

HİDROLİK LABORATUAR DERSİ

VENTURİMETRE

VENTURIMETRE



4.4 BERNOULLİ DENKLEMİ:

Kendi ağırlığının etkisinde hareket eden sıvıyı ele alalım;

$$X=0, Y=0, Z=-g$$

(4.6) ifadesi düzenlenirse:

$$\frac{1}{\rho} dp = -g dz - VdV \longrightarrow \frac{1}{\rho} p = -g z - \frac{1}{2} V^2 + C \longrightarrow \frac{1}{2} V^2 + g z + \frac{1}{\rho} P = C$$

Her bir terimi g ile bölersek

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = H = \text{Sabit} \quad (4.7)$$

“**Bernoulli Denklemi**” olarak bilinen ifade elde edilir. Bu ifade çeşitli yollardan çıkarılmasındaki kabullere dayanılarak aşağıda belirtilen kabuller için geçerli olmaktadır.

1. Akışkan ideal (viskozitesiz) bir akışkan olmalıdır.
2. Akım düzenli, kararlı olmalıdır.

3. Akışkan sıkışmaz kabul edilmektedir ($\rho = \text{sabit}$).

4.A) Akım çevrintisiz bir akım olmalıdır. Bu durumda toplamı akımın her noktasında aynı sabit değere eşit olur.

B) Veya bir akım çizgisi boyunca uygulanmalıdır. Bu durumda toplamı bir akım çizgisi boyunca aynı sabit değere eşit olur.

İdeal akışkanlar için Bernoulli denklemi enerji denklemini ifade eder. Bu denklemin her bir terimi uzunluk boyutundadır ve buradaki terimler:

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Hız yükü}$$

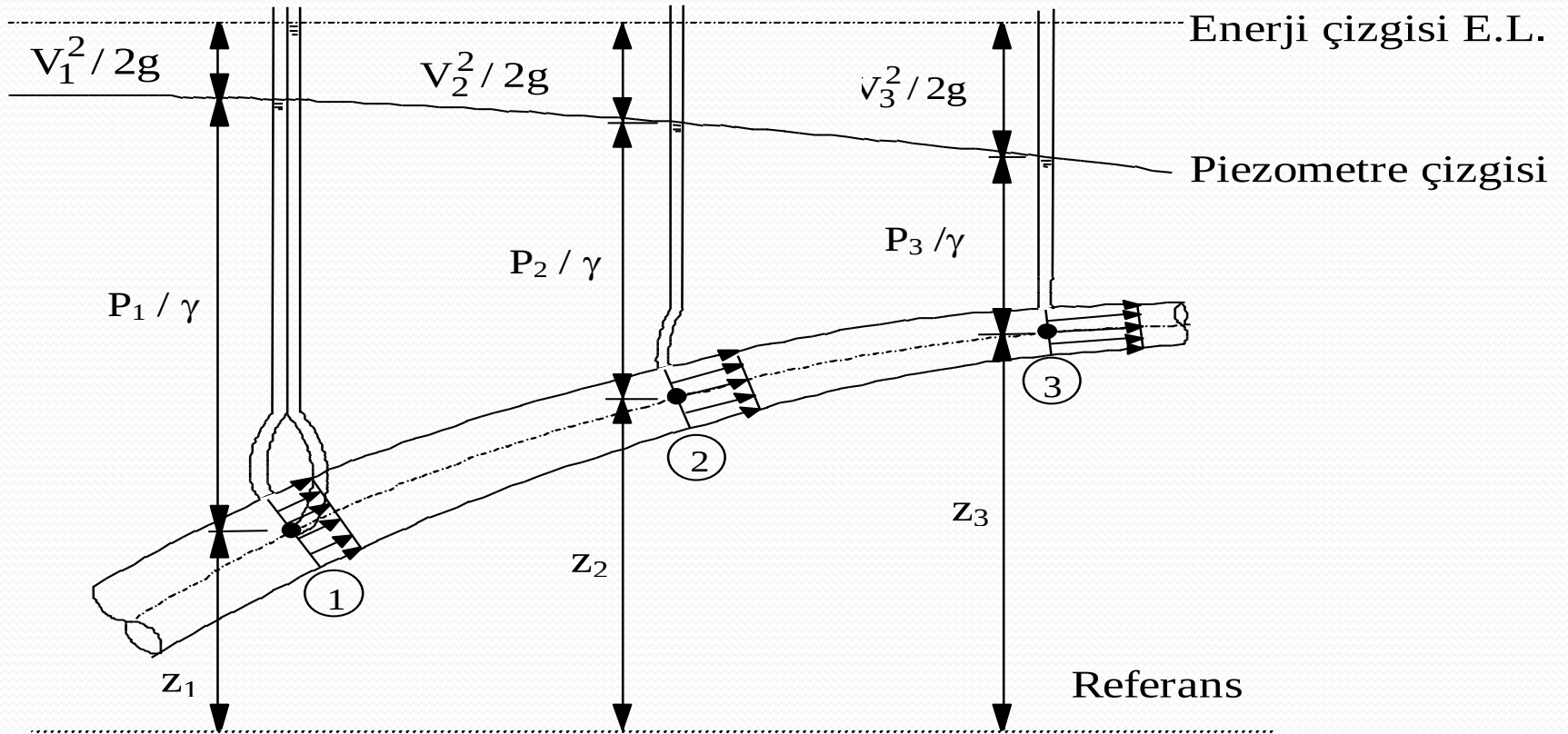
$$\frac{P}{\gamma} = \text{Basıncı yükü}$$

$$z = \text{Konum yükü}$$

olarak isimlendirilmektedir. (4.7) ifadesi çevrintisiz akımlarda herhangi iki nokta arasında çevrintili akımlarda ise sabit bir akım çizgisi üzerinde iki noktada yazılabilir.

