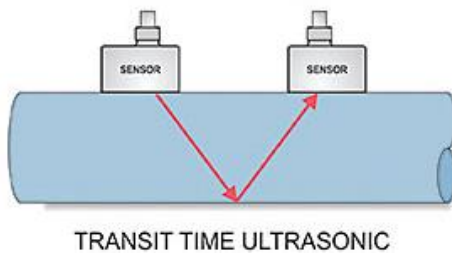




Merenje protoka u sistemima pod pritiskom

Merenja u hidrotehnici

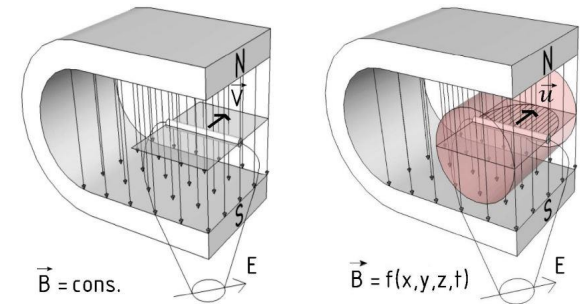
4. Vežba



Miloš Milašinić

Damjan Ivetić

Dušan Prodanović



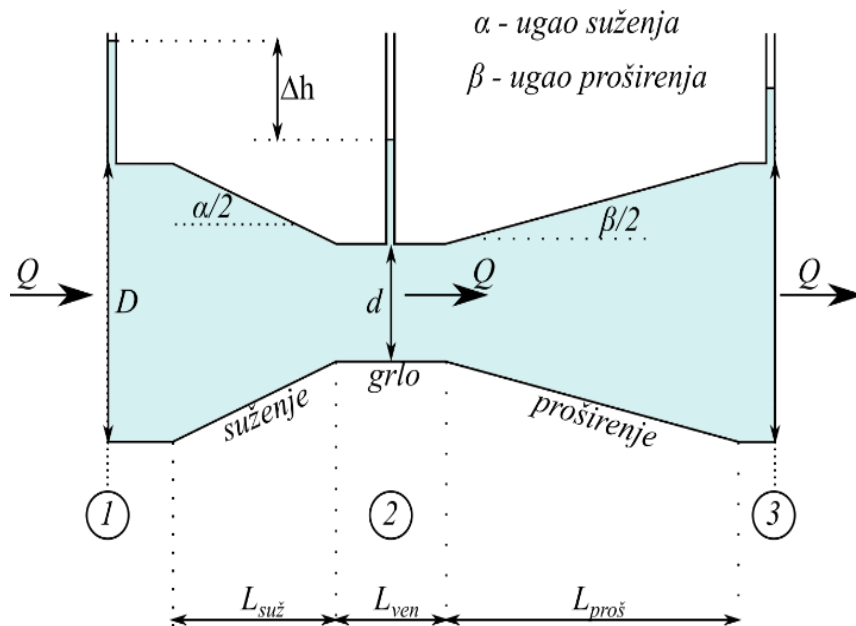
MERENJE OSNOVNIH VELIČINA U HIDROTEHNICI

- 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



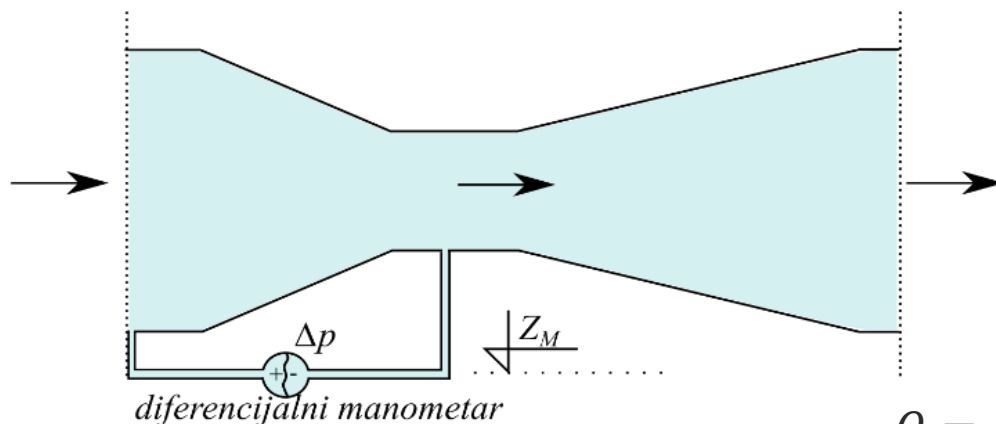
Meri se Δh a na osnovu energetske jednačine računa Q . Zanemaruju se linijski gubici u suženju.

