



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **MAĞAZALARDA SPOT LAMBALARIN İNSAN ISIL KONFORUNA ETKİSİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

**NURULLAH ARSLANOĞLU  
ABDULVAHAP YİĞİT  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**



# MAĞAZALARDA SPOT LAMBALARIN İNSAN ISIL KONFORUNA ETKİSİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Nurullah ARSLANOĞLU  
Abdulvahap YİĞİT

## ÖZET

Isıl konfor, iklimlendirme uygulamalarında son yıllarda oldukça önem kazanan bir araştırma konusudur. Isıl konforun insan rahatlığı ile ilgisi olduğu gibi, verimlilik üzerinde de etkisinin büyük olduğu bilinmektedir. Ergonomi ve verimlilik ile ısı konfor ilişkisi konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. İnsan ısı konforunu etkileyen temel parametreler; ortam hava hızı, hava sıcaklığı, havanın nemi, insan aktivite oranı, ışınım ve giysi olarak verilmektedir. Işınımın ısı konfor üzerine etkisini inceleyen çalışmalarda, genelde oda duvar sıcaklıklarının asimetric etkisi incelenmiştir. Mağazalarda yazın iç ortam sıcaklıkları önemli derecede yükselmektedir. Bunun ana sebeplerinden birisi de spot lambalardır. Estetik açıdan mağazanın ve ürünlerin güzel görünmesi ve mağazanın estetik görünümünü artırmak amacıyla, spot ışıklar aşırı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, mağazalarda kullanılan spot lambaların insanların ısı konforuna olan etkisi taguchi yöntemi kullanılarak deneysel olarak incelenmiş ve mağaza aydınlatılması için optimum sonuçlar önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isıl konfor; Taguchi, Spot lamba

## ABSTRACT

Thermal comfort is very important research subject air-conditioning applications in recent years. Thermal comfort is related to productivity as well as human comfort. There are numerous studies on the relationship between thermal comfort ergonomics and efficiency. The factors affecting thermal comfort are ambient air velocity, air temperature, relative humidity, metabolic activity level, radiation and clothing level. The studies examined the effects of radiation on thermal comfort, usually asymmetric effect of the chamber wall temperature was investigated. Indoor air temperatures rises significantly in stores in summer. One of the main reasons for this is spot lamp. The stores and its products to beautify for aesthetically using spot lamp extreme. In this study, The effect of the spot lamp are used in stores on thermal comfort has been studied experimentally using the Taguchi method. Optimum results are proposed for store clarification for factors that affect thermal comfort significantly.

**Key Words:** Thermal comfort, Spot lamp, Taguchi

## 1. GİRİŞ

Isıl konfor son yıllarda oldukça önem kazanan bir araştırma konusudur. Isıl konforun insan rahatlığı ile ilgisi olduğu gibi, verimlilik üzerinde de etkisinin büyük olduğu bilinmektedir. Ergonomi ve verimlilik ile ısı konfor ilişkisi konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

İnsan ısı konforunu etkileyen temel parametreler; ortam hava hızı, hava sıcaklığı, havanın nemi, insan aktivite oranı, ışınım ve giysi olarak verilmektedir. Işınımın ısı konfor üzerine etkisini inceleyen çalışmalarda, genelde oda duvar sıcaklıklarının asimetric etkisi incelenmiştir

Mağazalarda yazın iç ortam sıcaklıkları önemli derecede yükselmektedir. Bunun ana sebeplerinden birisi de spot lambalardır. Estetik açıdan mağazanın ve ürünlerin güzel görünmesi ve mağazanın albenisini artırmak amacıyla, spot ışıklar aşırı bir şekilde kullanılmaktadır.

Özellikle mağazalarda çok kullanılan bu spot lambaların klima soğutma yükü üzerinde önemli etkileri olduğu bilinmekte ve klima hesaplarında bu spot lambalar hesaba katılmaktadır. Ancak ortam sıcaklığı konfor sınırları içinde olmakla birlikte sıcak veya soğuk bir yüzeyin, ışınım etkisi sebebiyle, ısı konforu önemli bir şekilde etkilediği de bilinmektedir. Spot lambalar çok sayıda ve dar bir ortamda kullanıldığında önemli bir ışınım etkisi oluşturmaktadır. Işınım ısı akısı oluşturan bu lambalar, özellikle tavan yüksekliği çok olmayan klasik çarşı mağazalarında insanlara yakın mesafede bulunmaktadır. Dolayısıyla insan üzerinde önemli bir ışınım ısı akısı oluşturmakta ve bu da insan ısı konforunu etkilemektedir. Bu ışınım etkisi sebebiyle, bu tür mağazaların içinde insanlar çok fazla kalmak istememektedir. Aşağıda ısı konfor ve taguchi deneysel yöntemi ile yapılmış çalışmalarla ilgili literatür taraması verilmiştir.

