

BİR OFİSTE DÖŞEMEDEN VE RADYATÖRDEN ISITMANIN KONFOR BAKIMINDAN KIYASLANMASI

İbrahim ATILGAN, Can EKİCİ

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
atilgan@gazi.edu.tr, canekici@gmail.com

(Geliş/Received: 05.05.2011; Kabul/Accepted: 22.08.2011)

ÖZET

Bu çalışmada, Ankara şartlarındaki bir ofis için, döşemeden ısıtma ve radyatörden ısıtma sistemleri ısı konfor açısından kıyaslanmıştır. Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasında bulunan döşemeden ve radyatörden ısıtılabilen ofis, bir boiler yardımıyla güneş enerjisi ve elektrikli rezistans vasıtasıyla ısıtılmıştır. Oturan ve bilgisayar kullanan bir ofis elemanı için ısı konfor analizleri Fanger yöntemi ile yapılmış, radyatör ve döşemeden ısıtma bu bağlamda kıyaslanmış, PMV (ortalama ısıl duyum) değerleri grafiklerle ifade edilmiştir. Döşemeden ısıtma sisteminin radyatörle ısıtma sistemine göre, ısıtılacak ortamın çeşitli noktalarında daha homojen bir ısı konfor sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Isıl konfor, PMV, Fanger yöntemi, Döşeme ısıtması

COMPARISON OF FLOOR AND RADIATOR HEATING IN TERMS OF COMFORT IN AN OFFICE

ABSTRACT

In this study, for an office in Ankara, floor heating and radiator heating systems has been compared in terms of thermal comfort. The office which can be heated from floor and/or radiator with solar energy and electric resistance from boiler, located in Gazi University Engineering Faculty. Thermal comfort analysis has been processed for an office employer by Fanger's method, radiator and floor heating was compared in this way, PMV (predicted mean vote) was shown in graphics. It has been determined that the floor heating system achieves more uniform thermal comfort conditions at various points in the heated place compared to the conditions obtained by the radiator heating system.

Keywords: Thermal comfort, PMV, Fanger method, Floor heating

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yerden ısıtma sistemi mekandaki ısı kayıplarını, zemin betonu içindeki borularla ısı kaynağından aldığı enerjii zemin altına yayarak dağıtan, zemini, dolayısıyla ortamı ısıtan bir ısıtma sistemidir. Sistemin ana prensibi, ısı kaybı hesaplanmış bir hacimde ısı kaybını karşılayacak enerji miktarının, merkezi bir üreticiden temin edilen sıcak suyun, döşeme malzemesi altından özel borular içinden sirküle ettirilerek karşılanmasıdır. Ilık su tüm döşeme alanına yayılarak homojen ısıtma sağlar. Düşük sıcaklıktaki ısıtma suyu bir merkezi ısıtıcı ünitenden elde edilir. Dağıtım sadece bir kolon ve katlar arasında bir dağıtıcı ile gerçekleşir [1].

Döşemeden ısıtma sistemleri, mekândaki kullanılabilir alandan tasarruf sağlamaktadır, görüntü olarak şıktır ve sessiz çalışan, homojen sıcaklık dağılımı sunan, düşük sıcaklıkla çalışan ısıtma sistemleridir [2]. Döşemeden ısıtma sistemlerinde, döşeme ısıtıcı bir eleman vazifesi görmektedir. Birim döşeme yüzeyinden verilecek birim ısı yükü $E_{\text{ş}}$ 1'deki gibi ifade edilir.

$$Q_{sp} = \frac{Q_h}{A_{d\ddot{o}s}} \quad (1)$$

Döşemeden ısıtma sistemlerinde, önce borulardan döşeme yüzeyine sonra ise döşemeden odaya ısı

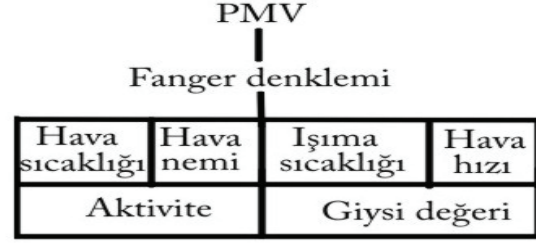
geçişli olur. Döşeme yüzeyinden odaya ısı transferi taşınım ve ışıma yolu ile olur. Döşeme yüzeyinden odaya olan ısı transferi Eş. 2'de ifade edilmiştir.

$$q_m = \alpha_{t,m} (t_{f,m} - t_i) \quad (2)$$

Genel anlamda konfor kişiden kişiye değişen, göreceli bir kavramdır. Bu yüzden topluluğun büyük bir çoğunluğu için, fizyolojik, psikolojik, sosyal, kültürel rahatsızlıkların minimum olduğu ortam konforlu bir çevre olarak tanımlanabilir. Vücut ile çevre arasındaki ısı etkileşim, insan sağlığına etki etmektedir. Isıl konforun sağlandığı bir ortamda insanın algı ve kavrayış performansı yüksektir [3]. Isıl konfora etki eden en önemli değişkenler; hava sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı, bağıl hava hızı, bağıl hava nemi, yapılan faaliyetin aktivite seviyesi, giyilen kıyafetlerin giysi ısı direncidir. Isıl konforun, hava sıcaklığına bağlı olduğu uzun süreden beri bilinmektedir. Fakat, tüm bu parametrelerin birbirleriyle ilişkili niceliksel etkisi, Fanger'in "Isıl Konfor Denklemi" üzerine yaptığı çalışmalar ile ortaya çıkmıştır [4].

