

Güneş Işınımının Otomobil Kabinindeki Isıl Konfora Etkisinin İncelenmesi

Effect of Solar Radiation on Thermal Comfort in an Automobile Cabin

M. Özgün KORUKÇU*, Muhsin KILIÇ

Uludağ Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa

Geliş Tarihi/Received : 12.04.2011, Kabul Tarihi/Accepted : 26.10.2011

ÖZET

Bu çalışmanın amacı güneş ışınımının soğutma sürecinde otomobil kabini içerisindeki ısı konfor koşullarına olan etkisinin deneysel olarak incelenmesidir. Özellikle yaz aylarında güneş ışınımından kaynaklanan yüksek kabin iç ortam sıcaklığı sürücü ve yolcuların kendilerini rahatsız hissetmelerine neden olmaktadır. Çalışmada, soğutma sürecinde park edilmiş bir araba içerisinde aynı menfez hız düzeyinde değişik güneş ışınımı değerleri için yapılan deneylerde, kabin iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışınım sıcaklığı ve sürücü vücut ortalama sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Deney sırasında sürücüye nesnel anket uygulanmıştır. Deneyler gerçek koşullar altında gerçekleştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar sürücünün nesnel anket sorularına verdiği cevaplar ile karşılaştırılmış ve tartışılmıştır. Yüksek güneş ışınımı değerlerinde otomobil içerisinde uygun ısı konfor koşulları sağlanamamış ancak düşük güneş ışınımı değerlerinde kabin içi ısı konfor koşulları açısından oldukça uygun bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : *Isıl konfor, Otomobil kabini, Soğutma süreci.*

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate effect of solar radiation on thermal comfort in an automobile during cooling period with experiments. High cabin interior temperature, especially in summer months, causes discomfort for driver and the passengers. In the study, ambient temperature, relative humidity, mean radiant temperature and mean skin temperature of the driver inside the automobile cabin during cooling period for same vent air velocities with different solar radiation values were measured in a parked car. Subjective survey was performed during the experiments to the driver. Experiments were held under real conditions and the results were compared with answers taken from the subject and discussed. Adequate thermal comfort conditions were not obtained for high solar radiation values but it was found that thermal comfort conditions inside the cabin were quite acceptable for low solar radiation values.

Keywords: *Thermal comfort, Automobile cabin, Cooling period.*

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : ozkorukcu@uludag.edu.tr (M. Ö. Korukçu)

1. GİRİŞ

Atmosferden dünyamıza ulaşan güneş ışınımı morötesi (UV), görülebilir ve kızılötesi olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Gözle görülebilen bölge ise ışın spektrumunda küçük bir aralıkta yer almasına karşılık ışınım yayılan enerjinin % 45'ini içermekte ve bu bölge enerji yoğunluğunun en yüksek değerlerindedir, morötesi ışınlar % 5 ve kızılötesi ışınlar ise % 50 oranında enerji yaymaktadır (Givoni, 1976). Güneş altında park etmiş bir arabanın iç ortam sıcaklığı mevsim, dış ortam ve coğrafi koşullara göre 60 °C değerine ulaşabilir (Hymore v.d., 1991, Moyer, 1995). Bu kadar yüksek değerdeki kabin iç ortam sıcaklığı yalnızca kabin içerisindeki ısı konforu değil, aracın artan klima kapasitesi ile birlikte yakıt tüketimini ve motor büyüklüğünü de etkilemektedir (Roessler ve Heckmann, 1992). Güneş ışınımının ısı konfora olan etkilerinin incelenmesinde iki temel yöntem kullanılmıştır. İlki deneklerden alınan fizyolojik ölçümler, diğeri ise ısı mankenlerin güneş ışınımına verdiği tepkilerdir. Nielsen v.d., (1988), güneş altında egzersiz yapan bireylerin ışınım ısı kazançlarını incelemişler ve güneş ışınımından kaynaklanan net ısı kazancının 125 W (70 W/m²) değerinde olduğunu belirlemişlerdir. Isıl konfor çalışmalarında güneş ışınımının insanlara olan etkilerinin incelenmesinde ortalama ışınım sıcaklığı kavramı (\bar{T}_r) içerisinde yer alan bir etken olmasındansa ayrı bir etken olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Blazejczyk v.d., 1993; Moran v.d., 1995; Shapiro v.d., 1995).