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



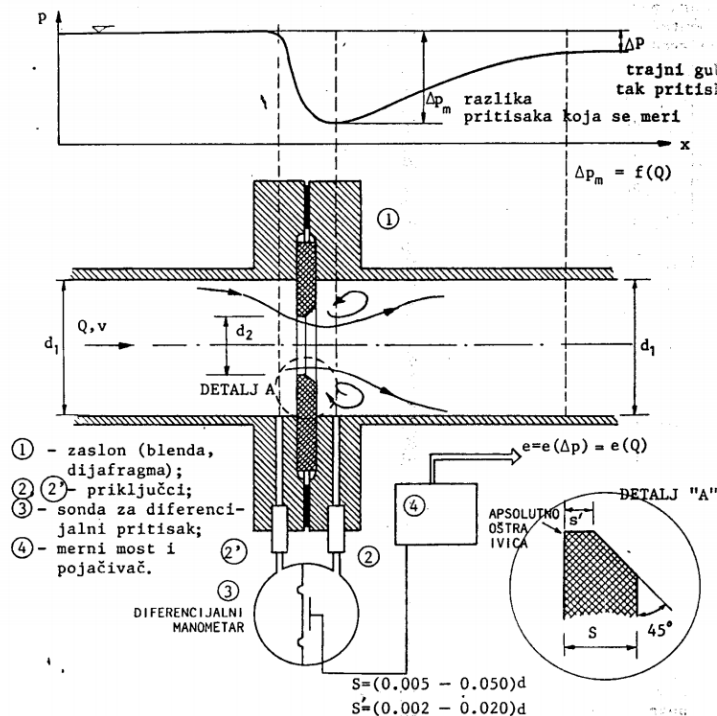
$$Q = f(\Delta p)$$

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 – DIJAFRAGMA

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

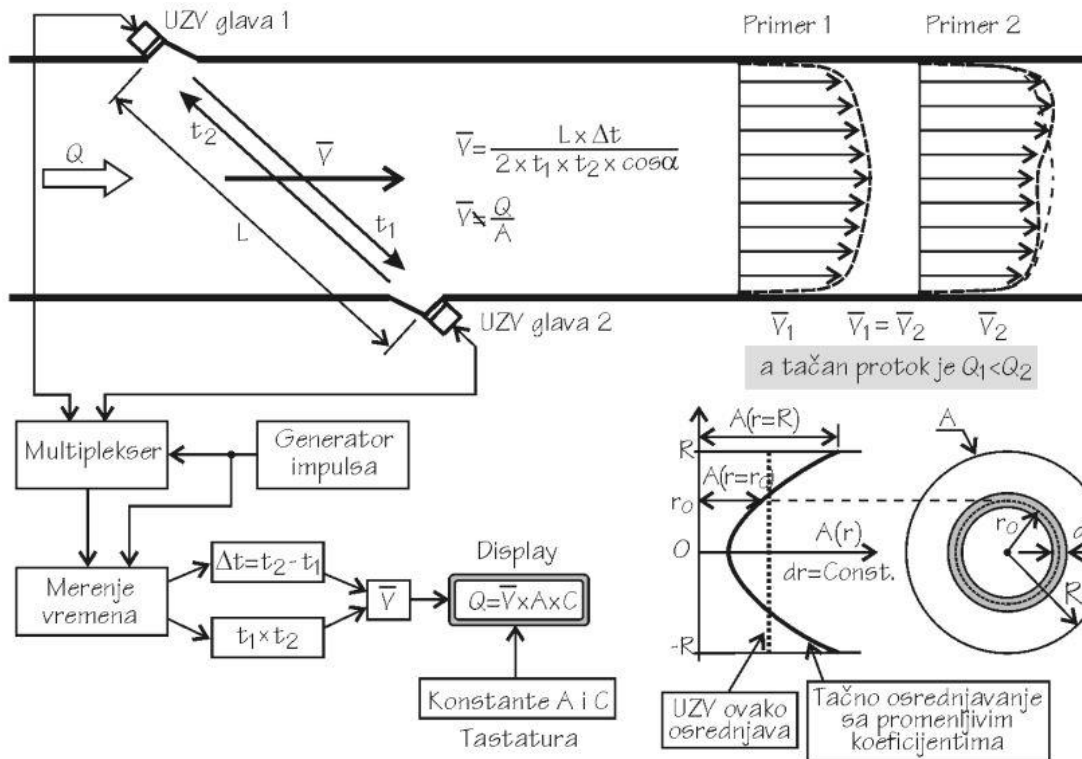


Odličan video firme
Endress+Hauser o
principu rada!!!

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

MERENJE PROTOKA – ULTRAZVUČNI MERAČ

Merenje protoka primenom ultrazvučnih principa



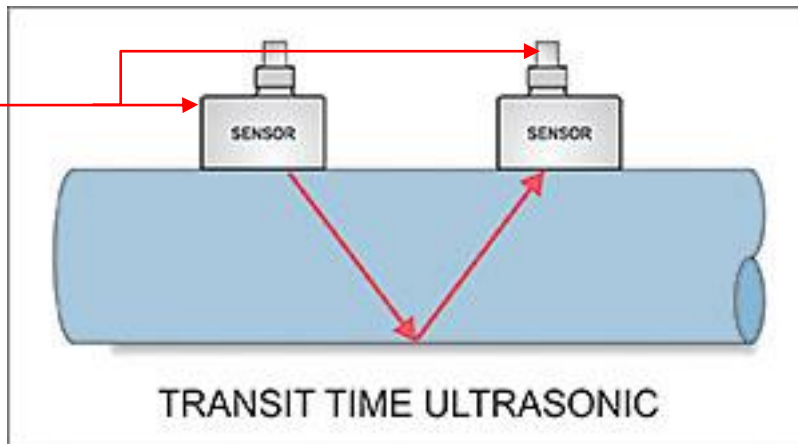
Odličan video firme Endress+Hauser o principu rada!!!

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

MERENJE PROTOKA – ULTRAZVUČNI MERAČ

Merenje protoka primenom ultrazvučne, transit-time metode

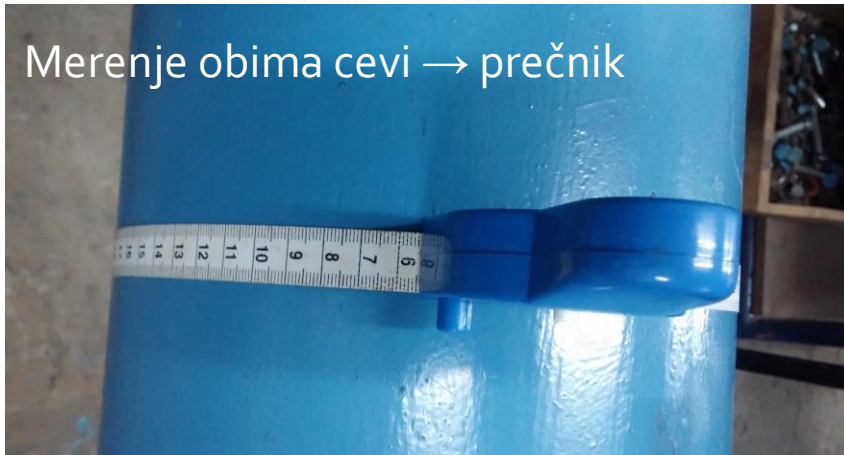
- Primopredajnici odašilju ultrazvuk frekvencije 1-2 MHz
- Pijezoelektrični kristali
- Upoređuje se vreme putovanja ultrazvučnog signala uzvodno i nizvodno



