

Periyodik Sınır Şartlarına Maruz Kalan Çok Katmanlı Duvarlarda Sıcaklık Dağılımının ANSYS'de Analizi

Meral ÖZEL
Nesrin İLGİN

ÖZET

Bu çalışmada, çok katmanlı duvarların kalınlıkları boyunca sıcaklık dağılımlarını ANSYS' de analiz etmek için 3 farklı yalıtılmış duvar ele alınmıştır. Yalıtım malzemesi iki eşit tabaka halinde duvar malzemesinin (a) dış yüzeyine ve ortasına, (b) iç yüzeyine ve ortasına, (c) dış ve iç yüzeyine yerleştirilerek her bir duvar yapısı için sıcaklık dağılımları yaz ve kış iklim şartları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Bu amaçla, bina duvarının dış yüzeyi periyodik olarak değişen dış ortam sıcaklığına ve güneş ışınımı şiddetine maruz kaldığı ve iç yüzeyinin ise sabit sıcaklıktaki oda havası ile temasta olduğu kabul edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak 4 cm (her biri 2 cm olan yalıtım tabakası) kalınlığında cam yünü ve duvar malzemesi olarak toplam kalınlığı 20 cm olan tuğla duvar ele alınmıştır. Sonuç olarak, incelenen yalıtım durumları arasında en fazla sıcaklık dalgalanmalarının içten ve ortadan yalıtılmış duvarda elde edildiği, en az sıcaklık dalgalanmalarının ise dıştan ve ortadan yalıtımlı duvar yapısında elde edildiği hem yaz hem kış şartları için görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: ANSYS, Çok Katmanlı Duvar, Sıcaklık Dağılımı, Yaz ve Kış Şartları.

1. GİRİŞ

Enerjinin insanın günlük yaşantısında çok büyük bir yer tuttuğu muhakkaktır. Bundan dolayı gereksiz enerji tüketiminin ve kayıplarının azaltılması için sınırlı enerji kaynağının en verimli biçimde kullanılmasını gereklidir. Enerji tasarrufu için aynı işi daha az enerji ile yapmak gereklidir. Bu nedenle bilindiği gibi binalarda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı binaların ısıtılması ve soğutulması amacıyla kullanılmaktadır. Bu enerjinin etkin kullanılması için ısı kayıplarının ve kazanımlarının azaltılması ısı yalıtımı ile sağlanabilir. Bundan dolayı dış iklim şartlarına maruz kalan bina dış duvarlarının yalıtılması gerekmektedir. Söz konusu yapı için yapılacak uygun yalıtım enerji kayıplarını önlediği gibi binanın ısıtma tesisinin kurulum kapasitesini de düşürerek kurulum maliyetini azaltacaktır. Yani hem kurulum maliyeti hem de ısı kayıpları nedeniyle harcanan gereksiz enerji açısı

Abstract:

In this study, three different insulated walls are considered to analyse by ANSYS of temperature distributions through thicknesses of multi-layer walls. The insulation material is placed as two equal layers to: a) outdoor surface and middle, b) indoor surface and middle, c) outdoor and indoor surfaces of wall. Temperature distributions for each one wall structure were computed considering summer and winter conditions. For this purpose, it was assumed that outdoor surface of building wall was exposed to periodic outdoor air temperature and solar radiation, and indoor surface of it was in contact with room air at constant temperature. 4 cm (each one 2 cm of insulation layer) glass wool as insulation material and total 20 cm brick as wall material were considered. As result, among investigated insulation positions, it was seen that maximum temperature fluctuations were obtained in the indoor and middle insulated wall while minimum temperature fluctuations were obtained in the outdoor and middle insulated wall for both summer and winter conditions.

Key Words:

ANSYS, Multi-Layer Wall, Temperature Distribution, Summer And Winter Conditions.

