



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Institut za hidrotehniku

Merenje protoka vode na velikim cevovodima

Dušan Prodanović

Dragutin Pavlović



Opis problema

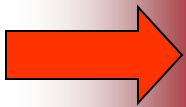
- Svaki Vodovod zna da ga zakon tera da vodomere redovno kontroliše, jer mu služe za direktnu naplatu od potrošača (ovo je **izlaz iz sistema**)
- **Ulaz u sistem**, na vodozahvatu, u bunaru nije obavezno merenje jer se nadoknade ne plaćaju prema zahvaćenoj vodi
- Promet **kroz sistem** nije obavezno meriti

Problem: velika merila, skupo,
nema zakona



Opis problema – mala i velika merila

- Mala merila protoka
 - **Vodomeri**
Obavezna kalibracija i pregled
- Velika merila protoka (veća od 300mm?)
 - **Elektromagnetna**
Svi znamo da treba kalibracija
Retko ko radi pregled – gde, kako?
 - **Ultrazvučna** (popularna ovih dana)
(Kažu) Nema kalibracije ni pregleda

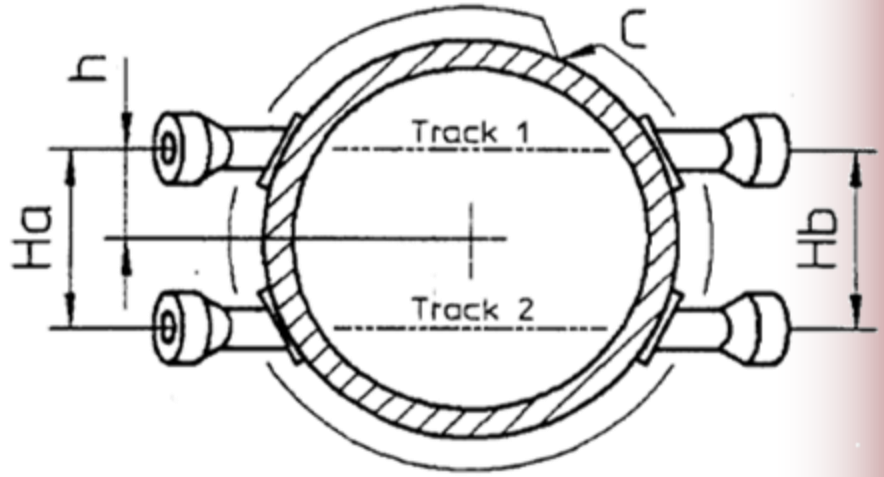
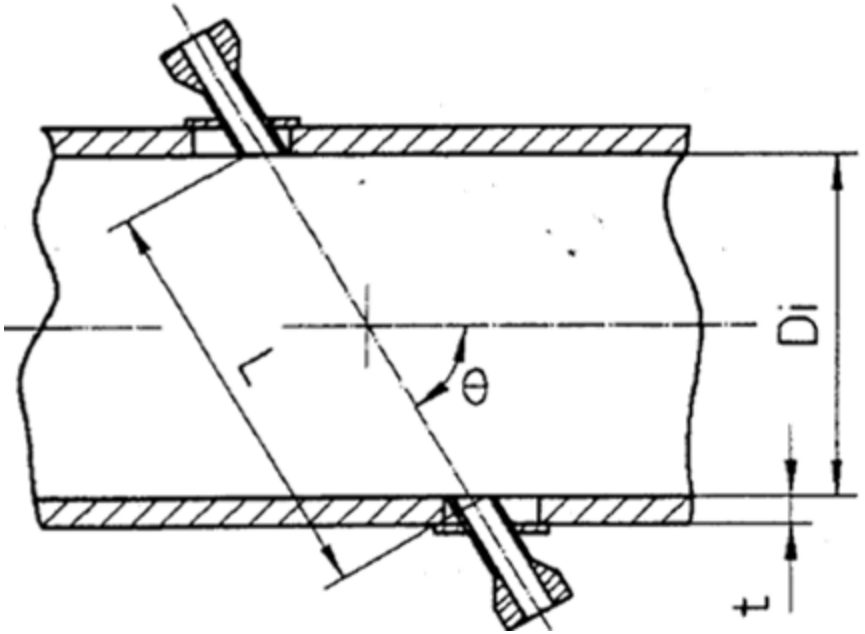