Yiğit, Olesen ve ark. (1988) tarafından sunulan 16 bağımsız vücut parçası yaklaşımı çerçevesinde Fanger ve Gagge modellerini birleştirmiş ve yeni bir model oluşturmuştur. Bu model vasıtasıyla 16 ayrı vücut parçası için ısı ve buharlaşma dirençlerini hesaplamış, 5 ayrı giysi takımı için toplam ısı ve buharlaşma dirençlerini tayin etmiş ve bu değerleri literatürdeki deneysel veriler ile karşılaştırmıştır [1].

Todde, hafif aktivite düzeyinde, global ısı konfor içindeki insanların yerel hava hareketlerine olan tepkisini deneysel olarak incelemiştir. Bahsedilen çalışmada cereyanın (draught) etkisi ele alınmış ve daha önceki çalışmalar ile karşılaştırmalar yapılmıştır [2].

Havenith ve arkadaşları, giysi özellikleri ve metabolik ısı üretimi gibi ısı konforu etkileyen kişisel faktörler üzerinde durmuştur. Çalışmada, ısı konforun değerlendirilmesinde "Ortalama Tahmini Oy (PMV)" indisinin kullanımının çok yaygın olduğunu ve PMV indisinin en uygun tahmini için ise metabolik ısı üretimi ve giysi parametrelerinin en doğru şekilde bilinmesi gerektiğini vurgulamışlardır. [3]

Olesen ve Parsons, çoğunlukla yerel konforsuzluğa yol açan cereyan (draught), dikey hava sıcaklığı farkı, zemin sıcaklığı ve ışınım asimetrisi gibi konuları da içerecek şekilde ısı konfor ile ilgili varolan ISO standartlarını ve devam eden çalışmaları açıklamıştır[4].

Arens ve arkadaşları, üniform ısı şartlara maruz bıraktığı deneklerin, tüm vücut ve yerel vücut parçaları bazında ısı duyumlarını ve konfor algılarını sorgulamıştır. Çalışmada, yerel vücut parçaları için ısı duyum ve konforun büyük değişiklikler gösterdiği belirtilmektedir[5]. Arens ve arkadaşları ise 3 saatlik bir periyotta, vücut parçası bazında ısıtma ve soğutmaya maruz bıraktıkları denekleri incelemişlerdir. Böylece çalışmada, tüm vücut ve 19 yerel vücut parçası için, deri sıcaklıkları, kor sıcaklıkları, ısı duyum ve konfor cevapları toplanmıştır[6].

Atmaca ve Yiğit, 2 bölmeli 16 parçalı Gagge modeli vasıtasıyla hazırlanan simülasyon ile ısı ortam bağıl neminin deri sıcaklığı ve ıslaklığı üzerine etkisini teorik olarak incelemiştir[7].

Arslandoğlu ve arkadaşları Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Isı tekniği laboratuvarında şartlandırma odasında yaptığı deneylerde farklı şartlandırma koşullarında deneyler yapılmış olup deneklerin kuru halleri için(terli değil) ense deri yüzey sıcaklıklarının zamana bağlı değişimleri grafik halinde sunulup ve tüm deneyler sırasında deneklerin buldukları ortamdaki hissettikleri ısı duyumunda sorgulanmıştır[8].

Taylan, askeri bir fabrikada yakılan üç tip kimyasal maddenin günlük yakılan toplam miktarı maksimize edilmeye çalışılmış ve problemin çözümü için Taguchi yönteminden faydalanılmıştır. Uygulamada amaca uyan faktör ve seviyeler belirlenerek uygun ortogonal dizin seçilmiş ve deneyler 3'er kez tekrar edilmiştir. Deney sonuçları, S/G Oranına göre hesap tablosu uygulanmış varyans analizi ve Taguchi

yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulanan yöntemler ve sonuçlar incelenmiş ve yorumlanmıştır. [9].

Yakut ve arkadaşları taguchi deneysel tasarımı metodu kullanarak hegzagonal kanatlara sahip bir eşanjörün optimum dizayn parametrelerini belirlemişlerdir.[10]

Bu çalışmada, mağazalarda kullanılan spot lambaların insanların ısı konforuna olan etkisi taguchi yöntemi kullanılarak deneysel olarak incelenmiş ve mağaza aydınlatılması için optimum sonuçlar önerilmiştir.