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 \quad (4.8)$$

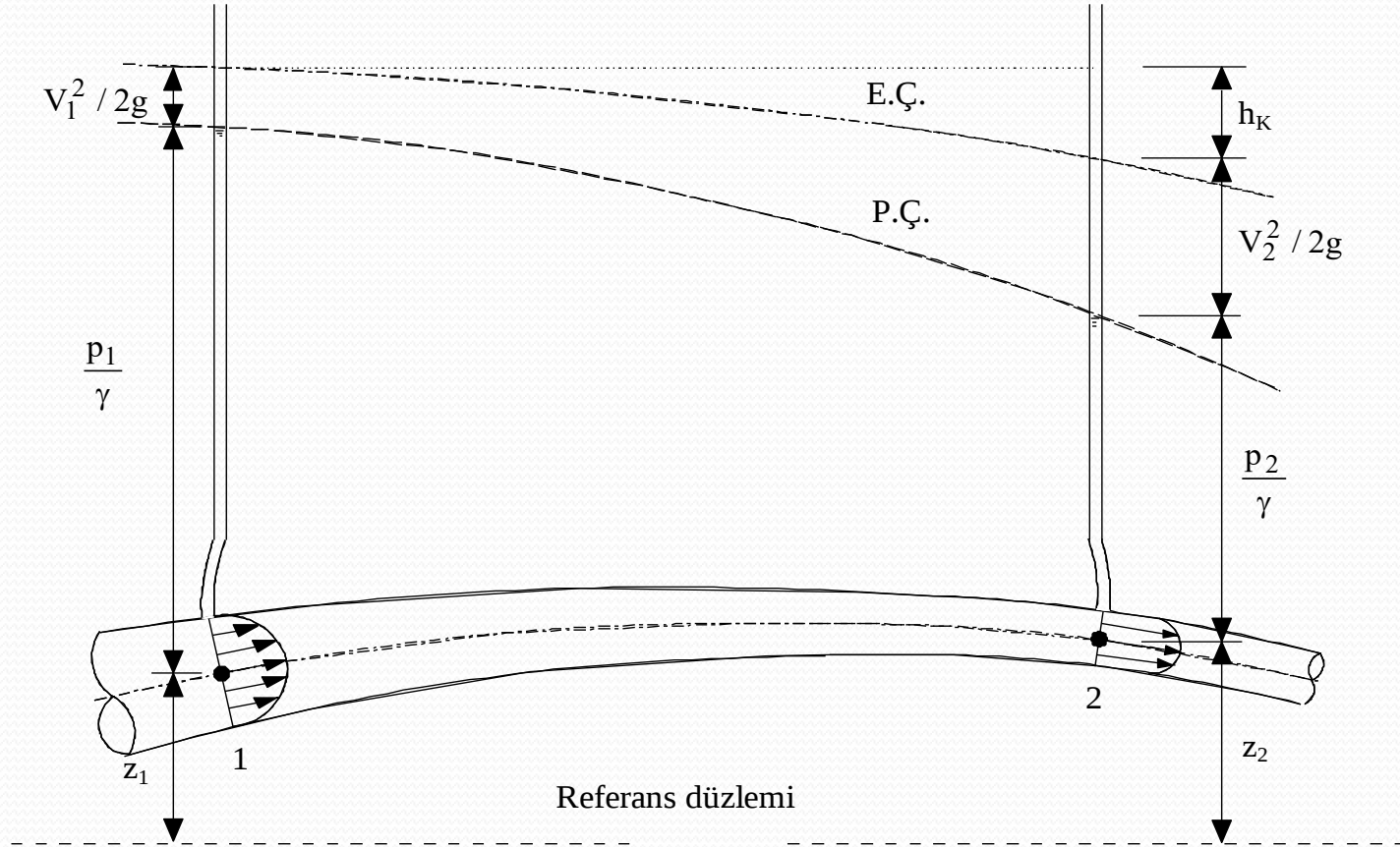
Bu ifadenin grafiksel gösterimi Şekil 4.3 de verilmiştir.



Şekil 4.3 Bernoulli denkleminin grafiksel gösterimi

4.4.1 Yük Kaybı

Sürtünmenin mevcut olduğu akımlarda enerji kaybı söz konusudur. Yani iki nokta arasında yazılacak Bernoulli denklemine birde enerji kaybını temsil eden h_k teriminin eklenmesi gerekir.