UZV sa ugradnjom na licu mesta

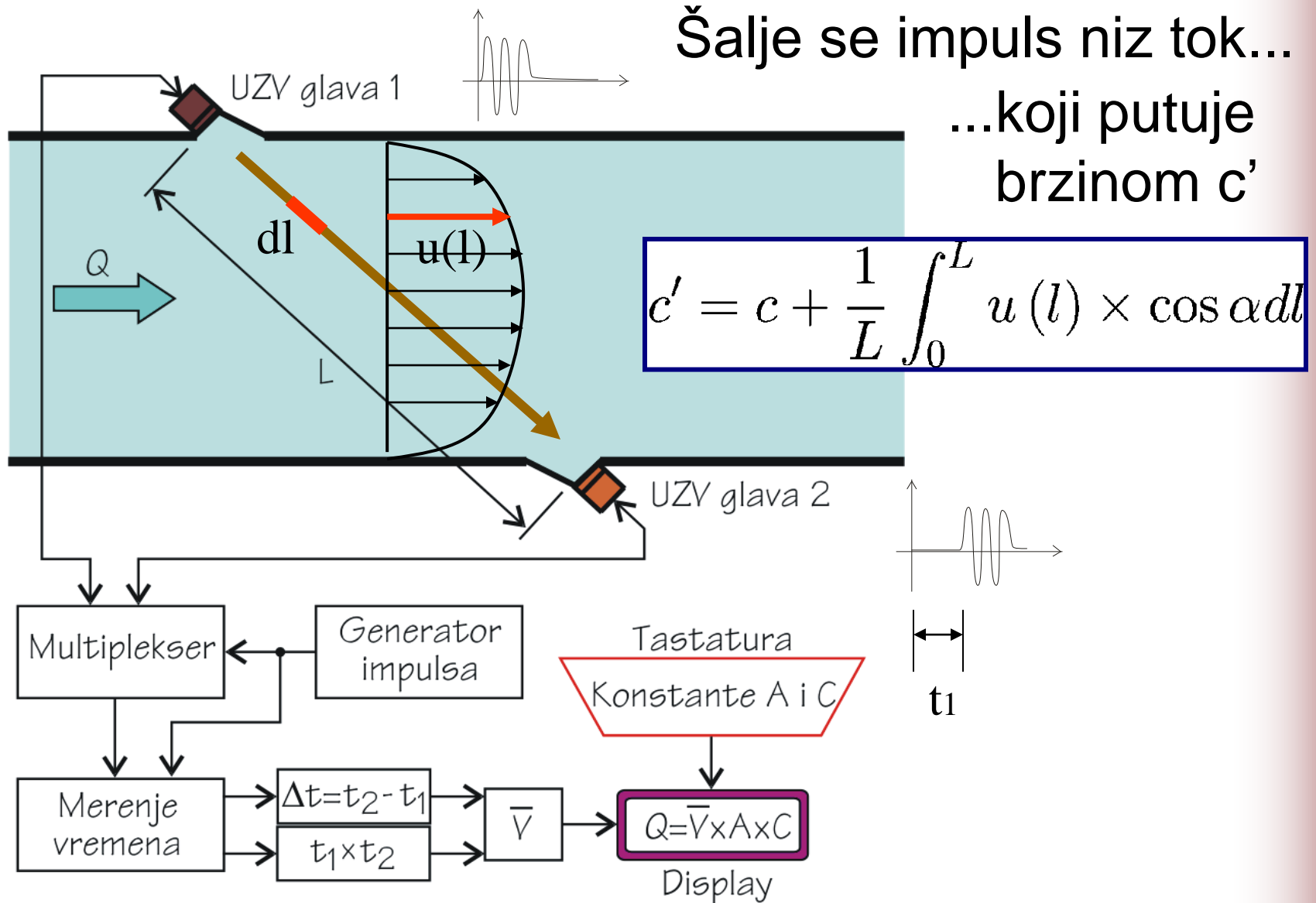
Tačnost **0.5%**
ne zahteva **šahtove**
ne zahteva **kalibraciju**
ne pije, ne puši, ...

...samo malo laže...





