



Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet



Merenje protoka u sistemima pod pritiskom – Projektovanje Venturijeveg suženja



Merenja u hidrotehnici

5. Vežba

Miloš Milašinović

doc. dr Damjan Ivetić

prof. dr Dušan Prodanović



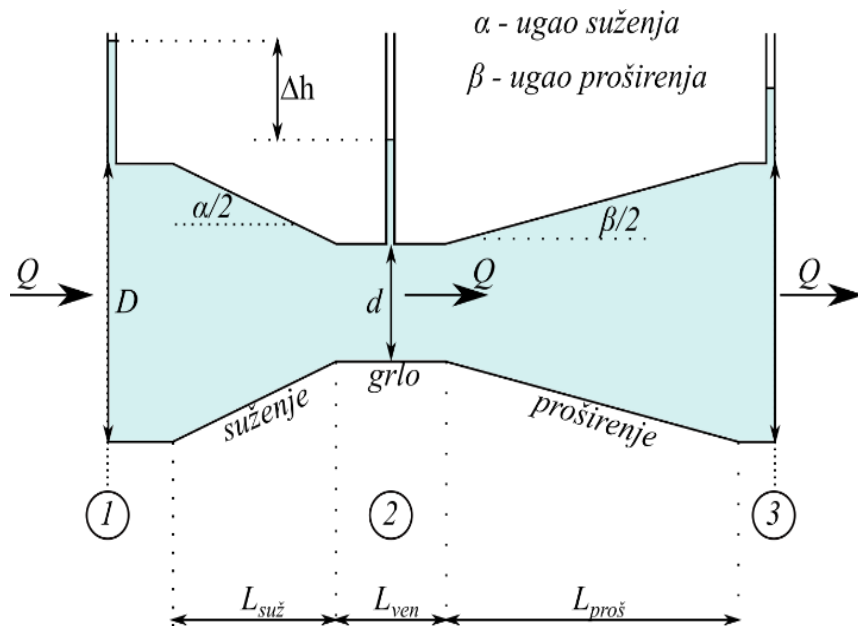
MERENJE OSNOVNIH VELIČINA U HIDROTEHNICI

- Merenje pritiska: pjezorezistivni, kapacitivni, induktivni senzori
- Merenje nivoa vode: ultrazvučni senzori, senzori pritiska + preračunavanje
- Merenje brzine: UZV, EM, hot-wire i hot-film, ...
- Merenje protoka: volumetrijsko, UZV, EM, **suženja...**

+ merenje kvaliteta vode: pH, mutnoća, elektroprovodnost

MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Venturijevo suženje – merenje protoka u sistemima pod pritiskom na osnovu merenja pada pritiska na suženju



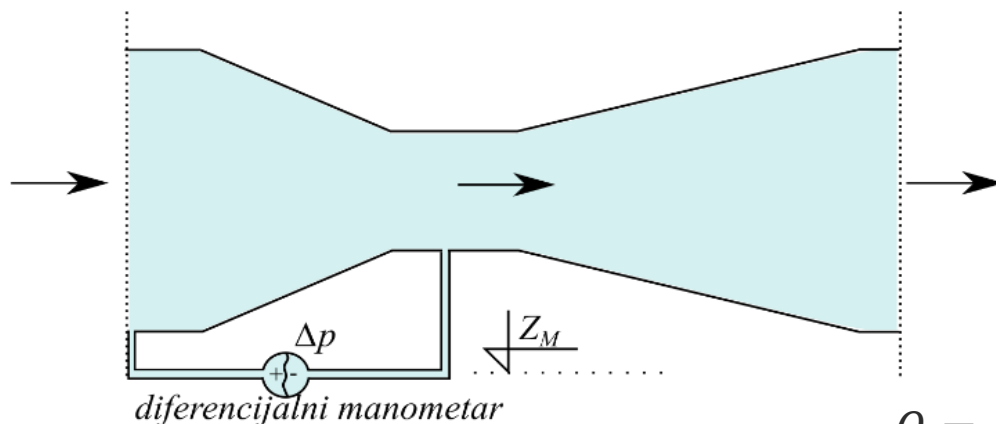
Meri se Δh a na osnovu energetske jednačine računa Q . Zanemaruju se linijski gubici u suženju.

MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Kako se meri Δh ?

Merenje pada Π linije – može piježometrima (ali nepraktično)

U praksi najčešće pomoću diferencijalnog manometra – meri se Δp umesto Δh



$$Q = f(\Delta p)$$

Ne mora da se kalibriše, dobija se iz energetske jednačine.

$$Q = \frac{A_1 \cdot A_2}{\sqrt{\rho(A_1^2(1 + \xi_{suž}) - A_2^2)}} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p}$$

MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Ograničenja pri projektovanju?

Voditi računa da minimalna razlika pritisaka u suženju bude veća od Δp_{min}

da maksimalni razlika pritisaka u suženju ne bude veća od Δp_{max}

Da se u suženju ne javi podpritisak

Da pritisak na početku suženja ne bude veći od p_{max}

MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Procena statističke neodređenosti merenja protoka preko Venturija

(nije obavezno; ko uradi uzeće se u obzir na ispitu)

$X = \Delta p$ - razlika pritisaka na diferencijalnom manometru

$Y = Q$ – protok kroz suženje

Statistička neodređenost merenja razlike pritiska $u(X)_{rel}$: $\pm 1\%$ od mernog opsega

$\Delta p_{min} - \Delta p_{max}$

Kolika je apsolutna neodređenost (u barima) $u(X)_{abs}$?

Kolika je apsolutna neodređenost protoka $u(Y)_{abs}$?

$$Y = C_q \sqrt{X}$$

MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

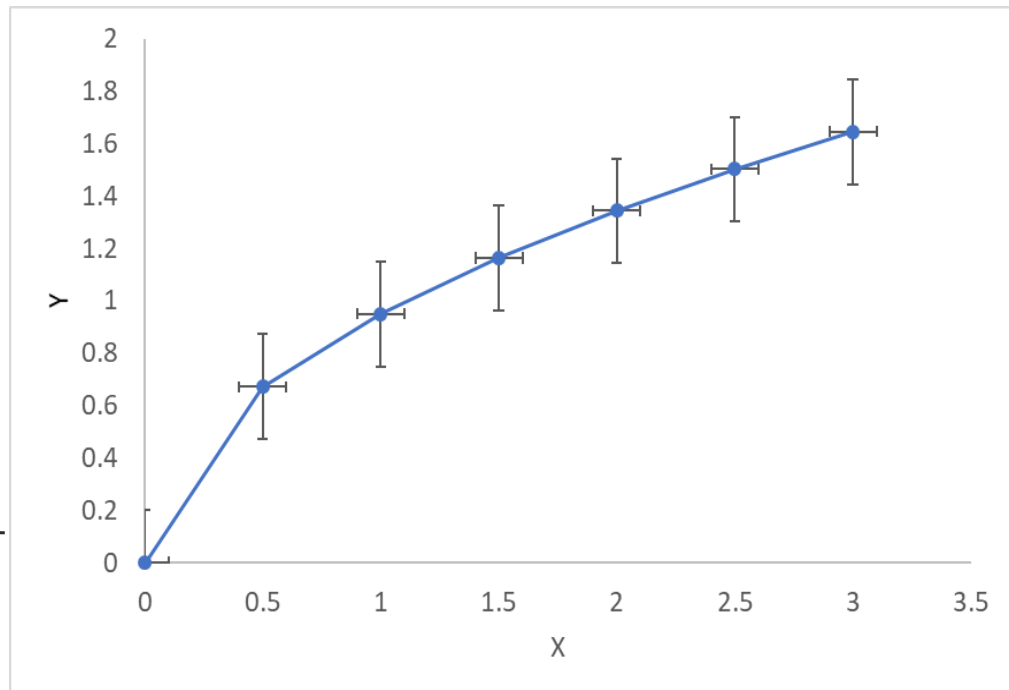
Procena statističke neodređenosti merenja protoka preko Venturija

