

# KIZILÖTESİ KULAKTAN SICAKLIK ÖLÇEN TERMOMETRELERİN KALİBRASYONU

**Kemal ÖZCAN**  
**Aliye KARTAL DOĞAN**

## ÖZET

Kızılötesi kulaktan sıcaklık ölçen termometreler sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Civalı termometrelere göre daha kısa sürede alınan ölçüm, ölçümün sayısal bir veri ile ifade edilmesi ve hastayı rahatsız etmeden sıcaklığının ölçülmesi en büyük tercih sebepleri arasında yer almaktadır.

Günümüzde kullanımı yaygın olan bu termometrelerin sıcaklık ölçümündeki güvenilirliği sadece üretici firmaların verdiği bilgilere dayanmaktadır. Kızılötesi kulak termometrelerinin kalibrasyonlarının yapılabilmesi için uygun düzeneklerin kurulması gerekmektedir.

Bu çalışmada, kızılötesi kulaktan sıcaklık ölçen termometreler için en uygun kalibrasyonun yapılmasını sağlayan düzeneğin yapımı, çalışma prensipleri ve kulaktan sıcaklık ölçen termometrelerle alınmış ölçüm sonuçları sunulmuştur.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde vücut sıcaklığı ölçümlerinde sıvı cam termometreler ve kızıl ötesi kulak termometreleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Vücut sıcaklığı ölçmede kullanılan sıvı cam termometrelerin kırılğan olması, sıcaklığın zor okunması, içinde civa barındırıyor olması, ölçüm süresinin uzunluğu, sıcaklığı ölçülen kişiyi rahatsız etmesi ve ölçüm yapmadaki diğer güçlükler nedeniyle kullanıcılar tarafından tercih edilmeyen özelliklere sahiptir. Sağlıkla ilgili sıcaklık ölçümlerinde oldukça sık kullanılmasına rağmen bu tip sorunlardan dolayı yeni tip sağlık termometrelerinin arayışına gidilmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan kızılötesi kulak termometreleri de bu arayışın bir sonucudur.



**Şekil 1.** Sıvı Cam Termometreler

Kızılötesi sıcaklık ölçen termometrelerden esinlenerek yapılmış kızılötesi kulak termometrelerini daha iyi anlayabilmek için kızılötesi sıcaklık termometreler hakkında bilgi sahibi olmak gerekir.

## 2. KIZILÖTESİ TERMOMETRELER[1]

Kızılötesi ışımada, dalga uzunluğu 700 nm ile 1 mm arasında değişen elektromanyetik ışımadır. Bu nedenle gözle görülebilir kırmızı sınırla en kısa mikrodalgalar arasında yer alır. Sıcaklığı mutlak sıfırın üzerinde olan tüm cisimler kızılötesi ışımaya yaparlar.

Enerjinin elektromanyetik radyasyon şeklinde yayımlanmasından sıcaklık ölçümlerinde yararlanır. Tipik bir kızılötesi ölçüm sistemi, bir sıcaklık kaynağı, ışımaya enerjisini ileten bir ortam, elektromanyetik radyasyonu toplayan bir sistem, ışımaya sıcaklıkla ilişkili sinyale dönüştürecek bir cihaz ve ölçümün görüntülenmesi, denetlenmesi ve kaydedilmesi için bir arabirim devresinden oluşur.

Kızılötesi termometreler yaygın olarak kullanılan ve uzaktan sıcaklık ölçmede kullanılan ışınım termometreleridir. Kızılötesi termometreler içerisinde bulunan kızılötesi dedektörler yardımı ile cisimlerden yayılan kızıl ötesi elektromanyetik ışımadan yararlanarak ölçüm yapar.

Kızılötesi termometreleri çalışma prensiplerine göre birkaç kategoriye ayrılabiliriz:

1. Spektral bant termometreleri
2. Toplam radyasyon termometreleri
3. Oran termometreleri
4. Çok dalga bantlı termometreler
5. Termal görüntüleyiciler

### 2.1. Spektral Bant Termometreleri

En yaygın olarak kullanılan kızılötesi sıcaklık ölçme yöntemi, spektral bant termometreleri ile yapılır. Bu cihazlar dar bir banttaki radyasyon enerjisini ölçerler. Cihazların çoğu silikon ve germanyumdan yapılmış dedektörler içerir. Bunlar kısa dalga boylu termometre sınıfına girerler ve dalga bantları yaklaşık olarak 0,5 – 2,0  $\mu\text{m}$  kadardır. Spektrumun bu bölgesindeki kısa dalgaların avantajı radyasyon enerjisinin sıcaklıkla artış oranının yüksek olmasıdır ki, bu da yüksek hassasiyetle ölçüm alınmasını sağlar.

