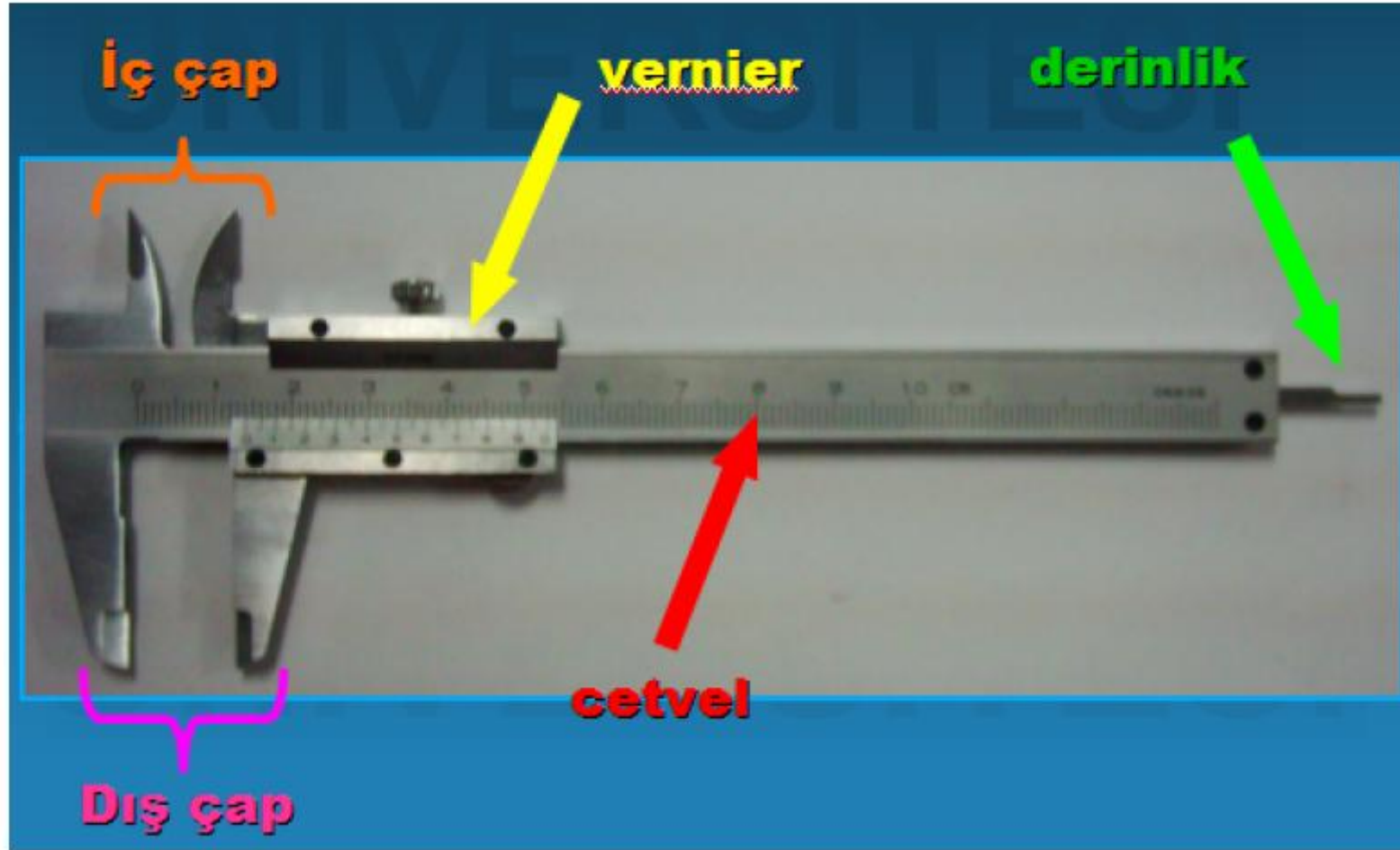
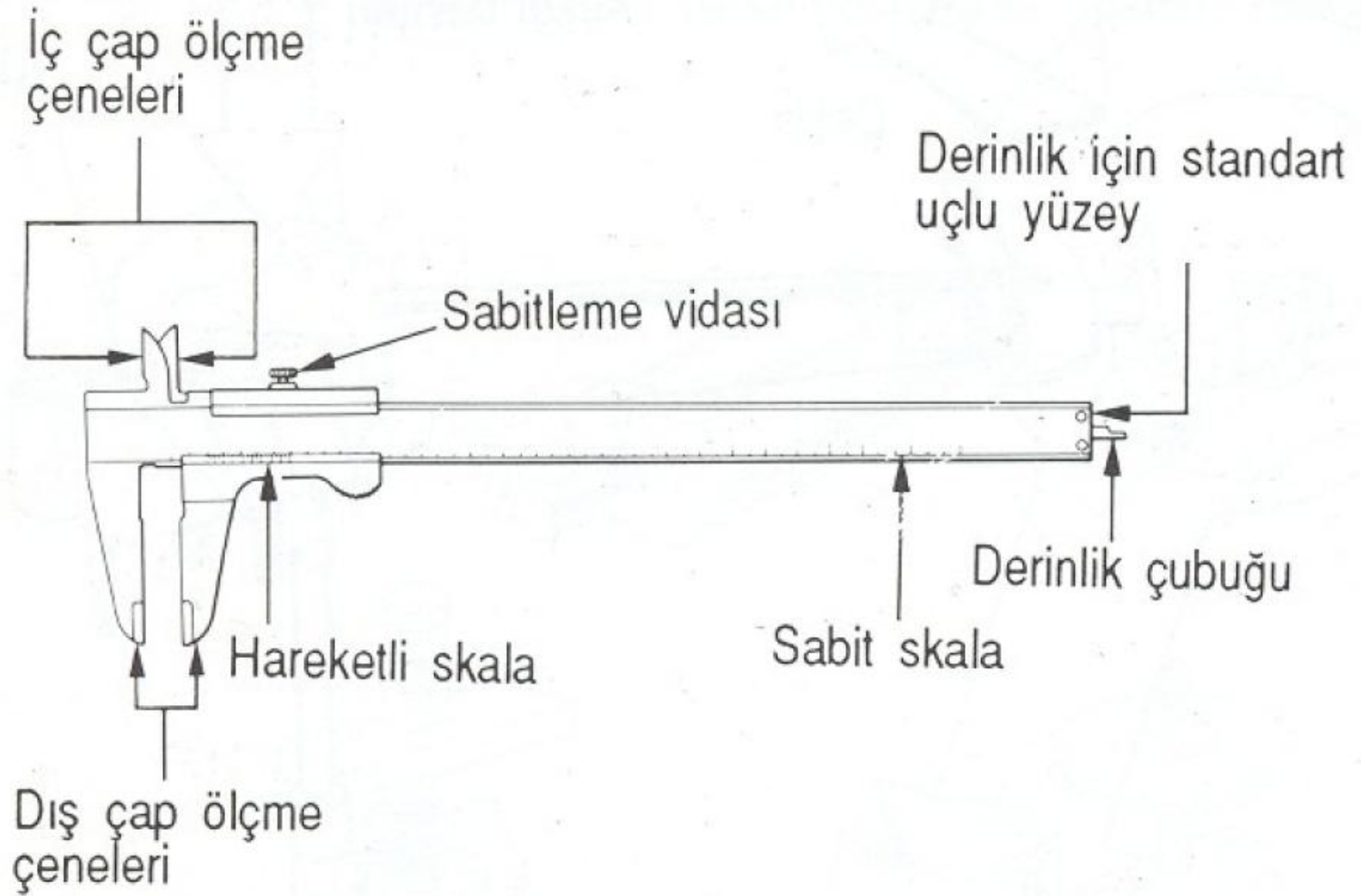


KUMPASLAR



KUMPASIN TANIMI







- KUMPASLAR
- MİKROMETRELER
- ÖLÇÜ ALETLERİ
- ÖZEL ÖLÇÜ ALETLERİ



1/10 Kumpas



1/10 Kumpas



1/20 Kumpas



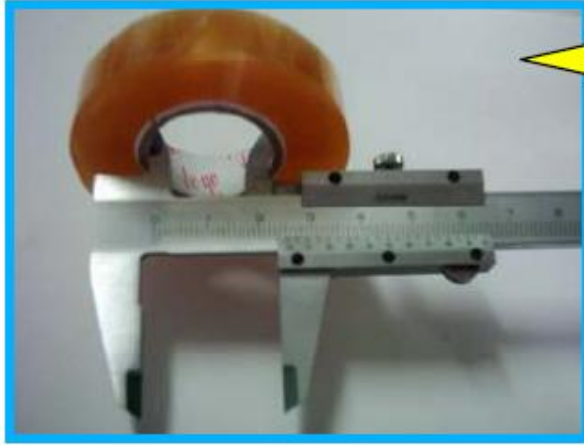
Dijital Kumpas



Saatli Kumpas



1/50 Kumpas



İÇ ÇAP
DIŞ ÇAP
DERİNLİK



- “mm” lik Kumpaslar

- 1/10 mm’ lik
- 1/20 mm’ lik
- 1/50 mm’ lik

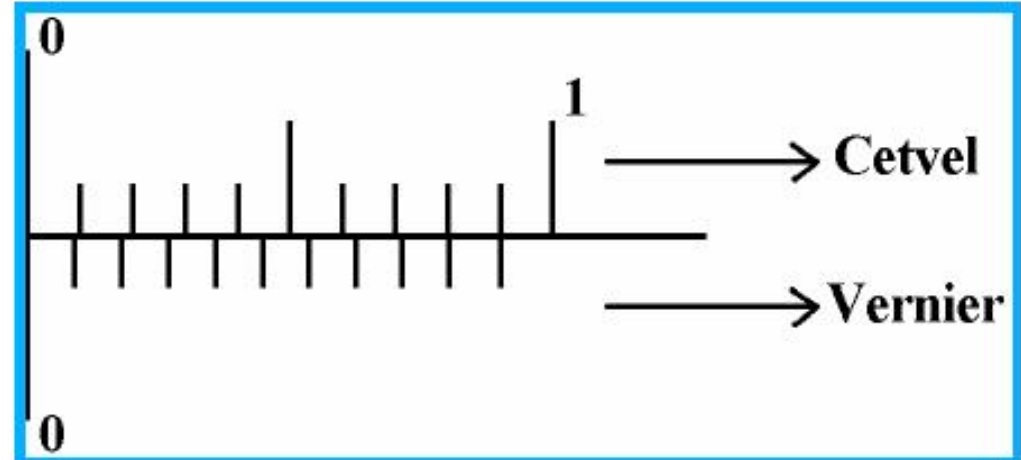


- “inç” li Kumpaslar

- 1/32 ” li
- 1/64 ” li
- 1/128 ” li
- 1/1000 ” li

1/10 mm'lik Kumpaslar

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

Temel Kuralın Uygulanışı:

$$(1 \text{ mm}) - (9/10 \text{ mm}) = 1 - 0.9 = 0.1 \text{ mm} = \text{ONDA BİR}$$

❖ 0.1 mm' in ANLAMİ : Bu kumpas

10.0 mm

29.9 mm

41.1 mm

23.5 mm

57.2 mm yi **ÖLÇER.**

Noktadan sonra tek rakam ve birin katlarını **ÖLÇER.**

FAKAT

10.00 mm

29.90 mm

41.10 mm

23.50 mm

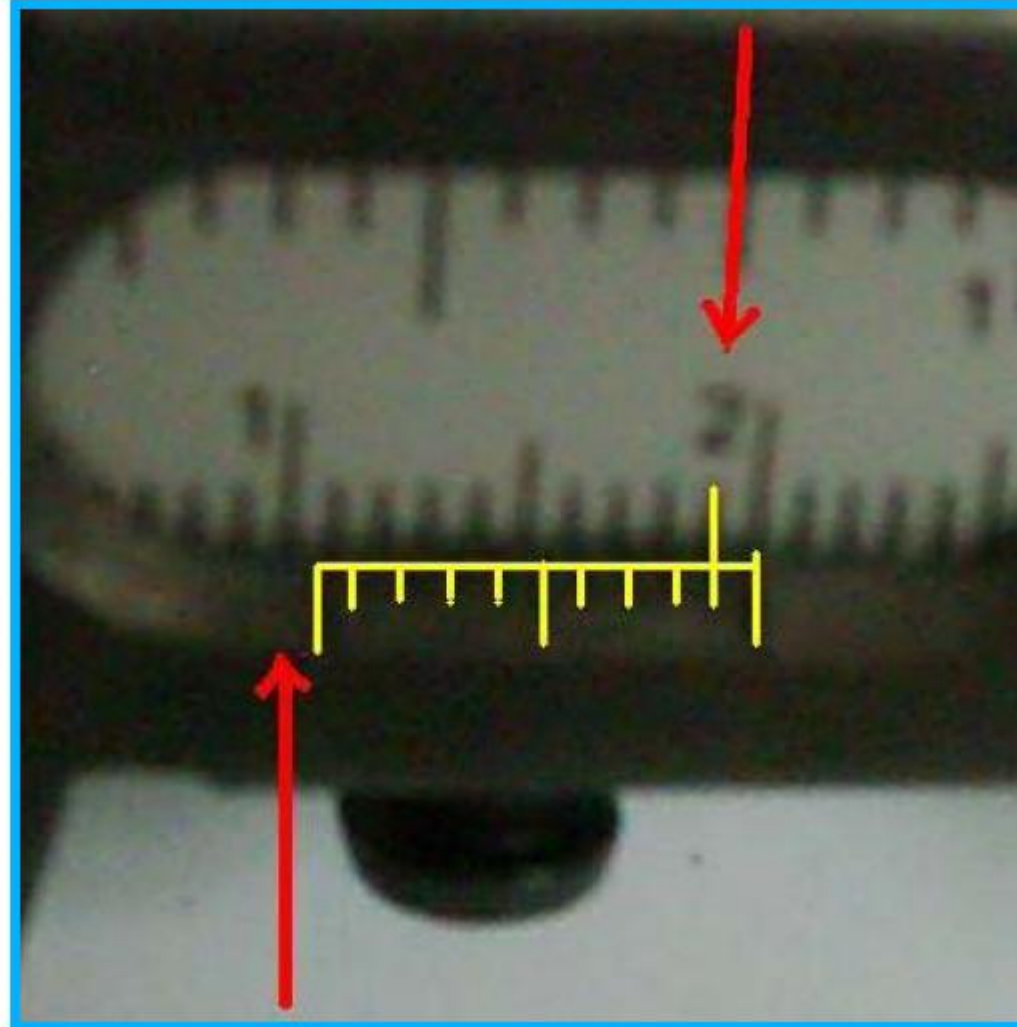
57.20 mm yi **ÖLÇEMEZ.**

Noktadan sonra iki rakam fazla hassasiyet demektir



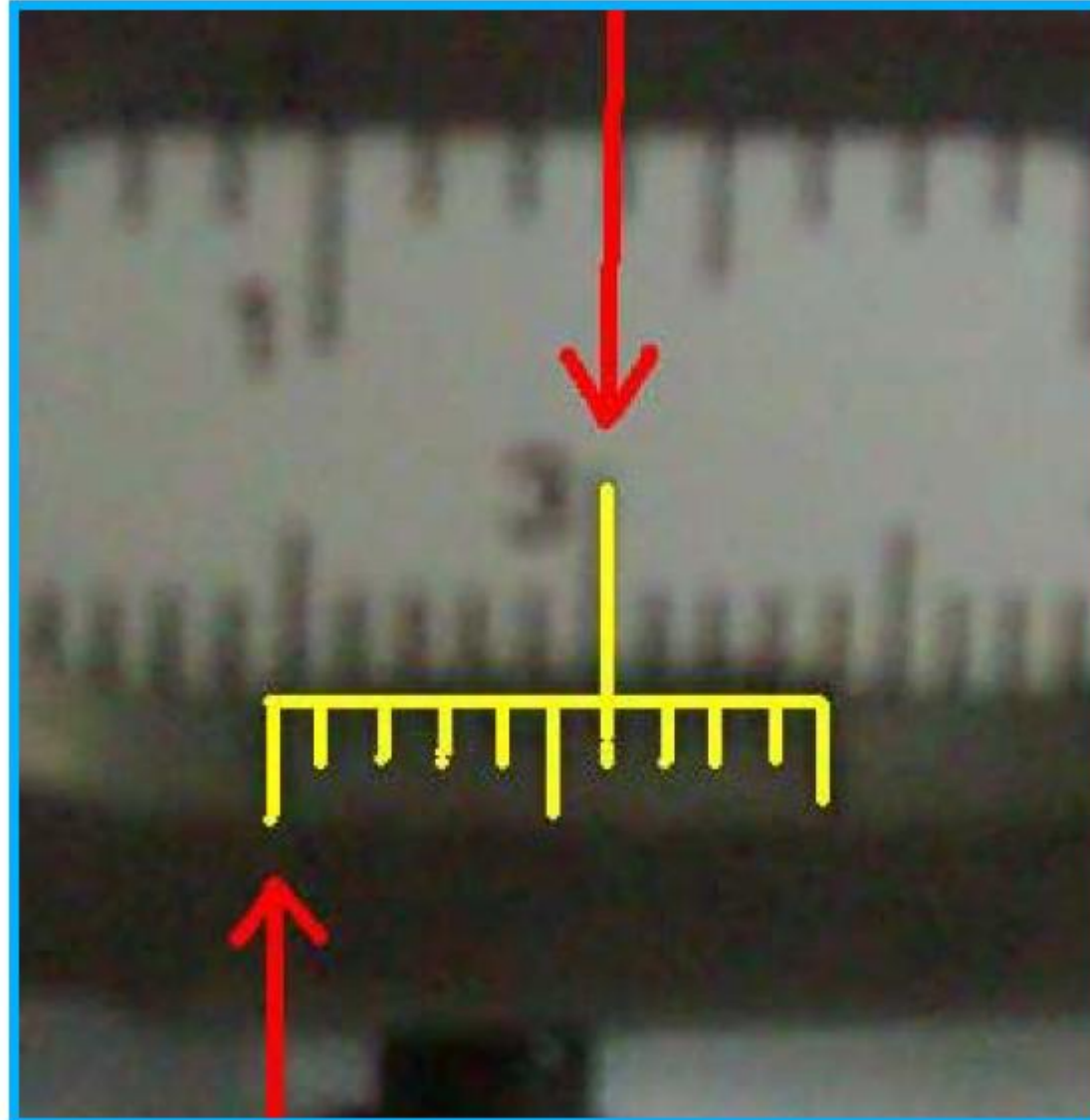
UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 10.9 MM

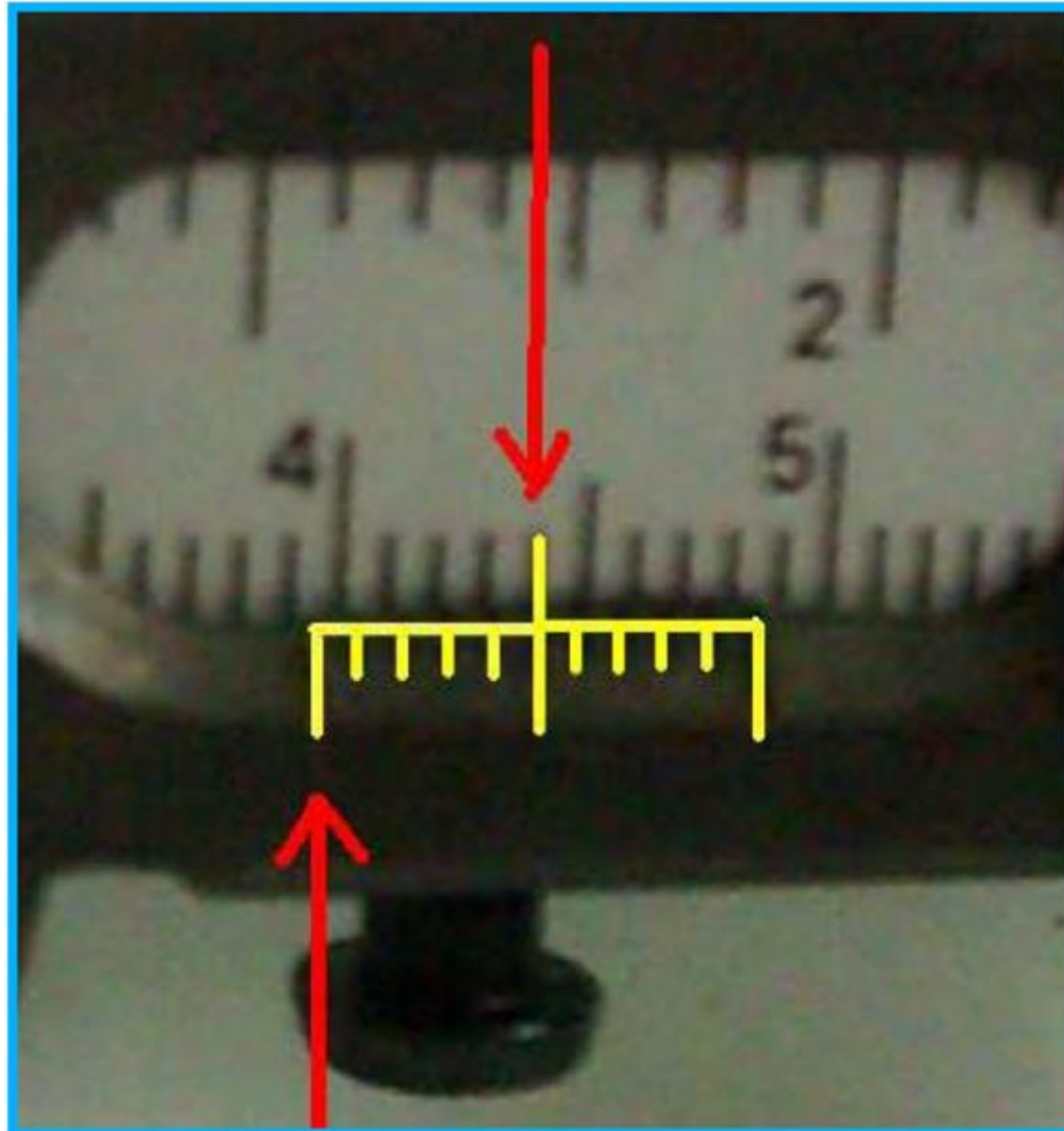




Uygulama-2 = 24.6 MM

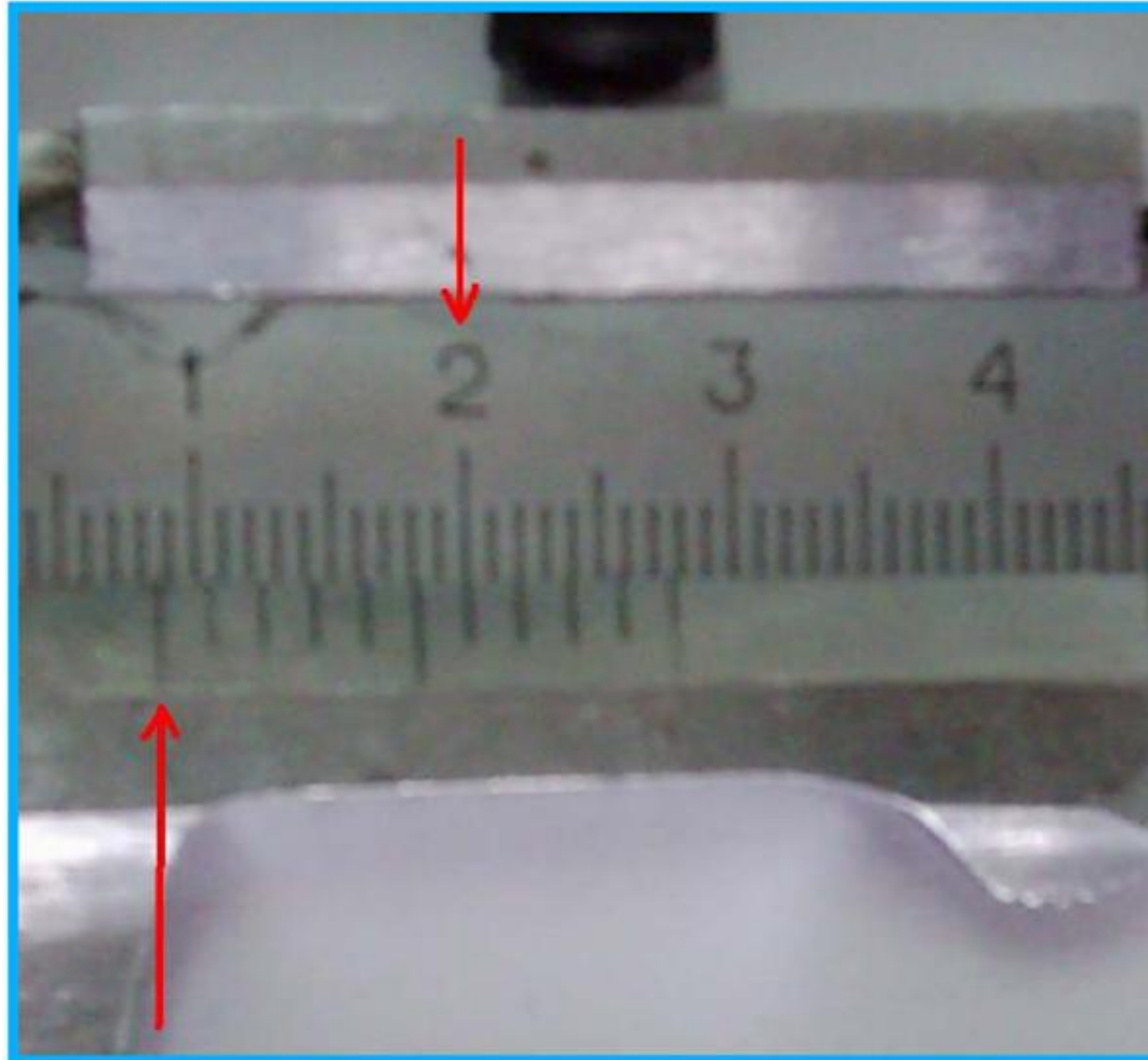


Uygulama-3 = 39.5 MM



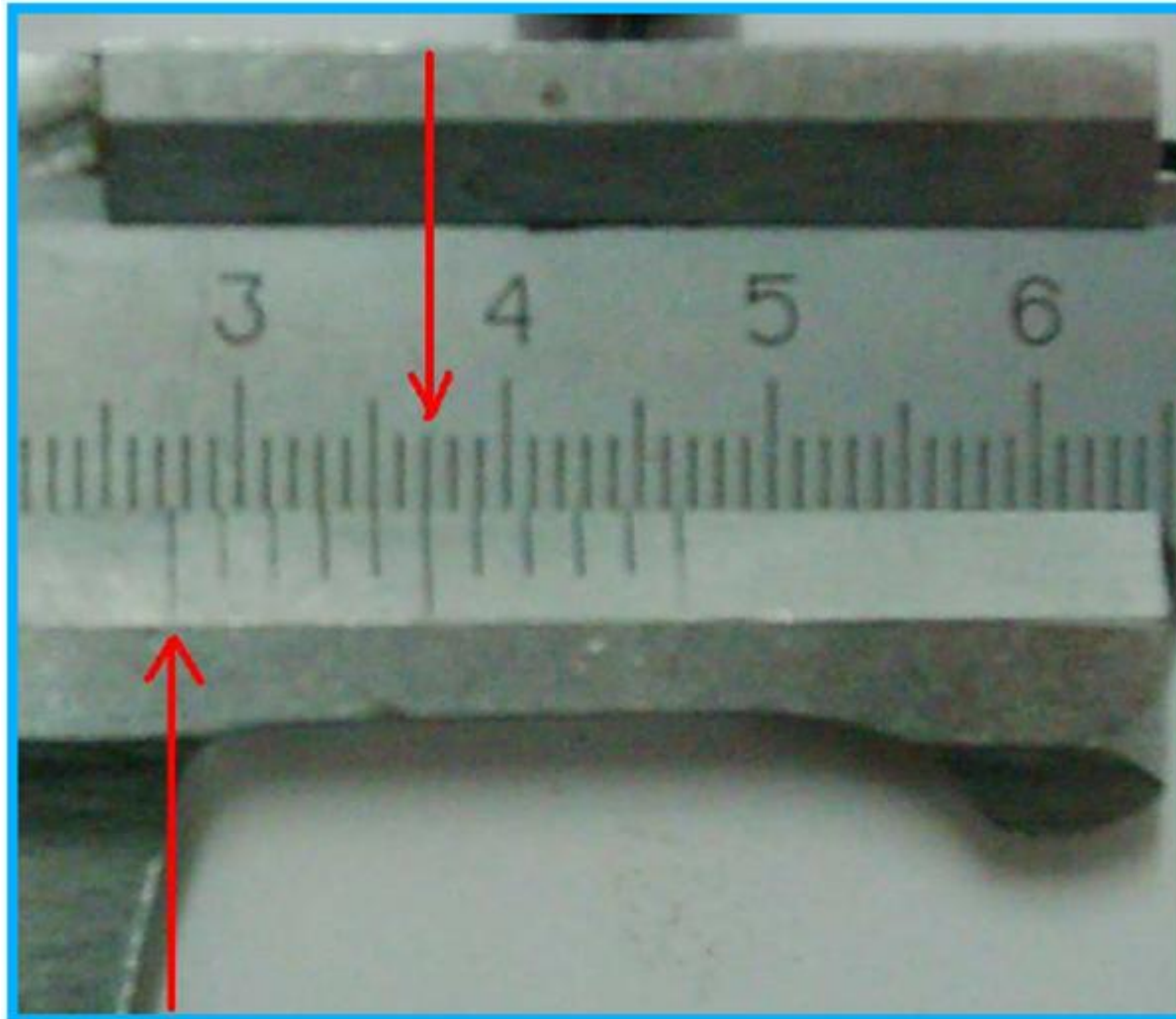


Uygulama-4 = 8.6 MM



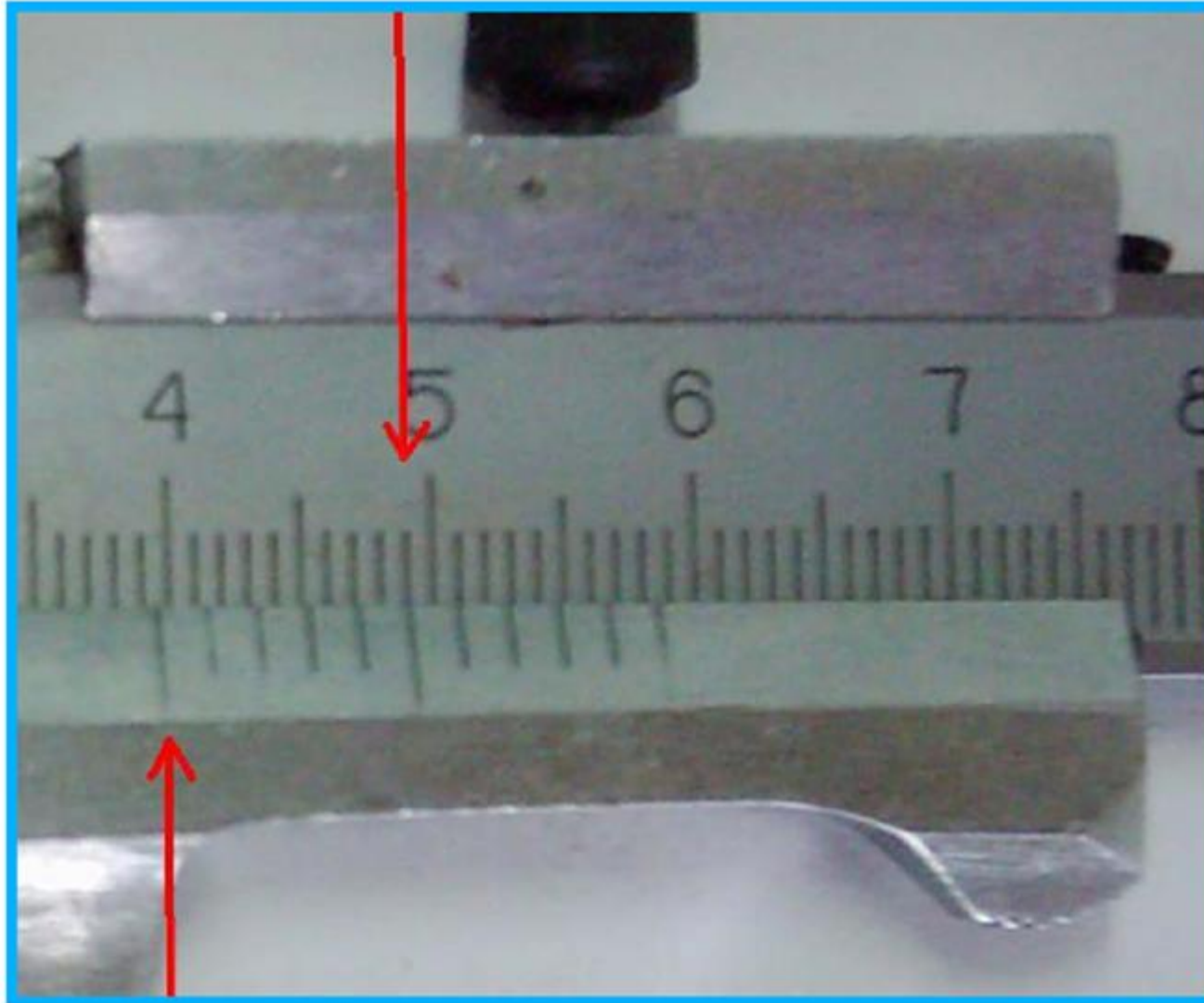


Uygulama-5 = 27.5 MM

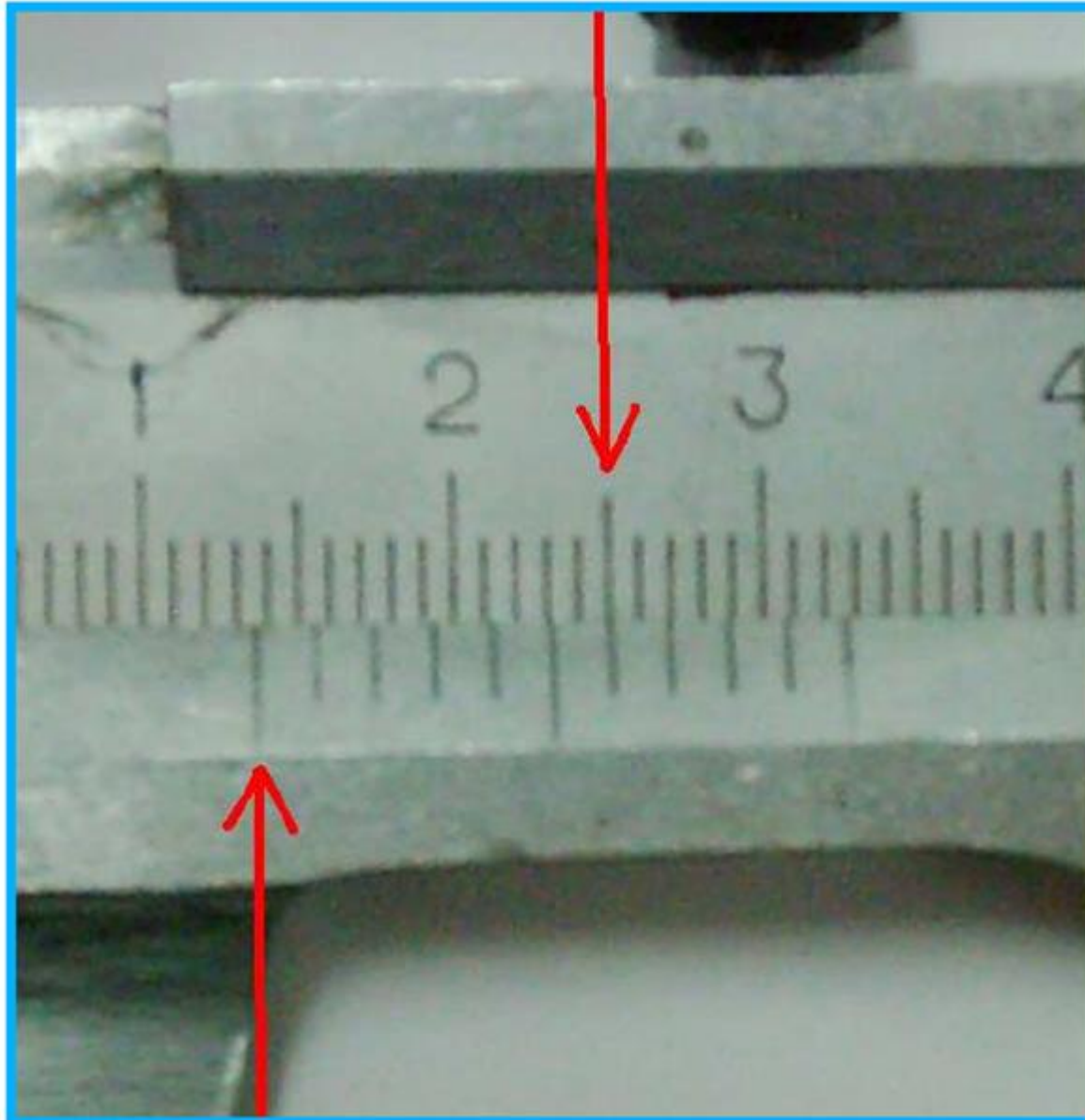




Uygulama-6 = 39.5 MM

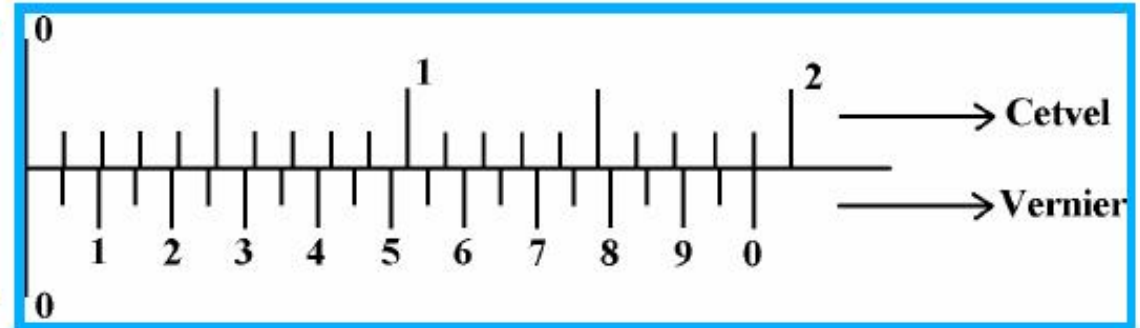
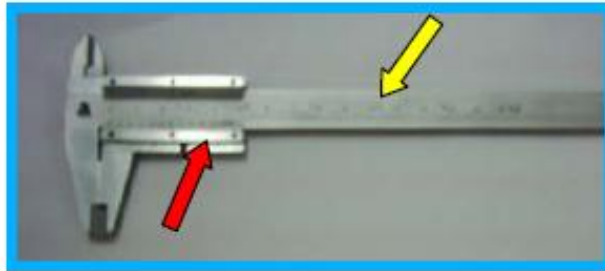


Uygulama-7 = 13.6 MM



1/20 mm'lik Kumpaslar

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

Temel Kuralın Uygulanışı:

$$(1 \text{ mm}) - (19/20 \text{ mm}) = 1 - 0.95 = 0.05 \text{ mm} = \text{YÜZDE BEŞ}$$

❖ 0.05 mm' in ANLAMİ : Bu kumpas

10.00 mm

FAKAT

10.01 mm

29.90 mm

29.91 mm

41.15 mm

41.14 mm

33.05 mm

23.04 mm

23.85 mm yi ÖLÇER.

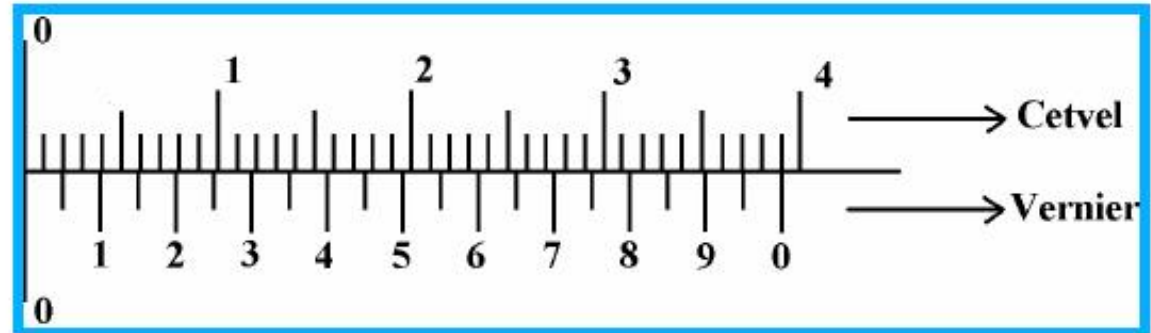
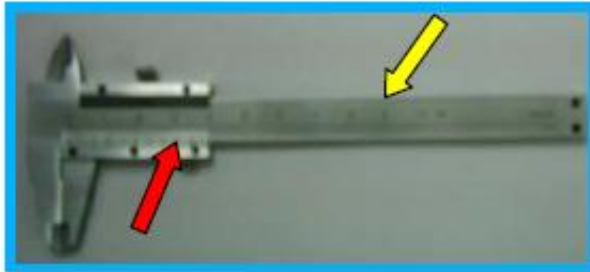
23.84 mm yi ÖLÇEMEZ.

Noktadan sonra iki rakam
ve (5)' in katlarını ÖLÇER.

Zira (5) ve katları
OLMAK ZORUNDA

1/20 mm'lik Kumpaslar (Verniyeri Farklı Yapıda)

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

Temel Kuralın Uygulanışı:

$$(2 \text{ mm}) - (39/20 \text{ mm}) = 2 - 1.95 = 0.05 \text{ mm} = \text{YÜZDE BEŞ}$$

❖ 0.05 mm' in ANLAMI : Bu kumpas

10.00 mm

FAKAT

10.01 mm

15.45 mm

15.46 mm

99.95 mm

99.94 mm

21.05 mm

21.04 mm

7.25 mm yi ÖLÇER.

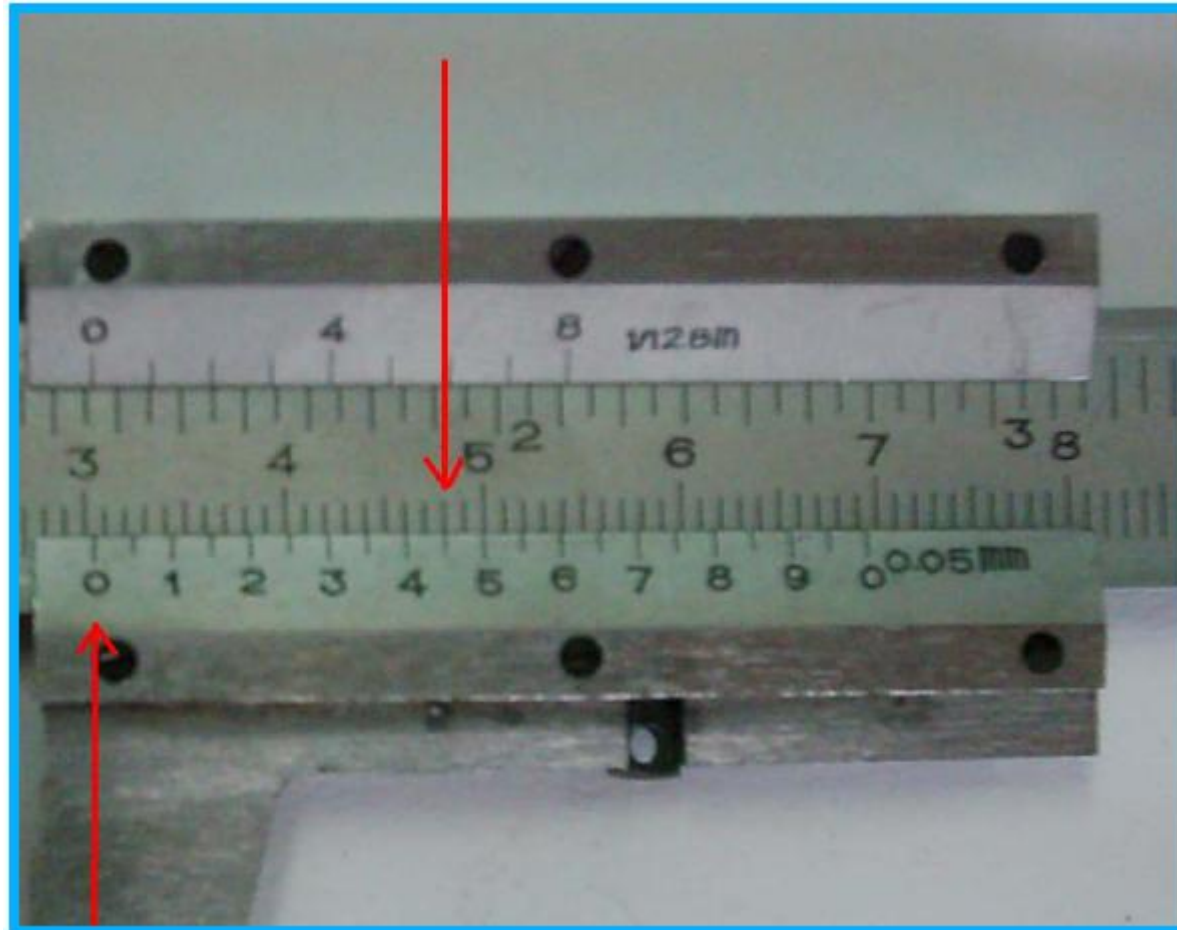
7.24 mm yi ÖLÇEMEZ.

Noktadan sonra iki rakam
ve (5)' in katlarını ÖLÇER.

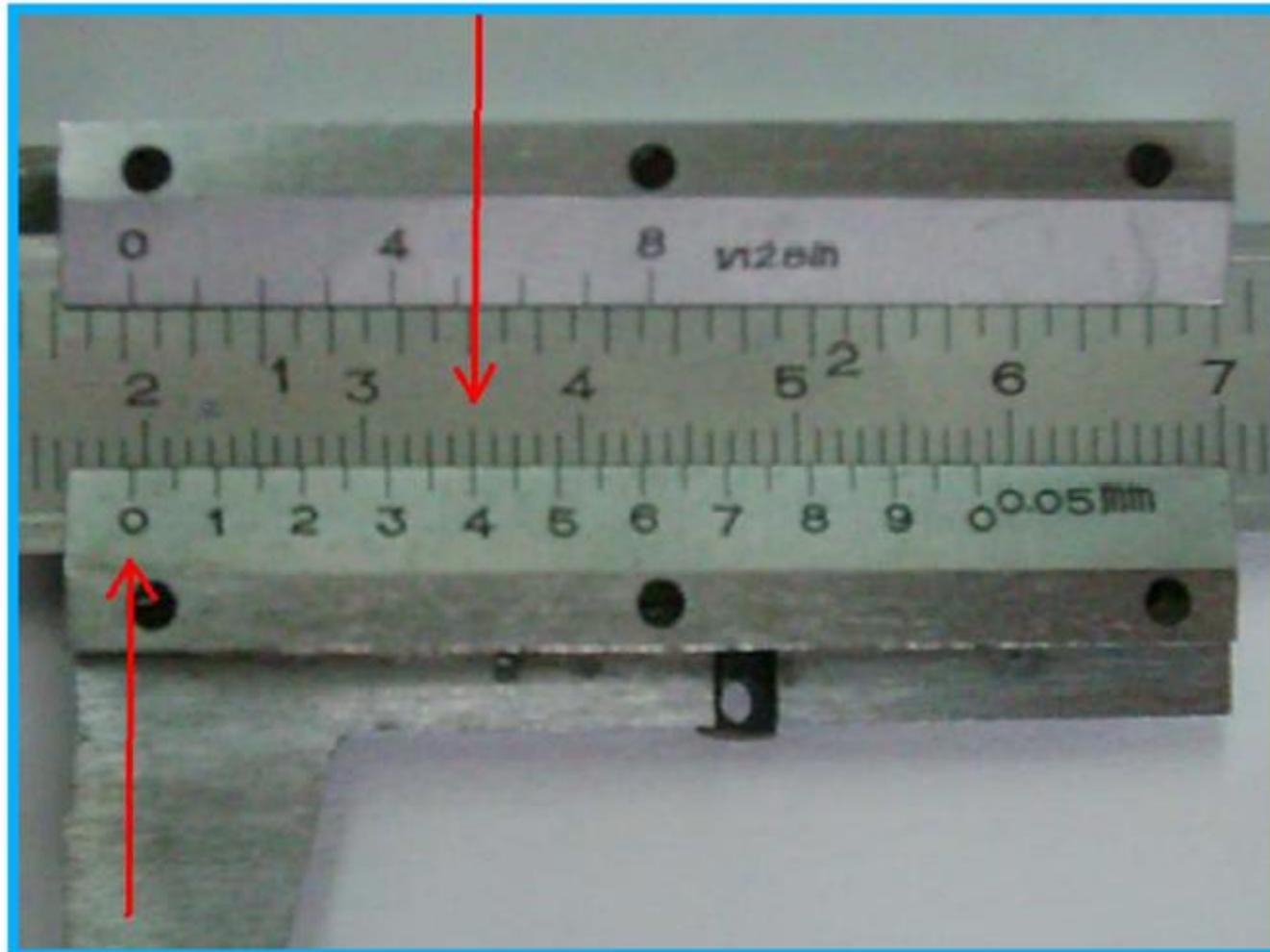
Zira (5) ve katları
OLMAK ZORUNDA



UYGULAMALAR



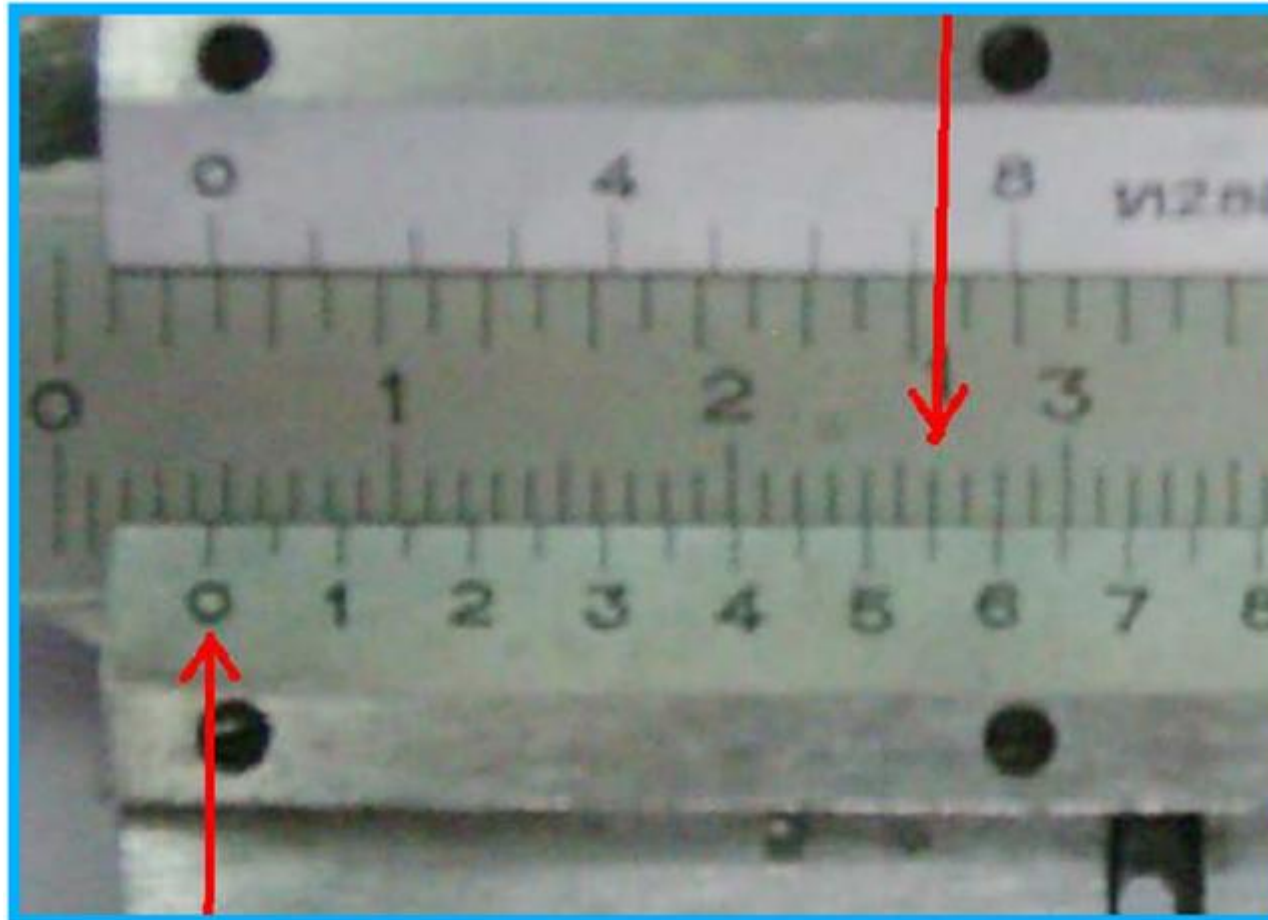
Uygulama-1 = 30.45 MM



Uygulama-2 = 19.40 MM



Uygulama-3 = 4.55 MM



1/20 mm'lik Saatli Kumpaslar

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = İbreye bir tam devir yaptırılır, cetveldeki ilerleme ölçülür. Saatli verniyerdeki çizgiler sayılır.

Temel Kuralın Uygulanışı:

Hass.=İlerleme/çiz. sayısı=5mm/100 = 0.05 mm = YÜZDE BEŞ

❖ 0.05 mm' in ANLAMİ : Bu kumpas

10.00 mm

FAKAT

10.01 mm

15.45 mm

15.46 mm

99.95 mm

99.94 mm

21.05 mm

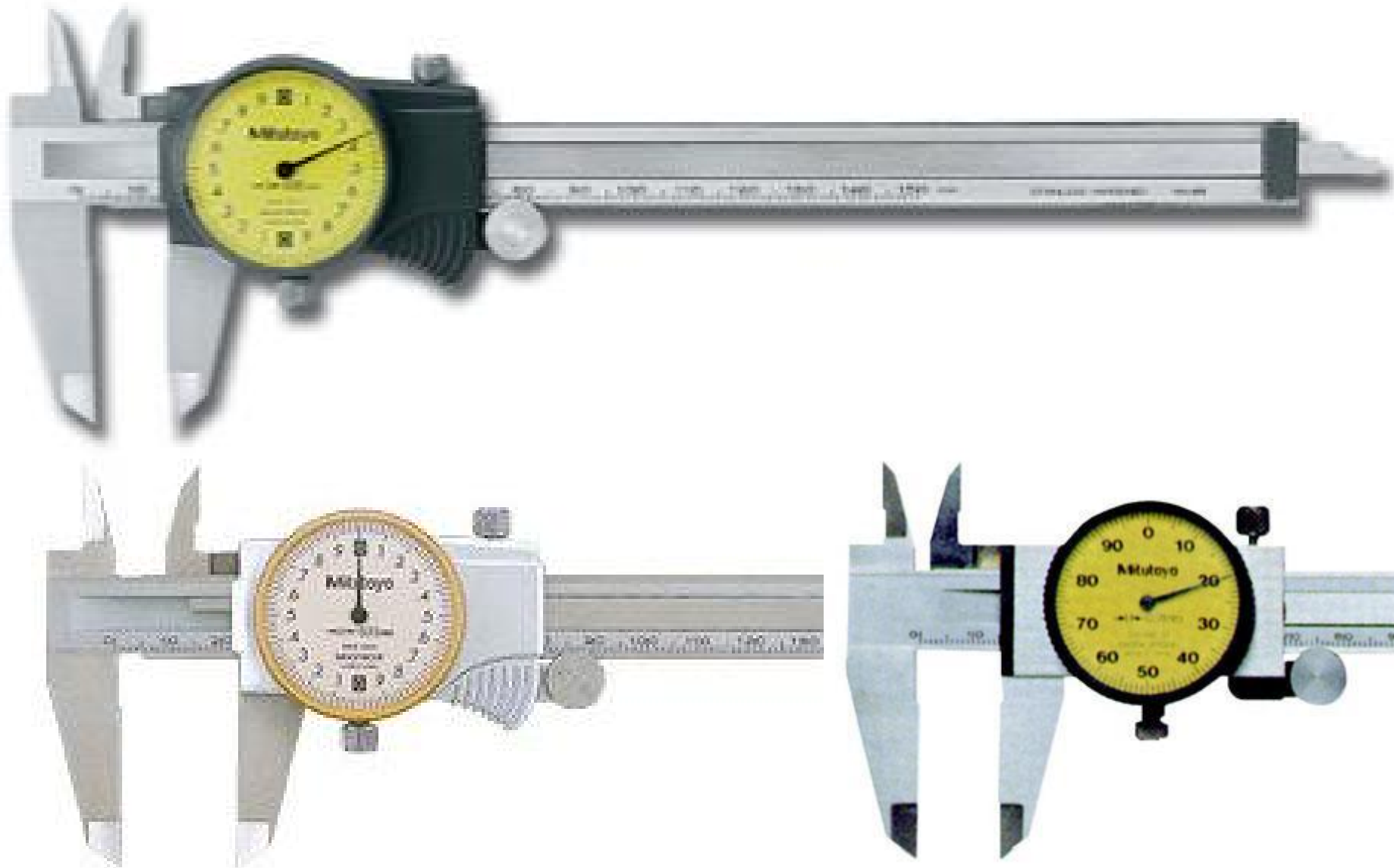
21.04 mm

7.25 mm yi ÖLÇER.

7.24 mm yi ÖLÇEMEZ.

Noktadan sonra iki rakam
ve (5)' in katlarını ÖLÇER.

Zira (5) ve katları
OLMAK ZORUNDA





UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 11.00 MM





Uygulama-2 = 22.30 MM





Uygulama-3 = 39.25 MM



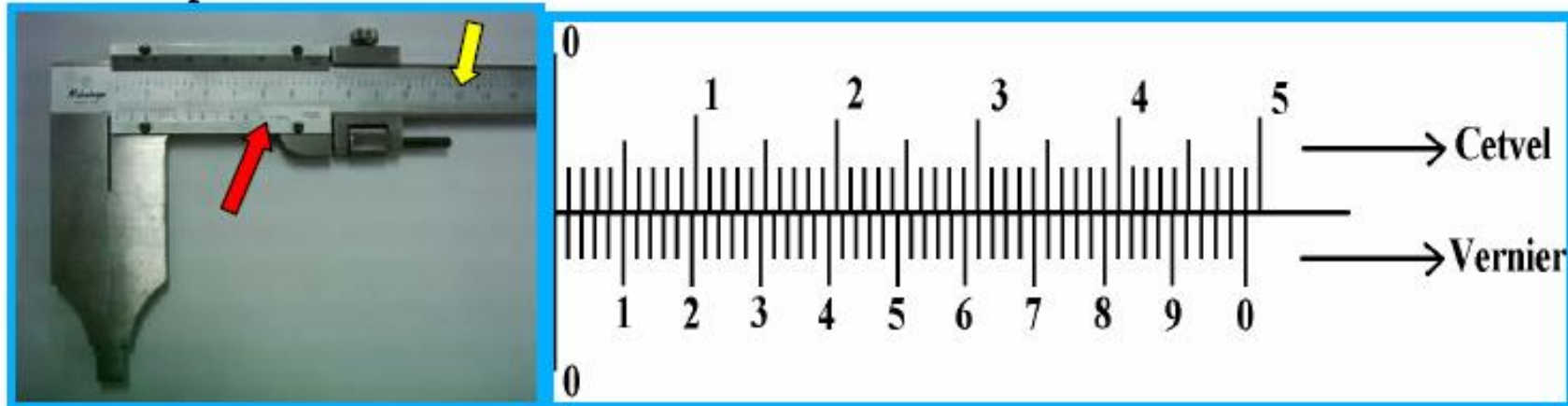


Uygulama-4 = 32.95 MM



1/50 mm'lik Kumpaslar

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

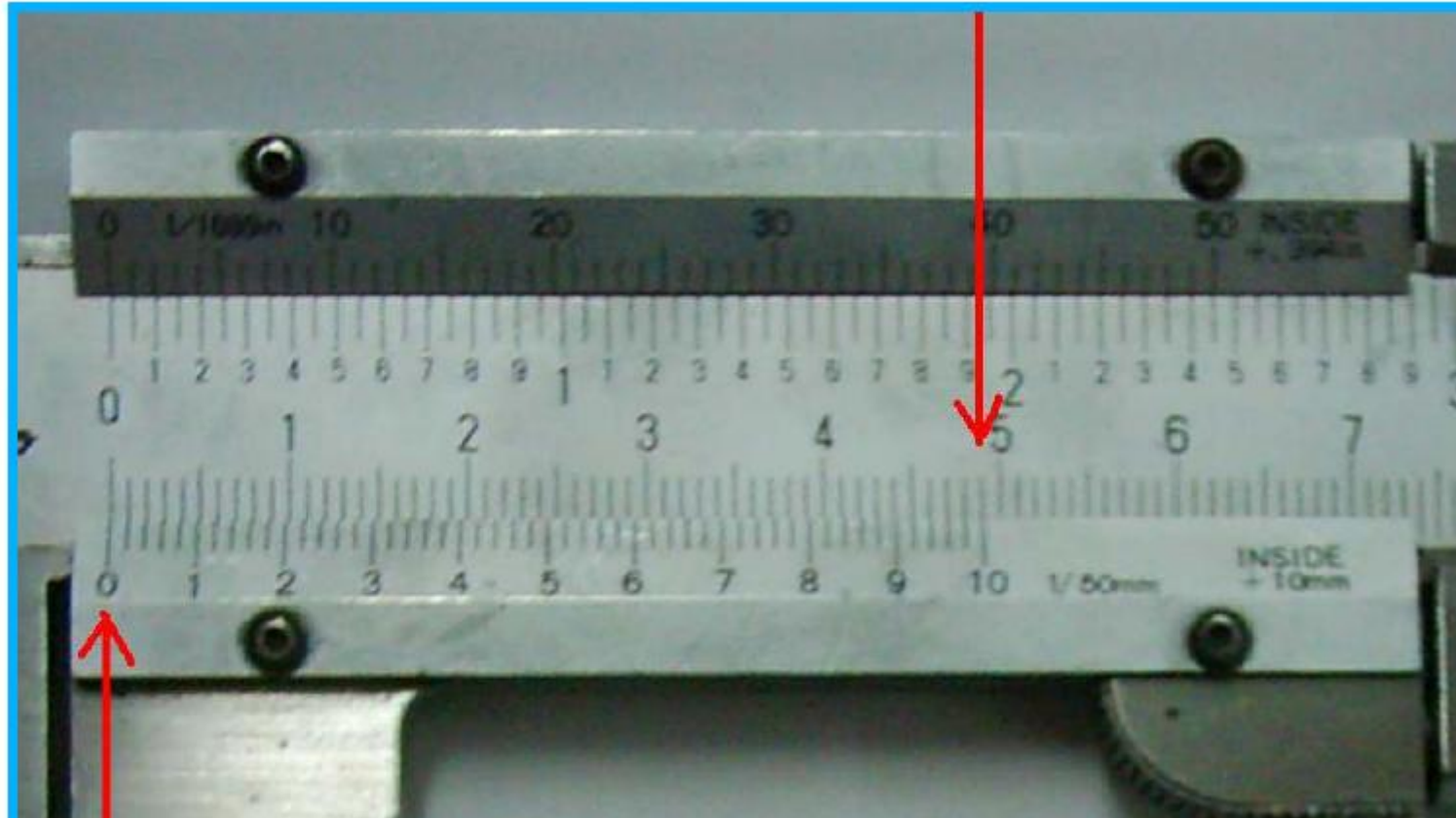
Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

Temel Kuralın Uygulanışı:

$$(1 \text{ mm}) - (49/50 \text{ mm}) = 1 - 0.98 = 0.02 \text{ mm} = \text{YÜZDE İKİ}$$



YAKINDAN GÖRÜNÜMÜ



❖ 0.02 mm' in ANLAMI : Bu kumpas
22.00 mm
97.92 mm
12.04 mm
33.36 mm
46.02 mm yi ÖLÇER.

Noktadan sonra iki rakam
ve (2)' in katlarını ÖLÇER.

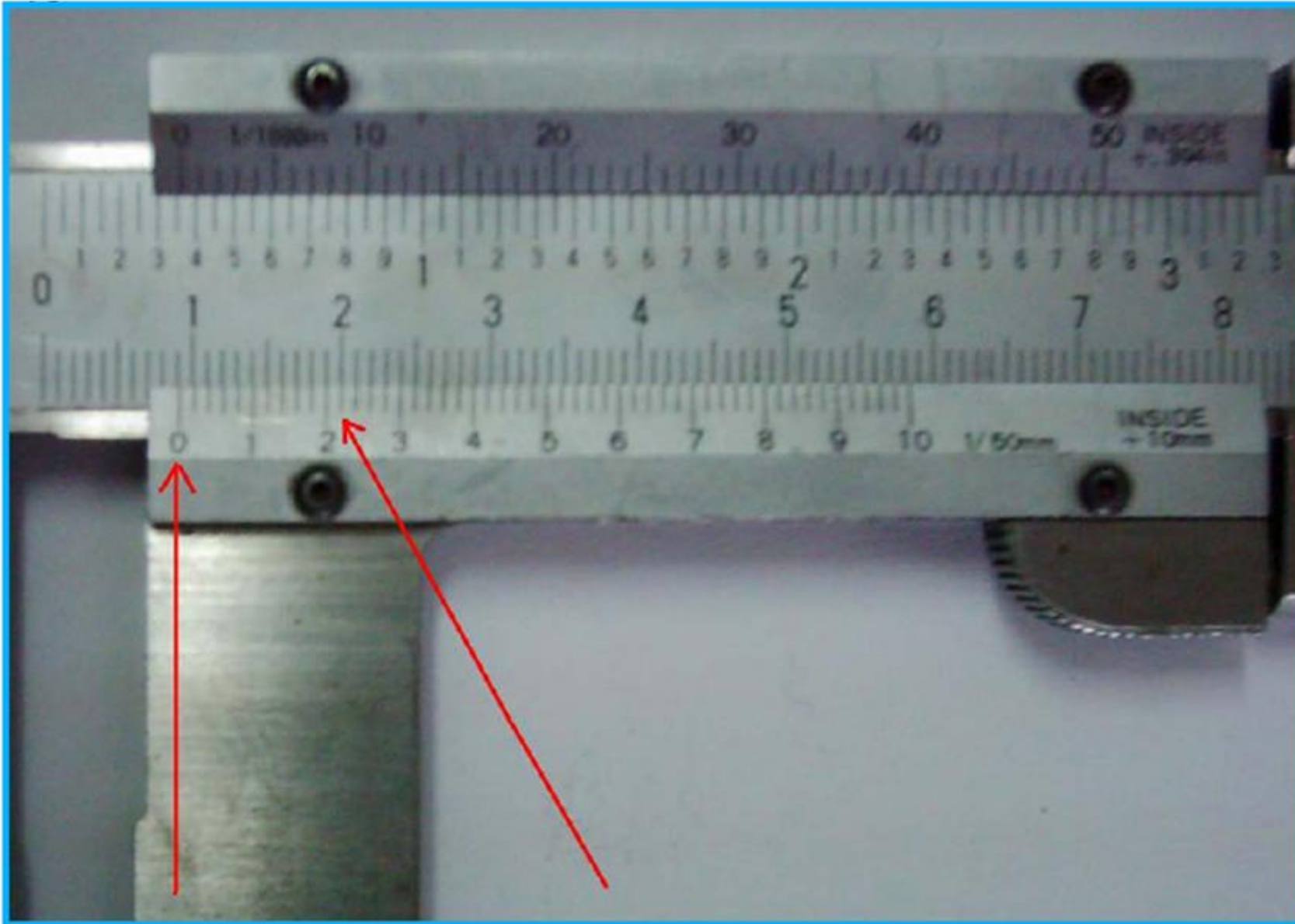
FAKAT

22.01 mm
97.93 mm
12.05 mm
33.37 mm
46.01 mm yi ÖLÇEMEZ.