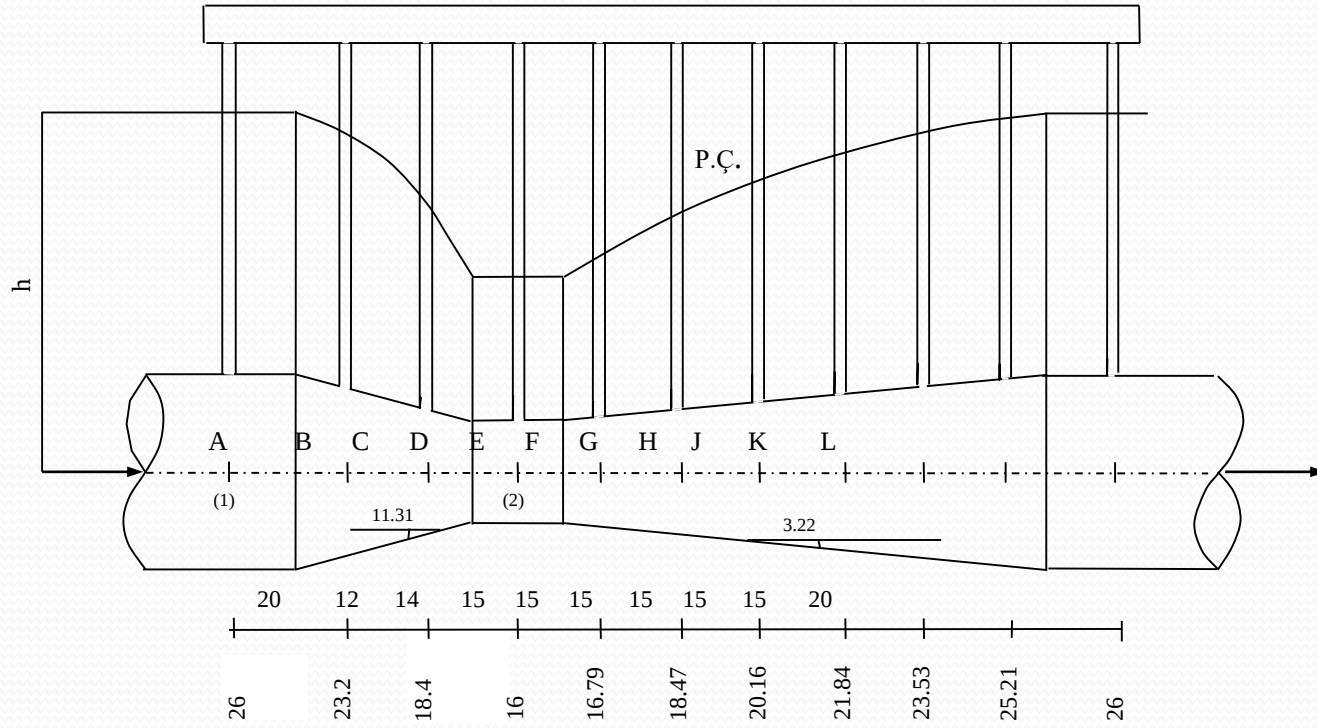
Şekil 4.4 Boru hattında yük kaybı

Yük kayıpları göz önüne alınarak Şekil (4.4) de 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli denklemi yazılırsa

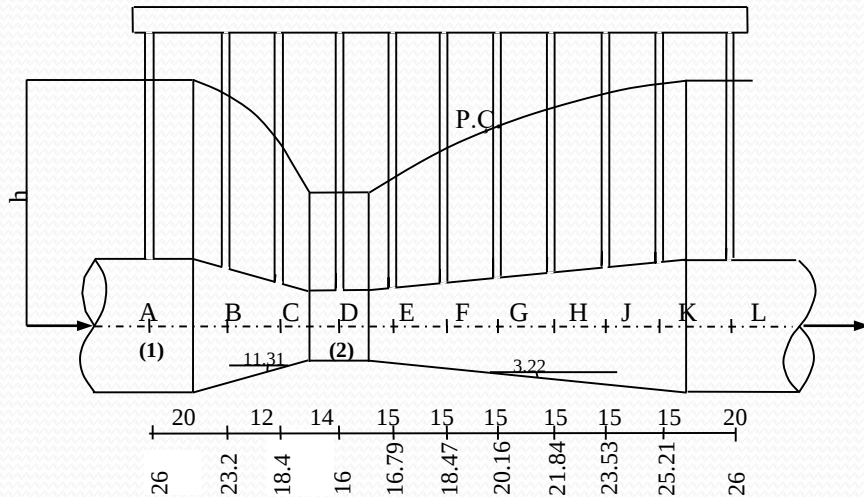
$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_k \quad (4.9)$$

h_k = enerji kaybı yüksekliği (yük kaybı)