Gelişen teknoloji ile birlikte daha güvenli bir sürüş ve yolculuk koşullarının sağlanması için otomobil kabininin konfor koşullarında olması gerekmektedir. Otomobil kabini gibi hacmi küçük ortamlarda, sıcaklık ve hız gibi fiziksel etkenler çok çabuk değişmektedir. Çok çabuk değişen bu büyüklükler, sürücü ve yolcularda rahatsızlığa yol açmakta ve hattasürücünün dikkat eksikliğiyle birlikte sürüş konsantrasyonunda azalmaya yol açabilmektedir. Kabin içerisinde çok çabuk değişen fiziksel etkenler nedeni ile literatürde otomobiller içerisindeki ısı konfor konusunda kısıtlı sayıda çalışma yapılmıştır (Temming, 1980). Chakroun ve Al-Fahed (1997), gölgede ve güneşin altında park edilmiş bir otomobil içinde farklı gölgeleme

elemanları kullanarak yürüttüğü deneylerde oluşan iç ısı koşulları, konfor açısından karşılaştırmışlardır. Güneşin altına park edilmiş otomobilin iç sıcaklığı yaklaşık 65 °C'ye kadar çıktıktan sonra, klima devreye alınarak soğutma süreci incelenmiştir. Ueda v.d., (1997), otomobil iç ortamının kontrolü için kullanılan ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Geliştirdikleri yeni HVAC sistemi, iç ortam koşullarının değerlendirilmesinde, yüz deri sıcaklığını referans alan bir modeldir. Yolcunun yüz deri sıcaklığı, hava sıcaklığı, hava hızı ve güneş ışınımı gibi çevresel bazı bilgilerle hesaplanabilir. Yüz deri sıcaklığı hesaplandıktan sonra, geliştirdikleri modelle yolcuların ısı duyumu düzeyini belirlemişlerdir. Hodder ve Parsons (2006), güneş ışınımının araç içi ısı konfora olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında, 0, 200, 400 ve 600 W/m² olmak üzere dört değişik güneş ışığı simülasyonu kullanmışlar ve her düzey artışı için ısı konfor hissinin de +1 arttığını bulmuşlardır. Devonshire ve Sayer (2005), otomobil camlarında kızılötesi yansıtıcı film kullanımının kabin içerisindeki ısı konfora olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında ilk olarak kabin içerisindeki sıcaklığı sabit tutarak deneklerden gelen tepkileri incelemişler ve ışınım ısı kazancı ile denek tepkileri arasında bağıntılar elde etmişlerdir. İkinci aşamada ise, kabin içerisindeki sıcaklığın kontrolü denek tarafından sağlanmıştır. Denekler yansıtıcı film kullanılmaması durumunda, yansıtıcı film kullanılması durumunda hissettikleri ısı konfor koşullarının aynısını sağlamak için kabin içersini daha düşük sıcaklık değerlerinde tutmuşlardır.

Bu çalışmada ise, değişik güneş ışınımı değerlerinde park edilmiş bir araç içerisinde soğutma sürecinde yapılan deneylerde kabin iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışınım sıcaklığı ve sürücü vücut ortalama sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Deney sırasında sürücüye nesnel anket uygulanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyler 2008 Temmuz ayında park edilmiş 2005 model 1600 cc motor hacmine sahip bir FIAT-Albea otomobil içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yalnızca ayak-

cam menfezleri açılmış ve 30 dakikalık soğutma süreci için dış ortam sıcaklığı ortalama 33 °C ve bağıl nemi ise % 32 olarak ölçülmüştür. Deney süresince iç ortam sıcaklığı, bağıl nemi, ortalama ışınım sıcaklığı ve sürücünün ortalama deri sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Deney süresince her beş dakikada bir sürücüye kabin içerisindeki ısıl konfor koşulları ile ilgili nesnel sorgulama yapılmıştır.