Bireysel farklılıklardan ötürü, herkesi tatmin edecek bir ısı çevrenin belirlenmesi mümkün değildir. Hacim içerisinde yaşayanların bir kısmı daima tatmin olmamış olarak tahmin edilir ve ancak belli bir yüzdedeki insan grubu için kabul edilebilir olduğu öngörülen bir ortam tanımlanabilir. ISO 7730 standardında konfor şartlarının yaşayanların en az yüzde sekseni, ASHRAE Standard 55'te ise yüzde doksani tarafından kabul edildiği öngörüsüyle belirlendiği belirtilmektedir [3, 5].

Isıl konforu tayin etmek için dünya çapında yaygın olarak kullanılan, PMV (ortalama ısıl duyum) modeli 1970'lerin başında Prof. P.O. Fanger tarafından bulunmuştur [6-9]. Prof. P.O. Fanger, teorik, deneysel ve istatistiksel araştırmaları neticesinde konfor kriterlerini tanımlamıştır. Hissedilen konforu bir psiko-fiziksel skala ile tanımlamış ve konfor faktörlerini PMV (ortalama ısıl duyum) ismiyle eşitlik olarak sunmuştur. Örnek olarak bir ortam için PMV değeri sıfıra yaklaşıyorsa, bu durum birçok kullanıcının termal koşullardan memnun olacağını ifade eder [10, 11]. Fanger eşitliğinin değişkenleri Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre PMV denklemi, ısıl konforu belirlemek için; dört tane çevresel değişken (hava sıcaklığı, hava hızı, radyasyon sıcaklığı, bağıl nem) ve iki tane kişisel değişkenle (giysi direnci, aktivite seviyesi) ifade edilir [12-14]. Denklem sonucu elde edilen PMV değeri, Şekil 2'de verilen skala üzerinden anlamlandırılır ve böylece ortamda bulunan insanların, ortamı nasıl algıladığı görülmüş olur [11, 12, 15].



Şekil 1. Fanger eşitliğinin değişkenleri (Fanger's equation's variables)

Bu çalışmada, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde bulunan, güneş enerjisi desteğiyle döşemeden ve radyatörden ısıtılabilen bir ofisin Fanger Yöntemi ile yapılmış ısıl konfor analizlerinden yararlanılarak; radyatörden ısıtma ve döşemeden ısıtma arasında kıyaslamalar yapılmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

Ortalama Isıl Duyum (PMV) değerini ifade eden Fanger denklemi, Eş.3'te verilmiştir [7, 16, 17]. Bu denklem sonucu elde edilen PMV değerleri ASHRAE Isıl Duyum Skalası'na göre anlamlandırılacaktır. PMV değerleri sıfıra ne kadar yakın olursa, ısıl konfor koşullarına o kadar yaklaşıldığı kabul edilir.

$$PMV = \left(0,352 * e^{-0,042 \left(\frac{M}{A_{Du}} \right)} + 0,032 \right) * \left[\frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - 0,35 * \left[43 - 0,061 * \frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - p_a \right] - 0,42 * \left[\frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - 50 \right] - 0,023 * \frac{M}{A_{Du}} (44 - p_a) - 0,0014 * \frac{M}{A_{Du}} * (34 - T_a) - 3,4 * 10^{-8} * f_{cl} * [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (T_{cl} - T_a) \right] \quad (3)$$

PMV denkleminde bulunan giysi dış yüzey sıcaklığı bilgisayarda iterasyon ile Eş. 4'te hesaplanmıştır [16].

$$T_{cl} = 35,7 - 0,032 * \frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - 0,18 * I_{cl} * \left[3,4 * 10^{-8} * f_{cl} * [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} * h_c * (T_{cl} - T_a) \right] \quad (4)$$

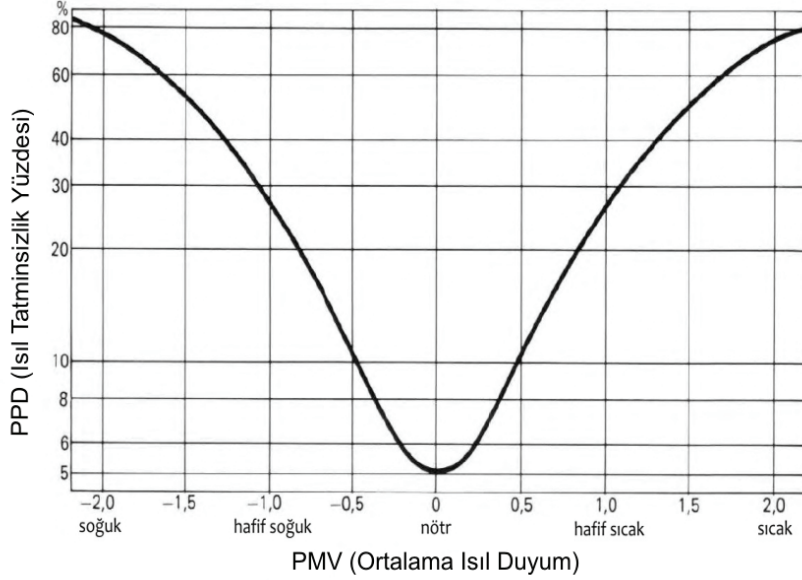
Bu denklemlerde yer alan ısı taşınım katsayısı h_c ise Eş. 5'ten belirlenmiştir [18].