Zira (2) ve katları
OLMAK ZORUNDA

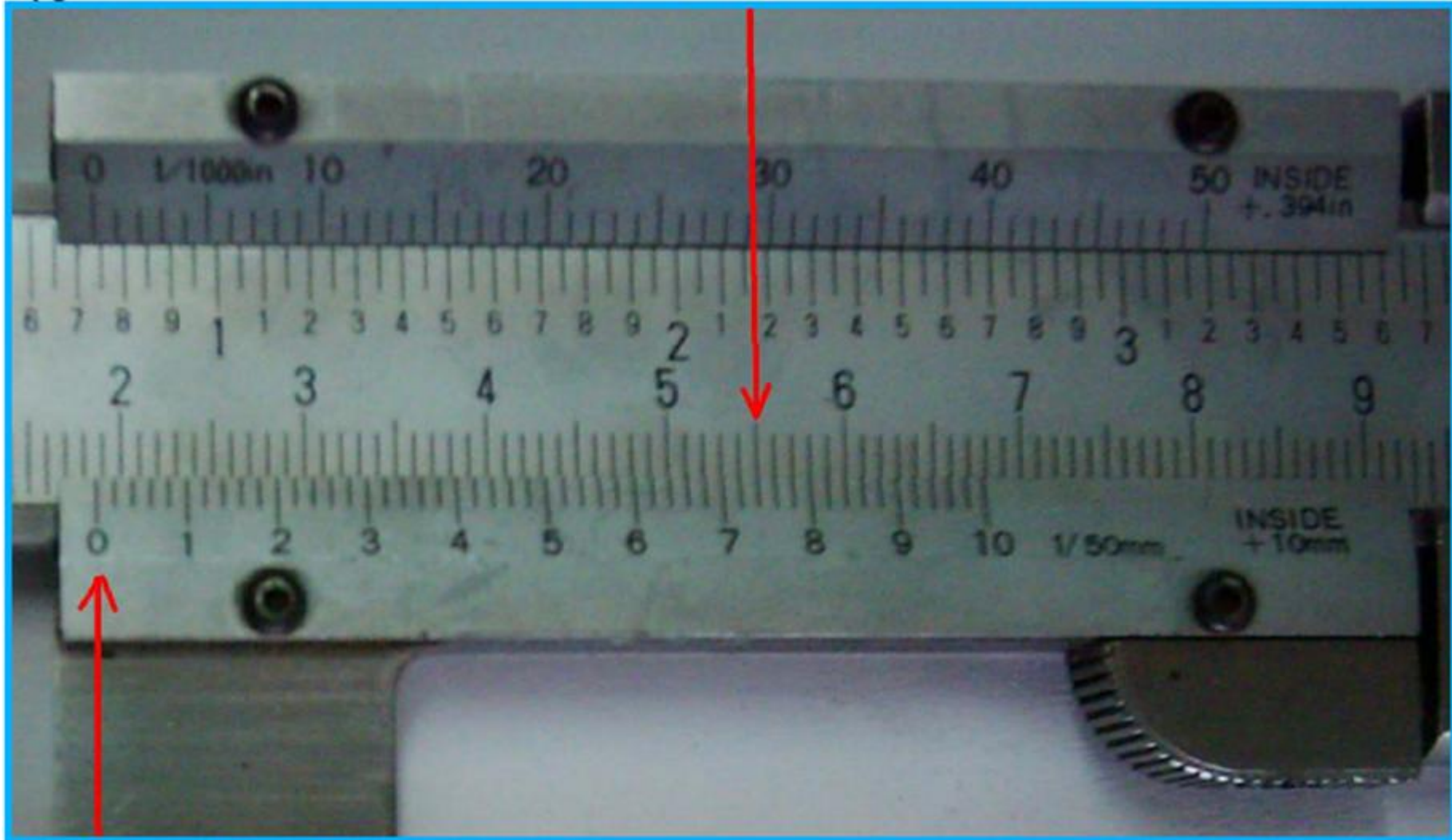
UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 9.22 MM



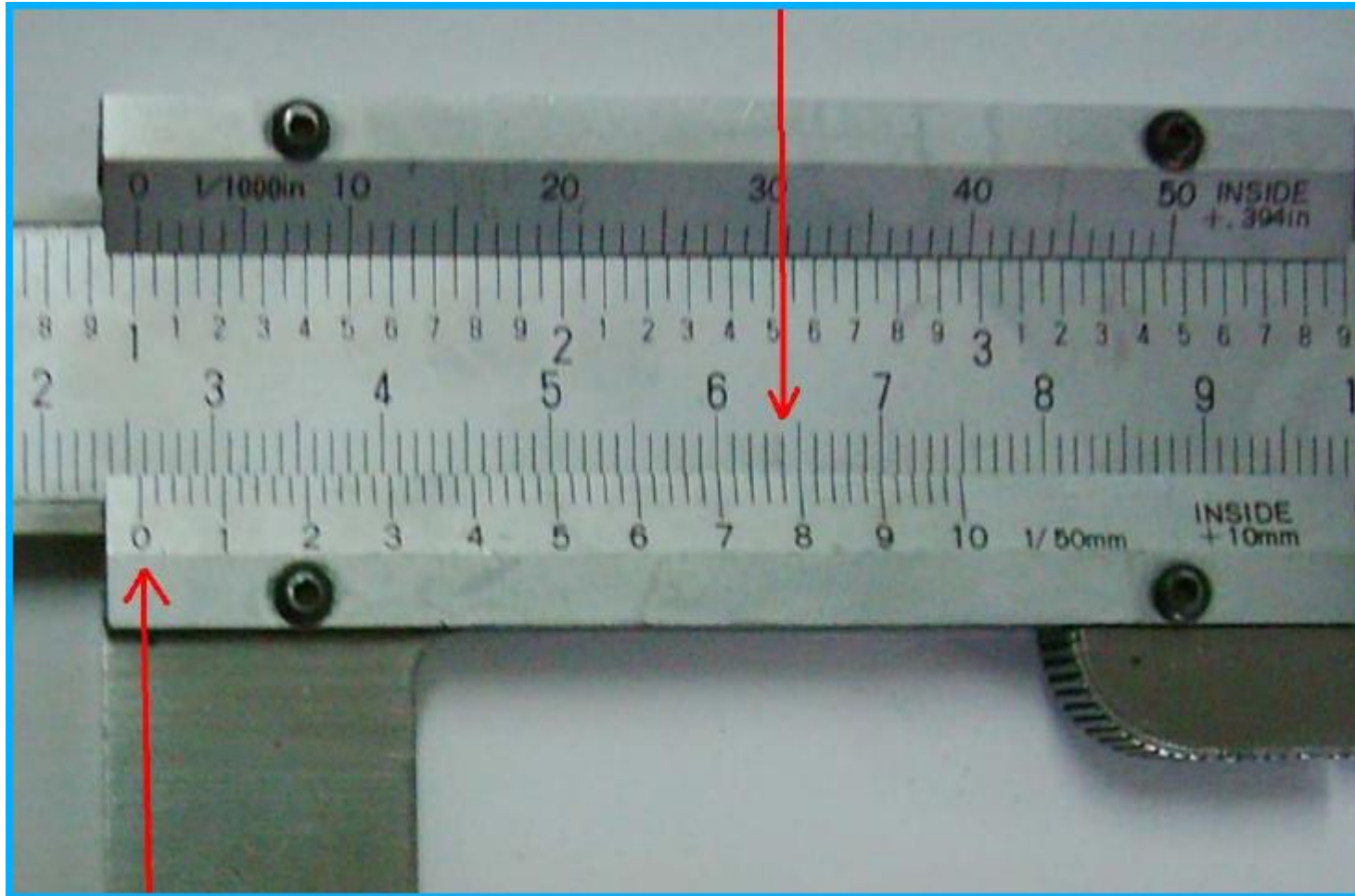


Uygulama-2 = 18.74 MM



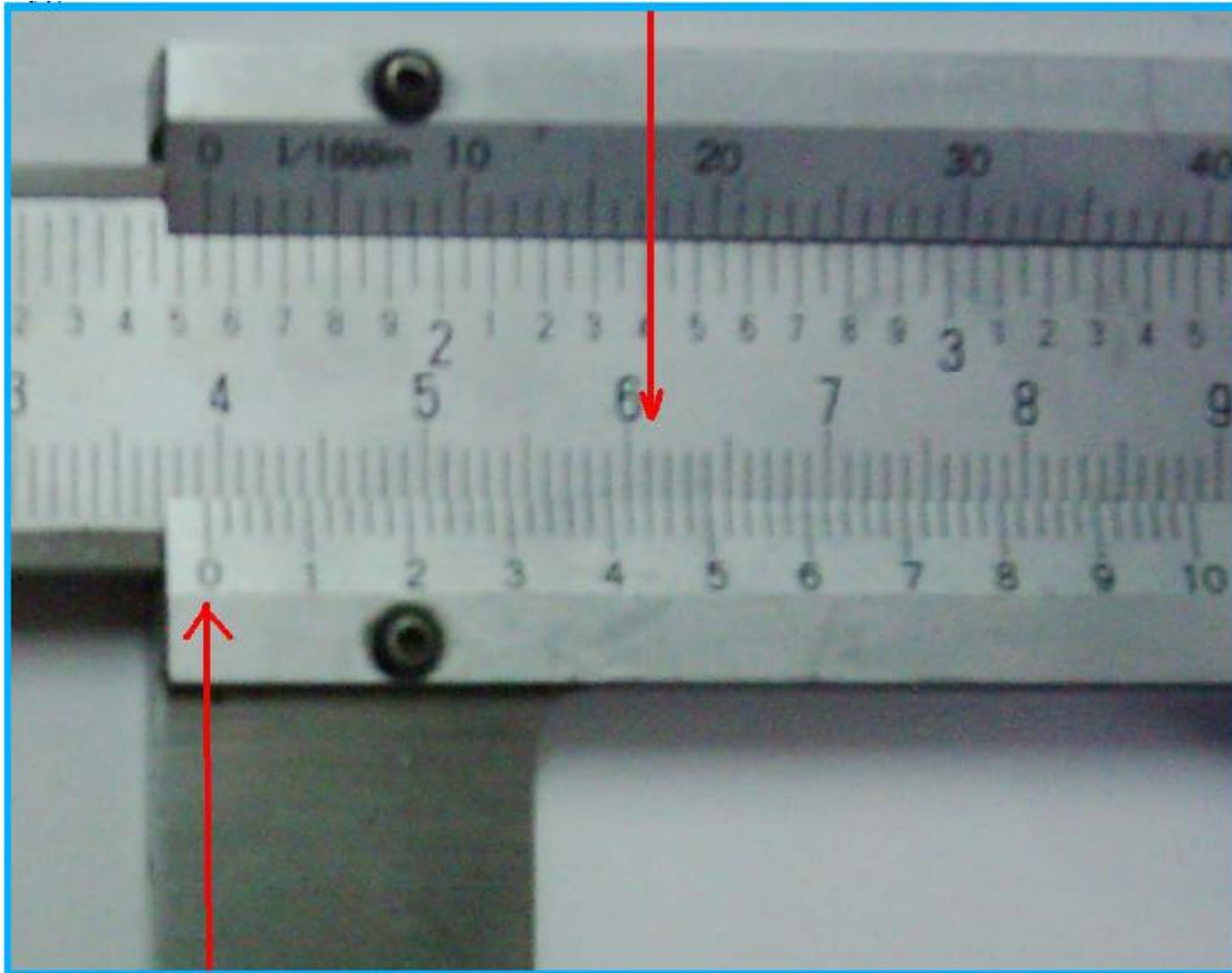


Uygulama-3 = 25.78 MM





Uygulama-4 = 39.44 MM



1/10'luk 1/20'lik 1/50'lik Mekanik Kumpasların Hassaslığının Kıyaslanması

❖ 1 mm lik uzunluğu her bir kumpas ile ölçelim

1/10'luk :

0.1-0.2-0.3-0.4-0.5-0.6-0.7-0.8-.0.9-1.0

1/20'luk :

0.05-0.10-0.15-0.20-0.25-0.30-0.35-0.40-.0.45-0.50

0.55-0.60-0.65-0.70-0.75-0.80-0.85-0.90-.0.95-1.00

1/50'luk :

0.02-0.04-0.06-0.08-0.10-0.12-0.14-0.16-.0.18-0.20

0.22-0.24-0.26-0.28-0.30-0.32-0.34-0.36-.0.38-0.40

0.42-0.44-0.46-0.48-0.50-0.52-0.54-0.56-.0.58-0.60

0.62-0.64-0.66-0.68-0.70-0.72-0.74-0.76-.0.78-0.80

0.82-0.84-0.86-0.88-0.90-0.92-0.94-0.96-.0.98-1.00



İNÇ' Lİ KUMPASLAR

HATIRLATMA:

Piyasada cıvata, boru ölçüleri, bir çeyrek, yarım parmak, bir parmak şeklinde söylenmektedir. Bunun ortaya çıkışı aşağıda görüldüğü gibi bir inç 16 parçaya bölünmüştür.

Şöyleki;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1	1	3	1	5	3	7	1	9	5	11	3	13	7	15	1
16	8	16	4	16	8	16	2	16	8	16	4	16	8	16	1

$$\frac{1''}{4} \text{ Bir çeyrek } \frac{1''}{2} \text{ Yarım Parmak } \frac{3''}{4} \text{ Üç çeyrek } 1'' \text{ Bir parmak}$$

$$1/16'' = 8/128''$$

$$1'' = 25,4 \text{ mm}$$

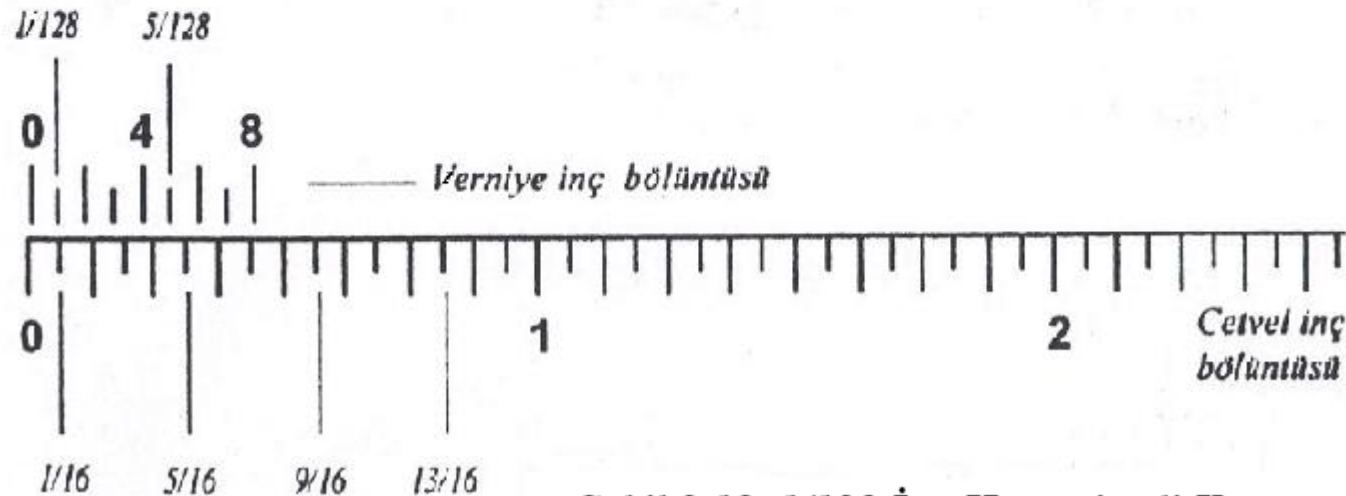
- 1/32'' lik Kumpaslar
- 1/64'' lik Kumpaslar
- 1/128'' lik Kumpaslar
- 1/1000'' lik Kumpaslar

İnç Kumpaslar

Kumpasların üst kısmındaki bölüntüler inç ölçü almakta kullanılır. Ana cetvelin üst kısmında normal inç cetvel bölüntüleri vardır ve aynı metrik kumpaslarda olduğu gibi bu kumpaslarda da ilk önce sürgülü cetvelin sıfır çizgisinin, ana cetvelde hangi çizgiyi geçtiğine bakılır. Sürgülü cetvel kısmından okunan ölçü, ana cetvelde okunan ölçüye eklenerek ölçüm gerçekleştirilir.

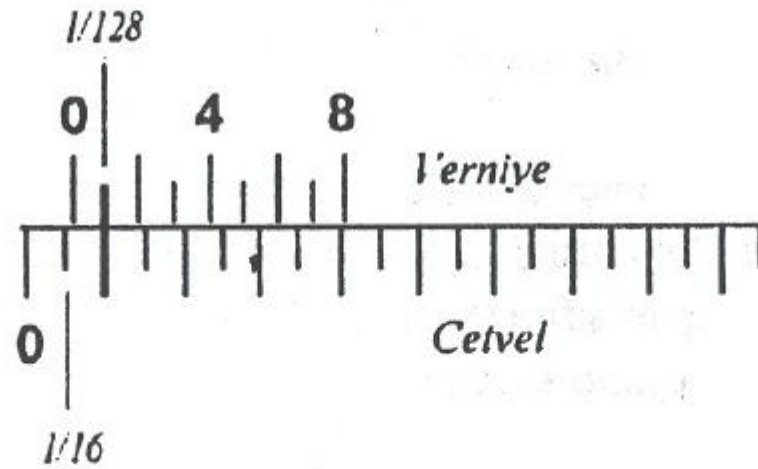
1/128 İnç Hassasiyetli Kumpas

Ana cetvelde 1 inçlik uzunluk 16 eşit parçaya bölünmüştür. Her bir çizgi 1/16 inç ölçüsündedir. Bölüntülerin kolay okunabilmesi için çizgiler bir kısa, bir uzun olarak çizilmiştir. Sıfırdan sonra gelen çizgiler 1/16, 2/16, 3/16, 4/16.....inç olarak 16/16 ya kadar devam eder. 16/16=1 inçtir. İnç ölçülerde değerler hep sadeleştirilerek söylenir ve yazılır.



Şekil 2.18. 1/128 İnç Hassasiyetli Kumpas

İnç kumpaslarda çeneler tamamen kapalı iken sürgülü cetvelin sıfır çizgisi ana cetvelin sıfır çizgisiyle çakışır. Kumpasın çeneleri açıkken sürgülü cetvelin sıfır çizgisi ana cetvelde hangi çizgiyle çakışmışsa tam değer o ölçüdür. ($3/16$, $7/16$gibi)



Şekil 2.19. $1/16 + 2/128$ inç

Ana cetvel üzerinde $7/16$ inçlik uzunluk, sürgülü cetvel üzerinde 8 eşit parçaya bölünmüştür. Sürgülü cetvelde her bir çizgi aralığı $1/128$ inç kabul edilerek okunur. Bu çizgiler sıfırdan sonra sırasıyla $1/128$, $2/128$, $3/128$,devam eder.

Sürgülü cetvel üzerindeki bu çizgilerden hangisi ana cetvelden her hangi bir bölüntü ile çakışmışsa bu değer 16'lık kısma eklenir ve ölçü okunmuş olur.

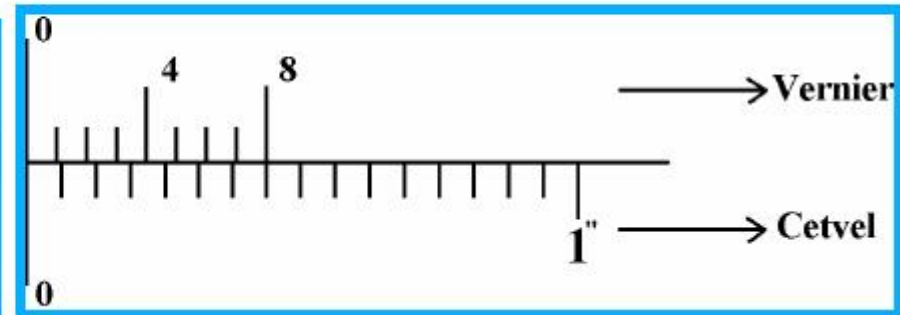
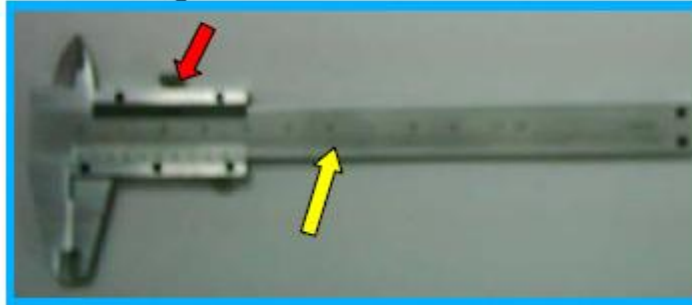


2.3.6. Genel Ölçme Kuralları

- Kumpas elimizin sıcaklığından bile etkilenen hassas bir ölçme aletidir.
- Ölçü okunurken kumpas mutlaka göz hizasında tutulmalı ve çakışan çizgiler doğru tespit edilmelidir.
- Işık yönüne mutlaka dikkat edilmelidir. Yandan gelen ışıktaki okuma yapılıyorsa hatalara neden olabilir.
- Kumpas ile derinlik, uzunluk, iç ve dış çap ölçümlerinde kumpasın uygun kısımları kullanılmalıdır.
- Hareketli parçalardan ölçü kesinlikle alınmaz.
- Ölçü aleti ve ölçülecek parça temiz olmalıdır.
- Ölçme işleminden önce ölçü aletinin doğruluğu kontrol edilmelidir.

1/128" 'lik Kumpaslar

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

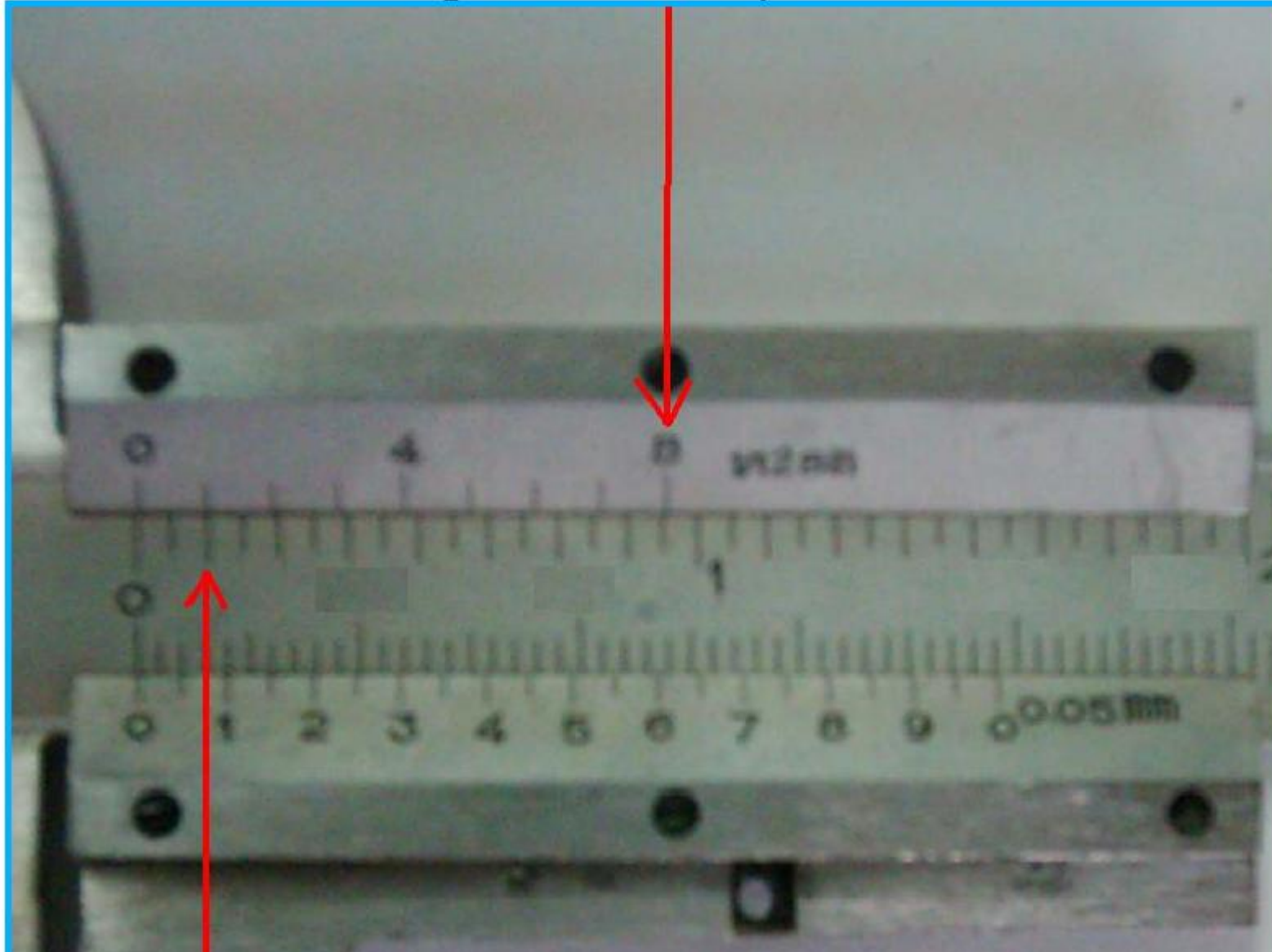
Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

$$\frac{1}{16}'' - \frac{7}{128}'' = \frac{8-7}{128} = \frac{1}{128}''$$

$$\left(\frac{7}{16}'' \right) \div 8 = \frac{7}{16} \cdot \frac{1}{8} = \frac{7}{128}''$$

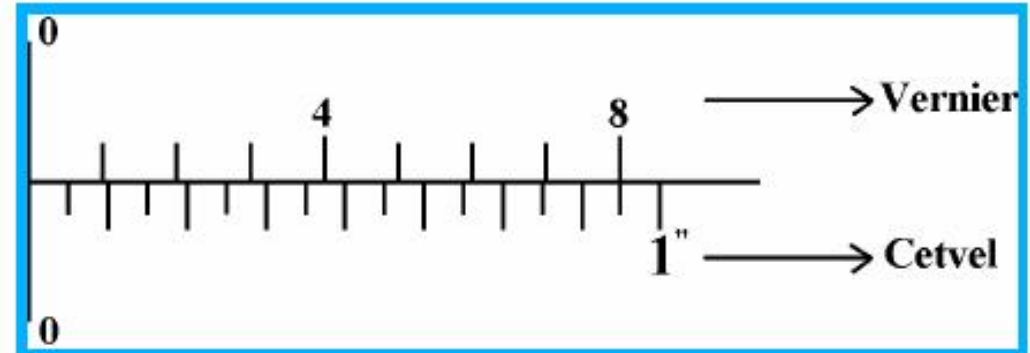
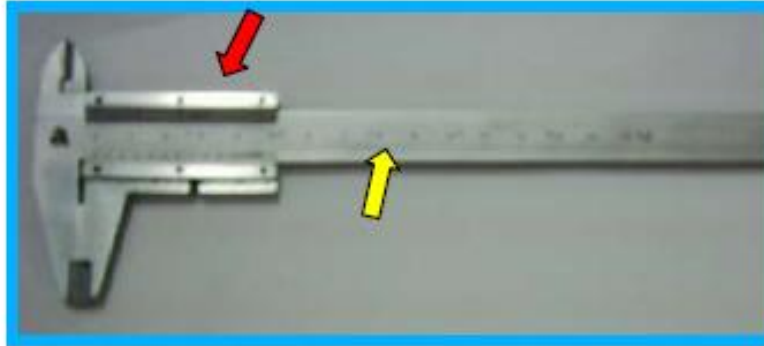


1/128" 'lik Kumpasın Hassasiyetinin Bulunması



1/128" 'lik Kumpaslar (Verniyeri Farklı Yapıda)

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaşığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

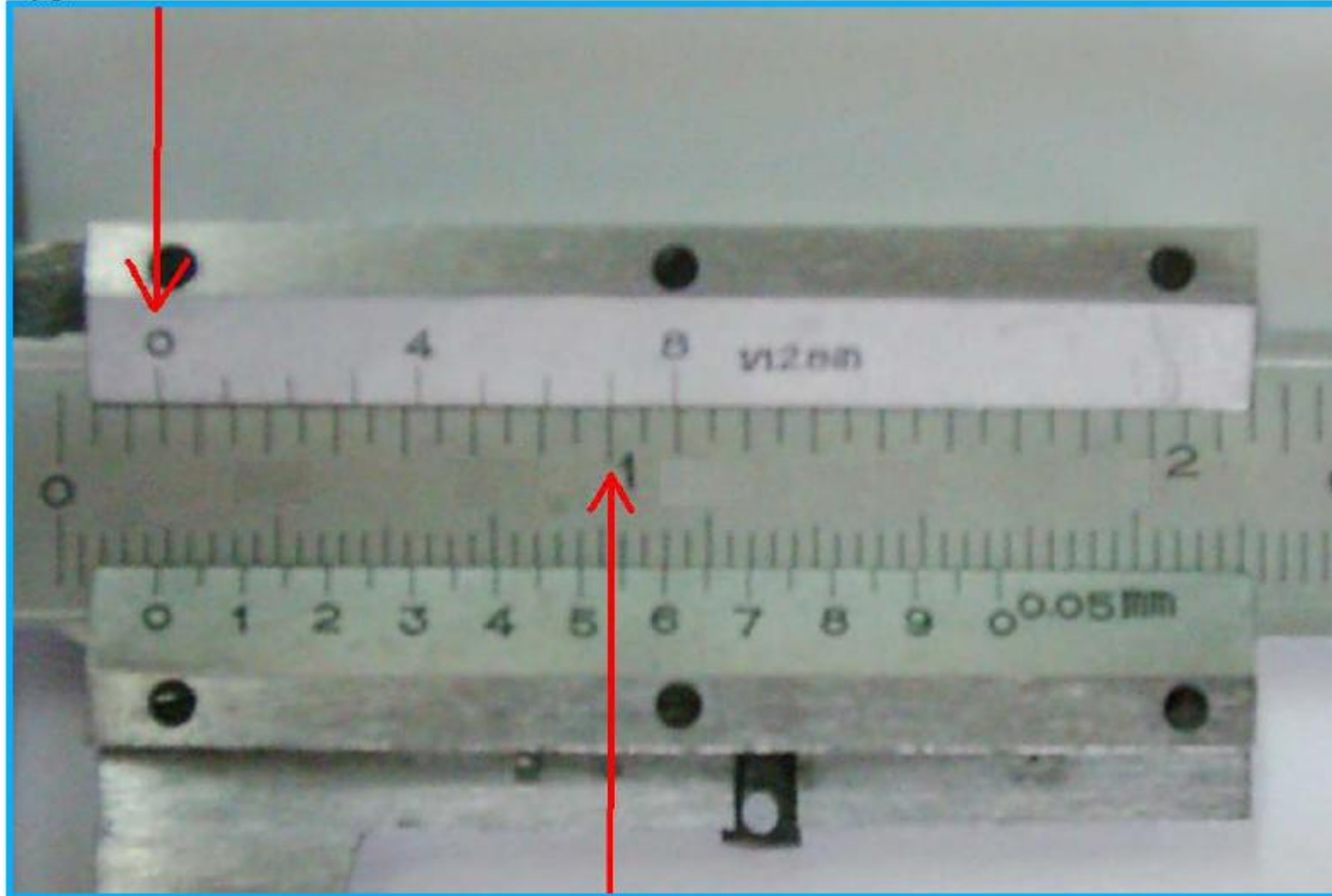
$$\frac{2''}{16} - \frac{15''}{128} = \frac{16-15}{128} = \frac{1}{128}''$$

$$\frac{\left(\frac{15''}{16}\right)}{8} = \frac{15}{16} \cdot \frac{1}{8} = \frac{15}{128}''$$

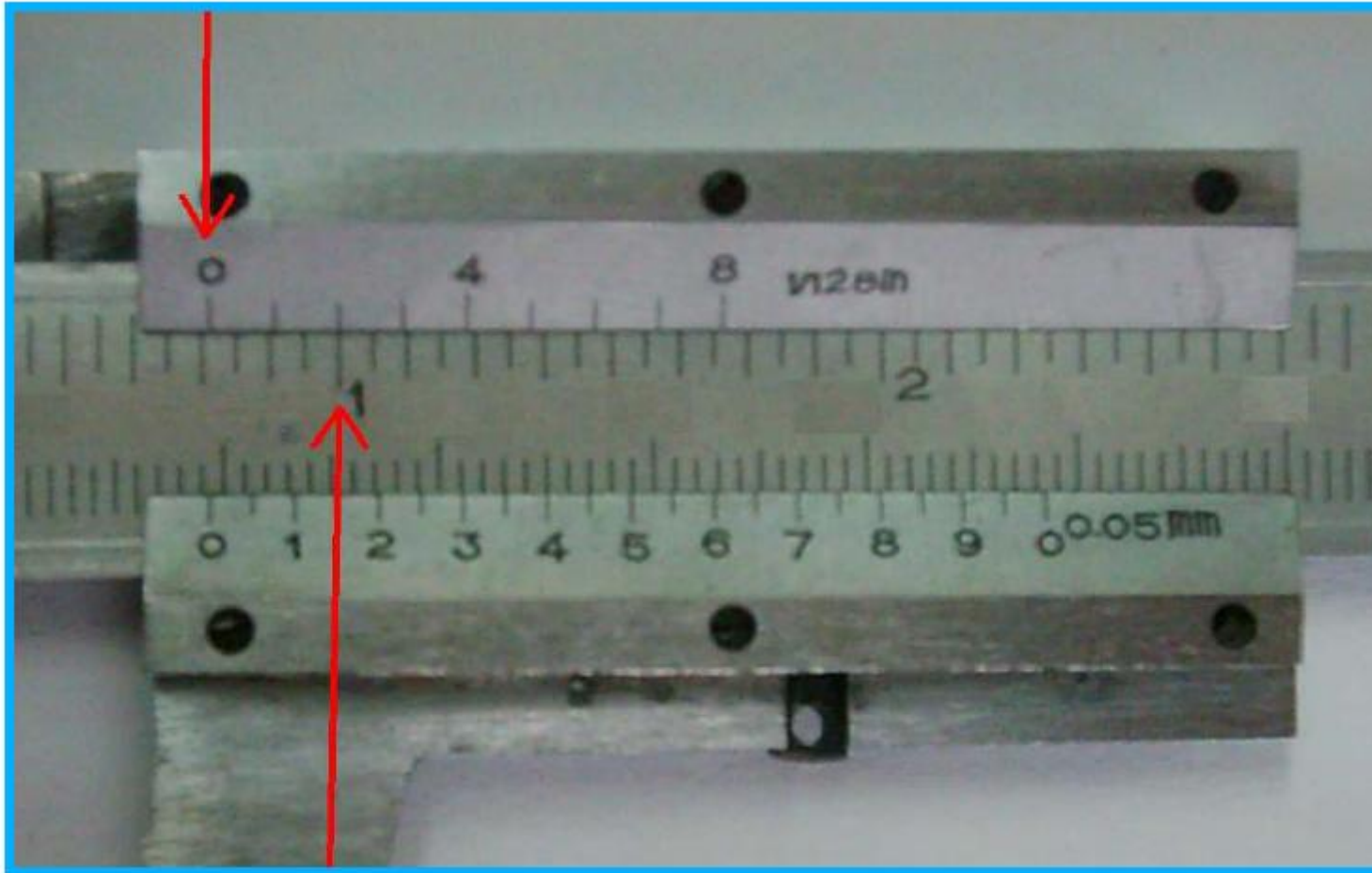


UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 23/128"

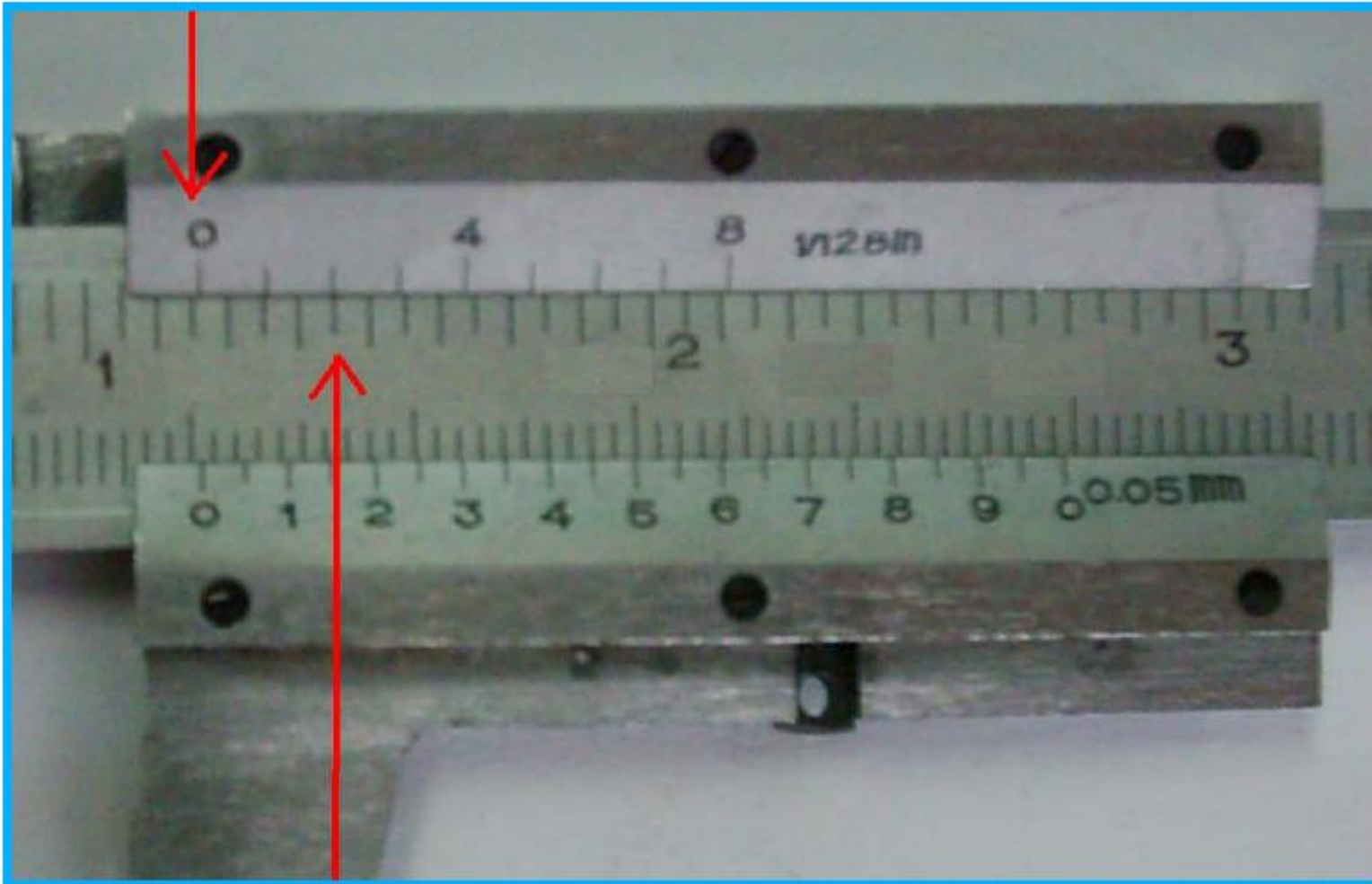


Uygulama-2 = 98/128"



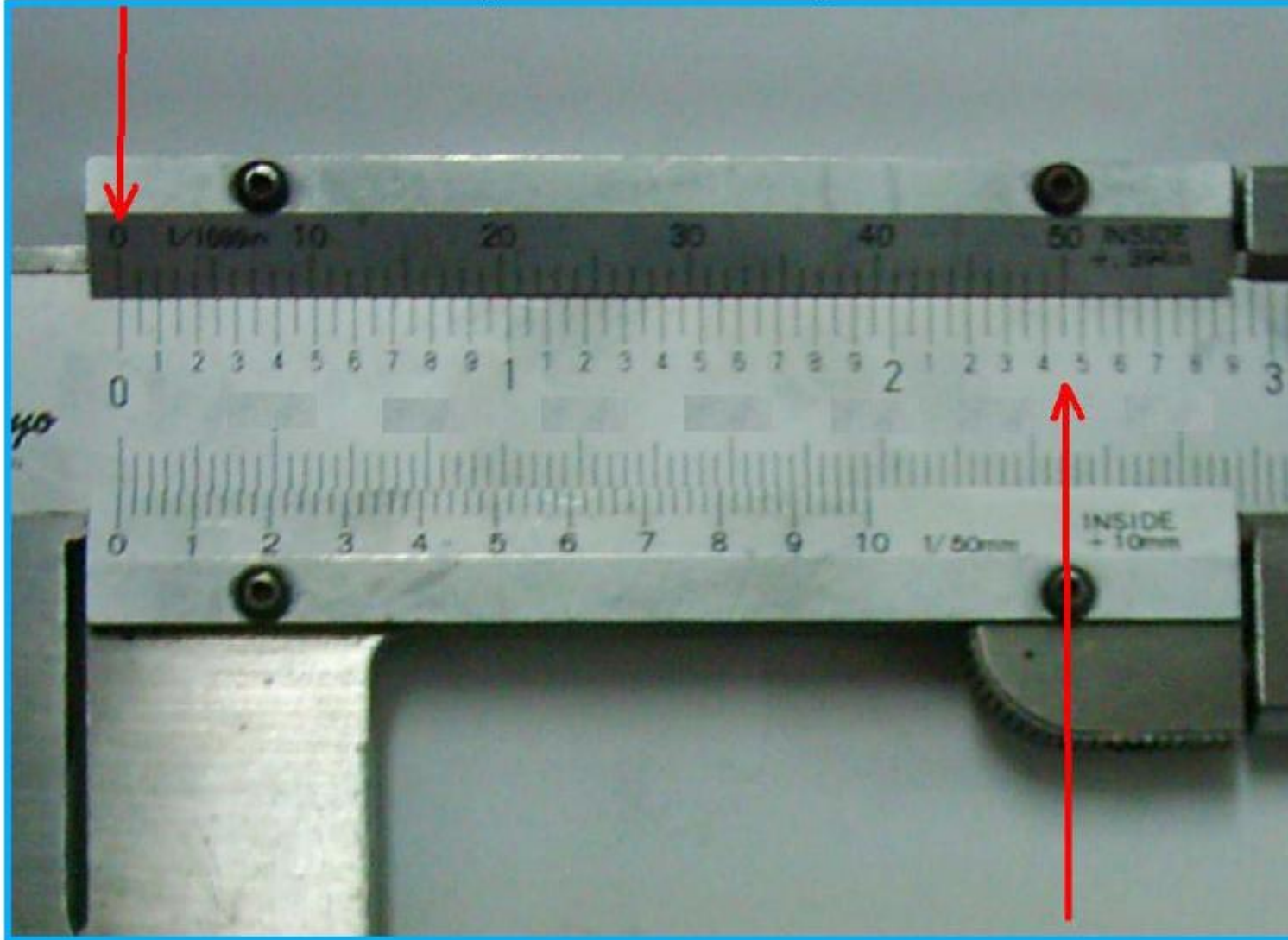


Uygulama-3 = $1 \frac{26}{128}$ "



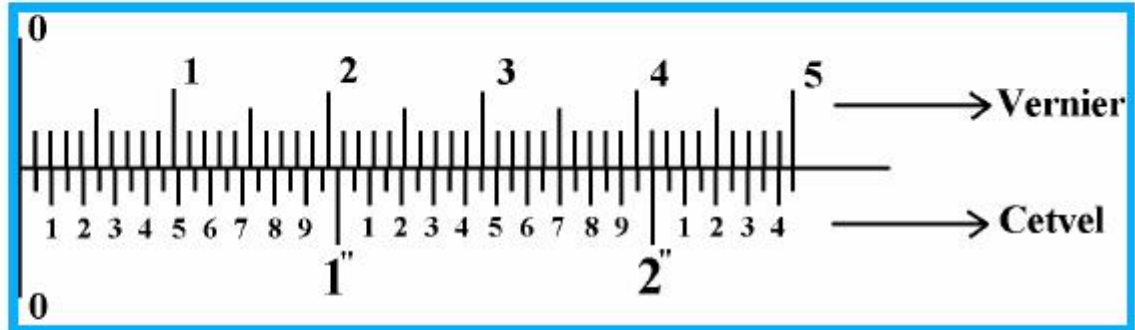


1/1000" 'lik Kumpasın Hassasiyetinin Bulunması



1/1000" 'lik Kumpaslar

❖ Yapısı :



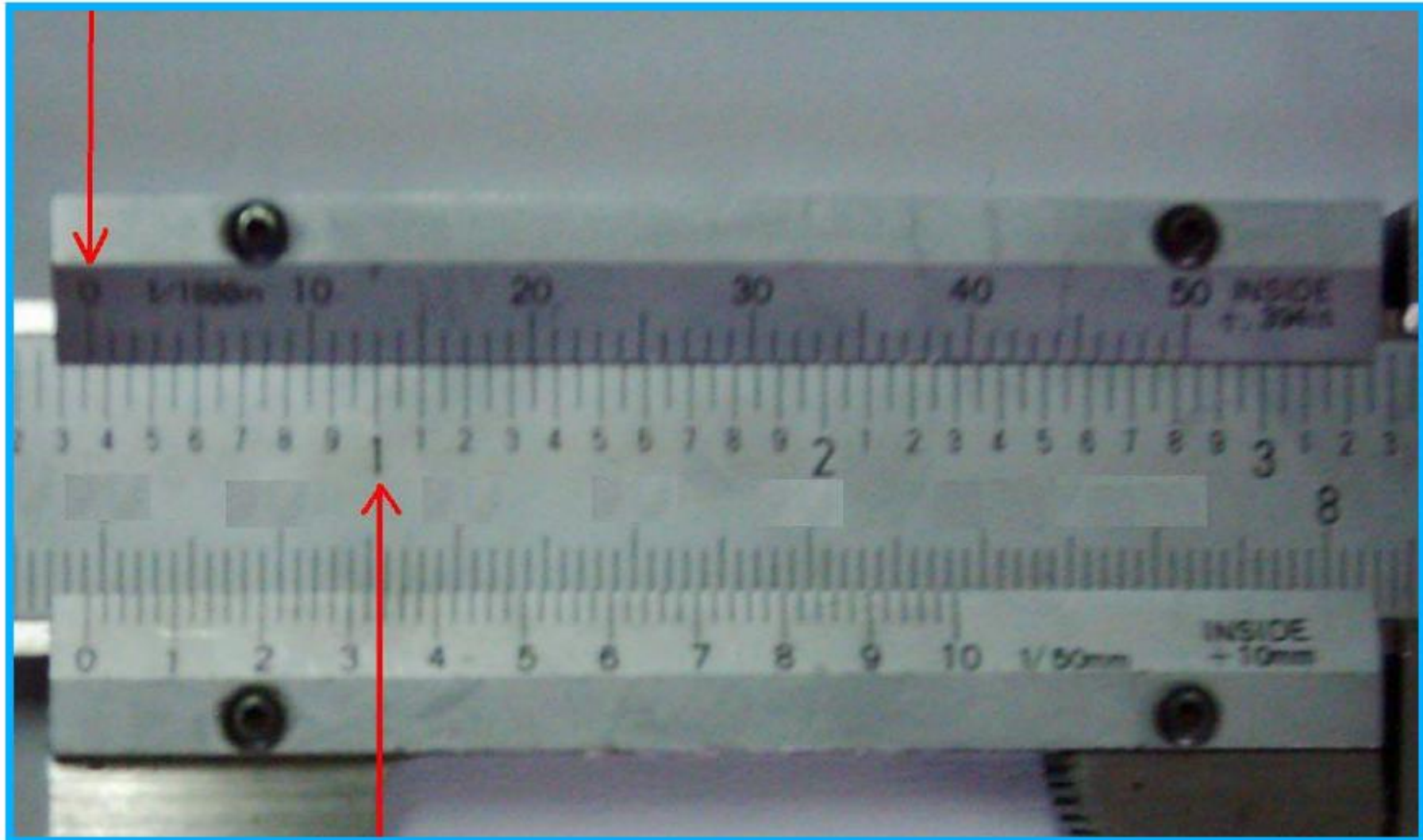
❖ Kumpasın Hassaşığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

$$\left(\frac{1}{20}\right)'' - \left(\frac{2,45}{50}\right)'' = (0.050)'' - (0.049)'' = 0.001''$$

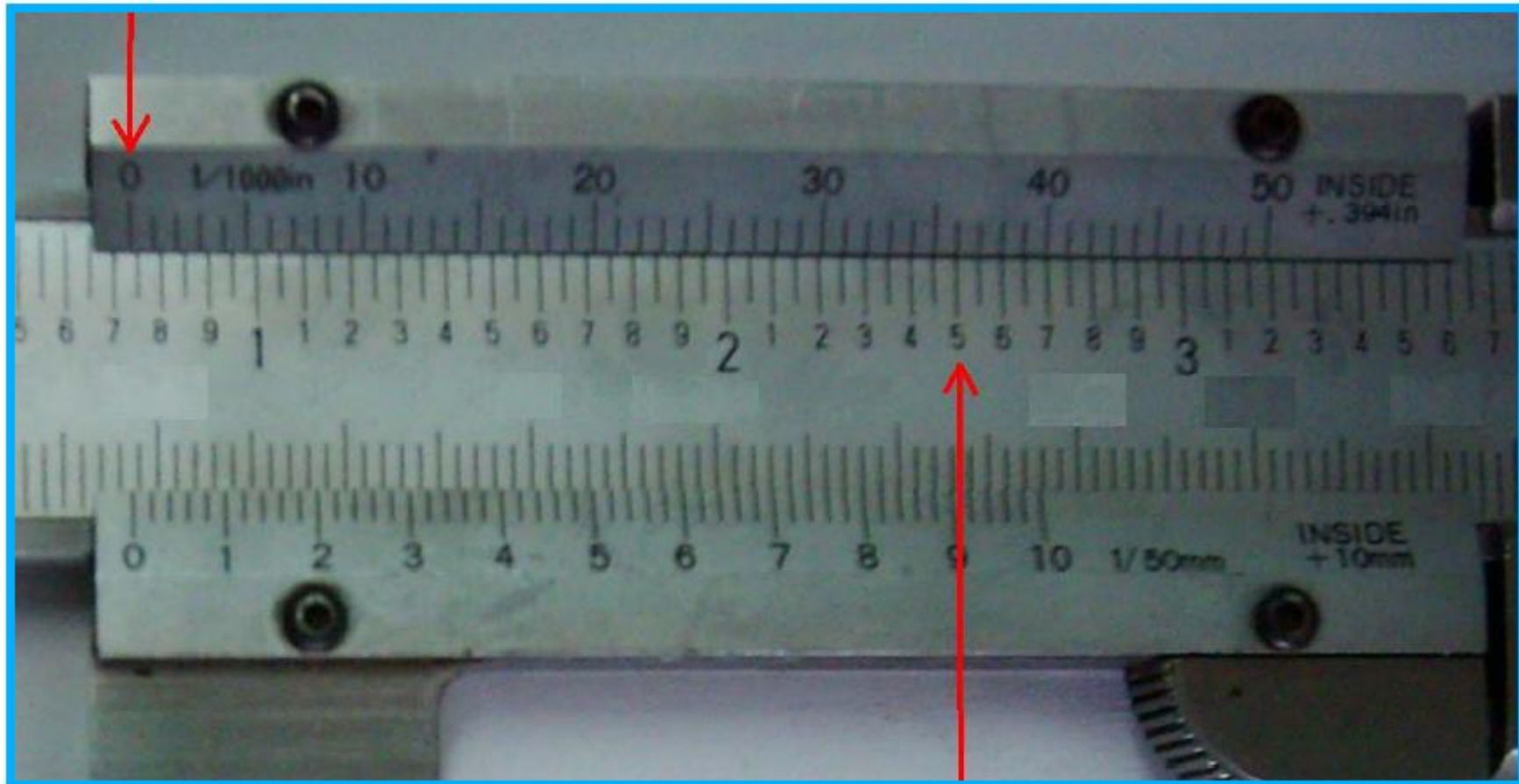
UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 0.363"



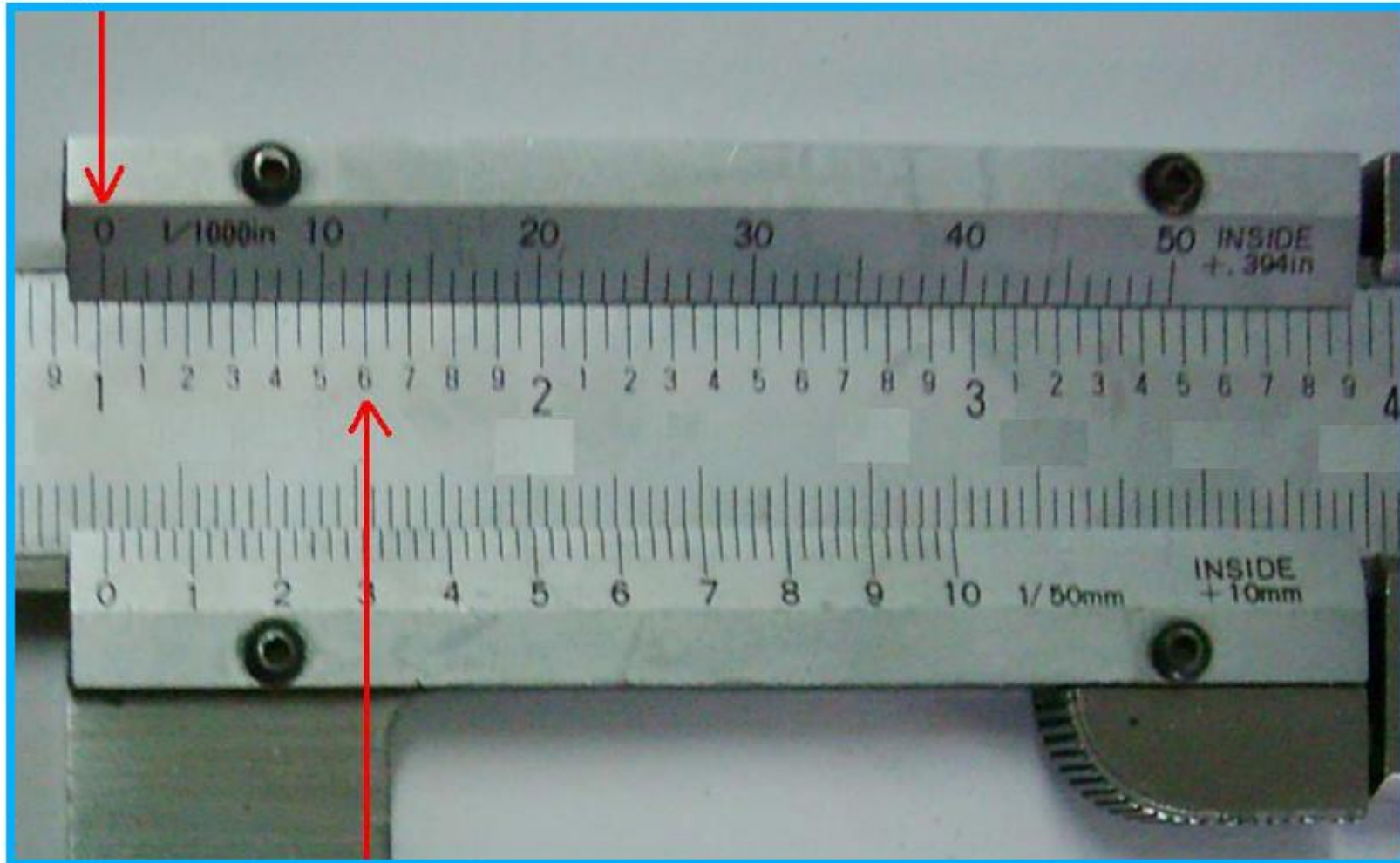


Uygulama-2 = 0.736"

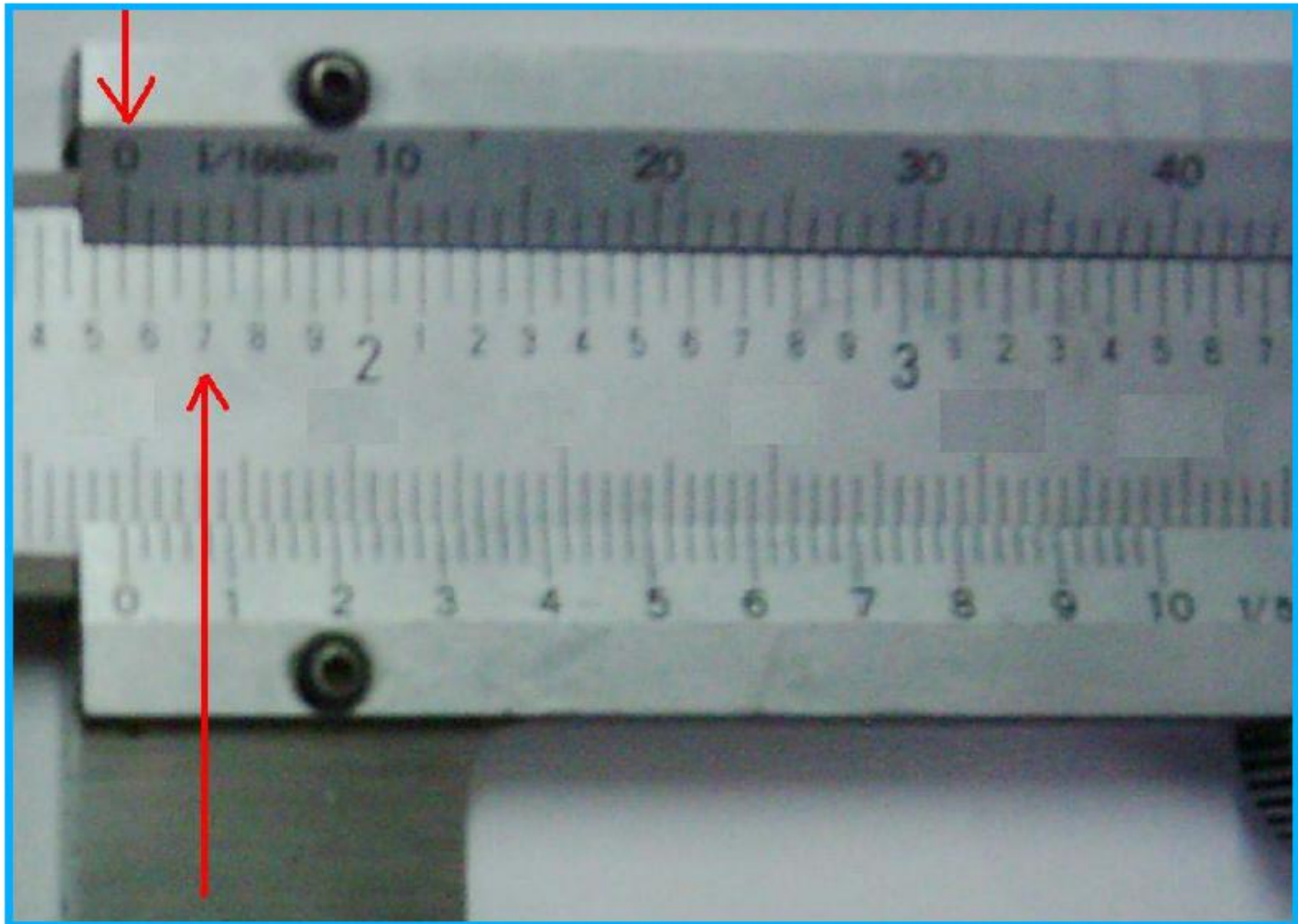




Uygulama-3 = 1.012"



Uygulama-4 = 1.553"



MİKROMETRELER

HATIRLATMA

Mekanik Kumpaslarda maksimum hassasiyet 1/50'likte 0.02 mm olarak bulunmuştur. 0.01 mm hassasiyetinde işleme için tasarımı daha farklı olan **mikrometreler** geliştirilmiştir. Mikrometreler de iç çap, dış çap ve derinlik ölçerler.

MİKROMETRENİN YAPISI





Mikrometrelerin ölçü aralıkları farklıdır.



Mikrometrelerin ölçü aralıkları farklıdır.



Kullanım yerlerine göre özel mikrometreler geliştirilmiştir.
V - yataklı mikrometreler



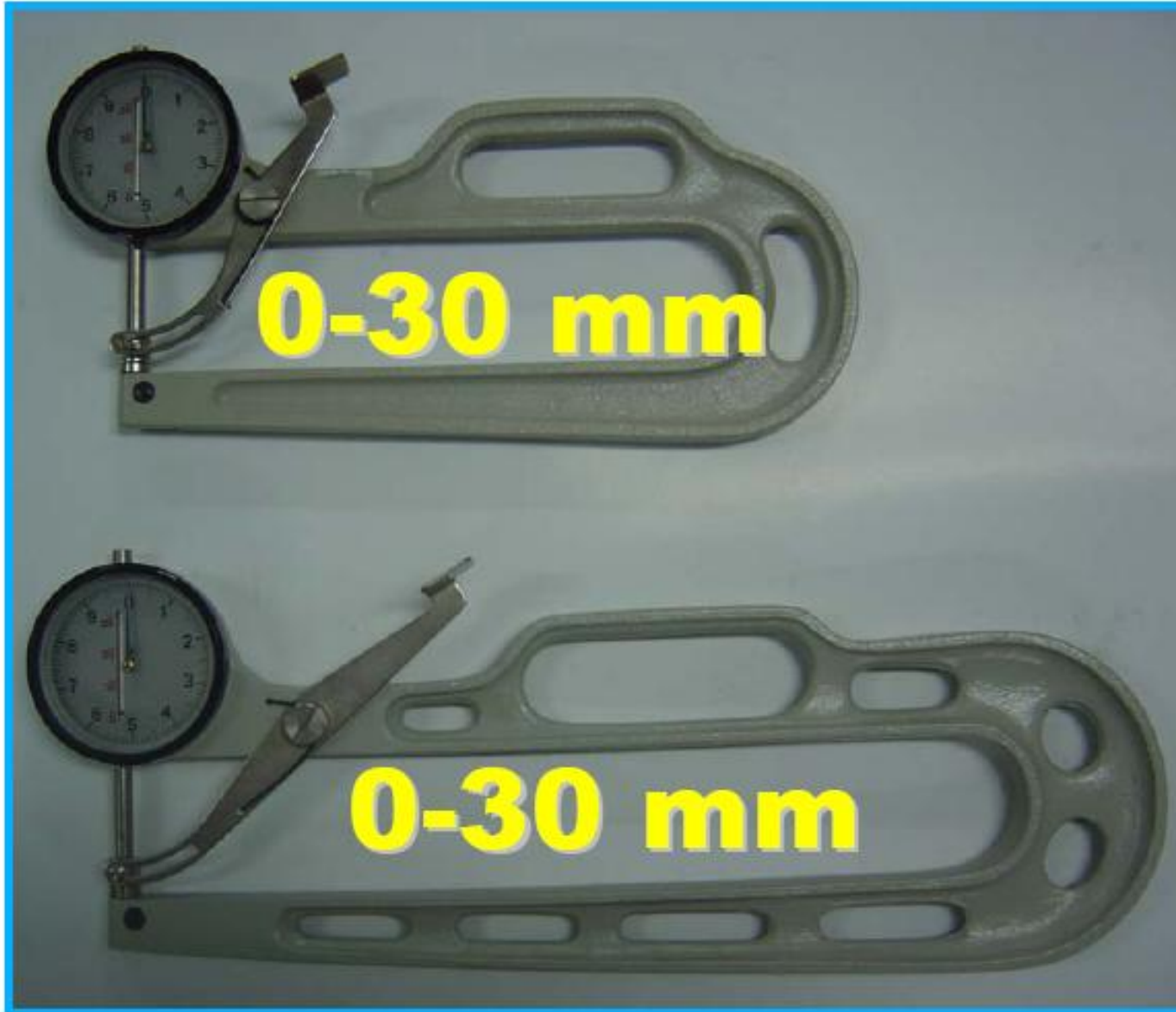
Seri imalatlarda kalite kontrol için ayaklı mikrometre



Seri imalatlar için mikrometre



Seri imalatlar için kadranlı mikrometre



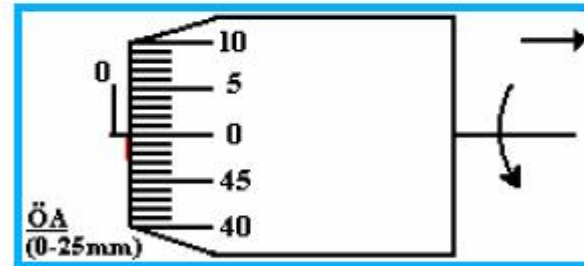
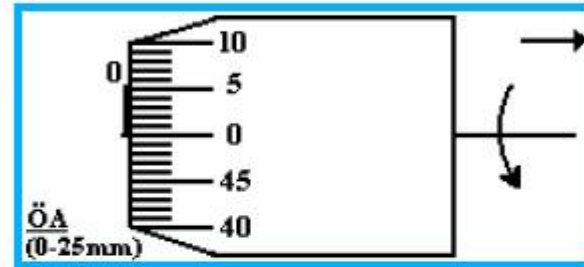


Piyasada kullanılan mikrometrelerin hassasiyetleri

- ❖ 1/100 mm'lik mikrometreler
- ❖ 1/200 mm'lik mikrometreler
- ❖ 1/1000 mm'lik mikrometreler

1/100 mm'lik mikrometreler

- ❖ Yapısı :



Hassasiyet = İlerleme / Çizgi sayısı

- ❖ Eksenler çakıştırılır, tambura bir tam devir yaptırılır, milin ne kadar ilerlediğine bakılır
- ❖ Dönel tamburdaki çizgi sayısı sayılır
- ❖ Hassasiyet = $0,5/50\text{mm} = 5/500 = 1/100 = 0,01 \text{ mm}$



❖ 0.01 mm' in ANLAMAMI : Bu mikrometre

10.00 mm FAKAT

29.91 mm

41.13 mm

23.54 mm

57.23 mm yi ÖLÇER.

Noktadan sonra iki rakam
ve birin katlarını ÖLÇER.

