

## 'CUCKOW' YÖNTEMİ İLE REFERANS HİDROMETRE KALİBRASYONU

*Ümit Y. Akçadağ, Orhan Sakarya, S. Eren San*

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü P.K.21 41470 Gebze/TÜRKİYE  
Tel: 262 646 63 55 / 363 E-mail:akcadag@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

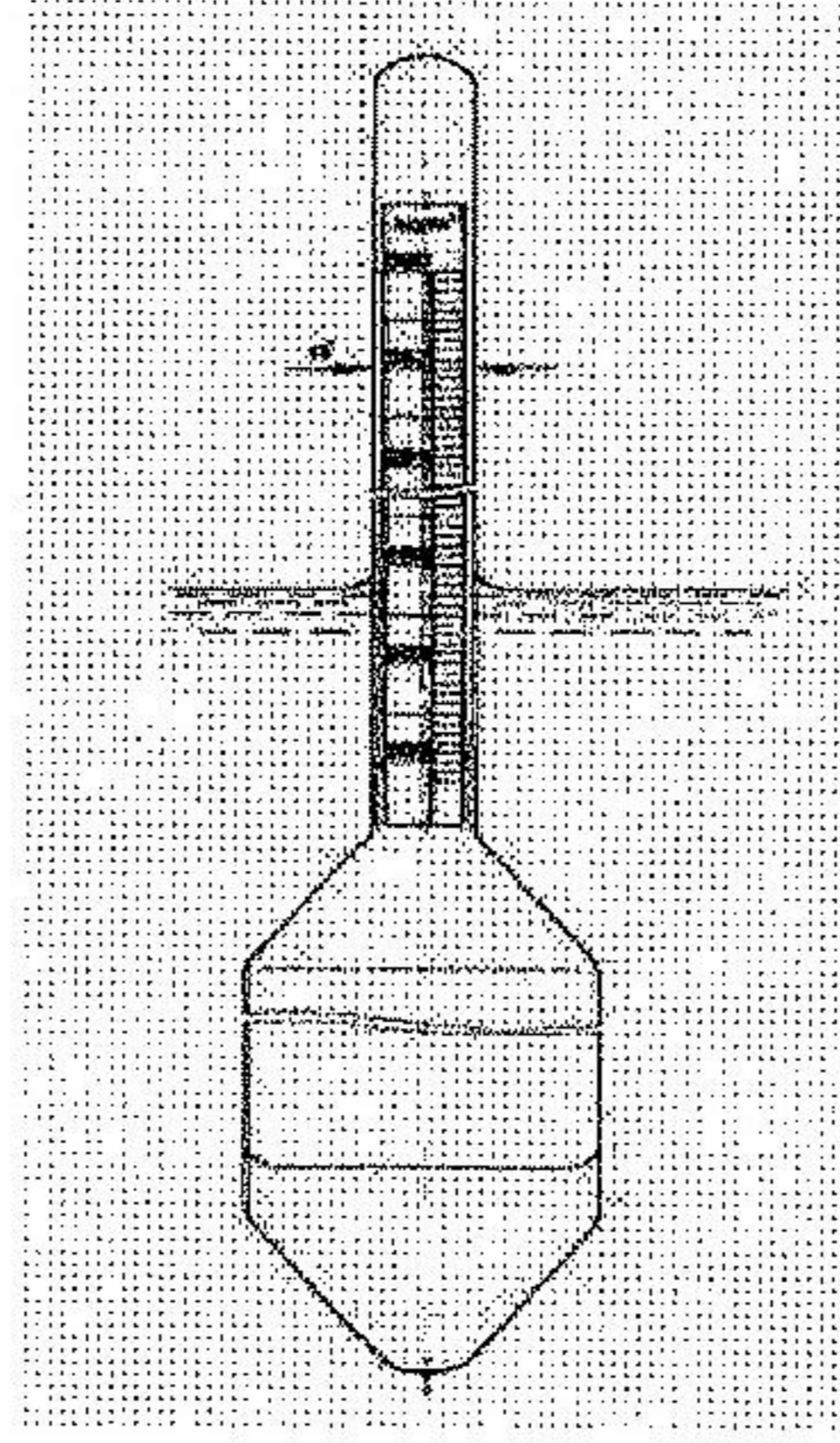
Hidrometre, sıvı içinde yüzdürülme prensibine dayalı olarak sıvıların yoğunluğunu battığı derinliğe göre üzerindeki skala çizgileri ile belirleyen bir araçtır. Laboratuvar çalışmalarında sıklıkla kullanılan hidrometrelerin kalibreli olması gerekir. Geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen kalibrasyonlarda her yoğunluk göstergesinin kalibrasyonu için o yoğunluk değerlerine karşılık gelen sıvı bileşikleri kullanılması gerekmektedir. Bu geleneksel yöntemle gerçekleştirilen hidrometre kalibrasyonlarında ortalama 200 adet sıvı bileşiğine ihtiyaç duyulmaktadır. Cuckow yöntemi ile yapılan hidrometre kalibrasyonları, hidrostatik tartım yöntemi ile tek bir sıvı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem ile söz konusu sıvıların hazırlanmasının getireceği zamansal ve ekonomik maliyet azaltılmış olur. Cuckow yönteminde referans hidrometreler önce hava ortamında sonra da belirlenen yoğunluğa denk gelen skala çizgisine kadar sıvıya batırılmışken hidrostatik tartım sisteminde tartılmaktadır. Değişik seviyelere batırılarak gerçekleştirilen ölçümler ile hidrometrenin tüm skalasının kalibrasyonu tek bir sıvı kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