Otomobil kabinin içerisindeki iç ortam sıcaklığı, bağıl nem ve menfez çıkışındaki hava hızı değerleri her 10 saniyede bir Testo 350 M/XL 454 cihazı ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Menfez çıkışlarındaki sıcaklık değerleri de K-tipi ısıl çift ile 10 saniyede bir ölçülerek Cole Palmer Digi-Sense 12 Kanallı Termometre yardımıyla kaydedilmiştir. Kabin içerisindeki ortalama ışınım sıcaklığı değerinin ölçülmesi için ise siyah küresel termometre kullanılmıştır. Sürücü ortalama deri sıcaklığı ölçümleri de Pysitemp marka T tipi ısıl-çiftler aracılığıyla da her 10 saniyede bir ölçülerek Cole Palmer Digi-Sense 12 Kanallı Termometre yardımıyla kaydedilmiştir. Güneş ışınımı değerleri ise 5 dakika aralıklarla Davis Vantage Pro II meteoroloji istasyonu aracılığıyla ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Deneylerde kullanılan ölçüm aletlerinin özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ölçüm aletlerinin özellikleri.

Cihaz	Parametre	Hassasiyet
Testo 350 M/XL 454	Hava hızı	± 0.04 m/s
	Bağıl nem	± 0.1 %
	Sıcaklık	± 0.4 °C
Küresel termometre	Işınım Sıcaklığı	± 1 °C
Physitemp	Sıcaklık	± 0.1 °C
Davis Vantage Pro II	Güneş ışınımı	± 5 %

Deney aletlerinin otomobil kabini içerisindeki yerleşimi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1’de görülen deney aletlerinin açıklaması aşağıdaki gibidir:

1. Sıcaklık sensörü, dikiz aynası seviyesinde,
2. Bağıl nem sensörü, dikiz aynası seviyesinde,
3. Küresel termometre, sağ yolcu koltuğu üzerinde,

4. Hız ölçer, sağ yolcu koltuğu üzerinde,
5. Sıcaklık sensörü, sağ yolcu koltuğu üzerinde,
6. Bağıl nem sensörü, sağ yolcu koltuğu üzerinde.



Şekil 1. Deney aletlerinin otomobil kabini içerisindeki yerleşimi.

Denek otomobil içerisinde 30 dakika boyunca kalmış, (ISO 9920, 1993) standartlarına göre yaz koşullarında normal giysi ısıl direnci olarak 0.5 clo (0.078 m²K/W) kabul edilen kıyafetler giymiş ve araç içerisindeki metabolik aktivite düzeyi oturma durumunda olan bir kişi için 1 met (58.2 W/m²) alınmıştır.

Sürücünün ortalama deri sıcaklığı ölçümü için sürücü vücudunun 12 değişik bölgesine T-tipi ısıl çiftler yapıştırılmıştır. Sürücü deri sıcaklığı ölçümü yapılan bölgeler aşağıdaki gibidir:

1. Sol ayak,
2. Sol bacak,
3. Sol el,
4. Sol kol,
5. Sol yanak,
6. Sağ ayak,
7. Sağ bacak,
8. Sağ el,
9. Sağ kol,
10. Sağ yanak,
11. Göğüs,
12. Sırt.

Otomobil kabini içerisindeki ortalama ışınım sıcaklığı (\bar{T}_r), küresel termometre yanına yerleştirilen bir hız ve sıcaklık ölçüm probundan alınan veriler ve aşağıdaki bağıntı aracılığı ile hesaplanabilmektedir, (ISO 7726, 1998).

$$\bar{T}_r = \left[\frac{(T_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8}{\times V^{0.6} \times (T_g - T_a)} \right]^{1/4} - 273 \quad (1)$$

Deney boyunca sürücüye başlangıç ve bitiş de olmak üzere, her beş dakikada bir otomobil iç ortam koşulları ile ilgili nesnel sorgulama yapılmıştır. Nesnel sorgulamada sorulan sorular Tablo 2’de verilmiştir.

Sürücünün ortalama deri sıcaklığının anlık değişimine göre ısı konfor algısı belirlenebilir. Ueda v.d., (1997) çalışmalarında ısı konfor algısının yalnız deri veya vücut sıcaklığı ile ifade edilmesinin geçici ortam şartları için yetersiz olduğunu, deri yüzey sıcaklıklarındaki anlık değişimlerin de ısı konfor algısına önemli ölçüde etki ettiğini vurgulamışlardır.

Ueda v.d., (1997) göre, ısı konfor algısı 11 ölçekli bir sistem ile belirlenebilir. Çalışmalarında geliştirdikleri ısı konfor algısının ölçeklendirilmesi Tablo 3’de verilmiştir.