10.000 mm

29.914 mm

41.103 mm

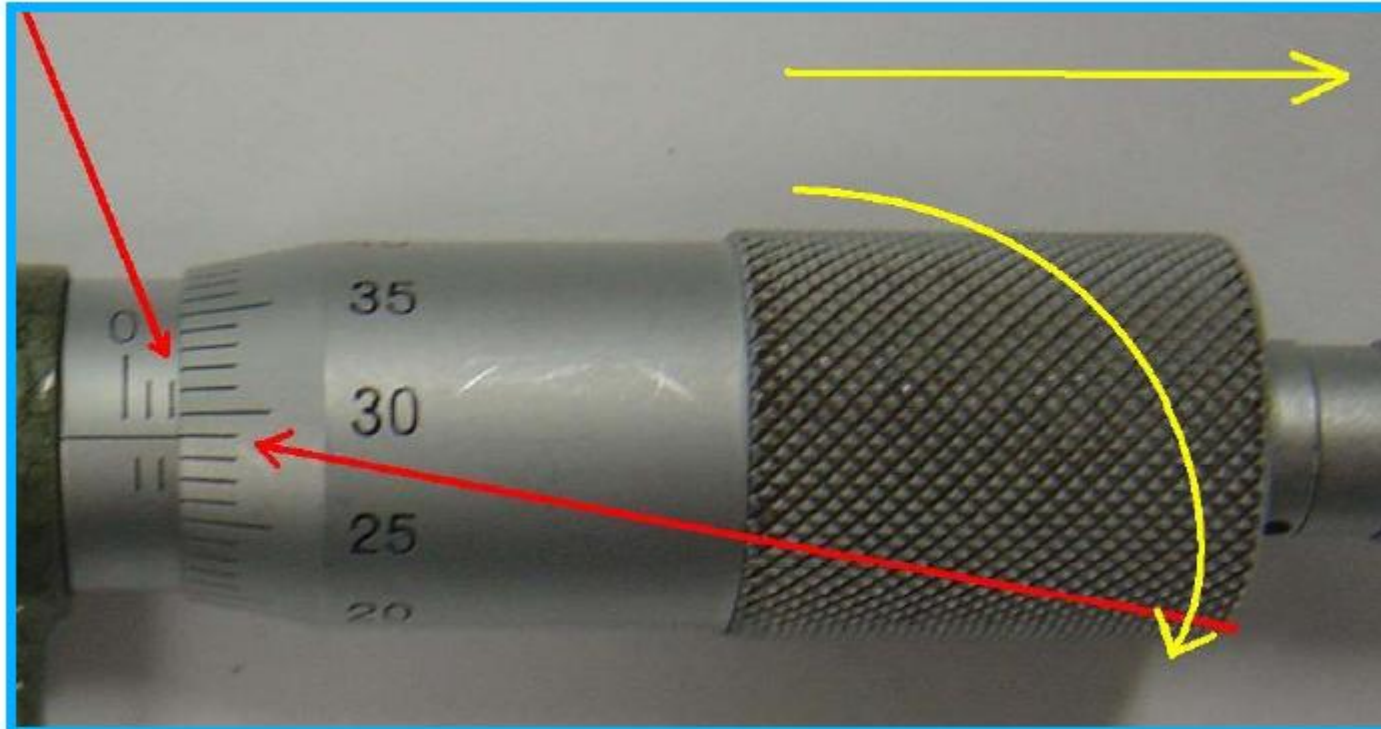
23.540 mm

57.232 mm yi ÖLÇEMEZ.

Noktadan sonra üç rakam
fazla hassasiyet demektir

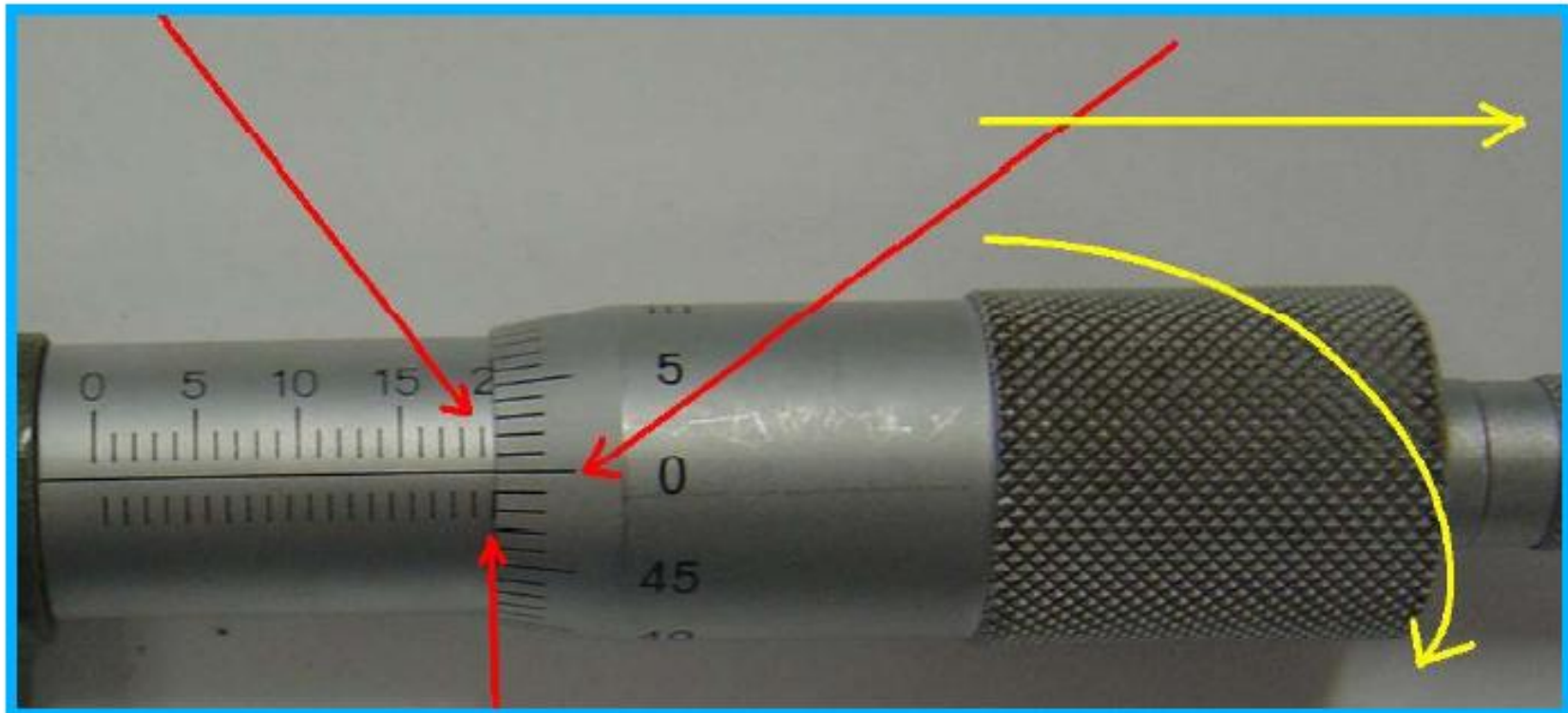
UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 2.29 mm



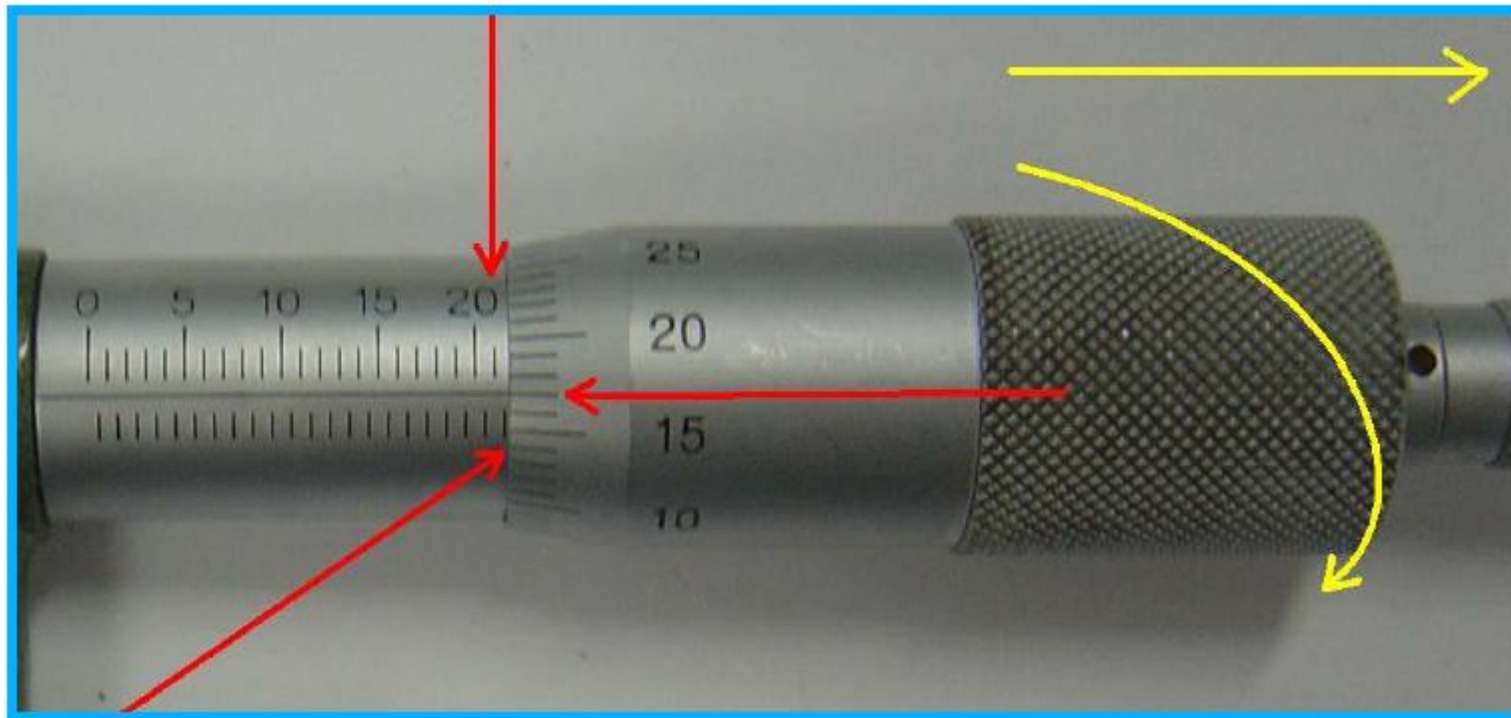


Uygulama-2 = 19.50 mm



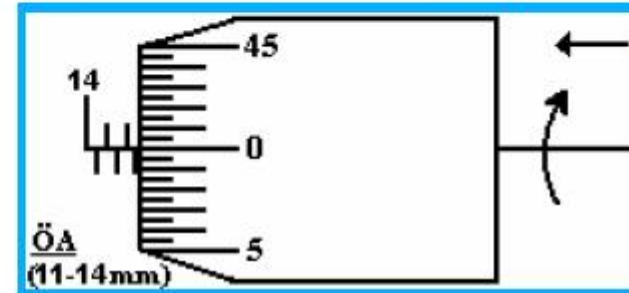
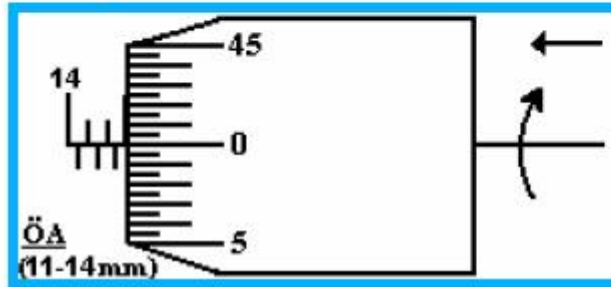


Uygulama-3 = 21.67 mm



1/200 mm'lik mikrometreler

❖ Yapısı



- ❖ Hassasiyet = İlerleme/Çizgi sayısı
- ❖ Eksenler çakıştırılır, tambura bir tam devir yaptırılır, milin ne kadar ilerlediğine bakılır
- ❖ Dönel tamburdaki çizgi sayısı sayılır
- ❖ Hassasiyet = $0,5/100\text{mm} = 5/1000 = 1/200 = 0,005 \text{ mm}$
- ❖ 0.005 mm' in ANLAMİ : Bu mikrometre

10.000 mm

FAKAT

10.001 mm

29.915 mm

29.914 mm

41.130 mm

41.103 mm

23.545 mm

23.546 mm

57.230 mm yi ÖLÇER.

57.232 mm yi ÖLÇEMEZ.

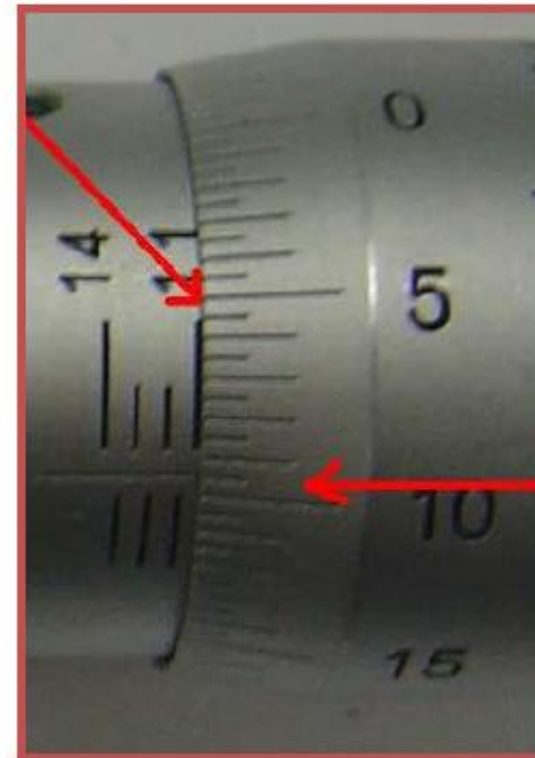
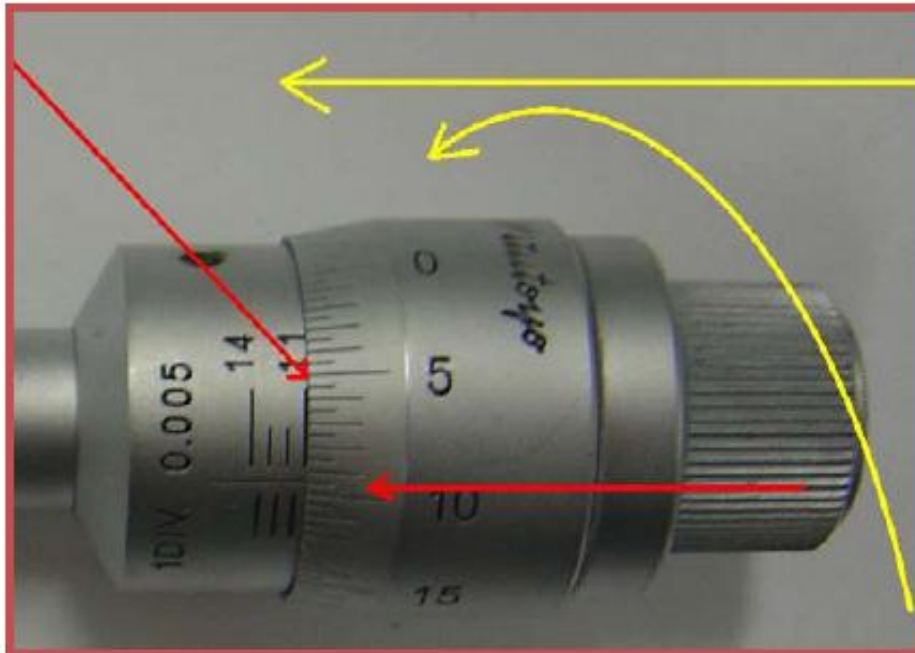
Noktadan sonra üç rakam
ve beşin katlarını ÖLÇER.

Zira (5) ve katları olmak
zorunda.



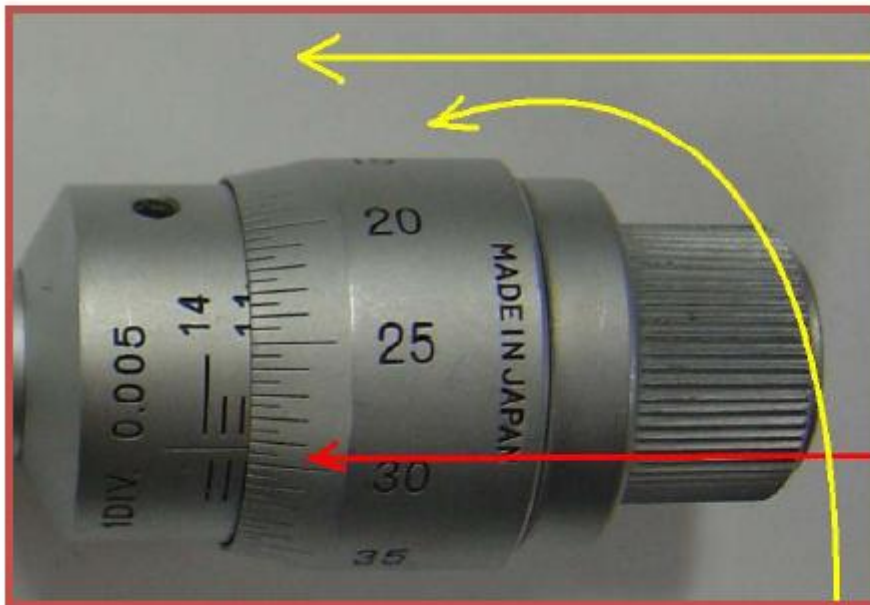
UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 11.095 mm



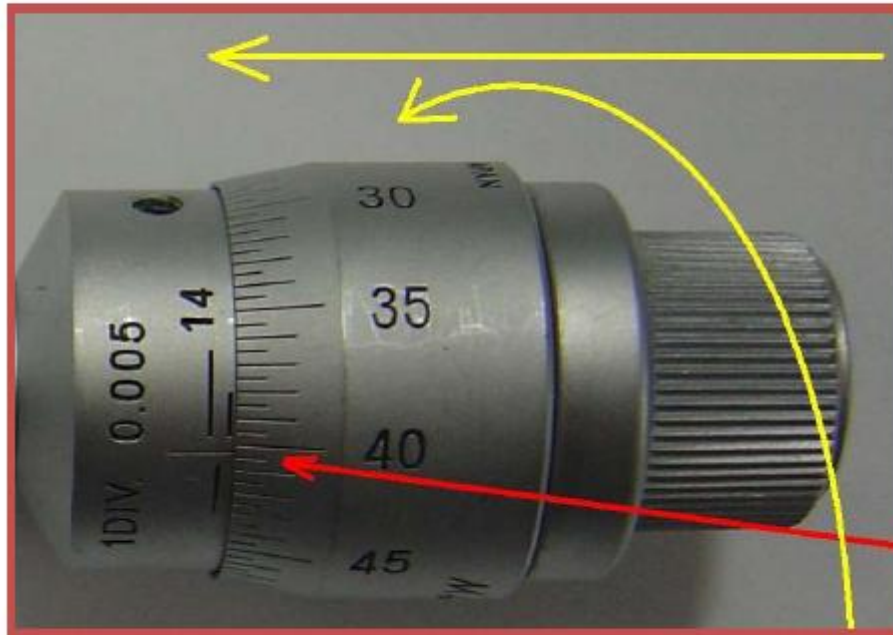


Uygulama-2 = 11.795 mm



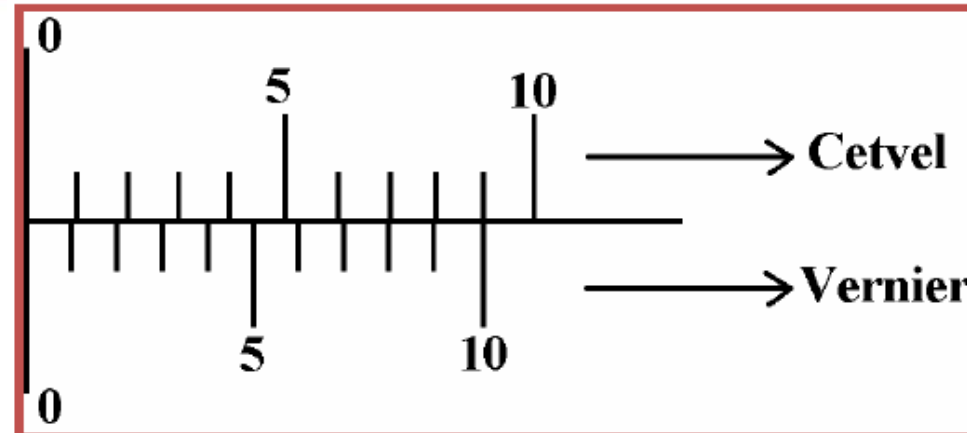
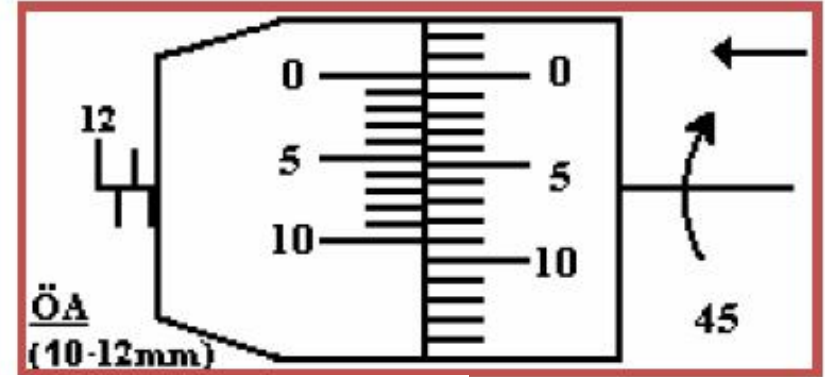
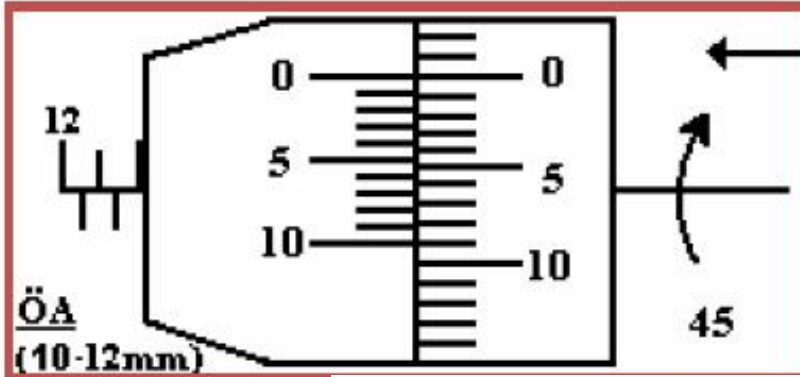


Uygulama-3 = 12.905 mm



1/1000 mm'lik Mikrometreler

❖ Yapısı :





Hassaslık 2 aşamalıdır.

1. AŞAMA

Hassasiyet = İlerleme/Çizgi sayısı = $0,5/50 = 0.01\text{mm}$

2. AŞAMA

Hassasiyet = Cetvel 2 çizgi arası - Verniyer 2 çizgi arası

Hassasiyet = $0,01 - (0,09/10) = 0,01 - 0,009 = 0,001\text{mm}$

❖ 0.001 mm' in ANLAMII : Bu mikrometre

10.000 mm

29.912 mm

41.134 mm

23.549 mm

57.231 mm yi **ÖLÇER.**

FAKAT

10.0000 mm

29.9120 mm

41.1340 mm

23.5490 mm

57.2310 mm yi **ÖLÇEMEZ.**

Noktadan sonra üç rakam
ve birin katlarını **ÖLÇER.**

Noktadan sonra dört
rakam fazla hassasiyet
demektir.

UYGULAMALAR

Uygulama-1 = 10.117 mm

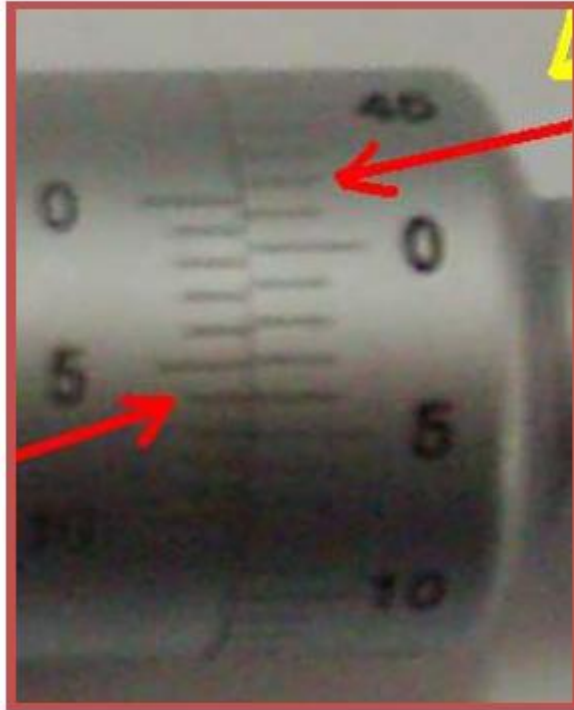




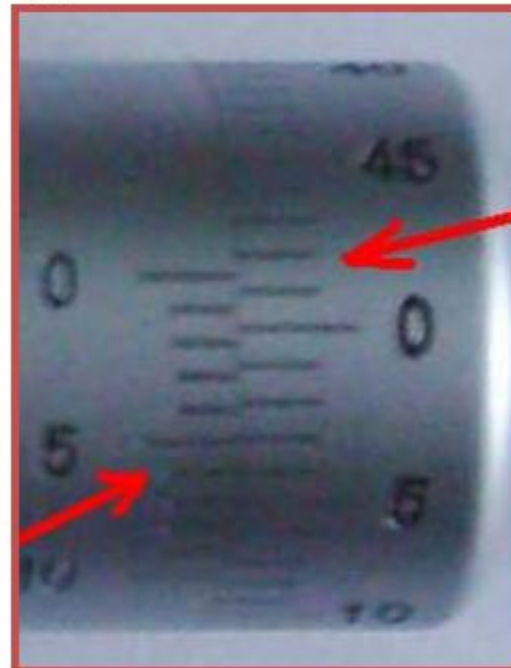
Uygulama-2 = 8.714 mm



Uygulama-3 = 8.986 mm



Uygulama-4 = 8.486 mm



Ölçü Saatleri (Komparatörler)

Mukayese amacı ile kullanıldıkları için ölçü saatlerine “komparatör” adı da verilir. Ölçü saatleri kolay ölçüm yapabilmek için bir **SEHPA** veya **SABİT ÖLÇÜ AYGITLARINA** bağlanırlar.

Boyutların;

- Mukayeseli ölçümlerinde
- Küçük ölçü farklarının okunmasında
- Geometrik biçim değişimlerinin kontrolünde

kullanılan ölçü aletleridir.

Hassasiyetleri: 0.01mm ile 0.001 mm arasında değişir

Ölçü aralıkları: 0-0.25 mm
0-0.5 mm
0-1 mm
0-5 mm
0-10 mm
0-30 mm

arasında olabilir.



Ölçü saatleri ile;

1. Dış çap kontrolü
2. Aynı anda çok boyutlu kontrol
3. İç çap kontrol
4. Doğrusal hareketin kontrolü
5. Yükseklik kontrolü
6. Yüzeye diklik kontrolü
7. Karşılıklı konum kontrolü
8. Derinlik kontrolü
9. Salgı kontrolü
10. Üretim kontrolü

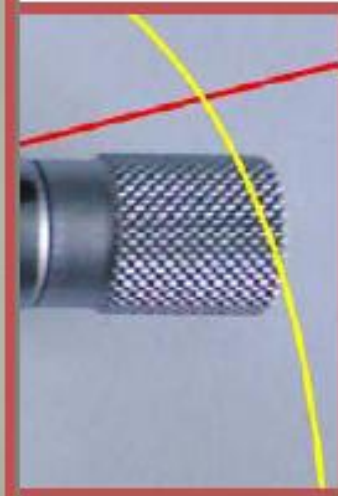
yapabiliriz.

Ölçü saatlerinde

TOLERANS SINIRLAMA

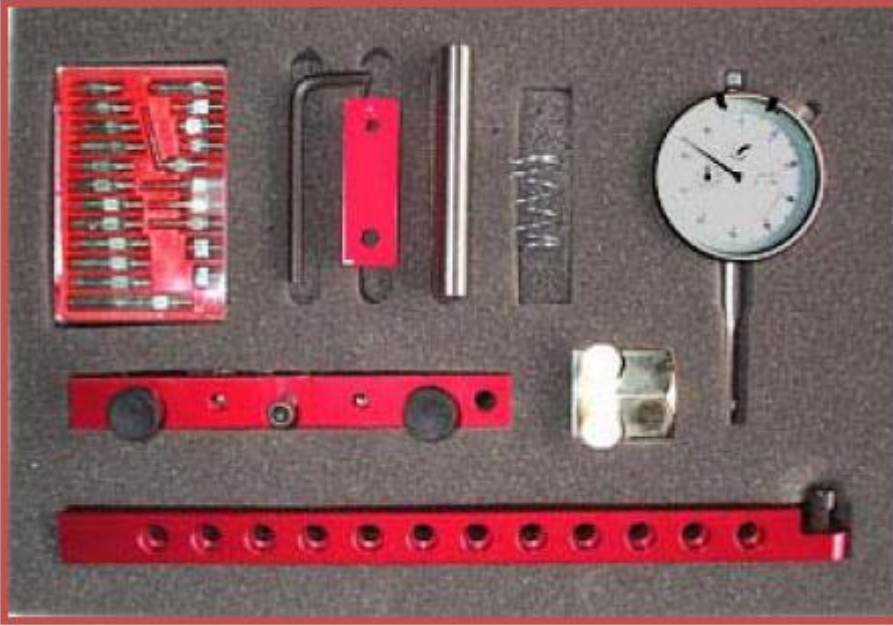
ARALIĞI mevcuttur. (+)

ve (-) tolerans miktarları
elle ayarlanır.







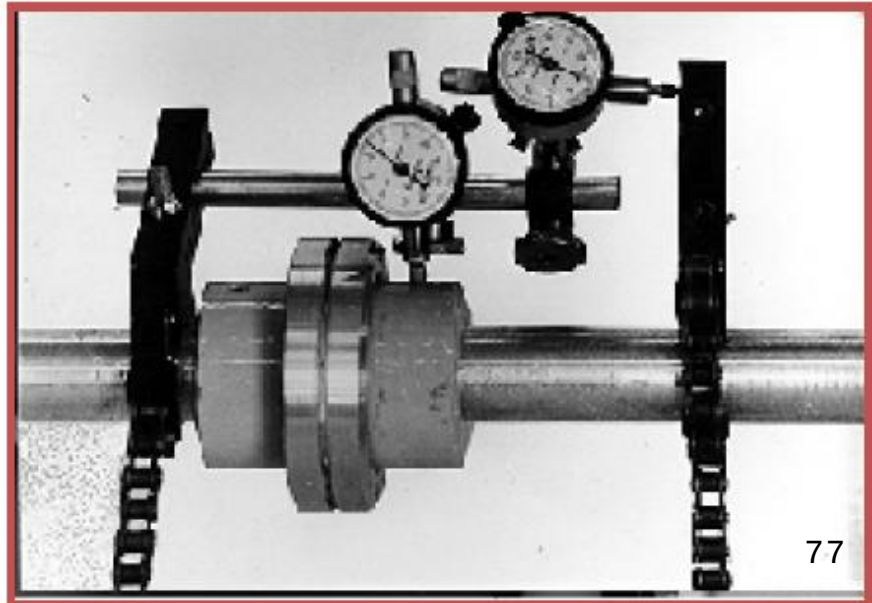
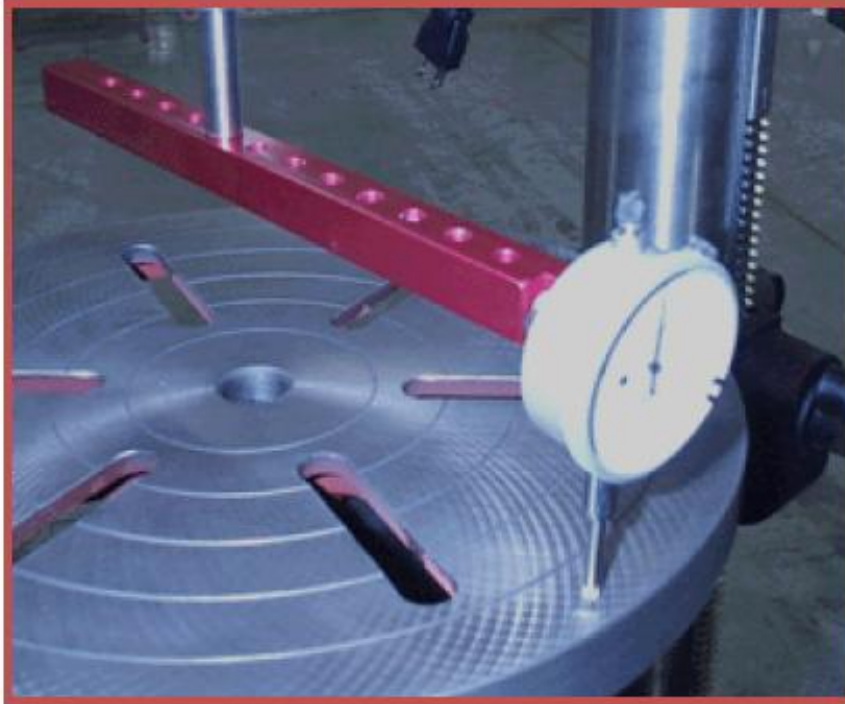


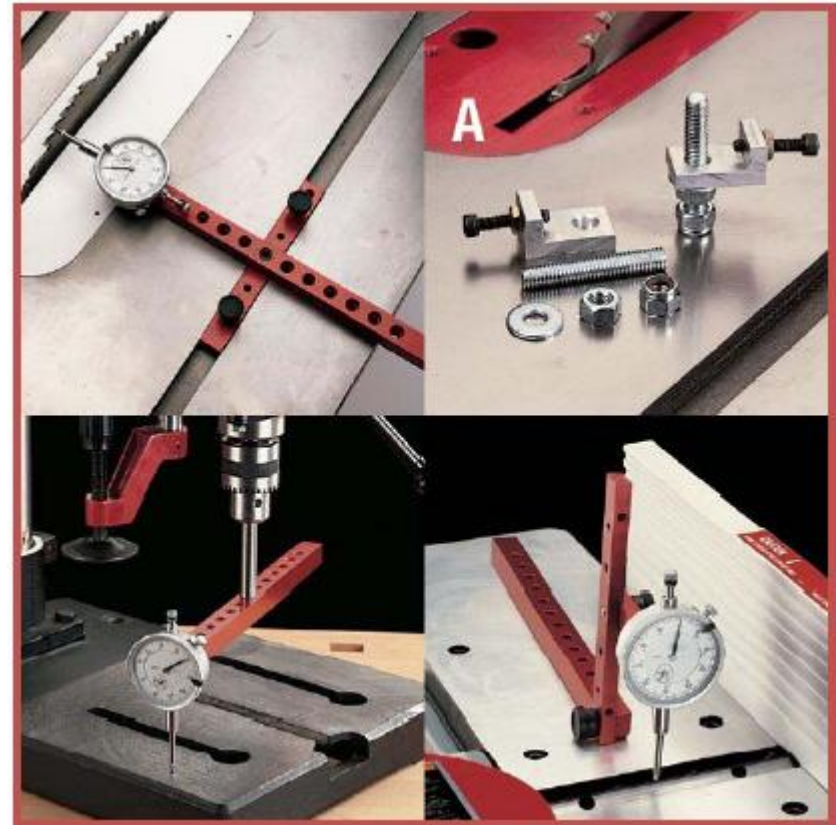
Komparatör ve ölçü saatlerinin parça uygulamalarında kullanılan sehpa ve ayakları



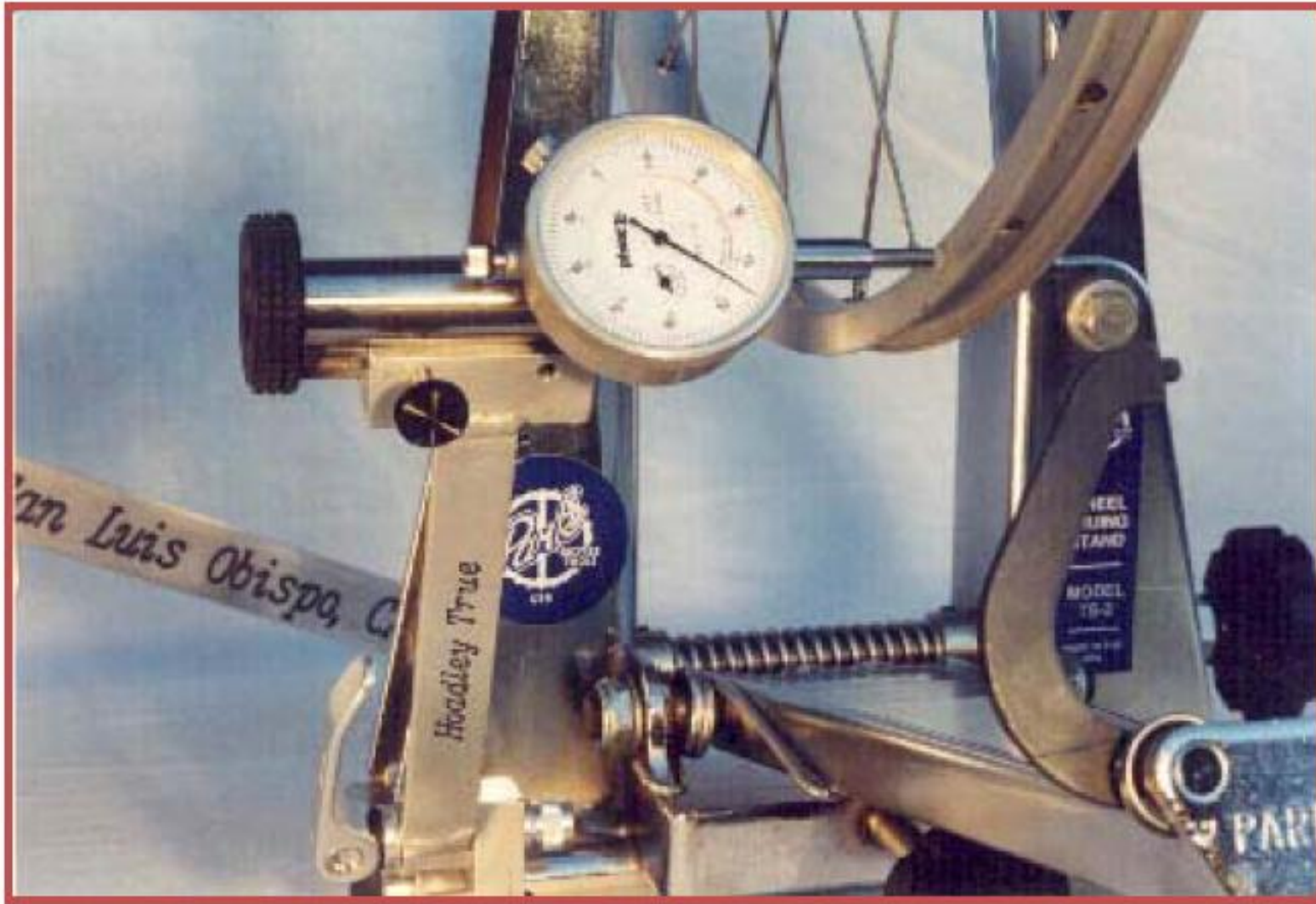


Komparatör ve ölçü saatlerinin parça uygulamalarında kullanılan sehpa ve ayakları











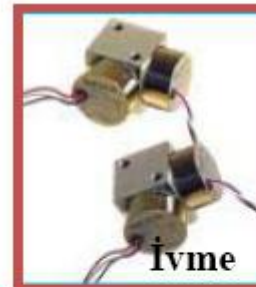
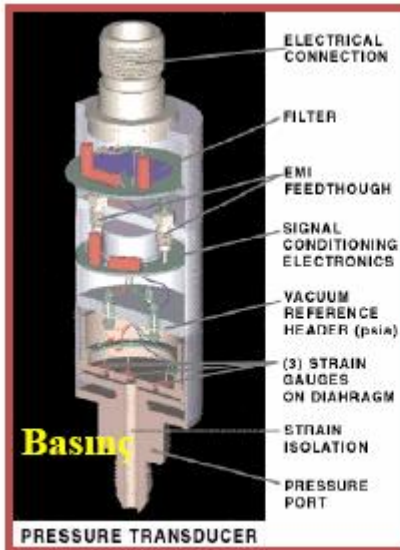
MÜHENDİSLİK ÖLÇÜMLERİNİN TEMEL ESASLARI

ÖLÇME SİSTEMLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

ÖLÇME SİSTEMLERİ

Bütün ölçme sistemleri üç temel elemanı içerir.

Transducer :Ölçülecek fiziksel değişkeni ortaya çıkaran hassas elemandır



Ara durum elemanı: Bu eleman da transducer' den algılanan sinyal (mekanik veya elektriksel olabilir) arzulan duruma göre büyütülür veya küçültülür. Ara durum elemanı genellikle **AMPLİFİKATÖR** olur.

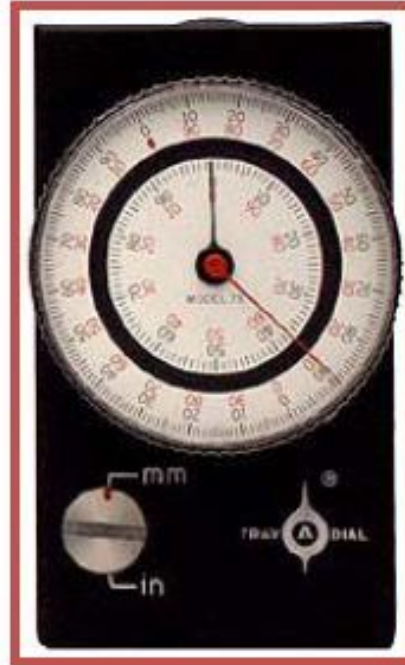


Gösterge kadranı veya Record edici (yazıcı) elemanları:

Yazıcı



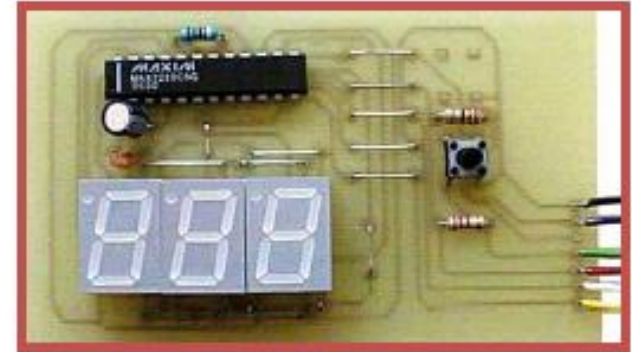
Kadranlı İbrelili



Göstergeli



Dijital



KALİBRASYON

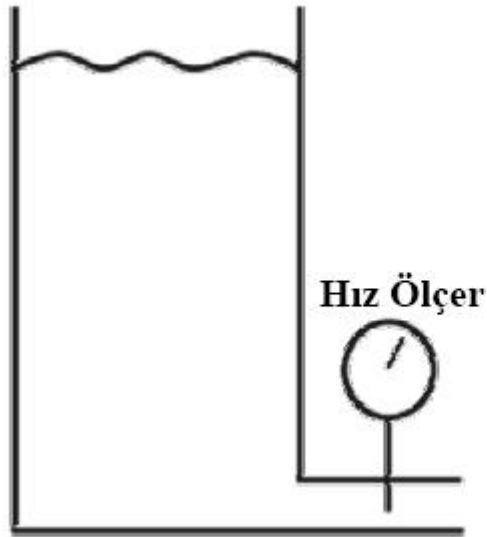
Hassas bir terazide 1 kg ağırlık konduğunda, terazi göstergesi 1kg'ı gösteriyorsa cihaz kalibreli demektir

Kalibreleme

1. Var olan ilk standart ile



2. Kalibrelenmiş olan cihazdan daha yüksek doğruluğa sahip ikinci bir standart ile
3. Bilinen bir giriş kaynağı ile kıyaslanarak yapılır.

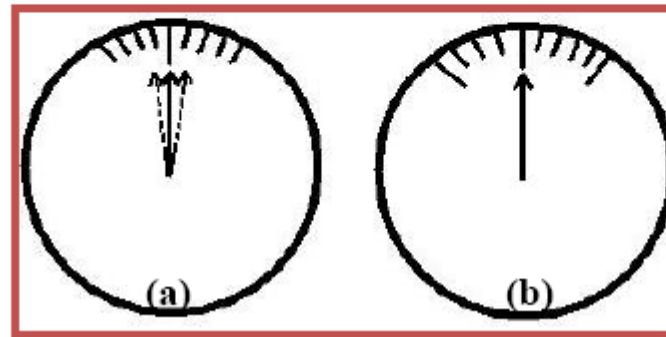


$$Q = v \cdot A = \text{Hız} \cdot \text{Alan}$$

ÖLÇME CİHAZLARINDA HATA KAYNAKLARI

GÖZLEM HATASI

Bu hata, okuyucunun ölçme cihazındaki değeri okurken yaptığı hatadır. Nedeni basit yanlış okumadır. (a)





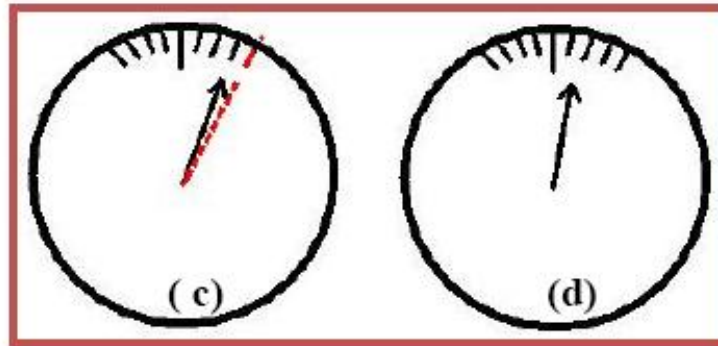
SKALA HATASI

Skala çizgisinin, cihazın çalışma prensibine uygun olarak teorik durumu ile gerçek durumu ile gerçek durumu arasındaki farktan doğan hatadır. Örneğin cihaz skala çizgisi tam olmayabilir.

(b)

GÖSTERGE HATASI

Cihaz ibresinin gösterdiği değerden, ölçülen miktarın gerçek değerini çıkartmakla elde edilen hatadır. (c)

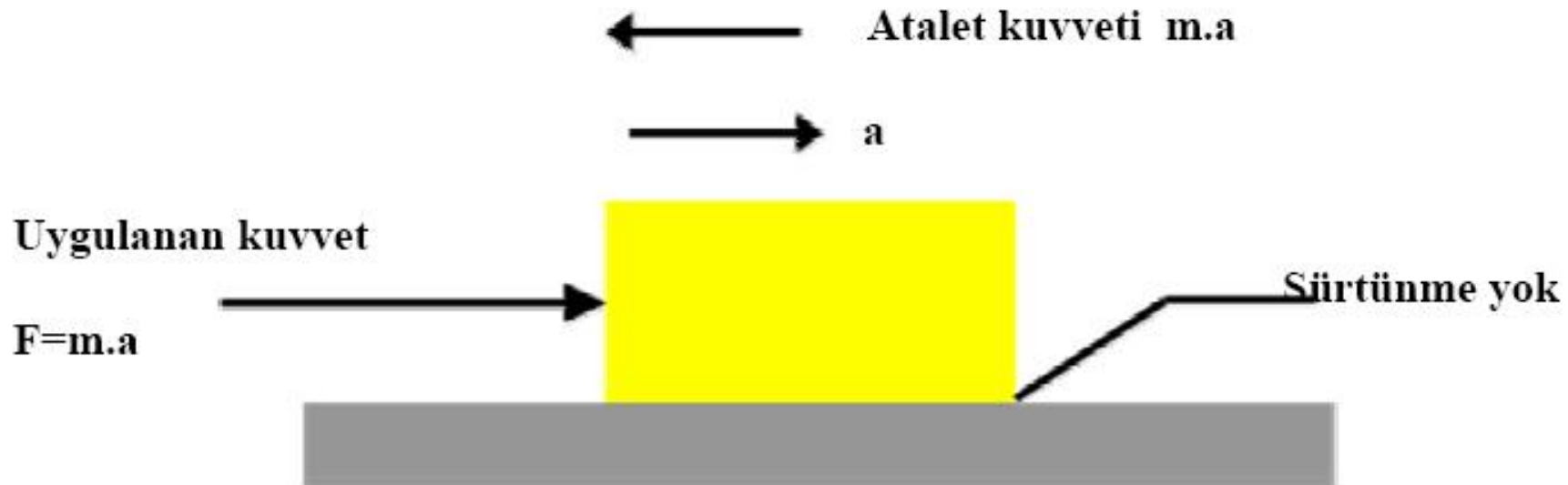


SIFIR HATASI

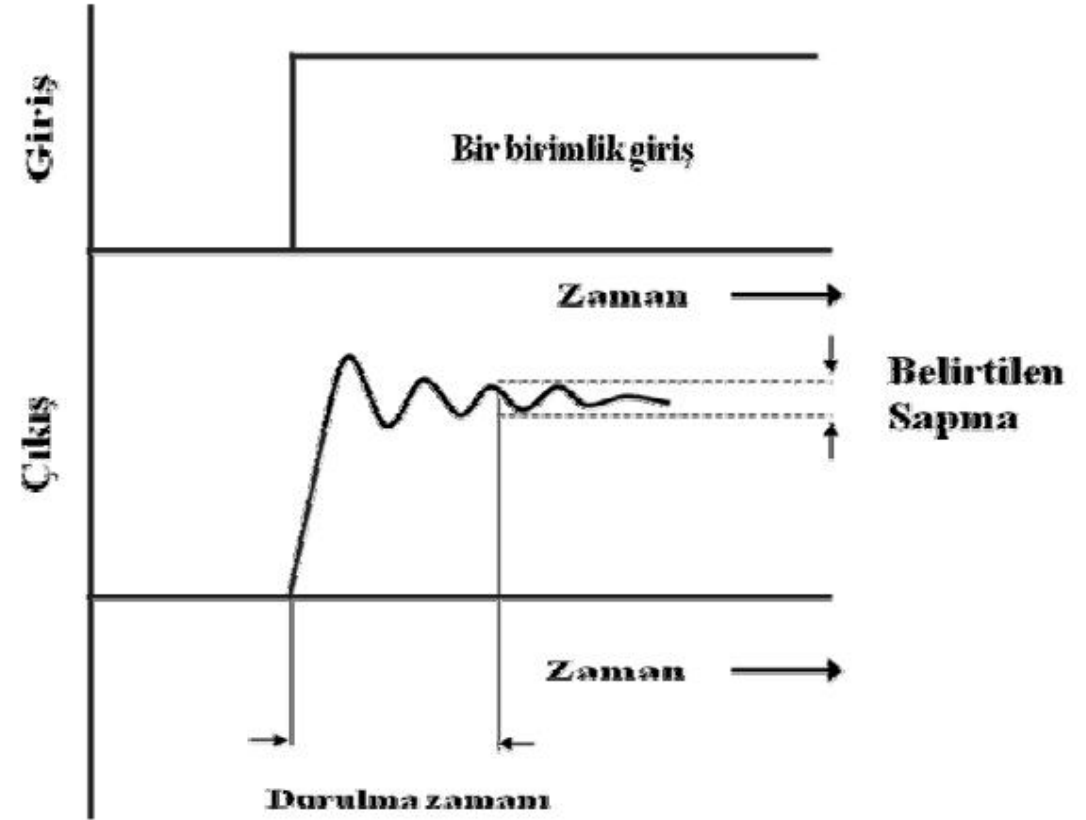
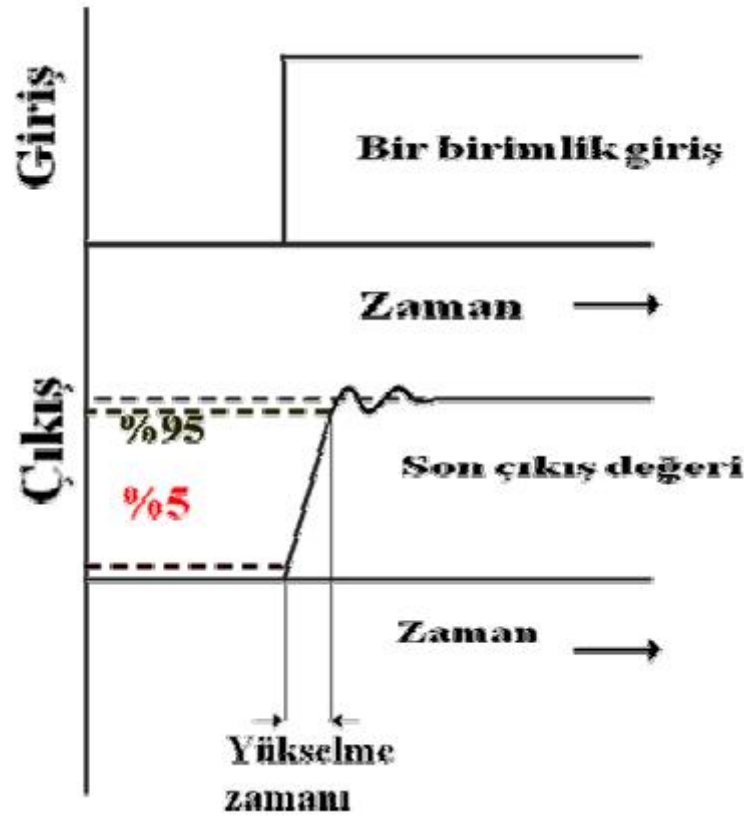
Kullanım şartları belirli bir cihazda, ibrenin daha başlangıçta sıfırdan sapması durumundaki hatadır. (d)

ÖLÇME SİSTEMLERİNDE CEVAPLAMA

Elektriksel ölçme sistemlerinde çıkışta doğrudan gözükmeyen giriş sinyalinin etkisi çok önemli bir faktördür. Bu faktör çıkışta **cevaplamanın gecikmesine** neden olur. Bu sistemin ataletinden doğan etki tepki arasındaki gecikmedir.



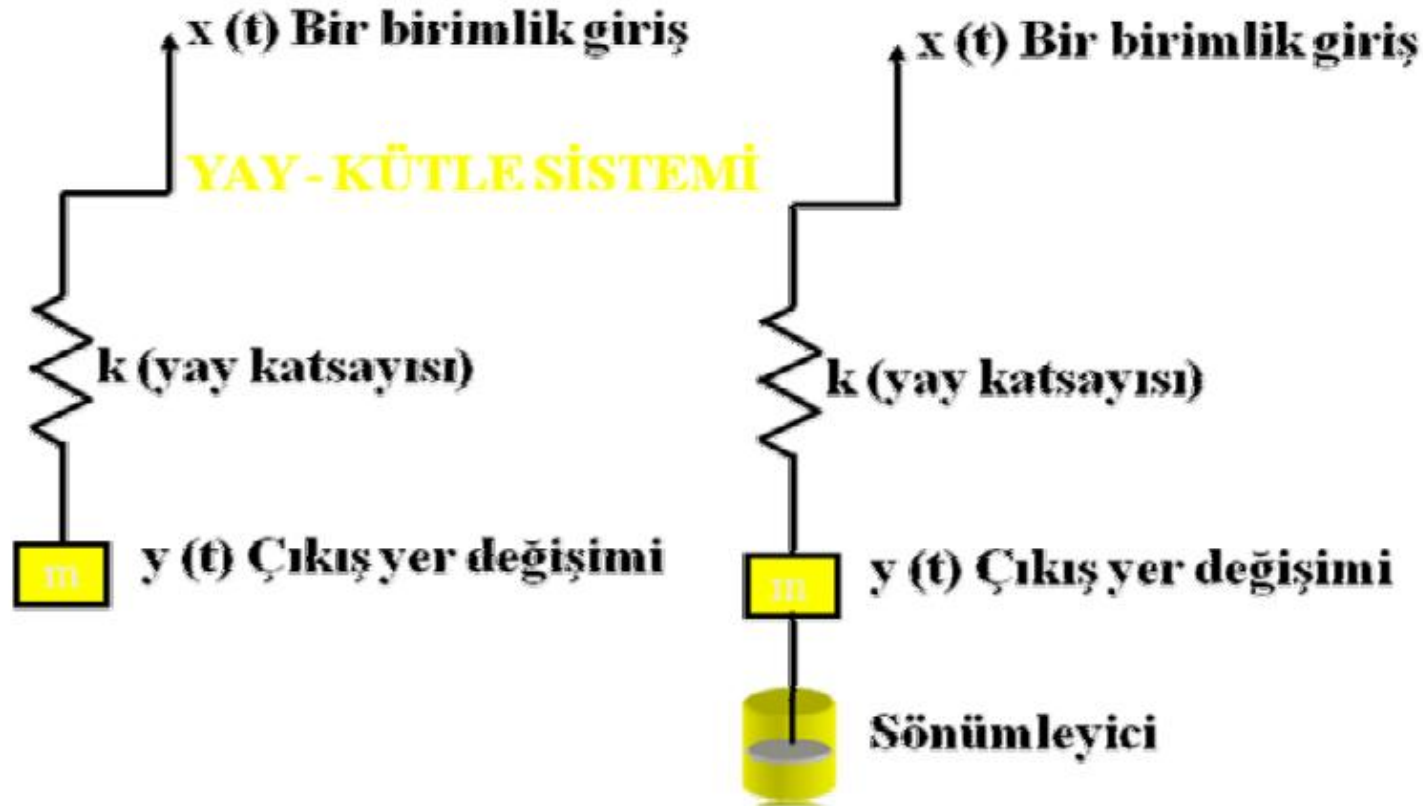
Burada olduğu gibi ölçme sistemlerinde de çıkışın alınabilmesi için, giriş ve çıkış arasında zaman gecikmesine sebep olan sistemin tabii ataletinin yenilmesi gereklidir.





ÖLÇME CİHAZLARINDA PERİYODİK ZAMAN VE SÖNÜMLEME

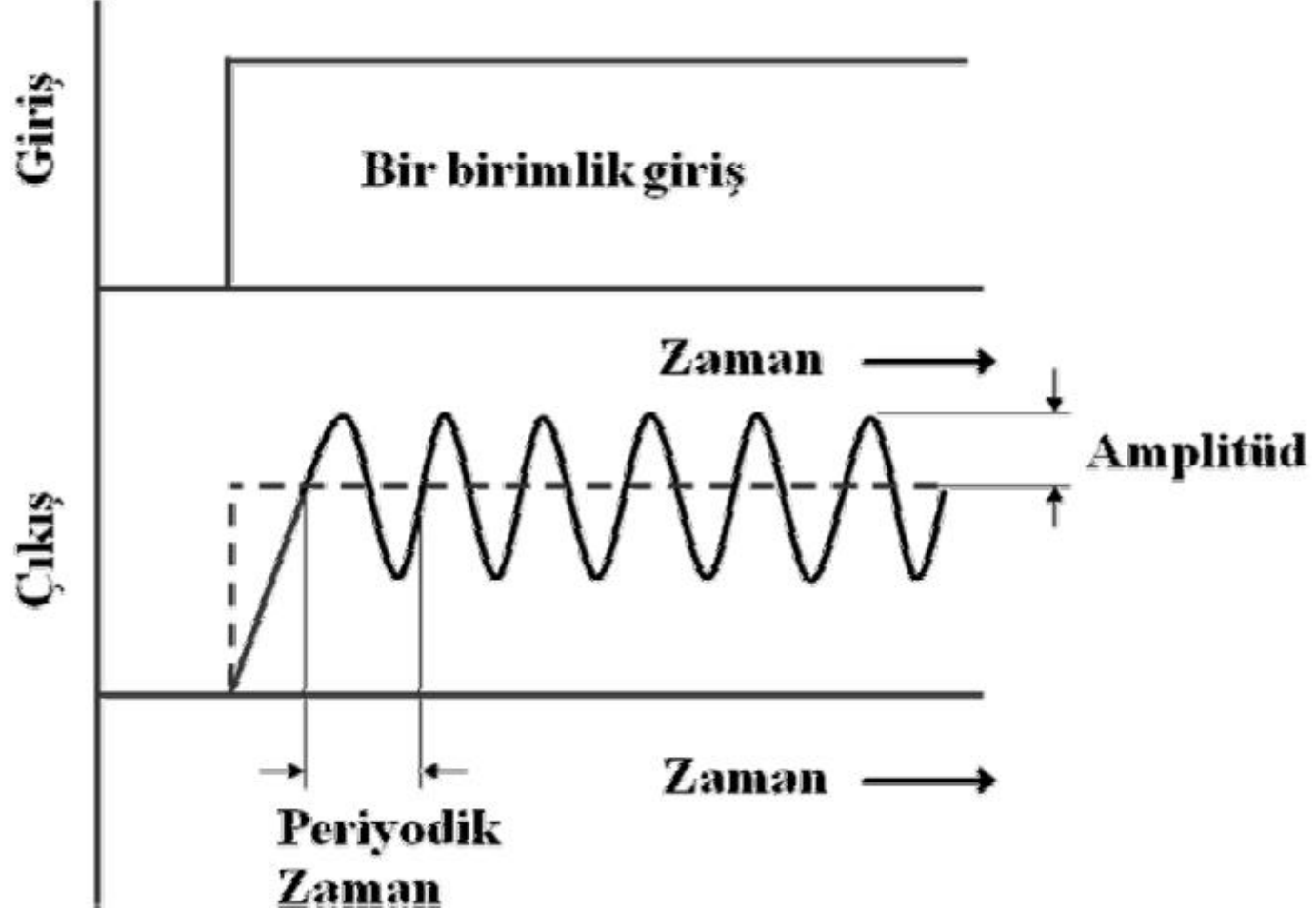
Bir ölçme cihazında sönümlenme tabii olarak vardır ya da cihaz dizayn edilirken düşünülmüş olabilir.