VENTURİMETRE DENEYİ



VENTURİMETRE DENEYİ



1-2 arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

Süreklilik denklemi:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{A_2}{A_1} V_2$$

$$\left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \frac{V_2^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

$$h_1 - h_2 = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

$$Q = A_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

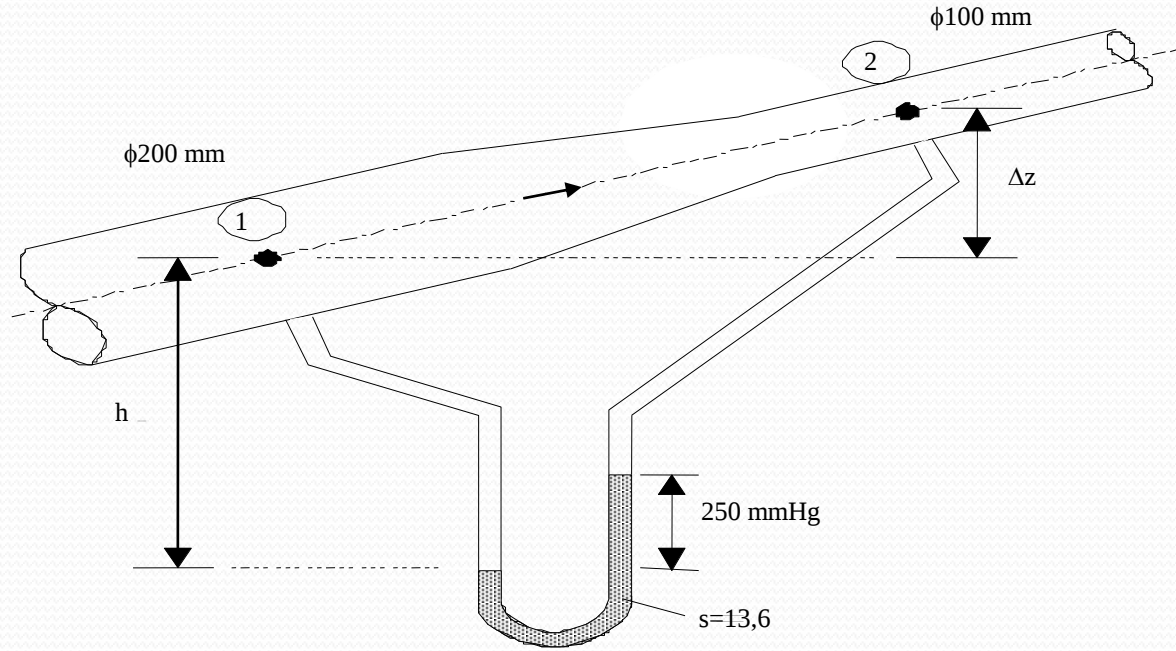
C_d debi katsayısı olmak üzere gerçek debi :

$$Q = C_d A_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

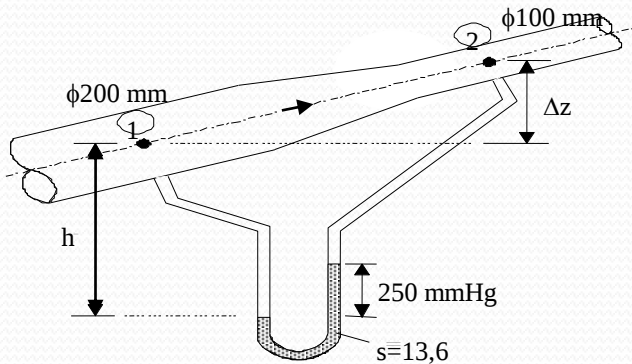
$$C_d = 0,95-0,99$$



<https://www.youtube.com/watch?v=2zBobJSPCgE>



Şekilde görülen venturimetre düzeneği ile borudan geçen suyun debisini bulunuz



1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2$$

$$, z_1=0, z_2=\Delta z$$

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \Delta z$$

1 ve 2 noktaları arasında manometre denklemi:

$$p_1 + \gamma h_1 - \gamma_c 0,25 - \gamma (h_1 - 0,25 + \Delta z) = p_2$$

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = 0,25 \left(-\frac{\gamma_c}{\gamma} + 1 \right) - \Delta z = -3,15 - \Delta z$$

Bu değer Bernoulli denkleminde yerine konursa:

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} = -3,15 - \Delta z + \Delta z = -3,15$$

1 ve 2 kesitleri arasında süreklilik denkleminde:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \Rightarrow V_1 = V_2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 = V_2 \left(\frac{100}{200} \right)^2 = 0,25 V_2$$