MERENJE PROTOKA – ULTRAZVUČNI MERAČ

Merenje protoka primenom ultrazvučne, transit-time metode

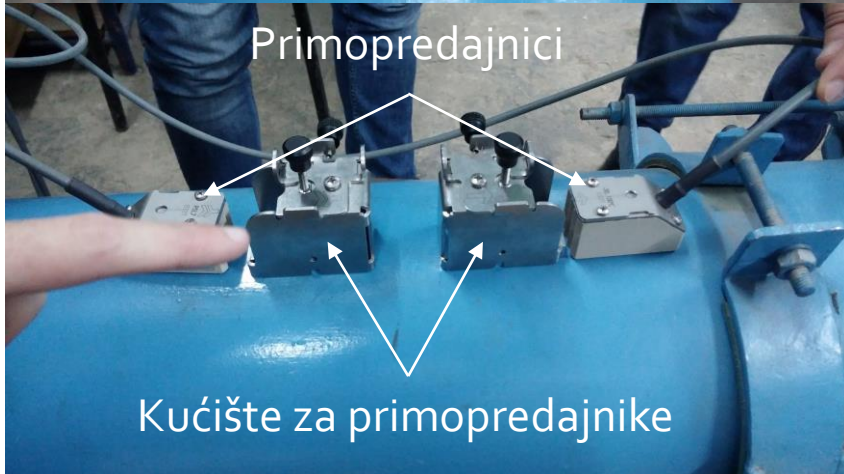
Merenje obima cevi → prečnik



Montaža primopredajnika –
stavljanje gela



Primopredajnici



Kućište za primopredajnike



Montaža primopredajnika - fiksiranje

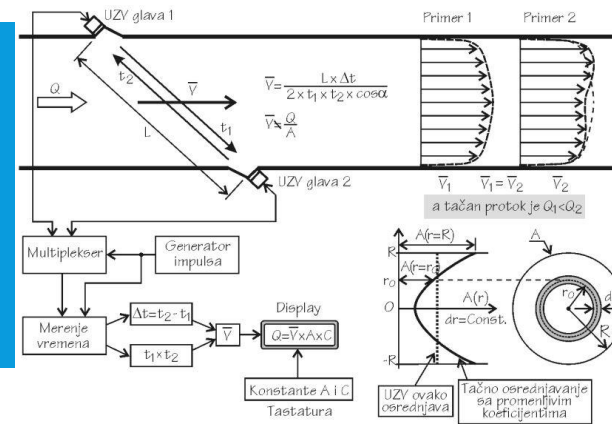
MERENJE PROTOKA – ULTRAZVUČNI MERAČ

Merenje protoka primenom ultrazvučne, transit-time metode



Lenjir za merenje rastojanja između primopredajnika

MERENJE PROTOKA – ULTRAZVUČNI MERAČ



Merenje protoka primenom ultrazvučne, transit-time metode

Arrangement of the transducers in diagonal mode		Arrangement of the transducers in reflection mode	
Number of sound paths	Sound path	Number of sound paths	Sound path
1		2	
3		4	
and so on			

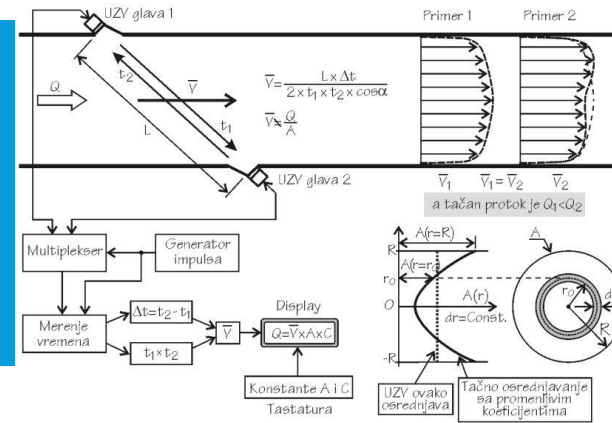
Raspored primopredajnika zavisi od prečnika cevi

Kada je manji prečnik cevi, npr manji od 200 mm, potrebno je produžiti put ultrazvuka