$$h_c = \begin{cases} 2,05 * (T_{cl} - T_a)^{0,25} > 10,4\sqrt{v} \\ \text{için} \\ h_c = 2,05(T_{cl} - T_a)^{0,25} \\ 2,05 * (T_{cl} - T_a)^{0,25} < 10,4\sqrt{v} \\ \text{için} \\ h_c = 10,4\sqrt{v} \end{cases} \quad (5)$$

Giysili vücut yüzey alanının çıplak vücut yüzey alanına oranı f_{cl} ile giysi ısı direnci I_{cl} arasındaki

ASHRAE ISIL DUYUM SKALASI						
-3	-2	-1	0	1	2	3
cold	cool	slightly	neutral	slightly	warm	hot
çok soğuk	soğuk	cool	nötr	warm	sıcak	çok sıcak
		hafif soğuk		hafif sıcak		

Şekil 2. ASHRAE Isıl Duyum Skalası (ASHRAE PMV Scale)



Şekil 3. Isıl Tatminsizlik Yüzdesi (PPD) ile Ortalama Isıl Duyum (PMV) arasındaki ilişki (Relation between Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) and Predicted Mean Vote (PMV))

bağıntı Eş. 6'da ifade edilmiştir. Bunun yanısıra f_{cl} değeri tablolardan da elde edilebilir [18].

$$f_{cl} = \begin{cases} I_{cl} < 0,5 \text{ clo} & \text{için } f_{cl} = 1,00 + 0,2I_{cl} \\ I_{cl} > 0,5 \text{ clo} & \text{için } f_{cl} = 1,05 + 0,1I_{cl} \end{cases} \quad (6)$$

Bir ortamda bulunan insanların Isıl Tatminsizlik Yüzdesi (PPD)'nin hesaplanması ise PMV değerine bağlı olarak Eş. 7'de verilmiştir [19, 20].

$$PPD = 100 - 95 * e^{-0,03353 * PMV^4 + 0,2179 * PMV^2} \quad (7)$$

PMV ve PPD arasındaki ilişki; Şekil 3'te grafik olarak gösterilmiştir [4].

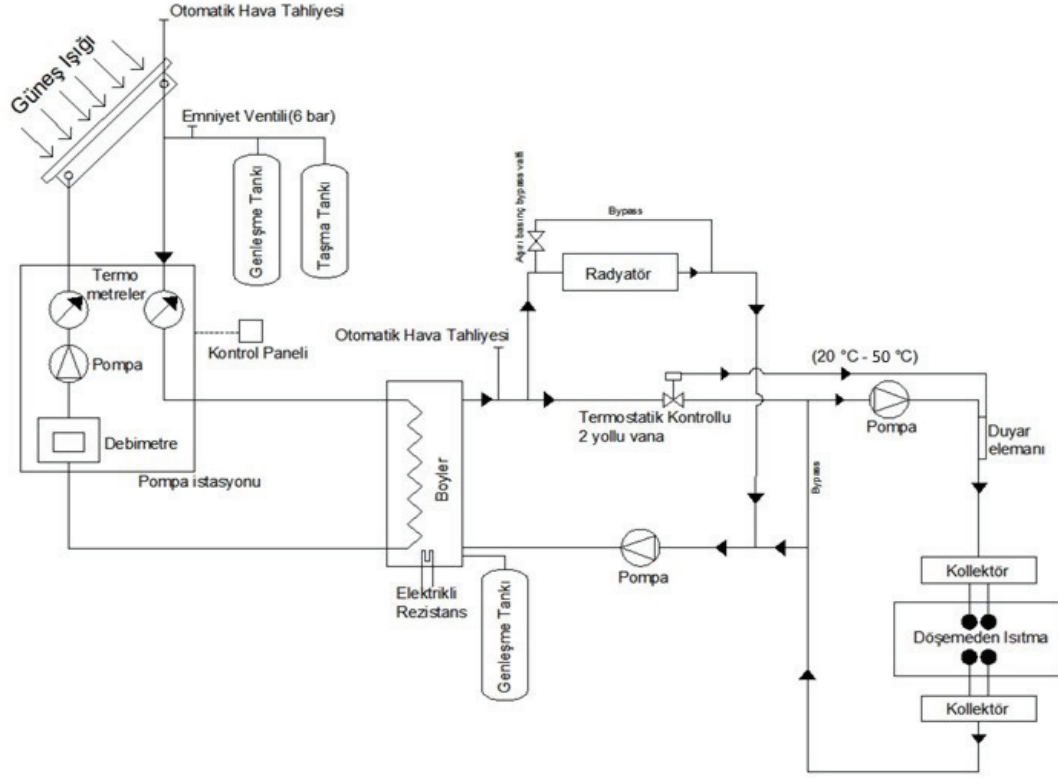
Şekil 3'te belirtilen grafik 1300 kişilik grup üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde oluşturulmuştur. PPD değeri, ısı çevrenin kalitesini belirlemek için kolay anlaşılır ve uygun bir ifadedir [4]. Şekil 3'teki grafik incelendiğinde, FANGER'in değerlendirilmesine göre bir ortamda en az %5'lik bir grubun ısı açıdan tatmin olmadığı görülmektedir. Bu grafikte verilen PPD eğrisi simetriktir. Ancak, bu konuda yapılan diğer çalışmalarda simetri yoktur ve insanların soğuk durumu algılamalarının, sıcak algılamalarından daha hızlı olduğu görülmüştür [3].