Makale

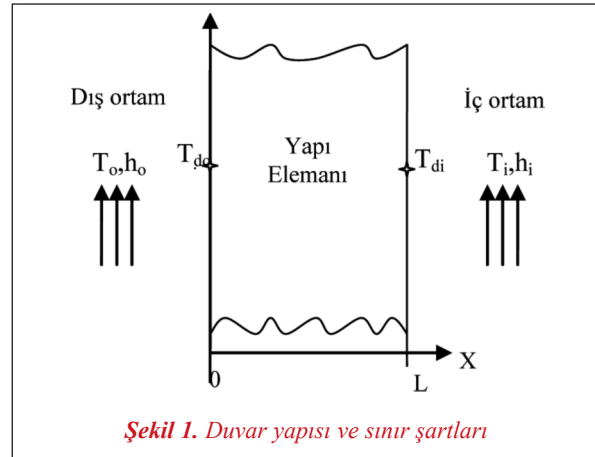
sından düşünülürse yalıtımın ne kadar önemli olduğu anlaşılmış olur. Ayrıca yalıtım sayesinde sıcaklık dalgalanmalarının azalmasıyla yapı içerisinde meydana gelecek olan küf ve yağuşma gibi olgularda önlenmiş olur.

Literatürde yalıtım konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde Durgun ve Derbentli [1], yalıtımsız ve yalıtımlı yapı elemanlarından geçen ısı miktarını geçici rejimde çözerek yapı elemanlarında ısı depolanmasının ve yalıtımın etkisini göstermişlerdir. Al-Sanea ve Zedan [2], kararlı periyodik şartlar altındaki bina duvarının ısı transfer karakteristikleri üzerine yalıtımının yerinin etkisini çalıştılar. Al-Sanea [3], farklı çatı yapılarının ısı performansını karşılaştırdı ve sonuç olarak yalıtımı çatının iç yüzeyine yakın yerleştirerek daha iyi bir ısı performansına ulaşıldığını gösterdi. Al-regib vd. [4], duvarın dış yüzeyinde, iç yüzeyinde ve ortasında yalıtım durumları için yalıtımlı duvar boyunca ısı transferinin geçici etkilerini araştırmışlardır. Özel ve Pıhtılı [5], bina duvarlarına uygulanan yalıtımın duvar içersinde beş farklı konumlandırma durumunu ele alarak ısı kazanç ve kayıpları açısından implicit sonlu fark metodunu kullanarak araştırmışlardır. Yalıtımlı duvarlarda sıcaklık dağılımı ise yine aynı metodu kullanarak çözülmüştür [6]. Bir diğer çalışmada ise yalıtımsız bir duvar ile dıştan, içten ve ortadan yalıtımlı duvarların kalınlıkları boyunca sıcaklık dağılımları ANSYS paket programını kullanarak çözülmüştür [7].

Bu çalışmada ise, dıştan ve ortadan, içten ve ortadan ve ayrıca dıştan ve içten yalıtımlı duvar yapıları için ANSYS [8] paket programını kullanarak çözümler yapılmış ve her bir duvarın kalınlıkları boyunca sıcaklık dağılımları yaz ve kış şartları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır

2. MATEMATİKSEL METOD

Bir bina duvarının kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımının hesaplanabilmesi için ısı iletim denkleminin uygun sınır ve başlangıç şartları altında çözülmesi gerekir. Bu durumda, herhangi bir konum ve zaman için geçici rejimde bir boyutlu ısı iletim denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir.