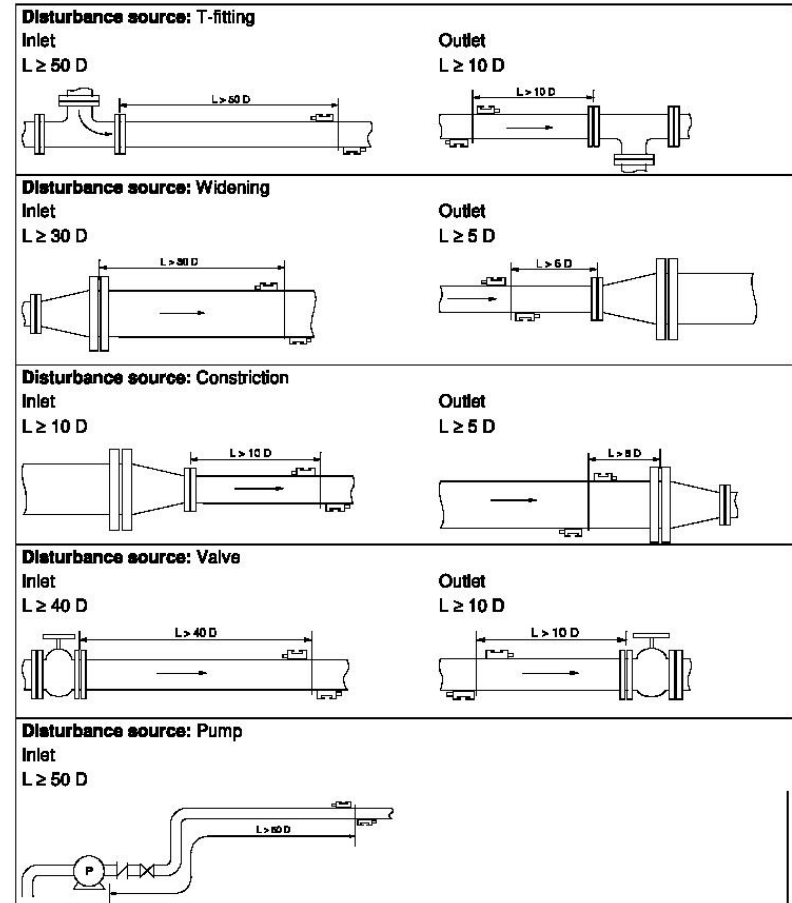
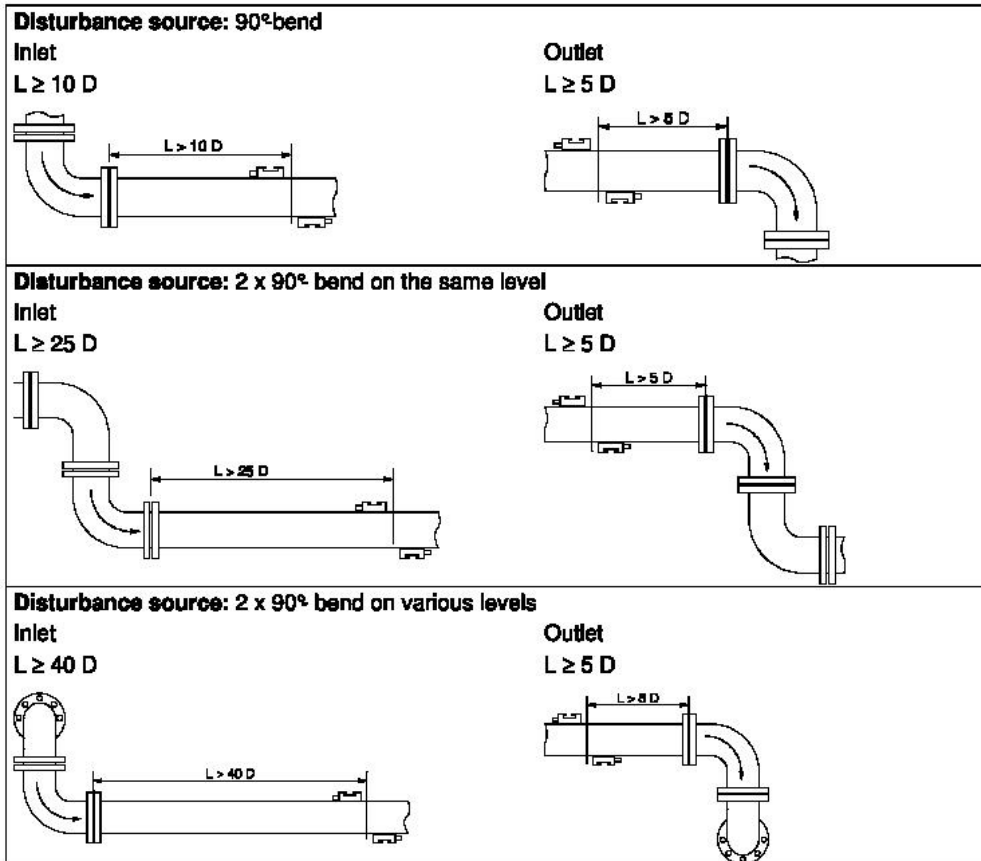
Zašto se produžava put ultrazvuka? →

Veća razlika $\Delta t = t_1 - t_2 \rightarrow$ bolje merenje V

MERENJE PROTOKA – ULTRAZVUČNI MERAČ

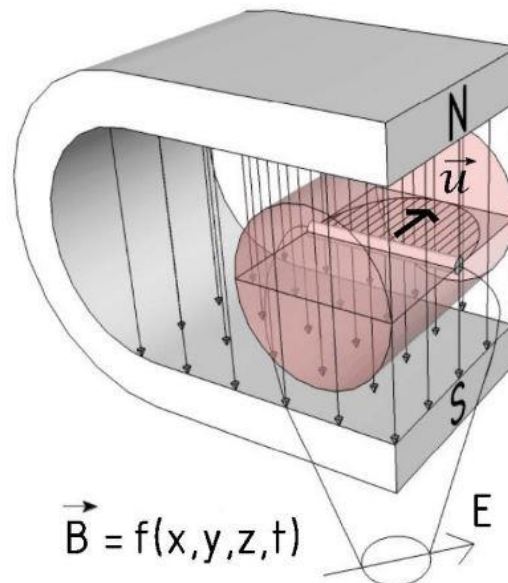
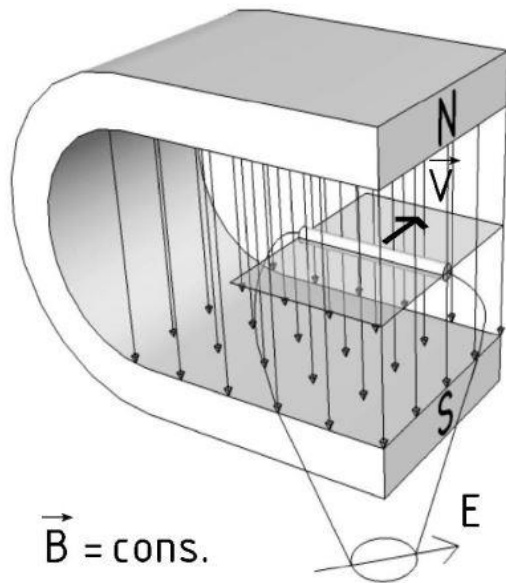