Bir ölçme cihazının sönümlenmiş olması için, çıkıştaki titreşimlerin sindirilmiş olması veya amplitüd de birbirini izleyen azalma meydana gelmesi gerekir. Sönümlenme kuvveti hızla orantılıdır. Sönümlenme katsayısı (c) ise sönümlenme kuvvetinin birim hıza oranıdır. ($c = N \cdot (s/m)$) Sönümlenme kuvveti sıfır olduğu zaman Bir önceki şekildeki yay-kütle sistemi düşünülmelidir. Sistemde sönümlenme varsa, şekilde olduğu gibi, cihazın çıkışındaki hareketi önemli ölçüde **SÖNÜMLEME ORANI**'na bağlıdır. Sönümlenme oranı (ξ), gerçek sönümlenme katsayısı (c) nin kritik sönümlenme katsayısına oranıdır. ($\xi = c/ck$)

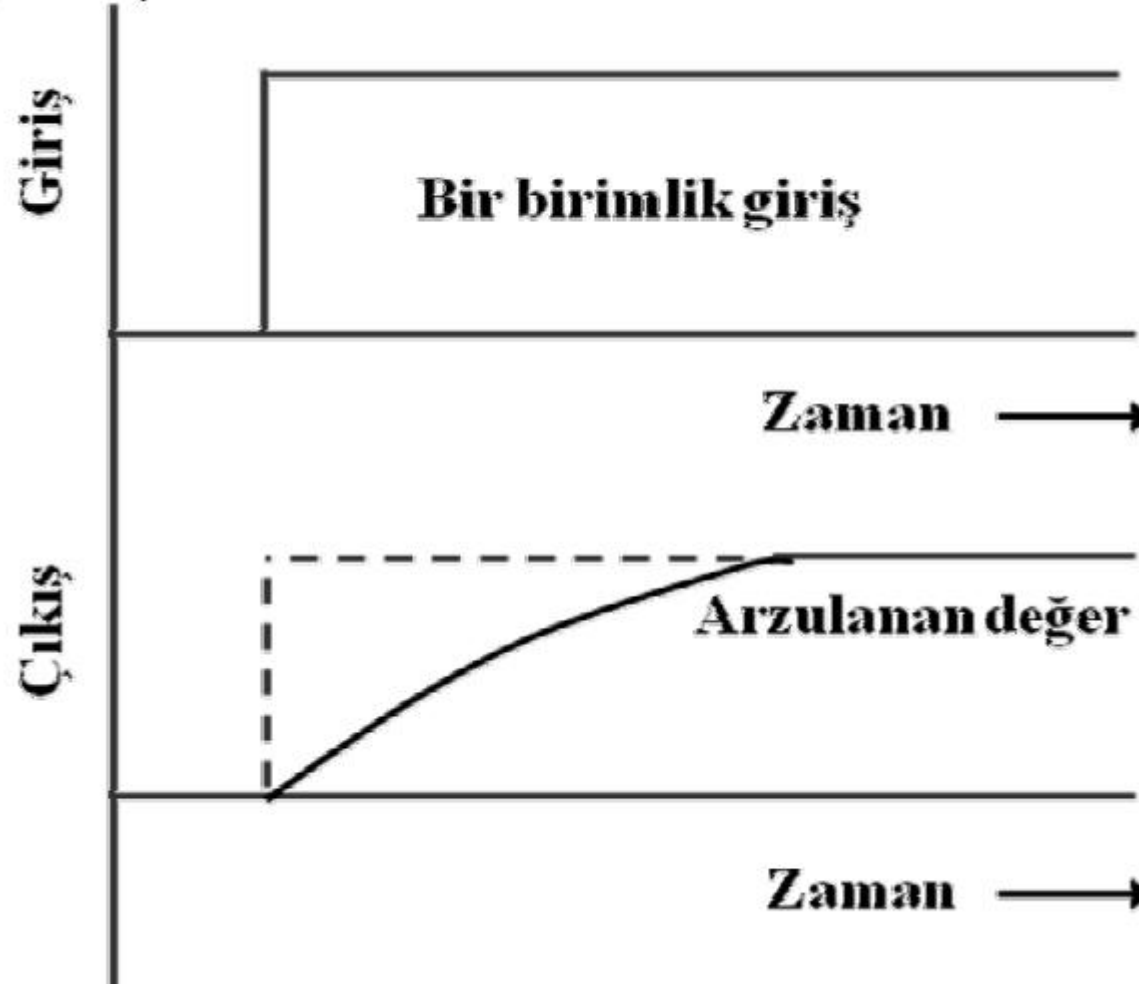


1. $\xi = 0$ ise basit harmonik hareket



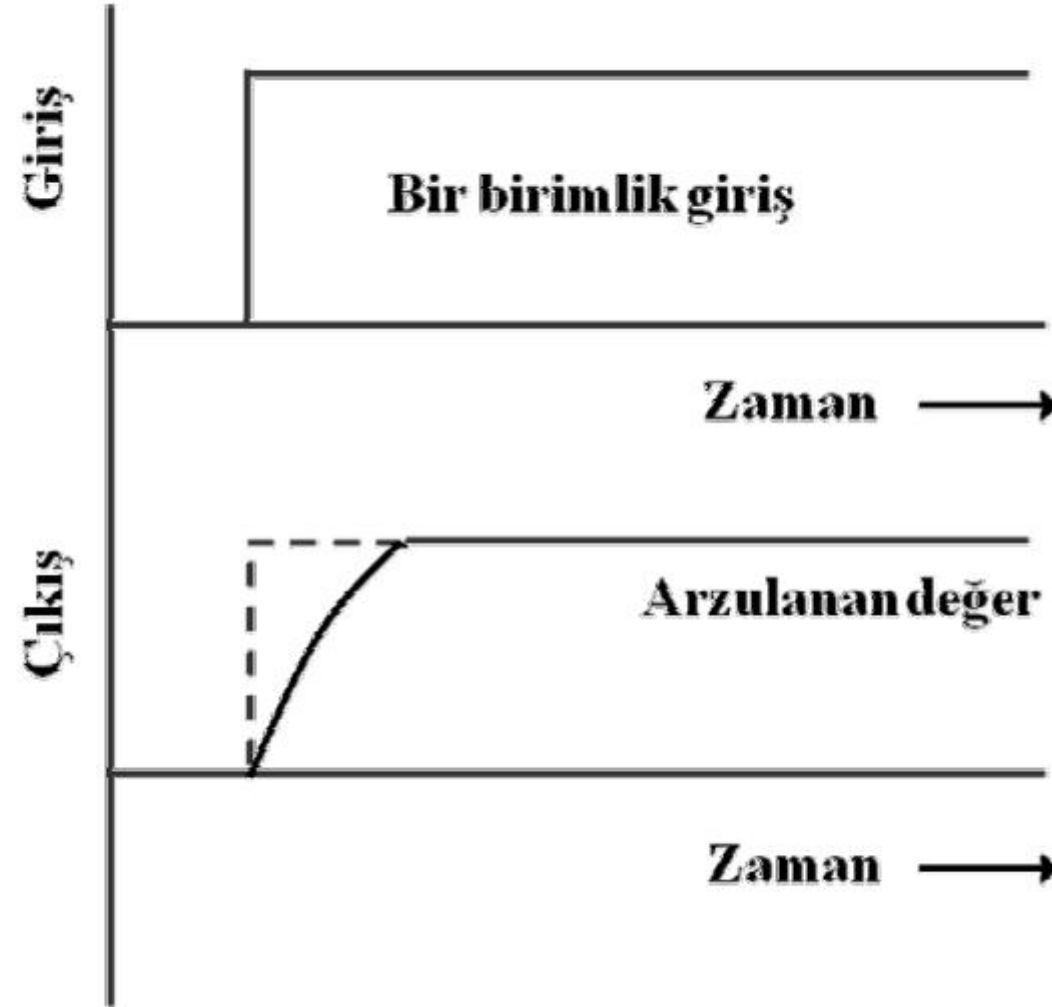


2. $\xi \geq 1$ ise aşırı sönümlü hareket



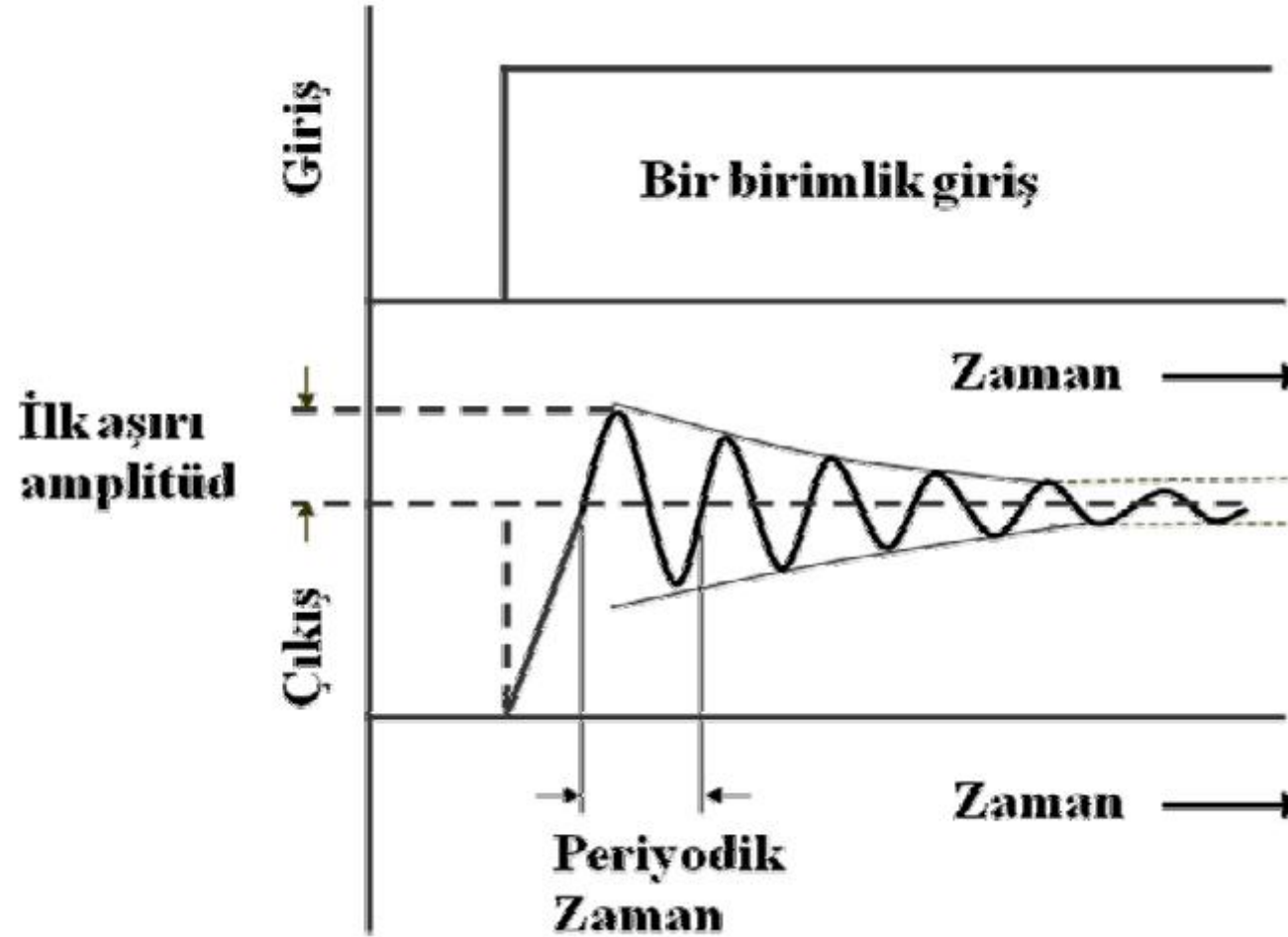


3. $\xi = 1$ ise kritik sönümlü hareket





4. $\xi < 1$ ise sönümlenmemiş hareket





DUYARLILIK, DOĞRULUK VE HASSASLIK

Duyarlılık - Yüksek duyarlıklı bir cihazda ölçülen büyüklükte çok az bir değişme, ibrede büyük oynama (hareketlenme) meydana getirir. Meydana gelen titreşimlerle ibre aşırı sapar.

Doğruluk - Cihaz ibresinin, ölçülen fiziksel büyüklüklerin gerçek değerine yaklaşımda gösterdiği yakınlıktır.

Hassaslık - Sabit kullanma şartları altında, kısa zaman aralıklarında bir seri okuma testleri yapıldığı zaman, cihazın aynı okuma değerlerini verme kabiliyetidir. Hassaslık iki terim ile daha iyi tanımlanır.

- a. **Sağlamlık:** Cihazın uzun zaman aralıklarında değerleri okuyabilmesidir.
- b. **Sabitlik:** Cihazın belli periyot zamanlarda aynı değeri okuyabilmesidir.



ÖLÇME SİSTEMLERİNDE HYSTERESİS

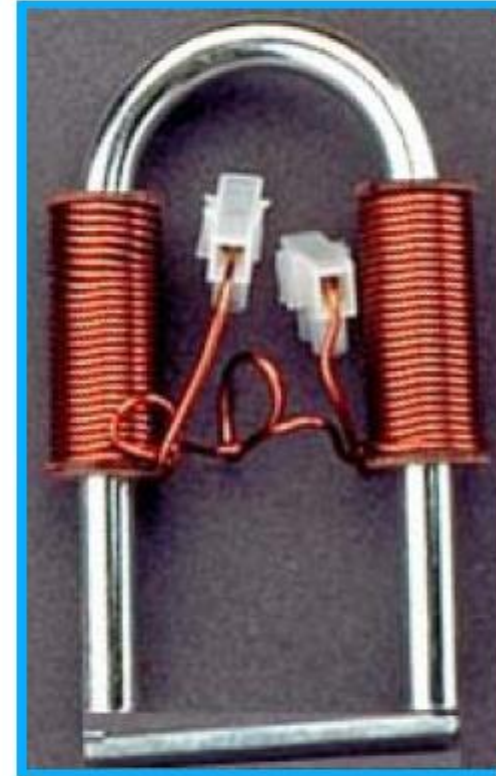
U şeklinde bir demir göbek üzerine sargılı bir bobin geçirilsin. U göbeğin ağız kısmı bir demir plaka ile kapatılsın ve bobinden bir akım **bir an için** geçirilsin.



Akım var



Akım yok



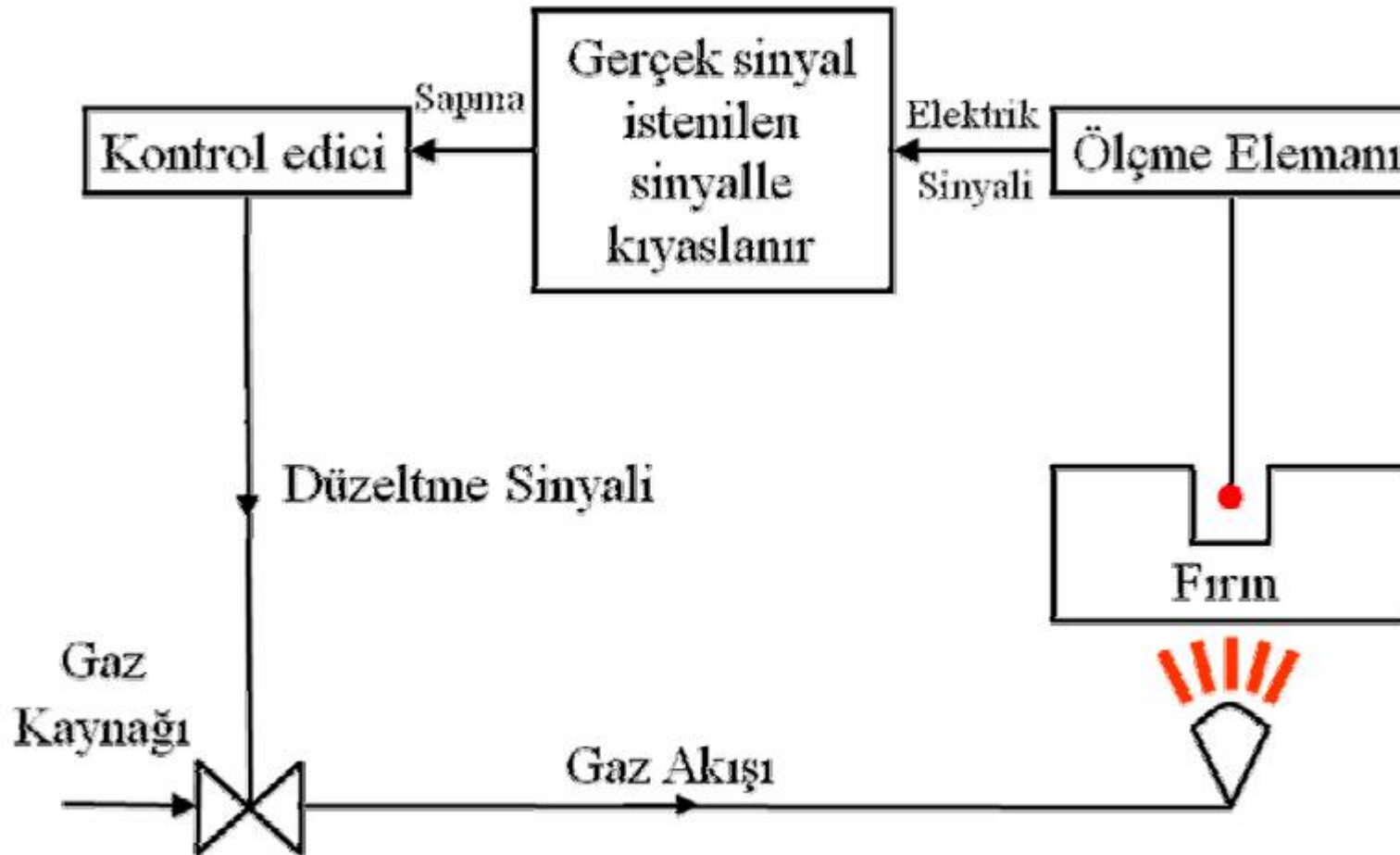
**Hala mıknatıslık
devam ediyor**



ELEKTRONİK ÖLÇME SİSTEMLERİNİN ELEMANLARI VE BİR ELEKTRONİK KONTROL UYGULAMASI

Pek çok uygulamalarda ölçme işlemi yerine **kontrol işlevi** istenir. Elektronik kontrol sisteminin temel elemanları aşağıdaki blok diyagramda görülmektedir.

Şekildeki blok diyagramda, bir transducer tarafından algılanan fiziksel değişken sinyalinin göstergeye gitmeden önce kontrol elemanı ile nasıl kontrol edildiği görülmektedir. Kontrol elemanı **ARZU EDİLEN** elektriksel çıkış sinyali ile **GERÇEK** elektriksel çıkış sinyalini kıyaslar, aradaki fark kontrol için kullanılır.





Şekil de bir fırının kontrolü gösterilmektedir. Brülörle ısıyan fırın sıcaklığı bir sıcaklık ölçme elemanı (**termokupl**) ile algılanarak sinyale dönüştürülecektir. Bu sinyal istenen sinyal ile kontrol elemanı tarafından kıyaslanacak, eğer **sapma pozitif ise** (yani fazla ise) kontrol edici ayar valfini kısacaktır. Eğer **sapma negatif ise** (az ise) kontrol edici ayar valfini açacaktır. Daha fazla gaz gelecek ve fırın ısınacaktır.

STRAIN ÖLÇME

(Gerinim, uzama)

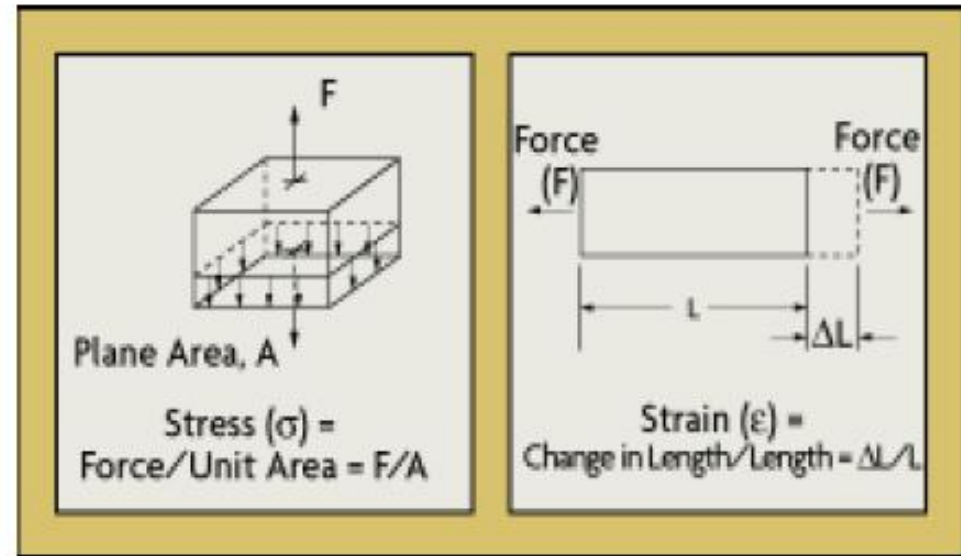
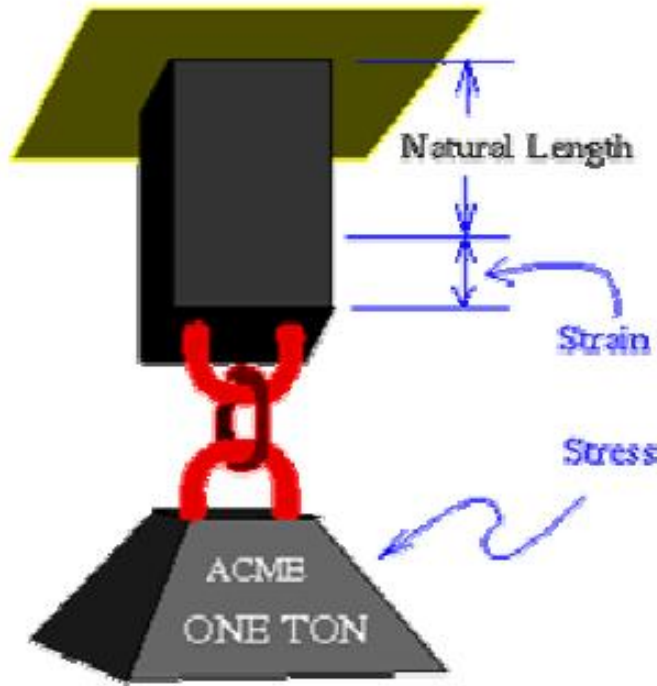
GENEL BİLGİ:

Yakın zamanlara kadar, ölçme aletini direkt kullanarak, bir parça üzerinde ortaya çıkan gerilmelerin ölçülmesi en büyük mühendislik problemlerinden birisi idi. Elektrik dirençli strain-gauge'lerin bulunuşundan önce bu amaç için mekanik - extensometre'ler kullanılmıştı. Bunların bazı dezavantajları vardı. Gerekli gauge uzunluğu 12 mm den az değildi. Hacimleri, sınırlı yer şartları için elverişli değildi. Bu yüzden pek çok gerilme problemi emniyet faktörleri esas alınarak çözülmüştür.

1866 da Lord KELVİN, metal bir tel üzerine gerilim uygulandığı zaman, tel uzunluğu ve çap değiştiğinde elektrik direncinde değiştiğini buldu. Böylece strain ölçümünün temel prensibi ortaya konmuş oldu.

STRAIN (GERİNİM,UZAMA) TANIMI

Dış kuvvete maruz kalma bir parça, gerilim ve strain altındadır. Gerilim direkt ölçümez. Fakat etkisi ölçüle bilinir. Ve de gerilim ile strain arasındaki ilişki bilinirse gerilme hesaplanabilir.

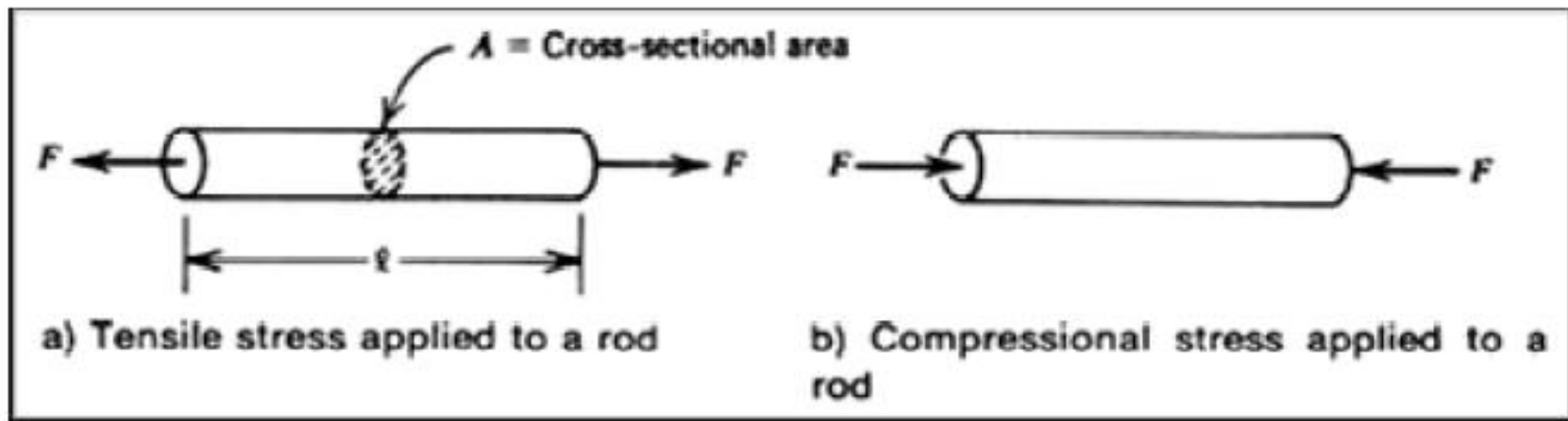
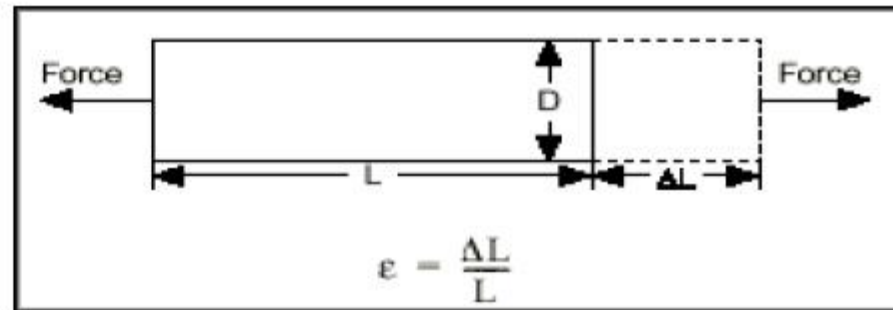


Strain' in tanımını iyice anlamak için şekildeki gibi homojen bir çubuk (L) boyunda olsun ve bir (P) kuvvetiyle çekilsin ya da basma etkisinde kalsın. Çubuk eksen boyunca uzar veya kısalır. Bu uzunluk değişimi (δL) doğrusal yayılımlıdır. Ve verilen P yükü için (δL) yayılımı çubuk uzunluğu (L) na bağlıdır. İşte strain her iki halde, birim uzunluk başına yayılmadır.



Yani her durumda

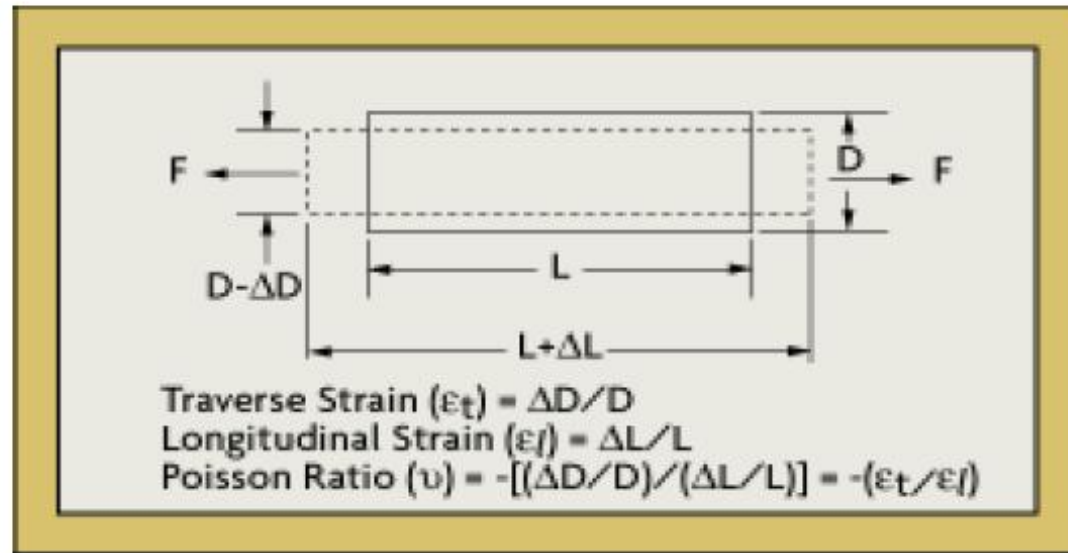
Strain: $\delta L/L$ dir.





ÇAPRAZ-YANAL STRAİN (POISSON ORANI) :

Çapraz strain, yükün uygulandığı eksen dik yönde meydana gelen azalma veya artıştır. Aynı tarzda hesaplanır. Çapraz strain'in direkt strain'e oranı **POISSON oranı** olarak bilinir. Pozitif bir değerdir. Bu (ν) değer her metal ve alaşım için farklı farklıdır. En düşük değeri $\nu=0,21$ ile (Zn) da, en büyük değeri $\nu=0,35$ ile pirinç'te görülür. Çelik için $\nu=0,29$ dur.

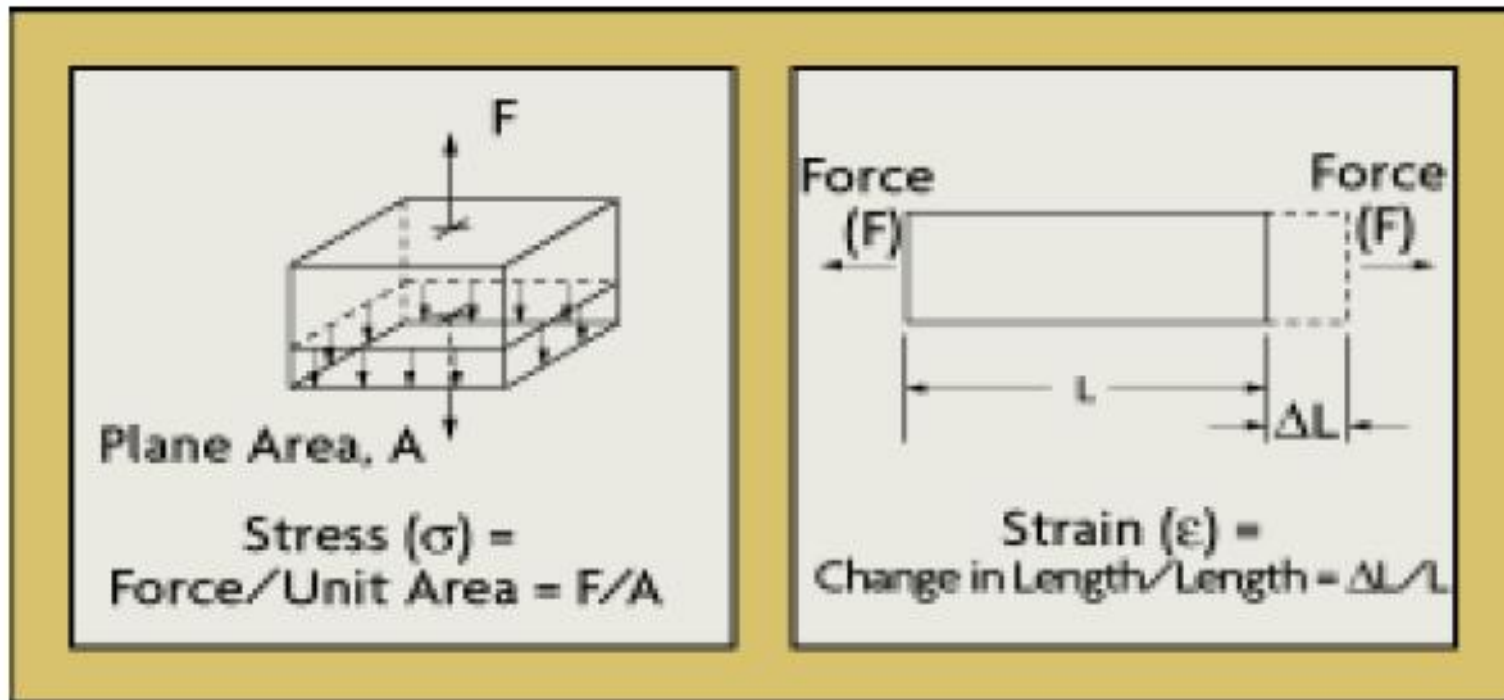


Doğrudan gerilme altındaki elastik malzemelerde E elastisite modülü;

E = Gerilme (σ)/ Strain (ϵ) dır.

değerinde ve gerilim/strain eğrisinin eğimidir.

$\sigma = E.\epsilon$ dur.

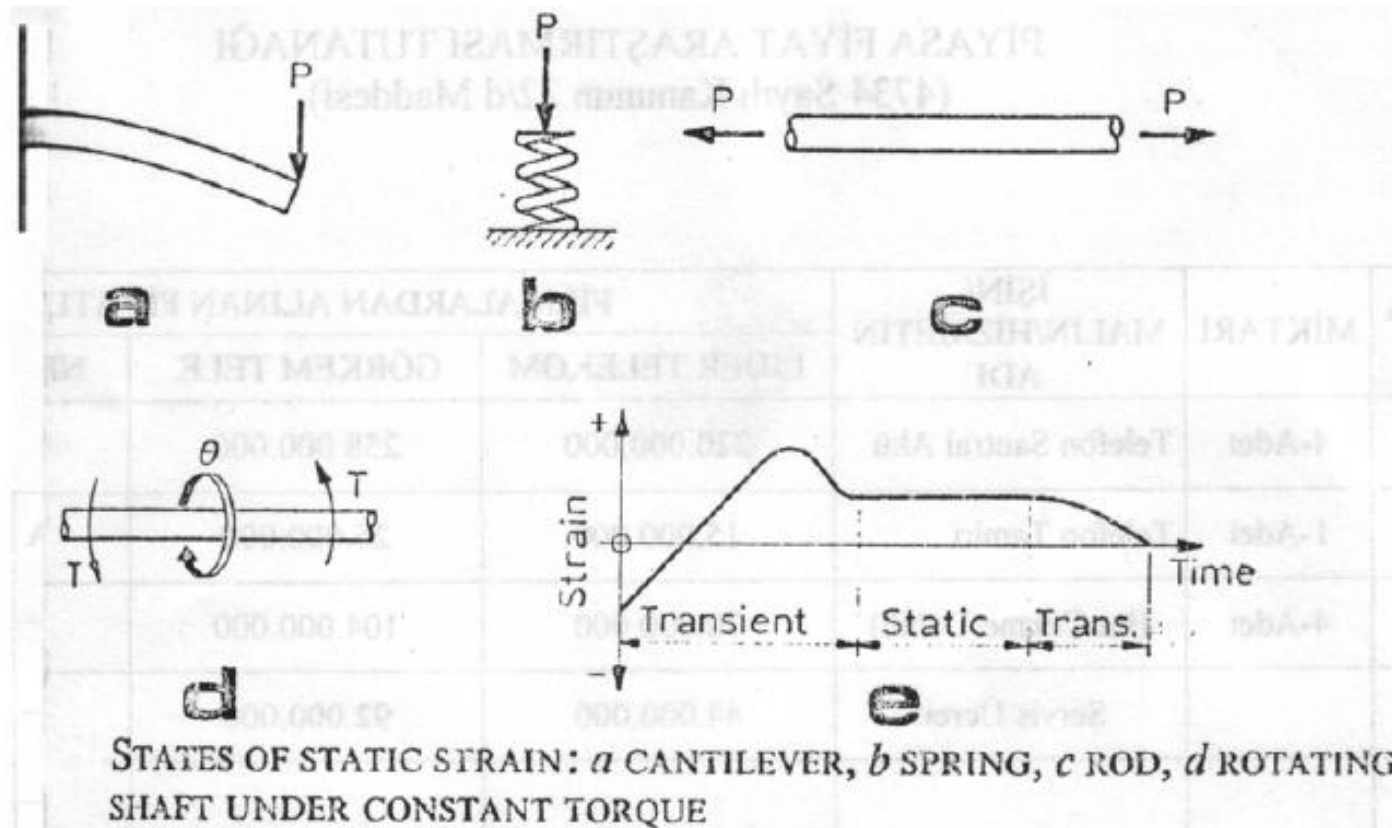




STATİK,STATİK-DİNAMİK ARASI,DİNAMİK STRAİN

Statik Strain

Belli bir zaman içinde sabit kalan straine, **statik strain** denir. Hareketli veya sabit parçalarda oluşabilir. Sabit tork altında dönen bir makine şaftı çok yavaş değişen, hemen hemen sabit bir strain'e maruz kalır.

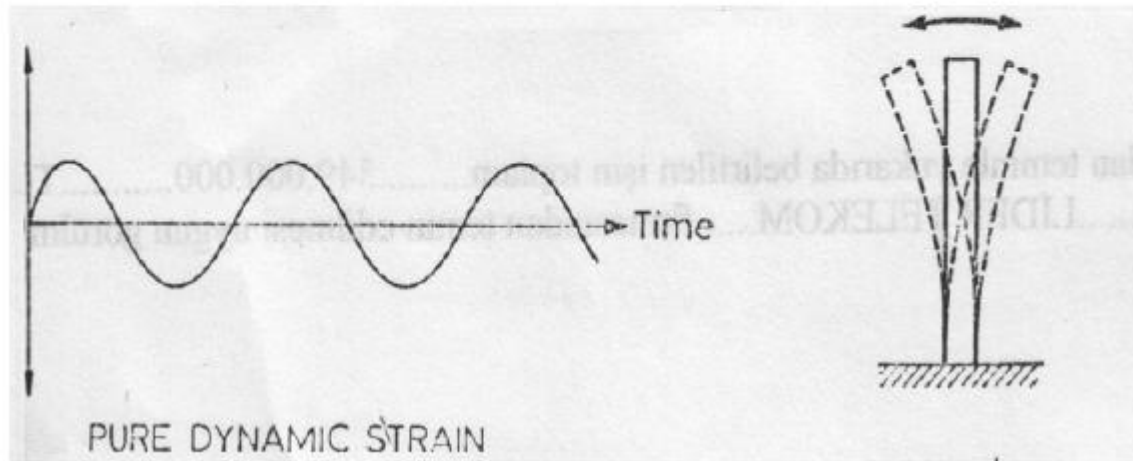




Dinamik Strain

Zamanla değişen straine, **dinamik strain** denir. Strain'in değişme hızı, strainlerin kaydedilmesinde problem yaratabilir.

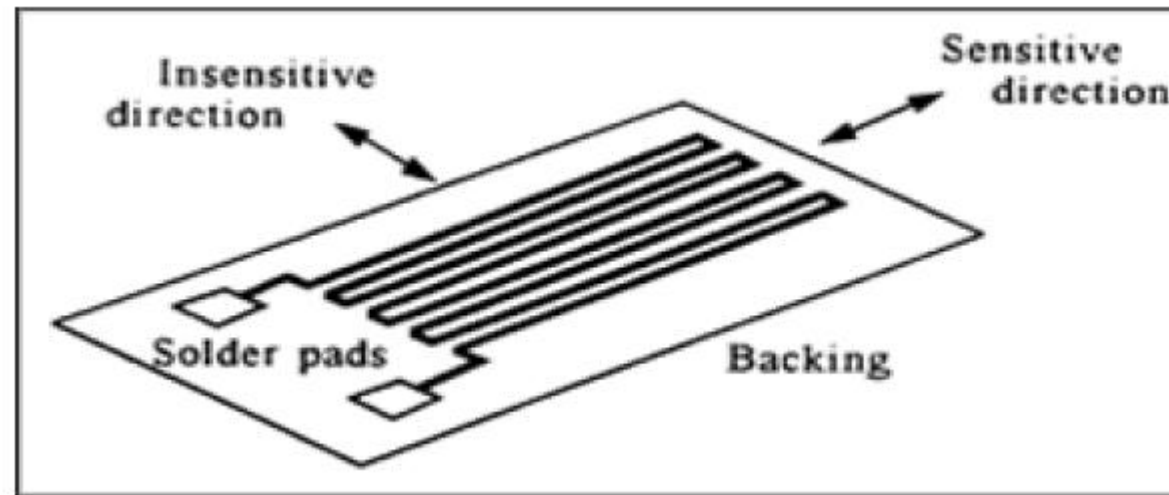
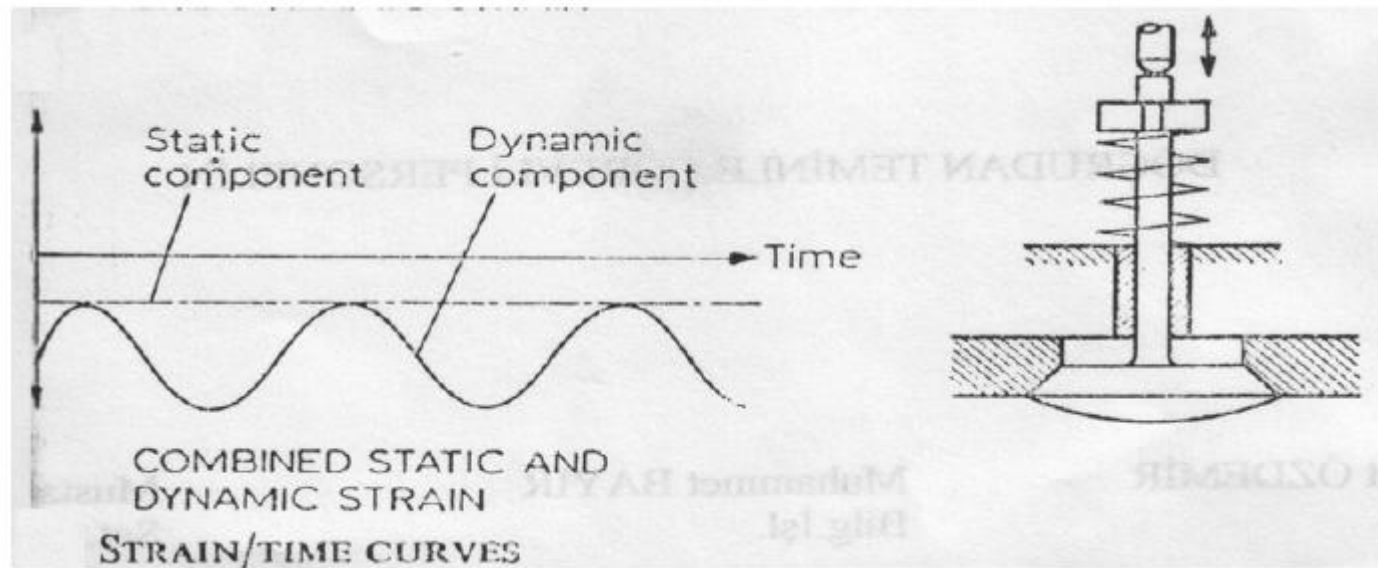
Ayrıca bir parça hem statik hem de dinamik strain'e aynı anda maruz kalabilir.



Statik-dinamik arası Strain

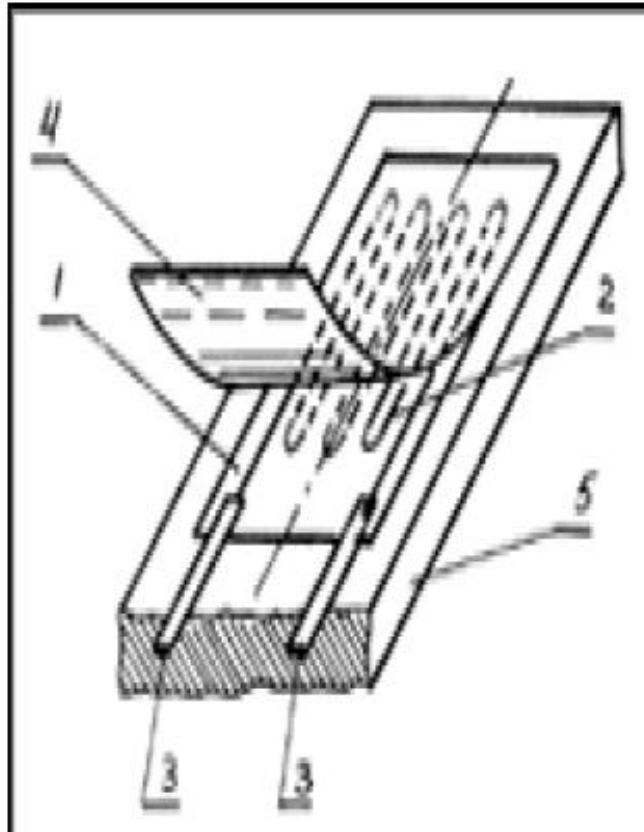
Zamanla strain'in değişmesi söz konusu olduğundan dinamik strain' in özel halidir.

Şekilde bir motor sübop yayı'nın çalışmazken statik bası strain'ine, çalışırken de dinamik basınç strainine maruz kaldığı gösterilmiştir.



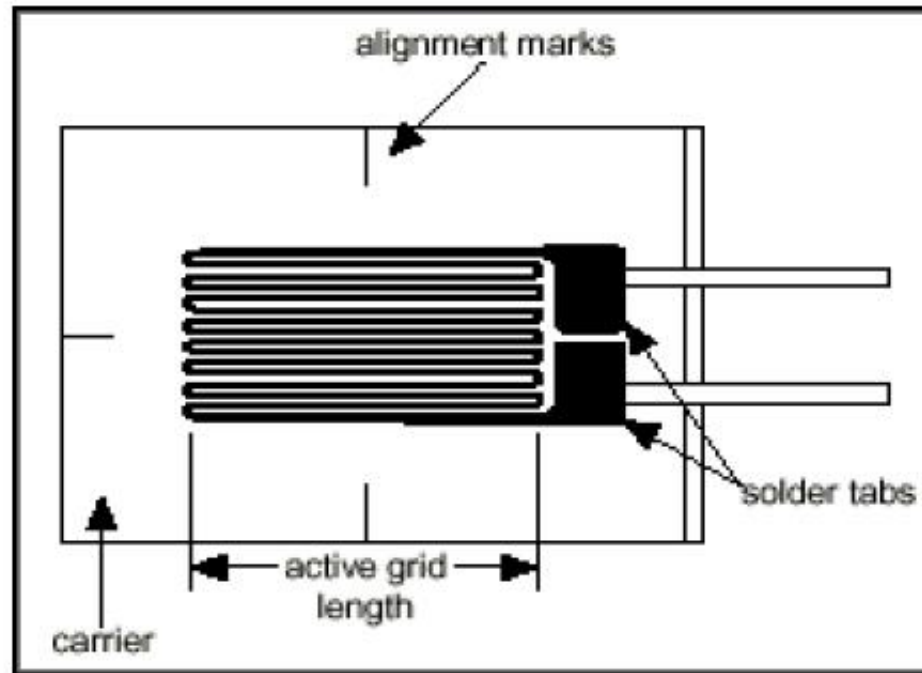
STARİN GAUGE'İN YAPISI VE KULLANILIŞI

Özel bir teknikle imali hazırlanan çok ince bir tel, şekilde görüldüğü gibi ince plastik yaprakcık üzerine yerleştirilir. Aynı plastik malzeme ile örtülür. Gerekli yerlerdeki sağlamlaştırma bantları ve bağlantı kolları yapıştırılarak bir straingaugage yapılmış olur.



Metal Tel Bağlı Straingaugage Yapısı:

- 1 = substrate
- 2 = strain-sensitive wire
- 3 = leads
- 4 = protective film
- 5 = measured surface



Straingauge'in Yapıştırılması ve Yerleştirilmesi:

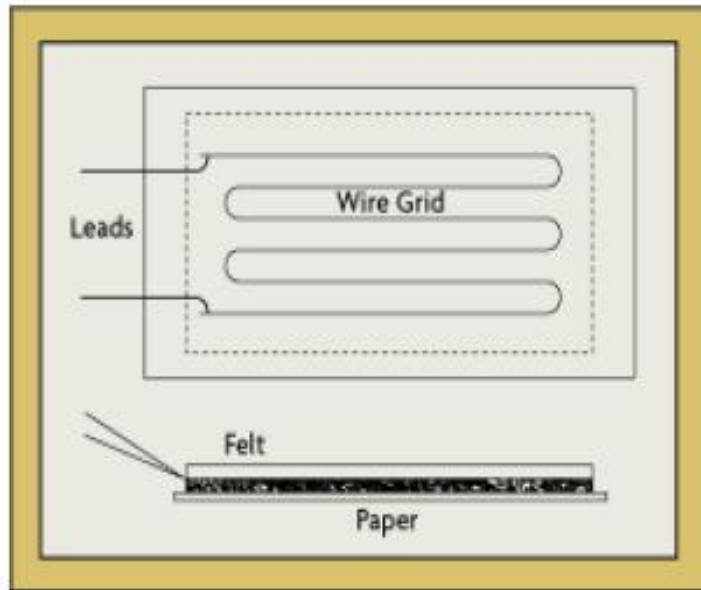
Böyle bir straingauge kullanılacağı yer eğer metalik bir yüzey ise, o yüzey önce taşlanır, zımparalanır sonra aseton, eter gibi eriticilerle yüzey yağından temizlenir. Straingauge'ler için genellikle iki komponentli yapıştırıcılar kullanılır. Bu yapıştırıcılar ölçüm yapılacak yere sürülür. Straingauge buraya istenen yönde konur. Özel plastik folye ile örtülür. Baş parmakla birkaç dakika hafifçe bastırılır. Bu konu da imalatçı firmaların verdikleri kullanma talimatına dikkat edilmelidir.

STRAİNGAUGE ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Yapılış ve kullanıldığı yerler bakımından straingauge'ler çok çeşitlidirler. Düz yüzeylere yapıştırılacak straingauge'lerin yanında küresel yüzeylerdeki genleşmeleri (şişmeleri) ölçülebilecek tipte olanları da vardır.

TEL HALİNDEKİ STRAİNGAUGELER

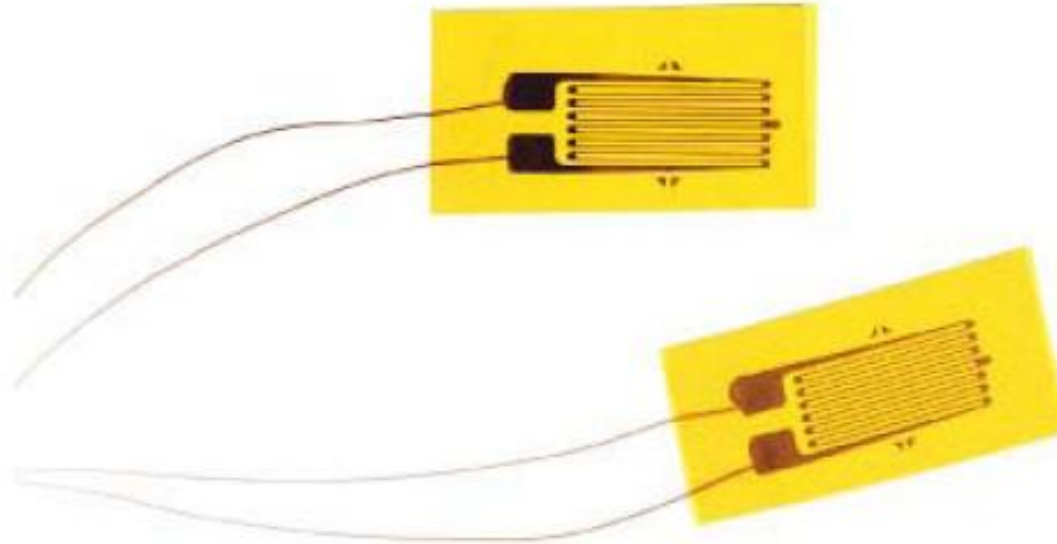
Bu tip straingauge'lerin bir düzlemde sağa sola kıvrılarak yerleştirilmişleri olduğu gibi, ince bir spiral şeklinde yapılıp sonradan yassılaştırılmış olan tipleri de mevcuttur.

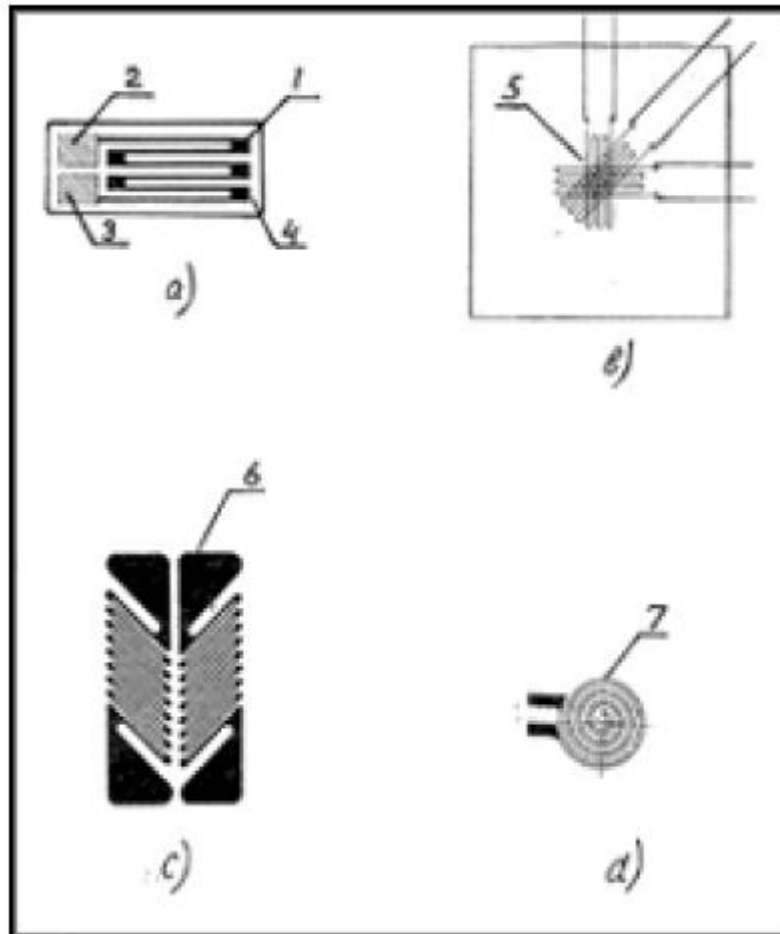


Bu tip straingauge'lerin bağlantı bandları kalın ve mukavim yapılarak dayanıklılık süreleri artırılır. Strangauge telinin bu banda bağlantısı çok özel bir kaynak işlemi ile gerçekleşir. Lehim yapmak doğru değildir.

FOLYE HALİNDEKİ STRAİNGAUGE'LER

Bu tip gauge'ler, 2-10 μm kadar valslenerek inceltilmiş metal bandın, bir tarafını bir plastik reçine ile diğer tarafını ışığa hassas cila tabakası ile kaplayarak elde edilirler. Daha sonra ciladan açık kalan yerler uygun bir ışığa tutularak kimyasal yolla eritilir. Böylece hassas straingauge'ler elde edilmiş olur. Bunlar tel straingaugelere göre daha uzun ömürlüdürler. Hassasiyetleri fazladır. Bağlantı uçları bazen var bazen yoktur. Olmadığı zaman uçların straingauge teline bağlanması gerekir. Bu işlem çok dikkatli yapılmalıdır. Straingauge' nin ömrü etkilenir.





metal folyo tipi.

a) through d) different configurations of metal-foil strain gages;

1 strain-sensitive foil,

2 and 3 = leads,

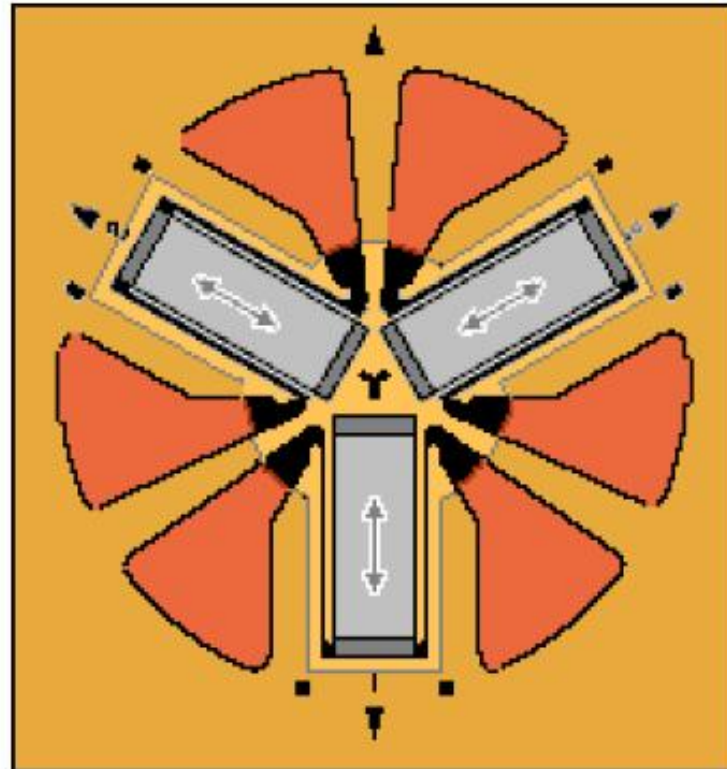
4 = substrate,

5 = three-element, 45° stacked rosette,

6 = 90° two-element plan

ROZET HALDEKİ STRAİNGAUGELER

Bu tip gaugelerde birden fazla, genellikle 3 tane straingauge belli açılarla biraraya getirilmiştir. Biri diğerine göre 120° derece olanına ve 3 lü tipe delta rozet, 135° olanına 135° 'lik, 90° olanına da 90° lık rozet denir. Bu tip rozetlerle farklı yönlerdeki uzama ve gerilmeler aynı anda saptanır.

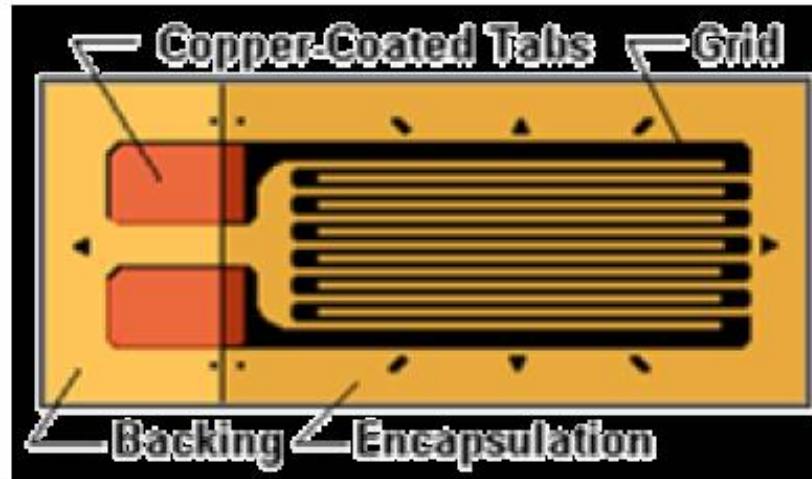




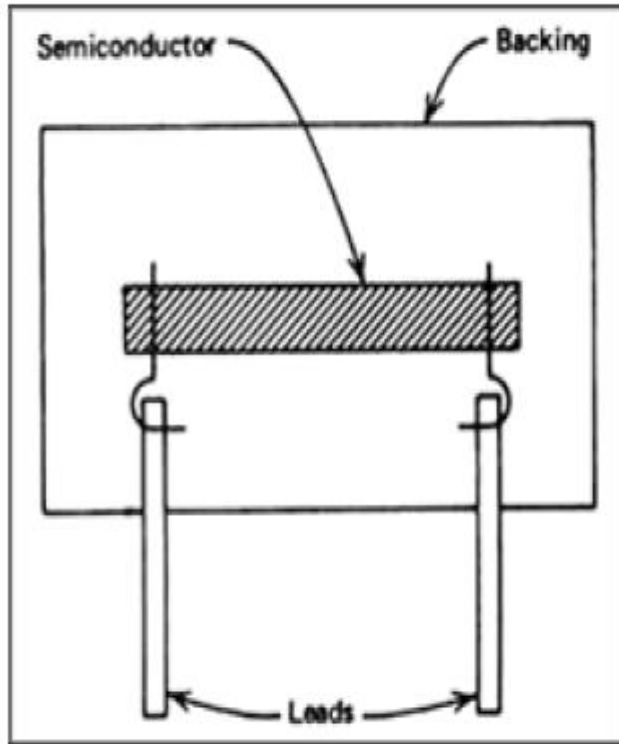
Yüksek Sıcaklıklara Uygun Strainaugeler

Genellikle bilinen strainaugeler en fazla 200°C sıcaklığa kadar kullanılabilirler. Daha yüksek sıcaklıklarda yanıp kömürleştikleri için özelliklerini kaybederler. Böyle sıcak yerlerde yapılacak ölçümler için keramik yüzey üzerine yerleştirilmiş strainaugeler kullanılır. Bazı hallerde çok ince metal boru içine saf metaloksit tozları ile beraber yerleştirilmiş ince strainauge teli kullanılmaktadır.

Statik deneylerde 300°C, dinamik deneylerde 600°C nin üstünde doğru sonuçlar elde edilemeyeceğinden yüksek sıcaklıklarda strainauge imalat eden firmaların talimatlarına uyulmalıdır.



YARI İLETKEN STRAİNGAUGELER



Bu tip gauge'ler genişmeye karşı duyarlı silisyum'dan yapılmış ince bir bandcık içerirler. Diğer strainingaugelere göre 50-80 defa daha hassastırlar. Yakın zamana kadar imalatı zor olan (Si) bandcık bugün 30 cm uzunluğunda 2,5 cm çaplı tek (Si) kristalinden kesilip çapı dağlanarak 15 μ m kadar düşürülür.

Bu strainingauge'lerin diğer önemli özelliği (k) faktörlerinin çok yüksek oluşudur. Bu tip gaugelerin sinyalleri, kuvvetlendirici olmadan da kaydedicilere bağlanabilmektedir.



Straingaugeleri Seçerken Şu Noktalara Dikkat Edilmelidir.

- Gauge'in **k-faktörü** ve tipi
- Ölçüm yapılacak yerin **sıcaklığı** ve gauge'nin bu sıcaklığa dayanımı
- Ölçüm yerindeki **yükler** ve bu yerin bu yüklere dayanıklılığı
- Straingauge'nin enine **genleşme ve süneklilik** sınırı
- Straingauge'in birlikte kullanılacak **ölçü aletleri** ve bunların birbirine **uygunluğu**

GAUGE FAKTÖRÜ VEYA STRAİN DUYARLILIĞI

Bir metal iletkenin direnci $R = \rho \cdot L/A$ formülü gereğince metalin öz direnci ve uzunluğuyla doğru kesitiyle ters orantılıdır. Çekmeye çalışılan bir strain gauge'nin kesidi azalıp uzunluğu arttığı zaman, iletkenin metalik kafesinde çarpılmaya izin verilerek direncinde kısmen artış görülür. Fakat yalnız başına bu olay dirençteki değişimi tamamen izah edemez. İletken metal kafesindeki diğer değişimler de öz dirençde değişme meydana getirdiği ortaya konmalıdır. Zira sıcaklık'da öz direnci değiştirdiği bilinmelidir.

Gauge faktörü k

$$k = (\delta R/R) / (\delta L/L) \text{ dir.}$$

Burada (R)strain gauge'nin normal direncidir.

Gauge faktörü (k), imalatçı firmalar tarafından belirlenir. Genellikle tel ve folye gaugelerin yaklaşık gauge faktörü 2 olmasına karşılık gauge'nin uzunluğuna ve büyüklüğüne bağlı olarak 1,7-4 arasında değişir.

Gauge faktörü (k) yı matematiksel göstermek istersek; bir metal iletken, kuvvetle yüklenmeden önceki direnci,

$A = \rho \cdot L/A$ şeklindedir. Bu formülde;

L: Tel boyu

ρ : Özgül direnç

A: Tel kesidi

Yüklemeden dolayı oluşan değişimi incelemek için yukarıdaki denklemin **kısmi türevi** alınır. Her terim kendi ana büyüklüğüne oranlanırsa

$\Delta R/R = \Delta \rho/\rho + \Delta l/l - \Delta A/A$ elde edilir. Telin kesiti

$A = \pi \cdot D^2/4$ olduğundan;

$\Delta A/A = 2 \cdot \Delta D/D$ yazılabilir. Ayrıca bu ifade enine uzama oranı için

$$\Delta D/D = \varepsilon \cdot \rho = -\nu \cdot \varepsilon \cdot l = -\nu \cdot \Delta l/l$$

eşitliği kullanılabilir. (ν = Poisson oranı ve $\nu \cong 0,33$)

$$\Delta R/R = [1 + 2\nu + (\Delta \rho/\rho) \cdot (l/\Delta l)] \cdot (\Delta l/l)$$

ifadesi yazılabilir. Parantez içindeki kısım “**k**” ile gösterilirse;

$$\Delta R/R = k \cdot \varepsilon \quad \text{denklemini elde edilir.}$$

**Örnek:**

(k) gauge faktörü 2 olan bir strain gauge, çekme gerilimine maruz kalmış bir şaft (mil) yüzeyi üzerindeki strain'i ölçmektedir. Gauge'nin normal direnci $R=120\Omega$ ve direnç değişimi $\delta R=0,012\Omega$ dur.

Strain $\varepsilon=\delta L/L$ ve $\sigma=?$ nedir?

Çözüm;

$$\Delta R/R = k.\varepsilon \quad \square \quad \varepsilon = (\Delta R)/(R.k)=0,12/(120.2)=0,00005$$

Çelik için $E=21.103 \text{ daN/mm}^2$

$$\sigma = E.\varepsilon \quad \square \quad \sigma = 21.103.0,00005 \quad \square \quad \sigma = 1,05 \text{ daN/mm}^2$$

Buradanda görüldüyorki (δR) çok küçüktür. Bunu ölçmek için Wheatstone köprü devresi bir galvanometre ile birlikte kullanılır. Gauge faktörü (k) arttıkça duyarlılık artar.



STRAİNGAUGE ALAŞIMLARI

Statik strain ölçümü için kullanılan gaugelerin strain alaşımı %55 Cu %45 Ni dir.
Dinamik strain için kullanılan gaugelerin alaşımı %52 Fe, %36 Ni, %8 Cr, %5Mo dir. (Cu-Ni) alaşımlarının gauge faktörü $k=2$ dir. Dirençlerinin sıcaklık katsayısı $\alpha = \pm 2 \mu\Omega ^\circ\text{C}/\Omega$, korozyon direnci bu alaşımda 400 °C üzerine kadar çıkar ve gayet iyidir.

(Fe-Ni) alaşımlarında ise;

$$\alpha = + 175 \mu\Omega ^\circ\text{C}/\Omega$$

k=3,5 Bu alaşımla yalnızca dinamik strain ölçümleri yapılır. Bu olayda strain hızlı değiştiğinden sıcaklık etkisi önemsiz kalır.



WHEATSHONE KÖPRÜSÜ

Bu köprü, straingauge direncindeki değişimleri ortaya çıkarmak için kullanılır.

Bu devrede R_1, R_2, R_3, R_4

farklı 4 ayrı dirençtir.

U_B : Besleme gerilimi

U_o : Ölçme gerilimi' dir.

$R_1/R_2 = R_3/R_4$ oranı sağlanırsa;

$U_o = 0$ olur.

Bu durumda köprü dengelenmiş demektir.

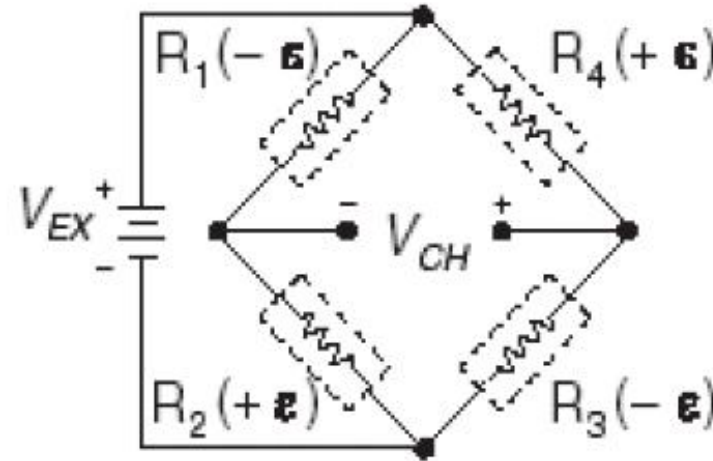
Şayet bu dört direnç'de bir dış kuvvetin etkisi ile ΔR_i ($i=1,2,3,4$) kadar değişecek olursa denge bozulur. Ve

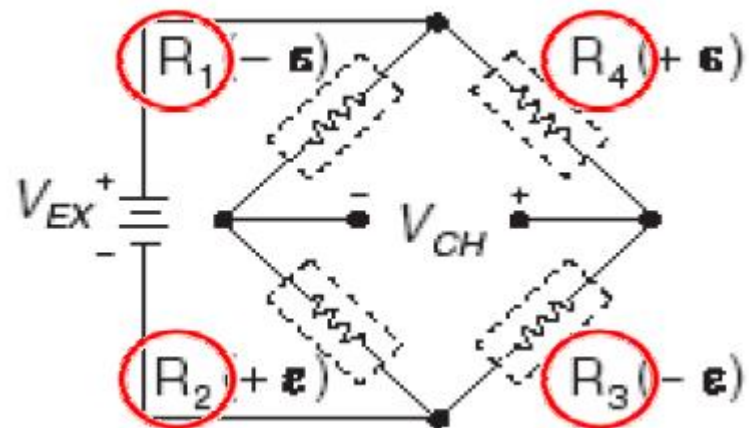
$$U_o = U_B/4. [\Delta R_1/R_1 + \Delta R_3/R_3 - \Delta R_2/R_2 - \Delta R_4/R_4] \text{ olur.}$$

Bu dört direnç aynı büyüklükte olursa

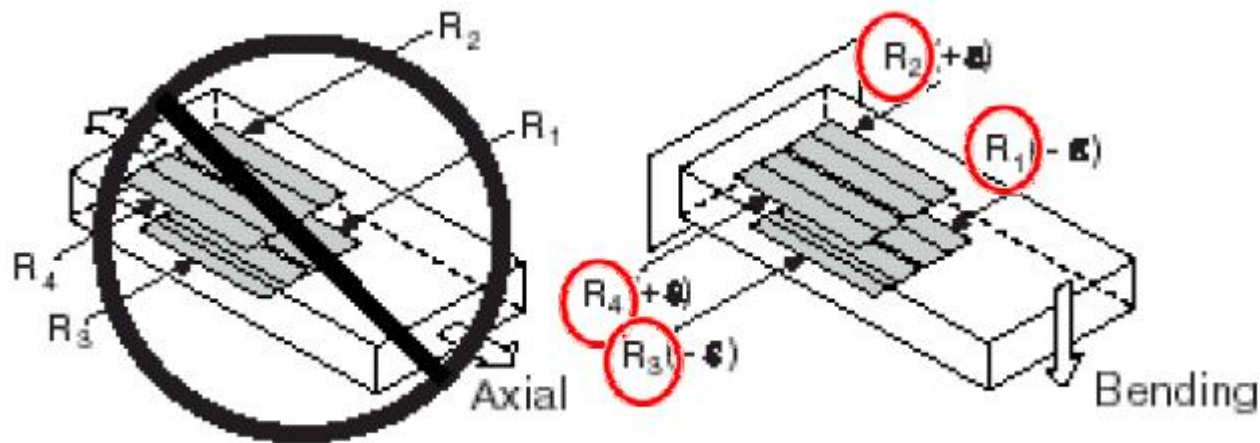
$$U_o = U_B/4. [(\epsilon_1 + \epsilon_3 - \epsilon_2 - \epsilon_4).k] \text{ yazılabilir.}$$

Wheastone köprü devresindeki dirençlerin hepsi veya bir kısmı straingauge olabilir. Çeşitli bağlantı şekillerine göre **tam, yarım ve çeyrek köprü** isimlerini alırlar.



