



Güneş Enerjisi Destekli Döşemeden Isıtma Sisteminin Ankara'da Kullanılabilirliğinin Bir Soğuk Kış Gününde İncelenmesi

Can Ekici^{1,2}

¹Türk Standardları Enstitüsü, Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü, KOCAELİ,

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL
canekici@gmail.com

Geliş (Received): 25 Aralık (December) 2016

Kabul (Accepted): 7 Ağustos (August) 2017

DOI: 10.18466/cbayarfb.281369

Özet

Döşemeden ısıtma sistemleri dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada döşemeden ısıtma sistemlerinin güneş enerji desteğiyle Ankara için kullanılabilirliği incelenecektir. Bu inceleme çerçevesinde ısı konfor analizleri yapılmıştır. Bu analizler Ankara'da bulunan 23 m²'lik bir odada yapılmıştır. Oda döşemeden güneş enerjisi yardımıyla ısıtılmaktadır. Fanger'in PMV ve PPD yöntemleri bu odada ısı konfor analizi için kullanılmıştır. Bu çalışma güneş enerjisi ile döşemeden ısıtma sistemlerinin durumuna Ankara'nın yerel koşullarda odaklanacaktır.

Anahtar Kelimeler — Ankara, Döşemeden ısıtma, Isıl konfor, PMV, PPD

Usability of the Floor Heating Systems with Solar Energy in Ankara for a Cold Winter Day

Abstract

Radiant floor heating systems are used widely around the world. In this study, usability of floor heating systems with solar energy is scoped in Ankara. Thermal comfort analysis was processed in a room which is about 23 m² in Ankara. The room is heated from the floor with solar energy. Fanger's PMV and PPD method were used for thermal comfort analysis. This study focused to the Ankara's local conditions for the thermal environments which are heated by solar energy and floor heating systems.

Keywords — Ankara, Floor heating, Thermal comfort, PMV, PPD

1 Giriş

Son yıllarda döşemeden ısıtma sistemleri gözle görülür bir şekilde artmaktadır. Avusturya, Almanya ve Danimarka'da yeni evlerin % 40'ı civarı döşemeden ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Güney Kore'de ise bu oran %90'lara çıkabilmektedir [1].

Döşemeden ısıtmanın önemli bir avantajı sıcaklık dağılımındaki homojenliktir. Bu sistem ile ısıtılan mekanlarda sıcaklık dağılımları daha dengeli olmaktadır. Ayrıca döşemeden ısıtma sistemleri oda alanlarının kullanımı açısından da avantaj sağlamakta ve gürültü yaratmamaktadır [1].

Güneş enerjisi ile su ısıtma, ortam ısıtma ve soğutma uygulamaları bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat dünyanın enerji ihtiyacının yalnızca % 0,4'ü güneş enerjisinden karşılanmaktadır [2].

Döşemeden ısıtma yöntemi, kapalı mekânların döşemede ısı yükünün artırılarak ısıtılması ile uygulanmaktadır. Bu sistem, döşemenin altına özel kılcal boruların yerleştirilerek, bu borulardan ısınmış suyun geçerek ortamı ısıtması prensibine dayanır. Sıcak su, güneş kolektörlerinden, ısı pompalarından, borulardan vb. devir daim yaparak geçer [3].

Batı Avrupa'da yeni evlerin yarısına yakını döşemeden ısıtma sistemlerini kullanmaktadır ve bu uygulamalar ile tatmin edici ısı konfor şartları yakalanabilmektedir. Batı Avrupa'da bu uygulamaların iyi bir şekilde yapıldığı görülmektedir [3]. Bu çalışmada Ankara için güneş enerjisi yardımıyla döşemeden ısıtma uygulamasının kullanılabilirliğine dair cevap aranacaktır. Bu uygulamanın Ankara'da uygulanabilirliğine dair yorumlamalar yapılacaktır.

2 Geçmişte Yapılan Bazı Çalışmalar

PMV (Predicted Mean Vote) modeli Fanger tarafından geliştirilmiş bir matematiksel modeldir. Bu model ısı konforu aktivite, kıyafet, hava hızı, nem, ortalama ışınma sıcaklığı ve hava sıcaklığı gibi parametrelerin matematiksel ilişkisini ifade eder [4, 5].

Toftum ve arkadaşları hava neminin üst sınırlarının konforsuzluğuna olan etkisi üzerine çalışmıştır. Cilt neminin beş farklı değeri bu çalışmada analiz edilmiştir ve çalışma sonucunda matematiksel model sunulmuştur [6].