Hipotezlerinin kanıtlanması amacı ile gerçekleştirilen anketsel ve deneysel çalışmalarla ısı konfor algısı (TS) kişinin deri sıcaklığının normal deri sıcaklığı değerinden sapması ($T_{sk} - T_{sk,n}$) ve deri sıcaklığındaki anlık değişim ($\partial T_{sk} / \partial t$) ölçüsünde tanımlanmıştır.

$$TS = 0.82(T_{sk} - T_{sk,n}) - 39.1 \frac{\partial T_{sk}}{\partial t} \quad (2)$$

Tablo 2. Isıl konfor sorgulaması için yapılan anket.

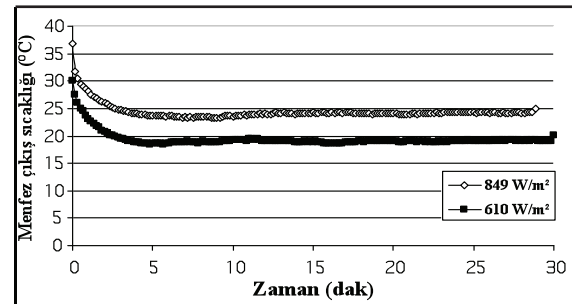
1.	Şu anki ısı konfor koşullarında kendinizi nasıl hissediyorsunuz? <input type="checkbox"/> Çok soğuk <input type="checkbox"/> Soğuk <input type="checkbox"/> Biraz Soğuk <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Biraz Sıcak <input type="checkbox"/> Sıcak <input type="checkbox"/> Çok Sıcak
2.	Otomobil içerisini ortam koşulları açısından değerlendiriniz. <input type="checkbox"/> Konforlu <input type="checkbox"/> Az Konforlu <input type="checkbox"/> Konforsuz <input type="checkbox"/> Rahatsız <input type="checkbox"/> Çok Rahatsız
3.	Şu anda ısı olarak nasıl bir ortamda olmayı tercih ederdiniz? <input type="checkbox"/> Çok soğuk <input type="checkbox"/> Soğuk <input type="checkbox"/> Biraz Soğuk <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Biraz Sıcak <input type="checkbox"/> Sıcak <input type="checkbox"/> Çok Sıcak
4.	Bu ısı ortam koşullarını kişisel olarak tercih etme ya da reddetme olanağımız olsaydı hangisini tercih ederdiniz? <input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Red

Tablo 3. Isıl konfor algısının ölçeklendirilmesi.

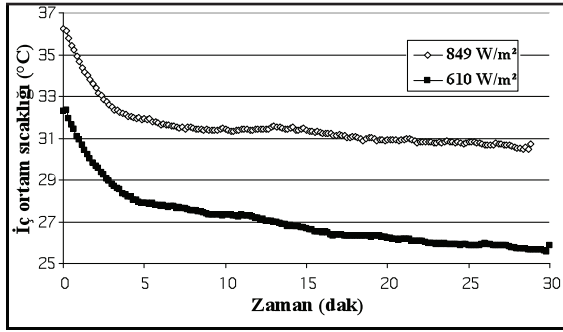
Isıl Konfor Algısı										
Çok Sıcak	Sıcak	Biraz Sıcak	Ilık	Biraz Ilık	Normal	Biraz serin	Serin	Biraz soğuk	Soğuk	Çok soğuk
5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

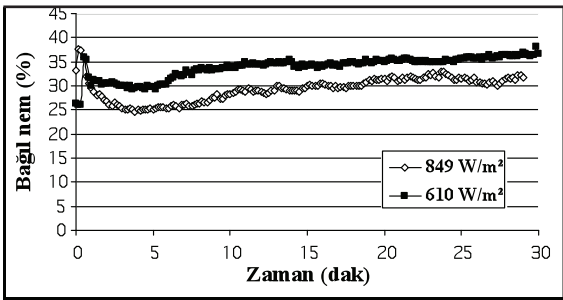
Yapılan deneylerde ayak ve cam menfezleri çalıştırılmış, aynı menfez hız düzeyinde (0.0361 kg/s, 2.267 m/s) iki farklı güneş ışınımı değeri (849-610 W/m²) için ısı konfor koşullarının değişimi incelenmiştir. İki değişik güneş ışınımı düzeyinde yapılan deneylere ilişkin elde edilen sonuçların grafikleri çizilmiş ve karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Deneyler boyunca menfez çıkış sıcaklığı, kabin iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, ortalama ışınım sıcaklığı, denek vücut sıcaklığı ve deneğin ısı konfor algısı değerlerinin zamana göre değişimi, sırasıyla Şekil 2, 3, 4, 5, 6 ve 7’de verilmiştir.