**Anahtar sözcükler:** Hidrometre, Cuckow yöntemi, Hidrostatik tartım, Kalibrasyon

### 1.GİRİŞ

Hidrometreler temel olarak belli aralıklar içinde sıvı yoğunluklarını belirlemek için kullanılırlar. Hidrometre skalasına uygun bir sıvı içine daldırıldığında yüzer ve direkt olarak göstergesi üzerinde okunan değer sıvının yoğunluğunu verir [1]. Yani temel prensip olarak hidrometrenin yüzdürülmesi prensibi ile sıvının yoğunluğu kolayca belirlenir. Hidrometre, sıkıştırdığı sıvının yoğunluğu kendi yoğunluğuna eşit olduğu zaman yüzer ve Şekil 1'de de görüldüğü gibi üst kısımdaki uzun ince kısım hidrometrenin belli aralıkta çeşitli sıvılar içinde yüzebilmesini sağlar. Uzun ince kısım uygun şekilde kalibre edildiği zaman uygun sıvıları kalibre eden hidrometreler elde edilir [2].





Şekil 1. Sıvı ile dengede olan hidrometenin görünümü

Hidrometrelerin; alkolmetre, sulu çözelti hidrometreleri, şıra hidrometreleri, petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazı hidrometreleri gibi çeşitleri vardır ve bunların skala birimleri  $\text{kg/m}^3$ ,  $\text{g/cm}^3$ , % m veya % V olabilir. Hidrometrelerin kalibrasyonu  $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de yapılmakta olup referans sıcaklık olarak  $15\text{ }^\circ\text{C}$  ile  $25\text{ }^\circ\text{C}$  arası kullanılabilir. Skala ölçümleri 'sıvı seviyesinde' veya 'menisküsün üst kenarında' olmalıdır.

Bu yöntemle standart hidrometreler önce havadayken sonra da belirlenen skala çizgisine kadar sıvıya batırılarak tartılır. Değişik seviyelere batırılarak yapılan ölçümler sayesinde hidrometrenin ölçek kalibrasyonu gerçekleştirilir. Ölçüm sırasında kullanılan sıvının yoğunluğunun ve sıcaklığının değişmemesi gerekmektedir.

Geleneksel yöntemde serbest olarak yüzen hidrometre değişik sıvı yoğunlukları ile karşılaştırılmakta ve kalibrasyon tam olarak skala çizgilerinde yapılmaktadır. Cuckow yönteminde ise tek bir sıvı içinde tartım yöntemi kullanılmaktadır ve çalışma hızı geleneksel yöntemden oldukça daha hızlıdır.

Referans standart hidrometrelerin geleneksel kalibrasyon yönteminde, hidrometrenin yüzdüğü seviyede ölçülen değerler sıvı yoğunluklarıyla karşılaştırılmaktadır. Söz konusu sıvıların yoğunlukları, Sinker kullanılarak yerine koyma yöntemi ile elde edilir. Bu ölçümler uygun terazilerin seçimi, sıcaklık kontrollü banyoların kullanımı gibi tedbirlerin alınması ile hidrostatik tartım yöntemi ile çok düşük hata oranları ile yapılabilmektedir. Bu yöntemde sıvı yoğunluğu hidrometrenin skala çizgisi kalibrasyonu yapılacak referans seviyeye denk gelecek şekilde ayarlanmalıdır. Geleneksel yöntemin avantajı ölçüm işleminin basit olması dezavantaj ise her sıvı seviyesi için farklı yoğunlukta sıvı bileşikleri hazırlanması için kaybedilen zamandır. Ayrıca bu yöntemde, değişik sıvı bileşiklerin hazırlanmasında oldukça fazla miktarlarda sıvı kullanılmaktadır.