### 2.2. Toplam Radyasyon Termometreleri

Geniş bir dalga bandındaki radyasyon enerjisini ölçerler. Geniş bir dalga bandındaki sıcaklık ne olursa olsun enerji miktarı çok yüksek olduğundan, bu tip termometreler çok genel uygulamalarda ya da çok düşük sıcaklıklı yayılan enerjinin az olduğu uygulamalarda kullanılır.

### 2.3. Oran Termometreleri

İki dalga boyundaki ışımaya ölçer ve bunları birbirine oranlar. Dalga boyu aralığında emme ve yayıcılık özelliklerinin değişmediği varsayılırsa, bulunan oranın yalnızca sıcaklığa bağlı olduğu görülür. Çift dalga boylu veya iki renkli termometreler olarak da adlandırılır.

## 2.4. Çok Dalga Bantlı Termometreler

Farklı dalga boylarında sabit olmayan yüzeylerin sıcaklık ölçümlerinde kullanılır. Özel amaçlı kızılötesi termometreler ve metotlara örnek olarak; yardımcı yansıtıcı metotlar, sıcak kaynak metotları, yansıtma metotları ve fiber optik termometreler verilebilir. Bu tekniklerin çoğu yayıcılıktan bağımsız olarak sıcaklık ölçümlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilmiştir.

## 2.5. Termal Görüntüleyiciler

Hedef bir alanın sıcaklık dağılımını ölçmede kullanılırlar. Cismin görüntüsü ya bir dizi dedektör kullanılarak ya da görüntünün bir kısmı televizyonlardaki gibi bir optik sistem aracılığı ile bir dedektöre gönderilerek oluşturulabilir. Bazı termal görüntüleyiciler, sıcaklık dağılımının bir resmini yansıtan likit kristal ekrana sahiptir. Veriler kaydedilip çözümlenmeleri için bir bilgisayara aktarılabilir.

## 3. KIZILÖTESİ KULAK TERMOMETRELERİ

Kulak zarının yaydığı kızılötesi ışınların oluşturduğu sıcaklığı ölçerek vücut sıcaklığı hakkında sayısal bilgi veren termometrelere kızıl ötesi kulak termometreleri denir [2]. Kızıl ötesi kulak termometrenin yapısı ve kulaktan ölçümü sırasıyla şekil 2. ve şekil 3.'de verilmiştir.



Şekil 2. Tipik Bir Kızılötesi Kulak Termometre Yapısı

Şekil 3. Termometrenin Kulaktan Ölçümü

Kulak termometreleri kolay kullanımı ve okunabilir bir değer sunması nedeniyle çoğu hastanelerde ve birçok evde kullanılmaktadır.

## 4. ÖLÇÜM DÜZENEGİ

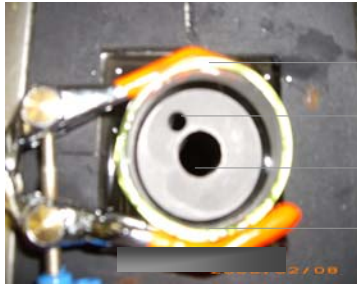
Termometre kalibrasyonlarının uluslar arası sıcaklık ölçeğine (ITS-90) uygun olarak yapılabilmesi için bir referans termometre, sıcaklık kaynakları ve okuma cihazlarına ihtiyaç duyulmaktadır[3].

UME yapımı siyah cisim, üzerine düşen ışığı soğurarak istenilen dalga boyunda ışınım yayan, ışınım şiddetinin ve spektrumunun sıcaklığa bağlı olduğu içi boş kavitedir. Kaviterler farklı şekillerde imal edilmekte olup, sıcaklık kaynağı içerisine yatay veya dikey olarak monte edilir. UME yapımı siyah cismin teknik özellikleri tablo 1.' de verilmiştir.

