

## REFERANS UBBELOHDE VİSKOMETRE KULLANARAK STANDART NEWTONIAN SIVILARININ KİNEMATİK VİSKOZİTELERİNİN BELİRLENMESİ

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

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü P.K.21 41470 Gebze/TÜRKİYE  
Tel: 262 646 63 55 / 554 E-mail:orhan@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

Viskozite, sıvıların kendisini akmaya zorlayan kuvvete karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Kayma gerilmesi ile kayma hızı (hız gradyenti) arasında doğrusal ilişki olan sıvıların tümü Newtonian sıvısı olarak adlandırılır. Bu orantıdan yola çıkılarak akış zamanının ölçülmesi esasına dayanan ubbelohde viskometreleri geliştirilmiştir. Newtonian sıvıların kinematik viskozitelerini belirlemek için sınıfı ve ölçüm aralığı aynı olan iki adet referans ubbelohde viskometre kullanılır. Bu viskometrelerin içine numune sıvı konulur  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,02^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış sıcaklık kontrollü banyo içine dik olacak şekilde yerleştirilir ve her iki sıvı için de akış zamanı tespit edilir. Ölçüm işlemi sonrasında bulunan akış zamanları kullanılan viskometre sabitleri ile çarpılır ve numune sıvının viskozitesi bulunur.

**Anahtar sözcükler:** Viskozite, Ubbelohde viskometre

### 1.GİRİŞ

Akışkanların viskozitesini ölçmenin çeşitli yolları vardır. Bunun için akışkanların özellikleri ve kullanım alanlarına uygun olan cihazlar geliştirilmiştir. Newtonian sıvıların tümünde kayma gerilmesi ile kayma hızı arasında doğrusal ilişki vardır. Bu tür sıvıların viskozite ölçümü için camdan imal edilmiş viskometreler geliştirilmiştir. Bunların arasında yaygın olarak kullanılan biride ubbelohde viskometreleridir. Bu viskometrelerin çalışma prensibi, içine konulan Newtonian sıvısının sıcaklık kontrollü banyoda yerçekimi etkisi altında akış zamanının ölçülmesi esasına dayanır. Akış zamanı ölçülerek denklem (1) ile kinematik viskozite değeri belirlenir[2].

$$v = K \cdot (t - \Delta t_H) \cdot \frac{g}{g'} \quad (1)$$

$v$  : Kinematik viskozite

$K$  : Viskometre sabiti

$\Delta t_H$ : Kinetik enerji düzeltmesi, sadece 0 ile I nolu viskometreler kullanılmış ise uygulanır.

$t$  : Akış zamanı

$g$  : Yerçekimi ivmesi (ölçüm yapılan yerdeki değer)

$g'$  : Yerçekimi ivmesi (viskometrenin kalibre edildiği yerdeki değer)