$$\frac{(0,25 V_2)^2 - V_2^2}{2g} = -3,15 \Rightarrow V_2 = 8,12 \text{ m/s}$$

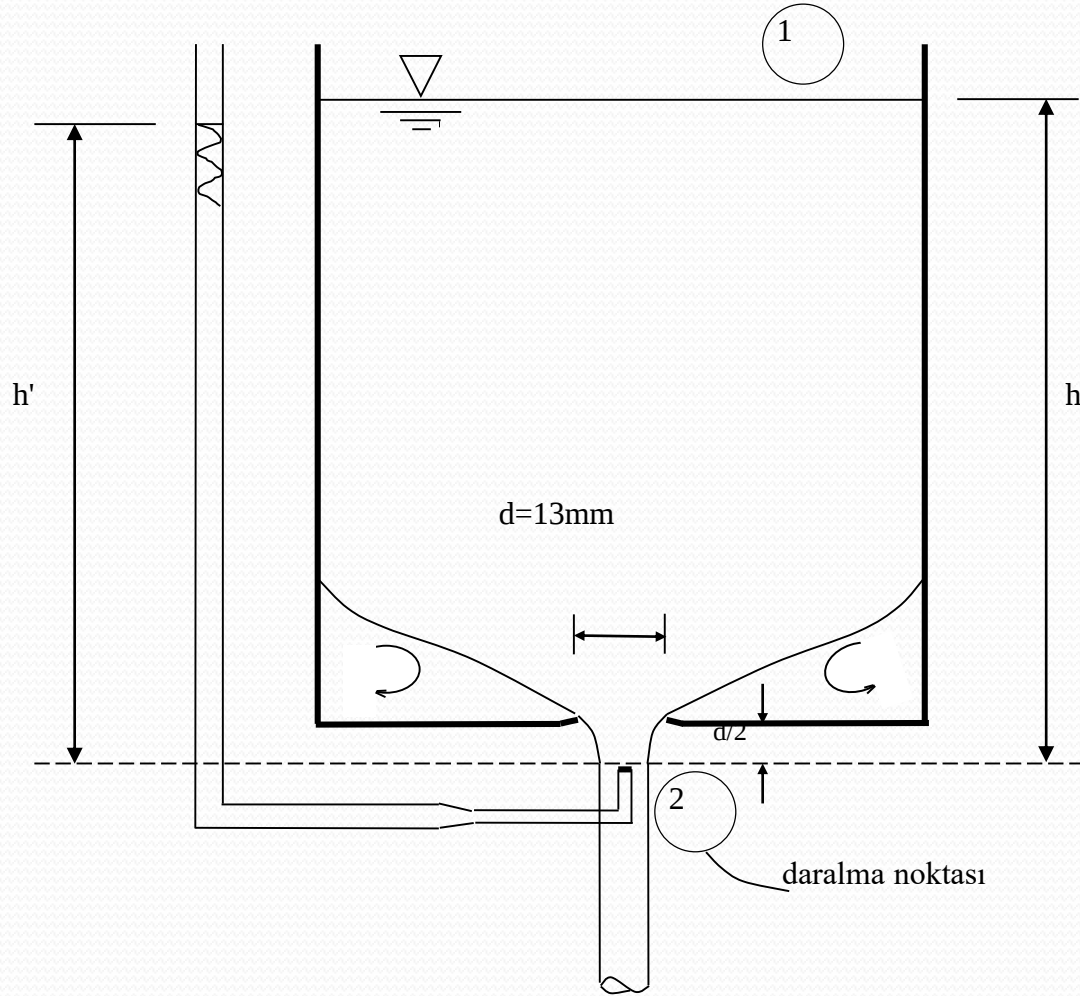
Sonuç olarak borudan geçen debi teorik olarak:

$$Q = V_2 A_2 = 8,12 * \pi * 0,05^2 = 0,064 \text{ m}^3 / \text{s}$$

HİDROLİK LABORATUAR DERSİ

ORİFİS

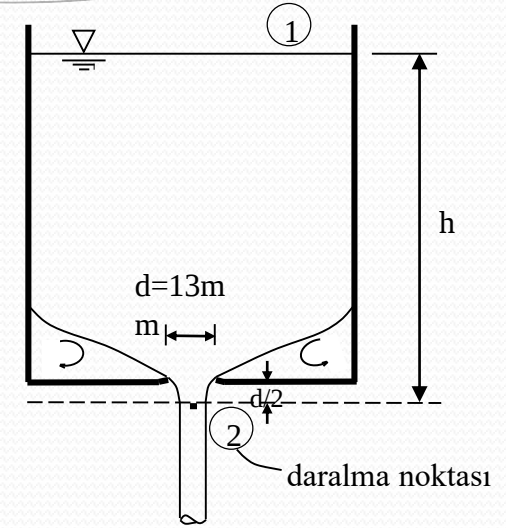
ORİFİS DENEYİ



ORİFİS DENEYİ

1-2 arasında Bernoulli denklemi:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$



$$\frac{V_1^2}{2g} \cong 0, \quad \frac{P_1}{\gamma} = 0, \quad \frac{P_2}{\gamma} = 0 \Rightarrow \frac{V_2^2}{2g} = z_1 - z_2 = h$$

İdeal akım için;

$$V_2 = \sqrt{2gh}$$

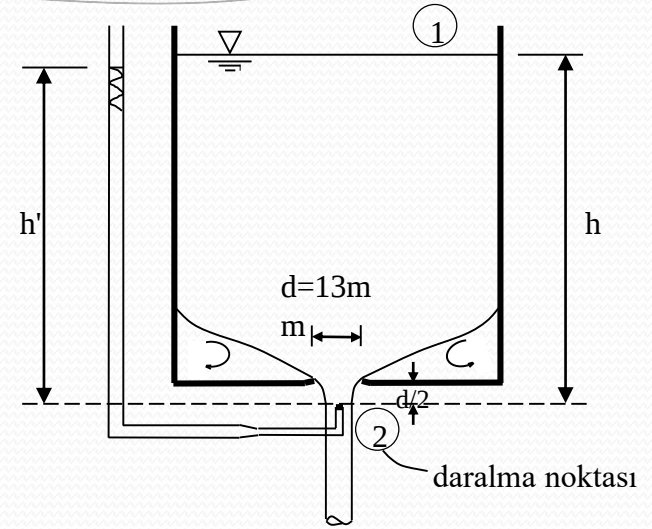
ORİFİS DENEYİ

2 noktasındaki gerçek hızı Pitot tübü yardımıyla ölçebiliriz.