Şekil 1. Duvar yapısı ve sınır şartları

$$\rho \cdot c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

Burada k, ρ ve c_p sırasıyla duvar malzemesinin ısı iletim katsayısı, yoğunluğu ve özgül ısıdır. Şekil 1'de görüldüğü gibi pratikte yapı duvarları, her iki sınır yüzeylerindeki sıcaklık ve ısı akısı uyarımlarına maruzdur ve bu uyarımlar genellikle 24 saat periyotlu bir değişim gösterirler. Yapı duvarlarının dış ve iç sınır yüzeyleri ile bitişik oldukları akışkan (hava) tabakası arasındaki sıcaklık farkından dolayı taşınım ile ısı geçişi olduğundan, bu yüzeylerde taşınım sınır şartı mevcuttur. Bu durumda yapı elemanının sırasıyla dış ve iç yüzeylerindeki sınır şartları ile başlangıç şartı aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = h_o (T_e - T_{d0}) \quad (2)$$

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=L} = h_i (T_{di} - T_i) \quad (3)$$

$$T(x, 0) = T_b \quad (4)$$

Burada x duvar kalınlığı yönündeki eksen, T_{d0} ve T_{di} sırasıyla duvar dış yüzey ve duvar iç yüzey sıcaklıkları, T_i ise sabit iç ortam sıcaklığıdır. T_b başlangıç sıcaklığı olup hesaplamalarda 15 °C kabul edilmiştir. h_o ve h_i sırasıyla dıştaki ve içteki ısı taşınım katsayısıdır. T_e ise dış ortam sıcaklığı ile güneş ışınımının etkilerini içeren bir sıcaklık olup eşdeğer çevre sıcaklığı olarak adlandırılmakta ve dik duvar yüzeyleri için aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$T_e = T_o + \frac{\alpha \cdot I}{h_o} \quad (5)$$

Bu eşitlikte T_o dış ortam sıcaklığı, α duvarın güneş ışınımının geçirme katsayısı, I ise dış yüzeye gelen güneş ışınımı şiddetidir. Güneş ışınımı şiddeti ve dolayısıyla eşdeğer çevre sıcaklığı için gerekli hesaplamalar [9] no'lu kaynakta mevcuttur.

3. DUVAR MODELLERİ

Bu çalışmada, Şekil 2'de görüldüğü gibi toplam 20 cm kalınlığındaki tuğla duvarın a) dış yüzeyine ve ortasına, b) iç yüzeyine ve ortasına ve c) dış yüzeyine ve iç yüzeyine 2 cm kalınlıklarında cam yünü yalıtım malzemesi yerleştirilerek çok katmanlı duvar yapıları oluşturulmuş ve ANSYS paket programını kullanarak sıcaklık dağılımları hesaplanmıştır. Bunun için yalıtım malzemesi olarak cam yünü, duvar malzemesi olarak ta tuğla kullanılmış ve termodinamik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Malzeme özellikleri

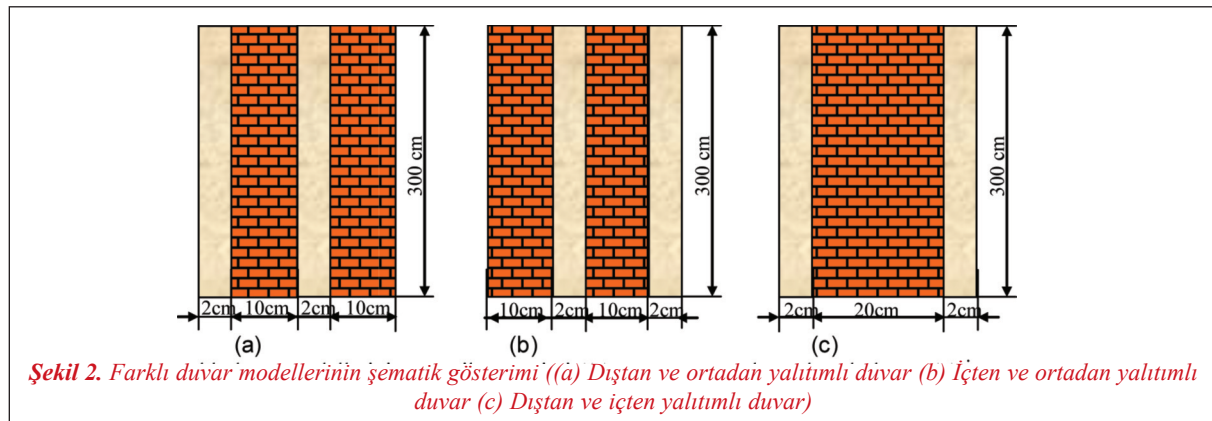
Malzeme Özellikleri	k (W/m °K)	ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg °K)
Tuğla duvar	0.62	1800	840
Cam yünü	0.036	105	795