## 2.DENEYSEL METODOLOJİ

Deneyler 2014 yaz aylarında Makine Mühendisliği Bölümü Isı Tekniği laboratuvarında bulunan eni, boyu ve yüksekliği sırasıyla 1.9 m, 3.7 m ve 2.4 m olan şartlandırma odasında yapılmıştır. Şartlandırma odasının tavanına mağazalarda aydınlatma için daha çok tercih edilen halojen ampüller için spot yuvalar açılmıştır. Şartlandırma odasındaki mevcut 3450 W soğutma kapasitesindeki klima, nemlendirici ve nem alıcı vasıtasıyla şartlandırma odasının nemi, sıcaklığı ve ortamdaki hava hızı değerleri sabitlenebilmekte ve mevcut ölçüm cihazları ile ölçülebilmektedir.

Deney kapsamında denekler şartlandırma odasında ayakta ve oturur pozisyonda bir mağaza içinde gibi iklimlendirme odasında sabit bir şekilde tutulmuştur. Şartlandırma odası sıcaklığı, bağıl nemi ve deneğin sırt bölgesi hizasındaki hava hızı, Şekil 1' de verilen 6 kanallı Testo 454 veri toplama cihazı ile ölçülerek, belli aralıklarla kaydedilmiştir. Hız ölçüm probu Şekil 1.-(a) dan görülmektedir. Hız probu 0 m/s ile 20 m/s arasında ölçüm yapabilmektedir. Bu probun, 0 m/s ile 2 m/s ölçüm aralığında hassasiyeti  $\pm 0.03$  m/s iken 2 m/s ile 20 m/s aralığında hassasiyeti  $\pm 0.2$  m/s' dir.



**Şekil 1.** Testo 454 veri toplama cihazı (a) hava hızı ölçüm probu (b) ortam sıcaklığı ve bağıl nem ölçüm probu

Yine her 15 dakikada bir kaydedilen sıcaklık ve nem ölçümlerinde kullanılan probda Şekil 2.-(b)' de gösterilmektedir. Bu prob, %0 ile %100 bağıl nem aralığında ölçüm yapabilmektedir. %0 ile %9.9 bağıl nem aralığında hassasiyet  $\pm 2$ , %10 ile %90 bağıl nem aralığında hassasiyet  $\pm 1$  iken %90.1 ile %100 bağıl nem aralığında hassasiyet  $\pm 2$  kadardır. Bu prob ile  $-20$  °C ile  $+70$  °C arasında sıcaklık

ölçümü de yapılabilmektedir.  $-20^{\circ}\text{C}$  ile  $-10.1^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında hassasiyet  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  ile  $+50^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında hassasiyet  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  iken  $+50.1^{\circ}\text{C}$  ile  $+70^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında hassasiyet  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  dir.

Deneyler esnasında oda içerisindeki yerel sıcaklık ve bağıl nem değerlerindeki değişimin ihmal edilebilir mertebelerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca şartlandırma odası laboratuvar ortamında olduğu için direkt güneş ışınımı da almamaktadır.

Daha öncede belirtildiği gibi, deneyler sırasında denekten sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Sıcaklıklar deneyin vücuduna bağlanan termokupl vasıtasıyla ense ve omuz, kol, baştan ölçülmüştür. Termokupullarda Hioki marka dataloggera bağlıdır. Datalogger bir saniyede bir ölçüm almaktadır. Deneyler sırasında deneklerden yazlık erkek giyimi olarak isimlendirilen giysi takımının giyilmesi istenmiştir. Bu giysi takımı pamuklu iç çamaşırı ve çorap ile polyester ve pamuk karışımı pantolon ve tişört den oluşmaktadır. Deneyler konfor şartlarında;  $24^{\circ}\text{C}$  ortam sıcaklığında %50 bağıl nem ve 0.2 m/s iç ortam hava hızında yapılmıştır.

Dr. Genichi Taguchi tarafından geliştirilen taguchi yöntemi, değerlendirebilmek için S/G oranı olarak bilinen bir istatistiksel performans ölçüsü kullanılır. Deneylerden elde edilen sonuçlar sinyal/gürültü oranına (S/G) çevrilerek analiz yapılır. S/G oranındaki S sinyal faktörünü, G ise gürültü faktörünü belirtmektedir. Sinyal faktörü sistemden alınan gerçek değeri, gürültü faktörü ise deney tasarımına katılamayan fakat deney sonucuna etkisi olan faktörleri belirtmektedir. Gürültü kaynakları, elde edilmek istenen performans karakteristiklerinin hedef değerden sapmasına sebep olan tüm değişkenlerdir. O halde S/G oranındaki gürültü faktörlerini ifade eden G değeri ne kadar küçük olursa istenen hedef değere o kadar yaklaşmış olur. Taguchi yönteminde amaç S/G oranının maksimize etmektir. Literatürde pek çok S/G oranı bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada vücuttaki sıcaklık artışı için “en küçük en iyi” (1) kriteri kullanılmıştır.