$$V_2' = \sqrt{2gh'}$$

$$V_2' = C_v V_2 \quad \text{Olur, burada } C_v: \text{hız katsayısı (0,97~0,99)}$$

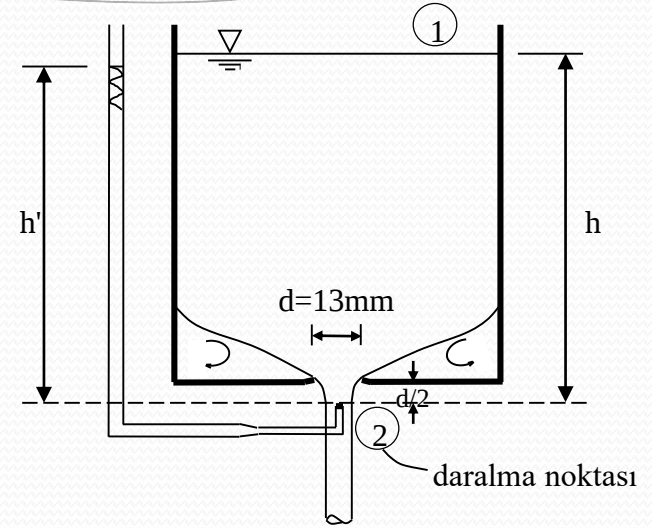
$$\sqrt{2gh'} = C_v \sqrt{2gh} \Rightarrow C_v = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$



ORİFİS DENEYİ

Bu durumda debi: $Q = A_2 C_v \sqrt{2gh}$

A_2 yi orifis alanı A cinsinden ifade edersek; $A_2 = C_c A$, C_c : daralma katsayısı (0,60~0,64)



Gerçek debi: $Q = C_v C_c A \sqrt{2gh}$

$C_d = C_v C_c$, C_d : debi katsayısı

$$Q = C_d A \sqrt{2gh} \Rightarrow C_d = \frac{1}{A \sqrt{2g}} \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

ORİFİS DENEYİ



HİDROLİK LABORATUAR DERSİ

SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI

Lineer İmpuls-Momentum Denklemi

Hareket halinde bulunan bir cismin herhangi bir andaki doğrusal hızı V , kütlesi m olsun. Eğer dt zaman aralığında cismin hızı değişiyorsa, cisim dengelenmemiş ΣF toplam dış kuvvetlerin etkisi altındadır. Bu Newton'un II. kanunu olarak bilinir.

$$\Sigma \vec{F} = \frac{d(m\vec{V})}{dt}$$

$$\Sigma \vec{F} dt = d(m\vec{V})$$

İmpuls

momentum (hareket miktarı)

Bir kütleye etki eden dış kuvvetlerin bileşkesi sıfır ise kütlenin momentumu sabit kalır.

- Boru ve kanal sistemlerindeki kıvrımların, en kesit değişimlerinin, dallanmalarının veya akış ortamı içinde katı yüzeylerin var olduğu yerlerde akımın hızı değişime uğrar.
- Akımın hızında doğrultu veya şiddetçe değişiklik meydana geliyorsa, dengelenmemiş bir kuvvet söz konusudur.
- Bu kuvvet hız değişiminin meydana geldiği kısımlarda akışkana etki eden bütün dış kuvvetlerin bileşkesi demektir.

Dengelenmemiş bileşke kuvveti oluşturan kuvvetler şunlar olabilir:

1. Akımın giriş ve çıkış kuvvetlerine etki eden basınç kuvvetleri.
2. Gerçek akışkanlar için, giriş ve çıkış kesitleri arasındaki boru veya kanal yüzeylerinden dolayı meydana gelen sürtünme kuvveti.
3. Kütleesel kuvvet (yerçekimi kuvveti gibi).

Bir cismin hızı dt zaman aralığında V_1 'den V_2 'ye yükseliyor ise;

$$\Sigma \vec{F} \cdot dt = m \int_{V_1}^{V_2} dV$$

$$\Sigma \vec{F} \cdot dt = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$$