Tablo 2. 15 Temmuz için eşdeğer çevre sıcaklıkları [9]

t (saat)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_e (°C)	22.0	21.0	20.4	19.0	19.0	20.6	25.5	29.1	34.5	39.4	42.6	45.2
t (saat)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T_e (°C)	45.8	44.6	41.4	36.8	34.5	33.0	30.2	28.8	26.0	26.8	24.1	23.9

Tablo 3. 15 Ocak için eşdeğer çevre sıcaklıkları [9]

t (saat)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_e (°C)	-2.9	-3.1	-3.5	-3.8	-4.0	-4.0	-5.0	-2.7	5.1	10.0	12.6	14.4
t (saat)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T_e (°C)	14.6	14.2	10.8	5.6	1.8	0.0	-0.3	-0.9	-1.1	-1.8	-1.8	-2.0

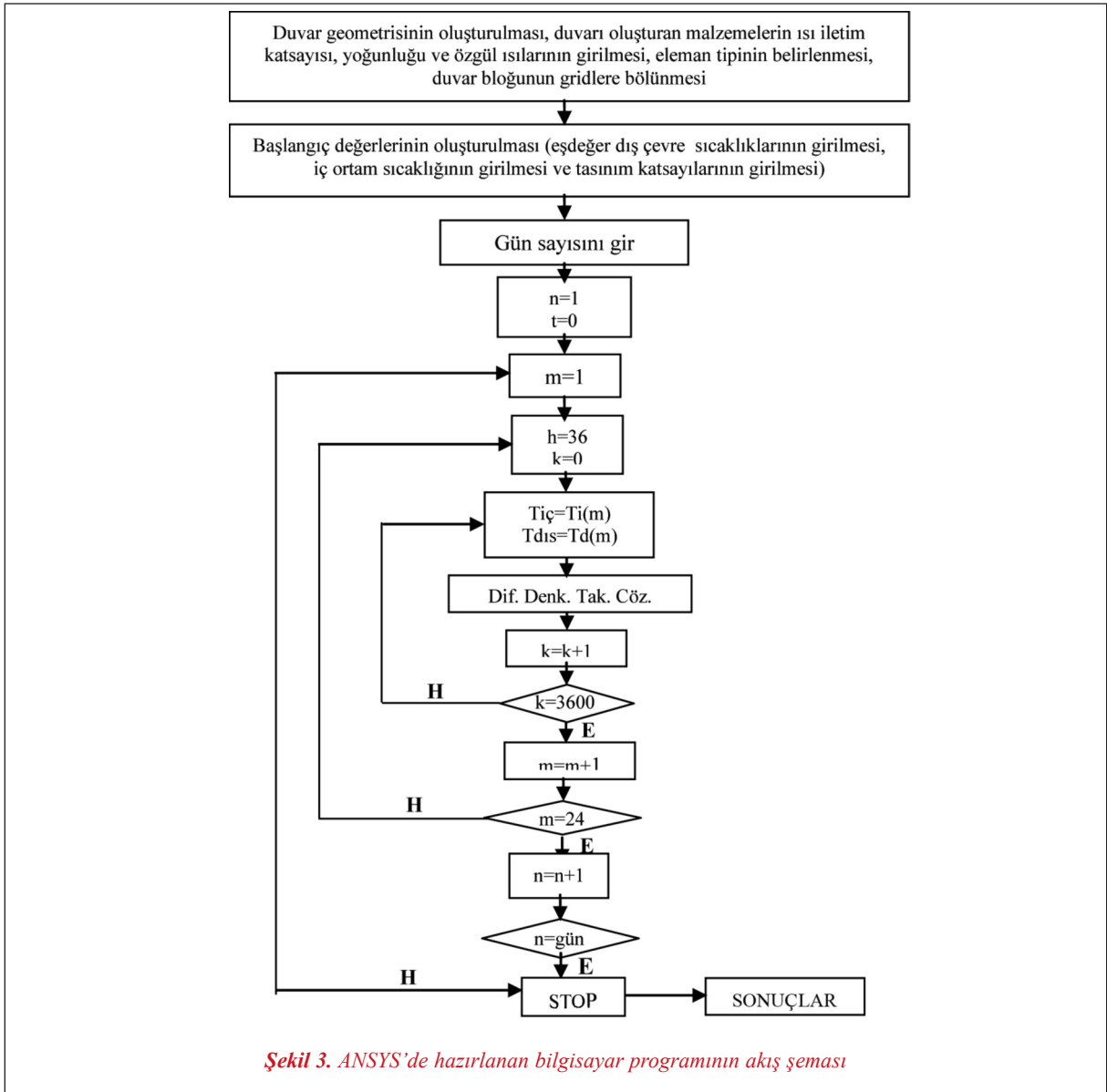


Çözümler Elazığ'da en sıcak günlerden biri olan 15 Temmuz için 23 °C sabit iç ortam sıcaklığında ve en soğuk günlerden biri olan 15 Ocak için 20 °C sabit iç ortam sıcaklığında ve güneye bakan duvar için yapılmıştır. Duvar bloğunun başlangıç sıcaklığı 15 °C, dıştaki ve