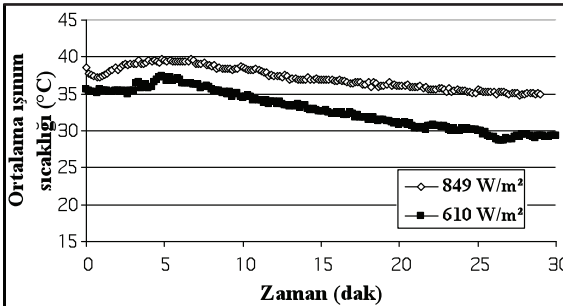
Şekil 2. 849-610 W/m² güneş ışınımında yapılan deneyler için menfez çıkışındaki sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.



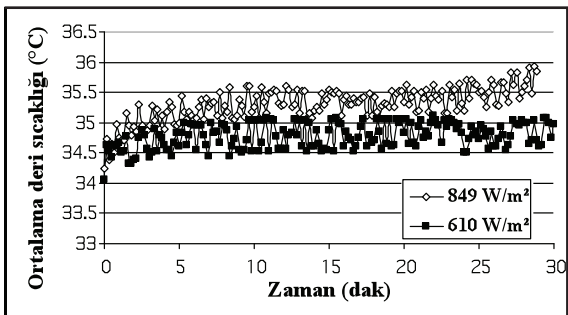
Şekil 3. 849-610 W/m² güneş ışınımında yapılan deneyler için kabin iç ortam sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi.



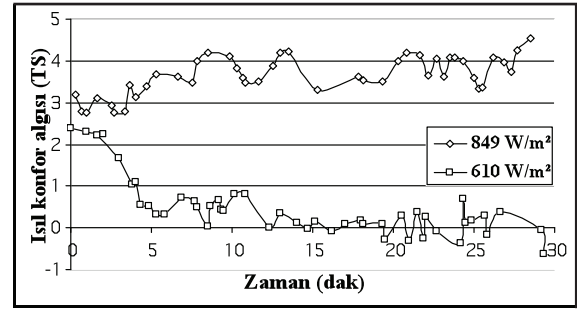
Şekil 4. 849-610 W/m² güneş ışınımında yapılan deneyler için kabin iç ortam bağıl nem değerlerinin zamana göre değişimi.



Şekil 5. 849-610 W/m² güneş ışınımında yapılan deneyler için ortalama ışınım sıcaklığı değerlerinin zamana göre değişimi.



Şekil 6. 849-610 W/m² güneş ışınımında yapılan deneyler için denek ortalama deri sıcaklığı değerlerinin zamana göre değişimi.



Şekil 7. 849-610 W/m² güneş ışınımında yapılan deneyler için denek ısı konfor algısı değerlerinin zamana göre değişimi.

Güneş ışınımının 610 W/m² olduğu deneyde, daha düşük kabin iç ortam sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Bağıl nem değerlerinde ise, aynı deney için daha yüksek değerler elde edilmiştir. Ortalama ışınım sıcaklığı değerlerine bakıldığında, güneş ışınımının 849 W/m² olduğu deneyde daha yüksek ortalama ışınım sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Denek ortalama deri sıcaklığına bakıldığında ise, güneş ışınımının 849 W/m² olduğu deneyde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Sürücünün ısı konfor algısının zamana göre değişimi incelendiğinde ise, güneş ışınımının 849 W/m² olduğu deneyde sürücünün başlangıçta kendisini biraz sıcak ve deneyin beşinci dakikasından sonra ise sıcak hissettiği bulunmuştur. Güneş ışınımının 610 W/m² olduğu deneyde ise, sürücü başlangıçta kendisini ılık hissederken deneyin beşinci dakikasından sonra ısı konfor ölçütü olan normal düzeyde hissettiği görülmektedir.

Sürücünün deney boyunca hız düzeylerine göre anket sorularına verdiği cevaplar sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. Sürücünün güneş ışınımının 849 W/m² olduğu deney boyunca anket sorularına verdiği cevaplar.