Bu çalışmada, deneyin yapılacağı kapalı alan, 55x55 cm² 'lik 50 eşit hücreye bölünmüştür. Boylerin

termostatı 60 °C'ye ayarlanarak, güneş enerjisinin yanı sıra boilerde bulunan elektrikli ek ısıtıcı da çalıştırılmıştır. Oturan ve bilgisayar kullanan, takım elbise giymiş bir çalışan için ölçümler, yerden 0,2 m, 0,6 m ve 1 m yükseklikler için alınmıştır. Her bir hücre için, her bir yükseklikte hava sıcaklığı, ortalama ışık sıcaklığı ölçülmüştür. Nem ise her bir hücre için orta bir noktadan ölçülmüştür. Hava hızı, içeride herhangi bir hava hareketi olmamasından dolayı, tüm hücreler için, üç yükseklikte de sıfır olarak alınmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları, bilgisayar ortamında işlenerek her bir hücre için üç yükseklikte PMV ve PPD değerleri hesaplanmıştır. Zamana bağlı olarak oluşan sıcaklık ve nem değerlerindeki değişimler, PMV ve PPD hesaplamalarına çok fazla etki etmemektedir.

3. DENEYSEL ORTAM (EXPERIMENT ROOM)

Deneyin yapıldığı kapalı ortam, Ankara ili sınırlarında, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi kapsamında bulunmaktadır. 630x370 cm boyutlarındaki bu odanın doğu cephesinde, dış ortama bakan, 2 adet 277x142 cm cam pencere bulunmaktadır. Pencerelerden birinin önünde kumaş perde bulunmaktadır. Güney cephesindeki duvar dış ortama, kuzey ve batı cephesindeki duvarlar ise iç ortama bitişiktir. Bu kapalı ortam, 23,4 m² alana sahiptir.



Şekil 4. Odanın ısıtma sisteminin şematik görünüşü (Schematic view of the room heating system)

Odanın ısıtılması, döşmeden ve/veya radyatörden yapılabilmektedir. Isıtma sisteminin şeması Şekil 4’de verilmiştir. Çatıda bulunan 4 adet 2,3 m² yüzey alanına sahip düzlemsel güneş kolektöründe ısınan akışkan, kapalı ortamdaki boylere girmektedir.

Odanın ısıtma sisteminde; iki adet kapalı sistem bulunmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörlerinden gelen ısınmış akışkan, boylere girmekte ve elektrikli rezistans ile birlikte boylere ısıtmaktadır, boylere çıkan su ise radyatör ve/veya döşmeden ısıtmayı sağlamaktadır. Güneş enerjisi ile boylere arasında, pompa istasyonu bulunmakta olup, bu pompa istasyonundan, kolektörden boylere giden akışkanın gidiş dönüş sıcaklıkları ve akışkanın debisi de okunabilmekte, ayrıca buraya bağlı kontrol panelinden, kolektör yüzey sıcaklığı, boylere alt noktasının sıcaklığı okunabilmektedir. Basıncı dengelemek için sistemde, iki adet genleşme tankı bulunmaktadır. Döşmeden ısıtmaya giden hat üzerindeki termostatik kontrollü vana, döşmeden ısıtmanın su sıcaklığını ayarlamaktadır. Odada bulunan radyatör, 0,9 m uzunluğunda, 600 mm yüksekliğinde, 104 mm genişliğinde panel radyatördür.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

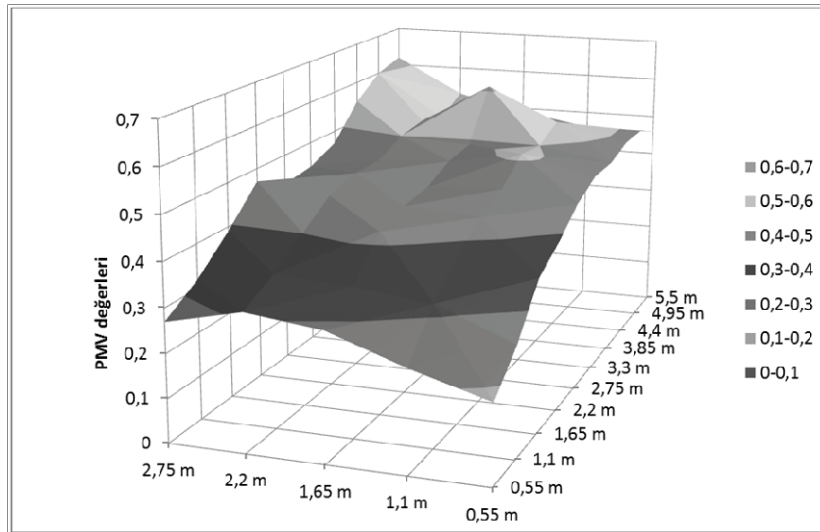
22-23 Ocak 2011 tarihlerinde çalışma ofisinde deneyler yapılmış olup, ortam sıcaklığı, ışınma

sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem değerleri, her bir hücre için; yerden 0,2 m, 0,6 m ve 1 m’de ölçülmüş ve bu yükseklikler için ayrı ayrı PMV değerleri hesaplanmıştır. 22 Ocak 2011 tarihinde, radyatörden ısıtma açık, döşmeden ısıtma kapalıken ölçümler alınmıştır. Odada bulunan 50 adet hücreden alınan ölçümlere göre, her bir yükseklik için ayrı ayrı PMV değerleri hesaplanmış ve bu değerler Şekil 5, 6 ve 7’de yüzey grafiği şeklinde gösterilmiştir.