içteki taşınım katsayısı ise sırasıyla 22 W/m²K ve 6 W/m²K kabul edilmiştir. Dış ortam sıcaklığı ile güneş ışınım değerlerini içeren eşdeğer çevre sıcaklığının zamana göre değişimi 15 Temmuz ve 15 Ocak için sırasıyla Tablo 2 ve 3'te verilmiştir.

24 saat boyunca değişen dış ortam sıcaklıklarının aynı anda girilmesi ANSYS'te komutlar aracılığıyla mümkün olmadığından ANSYS'te bir program hazırlanarak çözüm yapıldı ve duvarın kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımları hesaplandı. Hazırlanan bu programın akış şeması Şekil 3'te görülmektedir.

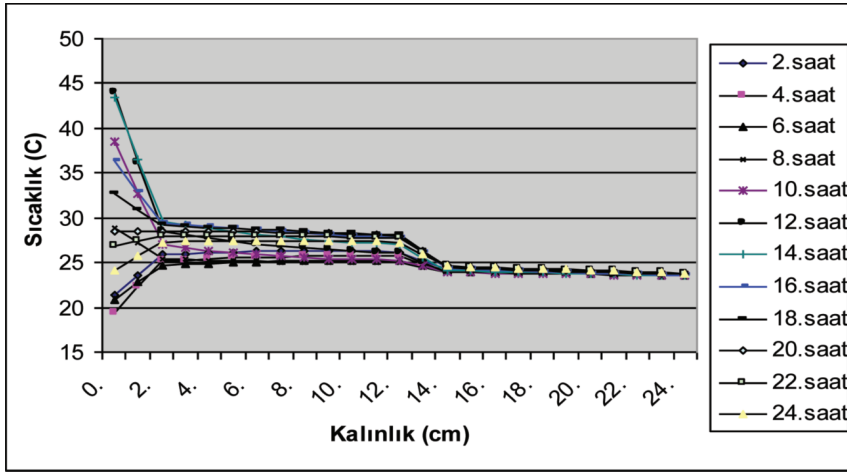
4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dıştan ve ortadan yalıtımlı duvar, içten ve ortadan yalıtımlı duvar, dıştan ve içten yalıtımlı duvar modelleri için ANSYS'te ayrı ayrı geometriler oluşturularak çözüm yapılmış ve her bir duvarın kalınlıkları boyunca sıcaklık dağılımları yaz ve kış şartları için hesaplanmıştır.