Zaman	Anket sorularına verilen cevaplar			
	1	2	3	4
0	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red
5. dak.	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red
10. dak.	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red
15. dak.	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red
20. dak.	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red
25. dak.	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red
30. dak.	Sıcak	Konforsuz	Soğuk	Red

Tablo 5. Sürücünün güneş ışımınınin 610 W/m² olduğu deney boyunca anket sorularına verdiği cevaplar.

Zaman	Anket sorularına verilen cevaplar			
	1	2	3	4
0	Biraz sıcak	Az konforlu	Soğuk	Red
5. dak.	Normal	Konforlu	Normal	Kabul
10. dak.	Normal	Konforlu	Normal	Kabul
15. dak.	Normal	Konforlu	Normal	Kabul
20. dak.	Normal	Konforlu	Normal	Kabul
25. dak.	Normal	Konforlu	Normal	Kabul
30. dak.	Normal	Konforlu	Normal	Kabul

Güneş ışımınınin 849 W/m² olduğu deneyde, denek kendisini, deney başlangıcından sonuna kadar sıcak ve konforsuz hissederek, daha soğuk bir ortamda olmayı istemiştir. Güneş ışımınınin 610 W/m² olduğu deneyde ise, denek kendisini, deney başlangıcında biraz sıcak ve az konforlu hissetmiş, daha soğuk bir ortamda olmayı istemiştir. Denek, deneyin beşinci dakikasından sonra ısı konfor koşullarında olduğunu belirtmiştir. Güneş ışımınınin 849 W/m² olduğu deneyde denek, deneyin başlangıcında ve beşinci dakikasında her yerini sıcak, onuncu dakikasında bacaklarını, başını ve sırtını sıcak, hissetmiştir. Denek, deneyin on beşinci dakikasından sonra başını ve sırtını sıcak hissetmiş, diğer vücut bölgelerinde herhangi bir rahatsızlık hissetmemiştir. Güneş ışımınınin 610 W/m² olduğu deneyde denek, deneyin başlangıcında her yerini biraz sıcak, bu dakikadan sonra, deney bitimine kadar ise sırtını biraz sıcak hissetmiş, diğer bölgelerinde herhangi bir rahatsızlık duymadığını belirtmiştir.

4. SONUÇ

Yazın güneş altında park edilmiş bir otomobil kabini içerisinde aynı menfez seçimi ve hız düzeyinde, değişik iki güneş ışımını değeri için yapılan deneylerde elde edilen ısı konfor koşulları karşılaştırılmıştır. Yüksek güneş ışımını değeri için yapılan deneyde, daha yüksek kabin iç ortam sıcaklığı, ortalama ışımın sıcaklığı ve denek ortalama deri sıcaklığı değerleri elde edilirken, daha düşük bağıl nem değerleri elde edilmiştir.

Sürücünün ortalama deri sıcaklığı değerlerinin anlık değişimlerinden yararlanılarak elde edilen ısı konfor algılarında ise yüksek güneş ışımını

değeri için yapılan deneyde daha yüksek ısı konfor algısı değerleri elde edilmiştir. Düşük güneş ışımını değeri için yapılan deneyde ise, deneyin beşinci dakikasından sonra ısı konfor ölçütü olan normal ya da normale yakın değerler elde edilmiştir.

Deneyler süresince sürücüye uygulanan nesnel anket cevapları karşılaştırıldığında ise; Sürücü yüksek güneş ışımını için yapılan deneyde deneyin başından sonuna kadar sıcak, konforsuz olduğunu, daha soğuk bir ortamda olmak istediğini belirterek, bulunduğu ortamın ısı konfor koşullarını reddetmiştir. Düşük güneş ışımını için yapılan deneyde ise; sürücü deneyin başlangıcında kendisini biraz sıcak, az konforlu hissetmiş ve biraz daha soğuk bir ortamda istediğini belirterek, kabin iç ortam koşullarını reddetmiştir. Denek deneyin beşinci dakikasından sonra, ısı konfor koşulları olarak kendisini normal hissetmiştir.

Denek ortalama deri sıcaklığı değerleri yardımıyla hesaplanan ısı konfor algısı değerlerinin deney süresince yapılan nesnel anket sonuçları ile uyumlu olduğu gözlemlenmektedir.