Merenje protoka primenom ultrazvučne, transit-time metode



MERENJE PROTOKA – ELEKTROMAGNETNI MERAČ

Merenje protoka primenom elektromagnetnih principa



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

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

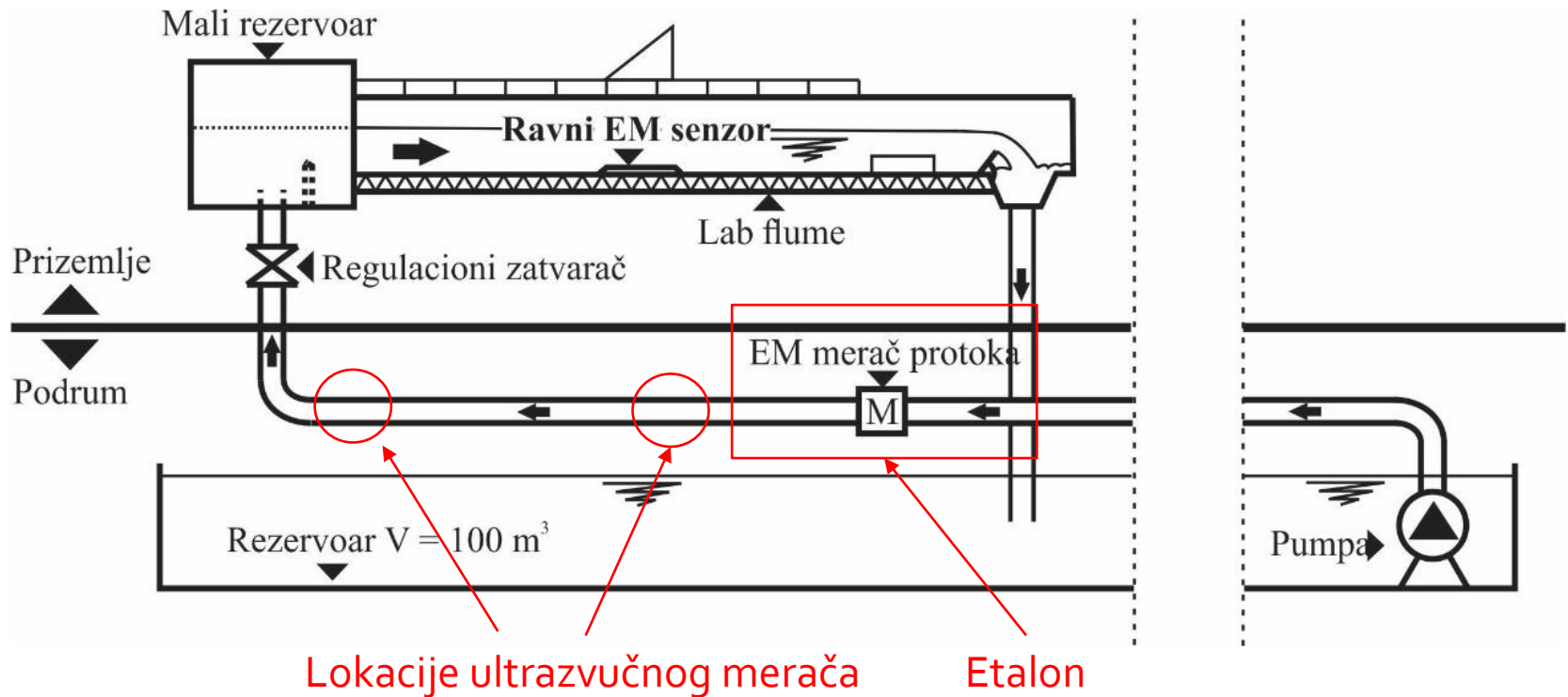
$$E = \int_l \vec{B} \times \vec{v} \cdot d\vec{l}$$

$$Q = f(E)$$

Posredno merenje → Neophodna kalibracija!!!

MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Sistem na kome se meri protok



MERENJE PROTOKA – VEŽBA

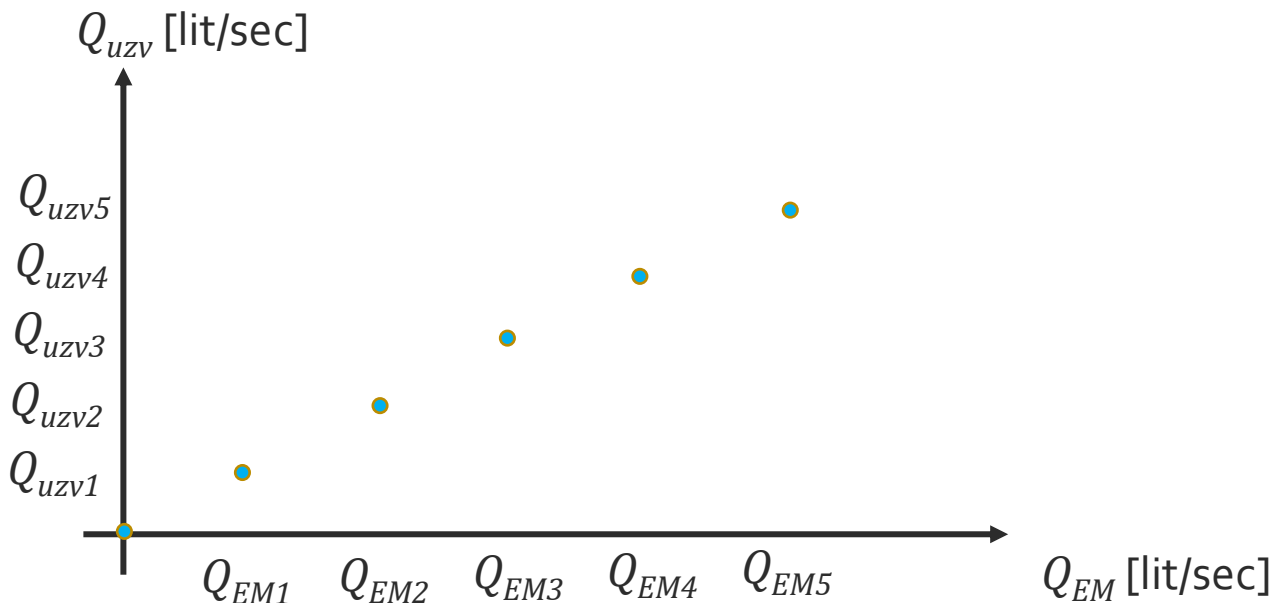
Obrada rezultata

- Rezultat merenja ultrazvučnom metodom zavisi od različitih parametara:
debljina cevi, hrapavost, temp. vode, materijal
- Parametri nepoznati unapred → referentno merenje (etalon, Q_{EM}) →
moguće proceniti parametre

MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata – grupa u laboratoriji

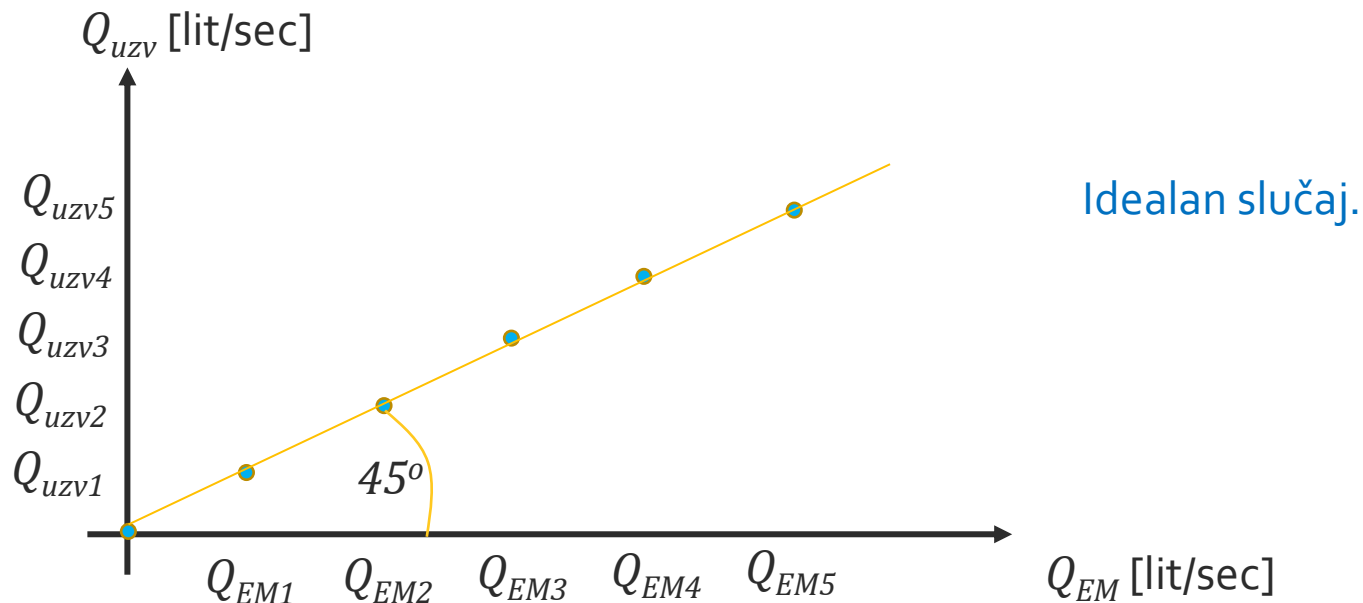
Etaloniranje (poredjenje Q_{uzv} i Q_{EM})



MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata – grupa u laboratoriji

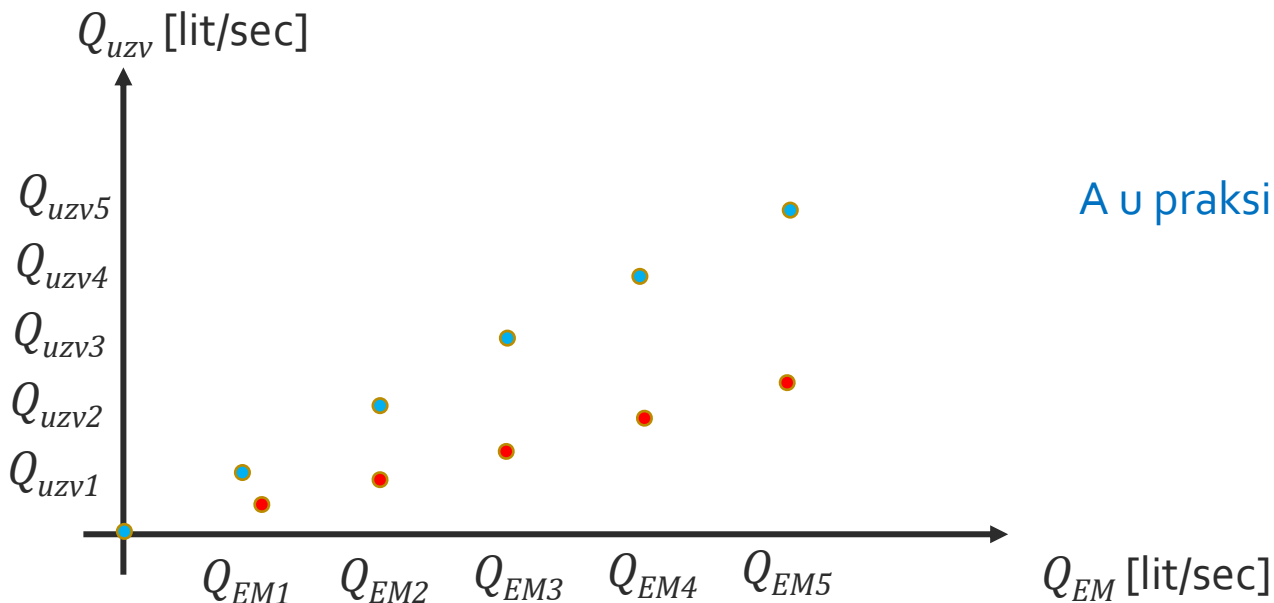
Etaloniranje (poredjenje Q_{uzv} i Q_{EM})



MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata – grupa u laboratoriji

Etaloniranje (poredjenje Q_{uzv} i Q_{EM})