Fanger ve Toftum PMV modelinin sıcak iklimlerde soğutma sistemi olmayan binalarda uygulaması üzerine çalışmıştır. Bu durum için uyarlanmış bir PMV modeli önermişlerdir [7].

Gadi ısı konforu üzerine bir bilgisayar yazılımı geliştirmiştir. Bu yazılım altı adet ısı konfor indisini barındırmaktadır [8].

Rowe, Sidney’de yer alan bir binadaki ofis çalışanlarının ısı konforu üzerine çalışmıştır. Isıl konfor analizleri farklı cinsiyet gruplarında farklı aktivite oranları için farklı sıcaklıklarda yapılmıştır [9].

3 Metot ve Deneş

Bu çalışmada Ankara’da yer alan bir ofis için ısı konforu analizi uygulanmıştır. Bu oda döşemeden güneş enerjisi yardımıyla ısıtılmaktadır. Bu ısıtma sistemi 4 adet düzlemsel güneş kolektörü ile beslenmektedir. Odanın alanı 23 m² civarındadır. Isıl konfor analizi uygulanırken hava sıcaklığı, radyasyon sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgar hızları odanın 49 farklı noktasından ölçülmüştür. Oda eşit olarak 50 kareye bölünmüştür, bu karelerden birinde boyler bulunmaktadır. Kalan 49 karenin orta noktalarından ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler sonucunda Fanger’in PMV metodu uygulanmıştır. PMV değerleri oturan bir insan için ayak bileği, bel hizası ve baş hizası için hesaplanmıştır. Ölçümler de bu hizalardan alınmıştır. Bu hizalar 0,2 metre, 0,6 metre ve 1 metredir.

PMV (Predicted Mean Vote) metodu 1970’lerde Fanger tarafından bulunmuştur. Bu model sonucunda PMV adı verilen bir skor elde edilmektedir. Bu skor sıfıra yaklaştıkça insanların hissettiği ısı konforu artmaktadır. Bu değerlerin sıfır olması, o ısı ortamının tüm kullanıcılar için maksimum konforu sağladığına işarettir [4]. PMV değerlerinin anlaşılabilmesi Tablo 1’de görülmektedir [5].

PMV denkleminin değişkenleri radyasyon sıcaklığı, hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı, aktivite oranı ve kıyafet direncidir. Fanger’in ısı konforu denklemi Eşitlik 1’de görülmektedir [4].

$$PMV = \left(0.352 * e^{-0.042 \left(\frac{M}{A_{Du}} \right)} + 0.032 \right) * \left[\frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - 0.35 * \left[43 - 0.061 * \frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - p_a \right] - 0.42 * \left[\frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - 50 \right] - 0.023 * \frac{M}{A_{Du}} (44 - p_a) - 0.0014 * \frac{M}{A_{Du}} * (34 - T_a) - 3.4 * 10^{-8} * f_{cl} * [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (T_{cl} - T_a) \right] \quad (1)$$

Eşitlik 1’deki bazı parametrelerin elde edilmesi için Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 verilmiştir.

$$T_{cl} = 35.7 - 0.032 * \frac{M}{A_{Du}} * (1 - \eta) - 0.18 * I_{cl} * [3.4 * 10^{-8} * f_{cl} * [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} * h_c (T_{cl} - T_a)] \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2.05 * (T_{cl} - T_a)^{0.25} > 10.4\sqrt{v} \rightarrow h_c = 2.05(T_{cl} - T_a)^{0.25} \\ 2.05 * (T_{cl} - T_a)^{0.25} < 10.4\sqrt{v} \rightarrow h_c = 10.4\sqrt{v} \end{cases} \quad (3)$$

Ortamdaki kişilerin memnuniyet oranını veren PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) ifadesi de Fanger tarafından belirtilmiştir. PPD bir ortamdaki kullanıcılardan memnuniyetsiz olanların oranını ifade etmektedir. PPD denklemi Eşitlik 4’te verilmiştir ve PMV değeri kullanılarak hesaplanmaktadır [4].

$$PPD = 100 - 95 * e^{-(0.03353 * PMV^4 + 0.2179 * PMV^2)} \quad (4)$$

Tablo 1. ASHRAE Isıl Duyum Skalası

PMV Değeri	Anlam	Yorum
3	Aşırı sıcak	Bunaltıcı ve tolere edilemez.
2	Sıcak	Çok sıcak.
1	Hafif sıcak	Tolere edilebilir, sıcak.
0	Nötr	Konforlu
-1	Hafif serin	Tolere edilebilir, serin.
-2	Serin	Çok serin.
-3	Soğuk	Tolere edilemez, soğuk.