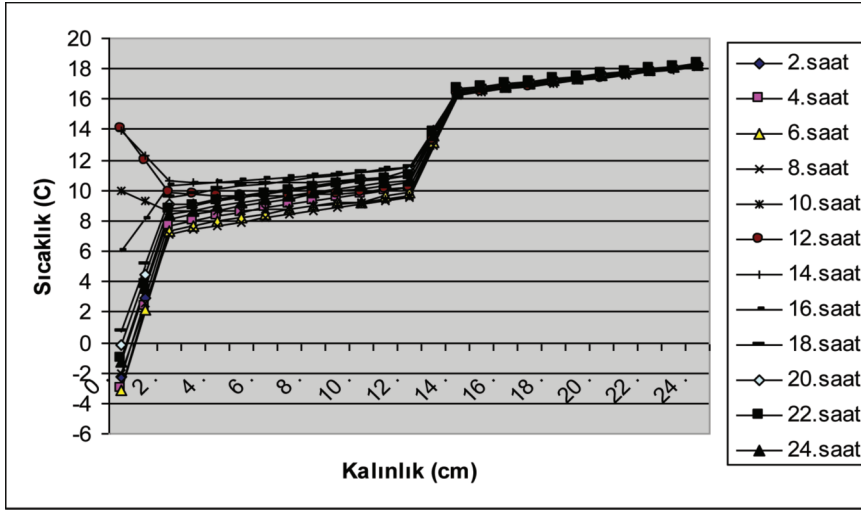
Makale

Şekil 4(a) ve (b) dıştan ve ortadan yalıtımlı duvarın sırasıyla 15 Temmuz ve 15 Ocak için duvar kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımlarını göstermektedir. Her iki şekilden de görüldüğü gibi yalıtım katmanlarının olduğu yerlerde sıcaklıklarda ani düşüşler olmuştur.

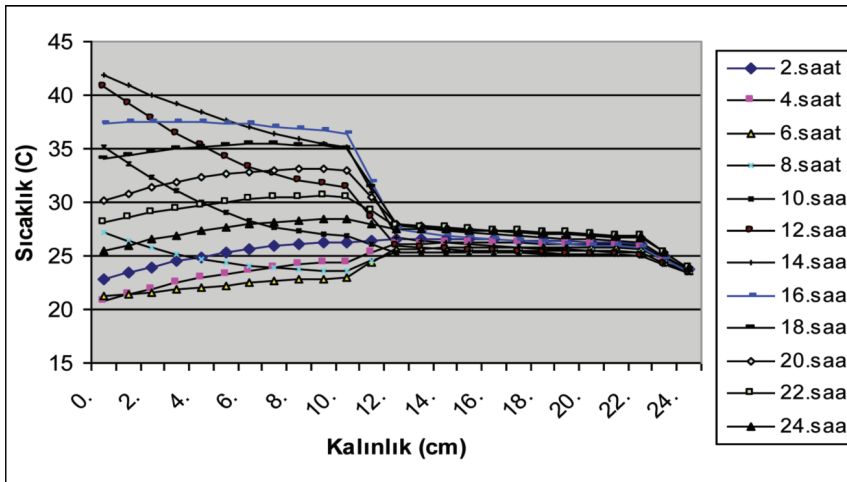
Özellikle ortadaki yalıtım katmanından sonra sıcaklık değerlerinin hemen hemen hiç değişmediği görülmektedir. Bu da duvar iç yüzeyinin dış sıcaklık dalgalanmalarından çok fazla etkilenmediğini göstermektedir.