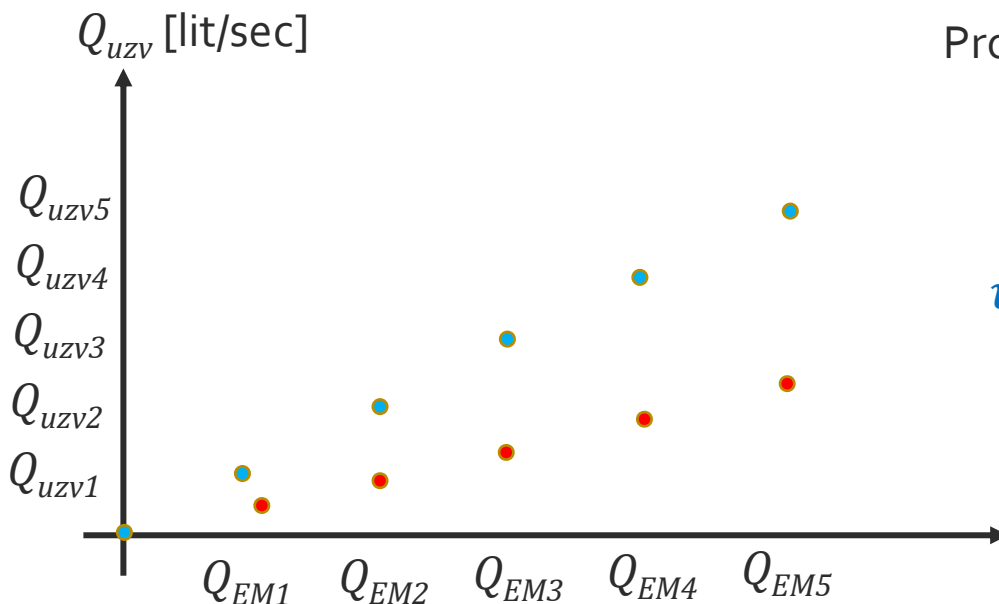


A u praksi baš i nije.

MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata – grupa u laboratoriji

Etaloniranje (poredjenje Q_{UZV} i Q_{EM})



Sistematska neodređenost
Protok UZV meračem Protok EM meračem

$$u(Q)_{sist} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{uzv\ i} - Q_{EM})^2}$$

MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata – grupa u laboratoriji

Etaloniranje (poredjenje Q_{uzv} i Q_{EM})

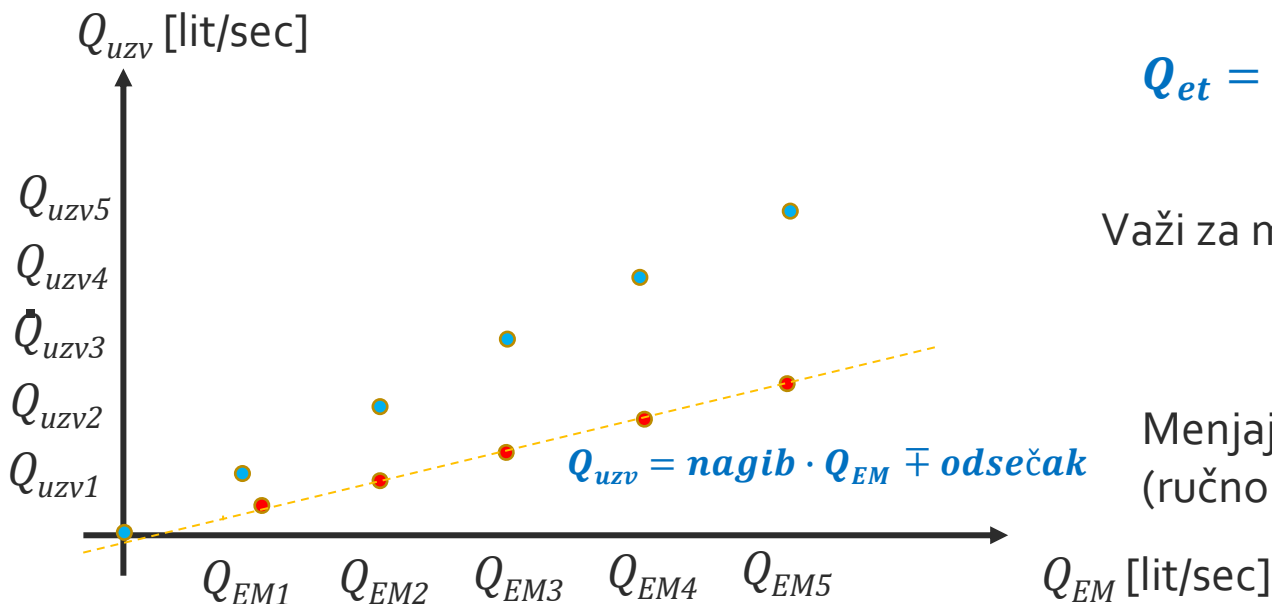
Minimizovanje sistematske neodređenosti uz pomoć **korekcion**e funkcije:

$$Q_{et} = \frac{Q_{uzv} + \text{odsečak}}{\text{nagib}}$$

Važi za merenja u sličnim uslovima...