4 Sonuçlar

PMV hesaplamaları Can Ekici tarafından geliştirilmiş bir bilgisayar yazılımı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Bu yazılım Visual Basic tabanlı olarak tasarlanmıştır.

Türkiye Cumhuriyeti’nin başkenti Ankara İç Anadolu’da bulunmakta ve sert kış koşullarına sahiptir. Deneşin yapıldığı gün 21 Ocak 2011 tarihinde kentin hava sıcaklığı 0 °C ile 5 °C arasında değişmiştir.

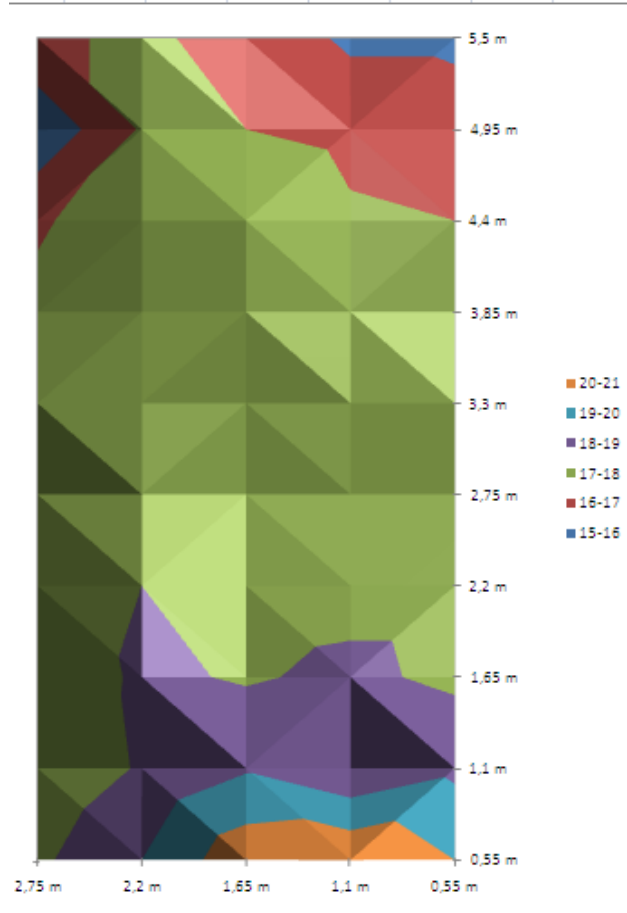
PMV hesaplamaları ev kıyafeti giymiş insanlar için yapılmıştır. Deney sırasında alınan ölçümler için ortalama PMV ve PPD değerleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Deney boyunca Ortalama PMV ve PPD değerleri

Döşemeden yükseklik metre	PMV	PPD %
0,2	-1,437	47,493
0,6	-1,349	42,814
1	-1,324	41,509

ASHRAE PMV ısıl duyum skalasında kullanıcıların ortamı serin hissettiği ve ortamdaki insanların %40’ının ısıl ortamdaki memnuniyetsiz olduğu görülmektedir.

Odanın döşemesinin sıcaklık dağılımı Şekil 1’de görülmektedir. Bu şekilde görülen soğuk noktalarda PMV değerleri de soğuk hissedilmiştir. Deneyin yapıldığı günde, hava koşullarından dolayı güneş enerjisinin yetersiz olduğu düşünülmektedir. Sistemde yeterince ısı üretilmemiştir. Yeterli ısı üretilmesi durumunda döşemenin sıcaklık dağılımının daha homojen olacağı düşünülmektedir.



Şekil 1. Odanın döşeme sıcaklığının dağılımı

5 Tartışma

Bu çalışmada Ankara’da yer alan biro da için ısı konfor analizleri kış koşullarında yapılmıştır. Bu oda güneş enerjisi desteği ile döşemeden ısıtılmaktadır. PMV ve PPD analizleri yapılmış ve bu ortamdaki kullanıcılarının %40’ının ortamdaki memnun olmadığı ve serin hissettikleri görülmüştür.

Ankara’nın deney günündeki hava sıcaklığı 0 °C ile 5 °C arasındadır. Odanın döşeme sıcaklığı değerleri ise 17 °C – 18 °C civarındadır.

