

**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**2013-2014 Bahar Dönemi**

**KMM 310**

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I**

**Akış Hızı Hesaplamaları**

Yrd.Doç.Dr.S.Gamze ERZENGİN

## AKIŞ HIZI HESAPLAMALARI

**Amaç:** Bu deneyde sıvı akışkan olan suyun hacimsel, çizgisel ve kütleli akış hızları hesaplanacaktır. Yatışkın durum için kütle denkliği yapılarak, süreklilik denkliğine ulaşılabacaktır. Ayrıca suyun akış hızları değiştirilerek Reynolds sayısı hesaplanacak ve akış türü belirlenecektir. Dairesel kesitli borudan akan akışkanın hız profiline araştırılacak, akışkana ait ortalama hız ve maksimum hız kavramlarına değinilecektir.

### Teori

Dairesel kesitli borudan akan akışkanın hacimsel akış hızı (hacimsel debi)  $Q$  ( $m^3/s$ );

$$Q = v A \quad (E-1)$$

Burada  $v$  akışkanın boru içindeki çizgisel hızını ( $m/s$ ),  $A$  ise akışın gerçekleştiği borunun kesit alanını ( $\pi R^2 = \pi D^2/4$ ,  $m^2$ ) temsil etmektedir.

Boru içerisinden akan akışkanın hızı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$v = 4 Q / \pi D^2 \text{ } \rightarrow \text{ boru çapı} \quad (E-2)$$

Burada  $v$  akışkanın ortalama hızını belirtmektedir.

Akışkanın kütleli akış hızı (kütleli debi)  $m$  ( $kg/s$ ), eşitlik-3'teki formülle elde edilir:

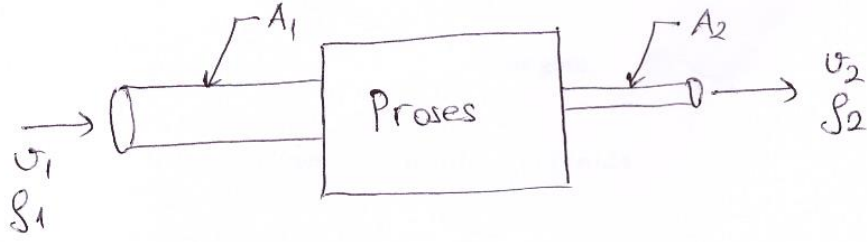
$$m = \rho v A = \rho Q \quad (E-3)$$

Eşitlikteki  $\rho$  ( $kg/m^3$ ) suyun özgül ağırlığını ifade etmektedir.

### Genel Kütle Denkliği ve Süreklilik Denklemi

Üretim/tüketimin olmadığı basit kütle denkliği şöyledir:

$$\text{Giren} = \text{Çıkan} + \text{Biriken} \quad (E-4)$$

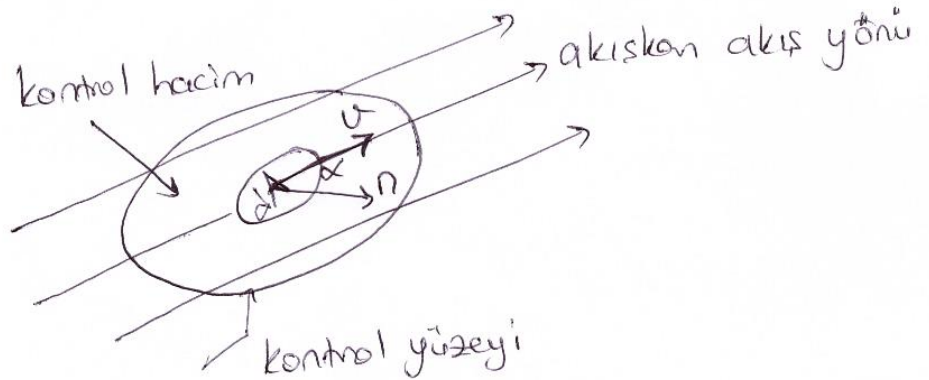
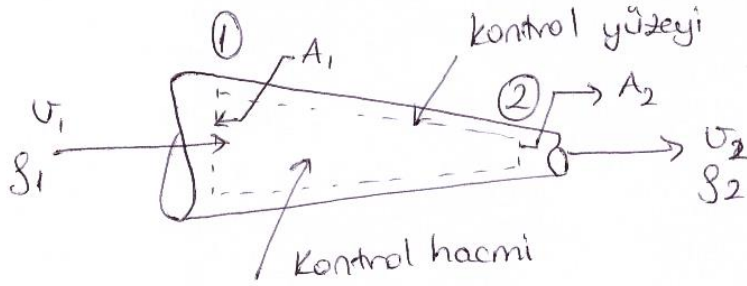


Yukarıdaki akış sisteminde, akışkan 1 noktasından sisteme  $v_1$  hızı (m/s) ve  $\rho_1$  ( $\text{kg/m}^3$ ) özgül ağırlığıyla giriş yapmakta ve sistemden 2 noktasından  $v_2$  hızı ve  $\rho_2$  özgül ağırlığıyla ayrılmaktadır. Dairesel kesitli boruların alanları  $A_1$  ve  $A_2$  olarak belirtilirse, süreklilik denklemi :

$$m = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2$$

(E-5) (yatskin durum)

Burada  $m$  (kg/s),  $G$  kütleli akı ( $\text{kg/s.m}^2$ )  $G = \rho v$ ,  $Q$  hacimsel akış hızı ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  $Q = v A$ 'dır.