$$Y = C_q \sqrt{X}$$

C_q – konstanta (zavisi od geometrije i koeficijenta lokalnog gubitka na suženju)

$$u(Y)_{abs} = C_q \cdot \frac{\partial Y}{\partial X} \cdot u(X)_{abs}$$

Grafički prikaz neodređenosti -
Error bars



MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Procena statističke neodređenosti merenja protoka preko Venturija

$$Y = C_q \sqrt{X}$$

C_q – konstanta (zavisi od geometrije i koeficijenta lokalnog gubitka na suženju)

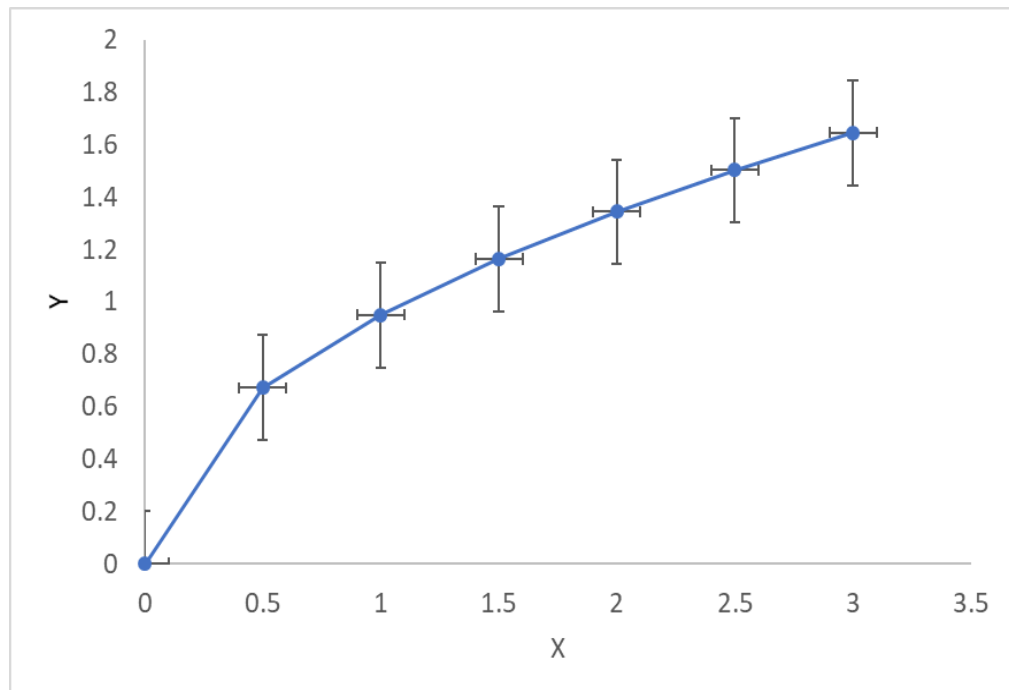
$$u(Y)_{abs} = C_q \cdot \frac{\partial Y}{\partial X} \cdot u(X)_{abs}$$

Error bars u Excel-u



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

https://www.youtube.com/watch?v=JeqCl_aD_8Y



MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Prednosti

- Poznata veza između pritiska i protoka (lakše meriti pritisak)
- Može da se koristi za merenje protoka gasova, tečnosti, tečnosti sa sedimentom
- Zbog velike brzine u suženju ne može lako da se zapuši
- Može da se postavi u bilo kom pravcu (horizontalno, koso, vertikalno)