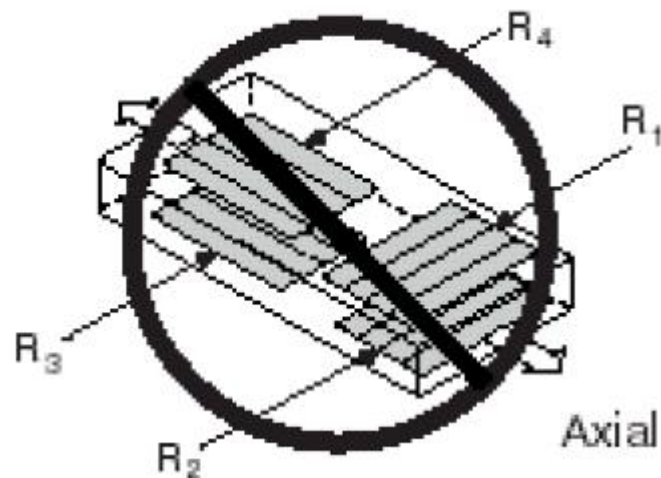
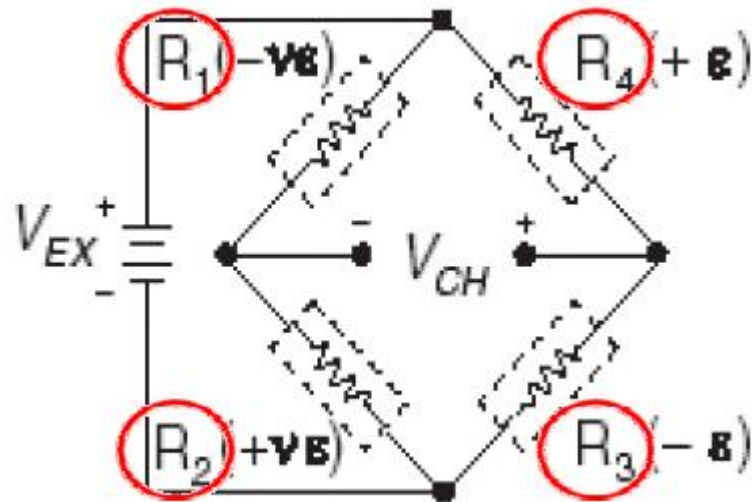


Tam Köprü 1. Tip

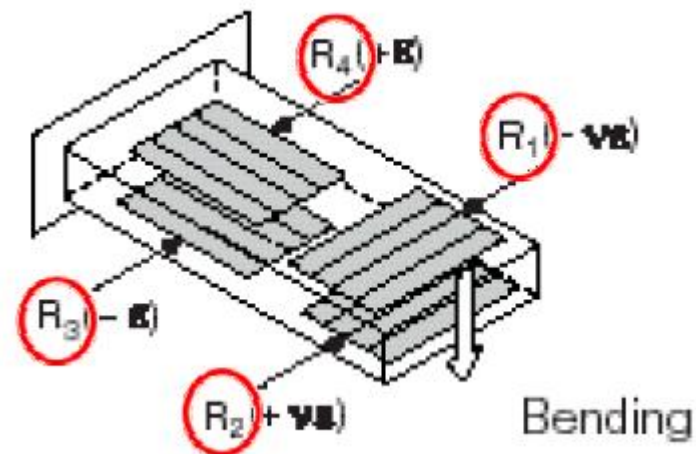




Tam Köprü 2. Tip



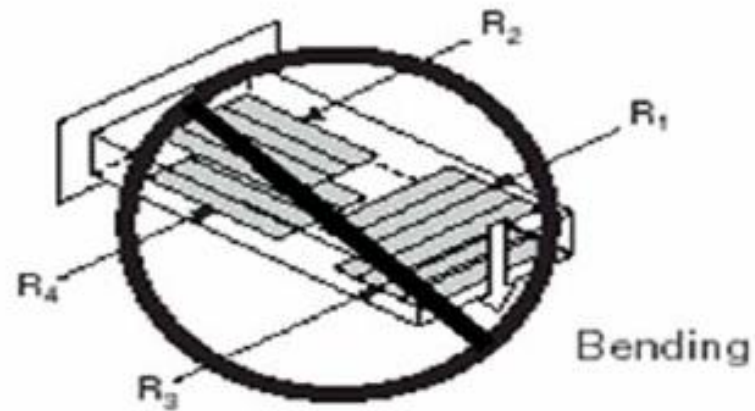
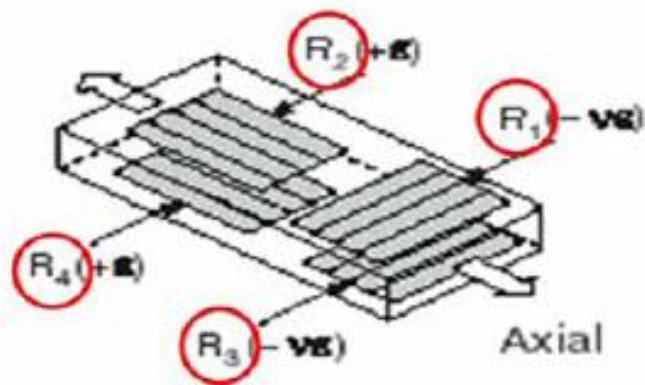
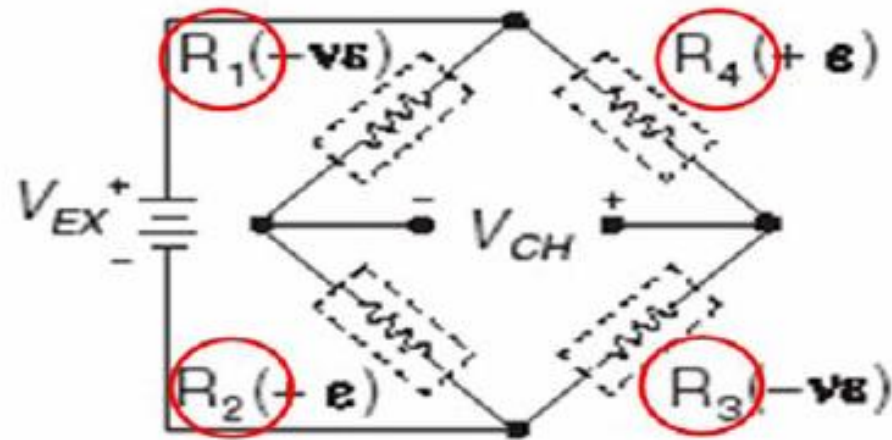
Axial

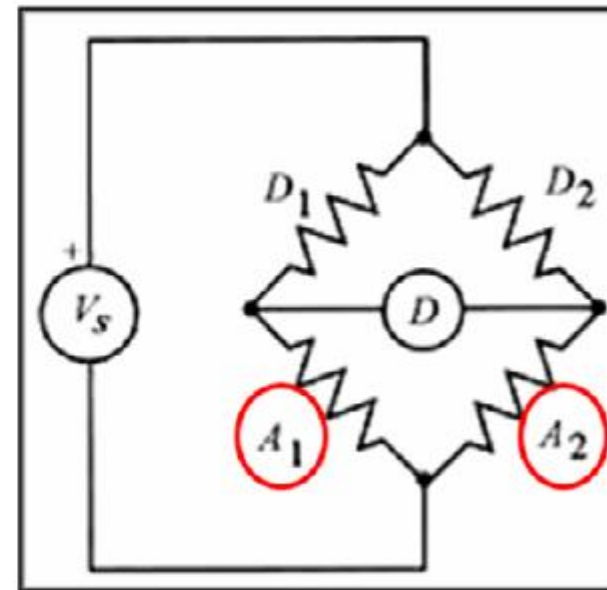
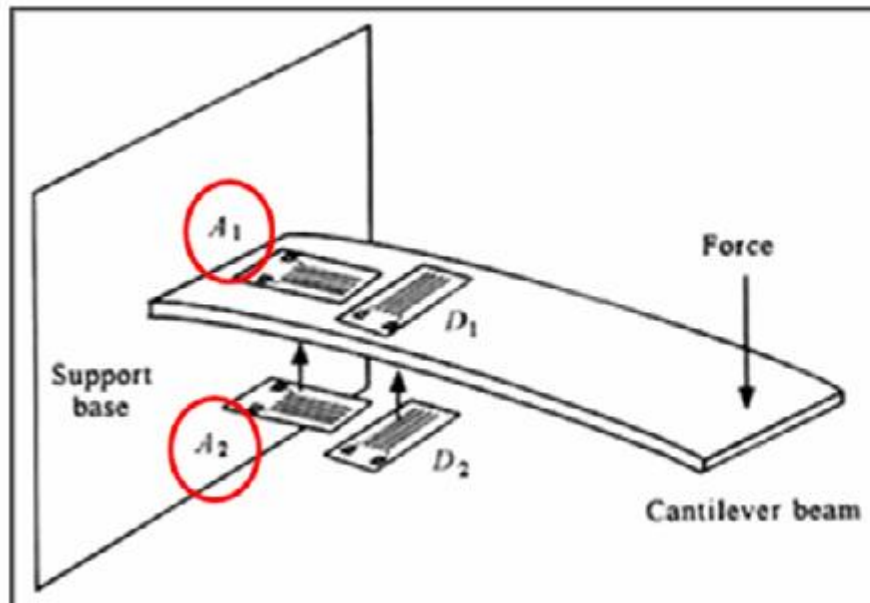
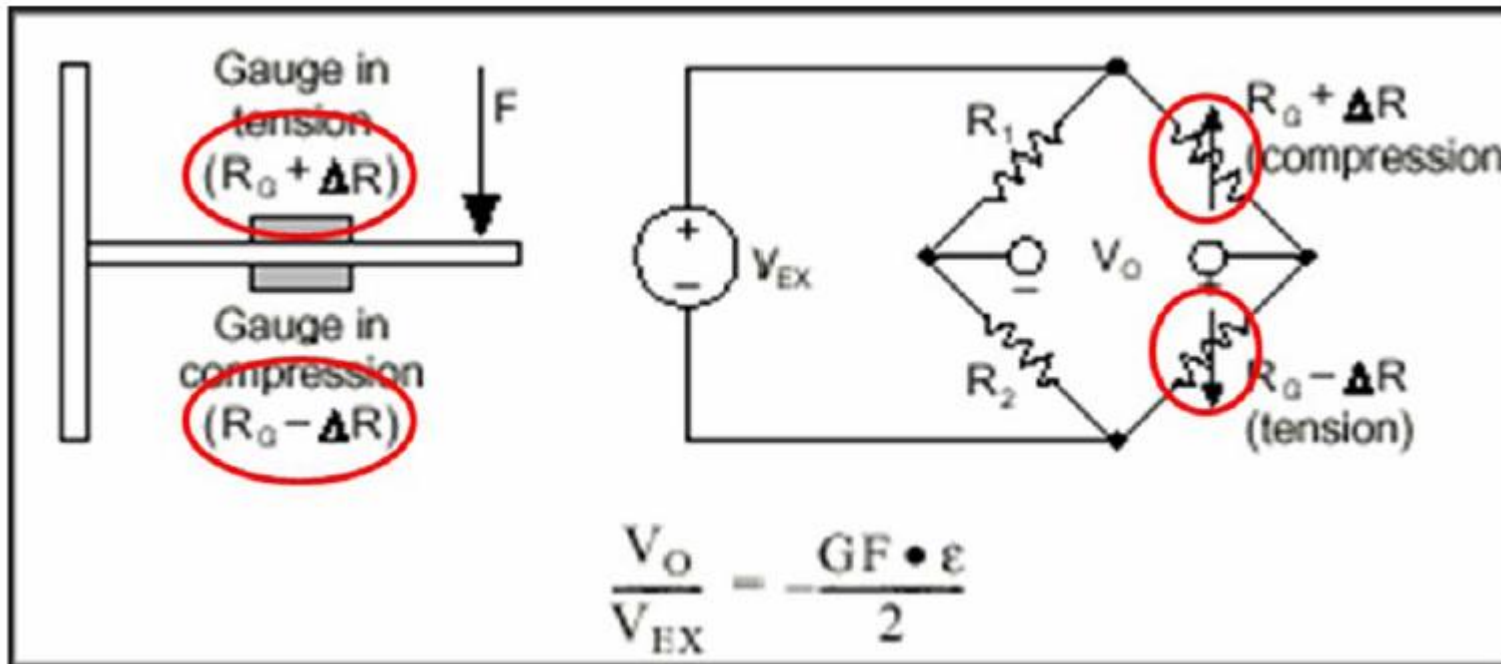


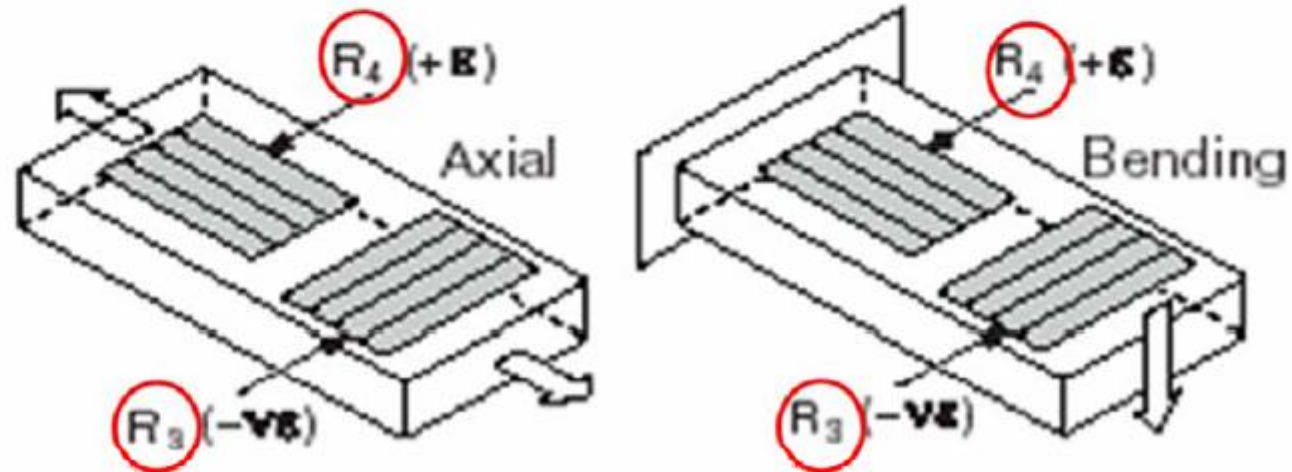
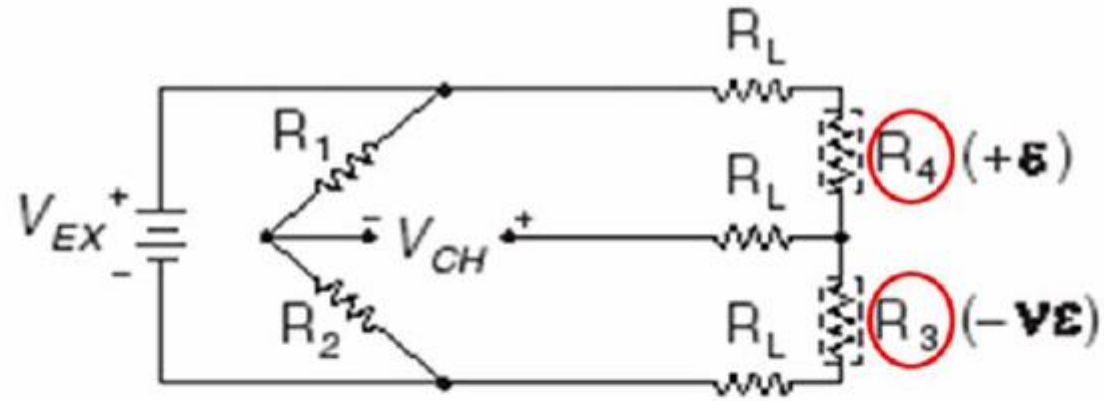
Bending

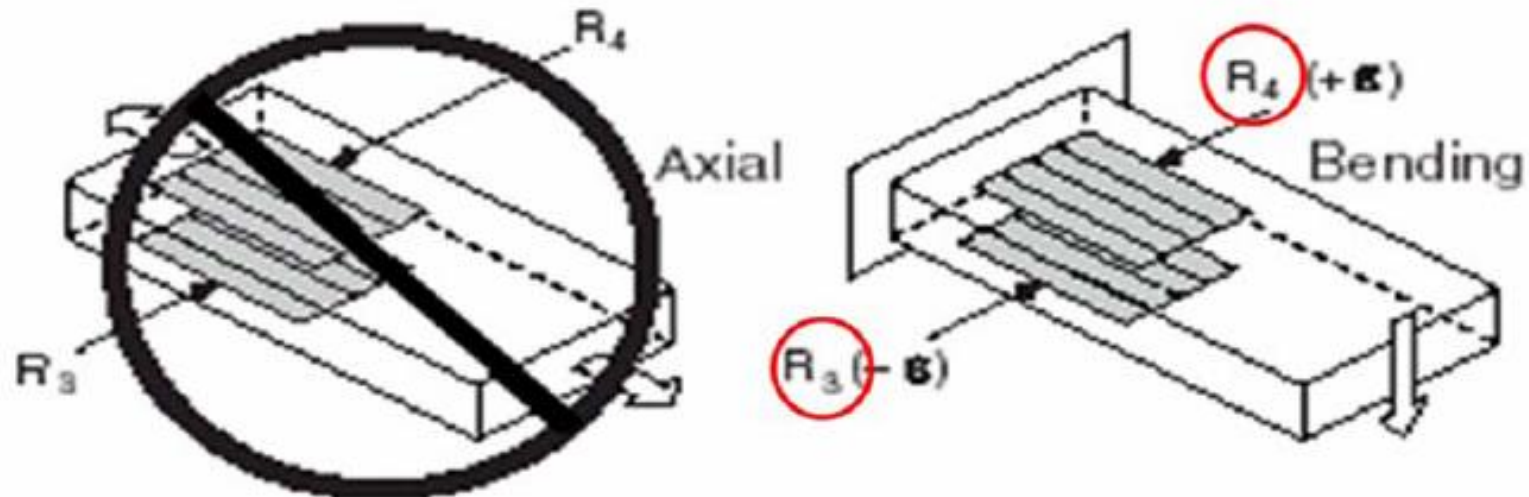
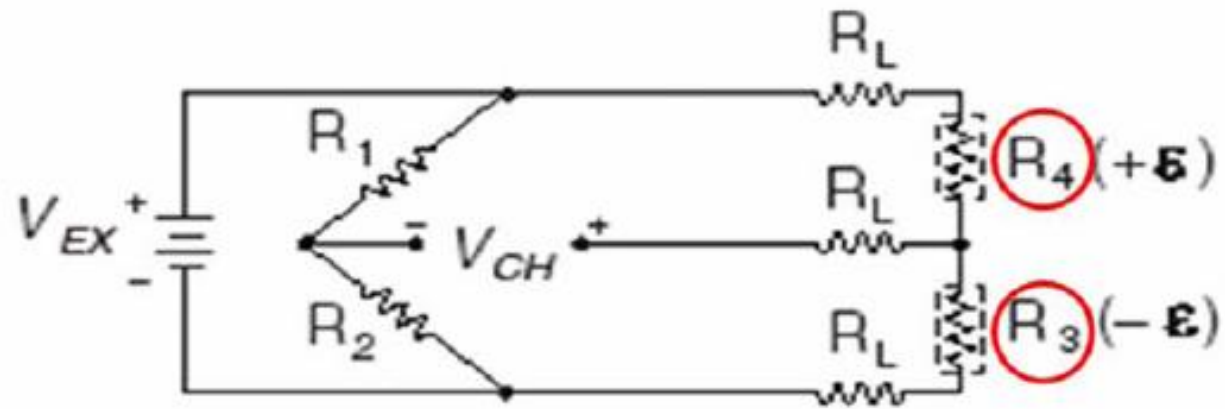


Tam Köprü 3.Tip

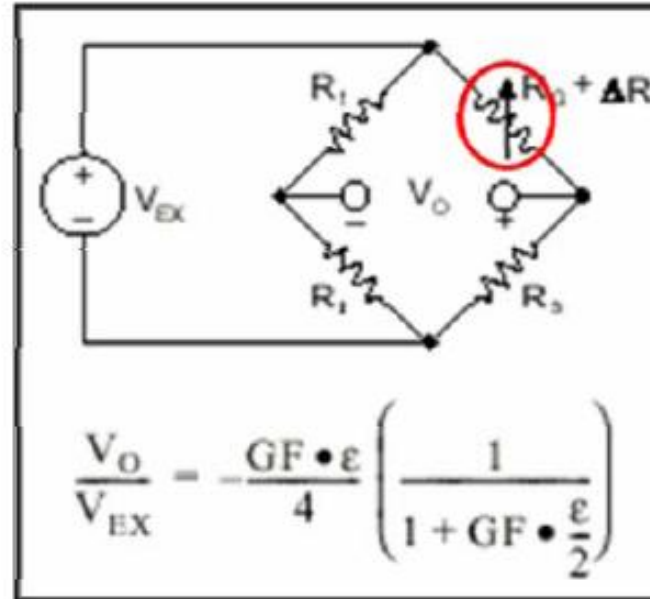




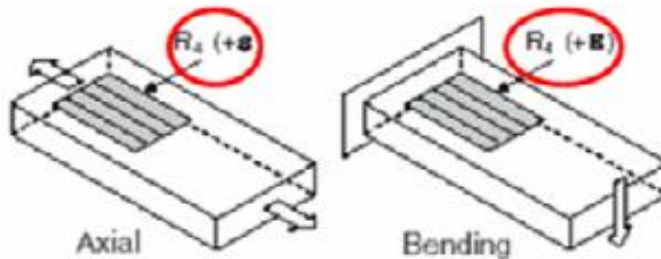
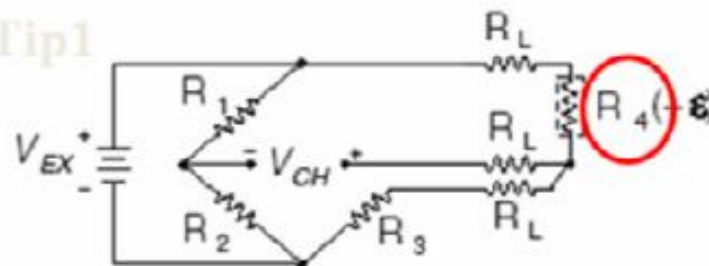




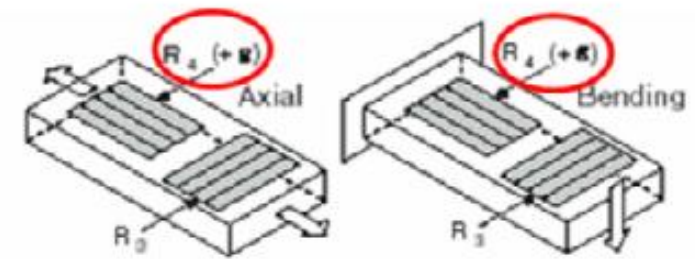
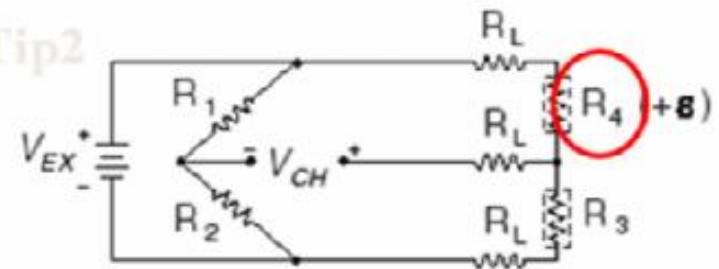
Çeyrek Köprü



Tip1



Tip2





Elektro-optik Uzunluk Ölçümü

Uzunluk ölçümünde taşıyıcı dalga olarak mikrodalgayı ve ışığı kullanan aletler geliştirilmiştir. Mikrodalga ile çalışan aletler uzun mesafelerde $S > 20$ km için kullanılmaktadır. Mikrodalgalar ışığa göre meteorolojik koşullardan daha çok etkilendiklerinden mikrodalga ile çalışan aletlerle ulaşılabilen uzunluk ölçme doğruluğu ışık dalgaları ile çalışan aletlere göre daha düşüktür. Uygulamada taşıyıcı dalga olarak ışığın kullanıldığı elektro-optik uzunluk ölçerler daha yaygındır



Elektro-optik Uzunluk Ölçümü

- Elektro-optik uzunluk ölçümünde göndericiden yollanan elektromanyetik dalga yansıtıcıdan yansır ve alıcıya ulaşır. İki nokta arasındaki mesafe ya sinyalin gidiş dönüş zamanından (impuls yöntemi) ya da alınan sinyalin faz farkından (faz karşılaştırma yöntemi) yararlanılarak belirlenir.

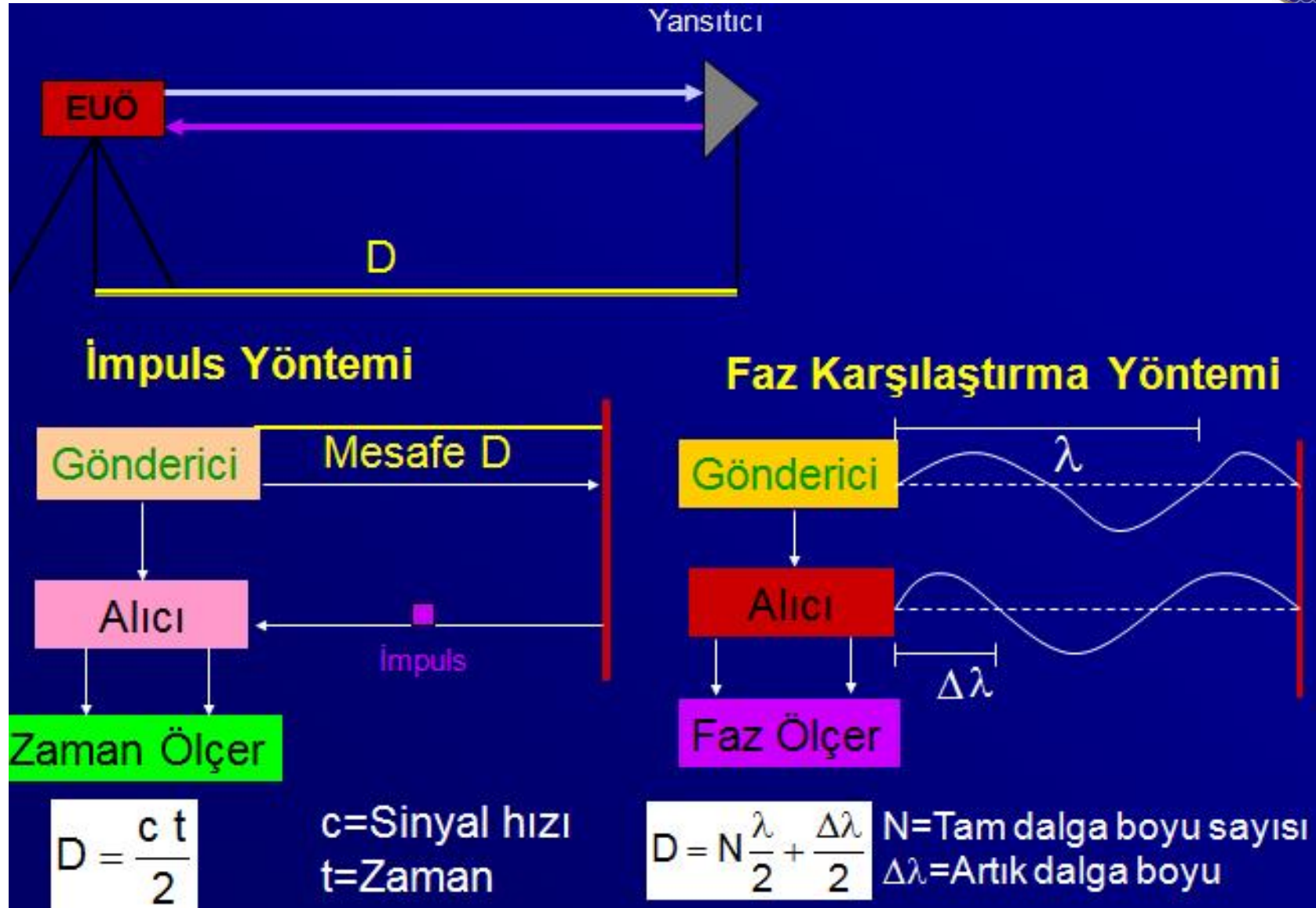


Enterferometrik uzunluk ölçümü

Elektro-optik uzunluk ölçümünde elektromanyetik spektrumun $0.5 \mu\text{m}$ ile $1.0 \mu\text{m}$ 'lik kısmı yani görünen ışık ile kızılötesi ışık kullanılır. Bu spektrumdaki dalgalar doğrudan uzunluk ölçümünde sadece enterferometrik yöntem ile kullanılır. Enterferometrik yöntem çok hassas olmasına karşın kısa mesafelerin ölçümünde kullanılır. Bu spektrumdaki dalgaları uzun mesafelerin ölçümünde kullanabilmek için modüle edilmeleri gerekmektedir.



Elektronik Uzunluk Ölçümü



DEBİ ÖLÇÜMÜ :

İçme suyu, drenaj, atık sular, sıvı hidrokarbonlar, petrol ürünleri, nafta, etilen, buten, benzen gibi kimyasal kirletici olmayan her türlü sıvının bir boru içinde basınç etkisiyle sahip olduğu debi miktarının doğru bir şekilde ölçülmesi, hem sürekli reaksiyon olan bir kapta geri dönüşüm miktarını en aza indirir hem de reçete miktarına uygun akış sağlayarak reaksiyonun güvenilirliğini sağlar.

Debi ölçümlerinin doğru yapılması ünite operatörüne aşağıda işlemler hakkında bilgi verir.

- 1 Boru içinde akan sıvı debisi miktarını hacim /saat ya da kg / saat olarak öğrenmek,
- 2 Debi akışını istenilen değerde tutarak, bir havuza sabit debide ürün göndermek,
- 3 Ticari bir tankerin kaç günde dolabileceğini hesaplayarak liman işlerinin daha sağlıklı yönlendirilmesini yardımcı olmak.

Debi ölçüm teknikleri içinde likitin yapısı, temiz, yapışkan olması ya da devamlı gazlaşan tipte olmasına göre değişik yöntemler geliştirilmiştir. Her yöntemin üstün tarafları vardır. Ancak ölçümleri sınırlayan parametreler her cihazın her yerde kullanımını engellemektedir.



Kullanılan ölçüm yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz.

- 1 Orifis yöntemiyle fark basıncına göre debi ölçümü, (Electronic Differential Pressure Measurement)
- 2 Corodial güç salınımına göre debi ölçümü, (Electronic Mass Flow Measurement)
- 3 Likitlerin vorteks oluşturmaya göre debi ölçümü, (Electronic Vortex Flow Measurement)
- 4 Likitlerin iletkenliğini hıza bağlı oluşturmaya göre debi ölçümü, (Electronic Magnetic Flow Measurement)
- 5 Şamandıralı Cam ve boru tip debi ölçümleri, (Electronic Variable Area Flow Measurement)

vb. olarak sıralayabiliriz.

Bu ölçüm yöntemlerinden her birinin kullanıldığı yere göre bir üstünlüğü vardır.

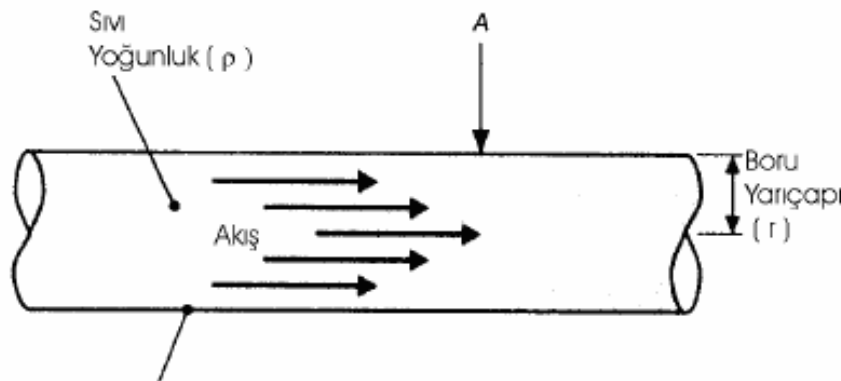


1- AKIŞKAN VE AKIŞ ÖZELLİKLERİ

Akış, bir akışkanın bir hat boyunca sürekli olarak hareketidir. Akışkanlar maddenin üç hali şeklinde (Katı, Sıvı, Gaz) olabilir. Suyun nehirde akışı, Petrol veya gazın bir boru hattından akışı, Havanın nefes olarak ciğerlere alınıp verilmesi, Helezonlarla tahılların taşınması akış sistemlerine birer örnektir.

Akış ölçümü için bilinmesi gereken önemli fiziksel büyüklükler; akışkanın birim zamanda akan hacimsel olarak miktarı (Hacimsel debi [m^3/sn]), birim zamanda akan kütleli olarak miktarı (Kütleli debi [kg/sn]) ve birim zamanda kat etmiş olduğu yol (Hız [m/sn])dur.

Bir boru içerisindeki akışı inceleyecek olursak;



Şekil 1.1. Borularda akış

Akışın A kesitindeki ölçümü;



A kesitinde birim olarak $[m^3/sn]$ veya $[lt/sn]$ ölçüm.

A kesitinde birim olarak $[kg/sn]$ ölçüm

A kesitinden geçen sıvının hızının $[m/sn]$ ölçümü.

Direkt hacimsel veya kütleli ölçüm, ölçüm işlemini sonlandırır. Bazı ölçümlerde hacimsel veya kütleli ölçümlerin zorluğundan dolayı veya alternatif bir ölçüm sistemi olarak hız ölçümü kullanılır. Hız ölçümünün yapıldığı yer in kesiti bilineceği için çeşitli matematiksel işlemlerle hacimsel veya kütleli debiler bulunabilir.

Şekil 1.1. de, A bölgesindeki hacimsel debi, bu bölgedeki kesit alanı (πr^2 $[m^2]$), ve sıvının hızı ($[m/sn]$) ile çarpımı ile bulunabilecektir. Eğer akan sıvının yoğunluğu (ρ $[kg/m^3]$) biliniyorsa, Hacimsel debi ile yoğunluğun çarpımı bize kütleli debiyi verecektir.

$$Q_v = A \cdot v$$

$$Q_v = \pi r^2 \cdot v \quad [m^2 \cdot m/sn] \quad [m^3/sn]$$

$$Q_m = Q_v \cdot \rho \quad [m^3/sn \cdot kg/m^3] \quad [kg/sn]$$

$$Q_v = \text{Hacimsel Debi} \quad [m^3/sn]$$

$$Q_m = \text{Kütleli Debi} \quad [kg/sn]$$

$$A = \pi r^2 = \text{Birim kesit alanı} \quad [m^2]$$

$$v = \text{Hız} \quad [m/sn]$$



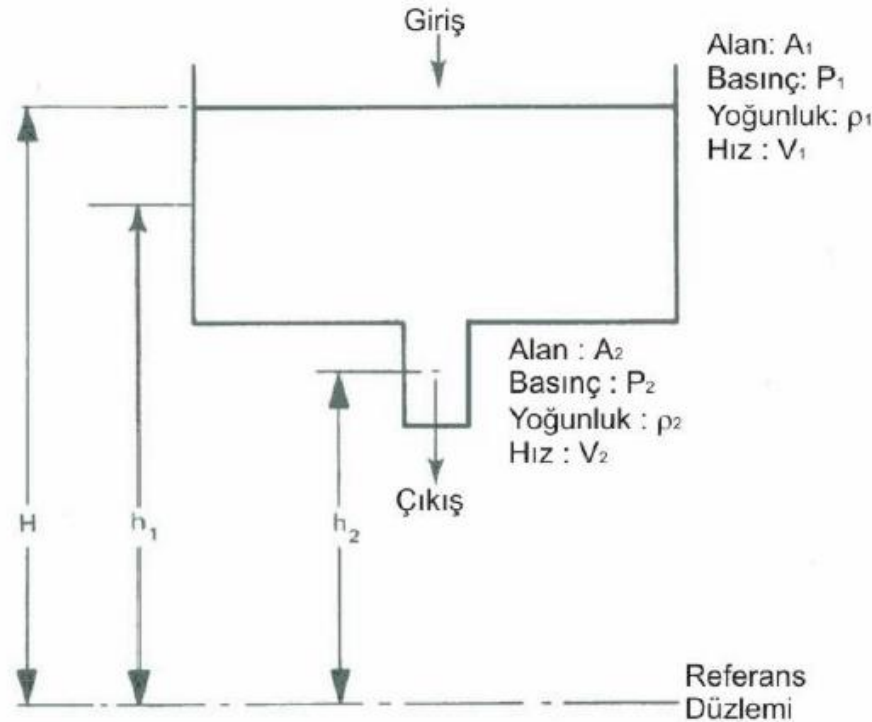
BASINÇ ENERJİSİ – POTANSİYEL ENERJİ – KİNETİK ENERJİ

Durgun bir sıvının akışı bir basınç etkisi uygulayarak oluşturulduğu için akan sıvılar bir basınç enerjisine sahiptir.

Basınç P [paskal] veya $[N/m^2]$, Hacim V $[m^3]$ olarak ifade edilirse, Basınç enerjisi;

$$\text{Basınç Enerjisi} = P V [N/m^2 \cdot m^3] [Nm] \text{ olacaktır.}$$

Şekil 1.2. de görüldüğü gibi geniş bir alandan akan sıvı, dar bir alandan geçerek yoluna devam etmektedir.



Şekil 1.2. Borulardaki Enerji Dengesi



Borudaki enerji kayıplarını düşünmezsek, boru girişindeki enerji, doğrudan boru çıkışına da iletilmesi gerekir.

Boru girişindeki toplam enerjiyi inceleyecek olursak; üç enerjinin etkisi altında olduğunu görürüz.

$E_{\text{Toplam}} = \text{Potansiyel Enerji} + \text{Kinetik Enerji} + \text{Basınç Enerjisi}$

$$E_{\text{Toplam}} = m_1 h_1 g + \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + P_1 V_1$$

m_1 = Birim kütle

h_1 = Referans düzlemi ile sıvının ağırlık merkezinin yükseklik ölçüsü.

v_1 = Giriş borusundaki sıvının hızı

P_1 = Borunun üst kısmındaki sıvı basıncı.

V_1 = Birim kütlenin hacmi

Bu toplam enerji boru çıkışına da doğrudan iletileceğine göre;

$$E_{\text{Toplam}} = m_2 h_2 g + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + P_2 V_2$$



m_2 = Birim kütle

h_2 = Referans düzlemi ile sıvının ağırlık merkezinin yükseklik ölçüsü.

v_2 = Çıkış borusundaki sıvının hızı

P_2 = Borunun çıkış kısmındaki sıvı basıncı.

V_2 = Birim kütlenin hacmi

☛ Enerji yoktan var edilemez, varolan enerji yok edilemez. (Bernoulli Teoremi)

Enerjinin yoktan var edilemeyeceği veya varolan enerjinin yok edilemeyeceği prensibine dayanarak (Bernoulli Teoremi); Bu iki enerji aynı değere sahip olacağı için giriş ve çıkış enerjileri birbirine eşitlenirse;

$$m_1 h_1 g + \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + P_1 V_1 = m_2 h_2 g + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + P_2 V_2$$

Bu eşitlik yapılan sadeleştirmelerle ;

$$h_1 - h_2 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad \text{şeklini alacaktır.}$$



☛ Sıvı akışkanlar sıkıştırılmazlar.

Sıvı akışkanların sıkıştırılmaz özelliğine dayanarak, boru içerisindeki akışkan kesit ne kadar değişirse değişsin, boru içerisine birim zamanda giren akışkan miktarı aynı zaman diliminde boruyu terk edecektir.

$$Q_1 = Q_2$$

Q_1 = Sıvının boru giriş debisi

Q_2 = Sıvının boru çıkış debisi

$$Q = A \cdot v \quad [\text{m}^2 \text{ m/sn}] \quad [\text{m}^3/\text{sn}]$$

A = Akışkanın aktığı kanal kesiti [m^2]

v = Akışkanın hızı [m/sn]

Q = Akışkanın debisi [m^3/sn]

Giriş ve çıkış debileri değişmediğine göre;



$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{A_2 v_2}{A_1}$$

Burada bulunan v_1 hız değeri Bernoulli teoreminde yerine yazılırsa;

$$h_1 - h_2 = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2$$

$$h_1 - h_2 = \frac{v_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right] \text{ şeklini alacaktır.}$$

Denklemden görüleceği gibi bir kesitteki akışın hızı, kesitlerin ve referans düzlemine göre kot farklarının bilinmesi ile bulunabilmektedir. Hızın bilinmesi de, Debi denkleminde yerine yazılarak hacimsel veya kütleli olarak debinin bulunması demektir.



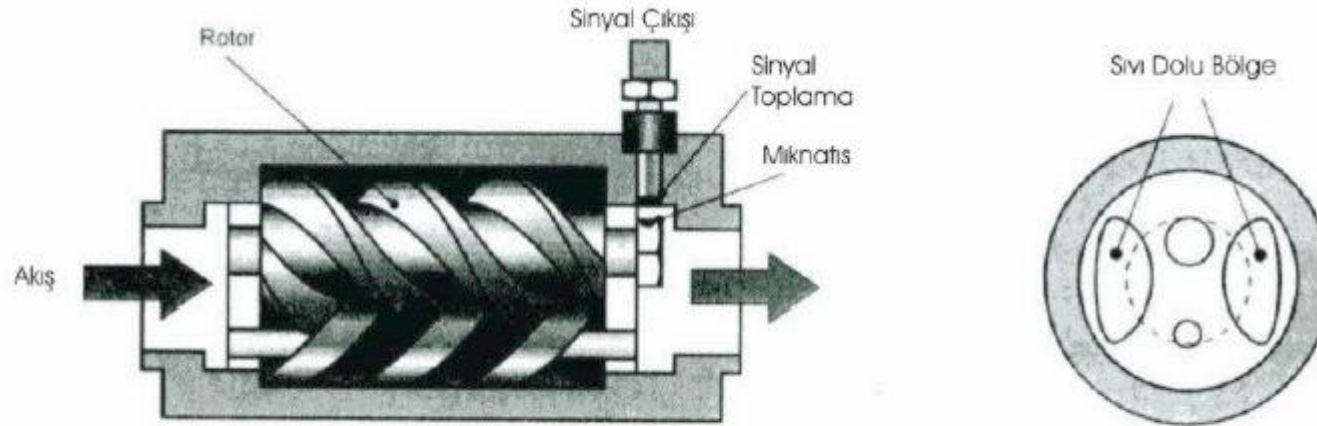
2- HACİMSEL AKIŞ ÖLÇÜMÜ

a) Helisel vidalı akış ölçerler

Bir boru arasına yerleştirilen ölçü aleti Şekil 2.1. helisel vida şeklinde bir rotora sahiptir. Ölçü aletinin giriş çıkışlarına yataklanmış olan bu helisel rotor, sıvı akışkanın etkisi ile dönmekte ve helis aralarına dolan sıvı çıkışa doğru ötelenmektedir. Çalışma prensibi aynı kıyma makinelerine benzemektedir. Helis adımı (hatve) ve helis aralarının hacimsel değeri bilindiği için, bu değer her bir rotor dönüşünde, her bir helisin hacim miktarı kadar sıvı çıkışı yapacaktır.

Şaft üzerine yapıştırılan bir mıknatıs ve stator üzerindeki hissedici ile toplam devir adedi tespit edilecektir. Her bir devirdeki hacim miktarı ile toplam devir sayısı çarpılarak toplam akış miktarı ölçülmüş olacaktır.

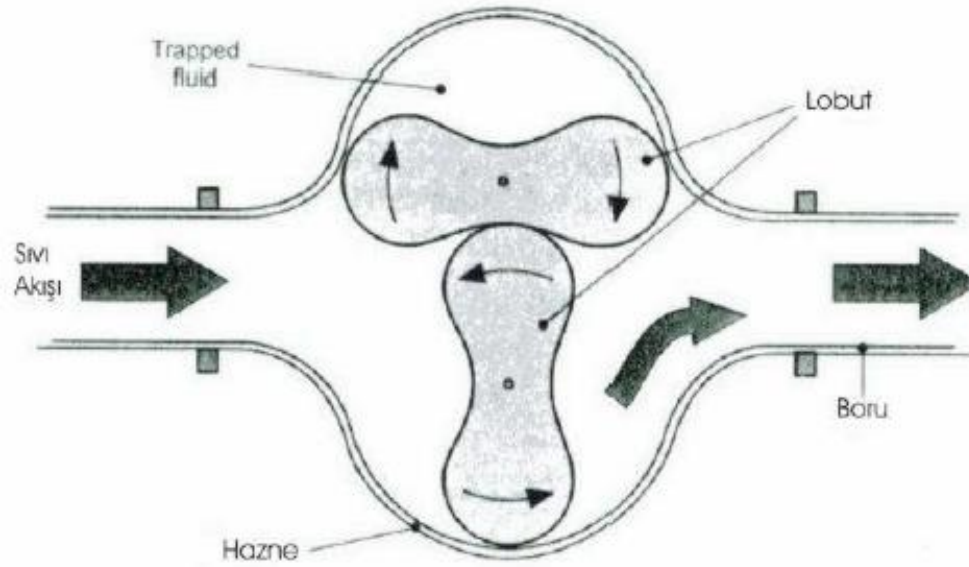
Mekanizma olarak pahalı bir sistem ve akışkanın basınç düşümüne sebep olmasına karşın, farklı tip sıvıların ölçülmesi ve farklı akış miktarlarına uyumlu olması nedeniyle endüstride kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Helisel Vidalı Akış Ölçer



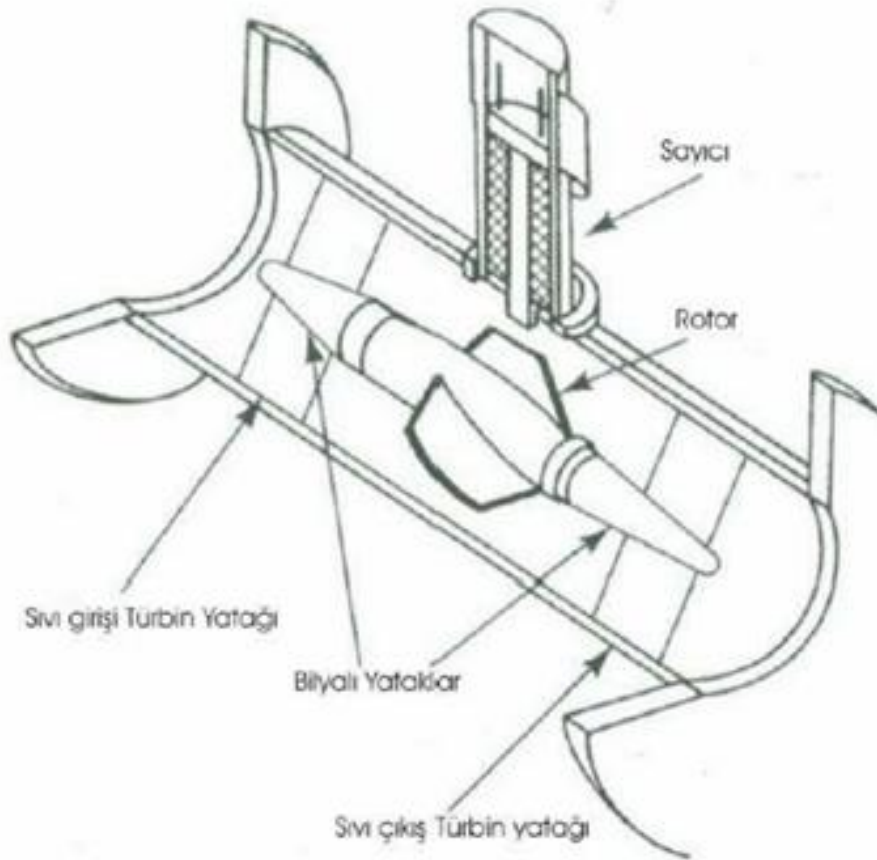
b) Döner lobe akış ölçer



Şekil 2.2. Döner lobe akış ölçer

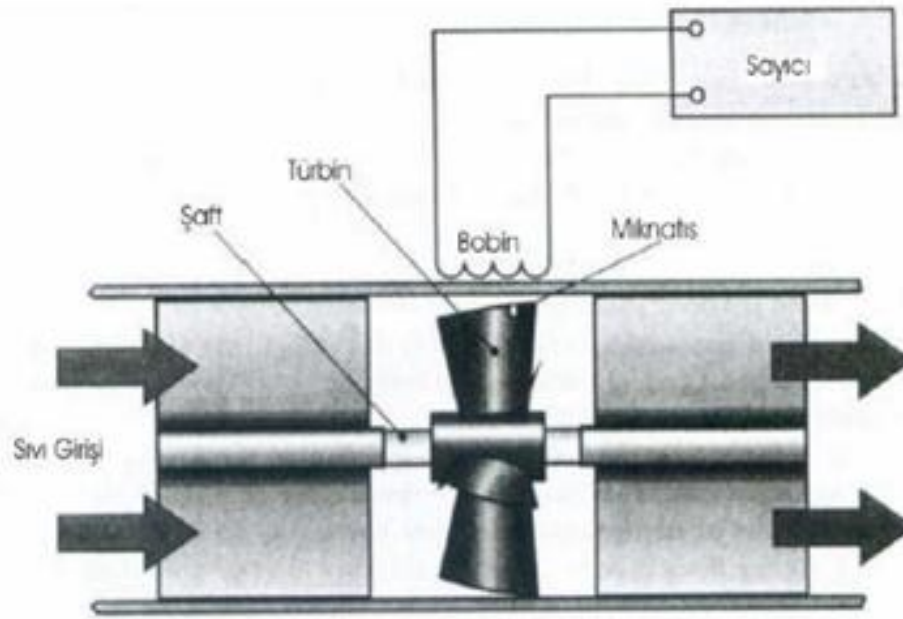
Şekil 2.2. de görüldüğü gibi lobe'lar saat yönünde dönmektedir. Her bir lobe yapmış olduğu devirde bir miktar hacimde sıvıyı dış kabı ile arasında sıkıştırmaktadır. Döner lobe sıkıştırmış olduğu sıvıyı dışarı gönderirken diğer lobe aynı miktarda sıvıyı sıkıştırmaktadır. Sıvı akışı sürdüğü müddetçe lobe'lar sürekli belirli hacmi sıkıştırıp çıkışa itecektir. Her bir devirde gönderilen akışkan miktarı hacimsel olarak

bellidir. Lobe'ların devir sayısı da ölçülerek toplam akış miktarı bulunur. Sistem bir ölçü aleti olarak petrol ürünlerinin ölçülmesinde kullanılabileceği gibi bir pompa gibi çalışması da mümkündür. Lobe'ların herhangi bir tanesine bağlanacak bir numaratör, optik algılayıcı veya elektriksel bir transducer bize çıkış devrini kolayca ölçecektir.



Şekil 2.3. Türbinmetre

Türbinmetreler hem hacimsel akış miktarı hem de akışkanın akış hızını ölçerler. Sıvı akışı türbinin dönmesini sağlar (Şekil 2.3.). Sıvı akışının hızı ile türbinin dönme hızı birbirleri ile doğru orantılıdır. Türbin kanatlarından birine yerleştirilecek bir mıknatıs ve boru dışına yerleştirilecek bir bobin ile türbinin devir sayısı belirlenir (Şekil 2.4.). Mıknatısın bobin üzerindeki yapmış olduğu her bir pals sayıcıya iletilerek devir sayısı bulunur. Türbinmetreler yüksek hassasiyete ve duyarlılığa sahip olmasına karşılık, türbin giriş çıkışlarında basınç düşümüne neden olur. Pahalı bir sistemdir. Hassasiyet ve duyarlılık, türbinin dönme kolaylığına bağlıdır. Türbinin

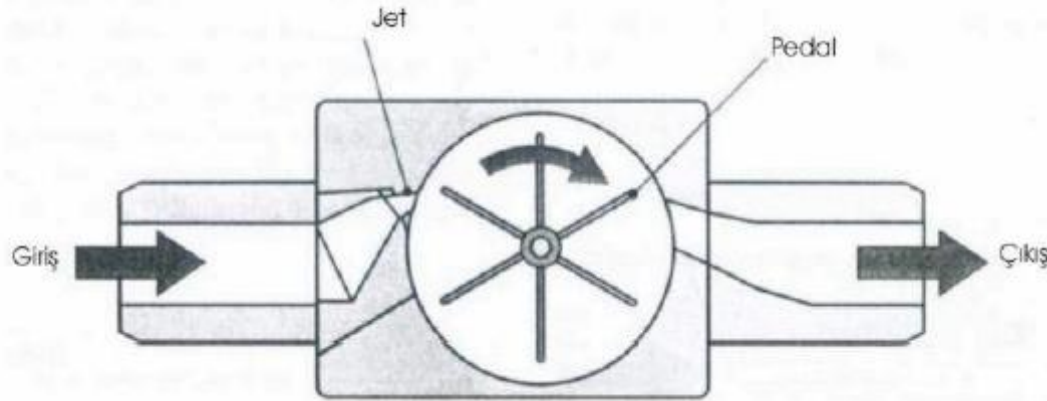


Şekil 2.4. Türbinmetre devir ölçümü

dönme kolaylığı, sıvı ile türbin kanatları arasındaki sürtünmenin azlığına, şaftın ve bilyaların dönme rahatlığına bağlıdır. Çok düşük akış oranlarında türbinmetreden alınacak ölçüm algılamasında düşme dolayısıyla ölçüm hassasiyetinde bozulmalar olacağından verimli bir ölçüm yapılamayacaktır.

d) Çark sistem akış ölçer

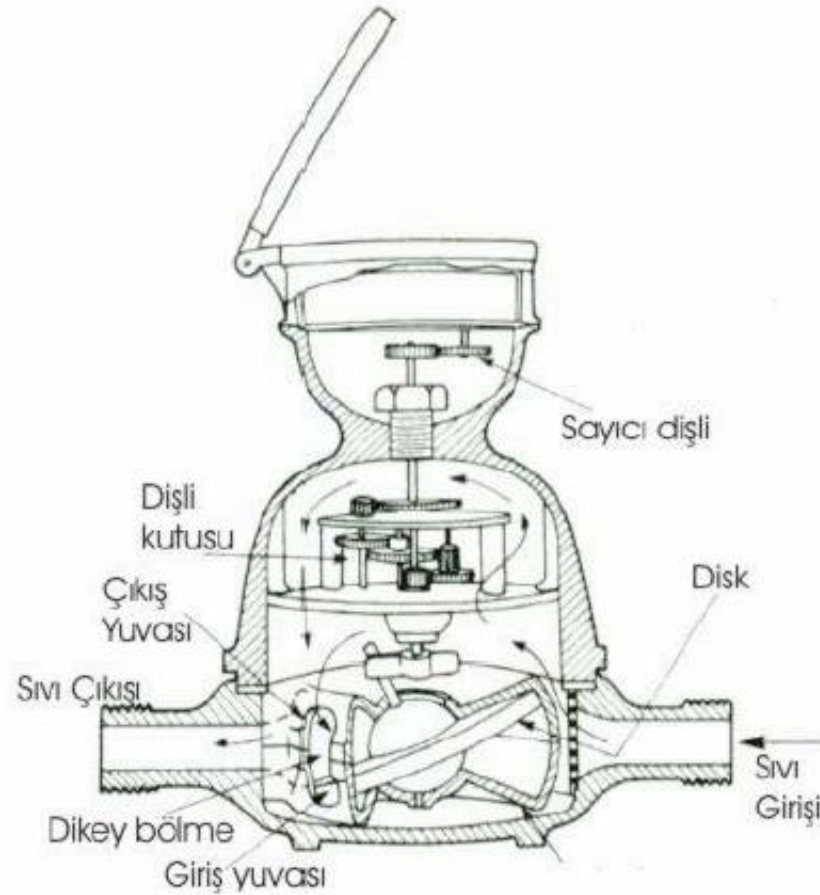
Boru içerisinde akmakta olan sıvı bir nozuldan geçirilerek sıvıya hız kazandırılır. Hız kazanan sıvı çarkın kanatlarına çarparak çarkı çevirmeye başlar (Şekil 2.5.). Giriş ve çıkış esnasında çark içerisindeki sıvı miktarı bellidir. Her bir çark dönüşü hacimsel olarak belli miktarda sıvıyı dışarı atmaktadır. Çarkın dönme miktarı ile bir devirdeki akışkan miktarının çarpımı bize toplam geçen akışkan miktarını verecektir. Daha önceki konularda anlatıldığı gibi çark şaftına bağlanacak olan bir numaratör, manyetik, veya optik devir okuyucu toplam devir miktarını belirleyecektir. Nozuldan dolayı bir basınç düşümü mevcuttur. Türbin, lobe gibi akış ölçüm metotlarına göre daha ucuzdur.



Şekil 2.5. Çark sistem akış ölçümü

e) Diskli sayaçlar

Evlerimizde kullanmış olduğumuz sayaç tipidir. Şekil 2.6. da görüldüğü gibi disk yalpalı bir hareket yaparak, her bir tam dönüşünde belirli bir hacimde sıvıyı girişten alıp çıkışa göndermektedir. Sıvının akış hızına veya geçen debi miktarına göre hareketi artan veya azalan disk bu salınım miktarını üst kısmında bulunan dişli çark sistemine iletmekte ve diskin her bir salınımı diskin iletmış olduğu akışkan miktarınca dişliçarklarda işlem görmektedir. Dişli çarkların dişli oranları ve en üstte bulunan numarator, birim zamandaki diskin iletmış olduğu hacim miktarını göstermektedir.



Şekil 2.6. Diskli sayaçlar



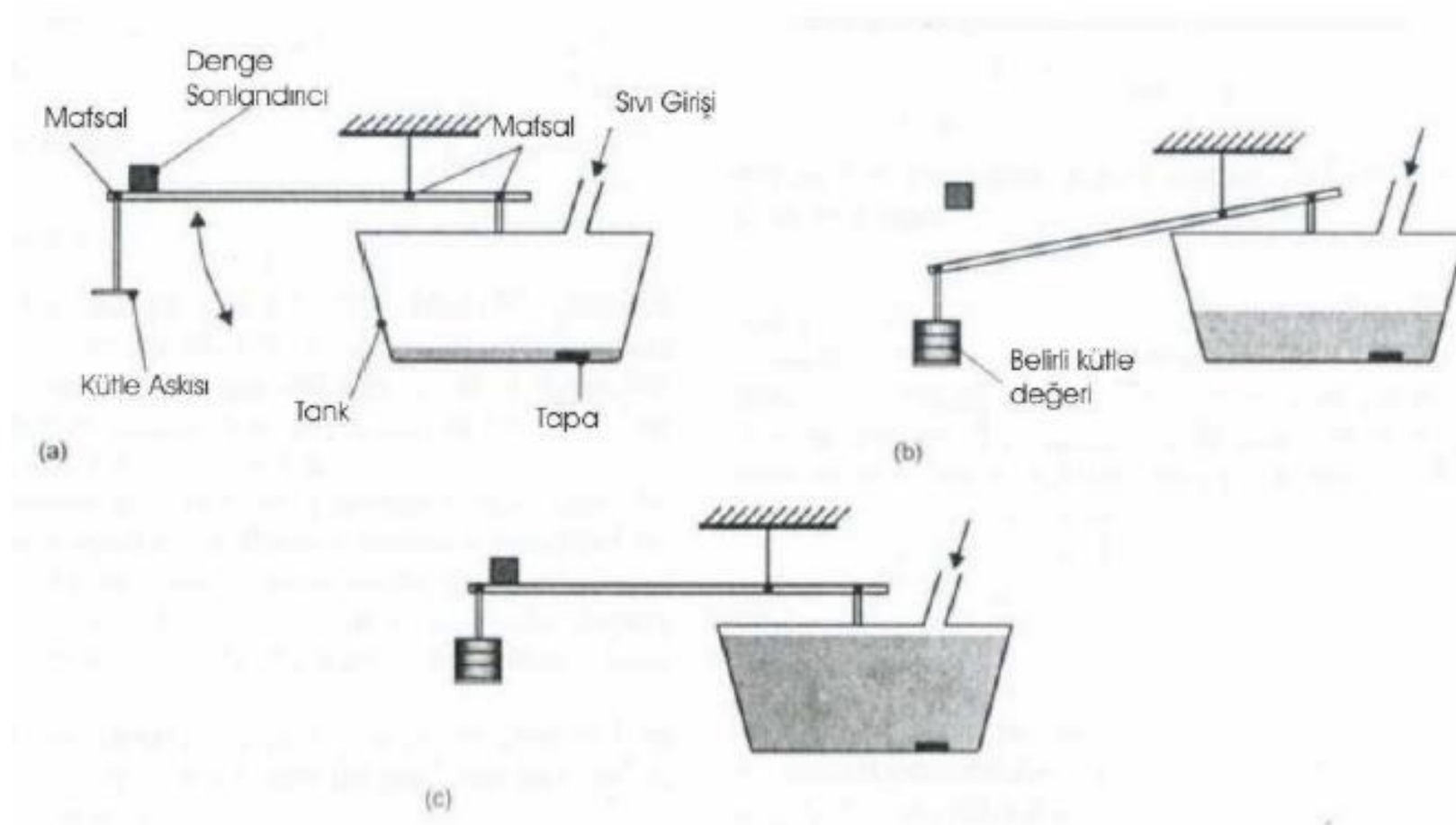
3- KÜTLESEL AKIŞ ÖLÇÜMÜ

a) Kuvvetler dengesi ile kütleli ölçüm

Bu tip ölçümlerde kullanılan en basit yöntem akışkan miktarını direkt ölçmektir. Bir sokak sütçüsünün 1 kg diye verdiği süt (aslında verilen 1 lt süt #1lt süt $\neq$ 1kg süt#) yanlış bir ölçüm de olsa kütleli bir ölçümdür.

Şekil 3.1. de yerçekimi kuvveti etkisinde ortasından asılarak dengelenmiş bir çubuğun bir tarafına ölçülmesi gereken ağırlık, diğer tarafına da ölçülecek sıvının kabı konulmaktadır. Kabin içine dolan sıvı, ölçülmek istenen karşı ağırlığın değerine ulaştığında çubuk dengelenecek ve bir sensöre temas ederek kütleli olarak akış işlemini sonlandıracaktır. Kap içerisinde akışkan seviyesi azaldığında tekrar sistemin dengesi bozulacak, sensör bir değer okuyamayacağı için kap tekrar dolmaya başlayacaktır.

Sıvının yoğunluğu belli ise hesap yoluyla kütleli ölçüm, diğer hacimsel ölçümlerin yanında pek tercih edilmese de, hacimsel ölçüm olarak ta ifade edilebilir.

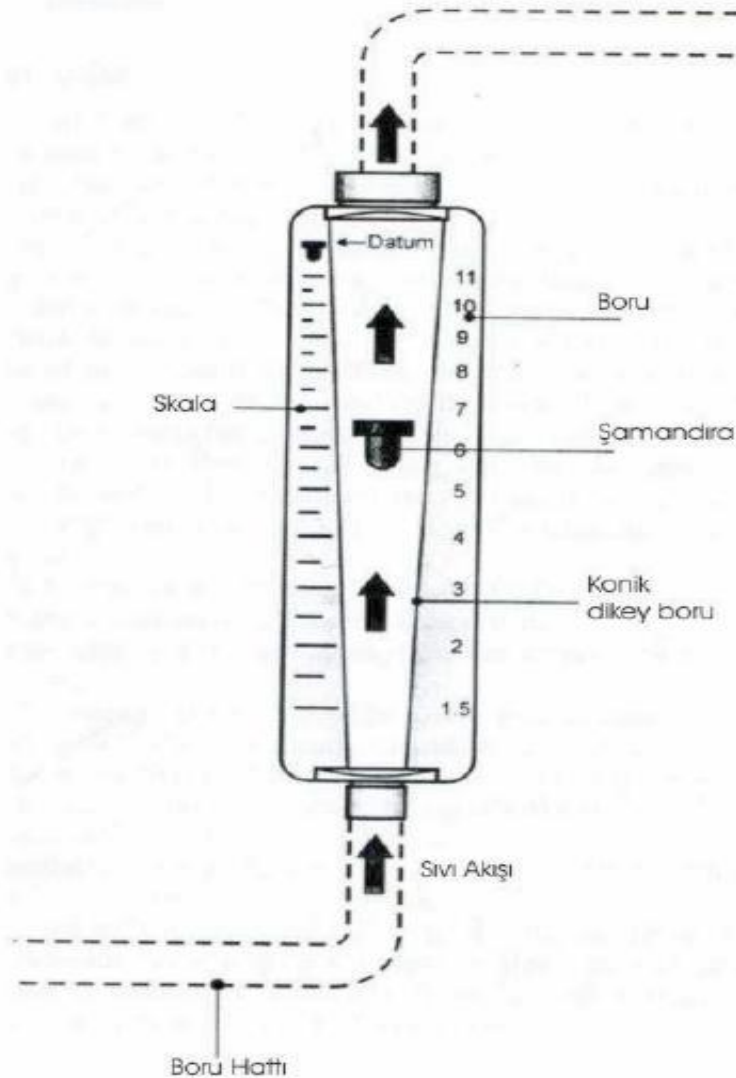


Şekil 3.1. Kütleli akış ölçümü



b) Değişken alanlı akışmetre (Rotometre)

Şekil 3.2. de görüldüğü gibi cam bir tüp skalalandırılmış içerisine bir şamandıra yerleştirilmiş düzeneden ibarettir.



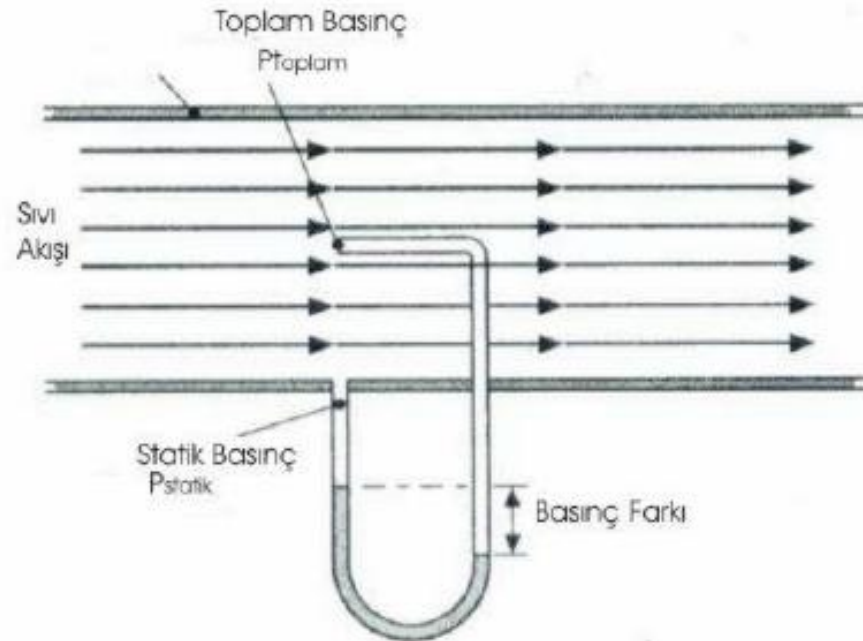
Şamandıra yüzeyine sıvı akışkanın yapmış olduğu basınç etkisi ile cam tüp içerisinde, yukarı doğru kaldırma prensibine dayanır. Şamandıranın kalkmış olduğu yükseklikteki skala değeri, cam tüp ile şamandıra arasından geçen akışkan miktarını, birim zamanda geçen kütle miktarı (gr/sn) olarak göstermektedir. Ölçü aletinin yapımında ; skala aralıkları, sıvının kaldırma kuvveti, şamandıranın ağırlığı, kullanılan sıvının ne olduğu, cam tüpün hacimsel değişimi, şamandıranın yüzey alanı gibi faktörler dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Rotametreler hem sıvı hemde gaz için kullanılmaktadır. Çalışacak zemine dikey olarak yerleştirilirler.