6 Bulgular ve Yorumlamalar

1. Ankara’nın soğuk ve sert kış koşullarında düzlemsel kolektörler ile ısınmanın çok verimli olamayabileceği düşünülmektedir. Ankara’da deneyin yapıldığı günlerden daha soğuk geçen kış günleri mevcuttur. Hatta deneyin yapıldığı günün Ankara’nın kış şartları için ılıman bir gün olduğunu söylemek mümkündür. Isıtma sistemi modifiye edilirse daha verimli bir ısınmanın mümkün olabileceği ihtimali de mevcuttur. Söz konusu sistem vakumlu tüp kolektörler ile modifiye edilirse belki daha verimli bir ısınma gerçekleştirilebilir. Bu durum da başka bir çalışmanın konusu olabilir. Güneş enerjisinin, düzlemsel kolektörler ile tek başına birincil ısınma kaynağı olarak değil de destekleyici ve yardımcı bir unsur olarak ısınma sistemlerinde kullanılmasının Ankara için daha uygun olabileceği düşünülmektedir.

2. Ankara’nın bulutlu günlerinde güneş radyasyonu yetersiz olabilmeye birlikte, deney düzeneğinde bulunan düzlemsel kolektörlerin de difüz radyasyonu yeterince toplayamadığı düşünülmektedir.

3. Ankara için düzlemsel güneş kolektörlerinin iklimlendirme sistemlerinde daha ılıman ve kısmen daha güneşli kış günlerinde daha verimli olabileceği düşünülmektedir. Bu durumlarda belki ekstrasından bir ısı kaynağı olmadan kullanılması mümkün olabilecektir. Fakat mevcut durumda bu sistemin başka bir ısı kaynağı ile kullanılmasının ve güneş enerjisinin destekleyici olarak sistemde yer almasının daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmüştür.

4. Bu yayında döşemeden ısıtma üzerine çalışılmıştır. Fakat güneş enerjisinin deney boyunca verimli kullanılmamasından ötürü döşemeden ısıtma sisteminin homojen sıcaklık dağılımı sağladığına dair yorumlar yapılmasının, bu çalışma için çok uygun olmadığı düşünülmektedir. Fakat döşemeden ısıtma sistemlerinin ortamlar için homojen bir sıcaklık dağılımı sağladığı fikri yaygın olarak düşünülmektedir.

7 Terimler

PMV	Predicted Mean Vote
M	Metabolic üretim oranı, kcal/h
A _{DU}	Vücut yüzey alanı, m ²



η	Mechanik verim
P_a	Su buharı basıncı, mmHg
T_a	Hava sıcaklığı, °C
f_{cl}	Kıyafet alan faktörü, kıyafetli vücut yüzey alanı ile çıplak vücut arasındaki oran
T_{cl}	Kıyafet yüzey sıcaklığı, °C
T_{mrt}	Ortalama radyasyon sıcaklığı, °C
h_c	Konvektif ısı transfer katsayısı, (kcal/m ² h°C)
I_{cl}	Kıyafet ısı direnci, clo (1 clo = 0.155 m ² K/W)
v	Bağlı hava hızı, m/s
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied, %

Referanslar

1. Olesen, B. W.; Radiant floor heating in theory and practice. *ASHRAE Journal*, 2002; 44(7), 19-26.
2. Beerepoot, M.; Technology Roadmap Solar Heating and Cooling, OECD/IEA, Paris, France, 2012.
3. Hackleman, M.; Radiant floor heating. *Backwoods Home Magazine*, 2000; 64, 42-49.
4. Fanger, P.; Thermal Comfort: Analysis and Application in Environmental Engineering; McGraw-Hill, 1970.
5. Charles, K.; Fanger's thermal comfort and draught models, NRC/IRC Client Report B3205.XX, Ottawa, 2003.
6. Toftum, J., Jørgensen, A., Fanger, P.; Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortably humid skin, *Energy and Buildings*, 1998; 28(1), 1-13
7. Fanger, P., Toftum, J.; Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates, *Energy and Buildings*, 2002; 34(6), 533-536.
8. Gadi, M.; A new computer program for the prediction and analysis of human thermal comfort, *Applied Energy*, 2000; 65, 315-320.
9. Rowe, D.; Activity rates and thermal comfort of office occupants in Sydney, *Journal of Thermal Biology*, 2001; 26, 415-418