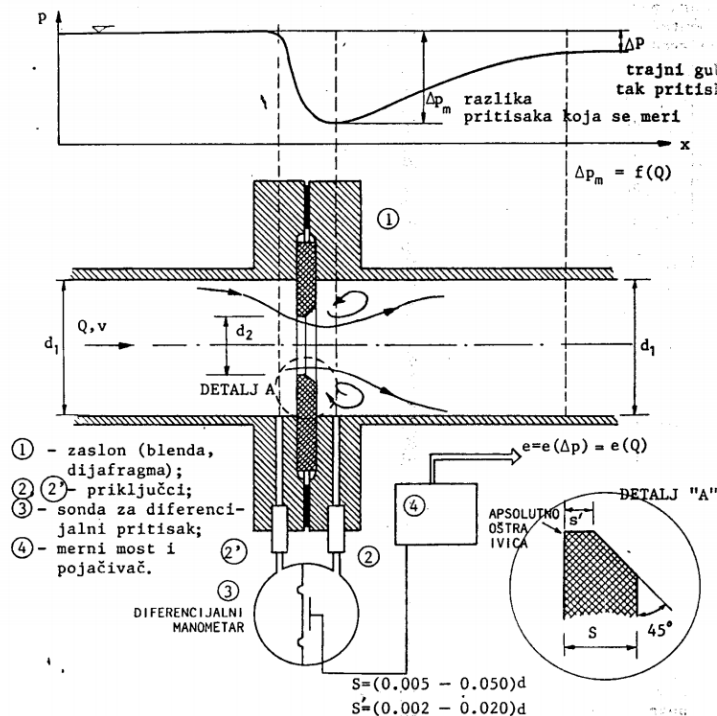
MERENJE PROTOKA – VENTURIJEVO SUŽENJE

Mane

- Može da zauzima dosta prostora i skupo
- Ne može da se koristi na malim prečnicima cevi (ispod 75mm)
- Stvara trajni gubitak energije (pad pritiska)

MERENJE PROTOKA – DRUGE METODE

Merenje pada pritiska pomoću dijafragme (blenda, zaslon, prigušnica) – isti princip kao i Venturijevo suženje