Ölçümün sıhhatli olması için, şamandıranın ölçüm esnasında yüzeylere herhangi bir sürtünme yapmaması veya sıvı geçişini engelleyecek dirençler göstermemesi gerekmektedir.

4- HIZ ÖLÇÜM METODU İLE AKIŞ ÖLÇÜMLERİ

a) Pitot boru ile hız ölçümü

Bir boru veya kanal içerisindeki hız ölçümünü bulmak için kullanılan aletlerden biriside Pitot borulardır. Pitot boru Şekil 4.1. de gösterildiği gibi boru merkezine, boru ağzı akış yönüne ters olacak şekilde yerleştirilmiş ve diğer ucu da boru yüzeyine yerleştirilmiş bir U manometre düzeneğidir. Boru merkezinde Toplam basınç değerini, boru yüzeyinde ise Statik Basınç değerini ölçüp manometrede fark basıncını göstermektedir.



Şekil 4.1. Pitot boru ile sıvının hız ölçümü



Pitot –statik boru hem sıvı hem de gaz akışları için kullanılabilir. Hassas ölçüm sonuçları verir. Düşük akışkan hızlarında da ölçüm yapar. Fark basıncını Bourdon göstergesine bağlayarak, göstergenin hız ölçümüne kalibre edilmesi ile de hız ölçümü yapılabilir.

$$v = \sqrt{\frac{2(P_{toplam} - P_{statik})}{\rho}}$$

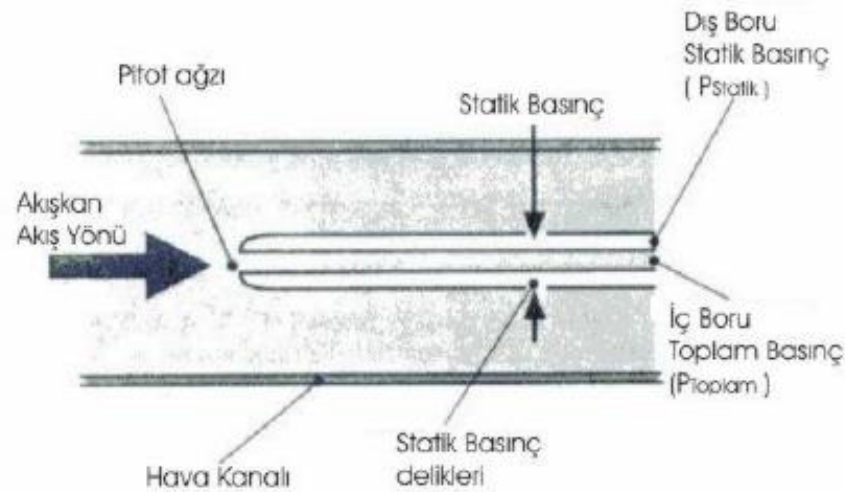
P_{toplam} = Toplam Basınç

P_{statik} = Statik Basınç

ρ = Sıvının yoğunluğu

Yukarda verilen denklemde pitot boru ile fark basıncı bulunduktan sonra, değerler yerine konduğunda kolayca akışkanın hızı bulunabilmektedir. Boru kesiti de bilindiğine göre; boru içerisinden geçen akış miktarı, hacimsel debi, daha önceki anlattığımız konulardaki gibi rahatlıkla bulunacaktır.

Şekil 4.2. de görülen pitot boru ise gazların akışı için özel hazırlanmış bir akış ölçerdir. İççe yerleştirilmiş bir boru düzeneğinin iç tarafındaki borudan toplam basıncı, dış tarafındaki borunun yan yüzeyine açılmış deliklerden de Statik basıncı ölçecektir. Bu basınç değerlerini U tipi bir manometre ile basınç farkı şeklinde ölçerek, yukarda verilen formülle veya özel hazırlanmış, fark basınçlarını direkt hıza çevirecek bir transducerle akış hızını ölçecektir.



Şekil 4.2. Pitot boru ile hava hızı ölçümü

Bazı düzgün olmayan veya gazların sıkışabilirlik özelliğinden dolayı kanal içerisinde lineer dağılmayan hava hızları, hava debisini bulmakta yanlış sonuçlar meydana getirebilir. Bu gibi durumlarda, kanal içersinde aynı kesitte, kanalın değişik yerlerinde alınacak birden fazla hız ölçümü ve bu hızların ortalama değeri bize o kanaldaki hacimsel debiyi daha sıhhatli bulmamızı sağlayacaktır.

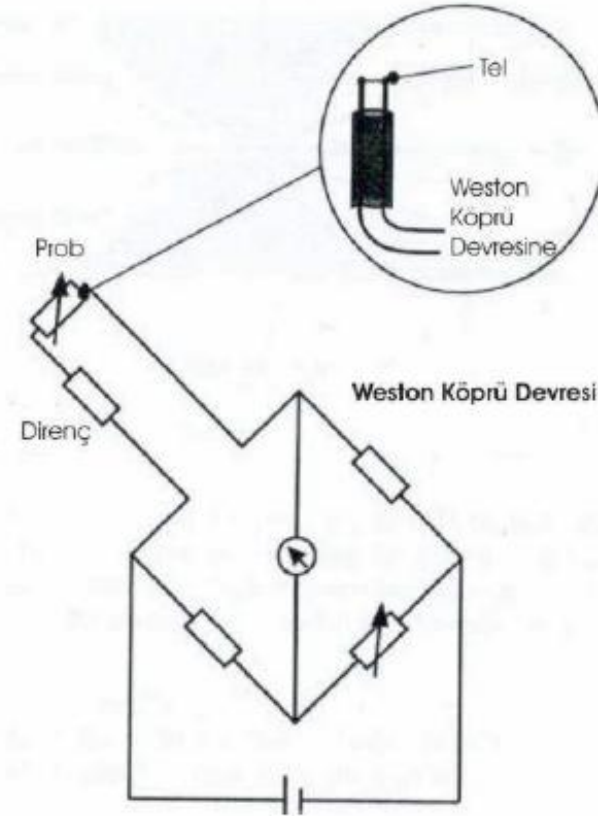


b) Anemometre

Anemometreler gaz ölçümleri için kullanılırlar. Çalışma prensibi, sensör olarak bir telin, sıcaklığın etkisi ile üzerindeki direnç değişimini, transducer olarak elektronik devreye aktarması esasına dayanır. (Şekil 4.3.) Kendisinin bağlanmış olduğu elektronik devrede (Wheatstone Köprüsü) gerilim farkı oluşturur. Göstergede bu gerilim farkı sıcaklık değişimi olarak algılanır.

Kullanılan telin özelliğine göre çok geniş akış ölçümü aralığına sahiptir. Telin çok hassas olması nedeniyle ölçü aleti iyi muhafaza edilmelidir. Pitot borulara göre çok pahalı bir sistemdir.

Sensörü türbin şeklinde olan anemometrelerde vardır. Bu anemometreler, gaz hızını, türbinin devir sayısını ölçerek bulur.



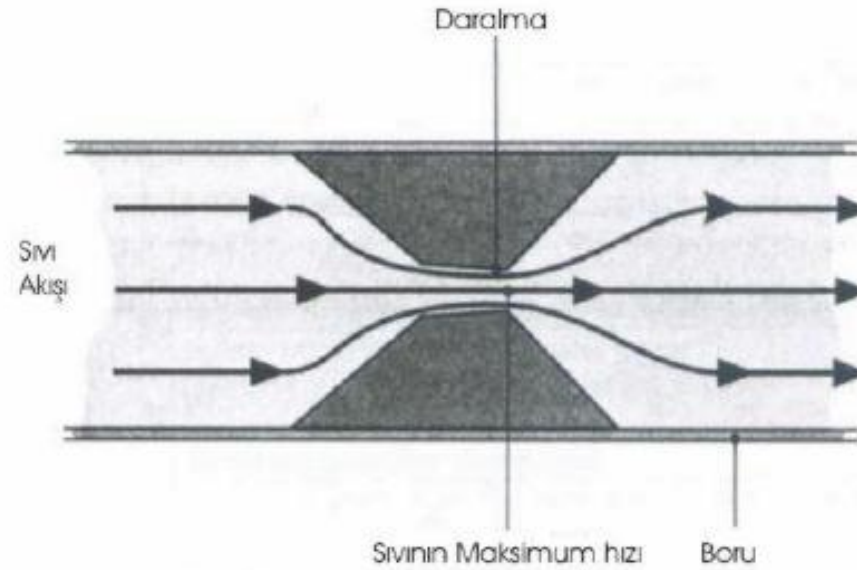
Sekil 4.3. Anemometre



c) Kısılma etkisi

Şekil 4.4. de görüldüğü gibi, borulardaki akış ölçümlerinde, boru çapındaki daralma etkisi ile akışkanın akış hızını değiştirmek mümkündür. Bu konumda akışkanın hızı artmakta basınç değeri düşmektedir.

Sıvıların sıkıştırılmaz özelliğinden dolayı; Kısılma yapılan kesit öncesi basınç değeri ve hızın bilinmesi, kesit alanının ve kesit bölgesindeki basıncın bilinmesi, matematiksel ifadeler neticesinde, akışkanın hızı ve akış miktarının bilinmesi demektir (Bernoulli Teoremi – Debi formülü).



Şekil 4.4. Borularda kısılma etkisi

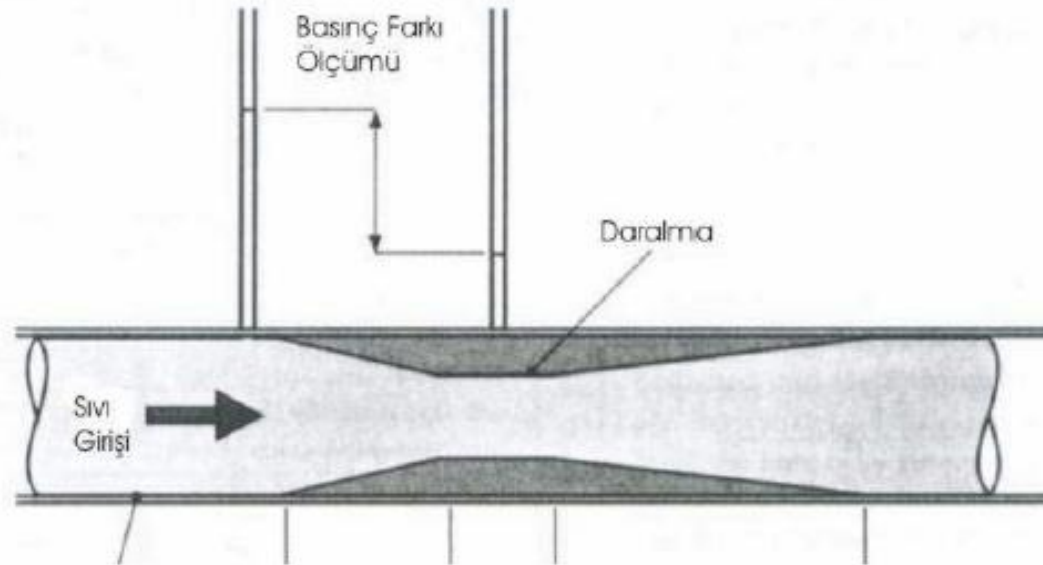
Kısılmanın yapıldığı birçok metot vardır.

- Ventüri metodu kısılma
- Orifis metodu kısılma
- Nozul metodu kısılma
- Ventüri-Nozul metodu kısılma



d) Ventüri boru hız ölçümü

Özel hazırlanmış ventüri boru, ölçümü yapılacak sıvı akışkanın aktığı boruya bağlanır. Boru içerisinden akan akışkan ventüri boruya geldiğinde (Şekil 4.5.) daralan bir kesit alanına girer. Bu daralmanın eğimi, sıvı akışının akış özelliğini değiştirmez. Daralma kısmında kısa bir paralel akıştan sonra, ventüri çapı tekrar tatlı bir eğimle genişleyerek boru çapına ulaşır. Burada ventürinin amacı, boğaz kısmında akışkana hız kazandırmak ve buradaki basınç değerini düşürmektir. Diğer nozul ve orifis tipi akış ölçüm sistemlerine göre konstrüksiyon imalatının pahalı olması dezavantajdır. Ayrıca ölçüm için daha uzun bir alan ister. Avantajlı yönü ise; basınç düşümü diğer sistemlere göre daha az ve diğerlerinin kullanılmadığı sıvı ölçümlerinde rahatlıkla çalışabilir olmasıdır.



Şekil 4.5. Ventürimetre

Ventürimetre ile ölçüm işlemi;

Giriş ve boğaz kısımlarındaki basınç farkı direkt akış ile ilgilidir. Buradaki basınç ölçümleri bir piezzometre, manometre, veya diğer basınç göstergeleri ile ölçülebilir.

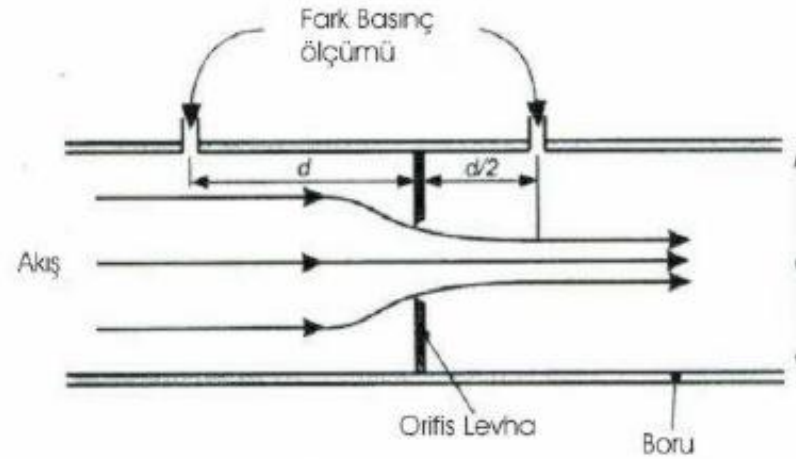
Akış hızı direkt basınç farkı ile orantılı olduğu için, gösterge, direkt hız, hacimsel debi veya kütleli debi olarak kalibre edilebilir.



e) Orifis akış ölçümü

Borulardaki akış ölçümü için, boru içerisine yerleştirilmiş içi delik bir levha ile akışa engel olunması ve akışın daha küçük çaplı bir delikten geçmeye zorlanması ilkesine dayanır. Şekil 4.6. da görüldüğü gibi, sıvı akışı orifis levhadan geçerken, orifise giriş ve çıkışında bir basınç farkı oluşturur. İdeal ölçüm için basınç değerleri, kısılmanın yapıldığı orifisten önce “ d ” kadar uzaklıkta, orifisten sonra “ $d/2$ ” kadar uzaklıkta ölçülmelidir. $d/2$ mesafesi o bölgede maksimum basınç olduğu için gereklidir. Ölçüm yapılan noktada sıvı akışı ölçüm yapılan yere paraleldir.

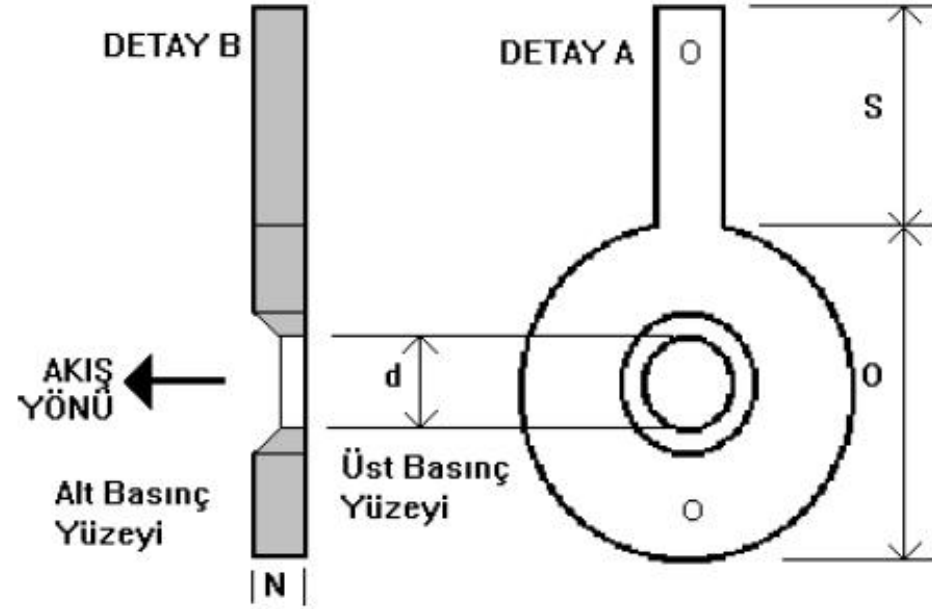
Bu iki noktadaki basınç değerlerine göre akış oranı tespit edilir. Hem gaz hem de sıvıların ölçümünde kullanılabilir. Orifis levhadan dolayı aşırı basınç kaybı yapar. Maliyetinin ucuz olması dolayısıyla yaygın kullanım alanına sahiptir.



Şekil 4.6. Orifis levha akış ölçümü

Orifis Plate :

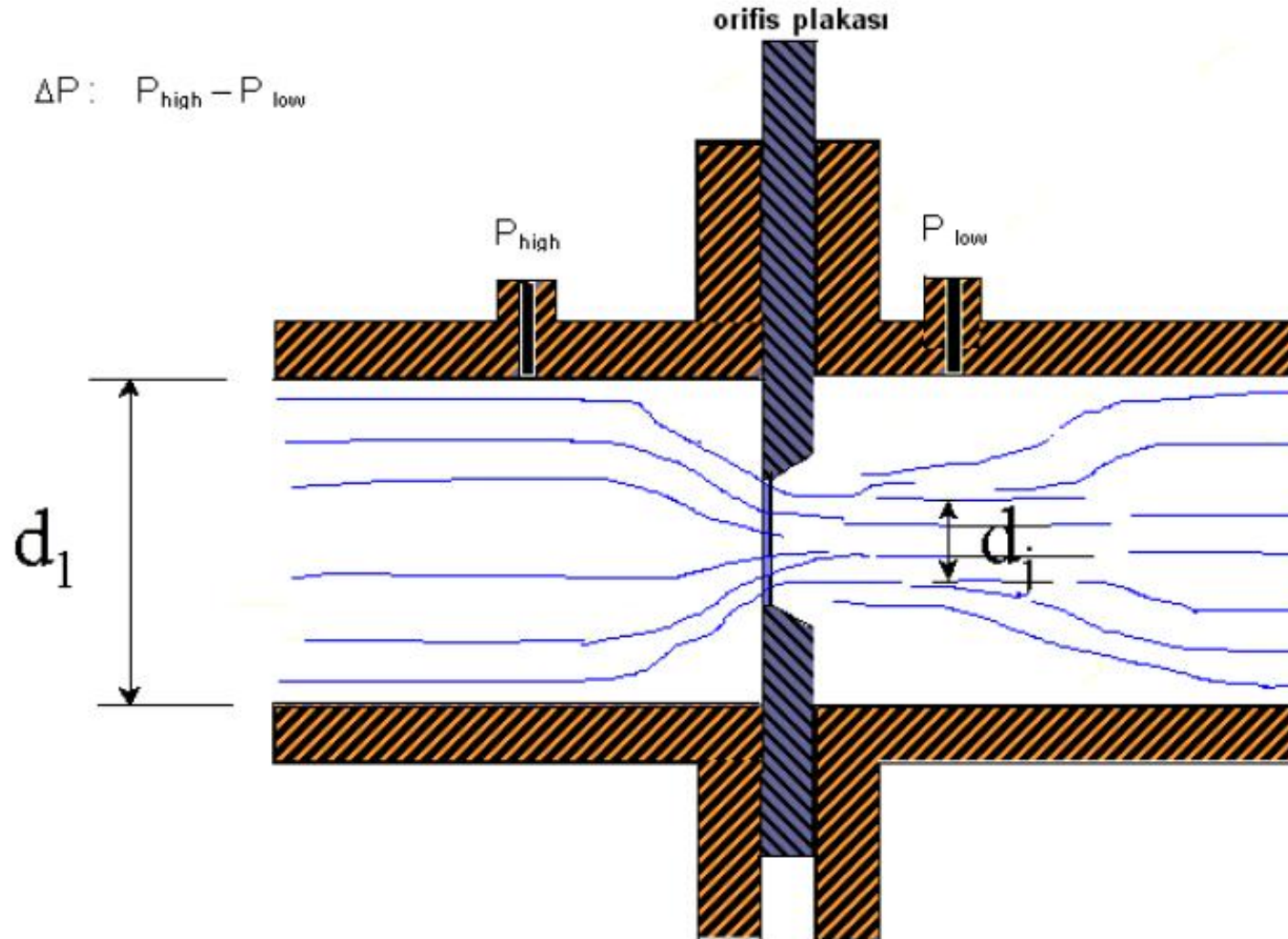
Paslanmaz çelikten imal edilmekte olup, yerleştirileceği boru çapına yakın boyutta dış çapı vardır ve iç çapı ise içinden geçen akışkanın fiziksel parametrelerine bağlı olarak fark basınç yaratacak şekilde, likitin yapısı, cinsi, sıcaklık ve basıncı dikkate alarak hesaplanır.



Aşağıdaki resimde imal edilmiş muhtelif çaplarda orifis plakalar görülmektedir. Bu plakalar üzerine iç ve dış çap ile kullanılan malzeme ve akışkanın aktığı hattı açıklayan Tag No' da yazılır.

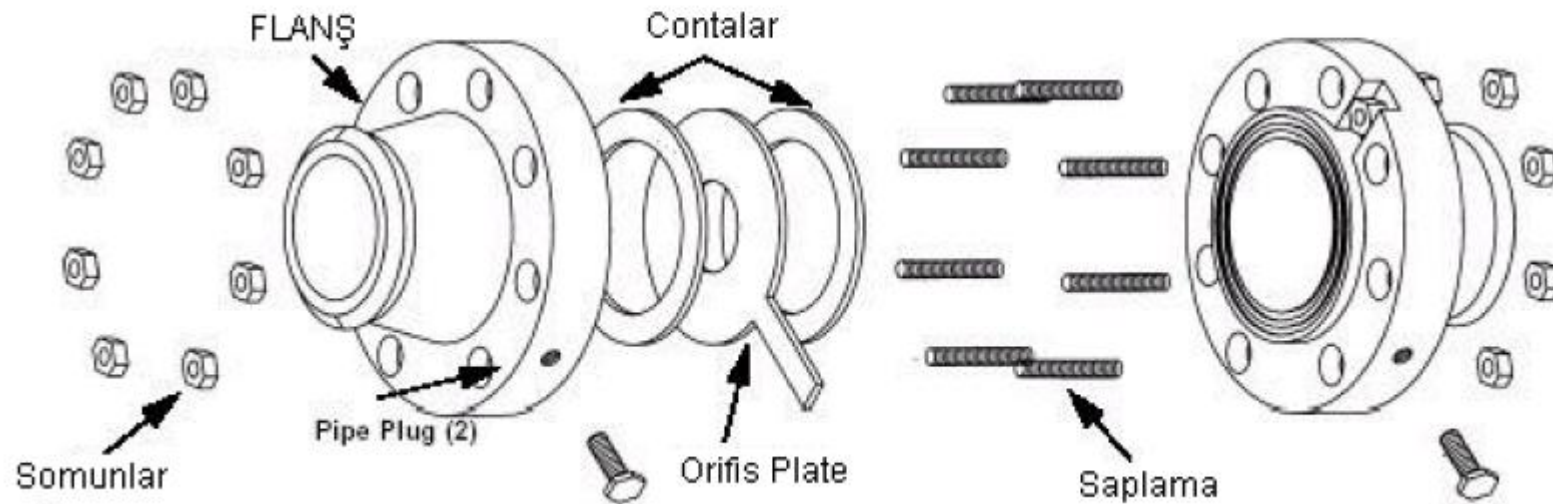


Orifis plakası bir hatta iki flanş arasına monte edildiğinde likitin giriş yeri yüksek basınçta çıkış yeri ise daha düşük basınçtadır. Bu basınç farkı içinden geçen likitin oranıyla değişecektir. Bu oran doğrusal olmayıp logaritmik davranış gösterir, basınç farkının daha başlarında likit geçişi neredeyse iki kat artar.



Orifis Plate 'nin Hattı Montajı :

Orifis Plate şekilde görüldüğü gibi hatta monte edilir. Boru ikiye ayrılarak iki adet flanş kaynatılır. Flanşlar arasına orifis yerleştirilir. İki adet grafit conta konarak yüksek basınçlarda kenarlardan likit sızması önlenir. Son olarak saplamalar karşıdan karşıya iki flanş deliklerinden geçirilerek, somunla sıkılarak boru hattı birleştirilir.

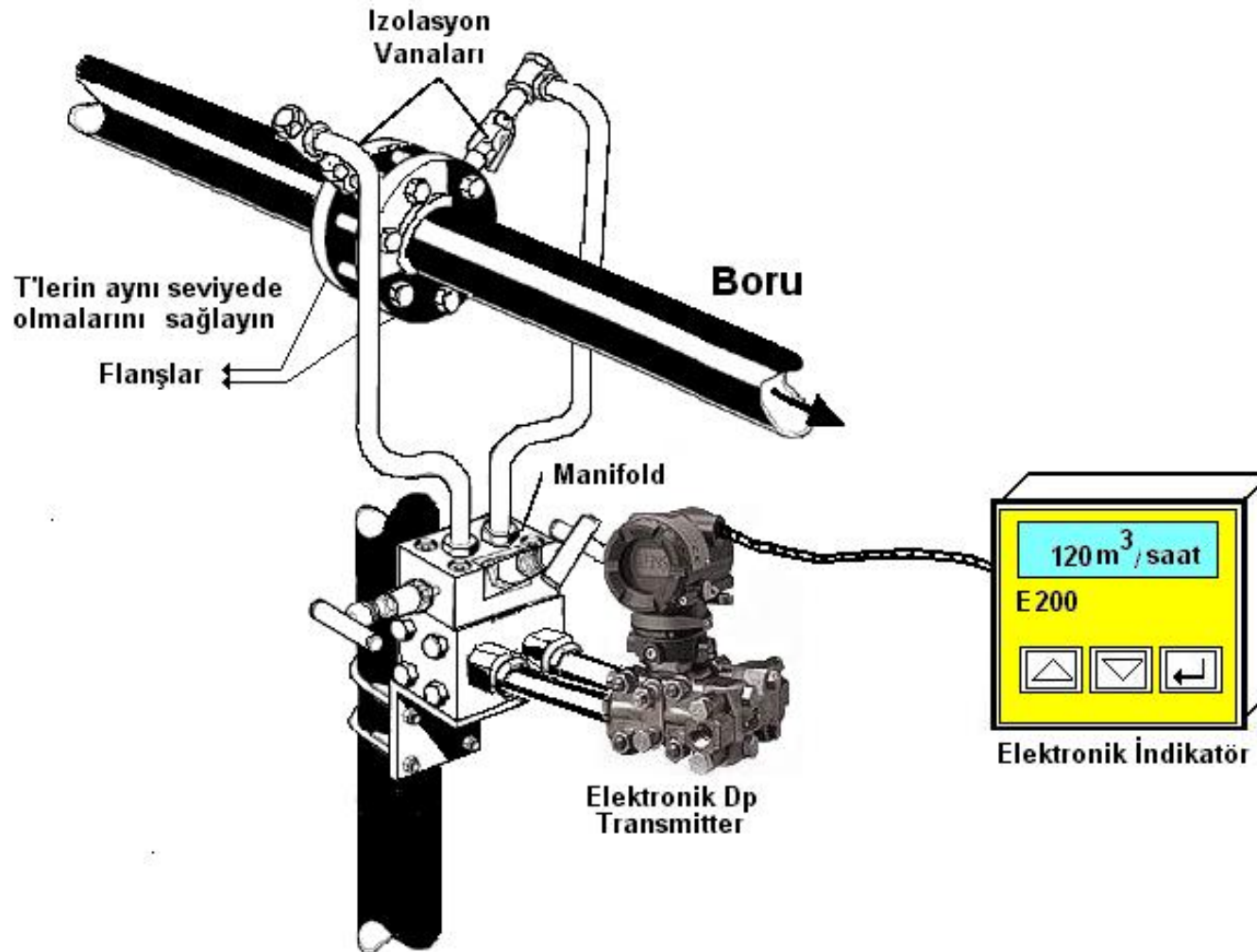




Orifis Plate'nin Elektronik Fark Basınç Transmitterine Bağlanması :

Orifis plate, boru hattı üzerinde flanşlar arasına yerleştirildikten sonra, flanşların üzerindeki deliklere ½ inçlik karbon celigi borular bağlanarak ölçümü yapılacak olan Transmittere bağlanır. Bu borunun yüksek basınçlı çıkışı transmitterin **Hi** yazan tarafına, düşük basınçlı tarafı ise **Lo** yazılı tarafla birleştirilir.

Boru Hattına Monte Edilmiş Orifis





$$\Delta P : P_{\text{high}} - P_{\text{low}}$$

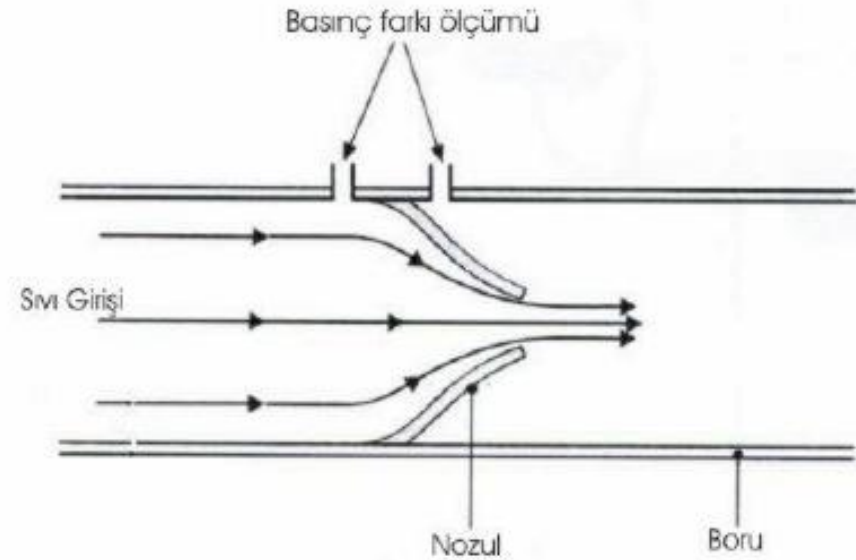
Bir su dolu tankta, dip, basıncın en yüksek olduğu “High Pressure” yeridir. Likitin üst kısmı, basıncın az olduğu ya da buharlaşmadan dolayı bir miktar basıncın olduğu yer ise “Low Pressure “ tarafı diye adlandırılır.



Elektronik Fark Basınç Transmitteri

f) Nozul akış ölçümü

Şekil 4.7. de görüldüğü gibi orifis levha akış ölçere benzemektedir. Orifis levha akış ölçer gibi yüksek bir basınç düşümü yapmamaktadır. Nozul boyunun yeterince kısa olması, ventüri boruya göre daha kısa montaj imkanı sağlamaktadır. Basınç ölçüm noktaları sıvı girişi olarak hemen nozul girişinde, ve sıvı çıkışı olarak ta nozul bağlantı noktasının hemen yanında yer almaktadır. Nozul hem gaz hemde sıvılarda kullanılmaktadır. Hassas ölçüm yapılabilmektedir.

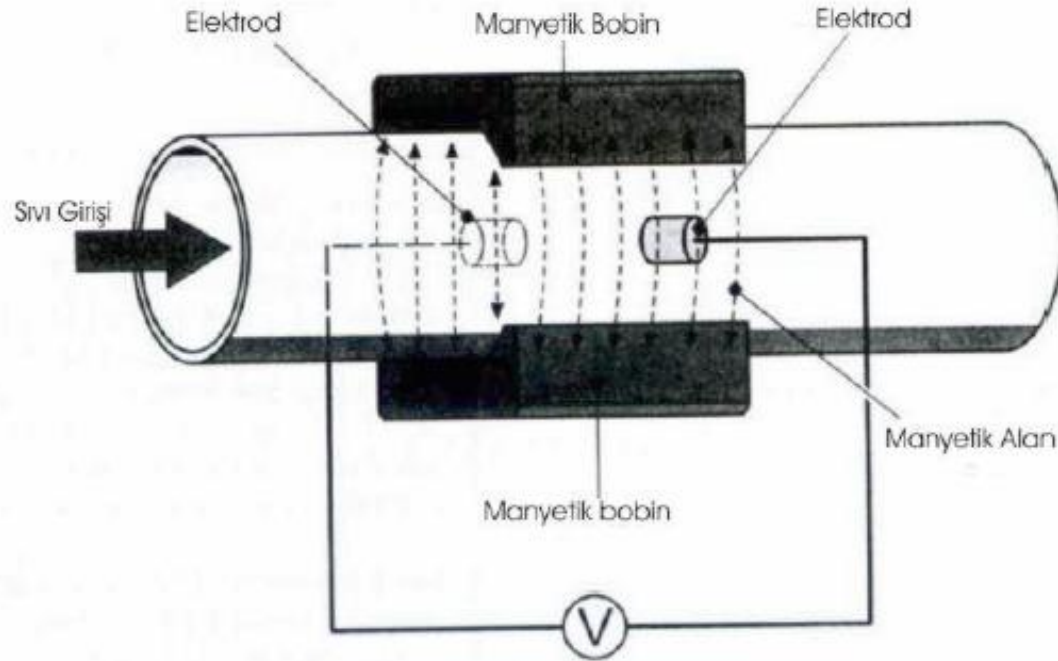


Şekil 4.7. Nozul akış ölçümü

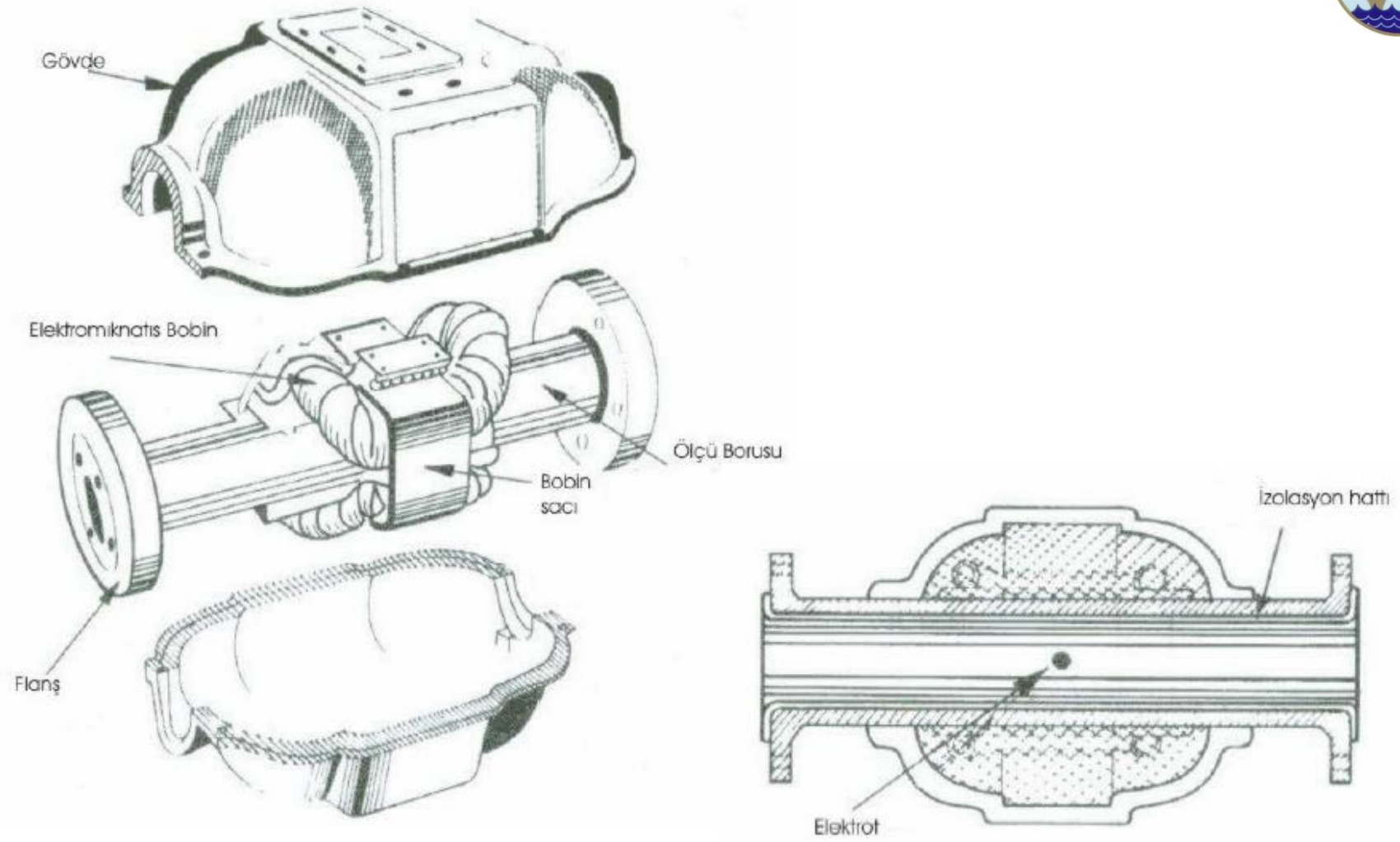


5- ELEKTROMAGNETİK AKIŞ ÖLÇÜMLERİ

Elektromanyetik akış ölçümü faraday kanununu esas alır. Elektromanyetik akış ölçer sıvıyı iletken olarak kullanır. Şekil 5.1. de görüldüğü gibi, elektromanyetik akış ölçer seri bağlı iki bobine sahiptir. Bobin enerjilendiği zaman, sıvı etrafında akım etkisi ile bir manyetik alan oluşacaktır. Boru kenarına iki iletken elektrot sıvı akışına ve manyetik alana dik olarak yerleştirilmiştir. Boru içerisindeki sıvı akışkanın hız değişimi, manyetik alanda etki yaparak, değişimi elektrotlara iletecek, elektrotlarda ölçü aletine sinyal gönderecektir. Ölçü aletinin almış olduğu sinyalle göstermiş olduğu değişim, akış hızının değişimi ile lineer bir değişim gösterecektir. Şekil 5.2 de Manyetik alan akış ölçümünün kesit resimleri görülmektedir.



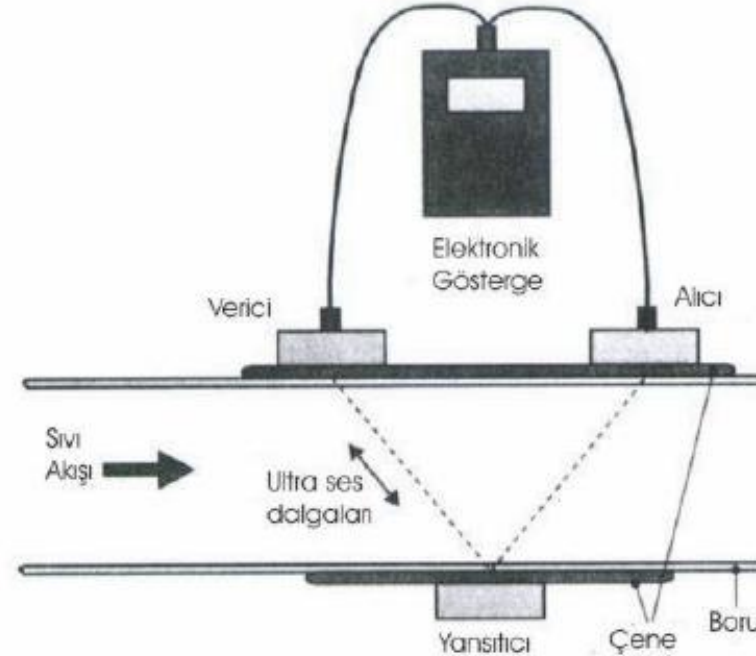
Şekil 5.1. Manyetik alan akış ölçümü



Şekil 5.2. Manyetik alan akış ölçümü

6- ULTRASONİK AKIŞ ÖLÇÜMÜ

Şekil 6.1. de görüldüğü gibi borunun bir kenarından ses dalgaları boru içersine açılı bir şekilde gönderilmekte, yansıtıcıdan bu dalgalar yansıtılarak gönderilme açısına uygun bir toplama açısı ile alıcıda toplanmaktadır. Boru içersinden sıvı akışının akmasıyla, vericiden gönderilen ses dalgaları ile alıcının algılaması arasında geçen süre değişmektedir. Bu değişim direkt sıvı akışı ile ilgilidir. Verici ile alıcı arasındaki değişim süresi akış hızıyla lineer bir değişim göstermektedir. Bu değişim göstergede akış hızı olarak kalibre edilir. Pahalı olmasına karşılık hassas ve kullanışlı bir cihaz olması, Birçok sıvı ile iletken, veya iletken olmayan, kullanılabilir olması, Akışı çift yönlü ölçebilmesi, herhangi bir basınç düşümüne sebep olmaması bir avantajdır. Ultrasonik akış ölçümü gazlarda kullanılamamaktadır.



Şekil 6.1. Ultrasonik akış ölçümü



Ek formüller

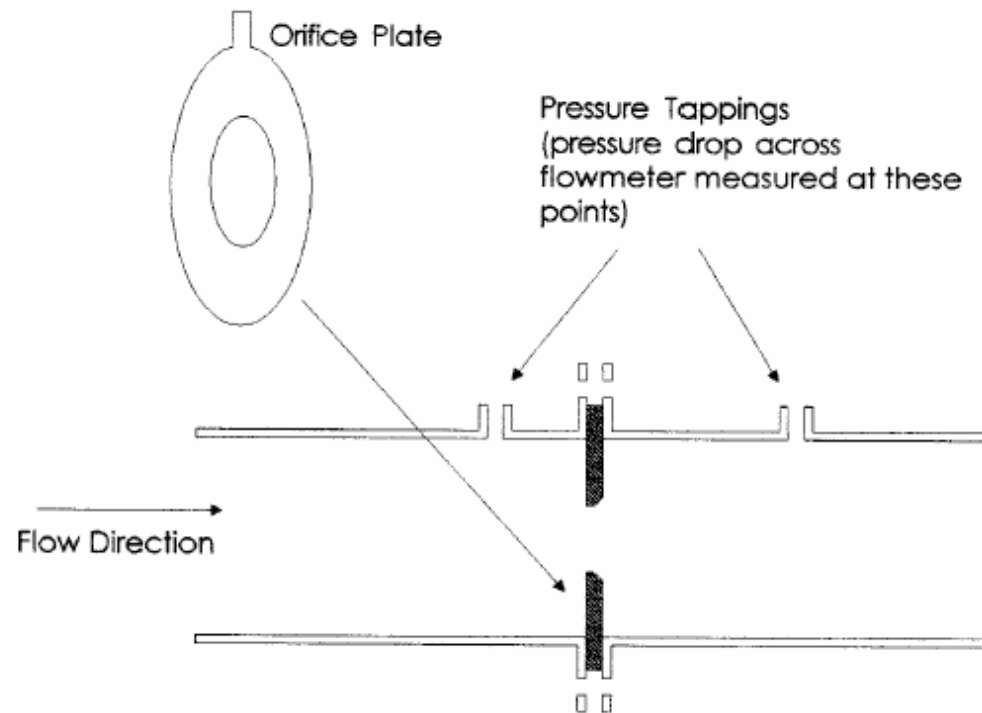


FIGURE 28.4 A square-edged orifice plate flowmeter.

$$Q = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (28.6)$$

where ρ = Density of the fluid upstream of the orifice plate

d = Diameter of the hole in the orifice plate

β = Diameter ratio d/D , where D is the upstream internal pipe diameter

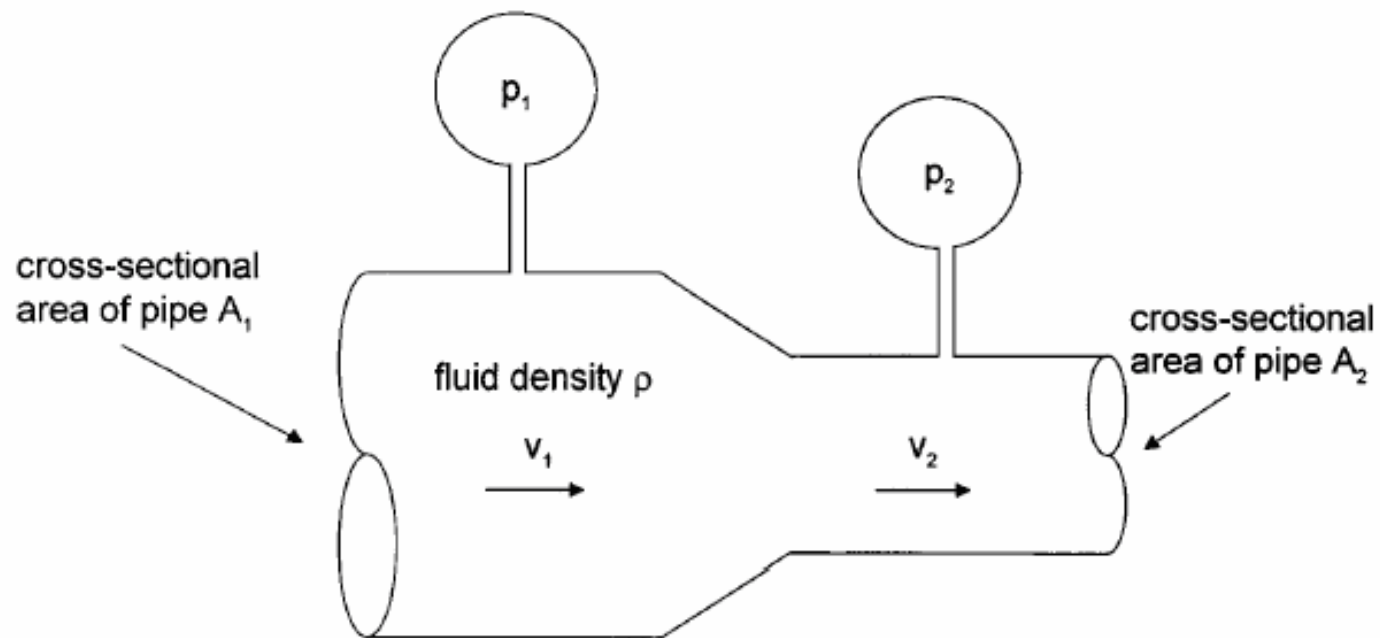


FIGURE 28.3 Using a restriction in a pipe to measure fluid flow rate.

$$v_1 A_1 \rho = v_2 A_2 \rho \quad (28.4)$$

Rearranging Equation 28.4 and substituting for v_2 in Equation 28.3 gives:

$$Q = v_1 A_1 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (28.5)$$

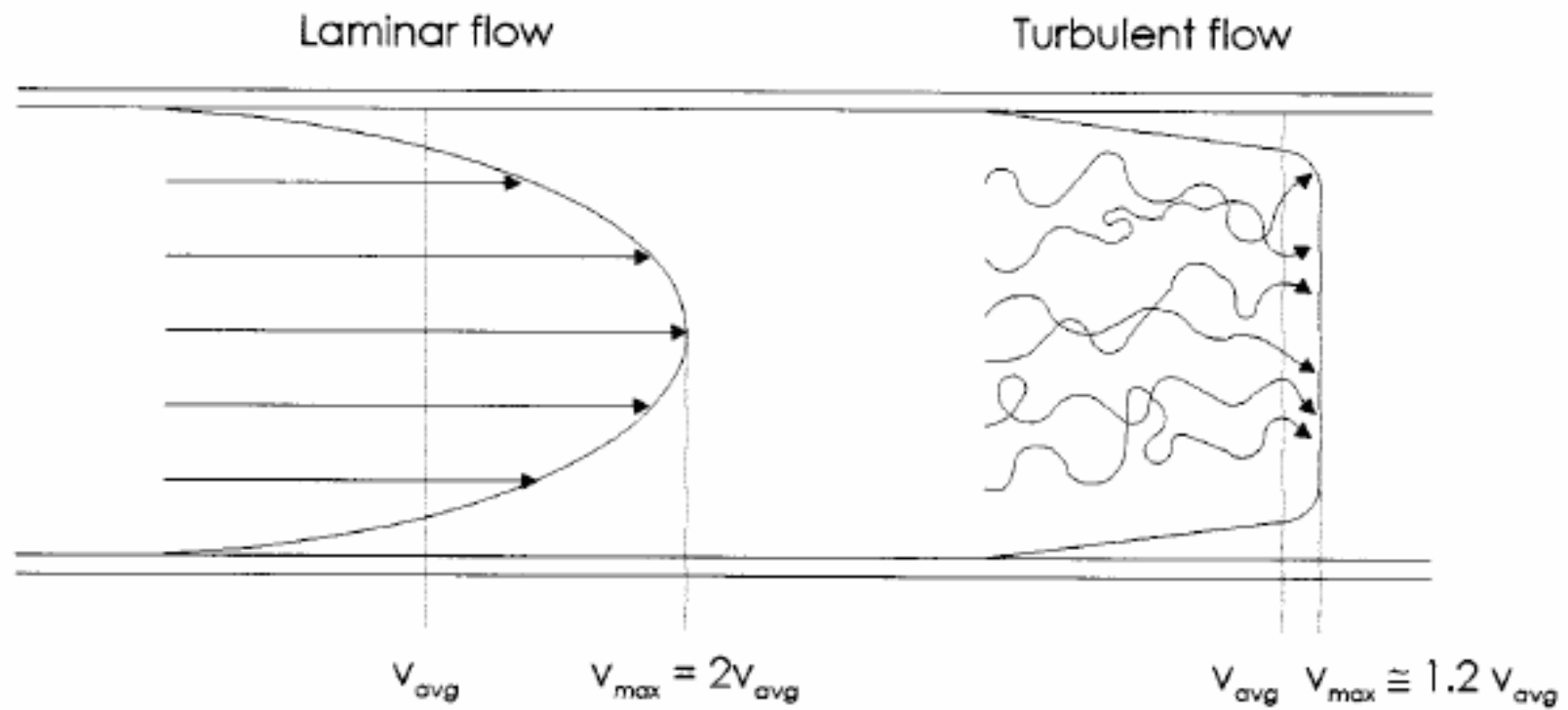


FIGURE 28.1 Velocity profiles in laminar and turbulent flow.



BASINÇ ÖLÇÜMÜ

1- BASINÇ TANIMI

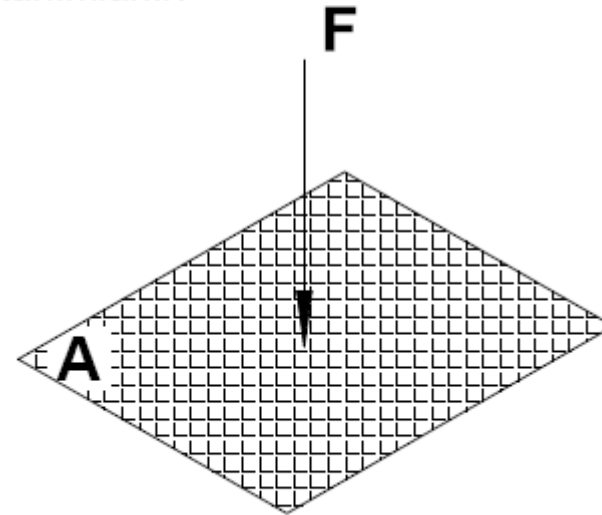
Basınç yüzeye etki eden kuvvet olarak tanımlanır.

$$P = \frac{F}{A}$$

P – (Pressure) Basınç

F – (Force) Kuvvet

A – (Area) Alan





2- BİRİM ANALİZİ

SI Ölçü Sistemi (MKS--- Metre, Kilogram, Saniye)

Alan ve Kuvveti birim olarak düşünersek;

$$\text{Birim Kuvvet} \rightarrow F = m.a \left[\text{kg} \cdot \frac{m}{sn^2} \right]$$

m (Kütle - kg)

a (İvme - $\frac{m}{sn^2}$)

$$\left[\text{kg} \cdot \frac{m}{sn^2} \right] = [N] \text{ (Newton)}$$

$$\text{Birim Alan} \rightarrow A [m^2]$$

$$\text{Birim Basınç} \rightarrow P = \frac{F}{A} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\left[\frac{N}{m^2} \right] = [P] \text{ (Paskal)}$$



SI Ölçü Sistemi (CGS--- Santimetre, Gram, Saniye)

Alan ve Kuvveti birim olarak düşünürsek;

$$\text{Birim Kuvvet} \rightarrow F = m.a \left[\text{gr} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sn}^2} \right]$$

m (Kütle – gr)

a (İvme - $\frac{\text{cm}}{\text{sn}^2}$)

$$F = \left[\text{gr} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sn}^2} \right] = [\text{dyn}]$$

$$\text{Birim Alan} \rightarrow A [cm^2]$$

$$\text{Birim Basınç} \rightarrow P = \frac{F}{A} \left[\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} \right]$$



İngiliz Ölçü Sistemi

Alan ve Kuvveti birim olarak düşünürsek;

Birim Kuvvet $\rightarrow F = m.a \left[\text{lb} \cdot \frac{\text{in}}{\text{sn}^2} \right]$

Lb. (Libre – Pound) İngiliz kütle ölçü birimi. 1 lb. = 453 gr.

In. (Inch) İngiliz uzunluk ölçü birimi 1 in. = 2.54 cm

m (Kütle – lb.)

a (İvme - $\frac{\text{in}}{\text{sn}^2}$)

$$F = \left[\text{lb} \cdot \frac{\text{in}}{\text{sn}^2} \right] = [\text{lbf}] \text{ (Libre-force , Pound-force)}$$

Birim Alan $\rightarrow A [\text{in}^2]$

Birim Basınç $\rightarrow P = \frac{F}{A} \left[\frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \right]$

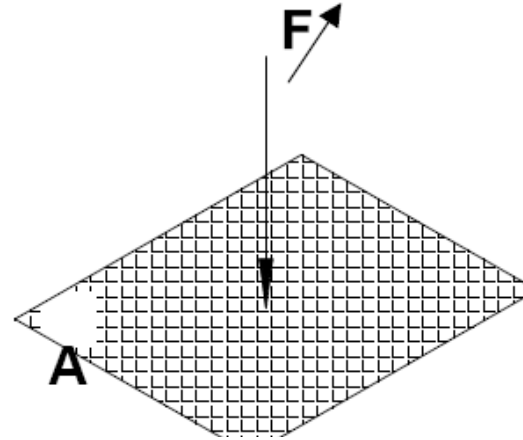
$$\left[\frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \right] = \text{PSI (Pound per Square Inch)}$$



3- KUVVET – BASINÇ – ALAN İLİŞKİSİ

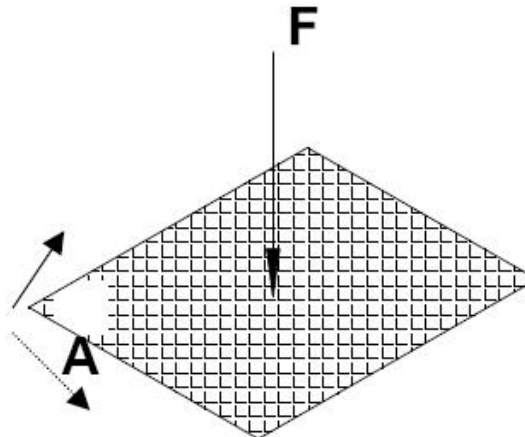
● Basınç ve kuvvet birbirleri ile doğru orantılıdır. Sabit bir alan üzerine uygulanan kuvvet arttıkça basınçta artmış olur.

$$P = \frac{F}{A}$$



● Basınç ve alan birbirleri ile ters orantılıdır. Sabit kuvvet altında alan büyüdükçe üzerine düşen basınç miktarı azalacak, alan küçüldükçe üzerine düşen basınç miktarı artacaktır.

$$P = \frac{F}{A}$$





4- AKIŞKANLARDA BASINÇ

- Katı cisimler kendi ağırlıkları oranında bulundukları yüzeye basınç uygularlar. Yan yüzeylerde basınç etkisi göstermezler.

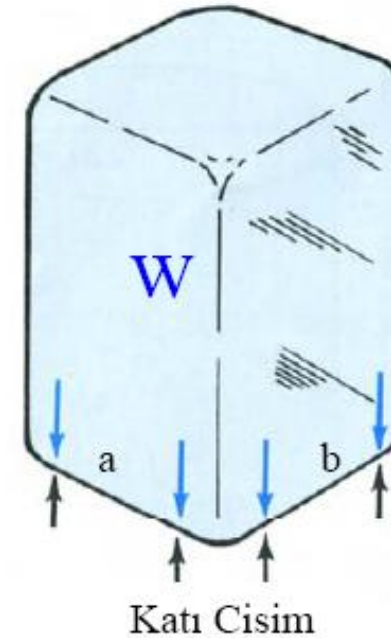
$W \longrightarrow$ (Weight) Ağırlık

$$W = m.g$$

$m \longrightarrow$ Kütle [kg.]

$g \longrightarrow$ Yerçekimi ivmesi $\left[\frac{m}{sn^2} \right]$

$W \longrightarrow \left[kg. \frac{m}{sn^2} \right] = [N]$ (Newton)



SI Ölçü Sistemi

$$P = \frac{W}{A}$$

W → Ağırlık Kuvveti

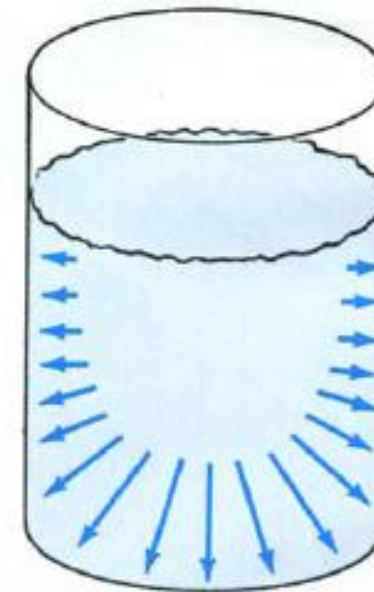
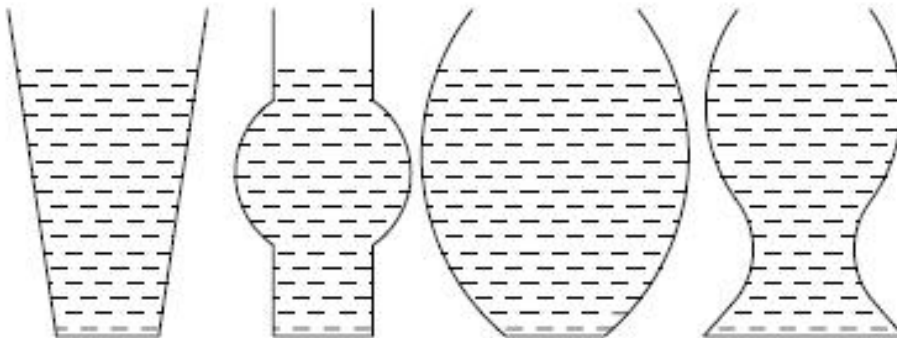
[N]

[lbf]

A → Alan

[m²][in²]P → Basınç [$\frac{N}{m^2}$], [Paskal] [$\frac{lbf}{in^2}$], [PSI]

- Sıvı cisimler (Akışkan cisimler) bulundukları kabın şeklini alırlar. Yan yüzeylerde de basınç etkisi gösterirler.

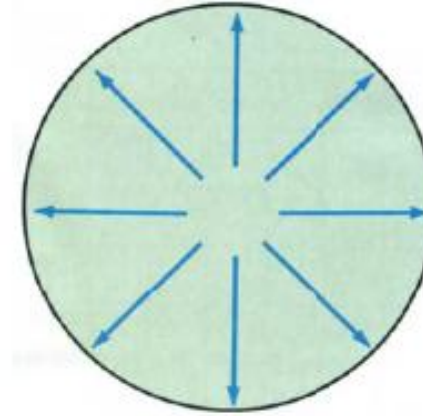


Sıvı Cisim



- Gaz akışkanlar bulundukları kabın her bir tarafına aynı basıncı uygularlar.

Kapalı kap içersine konan gazlar, konmuş oldukları kabın tüm çeperlerine aynı basıncı uygular.



Gaz doldurulmuş balon



- Sıvı akışkanların tabana yaptıkları basınç, sıvının ağırlığının oluşturmuş olduğu kuvvet etkisinden kaynaklanır.

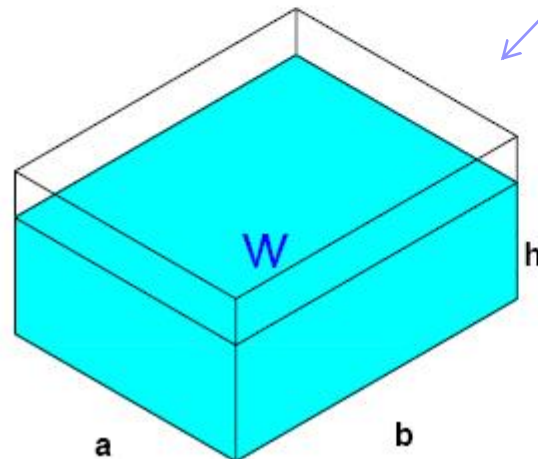
$$W = m \cdot g$$

$m \rightarrow$ sıvı akışkanın kütlesi [kg]

$g \rightarrow$ yerçekimi ivmesi [m/sn²]

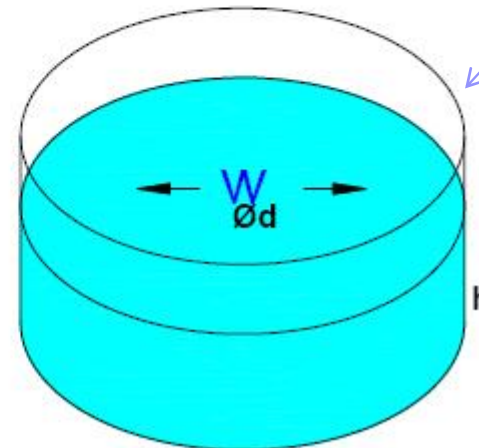
$$P = \frac{W}{A} = \frac{m \cdot g}{A}$$

$A \rightarrow$ Taban alanı



$$P = \frac{W}{a \cdot b}$$

$$P = \frac{W}{\frac{\pi d^2}{4}}$$





- ☛ Akışkanların ağırlıkları yoğunluklarına göre değişir.