Şekil 4(a). 15 Temmuz için dıştan ve ortadan yalıtımlı duvarın kalınlığı boyunca zamana göre sıcaklık değişimi



Şekil 4(b). 15 Ocak için dıştan ve ortadan yalıtımlı duvarın kalınlığı boyunca zamana göre sıcaklık değişimi



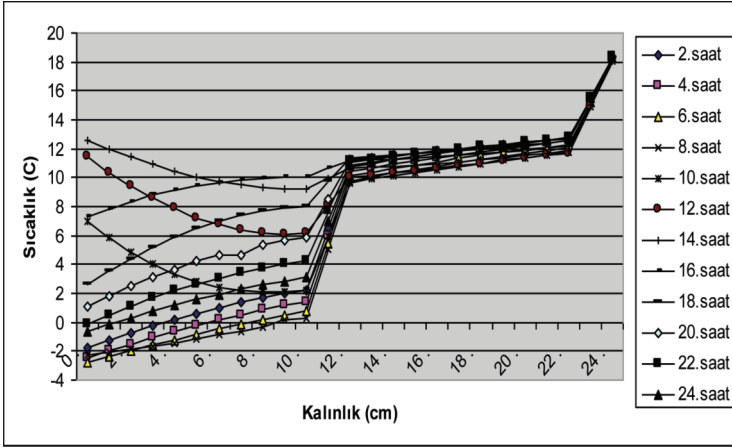
Şekil 5(a). 15 Temmuz için içten ve ortadan yalıtımlı duvarın kalınlığı boyunca zamana göre sıcaklık değişimi

Şekil 5(a) ve (b) yaz ve kış şartları için içten ve ortadan yalıtımlı duvarın kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımlarını göstermektedir. Bu şekillerden görüldüğü gibi, bu duvar modelinde sıcaklık dalgalanmaları büyük olmuştur. Özellikle ortadaki yalıtım tabakasına kadar sinüzoidal sıcaklık dalgalanmaları fazla olurken yalıtım tabakasının etkisiyle sıcaklıklarda ani bir düşüş görülmüştür. Ancak ikinci yalıtım tabakasına kadar birbirine çok yakın olmayan sıcaklık değişimi elde edilmiştir. Dolayısıyla bu duvar yapısında sıcaklık dalgalanmaları yüksek olmuştur.

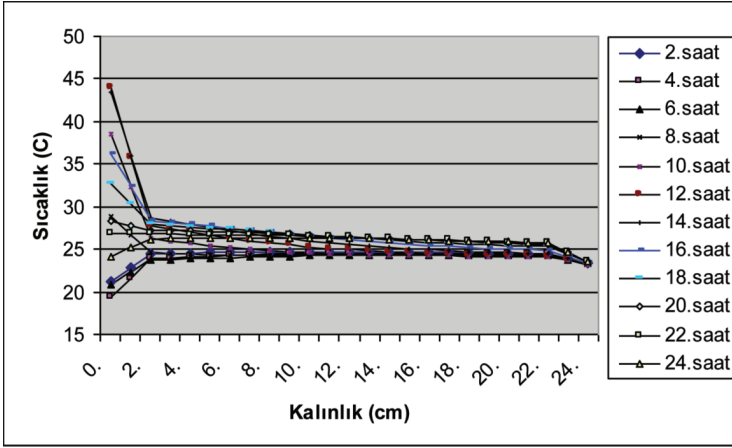
Son olarak ta dıştan ve içten yalıtımlı duvar yapısı incelenmiştir. Şekil 6(a) ve (b)'de görüldüğü gibi yine yalıtım tabakalarının olduğu yerlerde ani sıcaklık düşüşleri gözlenmiştir. Özellikle dıştaki yalıtımdan sonra sıcaklık dalgalanmalarının azaldığı ve içteki yalıtım tabakasından sonra ise neredeyse sabit bir değere ulaştığı ve yaz şartları için iç yüzeyde en düşük 23,25°C değerinin elde edildiği görülmüştür.

