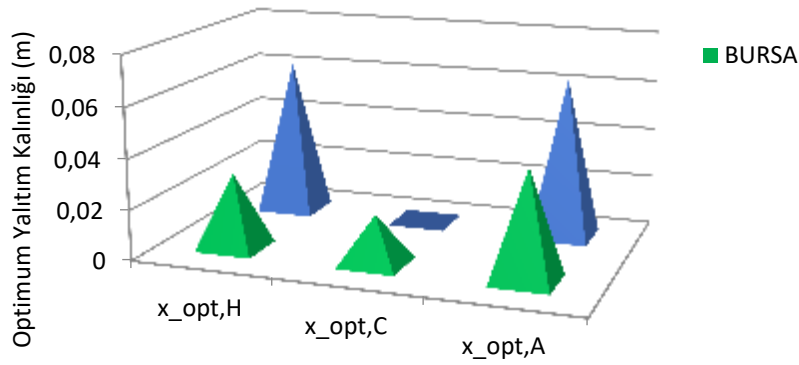
(Figure 5a. Variation of heating/cooling loads depending on insulation thickness)



Şekil 5b. Yalıtım kalınlığına bağlı Isıtma/Soğutma yüklerinin değişimi

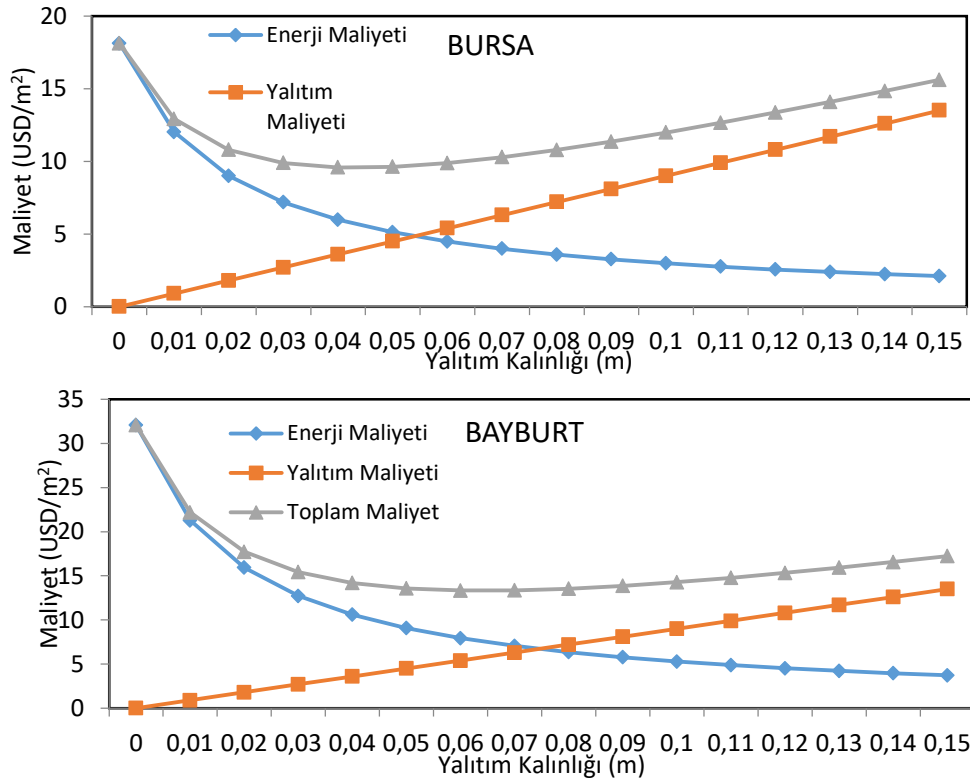
(Figure 5b. Variation of heating/cooling loads depending on insulation thickness)

Sezonluk ve yıllık optimum yalıtım kalınlıkları da her iki il için hesaplanmıştır ve grafiksel olarak Şekil 6'de gösterilmiştir. Her iki ilin soğutma sezonundaki optimum yalıtım kalınlıkları (x_{opt} , C) ısıtma sezonuna göre ve yıllık optimum yalıtım kalınlığına göre oldukça düşük çıkmıştır. Hatta Bayburt'ta sadece yazın kullanılacak bir binaya hiç yalıtım uygulaması yapılmaması ekonomik yönden en iyi durumu verecektir. Çünkü soğutma sezonunda Bayburt'ta optimum yalıtım kalınlığı 0cm olarak hesaplanmıştır.