Yoğunluk, birim hacimdeki sıvının ağırlığıdır. Kap içersinde bulunan sıvının özelliğine göre basınç etkisi yapar.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

m → kütle [kg]

V → Hacim [m³]

Bazı akışkanların yoğunluk değerleri aşağıda verilmiştir. (kg/m³)

Buz	0,917x10 ³	Hava	1,29
Su	1,00x10 ³	Cıva	13,6x10 ³
Demir	7,86x10 ³	Oksijen	1,43
Bakır	8,92x10 ³	Hidrojen	8,99x10 ⁻²

Birim Analizi

SI

(MKS)

(CGS)

$$\rho = \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho = \frac{gr}{cm^3}$$

İngiliz Ölçü Sistemi

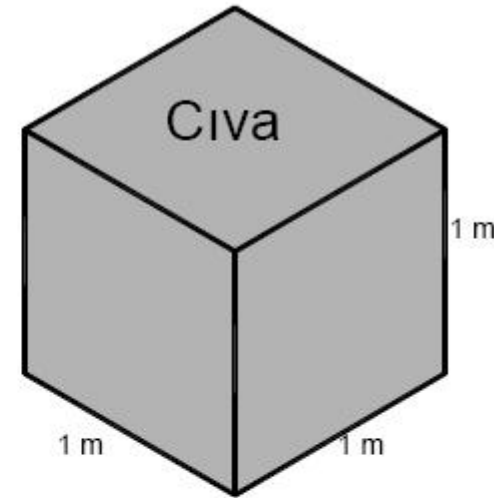
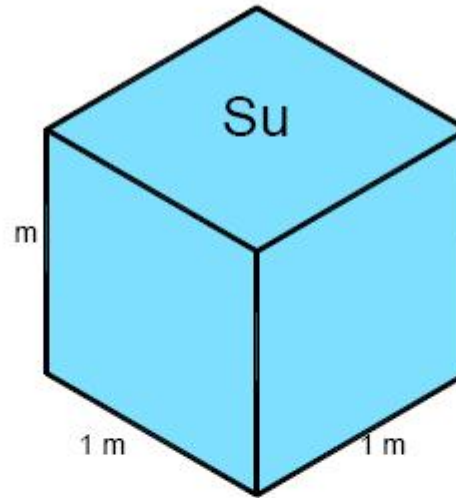
$$\rho = \frac{lb}{in^3}$$



5- SIVILARIN BASINCINDA YOĞUNLUĞUN ETKİSİ

$$\rho_{\text{su}} = \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{hg}} = \frac{13600 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 13600 \text{ kg/m}^3$$



$$P = \frac{W}{A} = \frac{m \cdot g}{A} \left[\frac{N}{\text{m}^2} \right]$$

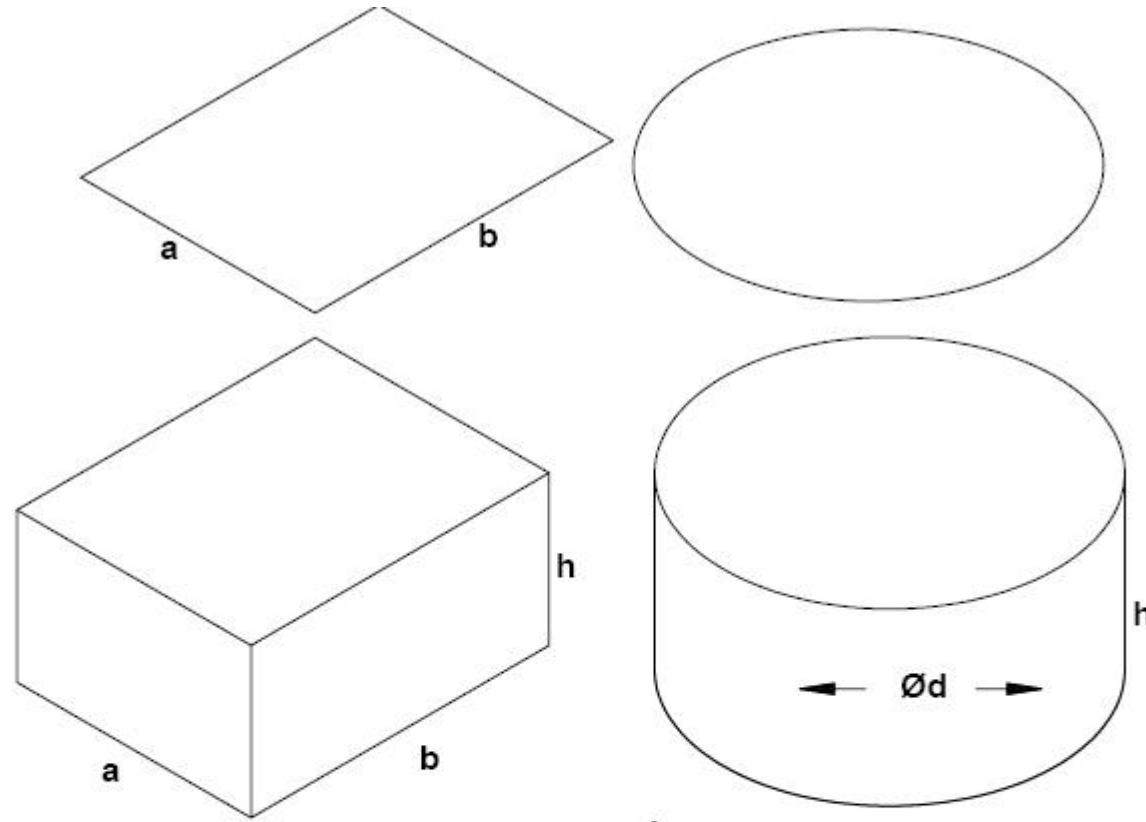
$$A = a \cdot b$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \longrightarrow m = \rho \cdot V$$

$$P = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A}$$

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$$



$$V = A.h \text{ [m}^3 \text{]}$$

$$P = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{A} = \frac{A.h.\rho.g}{A}$$

$$P = \rho.g.h$$

$\rho \longrightarrow$ Akışkanın yoğunluğu

$g \longrightarrow$ Yerçekimi ivmesi

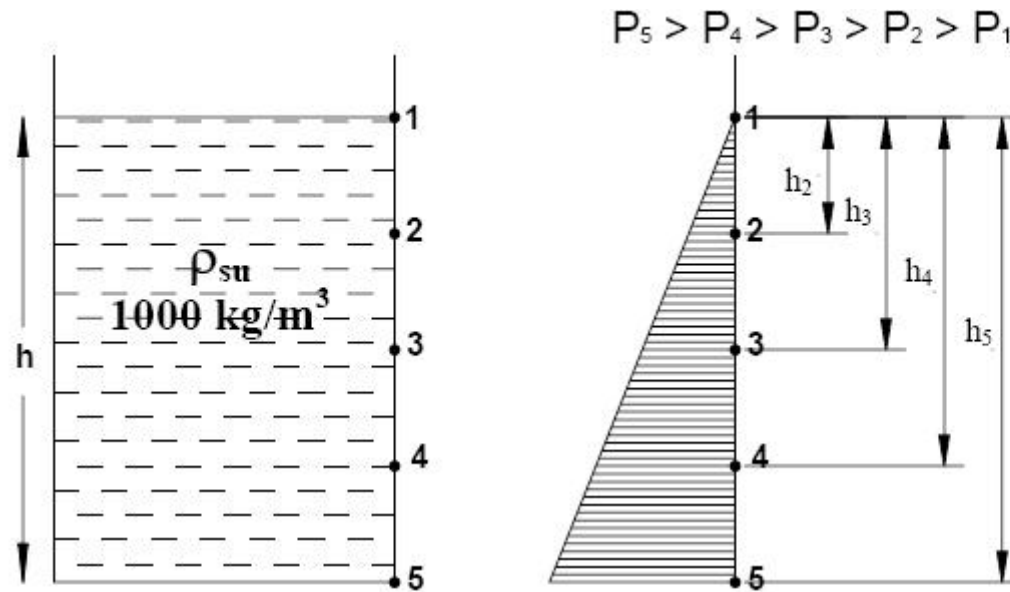
$$V = a.b.h$$

$\longrightarrow$ Akışkanın seviye olarak yüksekliği

Akışkanın yüksekliği ve yoğunluğu bilinirse tabana uygulamış olduğu basınç kolaylıkla bulunabilir.



- Sıvı akışkanlar bulundukları kabın sıvı seviye yüksekliğine göre basınç tesiri gösterirler.



Basınç Dağılım Eğrisi

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/sn}^2$$

$$h_1 = 0 \quad h_2 = 50\text{cm} \quad h_3 = 100 \text{ cm} \quad h_4 = 150 \text{ cm} \quad h_5 = 200 \text{ cm}$$

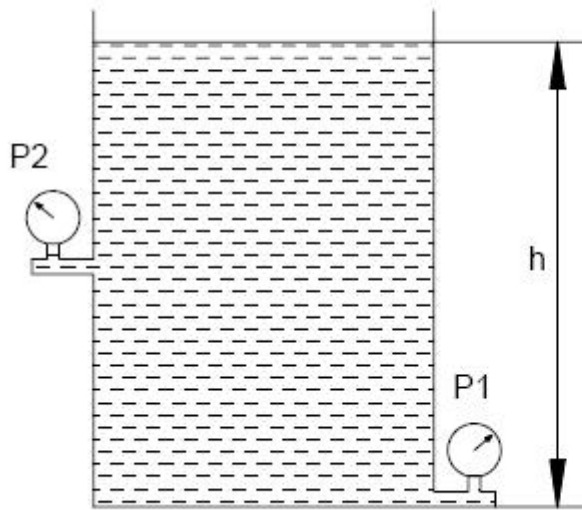
$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot h_1 = 1000 \cdot 9.81 \cdot 0 = 0$$

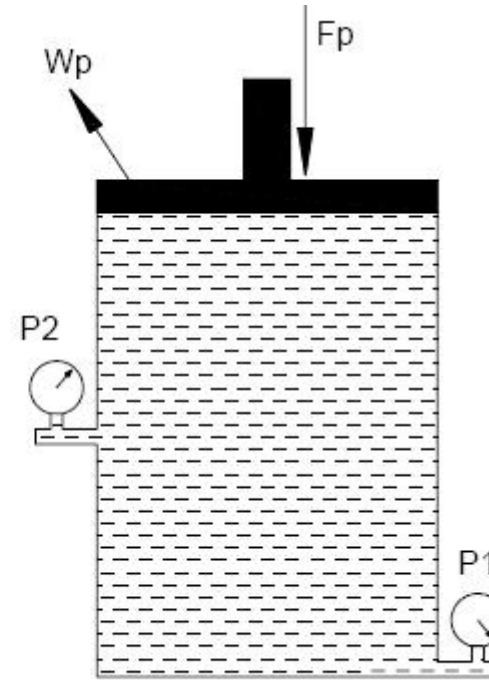
$$P_5 = \rho \cdot g \cdot h_5 = 1000 \cdot 9.81 \cdot 2 = 19620 \text{ N/m}^2 \text{ (19,62 KiloPaskal)}$$



- Sıvı akışkanlar sıkıştırılmaz. Sıvı akışkana dışardan uygulanacak ilave bir akışkan, kap içerisindeki akışkan sıkıştırılamayacağı için kap içersine dahil edilemeyecek, fakat oluşturmuş olduğu basınç kabın çeperlerine aynen iletilecektir. Sıvı akışkanların bu özellikleri basınç ölçümleri için önemli birer özelliktir.



Şekil 1



Şekil 2

- Gaz akışkanlar sıkıştırılabilir. Kap içerisinde bulunan gaz akışkan üzerine yapılan artı bir gaz basıncı kap içersine alınacak ve kabın yoğunluğu artacaktır. Bu yapılan ek basınç kabın bütün çeperlerine aynen iletir.

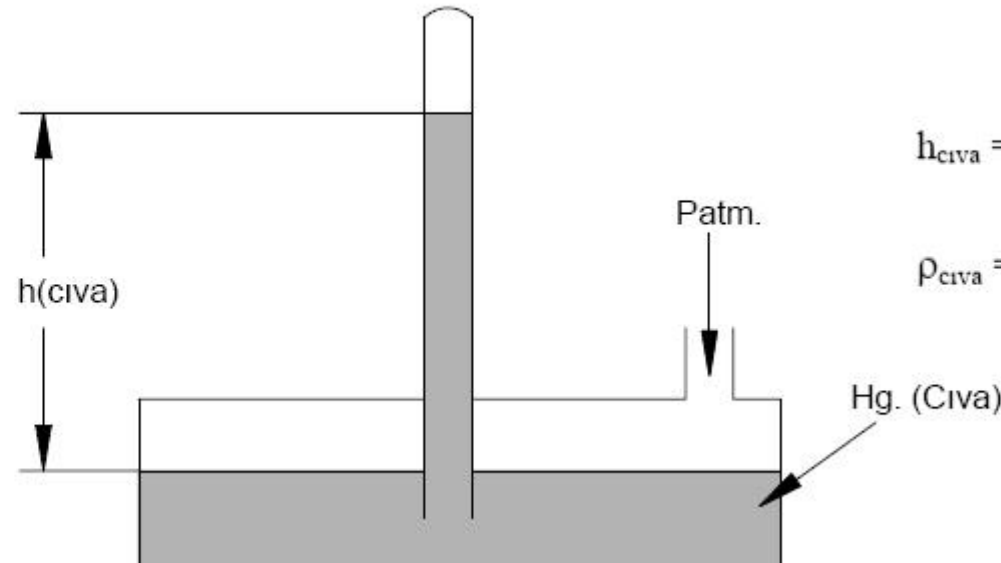


6- ATMOSFER BASINCI

Yeryüzü atmosfer dediğimiz bir tabaka ile çevrilidir. Bu tabaka içerisinde bulunan havanın bir ağırlığı ve bir basıncı vardır. Bu basınca atmosfer basıncı denir. Bu basınç hava şartlarına ve yüksekliğe göre değişim göstermektedir.

Şekilde görüldüğü gibi içine cıva doldurulup açık ağzı cıva havuzuna batırılan bir borunun içerisindeki bulunan cıvanın, boru içerisindeki boş kalan ve vakum yapan kısım ve atmosfer basıncının etkisiyle seviyesinin sabit kalması bize atmosfer basıncını cıva yüksekliği cinsinden ölçmemizi sağlamaktadır. Bu ölçüm cihazına da barometre denir.

Bu ölçüm deniz seviyesinde 0°C sıcaklıkta uygulandığında boru içerisindeki cıvanın yüksekliği 760 mm okunmaktadır. Ölçüm olarak ta 760 mmHg (Cıva sütunu) basınç var denir.



$$h_{\text{cıva}} = 760 \text{ mm} = 0,76 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{cıva}} = 13,6 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

SI Birim sistemi

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{cıva}} \cdot g \cdot h_{\text{cıva}} = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 101396 \text{ Paskal}$$

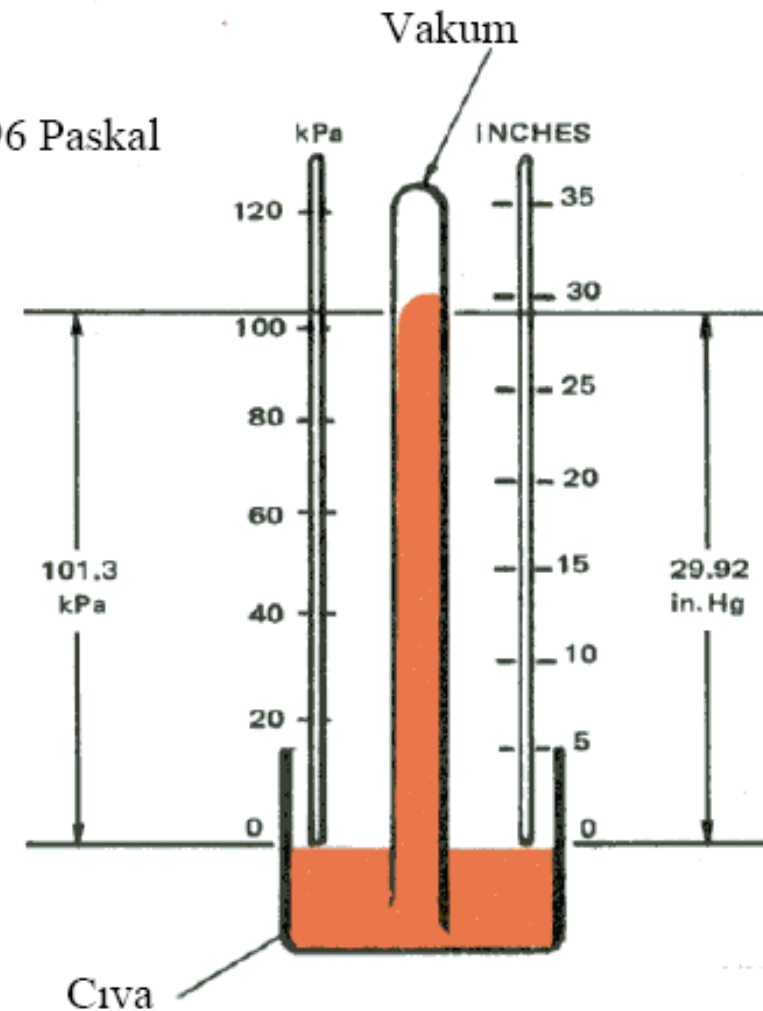
$$P_{\text{atm}} = 101,3 \text{ Kpa}$$

İngiliz Ölçü Sistemi

$$\rho_{\text{cıva}} = 0,491 \frac{\text{lb}}{\text{in}^3} = 848,70 \frac{\text{lb}}{\text{Ft}^3}$$

$$h_{\text{cıva}} = 29,92 \text{ in} = 2,42 \text{ Ft.}$$

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{cıva}} \cdot h_{\text{cıva}} = 0,491 \cdot 29,92 = 14,7 \text{ PSI}$$





8- MUTLAK BASINÇ – GÖSTERGE BASINCI

Teknikte kullanılan göstergeler bağıl göstergelerdir. Bu göstergelerin gösterdiği basınç değerlerine Gösterge Basıncı denir. Gösterge basıncının üzerinde atmosfer basıncı vardır. Fakat ölçüm yapılan kapalı sistemlerde bu dikkate alınmaz ve göstergenin gösterdiği “0” değeri basıncın başladığı nokta olarak ifade edilir. Bunun en büyük sebebi atmosfer basıncının sabit bir basınç değeri olmayışı ve günden güne, deniz seviyesinden yükseldikçe bir değişim göstermektedir.

	Libre/in ²		inHg	cmHg	kPa
	Mutlak Psia	Gösterge Psig			
(Pozitif Basınç) (+)	105	90			725
	90	75			621
	75	60			518
	60	45			414
	45	30			311
	30	15			207
Atmosferik Basınç	14,7	0	0	0	101,3
(Negatif Basınç) (-)	10	-5	10	25,4	69
	5	-10	20	50,8	35
	0	-15	29.92	76,0	0

Tabloda görüldüğü gibi, Gösterge değeri olan “0” için gerçekte basınç değeri 101,3 kPa veya ingiliz ölçü sistemi ile 14,7 Psia olarak ifade edilir.

9- MANOMETRELER



Bir borudaki akışkanın basıncını ölçmeye yarayan alet manometre olarak tanımlanır. Bu bir ucu boruya girmiş diğer ucu atmosfere açık basit bir plastik veya cam tüptür. Tüpte yükselen sıvının yüksekliği sıvı sütunu cinsinden basıncı verir. Manometreler iki uç arasındaki basınç farkını ölçer. O halde bir uçtaki basınç biliniyorsa diğeri kolayca bulunabilir. Bu nedenle, manometrenin bir ucu atmosfere açık bırakılır. Ve bu uçta basınç sıfır alınır. Aksi halde manometre sadece basınç farkını verir. Manometreler genelde bir plastik veya cam U tüptür. Ve içlerinde manometre sıvısı içerirler. (Alkol, Su, Seyrek olarak civa gibi) Bilinmeyen basınç elde edileceğinden basıncın aranan noktasından basıncın bilinen noktasına doğru hareket edilir. Bunun içinde şu kurallar uygulanır ;

1. Yatay düzlem üzerinde basınçlar bir birine eşittir.
2. Bütün yükseklikler eşdeğer su yüksekliği cinsinden ifade edilmelidir.
3. Aşağı doğru hareket edilirken yükseklikler eklenir, yukarı doğru hareket edilirken yükseklikler çıkarılır.

$$P_{\text{gösterge}} = P_{\text{uygulama}} - P_{\text{atmosfer}} = \rho \cdot g \cdot h$$

ρ = Tüpteki sıvının kg/m^3 cinsinden yoğunluğu

g = Yerçekimi sabiti olan $9,81 \text{ m/s}^2$

h = Tüp içindeki sıvının iki ucu arasındaki yükseklik farkının m cinsinden değeri

Eğer atmosfer basıncını ortamdaki değerini biliyorsak veya atmosfer basıncının varsayılan değerinin kullanırsak Puygulanan değerini eşitlikten bulabiliriz.

$$P_{\text{uygulama}} = P_{\text{atmosfer}} + \rho g h \quad \text{olur.}$$



U TÜPLÜ MANOMETRELER

U tüplü manometrelerin endüstrideki kullanımı fazla değildir. U tüplü manometrelerin asıl kullanım yerleri endüstride kullanılan diğer enstrümanların kalibrasyonunun yapıldığı yerlerdir. Ayrıca laboratuvar ortamlarında gözleme dayalı deneysel çalışmalar için kullanılır. En büyük dezavantajı yakından ölçüm yapılmak zorunda olmasıdır. Bu da hızlı cevap getirirken uygulamalarda manometre başında mutlaka bir görevli olması ve bu görevlinin basınç değişikliklerini anında bildirmesini gerektirir. Bu kullanım zorlukları U tüplü manometrelerin endüstrideki kullanımını kısıtlamaktadır.

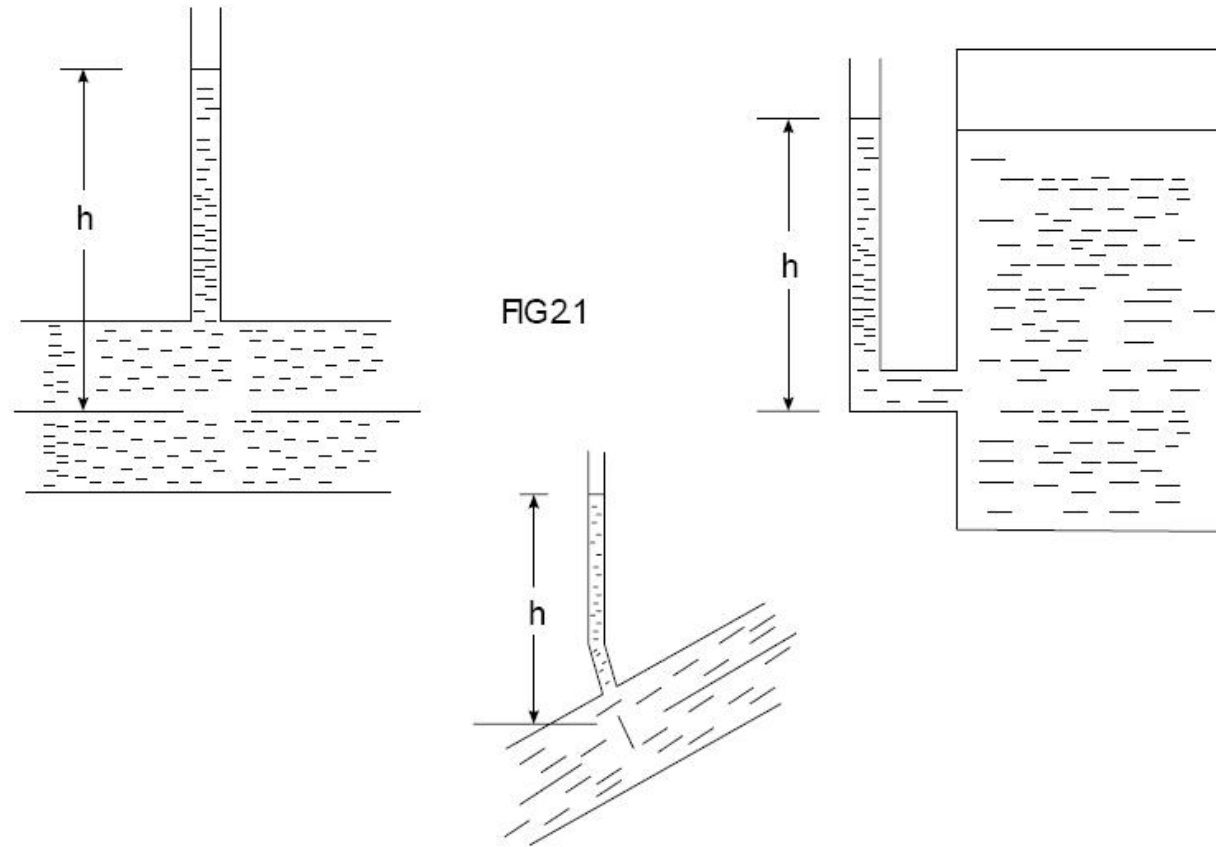
U tipi manometreleri temel olarak ele almak gerekirse şeffaf bir cam veya plastik tüpe U şekil verilmesiyle elde edilirler. Bu tüp alkol, su veya daha seyrek olarak da civa gibi sıvılarla kısmen doldurulur. Basıncın uygulanmamış hali ile bir taraftan uygulanan basınç sonucu sıvının diğer tarafta yükselmesi sonucu iki taraf arasında bir yükseklik farkı oluşur. İşte bu yükseklik farkına sebep olan basınca Gösterge basıncı denir.

U tipi manometrelerde ölçüm hassasiyeti ölçme yapan kişinin yükseklik farkını doğru okumasına bağlıdır. Bu ölçümün doğru yapılabilmesi için genelde kullanılan teknik şudur. Sol taraftaki 1mm lik aşağı hareket diğer uçta 2mm lik yükselmeye sebep olur. Bu yüzden basınç uygulanmamış haldeyken ilk ölçüm yapılır ve işaretlenir. Daha sonra sağdaki kol işaret yerinden itibaren milimetrik olarak işaretlenir ve her ölçümde ölçülen değer yarısı kullanılarak hesaplama yapılır. Bu şekilde kısmen de olsa ölçüm hatalarının önüne geçilir.



PIEZOMETRE

Sıvı basıncı ölçme aletinin en basit tipi pizometredir. Transparan (şeffaf) bir tüptür ve üst (tepe) ucu açık olup diğer ucu basıncın ölçüldüğü noktaya tutulmuştur. Sıvı bir borudan geçerse , borudaki musluk (damlama) boruya dik olmalıdır. Yoksa yanlış okuma elde edilir. Pioze metreler sıvı basıncını ölçmek için basit ve doğru sonuçlar veren araçlar; fakat kullanımları düşük basınçlarda zehirsiz ve uçucu olmayan sıvılarda kullanılır.

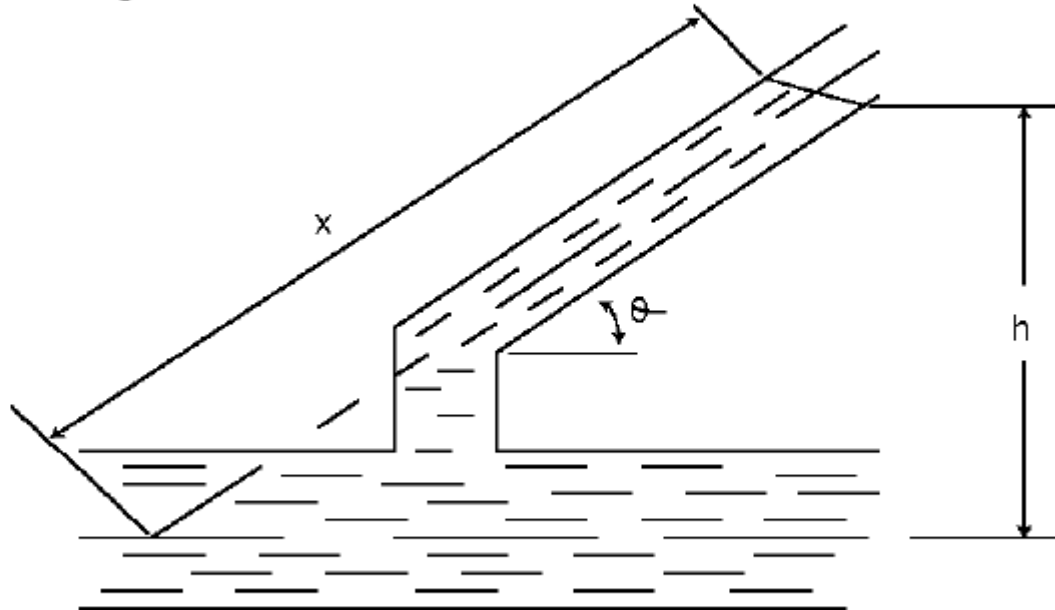


Piezometre bağlantı şekilleri.



AÇILI PIOZEMETRE

Ölçülecek basıncın küçük olduğu yerde, piozemetrin ağız kısmı boruya göre eğilerek daha yüksek bir doğruluk elde edilebilir. Borunun merkezinden piezometrenin içerisindeki sıvı yüksekliğine kadar olan mesafe (x) piezometre içerisindeki sıvının boru merkezinden olan yükseklik (h) ile arasında, aşağıda verilen trigonometrik ifade yazılarak sıvının h yüksekliği veya x mesafesi bulunur.



$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = x \cdot \sin \theta$$



MANOMETRE

Çift çubuk boru ve U boru kullanılan bir pizometre uzantısıdır. Her bir çubukta farklı sıvılar kullanılabılır. Gaz veya sıvı basıncını ölçmek için kullanılır. Civa kullanılarak çok daha yüksek basınçlar ölçmek mümkündür. Manometrelerin ucu boruya dik olmalıdır. Pizometreler gibi bir manometrenin kol ayrımı (borudan olan kol ayrımı) boruya dik olmalıdır. Fakat pizometrelerin aksine ölçme borusu ölçülecek olan borunun üzerinde olmalıdır. Pizometreler gibi manometrenin kol ayrımı bir boruya dik olmalıdır. Manometreler borunun üzerinde veya aşağısında olabilir.

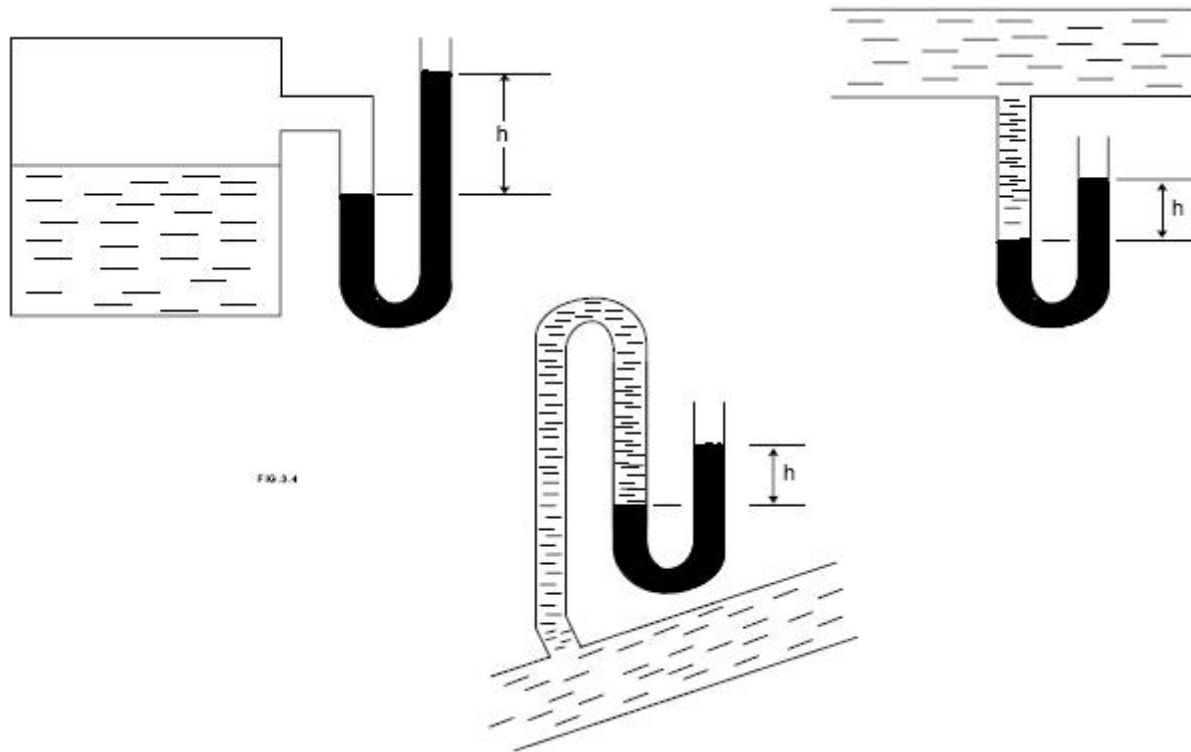


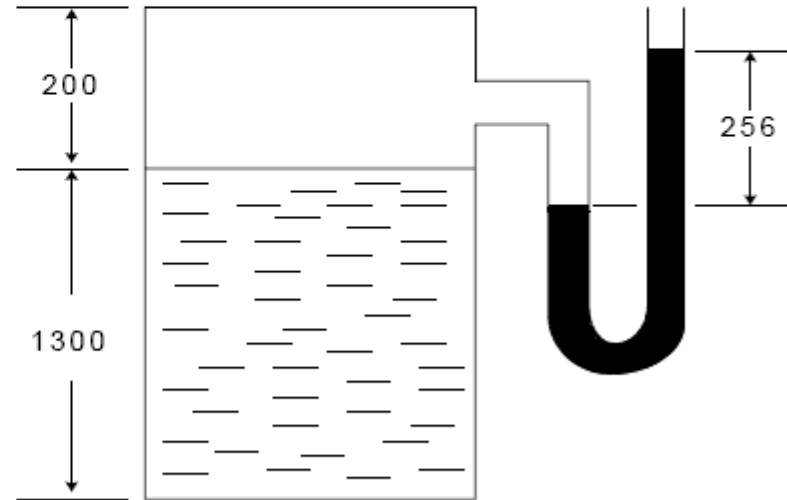
FIG. 3.4



Manometreler piezometrelerden farklı olarak gaz veya buhar basıncını ölçmek içinde kullanılır. Hesaplamalar piezometrelerdeki gibi iki koldaki yüksekliğin farkı olan h kullanılarak tam ölçülür. Bunun sonucu gaz veya buharın yoğunluğu ihmal edilebilir.

Örnek: Civalı manometre gliserin depolanmış tank içerisindeki buhar basıncını ölçmek için kullanılmaktadır. Eğer kollardaki seviye farkı 256mm ise buhar basıncını ve maksimum tank basıncını hesaplayınız. Gliserin yoğunluğu 1,26 cıvanın yoğunluğu 13,6

Şekilde görüldüğü gibi 200mm yüksekliğe sahip hacim kısmında buhar bulunmaktadır ve bu buhar manometredeki dengede bulunan cıvayı iterek 256 mm lik bir yükseklik vermiştir. Bu buharın basıncı 256 mmHg olarak görülmektedir.



$$\begin{aligned} \text{Buhar basıncı} &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,256 \\ (\text{Pa}) \\ &= 34,15 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Tank tabanındaki basınç, tank içersinde bulunan sıvının yüksekliğinden kaynaklanan basınç ve buharın sıvı üzerine ve dolayısı ile tabana uyguladığı basıncın toplamına eşittir

$$\begin{aligned} \text{Maksimum tank basıncı} \\ &= 34,15 \cdot 10^3 + 1,26 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \text{ (Pa)} \\ &= 50,2 \text{ kPa} \end{aligned}$$

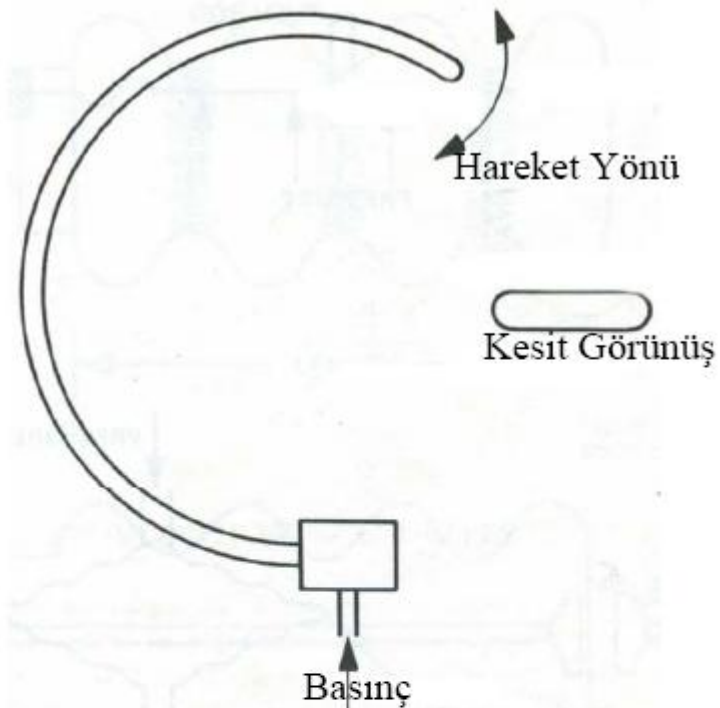
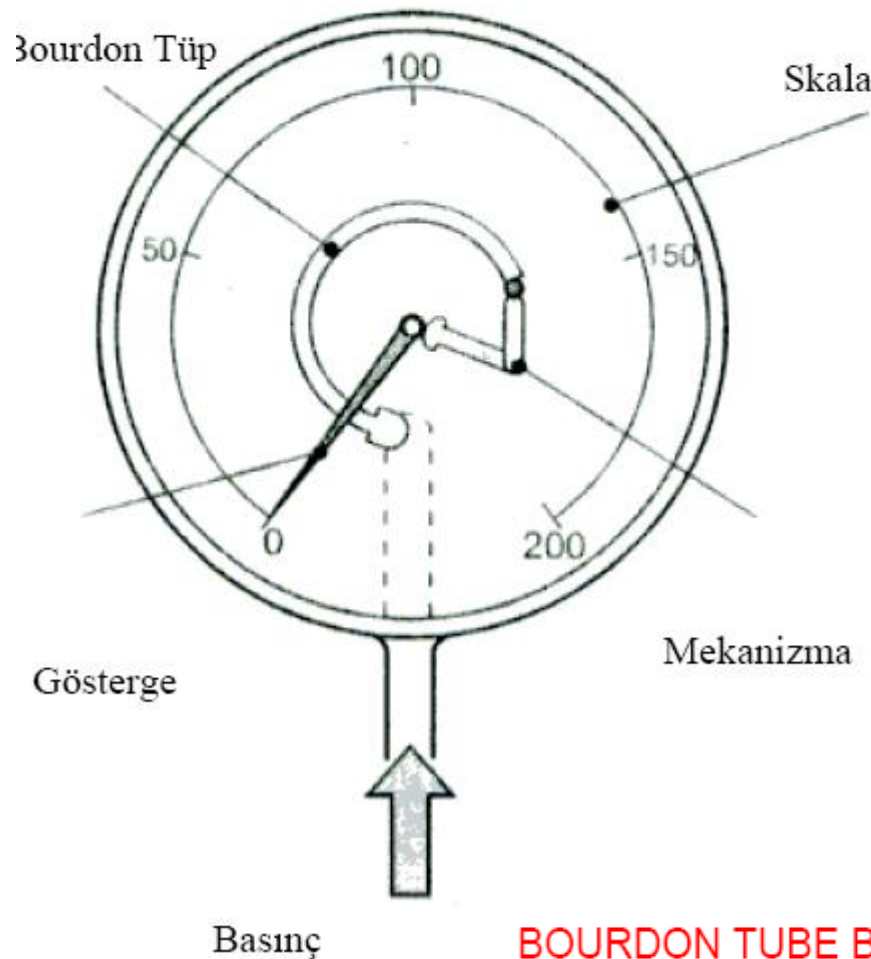
10- ELASTİK BASINÇ ÖLÇERLER

Basınç etkisi altında, elastik şekil değiştiren cisimlerin yapmış olduğu yer değiştirmenin, bir transducer yardımı ile elektriksel verilere dönüştürülüp skalalandırılması ile ölçüm yapılır. Bu elastik elemanlar basınç etkisinde deforme olup tekrar eski haline dönen cisimler olup, doğrusal genleşen veya açısal genleşen yapıya sahiptirler. Bu yapı helezon şekilde, burkulmuş şekilde spiral şekilde kapsül veya körük şeklinde olabilir. Bu yer değiştirmeler daha önceki konularda anlatılan piezoelektrik veya kapasitif dönüştürücülerle gösteregeye aktarılırlar.





Bourdon Tube basınç göstergeleri, en yaygın kullanılan basınç ölçerlerdendir. Bourdon Tube'ler metal alaşımları olan paslanmaz çelik veya prinç malzemeden yapılırlar. Şekilde görüldüğü gibi eliptik şekilde bükülmüş oval kesite sahiptir. Ve ucu kapatılmıştır. İçerisine basınç uygulandığında



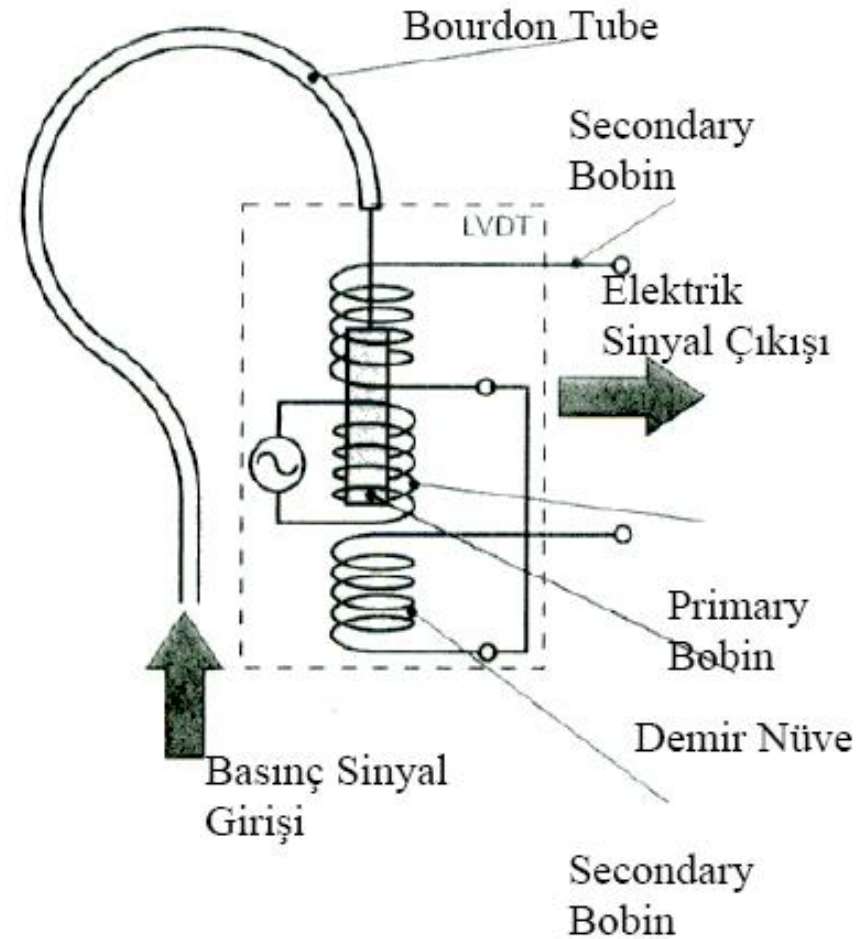
ok yönünde boru genişler ve şekil değiştirmeye uğrar.

Bu şekil değiştirme bir mekanizma yardımı ile göstergeye iletilir. Göstergenin atmosfer basıncına göre sıfır ayarı yapılır.. Göstergedeki skalalandırma bourdon tüpündeki genişlemeye uygun olarak taksimatlandırılmıştır.

BOURDON TUBE BASINÇ GÖSTERGELERİ

Sonuç olarak göstergeden sistemin yapmış olduğu basınç değeri okunur.

Bourdon tube, mekanik mekanizma haricinde, önceki konularda bahsetmiş olduğumuz, LVDT dönüştürücüleri nede bağlanabilirler. Basınç etkisiyle genleşen bourdon tube LVDT içerisindeki demir nüveyi hareket ettirecektir. Bu hareket sonucunda çıkış voltaj değeri değişecektir. Bu değişim uygulanan basınç değişimi ile lineer bir değişim gösterecektir.

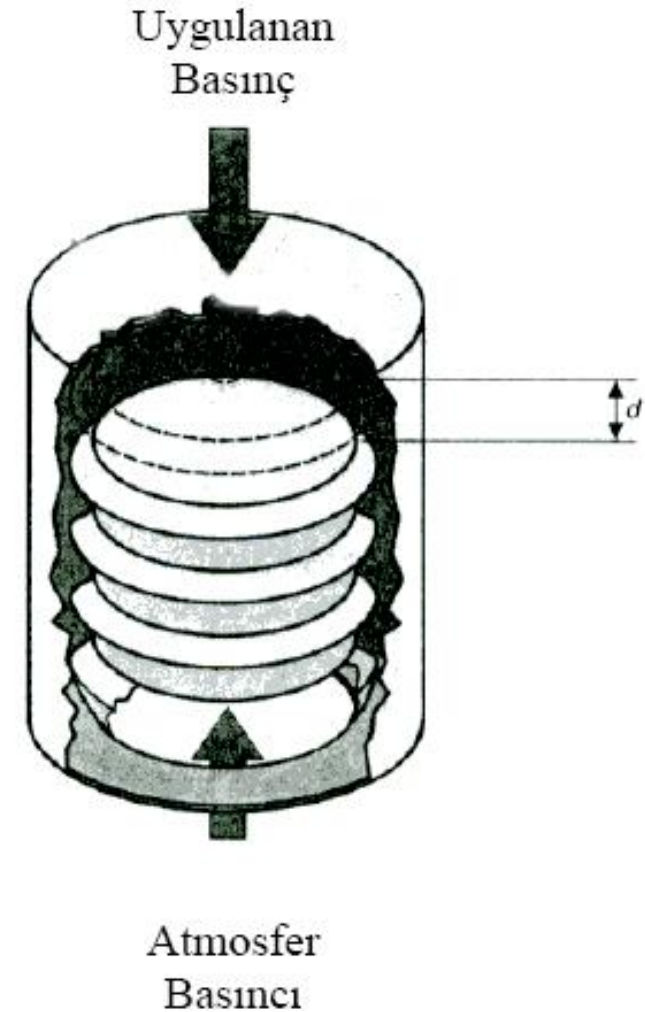


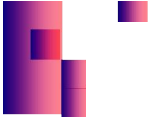
KÖRÜKLÜ BASINÇ ÖLÇERLER

Körük tipi fark basınç sensörleri 0 ile 1000 Pascal aralığındaki basınç değerlerini ölçmek için kullanılırlar. Daha yüksek basınç değerlerinde körük zarar göreceğinden yüksek basınç değerlerinde kullanılamazlar. Körükler, malzeme olarak bakır alaşımı, yapı olarak ince oluklu levha tipinde birbirine preslenmiş olarak imal edilirler. Körük içerisine basınç uygulandığında, körük genişleyerek uzama meydana getirir. Bu uzama değeri basınçla ilişkilidir. Basınç miktarındaki artış körükte mesafe değişimi olarak algılanır. Bu uzama değerini çeşitli transducer'ler yardımı ile ekranda değişen basınç değeri olarak okuruz.

Körük üzerinden içine doğru P basıncı uygulanmaktadır.

$$P = \frac{d}{A} \lambda$$





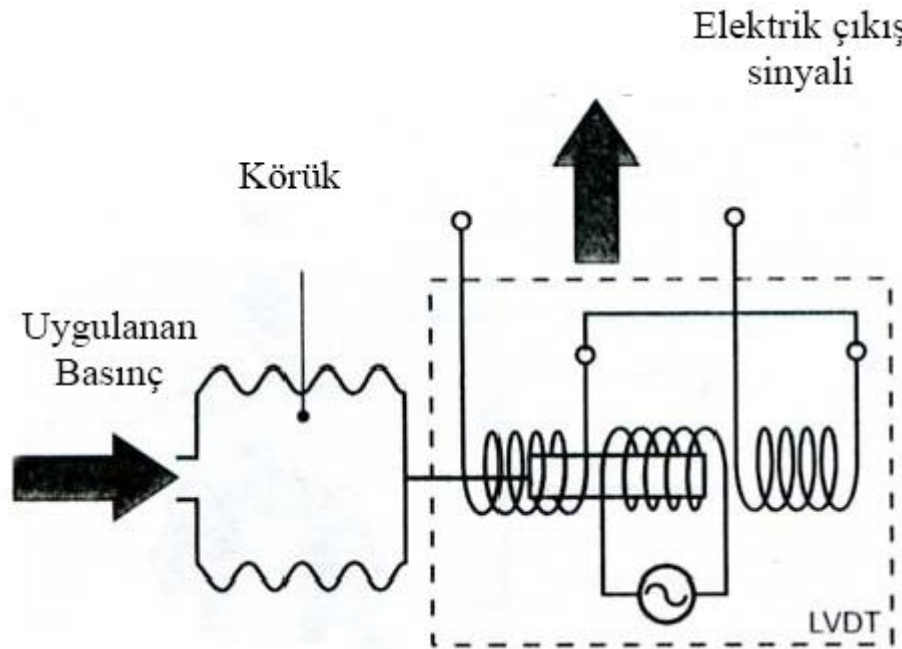
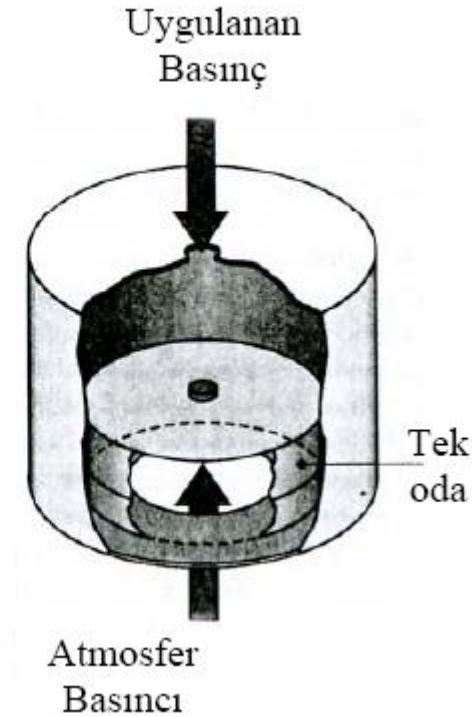
P = Uygulanan basınç [N/m^2]

d = körükteki uzama miktarı [m]

A = körük kesit alanı [m^2]

λ = zorlanma [N/m]

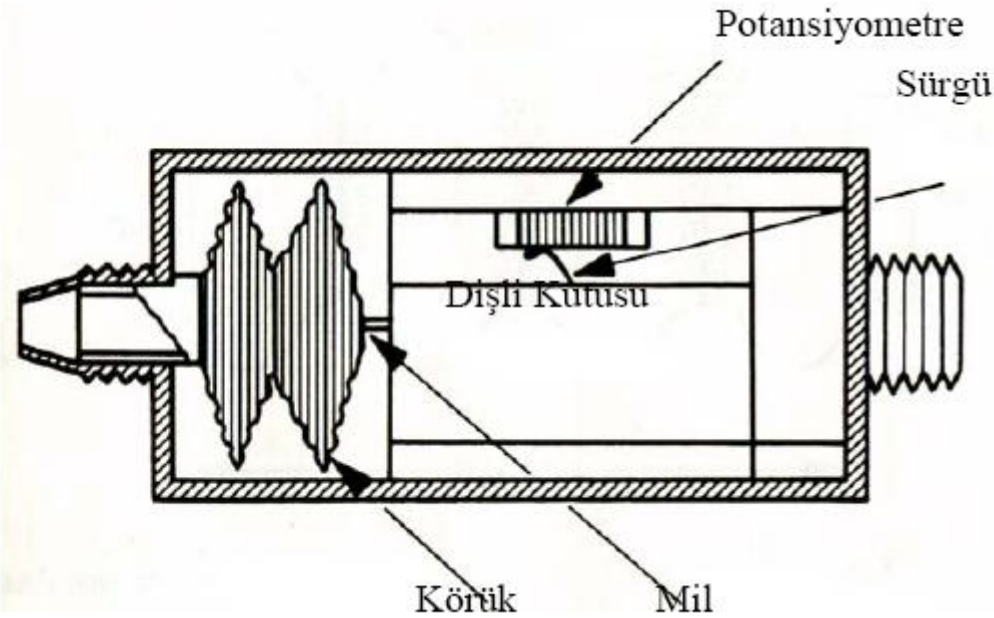
Tek odalı körükler sırt sırta yerleştirilmiş iki dairesel metal diyaframdan oluşurlar. Yukarda anlatılan birden fazla odalı körüklere göre yer değiştirmesi çok daha küçük olacağından ölçüm olarak ta daha küçük basınç değerlerinin ölçümü gerçekleştirilebilecektir. Bu düşük basınç altındaki yer değiştirmenin bir basınç ölçü aleti olarak çalışması içinde körük düzenine LVDT veya Kapasitif Transducer takılabilir.



Körük içerisine uygulanan basınç, körükte doğrusal bir genişleme yapacaktır. Körüğe bağlı olan LVDT demir nüvesi, körükteki genişlemeyi hissedip, bu değişimi sinyal olarak LVDT çıkışından gönderecektir. Bu da basınç değişiminin skalada takip edilmesidir.



Yandaki şekilde iki odalı körük kullanılmıştır. Uygulanan basınç körükleri şişirmekte ve şişen körükler kendisine bağlı olan bir mili itmektedir. Bu mile bağlı olan bir dişli kutusu yardımı ile dişli kutusuna bağlanmış olan potansiyometre hareket ettirilmektedir.

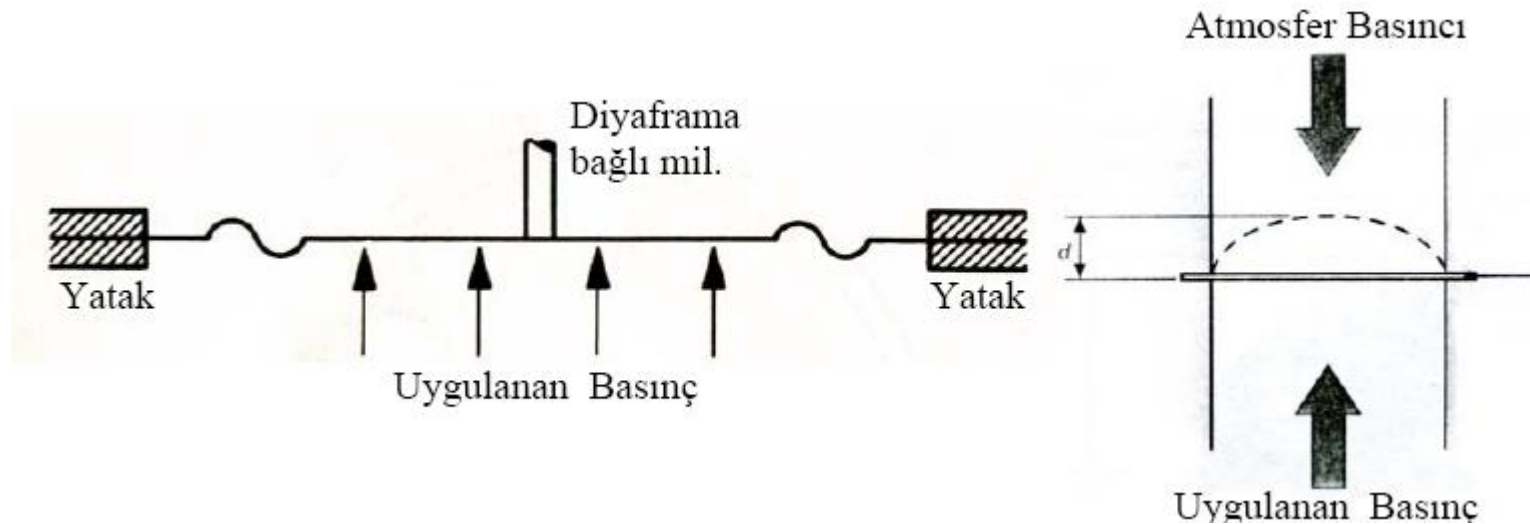


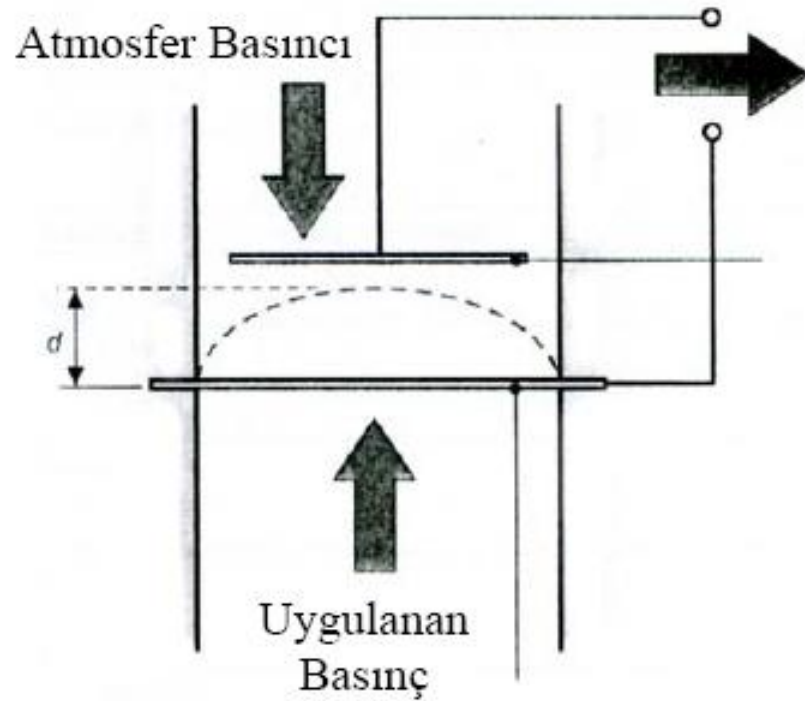
Potansiyometre'nin bu hareketi (Daha önceki konularda bir transducer olarak potansiyometrenin çalışma prensibi anlatılmıştır.) elektriksel olarak bir veri üretmektedir. Bu prensibe göre potansiyometreden alınan elektriksel çıkış değeri göstergede birebir skalalandırılarak basınç değeri cinsinden gösterilmektedir.



DİYAFRAM TİP BASINÇ SENSÖRLERİ

Diyafram ince metal bir levha olup çevresi boyunca yataklanmıştır. Genelde paslanmaz çelik veya pirinçten yapılırlar. Üzerine basınç uygulandığında diyafram bir şişme yapar. Bir mil veya mekanik bir düzenek, diyaframın şişmesinden kaynaklanan hareketle yer değiştirir. Bu yer değiştirme gene çeşitli dönüştürücüler (transducer) vasıtasıyla elektriksel verilere dönüştürülerek uygulanan basınç ölçülmüş olur.





Elektriksel çıkış sinyali

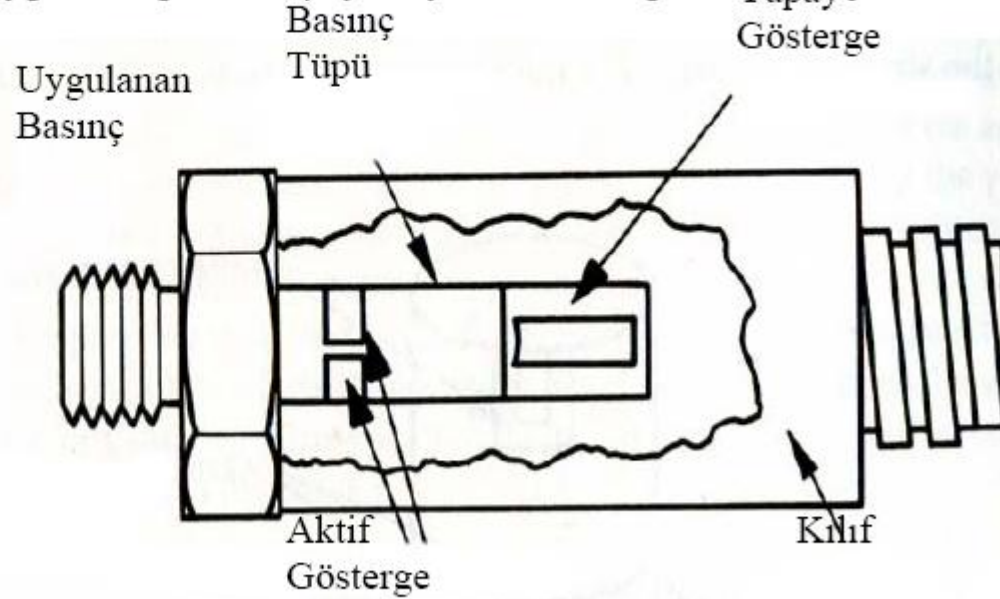
Yandaki şekilde Diyafram ve diyaframa belli uzaklıkta yerleştirilmiş bir iletken levha vardır. Hem levhanın hemde yerleştirilmiş olan plakanın arasında yalıtkan olarak hava bulunduğu için burada bir kapasite ölçümü söz konusudur. Diyafram üzerine basınç uygulandığı zaman diyaframda bir şişme ve dolayısıyla “d” kadar bir yer değiştirme olacaktır. Bu

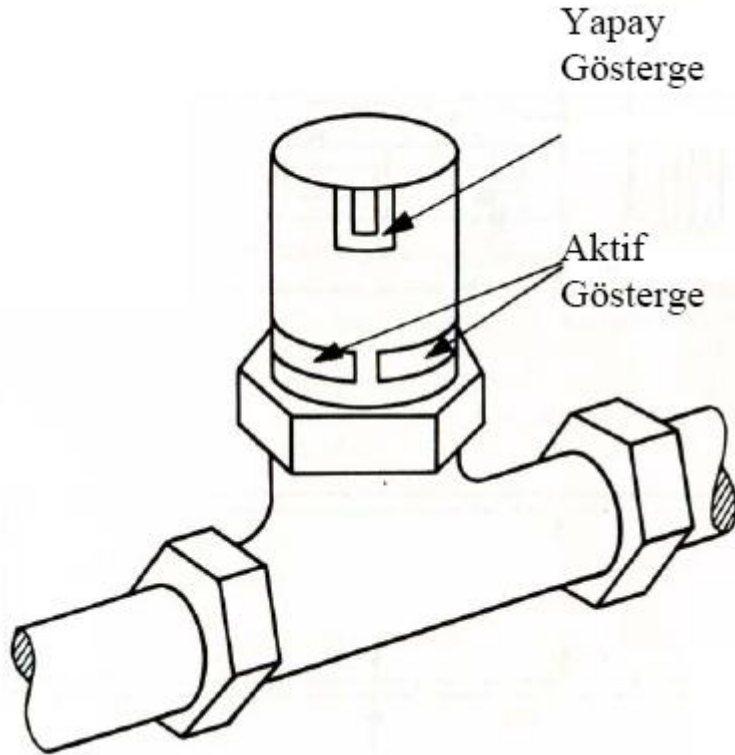
yer değiştirme miktar kapasitörde bir değişikli oluşturacaktır. Uygulanan basıncın değişimi kapasitansın da değişimi demektir. Göstergede ikisinin arasında yapılan bir lineer skalalandırma bize basınç değerini kapasite olarak ve oradan da göstergede uygulanan basıncın değeri olarak ölçüm yapmamızı sağlayacaktır.



BASINÇ – ZORLANMA GÖSTERGESİ

Tüp içerisine basınç uygulandığında tüp yüzeylerinde bir gerilme oluşacaktır. Bu gerilme tüp boyunca doğrusal olduğu gibi tüp yüzeylerine dik olarak kendini gösterecektir. Zorlanma sensörü, tüp yüzeyine, zorlanma eksenı boyunca monte edilerek (Yapıştırılarak) ölçüm yapılır. Zorlanma sensörüne bağlanacak olan elektronik köprü bağlantı ile çıkış verileri ekrana gönderilerek basınç değişimi ölçülmüş olur.



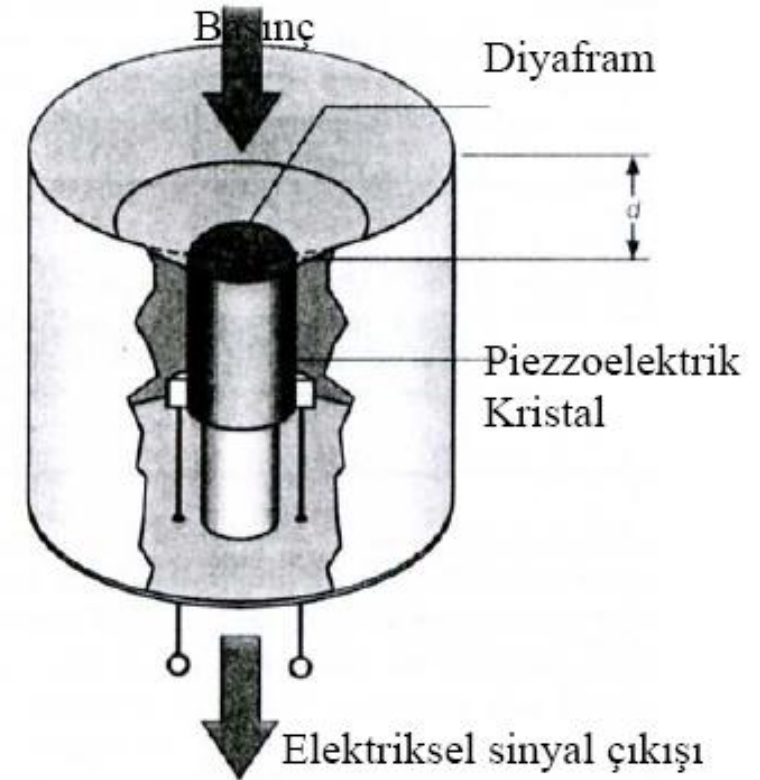


Bir uygulama alanı olarak da borulardaki basınç ölçüm işlemi yapılabilir. Küçük çaptaki boruların direk boru üzerine montajı zor veya mümkün olamayacağı için, bir "T" bağlantı ile bu alan genişletilip monte edilebilir.

PIEZZOELEKTRİK BASINÇ TRANSDUCER

Kapasitif basınç sensörüne benzer bir çalışma yapısı vardır. Basınç değişimini ince metal veya yarı iletken diyafram sağlar. Diyafram basınç değişimini piezoelektrik kristal üzerine iletmektedir. Bu iletimle kristal üzerinde gerilim oluşur. Kristal yüzeyindeki zıt polarite elektrik şarjı gerilimle orantılıdır.

Piezoelektrik kristal olarak genellikle Quartz kullanılır. Piezoelektrik basınç sensörleri

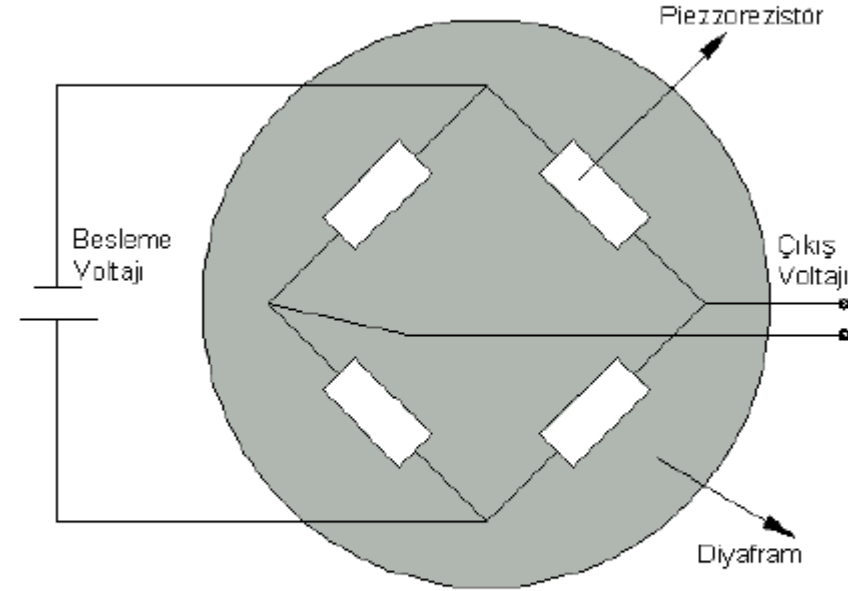


yüksek sıcaklıklarda çalışırlar. Boyut olarak küçüktürler. Geri bildirimleri çok hızlıdır. Geniş aralıklarda çalışırlar. Yüksek duyarlılığa sahiptirler.



PIEZZORESISTIVE BASINÇ TRANSDUCER

Piezzo elektrik basınç sensörü ile aynı mantıksal yapıya sahiptir. Bu ölçüm aletinde basınç hissedici sensör, yarıiletken, entegre chip formunda silikon diyafram halindedir. Dört piezzorezistör köprü şeklinde (Wheatstone Bridge) bir diyafram üzerine yerleştirilmiştir. Diyafram üzerine basınç uygulandığında dirençler üzerinde bir gerilme oluşacaktır. Bu gerilme değeri ile dirençlerden piezzorezistif özelliğe sahip olan direncin değeri değişir. Bu değişim köprü çıkış volt değerini de değiştireceği için, çıkış değerine göre çalışan göstergede ölçüm yapılmış olur. Bu gerilim değişimi, basınç değişimi ile aynı lineer değişime sahiptir. Piezzorezistiv ölçüm sisteminin çalışma aralığı düşüktür. (0- 50 kPa) Basınç tesirine göre vermiş olduğu geri bildirim süresi 1ms den küçüktür. Çalışma hassasiyeti $\pm 0.2\%$ dir.





A- SEVİYE ÖLÇÜMLERİ

1- SEVİYE ÖLÇÜMÜ NEDİR?

Bir oluşumun ölçülebilecek fiziksel özelliklerinden biriside, oluşumun seviyesi (belirli bir zeminden olan yüksekliği) olarak tanımlanabilir. Bir çalışanın işinde göstermiş olduğu başarısı ve bunun diğer elemanlara veya bir başlangıç kriterine göre değerlendirilmesi, bir öğrencinin almış olduğu bir dersten diğer arkadaşlarına göre veya bir not sisteminin başlangıç değeri olan sayı değerine göre göstermiş olduğu başarı oranı bir seviye örneğidir.

Teknik olarak bizim burada bahsedeceğimiz seviye ölçümleri sıvı veya akışkan katıların bulunmuş oldukları kaplarda (tanklar, depolar, kuyular vb.) göstermiş oldukları doluluk miktarıdır.