Bu çalışma kapsamında gerçek koşullarda yürütülen deneylerden elde edilen sonuçlara göre soğutma sürecinde güneş ışımını değerlerinin yüksek olduğu günlerde park halindeki bir araç içerisinde yer alan katı yüzeyler gün boyunca ısıyı depolamakta ve bu nedenden ötürü soğutma sürecinde düşük iç ortam sıcaklıkları elde edilememiştir. Düşük güneş ışımını için yapılan deneyde kabin iç ortam koşullarının ısı konfor açısından uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Dünyada ve ülkemizde otomobiller için ısı konfor modeli ya da standartları bulunmamaktadır. Bu çalışmadan hareketle daha fazla denek, araba ve deney sayısı ile ülkemiz insanına yönelik otomobillerde ısı konfor modeli ya da standartları geliştirilebilir.

5. SİMGELER DİZİNİ

T_a : Ortam havası sıcaklığı °C,

T_g : Küresel termometre sıcaklığı °C,

\bar{T}_r : Ortalama ışımın sıcaklığı °C,

T_{sk} : Deri sıcaklığı °C,

T_{skin} : Normal deri sıcaklığı °C,
TS : Isıl konfor algısı boyutsuz,
t : Zaman (s),
V : Hava hızı (m/s).

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki deney aletlerinin 105M262 no'lu proje kapsamında alınmasını destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) ve deney aracının sağlanması konusunda Türk Otomobil Fabrikası A.Ş'ne (FIAT-TOFAŞ) teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

Blazejczyk, K., Nilsson, H. and Holmér, I. 1993. Solar heat load on man (review of different methods of estimation), *Int J Biometeorol.* (37), 125–132.

Chakroun, C. and Al-Fahed, S. 1997. Thermal comfort analysis inside a car, *International Journal of Energy Research.* (21), 327-340.

Devonshire, J. M and Sayer, J. R. 2005. Radiant heat and thermal comfort in vehicles, *Human Factors*, 47, 4, Health and Medical Complete. pp. 827.

Givoni, B. 1976. *Man, climate and architecture*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Hodder, S. and K. Parsons. 2006. The effects of solar radiation on thermal comfort. *International Journal of Biometeorology*, 10.1007/s00484-006-0050-y.

Hymore, R. R., Tweedy R. F. and Wozniak, D. F. 1991. Development of a test procedure for quantifying performance benefits of solar control glazings on occupant comfort, *SAE Tech. Paper Series*, No 910536, Warrandale PA, Society of Automotive Engineers.

ISO 9920. 1993. *Ergonomics: Estimation of the Thermal Characteristics of a Clothing Ensemble*, International Standards Organisation, Geneva.

ISO 7726. 1998. *Ergonomics of the thermal environment -Instruments for measuring physical Quantities*, International Organization for Standardization.

Moyer, K. L. 1995. Analytical and empirical evaluation of the impact of solar control glazing on the thermal environment in vans, *SAE Tech. Paper Series*, No 950052, Warrandale PA, Society of Automotive Engineers.

Moran, D., Shapiro, Y., Epstein, Y., Burstein, R., Stroschein, L. and Pandolf, K. B. 1995. Validation and adjustment of the mathematical prediction model for human rectal temperature responses to outdoor environmental conditions, *Ergonomics.* 38 (5),1011–1018.

Nielsen, B., Kassow, K. and Aschengreen, F. E. 1988. Heat balance during exercise in the sun, *Eur J Appl Physiol.* 58 (1–2),189–196.

Roessler, D. M. and Heckmann, T. 1992. Which automobile glazing makes me feel more comfortable, *SAE Tech. Paper Series*, No. 920263, Warrandale PA, Society of Automotive Engineers.

Shapiro, Y., Moran, D., Epstein, Y., Stroschein, L. and Pandolf, K. B. 1995. Validation and adjustment of the mathematical prediction model for human sweat rate responses to outdoor environmental condition, *Ergonomics.* 38 (5),981–986.

Temming, J. 1980. Comfort requirements for heating, ventilation and air conditioning in motor vehicles, *Research and Development Division*, Volkswagenwerk A.G.

Ueda, M., Taniguchi, Y., Asano, A., Mochizuki, M., Ikegami, T. and Kawai, T. 1997. An automobile heating, ventilating and air conditioning system with a neural network for controlling the thermal sensation felt by a passenger, *JSME.* 40 (3), 469-477.