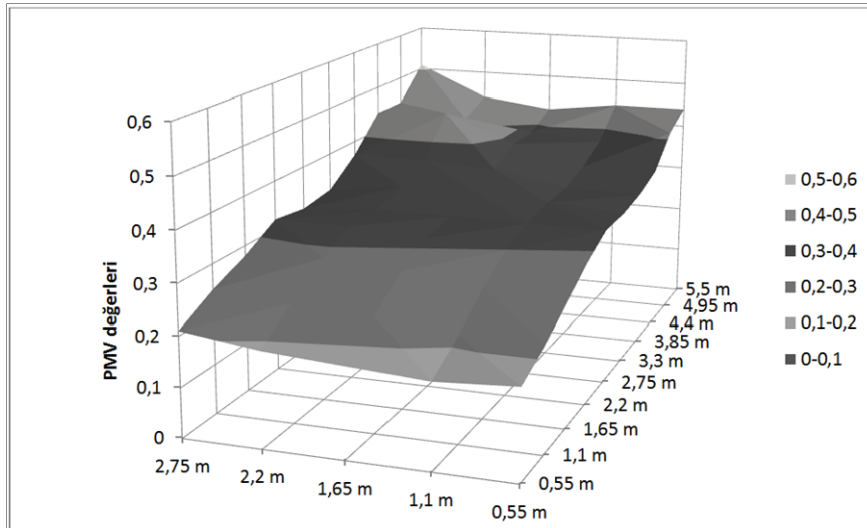
22 Ocak 2011 tarihli ölçümlere ait boylere alt noktasının sıcaklığı ve kolektör yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı grafiği Şekil 8’de verilmiştir.

23 Ocak 2011 tarihinde gün boyu, döşmeden ısıtma açık, radyatörden ısıtma kapalıken ölçümler alınmıştır. Odada bulunan 50 adet hücreden alınan ölçümlere göre, her bir yükseklik için ayrı ayrı PMV değerleri hesaplanmış ve bu değerler Şekil 9, 10 ve 11’de yüzey grafiği şeklinde gösterilmiştir.

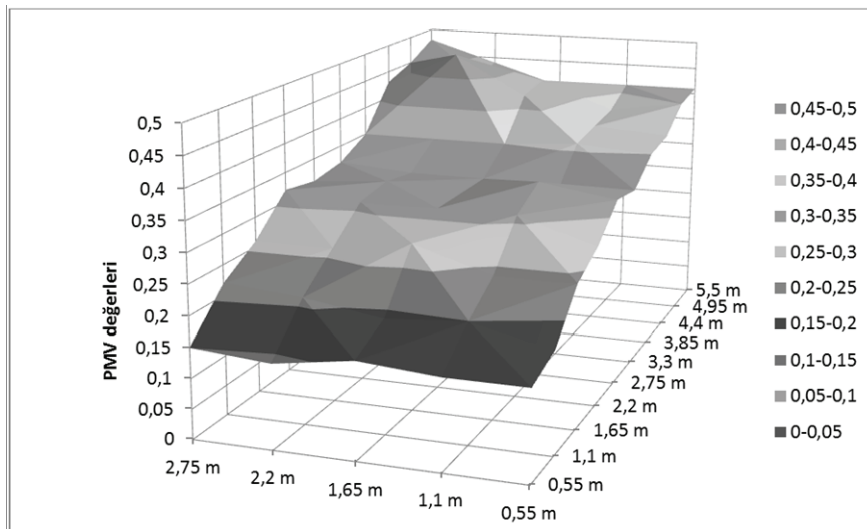
Aynı şekilde 23 Ocak 2011 tarihli ölçümlere ait boylere alt noktasının sıcaklığı ve kolektör yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı grafiği Şekil 12’de verilmiştir.



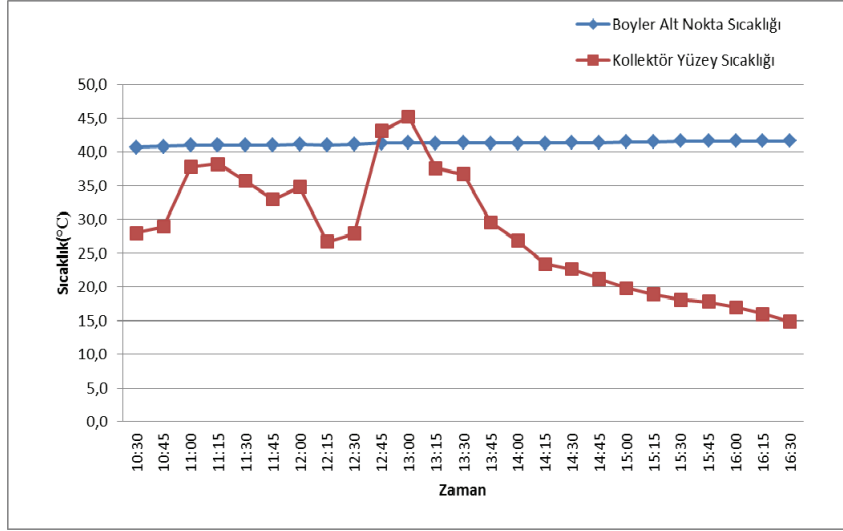
Şekil 5. Radyatörden ısıtma yapılırken 0,2 m için PMV değerleri dağılımı (PMV variable distribution on 0.2 m for radiator heating)



