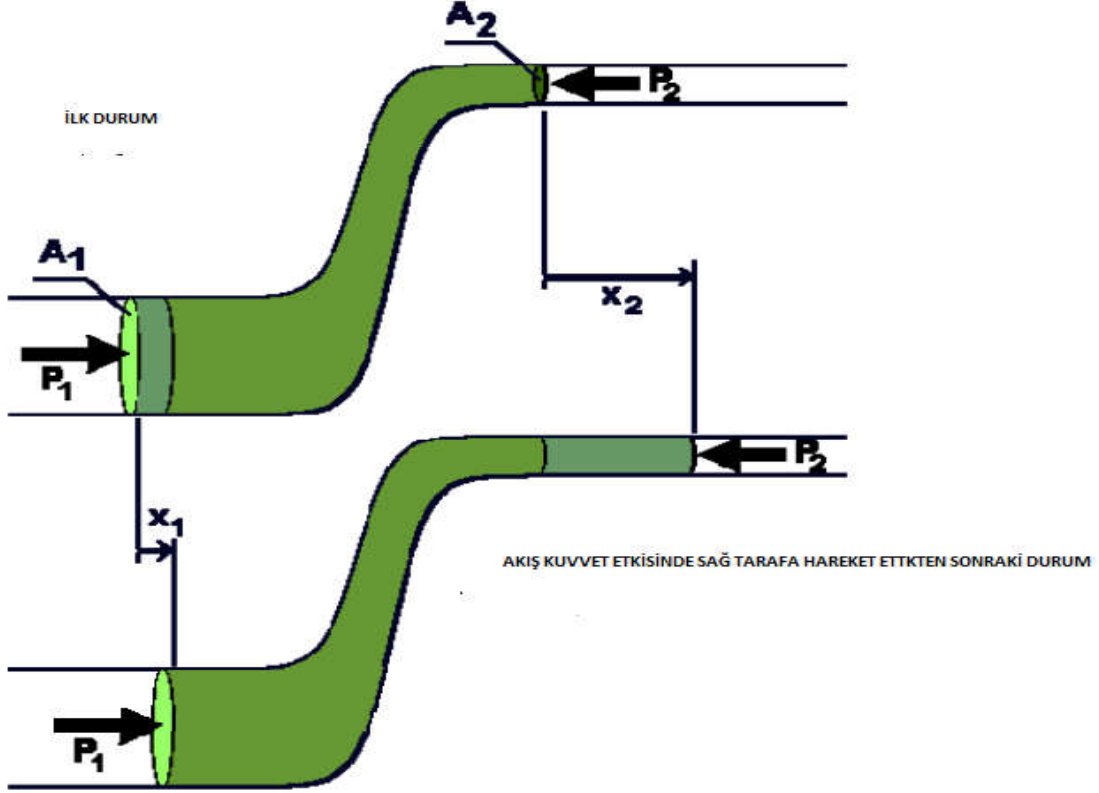


# BERNOULLİ DENEYİ

## TEORİ



Yukarıdaki şemada görülen akışkan sisteminde yapılan iş aşağıda gösterilen denklemde ifade edilmiştir.

$$W=W_1+W_2=F_1x_1 - F_2x_2$$

İkinci iş kuvvet ve alınan yol ters işaretli olduğu için eksi işaretlidir.

Kuvvet akışkan basıncı ve basıncın uygulandığı yüzey alana bağlı olarak aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilebilir.

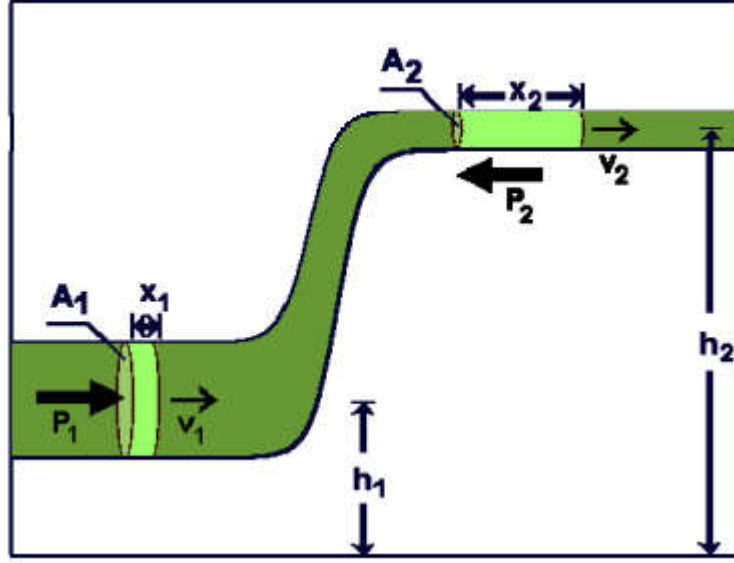
$$F=PA$$

$$W=P_1A_1x_1 - P_2A_2x_2$$

Hareket eden sıvı hacmi eşittir ve aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilebilir.