**Tablo 1.** Siyah cismin teknik özellikleri

Dış çap	4,0 cm
Referans termometre girişi delik çapı	0,5 cm
Kulak termometre kalibrasyon delik çapı	1,5 cm
Yükseklik	25,0 cm
Malzeme	Yüksek saflıkta grafit
Malzeme yoğunluğu	1,83 gr/cm <sup>-3</sup>
Malzeme tipi	R-550

UME yapımı siyah cisim kavitesi silindir şeklinde ve sıcaklık kaynağı içerisine isteğe bağlı olarak dikey veya yatay olarak yerleştirilir. Üsten bakıldığı zaman şekil 4. 'de olduğu gibi görünmektedir. Küçük çaplı deliğe referans termometre yerleştirilir ve sistem dengeye geldiği zaman büyük çaplı delikten kızılötesi kulak termometreleri ile ölçüm alınır.



Cam koruma kılıfı

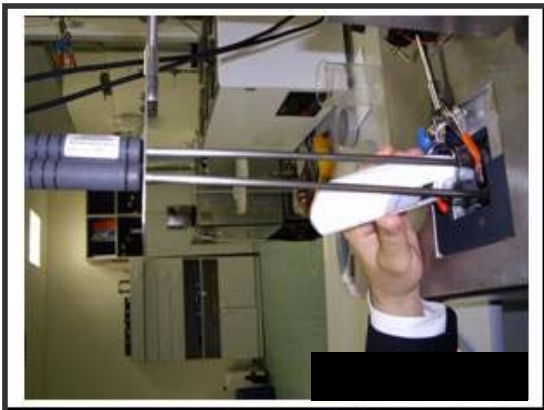
Platin direnç termometre ölçüm boşluğu

Kulak termometre ölçüm boşluğu

Grafit kavite

**Şekil 4.** Kulak Termometre Kalibrasyonuna Uygun Olarak İmal Edilen Siyah Cisim Kavitesi.

Şekil 5.'te kulak termometrelerinin kalibrasyon düzeneği görülmektedir. Siyah cisim sıvı banyosu içerisine tamamen gömülecek şekilde yerleştirilmiştir. Siyah cisimdeki küçük deliğe kalibrasyonun yapılabilmesi için ve sıvı içerisine de sıcaklığın kontrol edilebilmesi için referans termometreleri yerleştirilmiştir. Sistem dengeye geldiğinde ise örnek kızılötesi kulak termometreleri ile ölçüm alınmıştır.



Direnç Köprüsü

Standart platin direnç termometreleri

Siyah cisim

Kararlı sıcaklık kaynağı

**Şekil 5.** Kulak Termometrelerinin Kalibrasyon Düzeneği

## 5. ÖLÇÜM SONUÇLARI

### 5.1. Siyah Cismin Sıcaklık Dağılımı

UME' de imal edilen siyah cismin sıcaklık dağılımının yapılabilmesi için iki adet referans termometre kullanılmıştır. Kararlı sıcaklık kaynağı ayarlanan sıcaklıklarda dengeye geldiğinde siyah cismin dip kısmından başlanarak üst kısmına kadar olan bölgeyi tarayacak şekilde ölçümler alınmıştır. Farklı sıcaklıklardaki ölçüm sonuçlarının yükseklikle değişimi tablo 2.' de verilmiştir. Buradaki ölçümler yatay bir düzlemin iki noktasındaki ölçümleri ifade etmektedir. Aşağıdan yukarıya 20 cm boyunca yapılan ölçümlerde ise her bir yatay düzlemin toplam ölçümü ile sistemin tam bir dağılımı çıkarılmıştır.

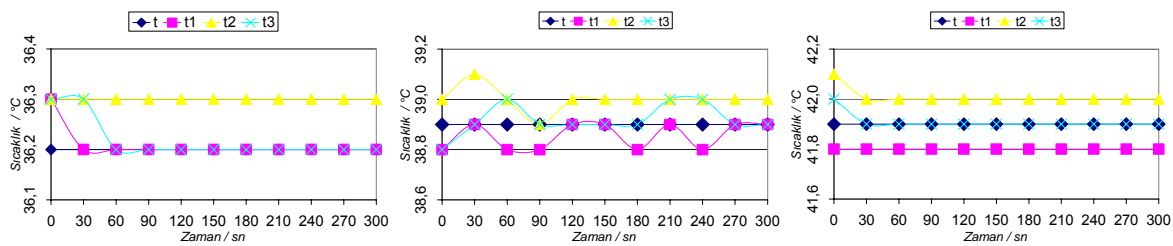
Alınan ölçümlerde yatay noktadaki değerlendirmede kalibrasyon açısından önemsenmeyecek bir sıcaklık farkının olduğu görülmektedir. Ancak siyah cismin üst kısımlarına yaklaşıldıkça (dikey dağılım) sıcaklık değerinin dış ortamdan etkilendiği görülmektedir. UME yapımı siyah cismin dikey yöndeki karakterizasyonuna göre en büyük değişim 0,024 °Cdir. Bu etki de genişletilmiş belirsizlik değerine eklenmiştir.