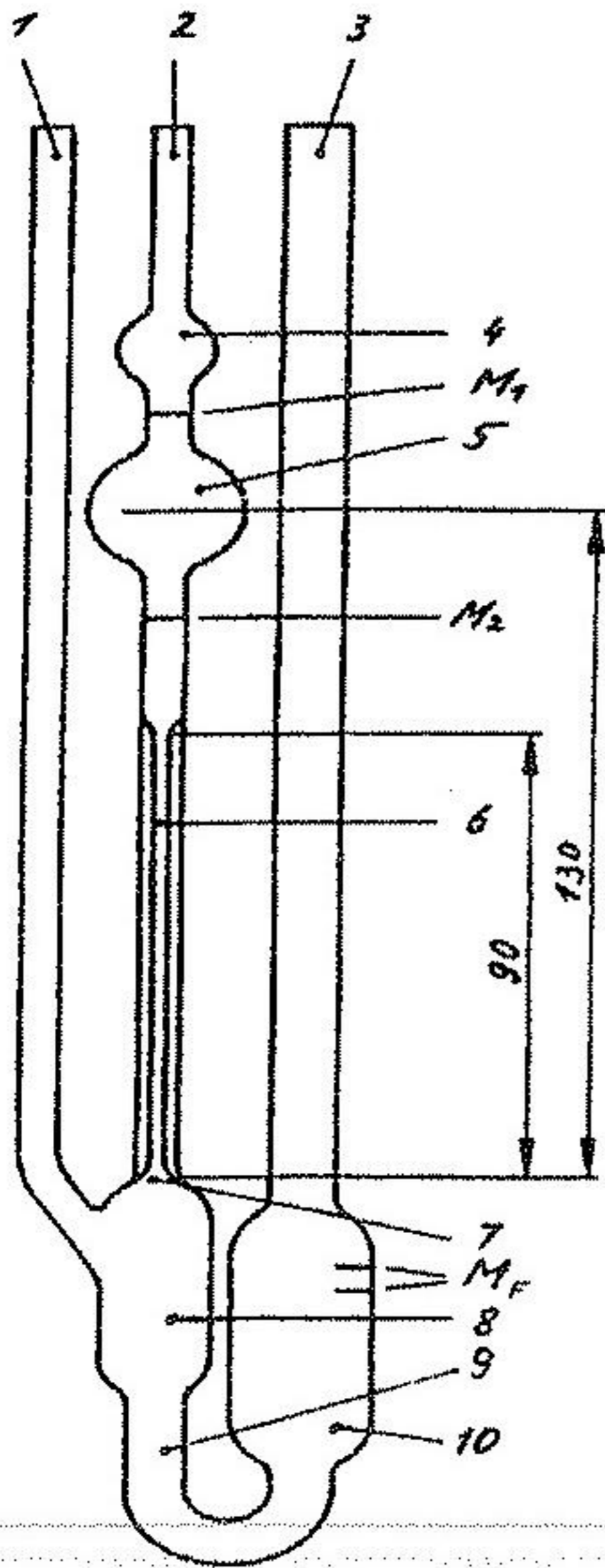
Dinamik viskozite değeri, ölçülen kinematik viskozite değerinin aynı sıcaklıkta ölçülen sıvı yoğunluğu ile çarpılmasıyla belirlenir. Kullanılan ubbelohde viskometre izlenebilir ve kalibreli olmalıdır.

### Birimler:

Kinematik viskozite birimi	$\text{mm}^2/\text{s} = \text{cst}$
Dinamik viskozite birimi	$\text{mPa}\cdot\text{s}$

Viskozitenin mutlak olarak hatasız ölçümü son derece güçtür, bu güçlük yüksek doğruluklu ölçümler amaçlandığında daha da artmaktadır. Şayet her hangi bir sıvının viskozitesi bilinmekte ise diğer sıvıların viskozite değeri de, viskozitesi bilinen sıvı ile karşılaştırılarak tespit edilebilir. Bu yöntemin doğruluğu yüksek ve uygulaması diğerlerine göre kolaydır. Birincil referans standart olarak  $20^\circ\text{C}$ 'de suyun viskozite değeri kabul edilmektedir. Suyun kinematik viskozite değeri yaklaşık olarak  $1.004 \text{ mm}^2/\text{s} \pm \% 0.3$  civarındadır.

## 2. UBBELOHDE VİSKOMETRE



- 1 Havalandırma borusu
- 2 Kılcal boru
- 3 Doldurma borusu
- 4 Üst sıvı deposu
- 5 Zaman ölçme haznesi
- 6 Kılcal (capillary)
- 7 Daldırma seviye haznesi
- 8 Daldırma seviyesi
- 9 Bağlantı borusu
- 10 Alt sıvı deposu

$M_1$  ve  $M_2$  Zaman sayma çizgileri  
 $M_F$  Doldurma çizgileri

### Ölçüm sırası :

Kinematik viskozite	$0.35 - 100\,000 \text{ mm}^2/\text{s}$
Akış zamanı	$200 - 1000 \text{ s}$
Sıcaklık aralığı	$10 - 100^\circ\text{C}$

Şekil 1 Ubbelohde Viskometrenin genel görünümü

Ubbelohde viskometreler kılcal borularının çaplarına ve viskometre sabitlerine göre 0 ile V arasında sınıflandırılır. Ölçümlerde kullanılacak referans viskometre numune sıvı ile şekil 1'de  $M_F$  işareti ile belirtilen doldurma çizgilerinin arasına gelecek şekilde doldurulur. Numune sıvı dolu viskometre, uygun bir tutaç ile daha önceden belirlenen ölçüm sıcaklığına ayarlanmış olan sıcaklık kontrollü banyoya yerleştirilir. Yerleştirme işleminden önce yüzeyin düz olup olmadığına su düzenci ile bakılır. Yerleştirdikten sonra banyo suyunun yüksekliği viskometrenin şekil 1'de görünen üst sıvı deposunun yaklaşık 20 mm kadar üzerinde olmalıdır. Ölçüm süresince banyoya yerleştirilen viskometrelerin birbirlerine değmemesi gerekmektedir. Bunun için dikey olarak düz olması gereklidir. Düz olup olmadığını anlamak için, iki tarafına ağırlık bağlı ipin bir tarafı banyonun üzerine konularak aşağıya sarkıtılır. Gerilen ip viskometrenin kılcal borusuna paralel duruma getirilir. İp ile viskometrenin kılcal