$$V=A_1x_1 = A_2x_2$$

$$W=(P_1 - P_2)V$$



Yukarıdaki şemada gösterilen sistemin ilk ve son haldeki enerjinin değişimi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = (K_2 + U_2) - (K_1 + U_1)$$

$$\Delta E = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2\right) - \left(\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1\right)$$

Sistemde yapılan işi enerji değişimine enerjinin korunumu kanuna göre eşit olduğu kabul edilirse aşağıdaki ifadeyi elde edebiliriz.

$$W = \Delta E$$

$$(P_1 - P_2)V = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2\right) - \left(\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1\right)$$

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

$$P_1 - P_2 = \left(\frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2\right) - \left(\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1\right)$$

Tüm bu aşamalardan sonra Bernoulli denklemi aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilebilir

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

Bernoulli yasası kayıpsız ve sıkıştırılabilirliğin ihmal edildiği düşük Mach sayısındaki hızlarda geçerlidir.

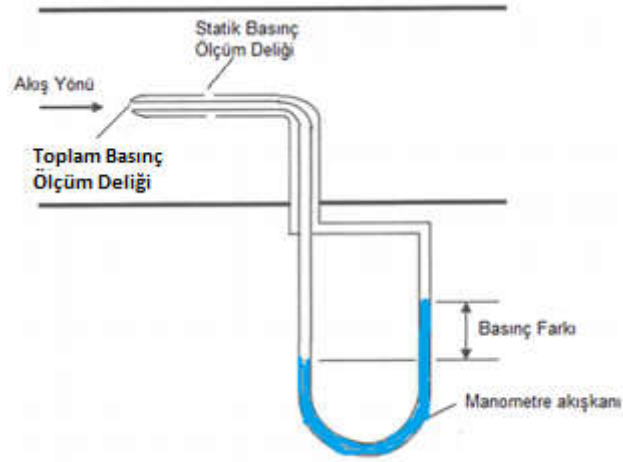
## DENEYİN YAPILIŞI

Potansiyel enerji değişimi ihmal edilirse Bernoulli denklemi aşağıdaki ifadeye dönüşür.

$$P_{toplam} = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = \text{sabit}$$

$$P_{toplam} = P_{statik} + \frac{1}{2} \rho v^2$$

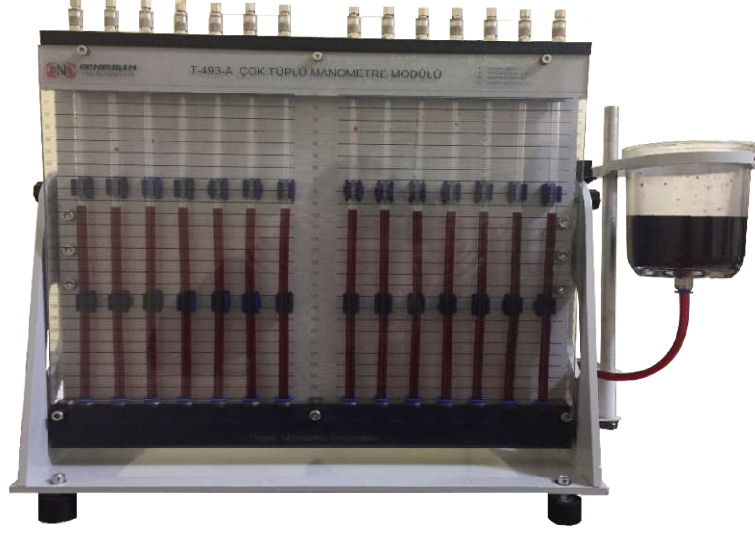
Hızı elde etmek için toplam ve statik basınç farklarına ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı pitot-statik basınçölçer karşılamaktadır.



Şema 1: Pitot-Statik basınçölçerin şematik gösterimi



Şekil 1: Pitot-statik basınçölçerin yerleştirildiği deney modülü resmi.