Cuckow yönteminde ise herhangi bir aralıktaki hidrometre kalibrasyonu, yoğunluğu ölçüm sırasında değişmeyen tek bir sıvı kullanımıyla gerçekleştirilebilmektedir, böylelikle zamandan ve maddeden kazanılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan sıvının yoğunluğunu tespit etmek için kalibre edilmiş Sinker kullanımı mümkündür. Bu deneylerdeki hesaplamalarla kaybedilen vakit yöntemin sağladığı avantajlarla telafi edilmektedir.



## 2. CUCKOW YÖNTEMİNİN ANA HATLARI VE ÖLÇÜMLER

Hidrometre kalibrasyonunda hidrometrenin belli bir seviyede yüzmesine sebep olan sıvı yoğunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Yoğunluğunu belirlenecek sıvı hidrometrenin battığı yerdeki ağırlığı kadar kaldırma kuvveti uygulamaktadır. Bir hidrometreye etki eden kaldırma kuvveti sıvının yoğunluğuyla orantılıdır. Dolayısıyla yoğunluğu bilinen iki farklı ortam arasındaki cisim bulunduğu noktada tartılırsa, batan kısmın üstüne etki eden kaldırma kuvveti cismin ağırlığına eşit olacağından herhangi bir seviyeye kadar batmasına sebep olacak ortam yoğunluğu bulunabilir. Bu yöntemde, hidrometreler önce hava ortamında daha sonra da yoğunluğu bilinen sıvı içinde değişik seviyelere daldırılarak tartılmakta ve lineer ekstrapolasyonla değişik yoğunluklardaki serbest yüzme seviyeleri başka bir deyişle değişik yoğunluklara denk gelen seviyeler tespit edilmektedir.

Bu yöntemde kaldırma sıvısı olarak, sabit yüzey gerilimine ve sabit yoğunluğa sahip (nispi yoğunluğu ayda sadece 2 ppm seviyesinde değişen) tridekan ( $C_{13}H_{28}$ ) gibi sıvılar kullanılabilir. Bu sıvı, sıcaklığı  $20 \pm 0.1$  °C olarak kontrol edilen bir banyo içine konulan silindirik bir cam kap içinde yer alır. Sistemde yer alan hidrostatik tartım mekanizması sürtünmeyi minimize edecek şekilde banyoya bağlıdır. Sinker'lerin hacim ve kütleleri hava ve saf su ortamında tartılarak belirlenir. Daha sonra hacim ve kütleleri bilinen Sinker'lerin kullanımıyla hidrometre kalibrasyonunun gerçekleştirileceği sıvının yoğunluğu tespit edilir.

Kalibrasyonu gerçekleştirilecek olan hidrometre gövdesinin en üst kısmı paslanmaz çelikten imal edilmiş bir tel ile mengeneyle sıkıca tutturulmuştur. Mengenenin hidrometreyi tutan yüzeyleri kadifeden veya silikondan imal edilmiş küçük koruyucu parçalar içerdiğinden hidrometre gövdesine fazla basınç yapması önlenir. Daha sonra hidrometre mengeneyle tutturularak teraziye bağlanır. Sıvı içindeki tartım değeri, hidrometre kısmen sıvıya daldırılmışken ölçülür. Ölçüm alınırken sıvı belirli bir sıcaklık kararlılığına ulaştıktan sonra sıvıyı karıştıran pompa durdurularak sıvıdaki dalgalanma önlenmelidir. Hidrometrenin kalibre edilmek istenen skala çizgisi sıvı yüzeyinden hemen aşağıya gelecek şekilde konumlandırılır. Sıvı yüzeyinde yapılan hassas ayarlamayla skala çizgisi ile sıvı yüzeyinin çakışması sağlanır. Bu hassas ayarlama işlemi, sıvının içinde bulunan bir cam telin yavaşça dışarı çıkarılmasıyla sıvı seviyesinin düşmesinin sağlanması suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem sıvı yüzeyi ile skala çizgisinin çakıştırılmasını yüksek hassasiyetle gerçekleştirmektedir. Kısmen daldırılmış hidrometrenin görünür ağırlığı, terazinin hidrometre yokken gösterdiği değerle arasındaki farktan gidilerek elde edilmektedir.