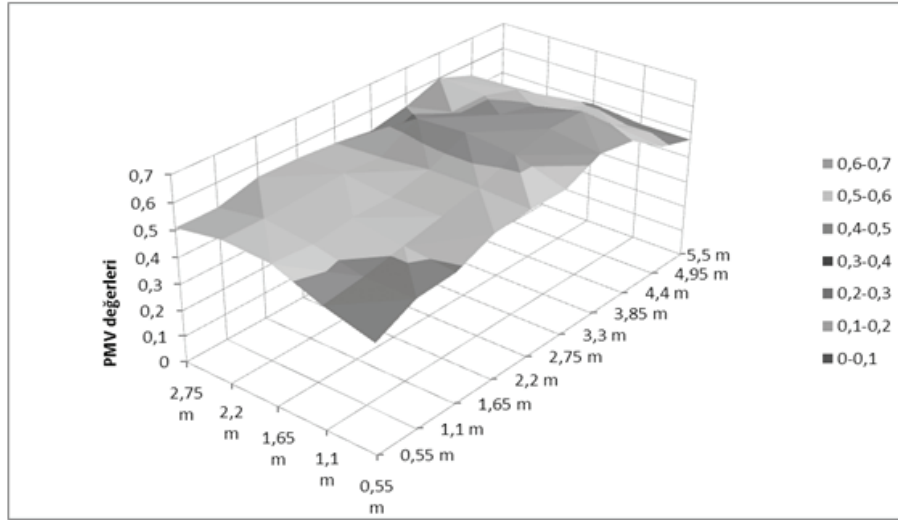
Şekil 6. Radyatörden ısıtma yapılırken 0,6 m için PMV değerleri dağılımı (PMV variable distribution on 0.6 m for radiator heating)



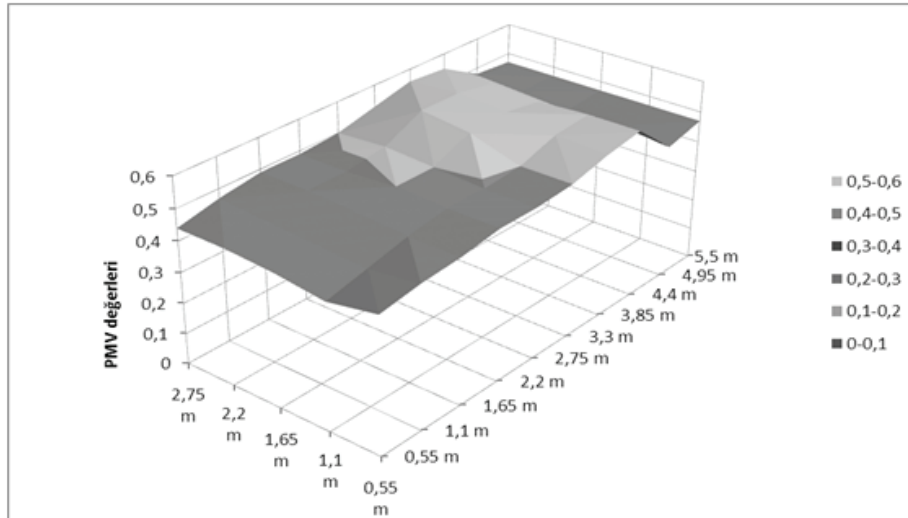
Şekil 7. Radyatörden ısıtma yapılırken 1,0 m için PMV değerleri dağılımı (PMV variable distribution on 1.0 m for radiator heating)



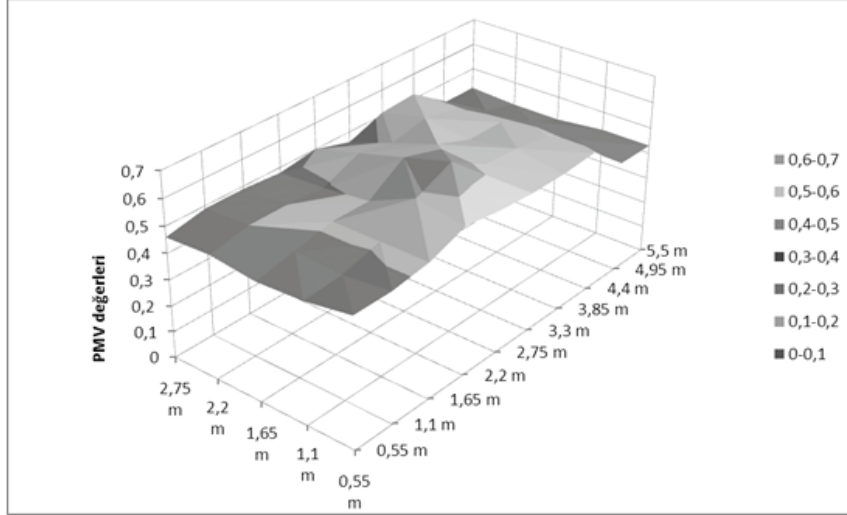
Şekil 8. 22 Ocak 2011 boilerin alt noktasının sıcaklığı ve kollektör yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı grafiği (22 January 2011 boiler below point temperature and collector surface temperature's time-varying charts)