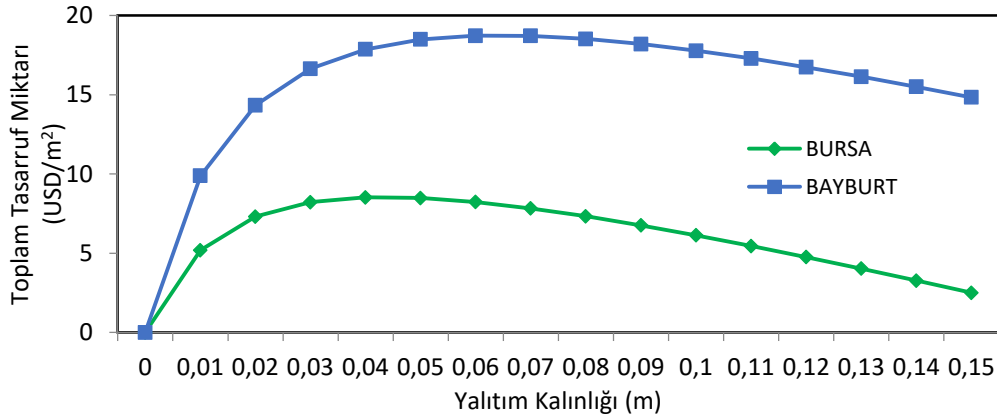
Şekil 6. Sezonluk ve yıllık optimum yalıtım kalınlıkları
(Figure 6. Seasonal and annual optimum insulation thickness)

Enerji maliyetinin, yalıtım maliyetinin ve toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Yalıtım kalınlığına bağlı maliyetlerin değişimi
(Figure 7. Variation of cost depending on insulation thickness)

Bu grafiklerde toplam maliyetleri minimum yapan yalıtım kalınlığı, o il için optimum yalıtım kalınlığını verir. Bu çalışmada yalıtım sonucunda elde edilen tasarruf miktarları da hesaplanmıştır. Tasarruf miktarının yalıtım kalınlığı ile nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 8'de verilmiştir. Bu grafikte tasarruf miktarını gösteren eğrinin pik noktasına karşılık gelen yalıtım kalınlığı da o il için optimum yalıtım kalınlığıdır.



Şekil 8. Yalıtım Kalınlığının Tasarruf Miktarlarına Etkisi
(Figure 8. Effect of insulation thickness on saving amounts)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Türkiye'deki iki farklı derece-gün (DG) bölgesinde yer alan Bursa ve Bayburt illeri üzerine yapılan bu çalışmada güneş radyasyonu etkisi hesaba katılarak optimum yalıtım kalınlıkları hem sezonluk hem de yıllık olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında geri ödeme süreleri, tasarruf oranları, ısıtma-soğutma enerji yükleri elde edilmiş ve farklı iklim koşullarına sahip bu iki ilin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Bursa için ısıtma sezonundaki optimum yalıtım kalınlığı 2.9cm, soğutma sezonundaki optimum yalıtım kalınlığı 1.9cm, yıllık optimum yalıtım kalınlığı 4.3cm olarak hesaplanmıştır.
- Bayburt için ısıtma sezonundaki optimum yalıtım kalınlığı 6.2cm, yıllık optimum yalıtım kalınlığı 6.4cm olarak hesaplanmıştır. Soğutma sezonunda yalıtım yapılmasına gerek olmadığı tespit edilmiştir.
- Tasarruf miktarı, optimum yalıtım kalınlığında yalıtım yapıldığında Bursa'da 12.44USD/m²yıl, Bayburt'da ise 24.52USD/m²yıl enerji maliyetinden tasarruf edildiği görülmektedir. Buna bağlı olarak bu yatırımın Bursa'daki geri ödeme süresi 3.13 yıl, Bayburt'daki geri ödeme süresi ise 2.35 yıl olarak hesaplanmıştır.

NOT (NOTICE)

Bu bildiri 21-23 Eylül 2017 tarihinde Bayburt'ta düzenlenen International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET) Konferansında sözlü bildiri olarak sunulmuş ve yeniden yapılandırılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Demirbaş, A., (2001). Energy Balance, Energy Sources, Energy Policy, Future Developments and Energy Investments in Turkey, Energy Convers. Manag., Volume:42, Number:10, pp:1239-1258.
- [2] Özel, M., (2012). Cost Analysis for Optimum Thicknesses and Environmental Impacts of Different Insulation Materials, Energy Build., vol:49, pp:552-559.
- [3] Çomaklı, K. and Yüksel, B., (2003). Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving, Appl. Therm. Eng., Vol:23, no:4, pp:473-479.



-
- [4] Dombaycı, Ö.A., Atalay, Ö., Acar, Ö.G., Ulu, E.Y., and Öztürk, H.K., (2017). Thermoeconomic Method for Determination of Optimum Insulation Thickness of External Walls for the Houses: Case Study for Turkey, Sustain. Energy Technol. Assessments, Vol:22, pp:1-8.
- [5] Kaynaklı, Ö. ve Yamankaradeniz, R., (2007). Isıtma Süreci ve Optimum Yalıtım Kalınlığı Hesabı VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, pp:187-195.
- [6] Çengel, Y., (1998). Heat Transfer: A Practical Approach. McGraw-Hill Inc.
- [7] Yiğit, A. ve Atmaca, İ., (2010). Güneş Enerjisi. Alfa Aktüel.
- [8] Kaynaklı, Ö., Özdemir, S. ve Karamangil, Mİ., (2012). Güneş Işınımı ve Duvar Yönü Dikkate Alınarak Optimum Isıl Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi; J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ., Vol:27, No:2, pp:367-374.
- [9] Gölcü, M., Dombaycı, Ö.A. ve Abalı, S., (2006). Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt:21, No:4, ss:639-644.