Sonuç olarak, incelenen yalıtım durumları arasında duvar kalınlığı boyunca en fazla sıcaklık dalgalanmalarının içten ve ortadan yalıtılmış duvarda elde edildiği, en az sıcaklık dalgalanmalarının ise dıştan ve ortadan yalıtımlı duvar yapısında

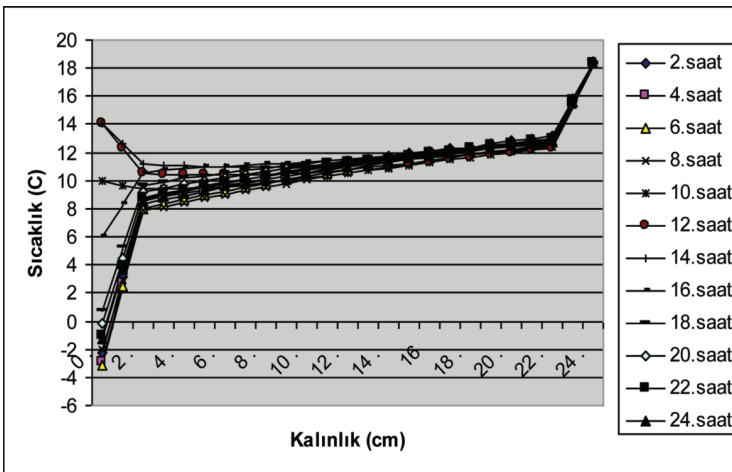
Makale



Şekil 5(b). 15 Ocak için içten ve ortadan yalıtımlı kalınlığı boyunca zamana göre sıcaklık değişimi



Şekil 6(a). 15 Temmuz için dıştan ve içten yalıtımlı duvarın kalınlığı boyunca zamana göre sıcaklık değişimi



Şekil 6(b). 15 Ocak için dıştan ve içten yalıtımlı duvarın kalınlığı boyunca zamana göre sıcaklık değişimi

elde edildiği hem yaz hem kış şartları için grafiklerden görülmüştür. Bu şekilde yalıtılmış bir duvar kullanarak hem duvardan ısı geçişinin azaltılması hem de duvarın ömrünün artırılması mümkün olabilecektir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Durgun, İ. ve Derbentli T., Duvarlarda Geçici Rejimde Isı Transferi, Isı Bilimi ve Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, sayfa: 34-43, 1993.
- [2] Al-Sanea SA, Zedan MF., Effect of insulation Location on Thermal Performance of Building Walls Under Steady Periodic Conditions, International Journal of Ambient Energy; 22(2): 59-72, 2001.
- [3] Al-Sanea SA., Thermal Performance of Building Roof Elements, Buildind and Environment, 37, pp. 665-675, 2002.
- [4] Al-Regip, E. and Zubair, S.M., Transient Through Insulated Walls, Energy, Vol. 20, No.7, pp. 687-694, 1995.
- [5] Özel, M. ve Pıhtılı, K., Bina Duvarlarına Uygulanan Yalıtımın Farklı Konumlarının Isı Kazanç ve Kayıplarına Olan Etkisinin Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 7, Sayı: 1, 87-97, 2005.
- [6] Özel, M. ve Pıhtılı, K., Yalıtımlı Duvarlarda Sıcaklık Dağılımı, Yalıtım Dergisi, Sayı: 63, 76-79, 2006.
- [7] İlgin, N., Özel, M. ve Pıhtılı, K., Yalıtımlı duvarlarda sıcaklık dağılımının ANSYS'te çözümü, IV. Ege Enerji Sempozyumu 21-23 Mayıs 2008, İzmir.
- [8] Ansys bilgi havuzu
“<http://web.deu.edu.tr/ansys/>”
- [9] Özel, M. Duvar Yüzeylerinde Periyodik Sıcaklık Değişimi Olan Binalarda Isı Kazanç ve Kayıpların Minimum Yapacak Yöntemlerin Araştırılması, Doktora Tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ 2003.