Şekil 2:Manometre düzeneği

İçi renkli su dolu manometre tüpleri arasındaki seviye farkından aşağıda gösterilen denklem aracılığıyla basınç farkını elde edebiliriz.

$$\rho g(h_1 - h_2) = P_{total} - P_{statik}$$

Toplam ve statik basınç farkından aşağıdaki denklemi kullanarak akış hızını elde edebiliriz.

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

Denyde dikkat edilmesi gereken nokta hava yoğunluğunun rakım ve sıcaklıkla değişimidir. Havanın yoğunluğunu aşağıdaki denklemlerden hesaplanabilir.

$$P = P_o \left(1 - \frac{L h}{T_o}\right)^{\frac{g M}{R L}}$$

$$\rho = \frac{P M}{R T}$$

L: Sıcaklık değişim hızı (0.065 K/m) g: yer çekimi ivmesi (9.81 m/s<sup>2</sup>)

R: Evrensel gaz sabiti (8.31447 J/mol.K) M: Havanın molar ağırlığı (0.0289 kg/mol)

P<sub>o</sub>: Deniz seviyesi standart atmosfer basıncı (101325 Pa) P: Verili yükseltide basınç (Pa)

T<sub>o</sub>: Deniz seviyesi standart sıcaklık (288 K) T: Ortam sıcaklığı (K)

h: Yükselti (m)

Kütle akışı aşağıdakigösterildiği şekilde ifade edilebilir.

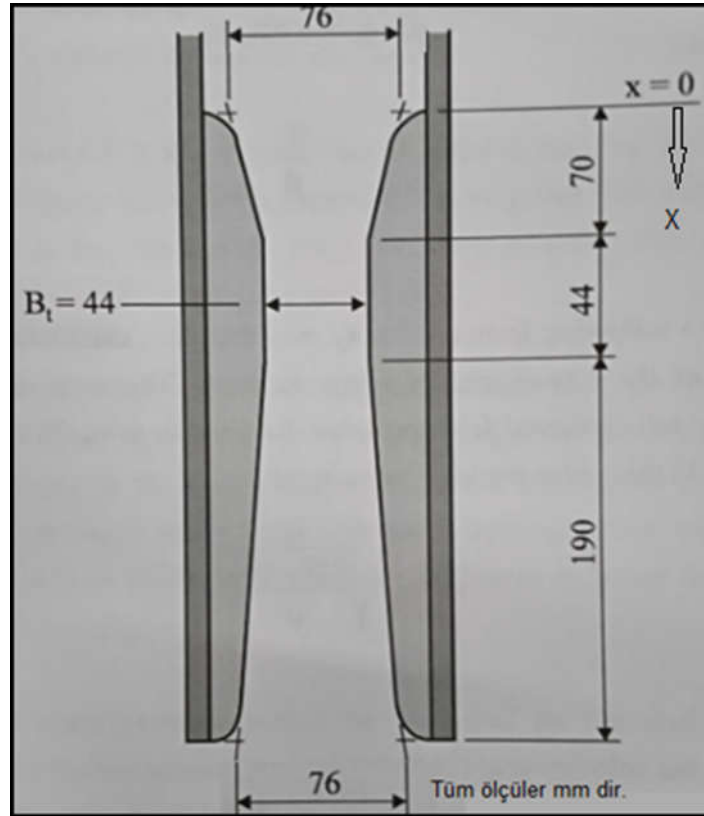
$$\dot{m}=\rho VA$$

Kütlenin korunumu kanunundan düşük hızlarda çalışılması sebebiyle sıkıştırılabilirlik ihmal edilirse akış hızının akış kesit alanı ile değişimi aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilebilir.

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

Deney düzeneğindeki daralan genişleyen lüleninfarklı noktalarından pitot-statik tüp ile yapılan ölçümlere göre hız değerleri belirlenmesi ve kesit alanı ile hız arasındaki bağıntının doğrulanması deney amaçlarından biridir. Deney lüle boğazında,girişinde ve çıkışında alınan ölçümler ile hesaplanan hızların oranı ile alanların oranı arasındaki ilişki teorik ve deneysel sonuçlar ile ifade edilecek ve hata oranı belirlenecektir.

Ayrıca lüle boğaz alanının önünde ve arkasındaki farklı noktalardan yapılacak ölçümler ile akış alanının daralması ile hız artışının gerçekleşip gerçekleşmediği ilkesel olarak belirlenecektir.Elde edilen sonuçlar tablolarla ifade edilecek akış hızı ve akış kesit alanı grafiği elde edilecek ve akış hızı ve akış kesit alanı arasındaki ters lineer bağıntı gözlemlenecektir.



Şekil 4:Deney düzeneğinde daralan genişleyen lüle şekli