borusunun arasındaki dikey sapma 2 mm'den fazla olmamalıdır. Viskometre banyoya yerleştirildikten sonra sıvı sıcaklığı banyo sıcaklığına uyması için 20 dak. beklenilir. Şekil 1'de 1 numara ile ifade edilen havalandırma borusu üstten bir aparat (tıpa) ile kapatılır. Viskometre, şekil 1'de 2 numara ile ifade edilen kılcal borusunun üstten ya emme ile ya da bir aparat aracılığıyla vakumlanarak içerdeki sıvı şekil 1'deki 4 numara ile gösterilen üst sıvı deposunun üst seviyesine kadar yükseltilir. Bu işlem yapılırken sıvı içerisinde baloncuk oluşmaması için işlem yavaşça yapılmalıdır. Vakumlama işlemi bittikten sonra boru üstten bir aparat (tıpa) ile kapatılır. Daha sonra Viskometrenin havalandırma borusu üstten açılır ve sıvının şekil 1'deki 8 numara ile gösterilen daldırma seviyesinin alt kısmına kadar hareket etmesi beklenir (~ 5 dak.). Şekil 1'de 2 numara ile gösterilen kılcal boru tekrar açılır ve sıvının kılcal borudan aşağı doğru hareket etmesi gözlenir. Sıvı şekil 1'de M<sub>1</sub> ile gösterilen çizgiye geldiğinde kronometre çalıştırılır ve M<sub>2</sub> ile gösterilen çizgiye geldiğinde ise kronometre durdurulur. Kronometre'de okunan değer ile akış zamanı t belirlenmektedir[1].

### 2.1 Ubbelohde Viskometrelerin Temizliği

Yeni imal edilmiş veya viskometre sabitleri değişmiş viskometrelerin K sabitlerinin belirlenmesi için, viskometreler oda sıcaklığında kromik asitle tamamen doldurularak yaklaşık 10 saat bekletilir. Asidin dökülmesinden sonra saf su ile hiçbir renk kalmayınca dek yıkama yapılır ve bu işlem 3 kez tekrar edilir. En sonunda en az 2 kez petrol eteri ile yıkanır (püskürtmek suretiyle), iyi bir kurulamadan sonra 40 – 45°C arası ısıtılır ve emilen veya üflenen hava akımında kısa bir müddet (1-2 dakika) bekletilerek temizleme işlemi tamamlanır.

Yağların viskozite belirlemede kullanılan viskometreler ölçüm sonrasında hemen temizlenmelidir. Bu temizleme işleminde önce viskometreler ters olarak askıya asılarak yağın iyice damlaması sağlanır. Oda sıcaklığında kinematik viskozitesi 10000 mm<sup>2</sup>/s (cSt) ve daha fazla olan yağlarda yağın 50°C'den maksimum 60°C'ye kadar olan sıcaklıklarda damlamaya bırakılması tavsiye edilir. Viskometre 1 saat süresince petrol eteri ile dolu olarak bırakılır. Bu sıvı boşaltıldıktan sonra iyice damlamaya bırakılır. Daha sonra 2 kez petrol eteri püskürtülerek yıkanır. Bu işlem sonrasında viskometre yine petrol eteri ile doldurularak yarım saat bekletilir. Bu aşamadan sonra son kez petrol eteri ile yıkanır. İyi bir kurulamadan sonra 40-45°C arasında ısıtılır ve birkaç dakika süresince hava akımında emerek veya püskürtülerek kurutulur.

## 3. KİNEMATİK VİSKOZİTENİN HESAPLANMASI

Bir akışkanın viskozitesini belirlemek için bu akışkana uygun iki adet aynı sınıftan viskometre seçilir ve temizleme işleminden sonra bölüm 2'de açıklanan şekilde 20 ± 0.02°C sıcaklıkta her bir viskometre için 5 kez akış zamanı ölçülür. Kinematik viskozitenin hesaplanması için aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir.