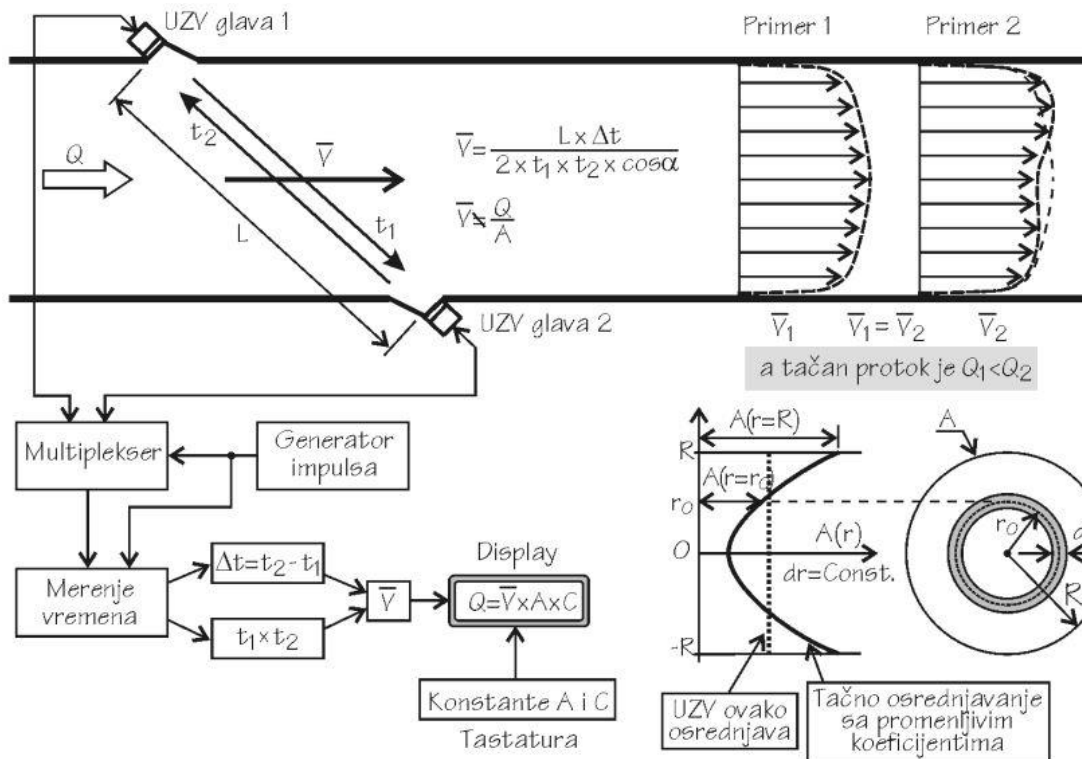


Odličan video firme Endress+Hauser o principu rada!!!

<https://www.youtube.com/watch?v=oUd4WxjoHKY>

MERENJE PROTOKA – DRUGE METODE

Merenje protoka primenom ultrazvučnih principa

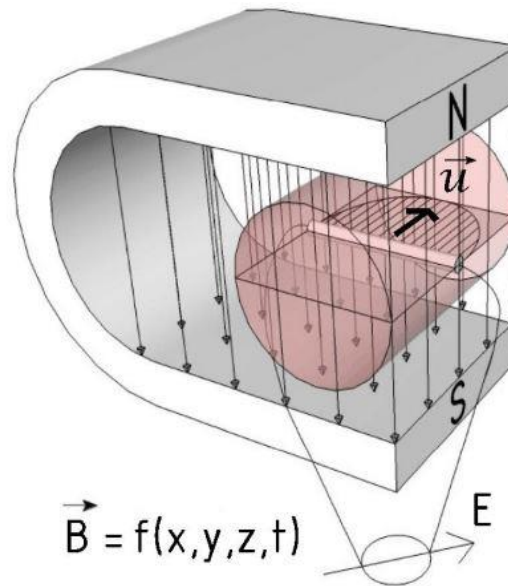
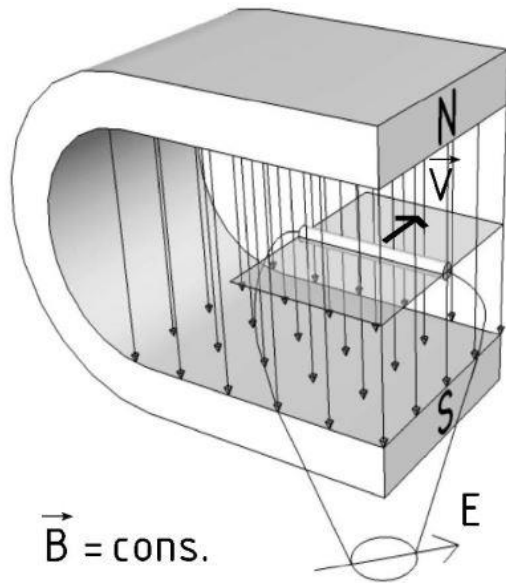


Odličan video firme Endress+Hauser o principu rada!!!

<https://www.youtube.com/watch?v=Bx2RnrfLkQg>

MERENJE PROTOKA – DRUGE METODE

Merenje protoka primenom elektromagnetnih principa



Odličan video firme
Endress+Hauser o
principu rada!!!

<https://www.youtube.com/watch?v=f949gpKdCl4>

$$E = \int_l \vec{B} \times \vec{v} \cdot d\vec{l}$$

$$Q = f(E)$$



Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet



Merenje protoka u sistemima pod pritiskom – Projektovanje Venturijeovog suženja



Merenja u hidrotehnici

5. Vežba

Miloš Milašinić

doc. dr Damjan Ivetić

prof. dr Dušan Prodanović