$$u(Q)_{sist} \rightarrow \min$$

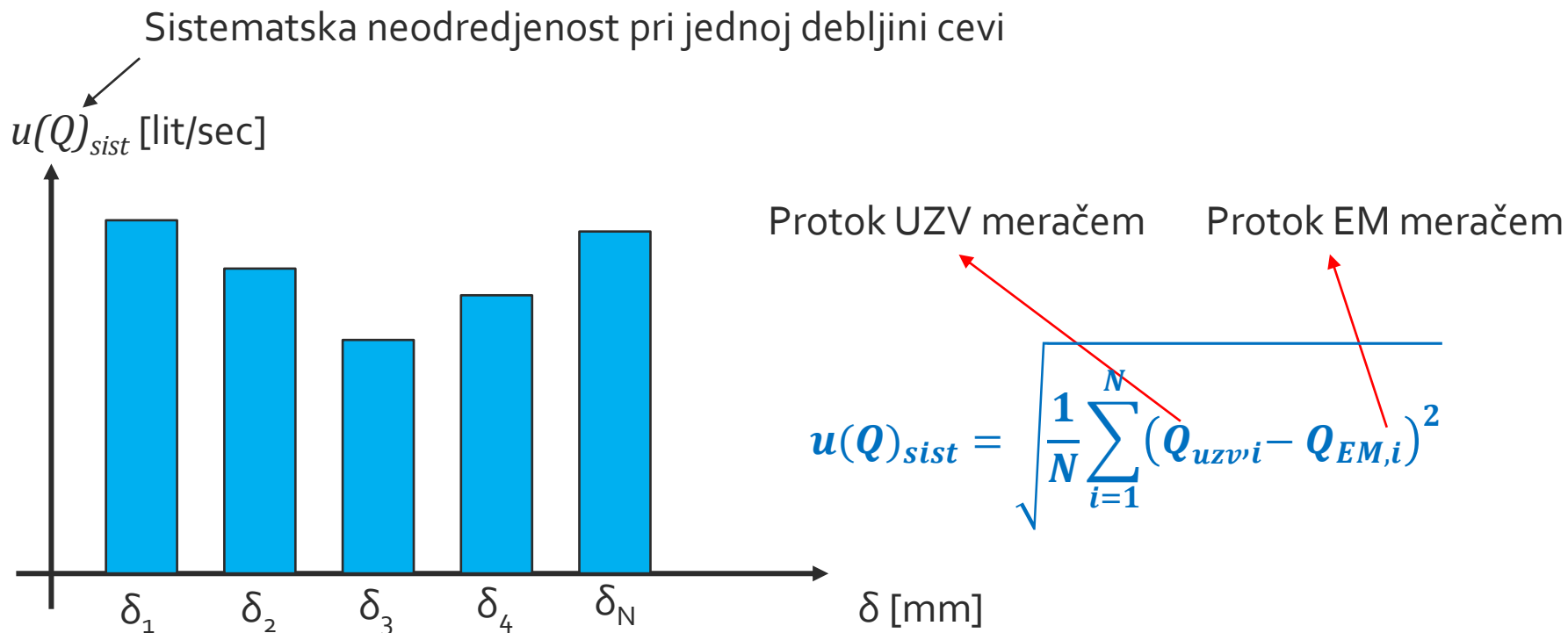
Menjajući **odsečak** i **nagib**
(ručno ili pomoću Solver-a u Excel-u)



MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata – online grupa

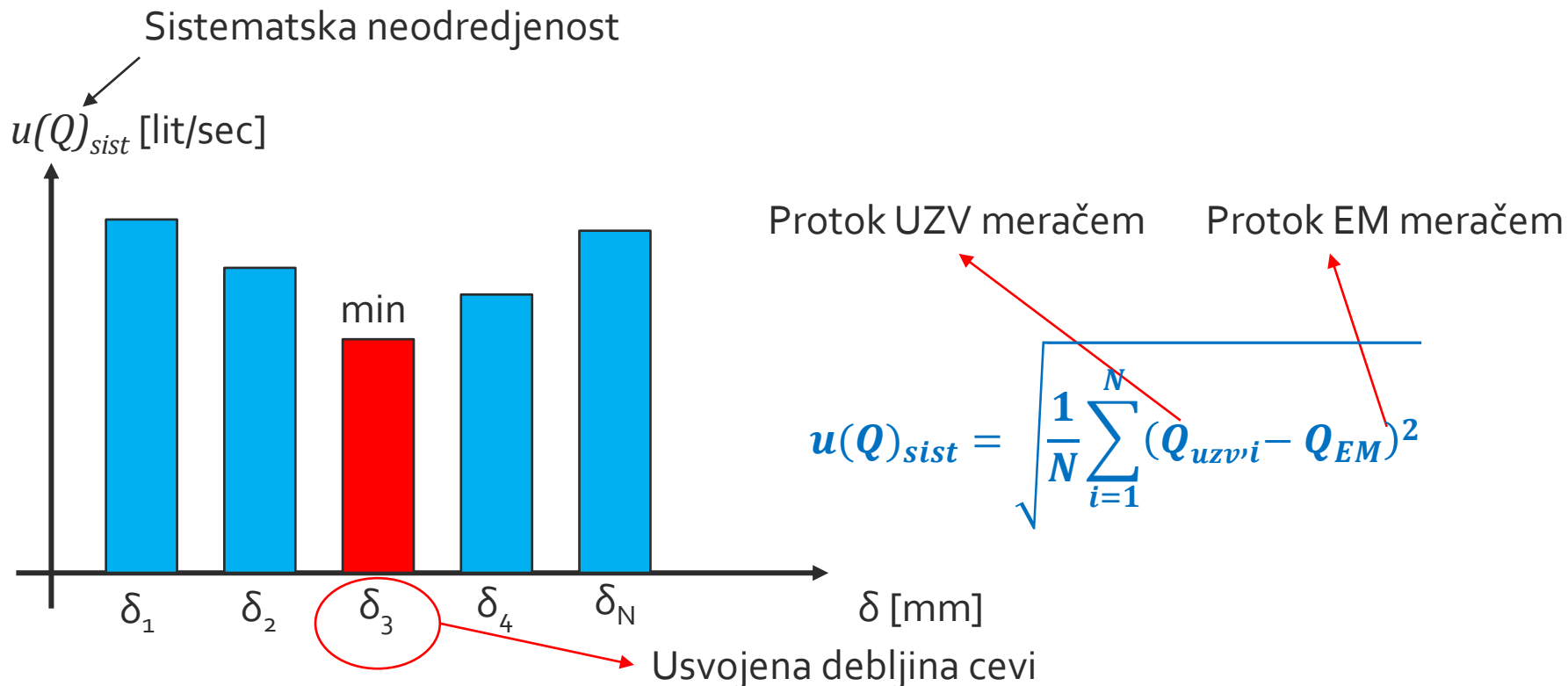
Prvih nekoliko merenja – d se menja, k=const.



MERENJE PROTOKA – VEŽBA

Obrada rezultata

Prvih nekoliko merenja – d se menja, $k = \text{const.}$

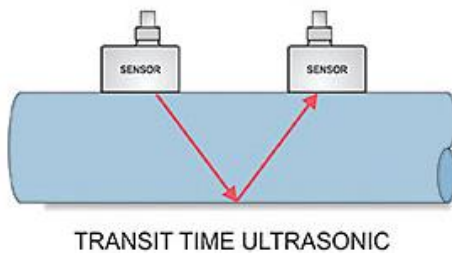




Merenje protoka u sistemima pod pritiskom

Merenja u hidrotehnici

4. Vežba



Miloš Milašinić

Damjan Ivetić

Dušan Prodanović