$$\frac{S}{G} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \quad (1)$$

burada Y performans karakteristik değerini (sıcaklık artışı), n ise Y değerlerinin sayısını ifade etmektedir. Uygulamada amaca uyan faktör ve seviyeler belirlenerek uygun ortogonal dizin olarak  $L_8$  seçilmiş ve deneyler 4'er kez tekrar edilmiştir. Tablo 1 de seçilen faktörler ve seviyeleri ve taguchi deney tasarımı metodu verilmiştir.

**Tablo 1.** Taguchi L8 ortogonal dizimi, seçilen faktörler ve seviyeleri

DENEY SAYISI	LAMBA CİNSİ	KIYAFET	DURUŞ
1	HALOJEN AMPUL(REFLEKTÖRLÜ) 75 W	SİYAH TİŞÖRT	AYAKTA
2	HALOJEN AMPUL(REFLEKTÖRLÜ) 75 W	SİYAH TİŞÖRT	OTURURKEN
3	HALOJEN AMPUL(REFLEKTÖRLÜ) 75 W	BEYAZ TİŞÖRT	AYAKTA
4	HALOJEN AMPUL(REFLEKTÖRLÜ) 75 W	BEYAZ TİŞÖRT	OTURURKEN
5	HALOJEN AMPUL 70 W	SİYAH TİŞÖRT	AYAKTA
6	HALOJEN AMPUL 70 W	SİYAH TİŞÖRT	OTURURKEN
7	HALOJEN AMPUL 70 W	BEYAZ TİŞÖRT	AYAKTA
8	HALOJEN AMPUL 70 W	BEYAZ TİŞÖRT	OTURURKEN

Bu çalışmada 3 faktör seçilmiş, bunlar; lamba cinsi, deneğin kıyafeti ve deneklerin iklimlendirme odasındaki duruşudur. Her bir faktörün 2 seviyesi vardır.

### 3.DENEY BULGULARI

Vücut sıcaklığındaki artışı gözlemleyebilmek için, denekler iklimlendirilmiş odaya girdikleri zaman ilk 15 dakika halojen lambalar kapalı vaziyette durmaktadır. Bu şekilde ilk 15 dakika vücuttan sıcaklık ölçümü alınmaya başlanıp, vücut ısı dengeye geldikten sonra, lambaları açıp 30 dakikada bu şekilde vücuttan sıcaklık ölçümü alınmıştır. Böylece sıcaklık artışları belirlenmiş oldu.

**Tablo 2.** Vücut sıcaklık artış değerleri ve S/G oranları, standart sapma değerleri

DENEY SAYISI	SICAKLIK ARTIŞI (°C)	S/G ORANLARI	STANDART SAPMA
1	0.93500	0.5367	0.112714
2	1.14247	-1.6175	0.441240
3	0.77143	1.9845	0.225401
4	0.77420	2.1469	0.118826
5	0.27000	9.8119	0.205021
6	0.45549	6.3050	0.188605
7	0.08198	21.4029	0.026297
8	0.20967	12.4205	0.133227

Tablo 2 'de her bir deneydeki sıcaklık artış miktarlarının ortalaması S/G oranları ve standart sapmaları verilmiştir. En yüksek sıcaklık artışı taguchi deney tasarımında bulunan 2.sırada bulunan deneylerde gerçekleşmiştir. Reflektörlü halojen lamba kullanımında siyah kıyafet giyen oturan deneklerin vücutlarında en yüksek sıcaklık artışı görülmüştür. Tablo 3 de her faktörün seviyesine göre S/G oranı verilmiştir. Her zaman için S/G yüksek olması istendiğinden yüksek değerler optimum değerlerdir.

**Tablo 3.** Sıcaklık artışları için S/G oranları

S/G ORANLARI			
SEVİYE	LAMBA CİNSİ	KIYAFET	DURUŞ
1	0.7627	3.7590	8.4340 <sup>A</sup>
2	12.4851 <sup>A</sup>	9.4887 <sup>A</sup>	4.8137
DELTA	11.7224	5.7297	3.6203
RANK	1	2	3

a=optimum seviye

S/G oranlarına baktığımızda lamba cinsi olarak 2.seviyede yüksek olduğunu görüyoruz, diğer bir faktör olan kıyafet seçiminde de 2.seviyesinde S/G en yüksek olduğunu görüyoruz, duruş faktöründe 1.seviyede S/G daha yüksek olduğu görülmektedir. Optimum seviyeler olarak yani sıcaklık artışının en düşük olduğu durum lamba cinsinin reflektörsüz halojen ampul, denek kıyafetinin beyaz, deneğin duruşunun ayakta olduğu durumdur. Optimum sonuçlar bizim yaptığımız deneyler arasında olduğu için doğrulama deneyi yapılmasına gerek kalmadı.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkabilir.