$$\Sigma \vec{F} \cdot dt + m\vec{V}_1 = m\vec{V}_2$$

Bu elde edilen ifadeye “Lineer impuls momentum denklemi” denir.
Bu denklemde

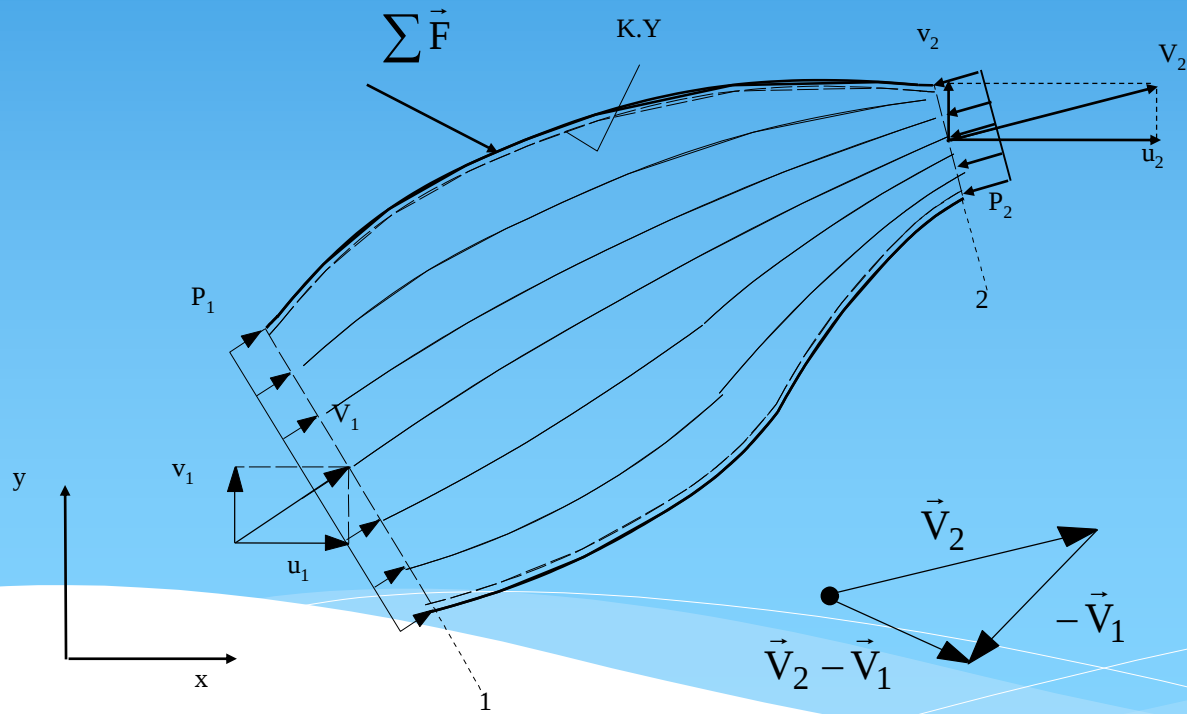
$\Sigma \vec{F} dt$ = Kuvvetin dt süresi içindeki impulsu

$m\vec{V}_1$ = t anında m kütleinin momentumu

$m\vec{V}_2$ = t+dt anındaki m kütleinin momentumu

$\Sigma F, dt$ zaman süresi boyunca m kütleinin momentumunda değişikliğe neden olan dengelenmemiş net kuvvettir.

- Bu ifadenin akışkanlara uygulanmasında, akımın hızının değiştiği kısımlarda bir kontrol yüzey çizilerek, elde edilen kontrol hacmine giren ve çıkan akışkan kütlelerinin momentumu göz önüne alınır.
- Dikkate alınan kontrol hacminin, akışkan ortamı içinde sabit kaldığı, yani akışkanla birlikte hareket etmediği kabul edilir.



İmpuls momentum denklemini dt zaman süresinde giren ve çıkan akışkan kütlesi için ifade edelim.

$$m_{\text{giren}} = \rho \cdot Q_1 \cdot dt = \rho \cdot V_1 \cdot A_1 dt$$

$$m_{\text{çıkan}} = \rho \cdot Q_2 \cdot dt = \rho \cdot V_2 \cdot A_2 dt$$

Bu ifadeler $\Sigma \vec{F} \cdot dt + m\vec{V}_1 = m\vec{V}_2$ de yerine konulursa;

$$\Sigma \vec{F} \cdot dt = \rho \cdot Q_2 \cdot \vec{V}_2 \cdot dt - \rho \cdot Q_1 \cdot \vec{V}_1 \cdot dt$$

elde edilen bu ifade dt ile bölünürse;

$$\Sigma \vec{F} + \rho \cdot Q_1 \cdot \vec{V}_1 = \rho \cdot Q_2 \cdot \vec{V}_2$$

Böylece akışkan akımı için impuls-momentum denklemi bulunur.

Q_1 = Kontrol hacme birim zamanda giren akım miktarı.

$\vec{V}_1$ = Giriş kesitindeki hız

Q_2 = Kontrol hacminden birim zamanda çıkan akım miktarı.

$\vec{V}_2$ = Çıkış kesitindeki hız

ρ = Akışkanın özgül kütlesi

ΣF = Kontrol hacme etki eden kuvvetlerin toplamı olup, bunlar F_1 giriş kesitindeki basınç kuvveti, F_2 çıkış kesitindeki basınç kuvveti, G kontrol hacim içerisindeki akışkanın ağırlığı, R reaksiyon kuvvetidir.