Bu yöntem sayesinde istenilen seviye çizgisi direkt olarak kalibre edilebilmekte, sıvılardan tasarruf edilmekte ve yüzey gerilimi faktörünün her sefer yeniden belirlenmesi külfetinden kurtulmaktadır [3].

### 2.1. Ölçümler

#### 2.1.1. Havada Tartım

##### Düzenek:

Tartım 1 kg kapasiteli ve okuyabilirliği 0.1 mg olan terazi ve kalibreli ağırlıklar ile yerine koyma yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Hava yoğunluğu, sıcaklık, hava basıncı ve nem verileriyle hesaplanmaktadır.

##### Prosedür:

İlk olarak hidrometre benzin ile temizlenir. Daha sonra 4 tartım gerçekleştirilir:

İlk sıfır tartımı (hidrometrenin askı cihazının tartımı)



Hidrometrenin askı cihazı ile birlikte tartımı  
Yerine koyma ağırlıklarının askı cihazı ile birlikte tartımı  
İkinci kez sıfır tartımı  
Ayrıca sıcaklık, hava basıncı ve nem ölçümleri de gerçekleştirilir.

### 2.1.2. Hidrostatik 'Cuckow' Tartım

#### Düzenek:

Önce hidrometrenin kalibre edilecek skala çizgileri ve bu skala çizgilerine karşı gelen yüzey gerilmeleri belirlenir. Ayrıca belirlenen skala çizgilerinin çapları da ölçülür. Daha sonra kaldırma sıvısı olarak kullanılan tridekanın içine konulur. Kaldırma sıvısının sıcaklığı civalı cam termometre kullanılarak ölçülmektedir. Tartımlar 0.1 mg okuyabilirliğe sahip 160 g kapasitesindeki terazi kullanılarak yerine koyma yöntemi ile kalibreli kütleler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tartım kabinlerindeki sıcaklık civalı termometreyle ölçülebilmektedir. Yüksekliği ayarlanabilir yer değiştirme cismi, sıvı seviyesinin istenilen skala çizgisi ile çakışması amacıyla kullanılmaktadır.

### 2.1.3. Kaldırma Sıvısı

#### Yoğunluk:

Kaldırma sıvısının yoğunluğu hacmi ve kütlesi bilinen Sinker kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Sinker'in hacmi ise hidrostatik olarak suda tartımla belirlenmiştir. Kaldırma sıvısının içindeki Sinker'in görünür ağırlığı ise yerine koyma yöntemi ile ölçülmektedir.

Kaldırma sıvısı olarak kullanılan tridekanın herhangi bir t sıcaklığında bulunan yoğunluk değeri aşağıdaki denklem ile 20 °C'de ifade edilir.

$$\rho_F(t) = \rho_{20^{\circ}\text{C}} - 0,715 \cdot (t - 20^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

### 2.1.4 Yüzey Gerilimi

Kaldırma sıvısının yüzey gerilimi, platin halkalar kullanılarak, halka yöntemine göre belirlenebilmektedir. Sıvı çok kararlı durumda ise yüzey gerilimi ölçümüne nadiren ihtiyaç duyulur. Tridekanın yüzey gerilimi  $\gamma_F(t) = 25.9 \text{ mN/m}$ 'dir

### 2.1.5 Prosedür

İlk olarak askı cihazıyla birlikte sıfır tartımı yapılır. Daha sonra sıcaklık, hava basıncı ve nem değerleri alınır. Hidrometreyi askı cihazına sıkıştırdıktan sonra, istenilen skala çizgisi sıvı seviyesiyle yaklaşık olarak çakışana dek, hidrometre sıvıya daldırılır. Yer değiştirme cisminin batırılması ile sıvı seviyesi yükseltilerek skala çizgisi ile sıvı seviyesinin tam olarak çakışması sağlanır. Daha sonra tartım değeri ve sıvının sıcaklığı ölçülür. Bu şekilde 5 veya 6 skala çizgisi incelenir. Son olarak ikinci kez sıfır tartımı yapılır. Tüm ölçüm işlemleri, sıcaklık kararlılığı için 15 dakikalık bekleme süresi de dahil, ortalama 30 dakika olmalıdır. Aşağıdaki denklem ile 20 °C'de hidrometrenin ilgilenilen skala çizgisinin yoğunluğu elde edilir.