Kontrol hacimde yazılan genel kütle denkleğine göre;

$$\dot{Çıkan} - \dot{Giren} = \iint_A v \rho \cos \alpha dA = \iint_A \rho (v \cdot n) dA \quad (E-6)$$

Kontrol hacimde biriken kütle ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\dot{Birikim} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV = \frac{dM}{dt} \quad (E-7)$$

Yatışkın durum koşullarında ise denklik aşağıdaki hale dönüşür:

Giren kütle hızı = Çıkan kütle hızı (yatışkın durum)

$$\dot{Çıkan} - \dot{Giren} = \iint_A v \rho \cos \alpha dA = \iint_A \rho (v \cdot n) dA = 0 \quad (E-8)$$

$v_1$  hızının yönü içe doğru olduğundan  $v_1$  vektörü ile  $n$  vektörü arasındaki açı  $180^\circ$  dir ve  $\cos \alpha_1 = -1.0$  değerini alır. Akışkanın borudan çıkış hız vektörü  $v_2$  yönü dışa doğrudur, bu durumda  $v_2$  ile  $n$  vektörü arasındaki açı  $0^\circ$  olmaktadır ( $\cos \alpha_2 = 1.0$ ). Eşitlik-6 düzenlenirse;

$$\iint_A v \rho \cos \alpha dA = \iint_{A_2} v \rho \cos \alpha_2 dA + \iint_{A_1} v \rho \cos \alpha_1 dA = v_2 \rho_2 A_2 - v_1 \rho_1 A_1 = 0 \quad (E-9)$$

halini alır. Bu ifade ise yatışkın durum koşulunda süreklilik denklemini verir.

$$m = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \quad (dM/dt=0)$$

### Reynolds Sayısı

$$N_{Re} = Dv\rho / \mu \quad (E-10)$$

D boru çapını (m),  $v$  çizgisel hızı (m/s),  $\rho$  akışkanın özgül ağırlığını ( $\text{kg/m}^3$ ) ve  $\mu$  akışkanın viskozitesini ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) belirtmektedir. Reynolds sayısı birimsiz bir değerdir.

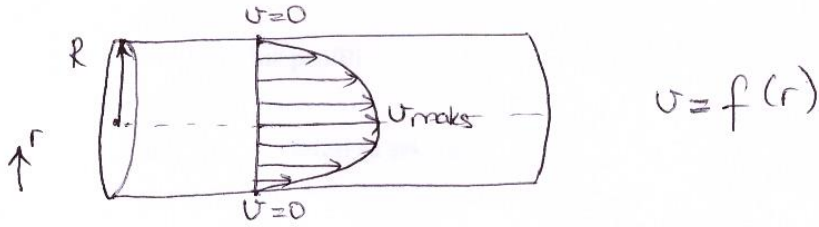
$N_{Re} < 2100$  (akış laminar)

$N_{Re} > 4000$  (akış turbulent)

$2100 < N_{Re} < 4000$  (geçiş bölgesi)

### Daire Kesitli Boruda Hız Profili

#### 1.Laminar akışta hız profili



Laminar akışta ortalama hız şöyle hesaplanır:

$$v_{ort} = \frac{1}{A} \iint_A v dA \quad (E-11)$$

$v_{ort}$ : boru içinde ortalama akışkan hızı (m/s)

$v$  : radyal mesafeye bağlı hız (m/s)

$A$  : borunun kesit alanı ( $\text{m}^2$ )

Burada akışkanın özgül ağırlığı sabit kabul edilmiştir.

$$v = v_{maks} \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (E-12)$$

$v_{maks}$  boru merkezindeki maksimum hızı (m/s),  $r$  merkeze olan radyal mesafeyi (m) ve  $R$  boru yarıçapını (m) belirtmektedir.

Eşitlik-12'yi Eşitlik-11'de yerine koyarsak;

$$v_{ort} = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^{2\pi} \int_0^R v_{maks} \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right] r dr d\theta \quad (E-13)$$

$$v_{ort} = \frac{v_{maks}}{\pi R^4} \int_0^{2\pi} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr d\theta \quad (E-14)$$

$$v_{ort} = \frac{v_{maks}}{\pi R^4} (2\pi - 0) \left( \frac{R^4}{2} - \frac{R^4}{4} \right) \quad (E-15)$$

$$v_{ort} = v_{maks} / 2$$

## 2. Turbulent akışta hız profili

Turbulent akış için hız ifadesi şu şekildedir:

$$v = v_{maks} \left[ \left( \frac{R-r}{R} \right)^{1/7} \right] \quad (E-16)$$

### DENEYSEL:

Deneyel veriler:

İlk hacim (m <sup>3</sup> ) $V_1$	Son hacim (m <sup>3</sup> ) $V_2$	Hacim farkı (m <sup>3</sup> ) $\Delta V$	İlk zaman (sn) $t_1$	Son zaman (sn) $t_2$	Zaman farkı (sn) $\Delta t$	Hacimsel debi (m <sup>3</sup> /s) $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$	Kesit alanı (m <sup>2</sup> ) $A_{y_g} = \frac{\pi D^2}{4}$	Akışkan hızı (m/s) $v = \frac{Q}{A_{y_g}}$	N <sub>Re</sub>

1. Kütlesel akış hızını hesaplayın.
2. Süreklilik denklemini oluşturun.
3. Reynolds sayısına göre akış türünü belirleyin.
4. Hesaplanan akışkan hızı maksimum hız mı yoksa ortalama hız mıdır, açıklayın.

#### **REFERANSLAR**

1. Geankoplis, Christie J., Transport Processes and Unit operations, 2<sup>nd</sup>. ed., 1983, Allyn and Bacon Series in engineering, Massachusetts.