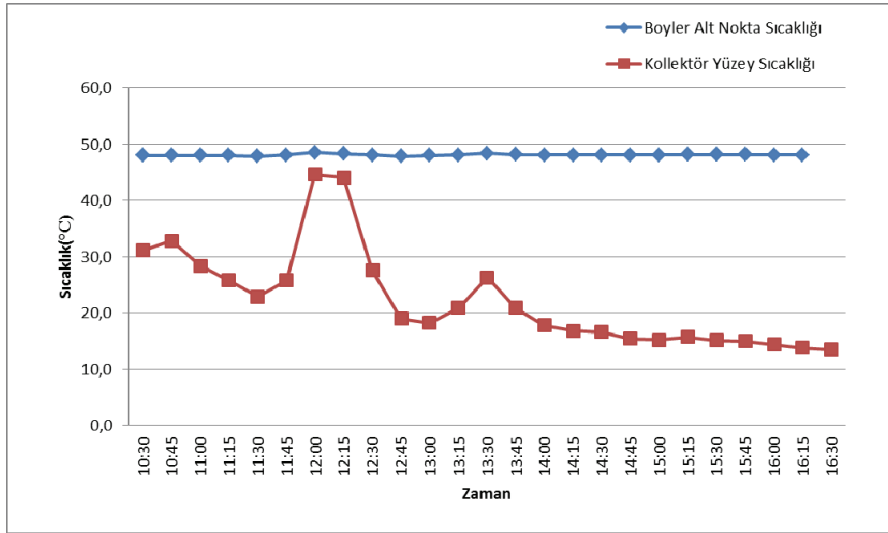
Şekil 9. Döşemeden ısıtma yapılırken 0,2 m için PMV değerleri dağılımı (PMV variable distribution on 0.2 m for floor heating)



Şekil 10. Döşemeden ısıtma yapılırken 0,6 m için PMV değerleri dağılımı (PMV variable distribution on 0.6 m for floor heating)



Şekil 11. Döşemeden ısıtma yapılırken 1,0 m için PMV değerleri dağılımı (PMV variable distribution on 1.0 m for floor heating)



Şekil 12. 23 Ocak 2011 boylerin alt noktasının sıcaklığı ve kolektör yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı grafiği (23 January 2011 boiler below point temperature and collector surface temperature's time-varying charts)

Yapılan deney sonuçlarına göre odadaki PMV yüzey grafiklerine baktığımız zaman; 22 Ocak 2011 tarihinde radyatörden ısıtma yapılırken, radyatörün önüne denk gelen hücre (söz konusu hücrenin odadaki koordinatları; $x=2,75$ m, $y=5,5$ m) ve bu hücreye yakın olan hücrelerde PMV değerinin diğer hücrelere nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca radyatörden uzak olan hücrelerde ise, PMV değerlerinin daha düşük olduğu ve dolayısıyla homojen bir konfor dağılımının olmadığı görülmektedir. Radyatör önündeki hücrede, dikeyde radyatörden uzaklaştıkça da PMV değerlerinin düştüğü görülmektedir. Bu hücrede yerden 0,2 m yükseklikte PMV değeri 0,62, yerden 0,6 m yükseklikte PMV değeri 0,51 ve yerden 1 m yükseklikte ise, PMV değeri 0,48 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler "Isıl Tatminsizlik Yüzdesi" (PPD) olarak 0,2 m için %13,06'ya, 0,6 m için %10,44'e ve 1 m için de %9,81'e denk gelmektedir. Radyatörden en uzak noktada bulunan hücrede (söz konusu hücrenin

odadaki koordinatları; $x=y=0,55$ m) PMV değerleri; yerden 0,2 m yükseklikte 0,18, yerden 0,6 m yükseklikte 0,18 ve yerden 1 m yükseklikte ise 0,15 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu hücrede "Isıl Tatminsizlik Yüzdesi" (PPD) 0,2 m için %5,67'ye, 0,6 m için %5,67'ye ve 1 m için %5,47'ye denk geldiği belirlenmiştir. Radyatöre en uzak ve en yakın bu iki hücredeki ısı tatminsizlik yüzdeleri kıyaslanırsa, 0,2 m için %7,39, 0,6 m için %4,77 ve 1 m için %4,34 fark olduğu görülür.

23 Ocak 2011 tarihinde döşemeden ısıtma yapılırken, ısı konfor dağılımının oda içerisinde daha homojen olduğu görülmektedir. Radyatöre en uzak ve en yakın hücreler arasında kıyaslama yapılırsa "Isıl Tatminsizlik Yüzdesi" (PPD) için yerden 0,2 m yükseklikte değerlerin aynı olduğu, yerden 0,6 m yükseklikte değerler arası farkın %0,57 ve yerden 1 m yükseklikte ise bu farkın %1,34 olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Isıl konfor; insanların belli bir ortam içerisinde, ortamı ne şekilde algıladıkları ile ilgili bir ifadedir. Isıl konforun sağlanması için, ortamdaki ısı çevre parametrelerinin belli sınırlar içerisinde olması gerekir. Bu parametreler; hava sıcaklığı, hava nemi, hava hızı, ortalama ışınma sıcaklığı, aktivite seviyesi ve giysi ısı direncidir.

Bireylerin kişisel farklılıklarından ötürü, ortamdaki her bir bireyin ısı konforunu sağlamak mümkün değildir. Fanger'in PMV denklemine, 0 (nötr) ifadesi ısı konforun en yüksek olduğu durumu temsil etmektedir, fakat bu koşulda bile ortamdaki memnuniyetsiz insanların oranı %5 olmaktadır. Isıl konforla ilgili ISO 7730 standardında, ortamdaki insanların en az %80'inin, ASHRAE Standart 55-92'de ise en az %90'ının ısı konfor koşullarından memnun olması istenmektedir.

Yapılan kıyaslamalardan görüldüğü üzere; radyatörden ısıtma ortam için homojen bir ısı konfor sağlamazken, döşemenin komple bir ısıtıcı eleman görevi gördüğü döşemeden ısıtma sisteminin, ortamın değişik noktalarında daha homojen bir ısı konfor sağladığı görülmüştür.