Düzenli akımda kontrol yüzeyinden geçen debi sabi $Q_1 = Q_2$ olacağından (5.3) ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\Sigma \vec{F} = \rho \cdot Q \cdot (\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

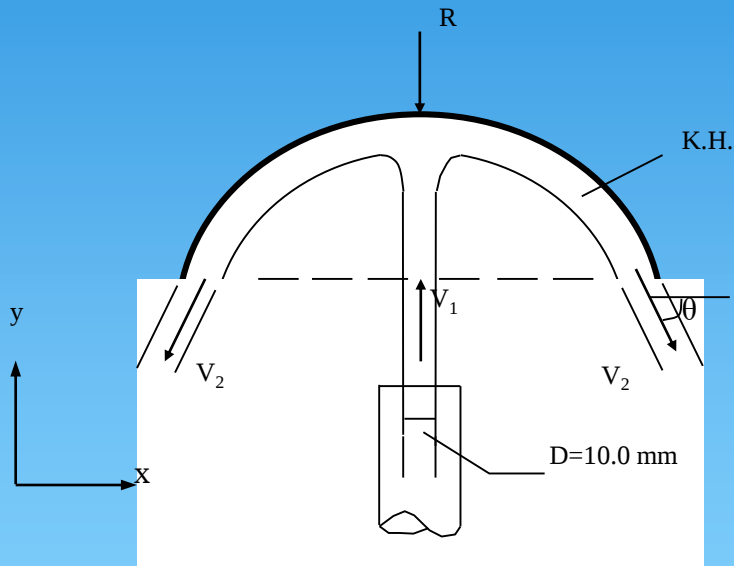
Skaler bileşenleri cinsinden ;

$$\Sigma F_x = \rho \cdot Q \cdot (u_2 - u_1)$$

$$\Sigma F_y = \rho \cdot Q \cdot (v_2 - v_1)$$

(1) SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI

Düzenli sıkışmayan bir akımda akımın bir yüzey parçasından girip diğer bir yüzey parçasından çıktığı kontrol hacmi için momentumun korunumu:



$$\sum \vec{F} = \rho Q (\vec{V}_2 - \vec{V}_1)$$

Şekilde görüldüğü gibi düşey bir su jetinin küre parçasına çarpması halinde momentum denklemi (y doğrultusunda):

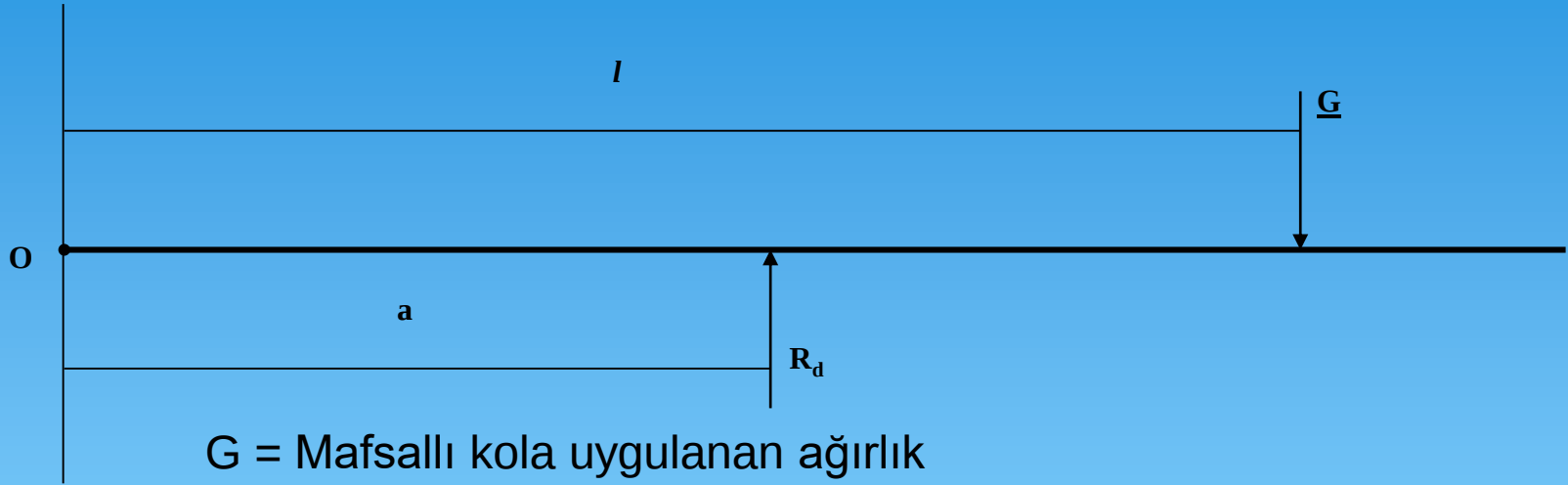
$$\sum F_y = \rho Q (V_2 - V_1) \quad V_1 \cong V_2 \cong V$$

$$-R = \rho Q (-V \sin \theta - V)$$

$$R = \rho Q V (1 + \sin \theta)$$

SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI

Diğer taraftan tepki kuvveti aşağıdaki mafsallı düzenekle deneysel olarak bulunulabilir.



G = Mafsallı kola uygulanan ağırlık

R_d = Deneysel tepki kuvveti

O'ya göre moment alınırsa;

$$G \times l = R_d \times a \quad R_d = \frac{G \times l}{a}$$

$a = 150 \text{ mm}$, $G = \text{----- g}$ kullanılan ağırlık.

SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI



SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI



SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI



SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI



SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI



SU JETİNİN BİR YÜZEYE ÇARPMASI