$$\rho(t_B) = [\rho_F(t) - \rho_{LL}] \frac{W_L + (\pi/g) \cdot d \cdot \gamma(t_B)}{W_L - W_F + (\pi/g) \cdot d \cdot \gamma_F(t)} [1 + \alpha_v \cdot (t - t_B) + \rho_{LL}] \quad (2)$$



Bu eşitlikte,

$\rho(t_B)$	İlgilenilen skala çizgisinin yoğunluk değeri
$W_L$	Hidrometrenin havadaki tartım değeri
$W_F$	Hidrometrenin sıvıdaki tartım değeri
$t_B$	Referans sıcaklık
$t$	Ölçüm anındaki sıcaklık
$d$	Hidrometre skala çizgisinin çapı
$\rho_F(t)$	Ölçüm anındaki sıvı yoğunluğu
$\rho_{LL}$	Havada tartım esnasında hava yoğunluğu
$\gamma(t_B)$	Referans sıvının yüzey gerilimi
$\gamma_F(t)$	Kullanılan sıvının (Tridekan) yüzey gerilimi
$\alpha_V$	Hacim genişleme katsayısı
$g$	Yerçekimi ivmesi
$\rho(t_N)$	Referans hidrometreden seçilen skala çizgilerinin nominal değerini ifade eder.

### 3. DENEYSEL VERİLER

Bu çalışmada, ölçüm aralığı  $1040 - 1070 \text{ kg/m}^3$  (okuyabilirliği  $0.2 \text{ kg/m}^3$ ) olan ve bu ölçüm aralığında Sulfospirit sıvısının yoğunluğunu belirlemede kullanılacak referans hidrometrenin kalibrasyonu yapılmıştır. Hidrometrenin hacim genişleme katsayısı  $\alpha_V = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  olarak alınmıştır ve bu deneyde tridekan yoğunluğu, hidrostatik tartım yöntemi ile Sinker kullanarak ( $\rho_{20^\circ\text{C}} = 756,866 \text{ kg/m}^3$ ) belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda referans hidrometreden seçilen skala çizgileri için elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

TABLO 1. Deney verileri ve sonuçları

$\rho(t_N)$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho_F(t)$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	D [mm]	$\rho(t_B)$ [mN/m]	$W_L$ [g]	$\rho_{LL}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$t_B$ [°C]	$\rho_F(t)$ [mN/m]	t [°C]	$W_F$ [g]	$\rho(t_B)$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Hata [Kg/m <sup>3</sup> ]
1070	756,9018	0.438	32.000	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	30.9726	1069.987	-0.013
1066	756.9018	0.437	31.800	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	30.6931	1066.005	0.05
1064	756.9018	0.437	31.700	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	30.5543	1064.038	-0.038
1060	756.9018	0.437	31.500	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	30.2666	1059.984	-0.016
1058	756.9018	0.437	31.420	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	30.1266	1058.023	0.023
1056	756.9018	0.438	31.340	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	29.9818	1056.002	0.002
1052	756.9018	0.437	31.180	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	29.6967	1052.046	0.046
1048	756.9018	0.437	31.008	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	29.4074	1048.062	0.062
1044	756.9018	0.436	30.804	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	29.1172	1044.095	0.095
1040	756.9018	0.437	30.600	105.7168	1.191	20	25.9	19.95	28.8205	1040.070	0.070



#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada deney için seçilen referans hidrometrenin skala çizgileri, tek bir sıvı içine değişik seviyelerde batırılarak, başarıyla kalibre edilmiştir. Söz konusu kalibrasyonda skala çizgilerinde tespit edilen hatalar Tablo 1'de gösterilmektedir. Cuckow yöntemi ile referans hidrometrenin istenilen skala çizgisi doğrudan kalibre edilebilmekte ve sıvılardan tasarruf edilip sıvıların yüzey gerilimi faktörlerini tekrar tekrar yeniden belirleme külfetinden kurtulunmaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] F. Spiweck & H. Bettin, 'Solid and Liquid Density Determination' Technisches Messen 59, 1992
- [2] Manfred Zander, 'Volumen-und Massemessungen von Flüssigkeiten' PTB Seminars, Dezember 1987
- [3] F.W.Cuckow, ' A New Method of High Accuracy for The Calibration of Reference Standard Hydrometers' Journal of Society of Chemical Industry, 1949, 68, pp.44 - 49