Yapılan bu deneyler genel olarak yorumlandığında; radyatörün açık olduğu deneylerde radyatöre yakın hücrelerde PMV değerlerinin daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bu duruma göre, radyatörden ısıtmanın homojen bir ısı konfor ortamı sağlamadığını göstermektedir. Zira döşemeden ısıtmanın çalıştırıldığı deneylere bakıldığında; ısı konforunun odanın her bölgesine daha homojen yayıldığı görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar dahilinde, döşemeden ısıtma sistemlerinin, radyatörle ısıtma sistemlerine nazaran daha homojen bir ısı konfor çevresi yarattığı sonucuna ulaşmak mümkündür.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmayı, 06/2010-42 Kod No'lu proje ile destekleyen Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

SEMBOLLER (SYMBOLS)

Q_h	Odanın toplam ısı kaybı
Q_{sp}	Birim döşeme yüzeyinden verilecek ısı
$A_{döş}$	Döşemenin alanı (m^2)
$t_{f,m}$	Ortalama döşeme sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_i	Standart iç sıcaklık ($^{\circ}C$)
$\alpha_{t,m}$	Toplam ortalama ısı geçiş katsayısı
PMV	Ortalama tahmini oy oranı
PPD	Tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi (%)
A_{DU}	İnsan vücudu yüzey alanı (m^2)
f_{cl}	Giysili vücut yüzey alanının çıplak insan vücudu yüzey alanına oranı
h_c	Isı taşınım katsayısı ($kJ/m^2h^{\circ}C$), ($kCal/m^2h^{\circ}C$)
I_{cl}	Giysisinin ısı direnci (clo)

T_a	Hava sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{cl}	Giysi yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_{mrt}	Ortalama ışınma sıcaklığı ($^{\circ}C$)
M	Metabolizma hızı (kJ/h), ($kCal/h$)
P_a	Ortam sıcaklığındaki buhar basıncı (mmHg)
P_g	Doymuş buhar basıncı (mmHg)
v	Hava hızı (m/s)
η	Mekanik verim

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Dil, D., Arıcı, M., "Yerden Isıtma Uygulamalarında Boru Mesafesi ve Su Sıcaklığının Zemin Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi", **Tesisat Mühendisliği**, Cilt 116, 52-56, 2010.
- Olesen, B.W., "Radiant Floor Heating in Theory and Practice: American Society of Heating", **Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc**, 2002.
- Toksoy, M. "Isıl Konfor", **Mühendis ve Makine**, Cilt 2, No 13, 37-45, 1994.
- Olesen, B.W., "Thermal Comfort", **Technical Review**, No 2, 3-37, 1982.
- ASHRAE Standard 55—Thermal Environmental Conditions For human Occupancy, ASHRAE Inc., Atlanta, 1992.
- Hoof, J.V., "Forty Years of Fanger's Model of Thermal Comfort: Comfort for All", **Indoor Air**, Cilt 18, No 3, 182-201, 2008.
- Olesen, B.W., "International Standards and the Ergonomics of the Thermal Environment", **Applied Ergonomics**, Cilt 26, No 4, 293-302, 1995.
- Cena, K., Dear, R., "Thermal Comfort and Behavioural Strategies in Office Buildings Located in a Hot-Arid Climate", **Journal of Thermal Biology**, Cilt 26, 409-414, 2001.
- Atthajariyakul, S., Leephakpreeda, T., "Neural Computing Thermal Comfort Index for HVAC Systems", **Energy Conversion and Management**, Cilt 46, 2553-2565, 2005.
- Fanger, P.O., **Thermal Comfort: Analysis and Application in Environmental Engineering**, McGraw-Hill, New York, 1970.
- Fermanel, F., Miriel, J., "Air Heating System: Influence of a Humidifier on Thermal Comfort", **Applied Thermal Engineering**, Cilt 19, No 10, 1107-1127, 1999.
- Charles, K.E., "Fanger's Thermal Comfort and Draught Models", **IRC Research Report RR-162**, 2003.
- Fanger, P.O., Toftum, J., "Extension of the PMV Model to Non-Air-Conditioned Buildings in Warm Climates", **Energy and Buildings**, Cilt 34, No 6, 533-536, 2002.
- Kuchen, E., Fisch, M.N., "Spot Monitoring: Thermal Comfort Evaluation in 25 Office Buildings in Winter", **Building and Environment**, Cilt 44, No 4, 839-847, 2009.

15. Holz, R., Hourigan, A., Sloop, R., Monkman, P., Krarti, M., “Effects of Standard Energy Conserving Measures on Thermal Comfort”, **Building and Environment**, Cilt 32, No 1, 31-43, 1997.
16. Yang, K.H., Su, C.H., “An Approach to Building Energy Savings Using the PMV Index”, **Building and Environment**, Cilt 32, No 1, 25-30, January 1997.
17. Hanqing, W., Chunhua, H., Zhiqiang, L., Guangfa, T., Yingyun, L., Zhiyong, W., “Dynamic Evaluation of Thermal Comfort Environment of Air-Conditioned Buildings”, **Building and Environment**, Cilt 41, No 11, 1522-1529, 2006.
18. ASHRAE Handbook—Fundamentals, Chapter 9, 2009.
19. Shiming, D., Zheng, L., Minglu, Q., “Indoor Thermal Comfort Characteristics Under the Control of a Direct Expansion Air Conditioning Unit Having a Variable-Speed Compressor and a Supply Air Fan”, **Applied Thermal Engineering**, Cilt 29, 2187-2193, 2009.
20. Kaynaklı, Ö., Ünver, Ü., Kılıç, M., Yamankaradeniz, R., “Sürekli Rejim Enerji Dengesi Modeline Göre Isıl Konfor Bölgeleri.”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 9, No: 1, 23-30, 2003.