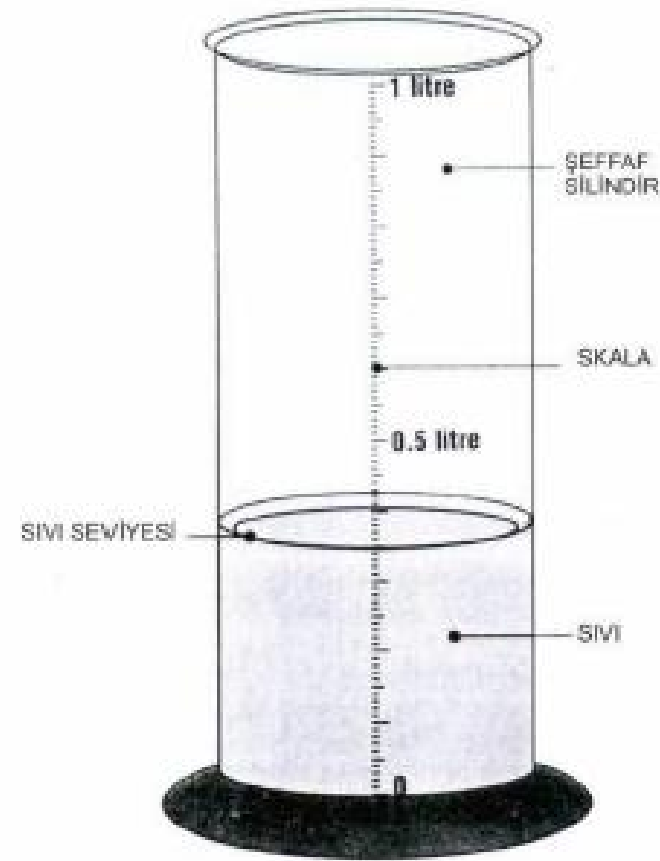
Bu doluluk miktarı, akışkanın kap içersinde bulunduğu yükseklik miktarı olabileceği gibi, ağırlığı veya hacim miktarı da olabilir.

Seviye ölçümleri, seviye ölçümü yapılacak oluşumun hassasiyetine, ortamın kimyasal durumuna (asitli, karışık madde, korozif ortam vs.) veya ortamın fiziksel şartlarına göre (sıcaklık, nem, basınç etkisi vs.) çok basit mekanik sistemlerden, elektrikli, elektronik, optik, ultrasonik gibi kompleks sistemlere kadar çeşitli şekillerde yapılabilmektedir.

2- DERECELİ KAPLAR - SEVİYE ÇUBUKLARI - GÖZETLEME CAMLARI

En basit seviye ölçüm metotlarından birisi dereceli kaplardır. Bu kaplar bir sokak sütçüsünün kullanmış olduğu ½ Litre, 1 Litre, 2 Litre gibi tek ölçümlük kaplar olabileceği gibi çeşitli laboratuvar ortamlarında kullanılan üzerlerinde derecelendirme yapılmış kaplar olabilir. Bu derecelendirme kabın hacmi ile orantılıdır. Ölçüm yapılacak dereceli kabın taban alanı belirlidir. Bu alan, Şekil 2.1 de de görüldüğü gibi kabın yüksekliği ile değişmez. Bu durumda sıvı seviyesindeki yükseklik bize skalada hacimsel değer olarak ölçü okumamıza imkan tanır. Kabın şekli düzgün bir şekil değilse böyle bir durumda derece skalalandırması yapmak mümkün değildir. Yükseklikle hacim doğrusal bir ilişki göstermeyeceği için hassas ölçümü yapılamaz.

Bazı oluşumlarda bu ölçüm tarzı ile sadece yükseklik öğrenilmek istendiğinden daha basit sistemlerde uygulanmaktadır. Bir motorlu taşıtın



Şekil 2.1. Dereceli Silindirik Kap

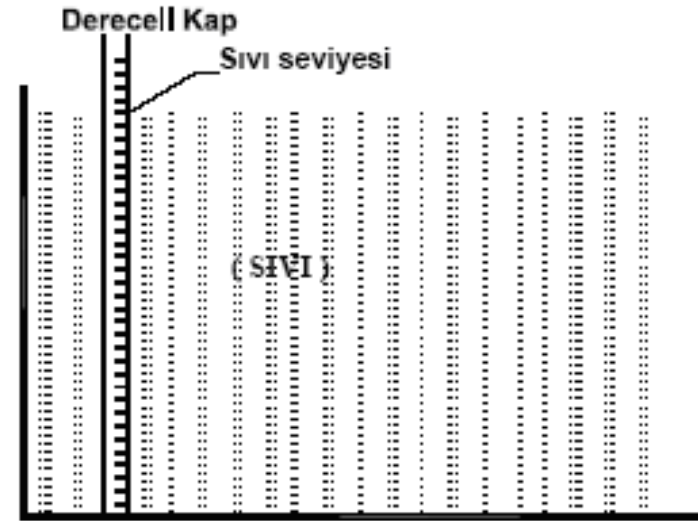
motor yağ miktarını belirlemek basit bir seviye çubuğu ile yapılmaktadır. Seviye çubuğu üzerinde iki çizgi max, ve min. vardır. Motor üzerinde takılı olan bu çubuk çekildiğinde motor yağının bulaşıklığı bize motor içerisinde bulunan yağın seviyesini verir. Eğer seviye çubuğunda bulunan çubuğa bulaşmış yağın seviyesi min. işaretinden daha aşağıda ise motor içerisinde yağ miktarı, eksik motor bu seviyedeki yağ ile çalışırsa zamanla motorda aşınma olabilir demektir. Eğer çubuk üzerinde bulaşmış yağ, max. işaretinden fazla ise bu durumda motor içerisinde bulunan yağ miktarı fazla, motor çalışırken fazla yağ miktarından dolayı zorlanacak demektir. İstenmeyen bir durumdur. En ideal durum yağ çubuğu üzerindeki yağın bulaşıklık seviyesi max. ve min. değerleri arasındadır. Bu durum fabrikasyon olarak ayarlanmış motor yağ seviyesidir. Motor hacimsel olarak düzgün bir yapıya sahip olmadığı için seviye çubuğu ile yağın hacimsel değeri hassas bir şekilde bulunamaz. Amaç yağ miktarını ölçmek değil, belli aralıklarda gerekli olan yağ miktarını tespit etmektir. Zamanla yağ miktarında olan azalma yağ çubuğunda min. seviyesinin altına ineceği için seviye kontrolü yapıp min. ile max. seviyesi arasına gelecek şekilde yağ takviyesi yapmak gerekir.

Çalışma şartları seviye ölçümünde etken bir özelliktir. Motor yağının seviyesi, motor çalışırken veya motor çalışması yeni durdurulmuşken yapılamaz. Yanlış ölçüm verir. Ölçüm yapılan yer statik bir ortam (durgun) değildir. Motorun çalışan aksamaları yağın çalkalanmasına sebep olduğu için yağ çubuğunun üzerindeki yağ bulaşması max. işaretinin de üzerinde olacaktır. Sistemin durdurulması ve bir müddet bekleme yağın motor çeperlerinden süzülüp motor tabanına çökmesini sağlar. Yağ çubuğunun ilk çıkarılmasından sonra, yağ çubuğunda, çalkalanmadan ötürü problemler olacağı için, bir bezle temizlenip çubuğun ikinci bir kez daldırılıp

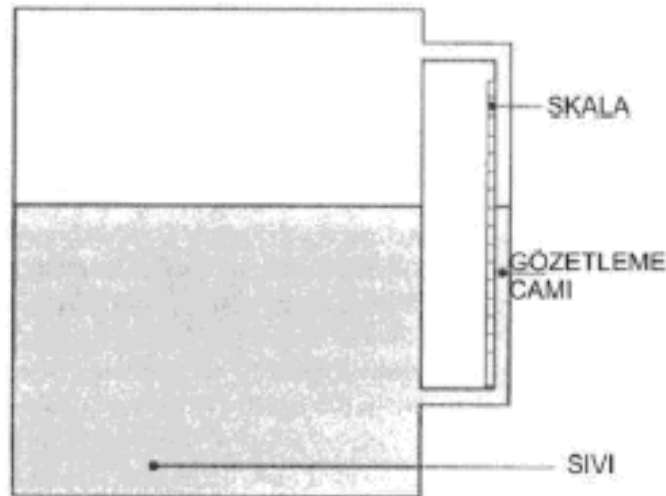


çıkartılması ile sağlıklı ölçüm yapılabilir.

Seviye çubuğu ile ölçüm metotlarından biriside kap içerisine bir dereceli çubuk daldırmaktır. Dereceli çubuğun sıfırlanmış ucu tank tabanına değdiğinde, suyun üst seviyesi çubuk üzerindeki skalada ne gösteriyorsa sıvının seviyesi skalanın gösterdiği yükseklik değerindedir.(Şekil 2.2.) Bu metotla ölçüm su birikintilerinin olduğu göletlerde, barajlarda su seviyesinin gözlenmesi için uygulanmaktadır.



Şekil 2.2. Seviye Çubuğu ile seviye ölçümü

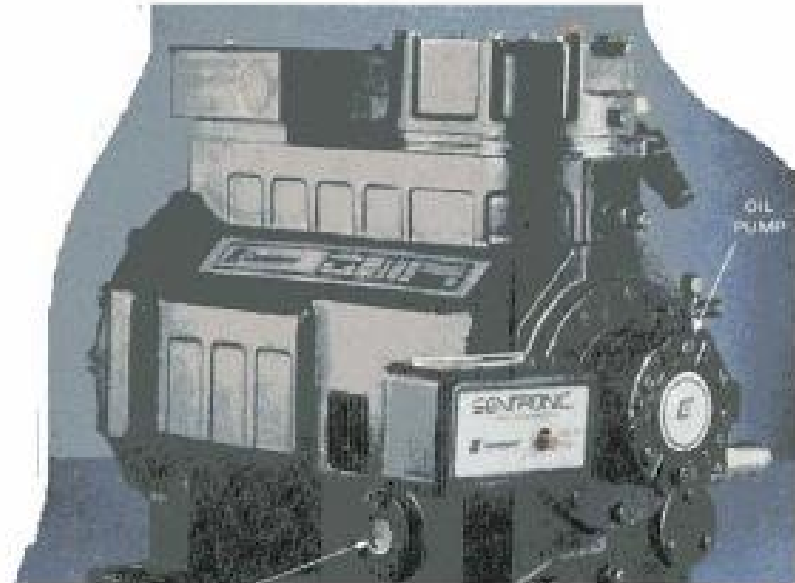


Şekil 2.3. Gözetleme Camı

Seviye ölçümlerinde bir başka basit ölçüm yöntemi de gözetleme camlarıdır. Gözetleme camları da, Şekil 2.3. de görüldüğü gibi seviyesi ölçülecek kabın alt ve üst kısımlarından bir delik açılıp bu deliğe şeffaf hortum veya cam tüp

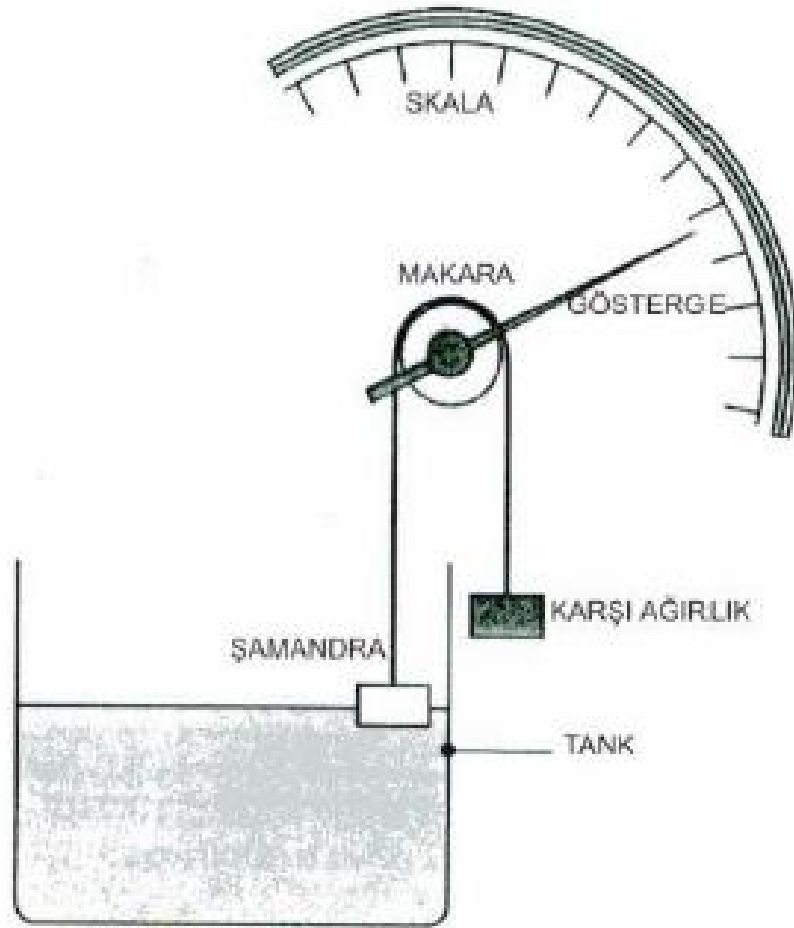
bağlantısı yapılarak yapılan bir seviye ölçüm metodudur. Kap içerisinde doldurulan suyun yükselmesi birleşik kaplar prensibine göre paralelinde bağlı olan şeffaf tüp de de olacağı için, şeffaf tüpteki yükselme değeri kap içerisindeki yükselme olarak değerlendirilecektir. Gözetleme camının bir kenarına veya üzerine bağlanacak olan bir ölçüm skalası ile kap içerisindeki sıvının yüksekliği, hatta düzgün bir kap ise yani hacimsel olarak yükseklikle doğru orantılı bir şekilde değişim gösteriyorsa, bu skalada kap içerisindeki sıvının hacimsel olarak kaç birim küp olduğu bile direk okunabilir. Bir sıvının hacmi ile ağırlığı arasında ki ilişki o sıvının yoğunluğu ile değişim gösterdiğine göre ($V = \rho \cdot m$) ($m^3 = m^3/kg \cdot kg$), kap içerisinde bulunan sıvı belirli tek bir sıvı ise bu skalada, ağırlık olarak kaç birim ağırlıkta olduğu bile gözlemlenebilir.

Bazı mekanik sistemlerde (dişli çark sistemleri, kompresör sistemleri, motorlar vb) küçük yuvarlak bir gözetleme camı (Şekil 2.4. Oil level sight glass) mevcuttur. Bu gözetleme camından bu sistem içerisindeki bulunan yağlama yağının seviyesi gözlenmektedir.



Şekil 2.4. Kompresör gözetleme camı

3- ŞAMANDIRALI SEVİYE ÖLÇÜMLERİ



Şekil 3.1. Mekanik sistem şamandıralı seviye kontrol

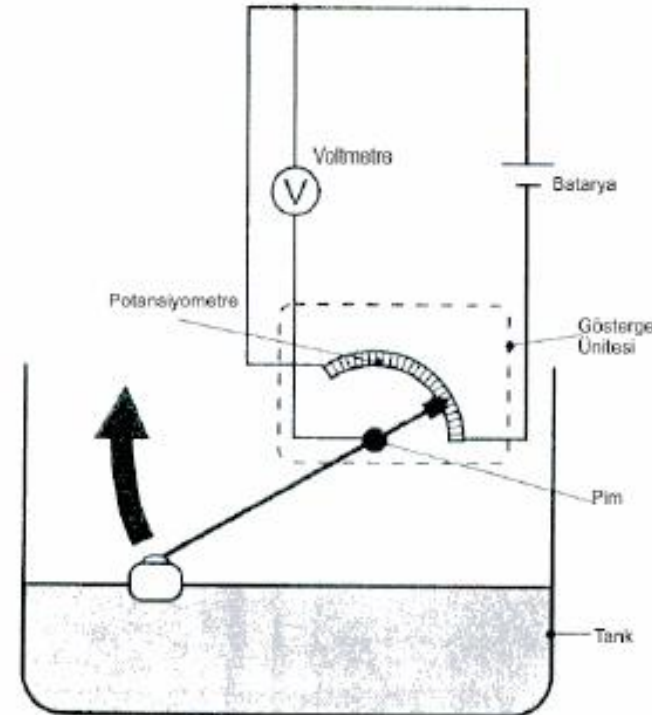
Şamandıralı seviye ölçüm sistemlerini mekanik ve elektrik sistemli olarak iki grupta incelemek mümkündür. Mekanik sistemler genellikle bir makara etrafından geçirilmiş ip ve ipin iki ucuna bağlanmış şamandıra ve karşı ağırlıktan oluşur.(Şekil 3.1.) Karşı ağırlık şamandıradan ağırlık olarak daha küçük değerdedir. Sıvı seviyesinin artması ile sıvı yüzeyindeki şamandıra suyun kaldırma kuvveti etkisi ile yükselecek, karşı ağırlıkta ipin gergin durmasını sağlayacaktır. Her ne zamanki sıvı seviyesi düşerse şamandıra karşı ağırlığa göre daha ağır olduğu için sıvı seviyesi ile birlikte aşağıya inecektir. Şamandıradaki bu değişim ipin dolanmış olduğu



makarada dönme etkisi yapacaktır. Makara üzerine bağlanacak bir ibre ve skalalandırılmış gösterge bize sıvı seviyesindeki değişimi gösterecektir. Göstergenin skalası sıvı yüksekliğine göre kalibre edileceği gibi, sıvının hacmine veya kütleğine göre de kalibre edilebilir.

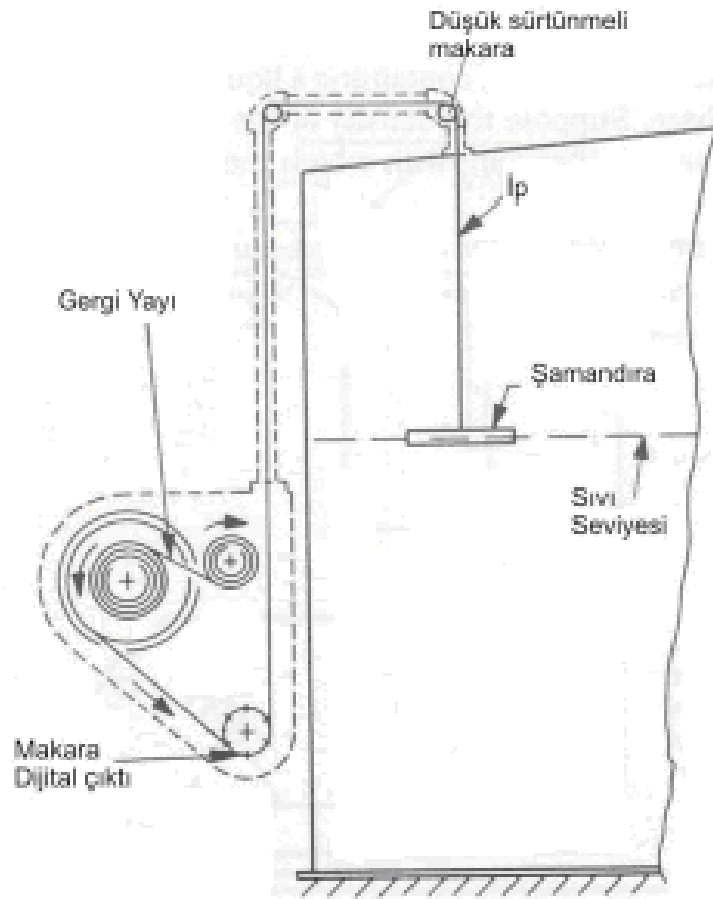
Bazı şamandıralı sistemler mekanik olarak ölçüm yapmaz. Çıkışlarından elektriksel veya optik sinyaller alınarak ölçüm yapılır. Şekil 3.2. de motorlu taşıtlarda kullanılan bir yakıt tankı seviye ölçümü görülmektedir. Sıvı seviyesinin yükselmesi Şamandırada da yükselme sağlayacaktır. Şamandıranın ucu bir pim ile potansiyometrenin ibresine bağlanmıştır. Şamandıranın depoda maksimum yükselmesi potansiyometrenin hiçbir direnç göstermemesi demektir ki bu durumda voltmetrede maksimum gerilim değeri okunacaktır. Voltmetre göstergesi yükseklik veya hacimsel miktar olarak skalalandırılırsa depodaki sıvı seviyesinin maksimum yükselmesi, maksimum doluluk miktarı olan hacimsel değer veya maksimum doluluk miktarı olan maksimum sıvı seviyesi olarak görünecektir. Sıvı seviyesindeki düşme, şamandıranın aşağı inmesi, dolayısı ile potansiyometrenin ibresinin artan bir direnç değeri göstermesi ve voltmetrede düşen bir gerilim değeri veya skalada düşen bir hacim değeri veya yükseklik gözlenecektir.

Şekil 3.3. teki sistemde ise şamandıranın yükselmesi ile boşta kalan ip gergi yayı ile toplanmakta ve bu toplama neticesinde makara sistemindeki oluşan dönme hareketi açısal hareket olarak digital çıktı şeklinde göstergeye gönderilmektedir. Makaranın yapmış olduğu açısal hareketteki değer şamandıranın yükselmesi ile kalibre edildiğinde çıkış

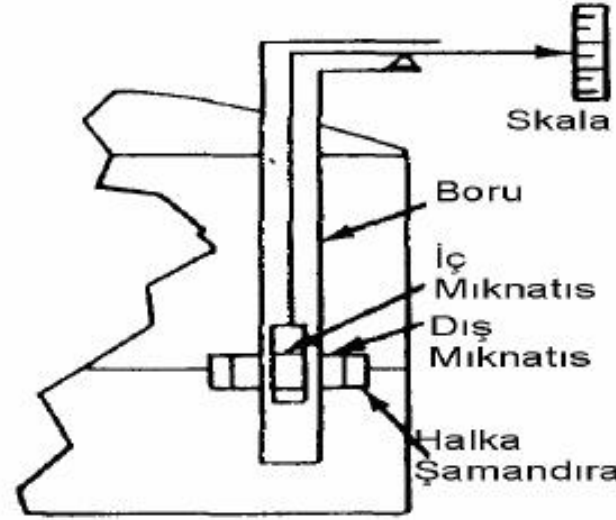




Şekil 3.2. Elektriksel sistem şamandıralı seviye ölçümü



Şekil 3.3. Dijital sistem şamandıralı seviye ölçümü



Şekil 3.4. Manyetik sistem şamandıralı seviye ölçümü

göstergesindeki değer şamandıranın sıvı seviyesindeki olan yükselmesi olarak algılanacaktır. Eğer makaradaki açılmalık yer değiştirmenin skaladaki gösterdiği değer hacimsel veya kütsel bir kalibrasyon olursa şamandıranın yükselmesi veya alçalması kap içerisinde bulunan sıvının hacimsel veya kütsel miktarının ölçülmesi ile doğru orantılı olacaktır.

Şamandıranın ağırlığı gergi yay kuvvetinden daha fazla olması gerekmektedir. Sıvı seviyesi düştüğünde şamandıranın aşağı inmesi, gergi yay kuvvetini yenmesi ile olur.

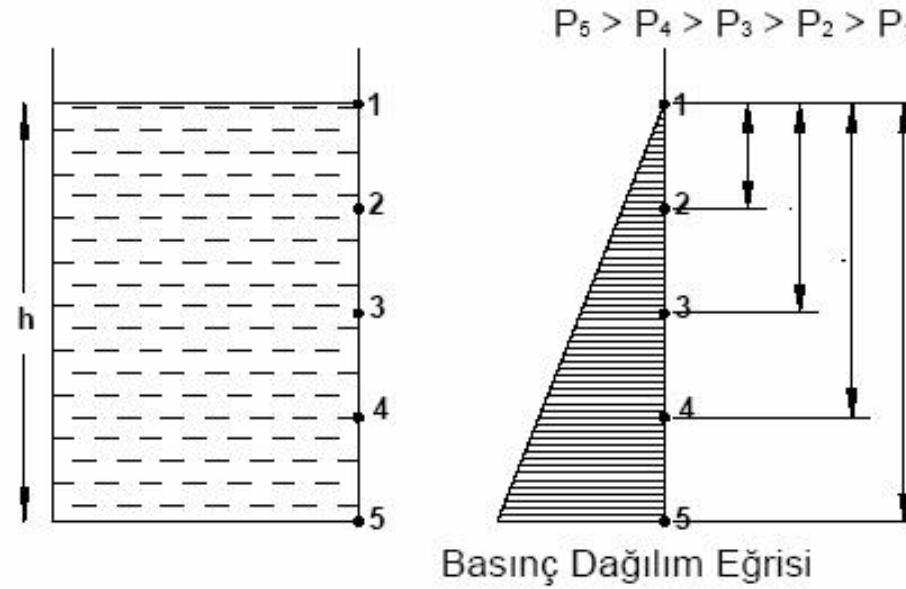
Şekil 3.4. de ortamın asidik bir ortam olması nedeniyle, bazı korumalar gerektiğini gösteren bir uygulamadır. İç miknatıs ve ip, asit'e dayanıklı ve miknatıslanmayan bir maddeden yapılmış boru içerisine yerleştirilmiştir. Şamandıra halka şeklinde bu borunun dışına geçirilmektedir. Ve şamandıra ile birlikte miknatıs birbirlerine akuple edilmiştir. Sıvı seviyesindeki yükselme Şamandırayı ve şamandıraya bağlı olan dış miknatısı yukarı doğru kaldıracaktır.



Şamandıradaki bu yükselme şamandıra ile birlikte çalışan dış mıknatısın manyetik alan etkisi ile boru içerisindeki iç mıknatısı da kendisi ile birlikte yukarı doğru taşıyacaktır. İç mıknatısa bağlı olan ip sayesinde daha önceki seviye ölçüm metotlarında anlatıldığı gibi ölçüm sonucu, mekanik bir skalalandırma yoluyla veya direkt dijital çıktı olarak değeri okunacaktır.

4- BASINÇ METODU İLE SEVİYE ÖLÇÜMLERİ

Sıvıların yükseklikleri tabana yaptıkları basınçla doğru orantılıdır. Sıvı yükseldikçe bulundukları tabana uyguladıkları basınç değeri de artar. (Şekil 4.1.)



Şekil 4.1. Yükseklikle Hidrostatik basınç ilişkisi.

Sıvıların tabana yaptıkları basıncı formülize edecek olursak,

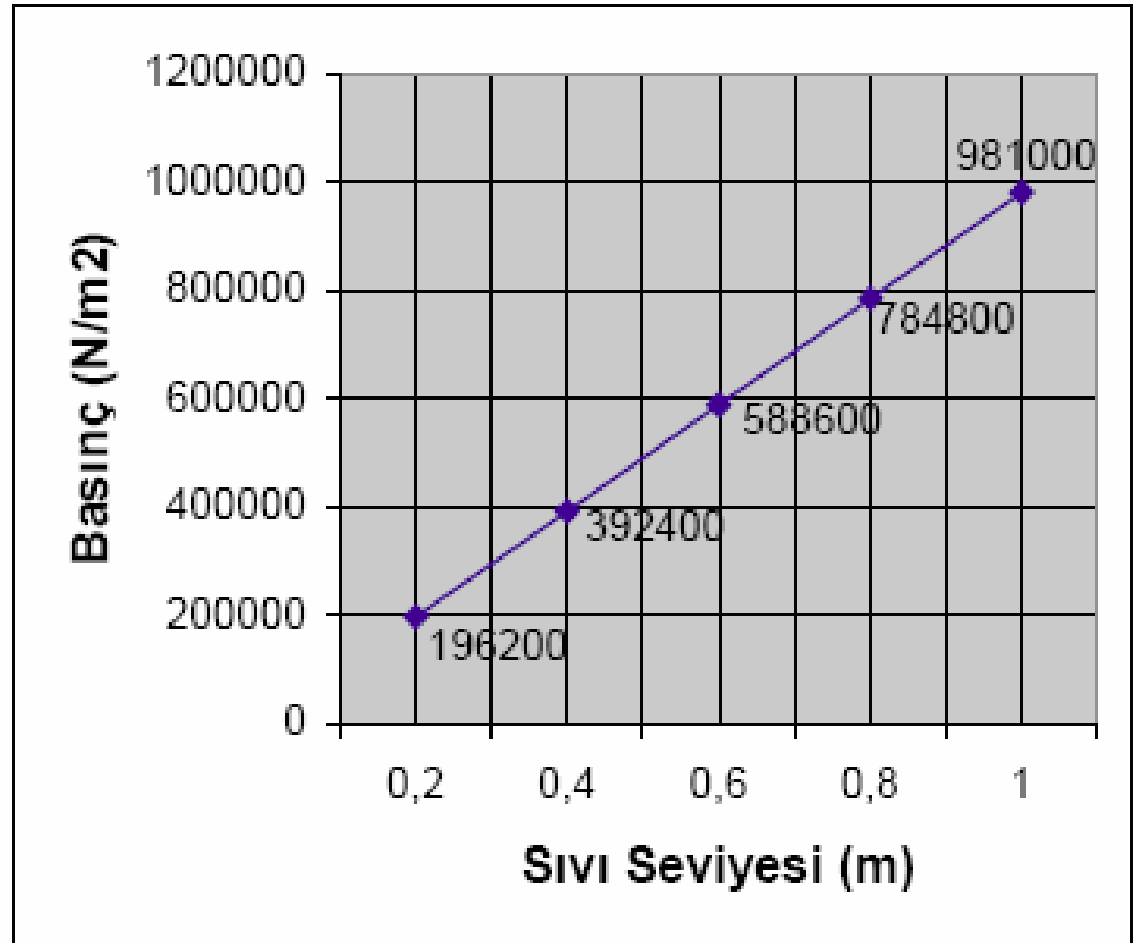
$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Burada “ ρ ” sıvının yoğunluğudur. Kullanılan sıvıya göre sabit bir değerdir. “ g ” yerçekimi ivmesidir sabit bir değerdir. Değişken olan değerler, sıvının yüksekliği ve bu yüksekliğe sabit olarak etki eden sıvının yoğunluğu ve yerçekimi çarpımı kadar tabana yapılan basınç değeridir.

1 m³ Hacminde (1m x 1m x 1m) bir kabın her bir 20cm yüksekliğindeki basınç değerlerini inceleyecek olursak;

Seviye (m)	Basınç (N/m ²)
0,2	196200
0,4	392400
0,6	588600
0,8	784800
1	981000

Grafikten de (Şekil 4.2.) gözleneceği gibi sıvı seviyesinin her 20 cm lik artışında eşit miktarlarda basınç değişimi söz konusudur. Eğer sıvı kabı silindirik veya dikdörtgenler prizması şeklinde ise her bir birim sıvı yükselmesinde eşit ağırlıkta sıvı miktarı artışı söz konusudur.



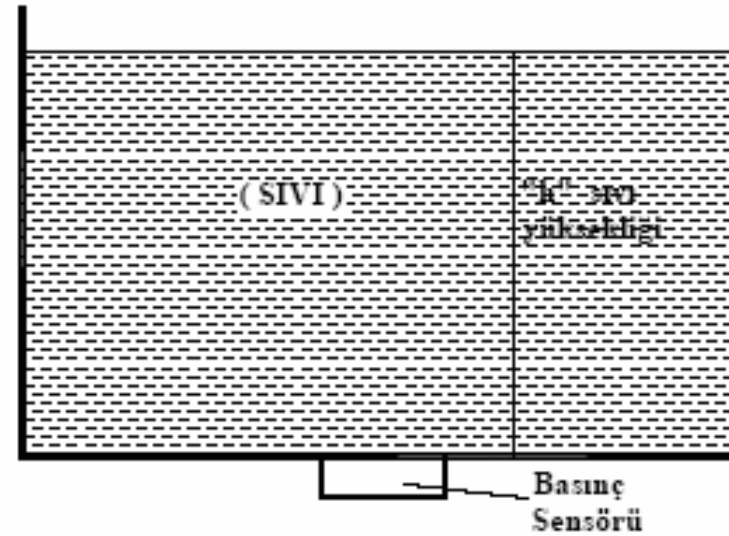
Şekil 4.2. Basınç - Seviye grafiği



a- Basınç sensörleri ile seviye ölçümleri.

Yukarıdaki ifadelerden de anlaşılacağı gibi seviye artımı ile basınç artımı doğru orantılıdır.

Kabın tabanına konulacak bir basınç sensörü seviye arttıkça artan basıncı dolayısı ile seviyeyi ölçmüş olacaktır. Seviyenin skalalandırılması, sırasıyla; sensör ile sıvının yüksekliğindeki değişim basınç olarak hissedilecek, bağlanacak olan bir transducer ile bu değişen basınç değerleri ölçülebilir elektrik sinyallerine çevrilecek son olarak ta bu sinyaller ekrandan veya yazıcıdan seviye ölçümü olarak görünecektir.

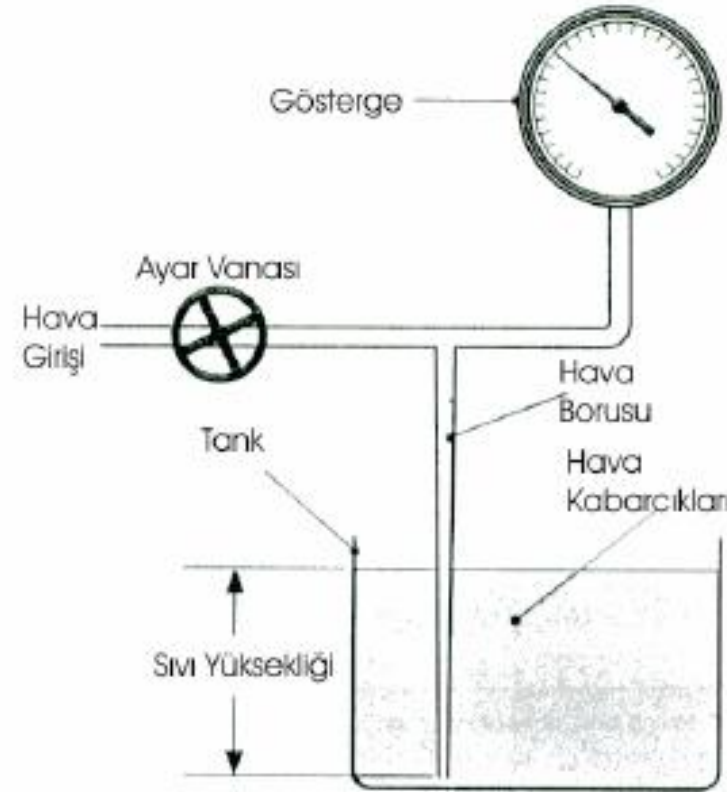


Şekil 4.3. Basınç Sensörü

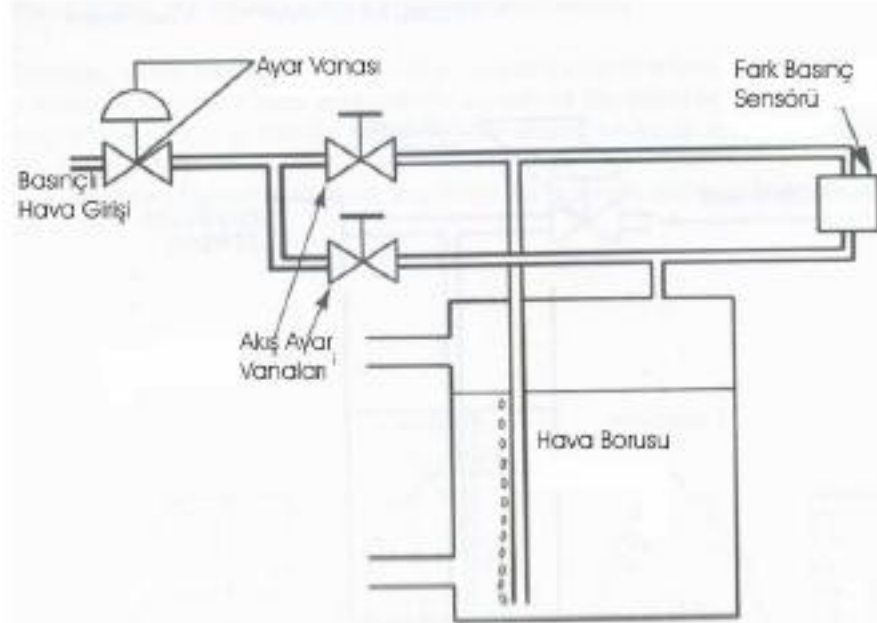


b- Hava kabarcık yöntemi ile seviye ölçümleri.

Basınçlı hava kaynağından (Kompresör vb.) gönderilen hava, Ayar vanasından geçirilerek bir T bağlantı vasıtasıyla sıvı dolu kaba ve gösterge veya basınç sensörüne gönderilir. Kap boş iken ayar vanasından gönderilen basınçlı hava borusundan atmosfere atılacak, basınçlı havanın basınç miktarına göre göstergede de bir miktar basınç değeri okunacaktır. Ayar vanası ile basınçlı hava miktarı ayarlanarak gösterge basınç değeri sıfırlanır. Kap içerisinde sıvı seviyesi yükseldikçe hava borusundan kap içerisine gelen basınçlı hava dirençle karşılaşacağı için sıvı içerisinden atmosfere çıkan kabarcıklar halindeki hava miktarı azalacak ve hava borusu içerisine ters basınç yapacaktır. Bu ters basınç göstergede iğnenin sapmasını sağlayacaktır. Bu sapma değerinin değişimi sıvının yükselmesi ile doğru orantılıdır. Sıvı ne kadar yükselirse o oranda basınç göstergesinde sapma olur. Basınç göstergesindeki bu sapma sıvı yüksekliği olarak skalalandırılıp kalibre edilirse, göstergede sıvının ne kadar yükseldiğini okumuş oluruz.



Şekil 4.4. Hava Kabarcık Yöntemi



Şekil 4.5. Hava Kabarcık Yöntemi (Kapalı Kab)

sağlar. Göstergede okunan değer sıvı seviyesinin yükselme değeridir.

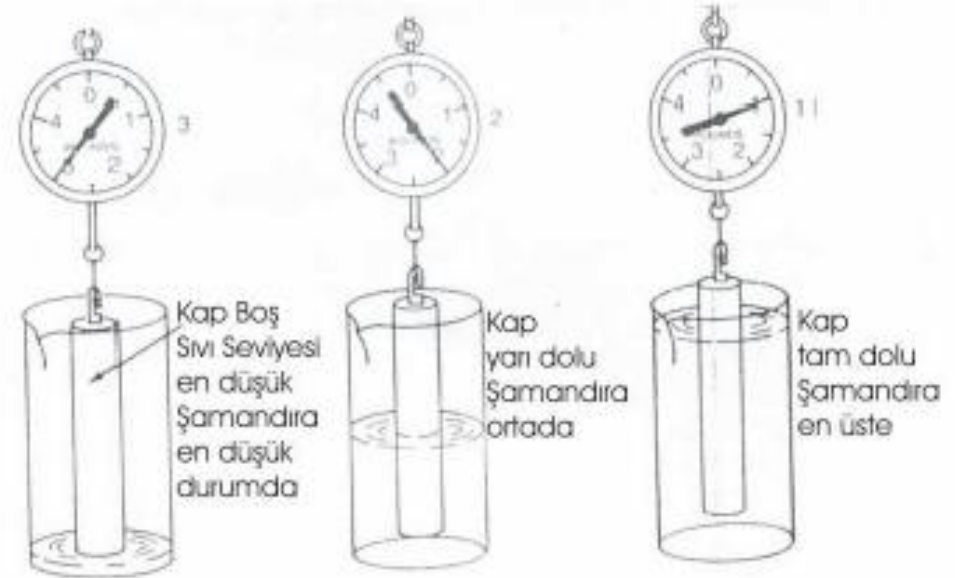
Şekil 4.5. te görülen kapalı kab içerisindeki sıvı seviyesinin ölçülmesi bir fark basınç sensörü ile yapılabilir.

Basınç ayar vanası ile basınçlı hava girişi ayarlanır. Akış ayar vanaları ile sıvı seviyesi en alt konumda iken, fark basınç sensörünü ayarlamak için kullanılır. Sıvı seviyesinin yükselmesi ile fark basınç sensöründeki basınç farkı değişimi sıvı seviyesi değişimi ile orantılı olacaktır. Buda bize fark basınç sensörünün çıkışından elde edilen sinyallerle seviye yükselişinin göstergeye iletilmesini

c- Kaldırma kuvveti yöntemi ile seviye ölçümleri.

Sıvı içerisinde bulunan cisimler kaldırma kuvvetinin etkisi ile yukarı doğru itilirler. Bu sıvının ve daldırılan cismin yoğunluğu ile direkt ilgilidir. Sıvı üzerinde bulunan bir şamandıra sıvı yükseldikçe sıvı seviyesi ile birlikte oda yükselecektir. Şamandıraya bağlanacak rijit bir çubuk ve çubuğun ucuna bağlanacak doğrusal hareketi açısal harekete çevirecek bir transducer ve transducerden alınan çıktıları seviye ölçümü olarak skalalandırılan bir göstergeye iletirsek, kaldırma kuvvetinin etkisi ile bir ölçü aleti yapmış oluruz.

Şekil 4.6. da görülen kap içerisindeki şamandıra sıvı seviyesi kabın dibinde iken 3 birim seviye kabın ortalarına geldiğinde 2 birim, kabın üst kısmına kadar geldiğinde 1 birim olarak seviye ölçmektedir. Kaldırma kuvveti ile ölçüm kapalı kaplar içinde rahatlıkla uygulanabilecek bir sistemdir. Şamandıraya bağlı olan çubuğun yapmış olduğu doğrusal hareket, mekanik olarak açısal harekete ve oradanda gene mekanik olarak (Dişli Çarklar yardımı ile göstergeye iletilebileceği gibi, doğrusal hareket bir transducer yardımı ile elektriksel sinyallere ve oradan dijital çıktı olarak göstergelere gönderilebilir.

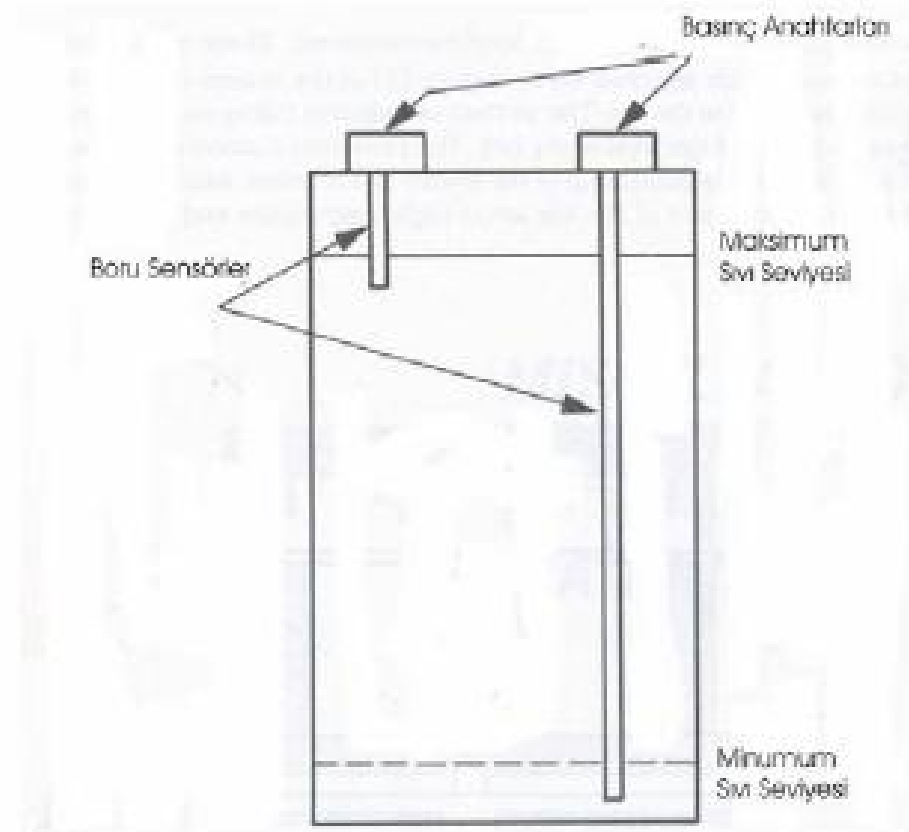


Şekil 4.6. Kaldırma kuvveti ile seviye ölçümü

d- Seviye Anahtarları

Seviye anahtarları kullanımı, seviyenin hassas bir şekilde skalalandırılıp kademe kademe ölçülmesinden ziyade, belirli bir yükseklikteki sıvının seviyesini tespit ederek bir kontrol ünitesi yardımı ile herhangi bir kabı dolduran veya boşaltan pompa sistemini kontrol etme prensibine dayanır.

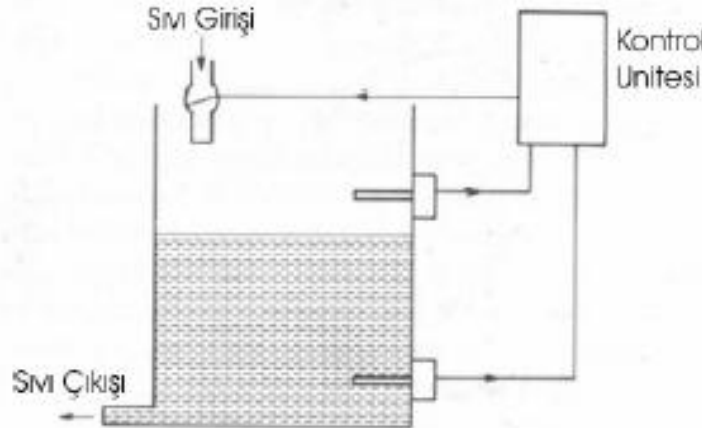
Şekilde 4.7. de verilen sistemde 2 adet basınç sensörü sıvının maksimum ve minimum seviyelerini ölçerek anahtarlama yapmakta ve bir pompa sisteme kumanda etmektedir. Sıvı kabın minimum seviyesinde iken boru içerisinde sadece hava boşluğu olması sebebi ile basınç sensörleri herhangi bir



Şekil 4.7. Seviye anahtarları



kontrol yapmamaktadır. Sıvı seviyesinin yükselmesi ile birlikte sağ tarafta bulunan boru içerisine sıvı dolmakta ve boru içerisindeki havayı sıkıştırmaktadır. Bu sıkışma etkisi ile basınç sensörü tetiklenmekte anahtarlama yapmaktadır. Bu anahtarlama kabın dolmasını sağlayan pompa ile direkt irtibatlı değildir. Sıvı seviyesi ne zamanki sol tarafta bulunan boru içerisine dolmaya başlarsa, sol tarafta bulunan boru içerisindeki havada sıkışacak, buradaki basınç sensörünü de tetikleyecektir. Bu durumda pompaya giden enerji kesilerek tanka sıvı pompalama duracaktır. Olayın tam tersi ele alınırsa; bu sefer de sıvı seviyesinin tankın tabanına doğru inmesi, boru içlerindeki basıncı kaldıracağından bir öncekine ters bir anahtarlama ile pompa sistemini tekrar devreye sokacak ve tank tekrar dolmaya başlayacaktır.



Şekil 4.8. Elektriksel iletkenlik metodu ile seviye ölçümü.

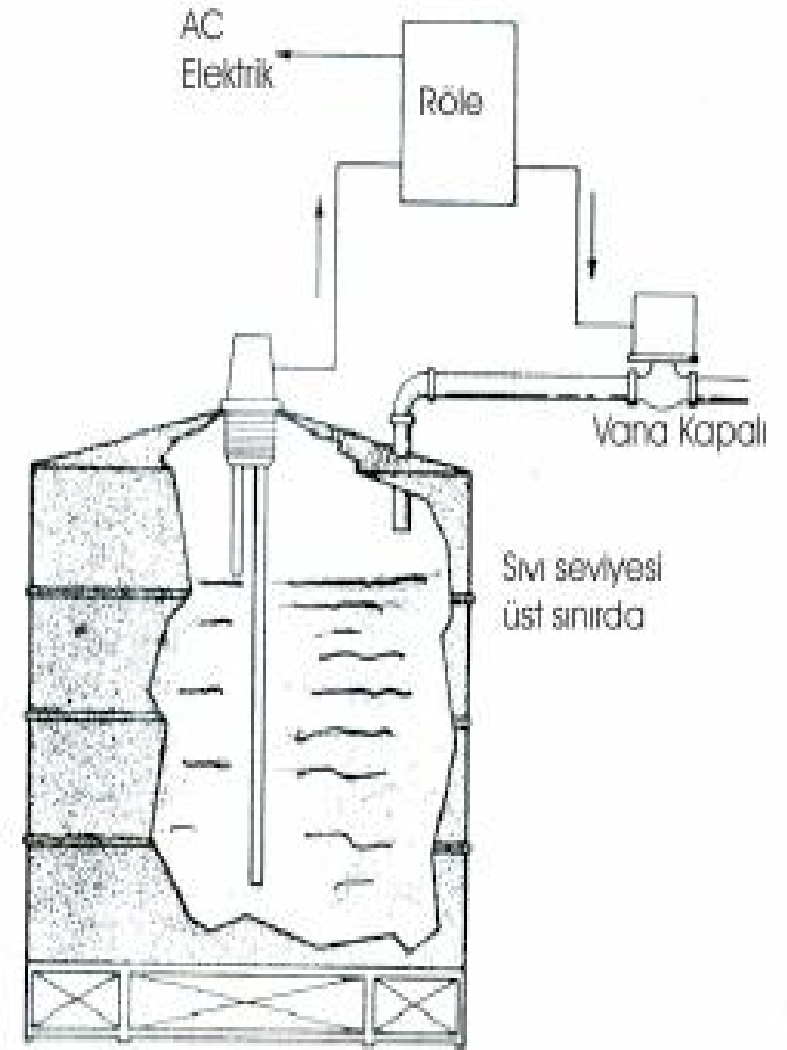
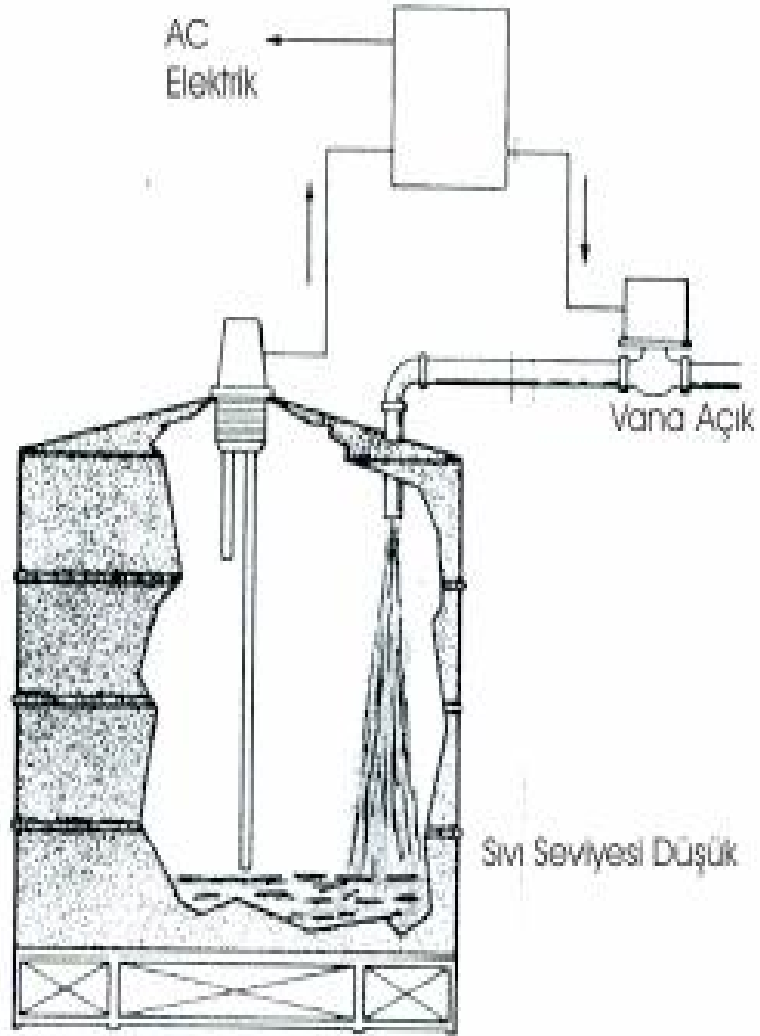
Bir başka seviye kontrolü de elektriksel iletkenlik metodudur. Şekil 4.8. de görüldüğü gibi iki elektrot çubuk; birisi tankın minimum sıvı seviyesini görecektir, diğeri de maksimum seviyeye bağlanmıştır. Sıvı girişindeki pompa veya selenoid valf sıvının minimum durumunda kontrol ünitesinden tetiklenecek ve sıvı dolmaya başlayacaktır. Sıvının üst iletken çubuğa gelmesi ile birlikte elektriksel devre tamamlanacağı için kontrol ünitesindeki bir röle vasıtası ile sıvı girişini sağlayan pompa veya selenoid valfin enerjisi

kesilecektir. Bu enerji kesilmesi ile sistemin sıvı akışı kesilmiş olacaktır.

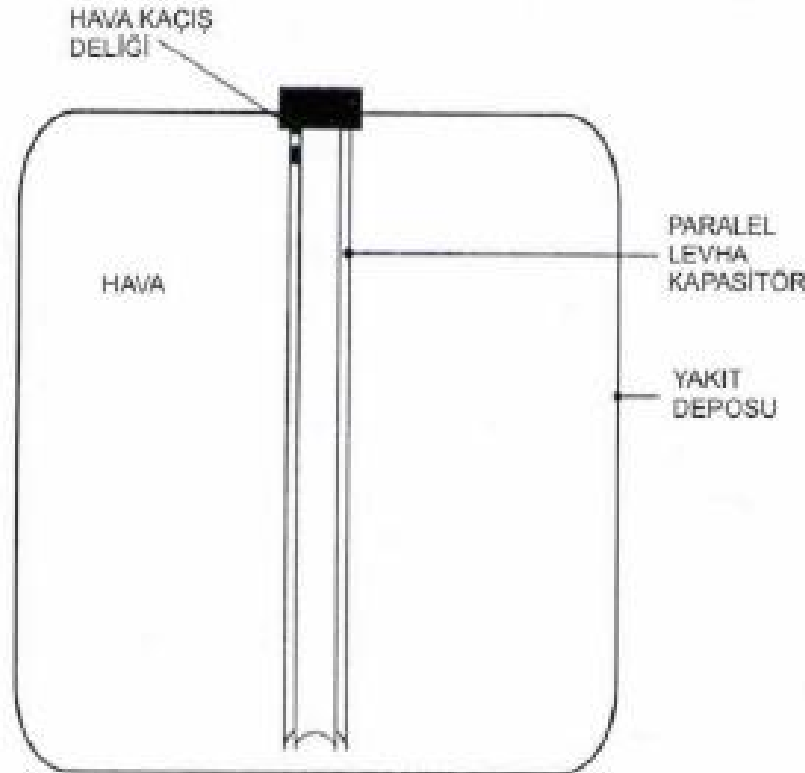


Elektriksel iletkenlik yöntemi için bir başka örnekte ise (Şekil 4.9.) elektrotlar kabın üst kısmından birisinin boyu kısa, üst seviyeyi görecektir, diğerinin boyu uzun, kabın tabanını görecektir şekilde dizayn edilmiştir. Kabın sıvı seviyesinin maksimuma ulaşması durumunda elektrotlar arası iletkenlik sağlanacak ve rölenin anahtarlama ile selenoid vana ile elektriği kesilerek sıvı akışı durdurulacaktır.

Burada elektrotların iletkenliği ile herhangi bir pompa veya selenoid vana kontrol edilip tankın içerisine sıvı dolması sağlanabileceği gibi, kontrol ünitesindeki anahtarlama özelliği sayesinde sıvının alt seviye çubuğundan daha aşağı inmesini önleyecek bir kontrolde yapılabilir.



5- KAPASİTİF METOD SEVİYE ÖLÇÜMLERİ



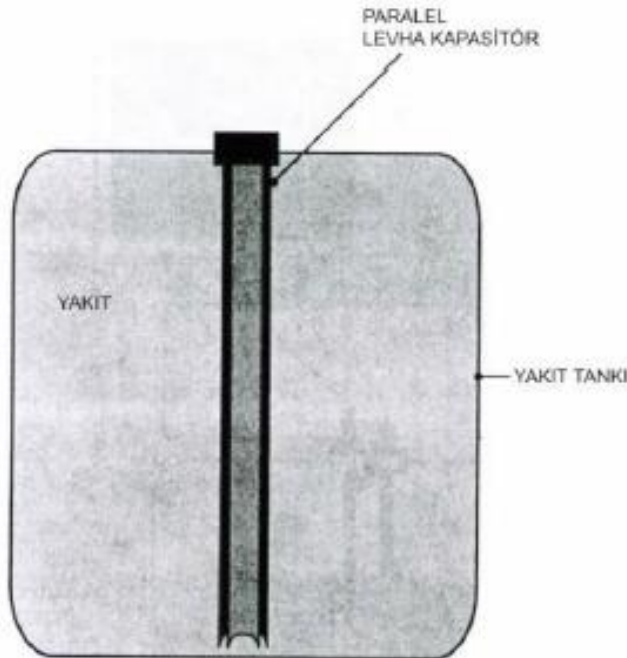
Elektrik - Elektronik endüstrisinde kondansatör (Kapasitör) yaygın kullanılan bir elemandır. Sistemin yapısı iki iletken levha arasında bir yalıtkan madde bulunması ve elektrik enerjisi uygulandığında iletkenler üzerinde enerji toplanması esasına dayanır. Yalıtkan malzemenin cinsi, iletkenlerin boyutu iletkenler arası mesafe (Yalıtkan malzemenin kalınlığı) kapasitenin değişmesine etkindir.

Şekil 5.1 de bir yakıt tankının içerisindeki yakıt seviyesinin kapasite metodu ile ölçümü görülmektedir. Birbiri içerisine geçirilmiş iki iletken çubuk arasında yalıtkan olarak hava vardır.

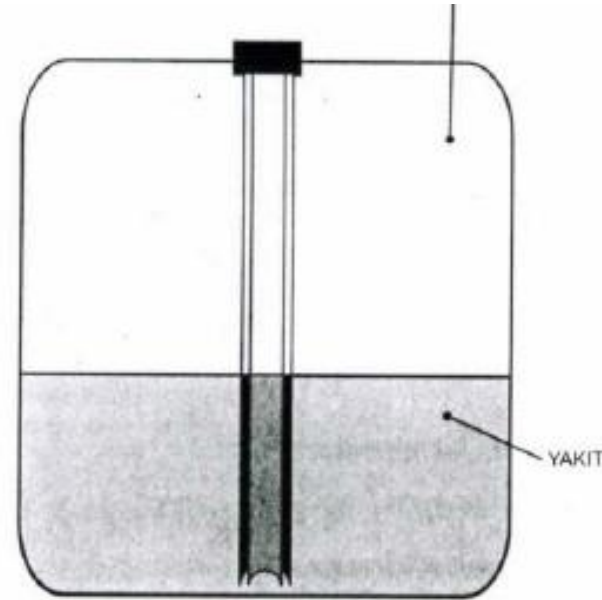
İletkenler enerjilendirildiğinde bir kapasite değeri okunacaktır.

Okunan kapasite değeri (Şekil 2.5.a.) sıvı seviyesinin tabanda olması nedeni ile göstergede sıfırlanarak, seviyenin sıfır olarak algılanması sağlanmıştır.

Sıvı seviyesinin yükselmesi ile iki iletken boru arasına yakıt girecektir. Yakıtın dielektrik sabiti havaya göre yüksek olduğu için, hava yerine yakıt dolacağından kapasite değerinde bir değişim olacaktır. Bu değer yakıtın tank içerisindeki seviye yükselmesi ile lineer bir değişim gösterecektir.



ile eşdeğer skalalandırılmaktadır.



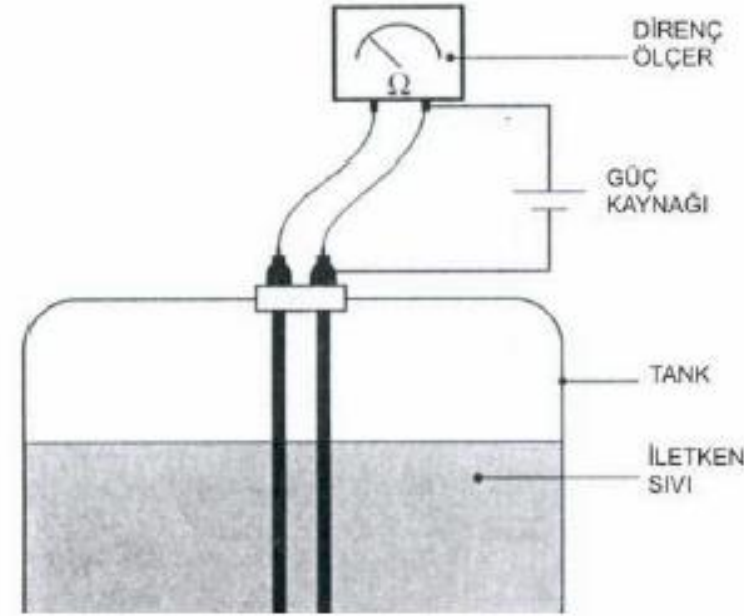
Şekil 2.5.b. Kapasitif seviye ölçümü

Kapasitör üzerinde görüldüğü gibi bir hava kaçış deliği kapasitör levhalarının arasına yakıtın rahat girebilmesi, havanın sıkışıp yakıt girişine engel olmaması için gereklidir. Şekil 2.5.b. de yakıt, tank seviyesinin yarısına kadar doludur. Kapasitif değişimde bu orandadır. Şekil 2.5.c. de yakıt tam olarak dolmuş ve kapasite veya göstergeden okunan sıvı seviyesi maksimum değerine ulaşmıştır. Kapasitedeki minimum ile maksimum kapasitans değeri, sıvı seviyesindeki minimumla maksimum yükseklik değeri



6- İLETKEN PROBLARIN DİRENCİ İLE SEVİYE ÖLÇÜMLERİ

Şekil 6.1. de görüldüğü gibi sıvı seviyesinin ölçülmesinde iki iletken çubuk tank üzerine bağlanmış ve bu iletken çubukların direnç değerleri ölçülmektedir. Sıvı seviyesinin minimum olduğu durumda iki çubuk arasında herhangi bir iletkenlik söz konusu olmadığı için bir direnç değeri de okunmayacaktır. Bu göstergede 0 ohm olarak ifade edilebileceği gibi sıvı seviyesinin 0



Şekil 6.1. Direnç ölçümü ile seviye kontrolü

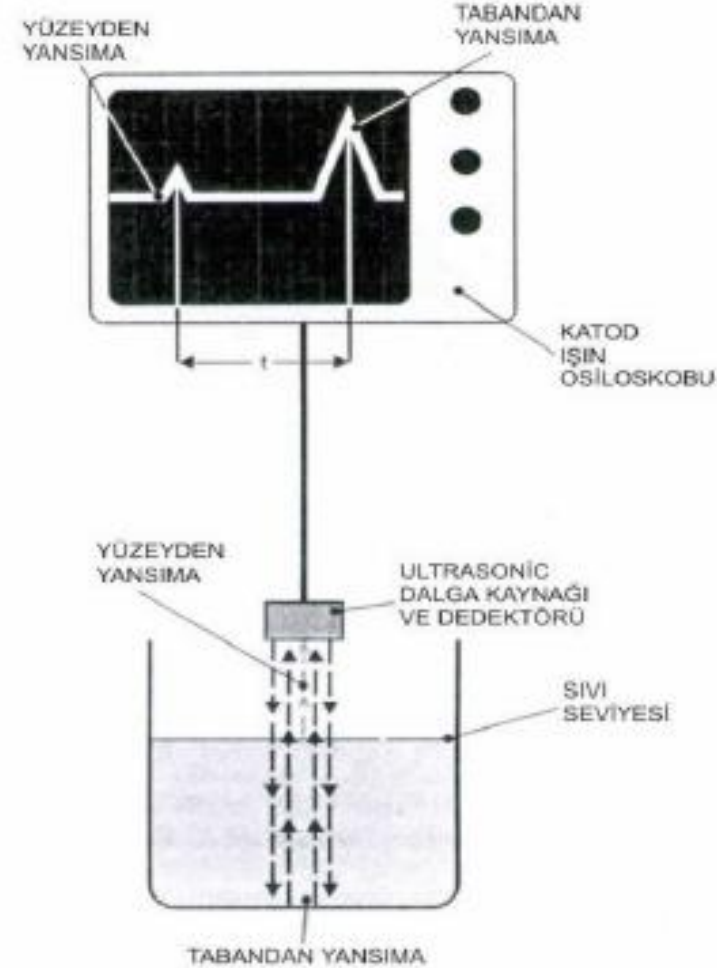
düzeyinde olduğunu da ifade eder. Sıvı seviyesinin yükselmesi lineer olarak iki çubuğun direnç değişimini de sağlayacaktır. Bu direnç değişimi sıvı seviyesinin maksimuma yükselmesi kadar bir direnç değeri alacaktır. Bu direnç değerindeki minimum ile maksimum arasındaki değişim, sıvı seviyesindeki minimum ile maksimum arasındaki değişime eşdeğerdir. Gösterge bir direnç ölçüm cihazı olmasına rağmen, gösterge üzerinde yapılacak bir seviye skalalandırılması, bize seviye cinsinden bir ölçüm yapan gösterge haline gelecektir.

7- ULTRASONİK METOD SEVİYE ÖLÇÜMLERİ

Şekil 7.1. de görüldüğü gibi, ultrasonik ses dalgaları sıvı içerisine gönderilmektedir. Bu ses dalgalarından küçük bir kısmı sıvı yüzeyinden yansıyıp geri dönmektedir. Sıvı içerisinde ilerleyen ses dalgalarının geri kalan kısmı da tank tabanından yansıyacak ve ses dalgaları üreten kaynağa geri dönecektir.

Her iki yansıyan pals değerleri osiloskopta görülecektir. İki pals arasında geçen fark zaman, sıvının kap içerisindeki seviye miktarını veya kabın, düzgün bir hacme sahipse hacim veya kütle olarak miktarını bize verecektir.

Pahalı bir sistem olmasına karşılık kesin ve hassa ölçüm yapan ve kullanım olarak geniş bir derinlik ölçme sahası olan denizcilik için çok uygun bir metoddur.





8- NÜKLEER RADYASYON SEVİYE ÖLÇÜM METODU

Nükleer radyasyonun yayılımı, nükleer radyasyonu oluşturan üç çeşit parçacık ile olur. Bu parçacıklardan Alfa ve Beta radyoaktif parçacıklarının nüfuz özelliğinin düşük olması sebebiyle, seviye ölçümlerinde Gama radyoaktif parçacıkları kullanılır.

Gama radyoaktif parçacıkları seviye ölçülecek tankın bir yüzeyinden yayılır ve sıvı içerisinden geçerek karşı yüzeye ulaştırılır. Gama ışınlarının karşı yüzeye geçme oranı, tank içerisindeki sıvı yüksekliğı ile ilgilidir. Eğer gama parçacıkları bir sıvı ile karşılaşmazsa algılama yüksek olur. Sıvı içerisinden geçerse algılama düşük olur. Bu algılama değerleri, algılayıcı tarafından elektrik sinyallerine dönüştürölür. Bu elektrik sinyallerindeki değışim seviyedeki değışim olarak göstergeye yansır.

Radyasyonla ölçü sistemi pahalı bir sistemdir. Diğler yöntemlerle yapılan ölçümlerde iyi sonuç alınmaması durumunda son derece güvenli sonuçlar verir.