- Halojen reflektörlü lambaların vücut sıcaklığını daha çok arttırdığı görülmüştür. Aydınlatma için bu tür halojen lamba kullanan mağazalar veya ofisler reflektörlü halojen ampul yerine reflektörsüz halojen ampul tercih etmelidirler, bu özellikle çalışanların hissettikleri ısı konfor memnuniyeti açısından önemlidir, ısı konfor açısından kendini iyi hisseden bir çalışanın iş verimliliği de yüksek olacaktır.
- Aydınlatılması halojen ampullerle yapılan mağazalarda veya ofislerde çalışan insanların yazın kıyafetlerini açık renkte olması vücut sıcaklıklarındaki artışı düşürecek, dolayısıyla çalışanların ısı konfor açısından daha memnun olmasını sağlayacaktır.
- Deneyler klimalı bir ortamda yapıldığı için ayakta duran insanlara klimanın etkisi daha fazla olmaktadır. Bundan dolayı ayakta duran insanların vücutlarında sıcaklık artışları daha azdır ve kendilerini daha konforlu hissetmektedirler.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 213M661 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] YİĞİT, A., “Combining Thermal Comfort Models”, ASHRAE Transactions, 105(1): 149 – 156, 1999.
- [2] TODDE, V., “Perception and Sensitivity to Horizontal Turbulent Air Flows at the Head Region”, Indoor Air, 10: 297 – 3005, 2000.
- [3] HAVENITH, G., HOLMER, I., PARSONS, K., “ Personal Factors in Thermal Comfort Assessment: Clothing Properties and Metabolic Heat Production”, Energy and Buildings, 34: 581 – 594, 2002.
- [4] OLESEN, B.W., PARSONS, K.C., “ Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730” , Energy and Buildings, 34: 537 – 548, 2002.
- [5] ARENS, E., ZHANG, H., HUIZENGA, C., “ Partial and whole – body thermal sensation and comfort – part I: uniform environmental conditions”, Journal of Thermal Biology, 31: 53 – 59. 2006 (a).
- [6] ARENS, E., ZHANG, H., HUIZENGA, C., “ Partial and whole – body thermal sensation and comfort – part II: non – uniform environmental conditions”, Journal of Thermal Biology, 31: 60 – 66. 2006 (b).
- [7] ATMACA, İ., YİĞİT, A.. “ Predicting the effect of relative humidity on skin temperature and skin wettedness”, Journal of Thermal Biology, 31: 442 – 452. 2006.
- [8] ARSLANOĞLU, N., YİĞİT, A., “ İklimlendirme Sistemlerinin Optimum Çalışma Şartlarının Belirlenmesi”. TTMD IX.Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı,295-304, 3-5 Mayıs 2010.
- [9] TAYLAN D., “Taguchi deney tasarımı uygulaması”, Y.lisans tezi, S.D.Ü, 2009.
- [10] YAKUT, K., ALEMDAROĞLU, N., SAHİN, B., CELİK, C., “ Optimum design-parameters of a heat exchanger having hexagonal fins”, Applied Energy, 83:82-98,(2006).
- [11] TURGUT, E., DİKİCİ, A., “ EĞ Eksenli Bir Isı Değiştiricisinin Tasarım Parametrelerinin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu”, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey





## ÖZGEÇMİŞ

### **Nurullah ARSLANOĞLU**

1983 yılı Belçika doğumludur. 2002 yılında, Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde başladığı yükseköğrenimini, 2006 yılında bitirdi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalından 2009 yılında yüksek lisans derecesi aldı.2008 yılı Ocak ayında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlayan Nurullah Arslanoğlu halen görevine ve doktora çalışmalarına devam etmektedir.

### **Abdulvahap YİĞİT**

1961 yılı Pertek doğumludur. 1982 yılında İ.T.Ü. Genel Makine bölümünden lisans, 1984 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünden yüksek lisans diplomasını aldı. Aynı enstitüde 1990 yılında doktorasını tamamladı. 1993 yılında Doçent, 2000 yılında Profesör oldu. Halen Uludağ Üniversitesinde öğretim üyesi ve Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanıdır. Evli ve üç çocuk babasıdır.