**Tablo 2.** 36 °C, 38 °C, 42 °C Sıcaklıklarında ve Siyah Cisim Boyunca Yapılan Sıcaklık Dağılımına Ait Sonuçlar

yükseklik cm	1.nokta °C	2.nokta °C	fark °C	1.nokta °C	2.nokta °C	fark °C	1.nokta °C	2.nokta °C	fark °C
5	36,172	36,181	0,010	38,134	38,137	0,002	41,898	41,908	0,011
10	36,171	36,180	0,009	38,129	38,133	0,004	41,898	41,908	0,010
20	36,148	36,159	0,011	38,106	38,116	0,010	41,886	41,898	0,011

### 5.2. Kızılötesi Kulak Termometrelerinin Sıcaklıklarının Zamanla Değişiminin Ölçümleri

Kızılötesi termometreler sıcaklık kaynağı içerisinden çıkarılmadan beş dakika boyunca otuz saniye aralıklarla alınan ölçüm sonuçları grafik 1. 'de gösterilmiştir. Burada, t referans termometre, t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> ise kızılötesi kulak termometrelerin sıcaklık değerlerini göstermektedir.



**Grafik 1.** 36 °C, 38 °C ve 42 °C Sıcaklıklarında Kızılötesi Kulak Termometrelerin Zamanla Değişim Grafikleri

### 5.3. Kızılötesi Kulak Termometre Kalibrasyonu

ITS-90 sıcaklık ölçeğine göre, referans termometrenin gösterdiği sıcaklık değerlerine karşılık kızılötesi kulak termometrenin gösterdiği sıcaklık değerleri karşılaştırma metodu ile kalibre edilmiş olup ölçüm sonuçları ve belirsizliği tablo 3.' te verilmiştir. Kalibrasyon ve deneyler, ortam sıcaklığı (23,0 ± 4,0) °C ve bağıl nem değeri % (45,0 ± 15,0) RH olan laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 3.** Kulak Termometre Kalibrasyon Sonuçları

Referans Sıcaklık Değeri / ° C	Kulak Termometresi Sıcaklık Değeri / ° C	Düzeltilme / ° C	Belirsizlik / ° C
36,7	36,6	0,1	0,1
38,9	38,8	0,1	0,1
41,9	41,8	0,1	0,1

## 6.SONUÇ

UME Sıcaklık Grubu Laboratuvarı tarafından tasarlanmış ve imal edilmiş siyah cisim kavitesi kızıl ötesi kulak termometrelerin kalibrasyonlarına uygun olduğu ölçümler sonucundan görülmektedir. Kavite ve diğer kalibrasyon araçlarından oluşan sistemin genişletilmiş belirsizlik değeri 0,05 °C'dir. Farklı şekil ve boyutlarda siyah cisim imalat çalışmalarımız devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] CHILDS, P. 'Practical Temperature Measurement' , Yalçın, C. (Çeviri) Sıcaklık Ölçme Yöntemleri Bilişim yayıncılık 2005.
- [2] TS EN 12470–5 Nisan 2006 Klinik termometreler
- [3] PRESTON-THOMAS, H, Taylor, R 'The International Temperature Scale of 1990 (ITS–90)', *Metrologia*, vol.27,pp. 3–10, 1990.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Kemal ÖZCAN

1969 da Ankara'da doğdu. 1991 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliğini bitirerek Fizik Mühendisi oldu. 1991–1996 yılları arasında Yıldız Teknik ve Kocaeli Üniversitesinde Öğretim elemanı olarak çalıştı.1996 Yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünü bitirerek Yüksek Fizikçi ünvanını aldı. 2002 yılından beri TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Sıcaklık Grubu Laboratuvarında, termometre kalibrasyonları, sensör yapımı, sıcaklık kaynağı yapımı gibi konularda çalışmalarını sürdürmektedir.

### Aliye KARTAL DOĞAN

1969 yılı Yozgat doğumludur. 1994 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümünü bitirmiştir. 1996 yılından bu yana TÜBİTAK UME Sıcaklık Grubu laboratuvarında, Sıcaklık ölçümleri alanında ulusal ve uluslar arası çalışmalara katılmıştır. CCT ve IMEKO'da ülkemizi sıcaklık konularında temsil etmektedir.