1. Her bir viskometre için ortalama zaman belirlenir.

$$t = \frac{1}{n} \sum t_i \quad (2)$$

2. Her bir viskometre için en uzun ve en kısa akış zamanının arasındaki bağıl fark belirlenir.

$$\varepsilon_t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{t} \quad (3)$$

3.  $\varepsilon_t \leq 2 \cdot 10^{-3}$  eşitliği her iki viskometre için kontrol edilir. Eğer eşitlik sağlanmıyorsa ölçüm tekrar edilir.
4. Her bir viskometre için (1)'deki formülden kinematik viskozite hesap edilir.

5. Her iki viskometre için bulunan kinetik viskozite değerlerinin ortalaması alınır.

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad (4)$$

6. Her iki viskozite arasındaki bağıl fark aşağıdaki formülden hesap edilir.

$$\varepsilon_v = \frac{|V_1 - V_2|}{V} \quad (5)$$

7.  $\varepsilon_v \leq 2 \cdot 10^{-3}$  eşitliği kontrol edilir. Eğer eşitlik sağlanmıyorsa ölçüm tekrar edilir[2]. Ölçüm tekrar edildiği halde bu eşitlik sağlanamıyorsa viskometrelerin tekrardan kalibre edilmesi gerekmektedir.[2]

#### 4. DENEYSEL VERİLER

Bu çalışmada iki adet viskometre kullanılarak, viskozitesi bilinmeyen sıvının viskozite tayini gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bu çalışmaya ait veriler sunulmaktadır.

Tablo 1 Kullanılan viskometrelere ait bilgiler

	Sınıf	No	Viskometre Sabiti (K)
I. Viskometre	III	1123	0,9983 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
II. Viskometre	III	9096	1,0008 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>

Bölüm 2'deki ölçüm düzeneği için gerekli işlemler gerçekleştirilerek numune sıvı her iki viskometre için kullanılmış ve aşağıdaki akış zamanları bulunmuştur. Tablo 2 de bu sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 2 Akış süreleri

	I. Viskometre için akış zamanı	II. Viskometre için akış zamanı
t <sub>1</sub>	7' 34 21	7' 33 13
t <sub>2</sub>	7' 34 24	7' 33 17
t <sub>3</sub>	7' 34 20	7' 33 22
t <sub>4</sub>	7' 34 24	7' 33 27
t <sub>5</sub>	7' 34 26	7' 34 28
t <sub>ort</sub>	454.23 s	453.21 s
ε <sub>t</sub>	1.32·10 <sup>-4</sup>	3.31·10 <sup>-4</sup>

Tablo 2 de yer alan ε<sub>t</sub> değerlerinin her iki viskometre için ε<sub>t</sub> ≤ 2·10<sup>-3</sup> eşitliğini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Eğer eşitlik sağlanmıyorsa ölçüm tekrar edilir. Viskometredeki sıvılar dökülüp temizlik prosedürleri yerine getirildikten sonra tekrar sıvılar konularak ölçüm tekrarlanır.

Viskozite değerleri her iki viskometre için (1) eşitliğinden aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$V_1 = K_1 \cdot t$$

$$V_1 = 0.9983 \text{ mm}^2 / \text{s}^2 \cdot 454,23 \text{ s}$$

$$V_1 = 453.46 \text{ mm}^2 / \text{s}$$

$$V_2 = K_2 \cdot t$$

$$V_2 = 1.0008 \text{ mm}^2 / \text{s}^2 \cdot 453.21 \text{ s}$$

$$V_2 = 453.57 \text{ mm}^2 / \text{s}$$

Bu işlemler sonucunda bulunan  $V_1$  ve  $V_2$  değerlerinin ortalaması alınarak aşağıdaki kinematik viskozite değeri elde edilir.

$$\underline{V = 453.52 \text{ mm}^2 / \text{s}}$$

Bulunan kinematik viskozite değerleri kullanılarak (5) eşitliği ile  $\varepsilon_v = 2.43 \cdot 10^{-4}$  değeri bulunur. Bulunan bu değer  $2 \cdot 10^{-3}$ 'e eşit veya küçük olma durumu sağlandığından ölçümün tekrar edilmesine gerek yoktur.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Newtonian sıvılarının kinematik viskozite değerlerinin belirlenmesi için ubbelohde viskometre kullanımı yöntemi anlatılmış ve bu ölçümlere ait gerekli hesaplamalar yapılarak kinematik viskozite değeri belirlenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] "Determination of Kinetic viscosity and calculation of dynamic viscosity", EN ISO 3104, (E) Petroleum Products – Transparent and Opaque Products, 1994
- [2] "Determination of the kinematic viscosity using the standard design Ubbelohde viscometer", DIN 51562-2 Normu, 1997