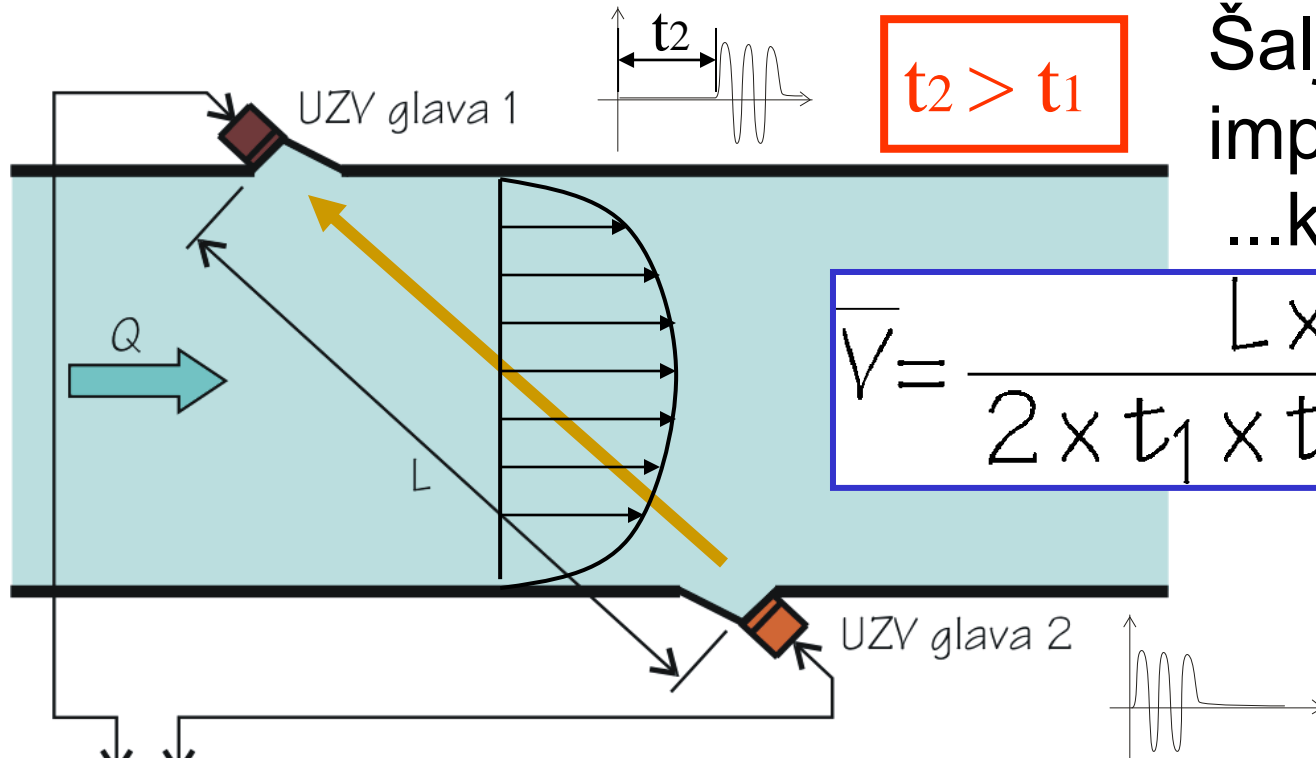
Transit Time metoda – princip rada



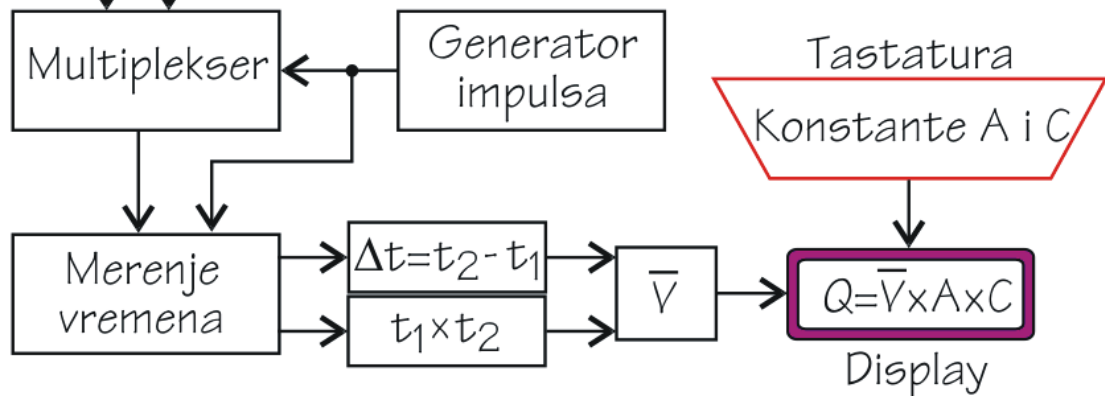


Transit Time metoda

Šalje se drugi impuls uz tok...
...koji je sporiji

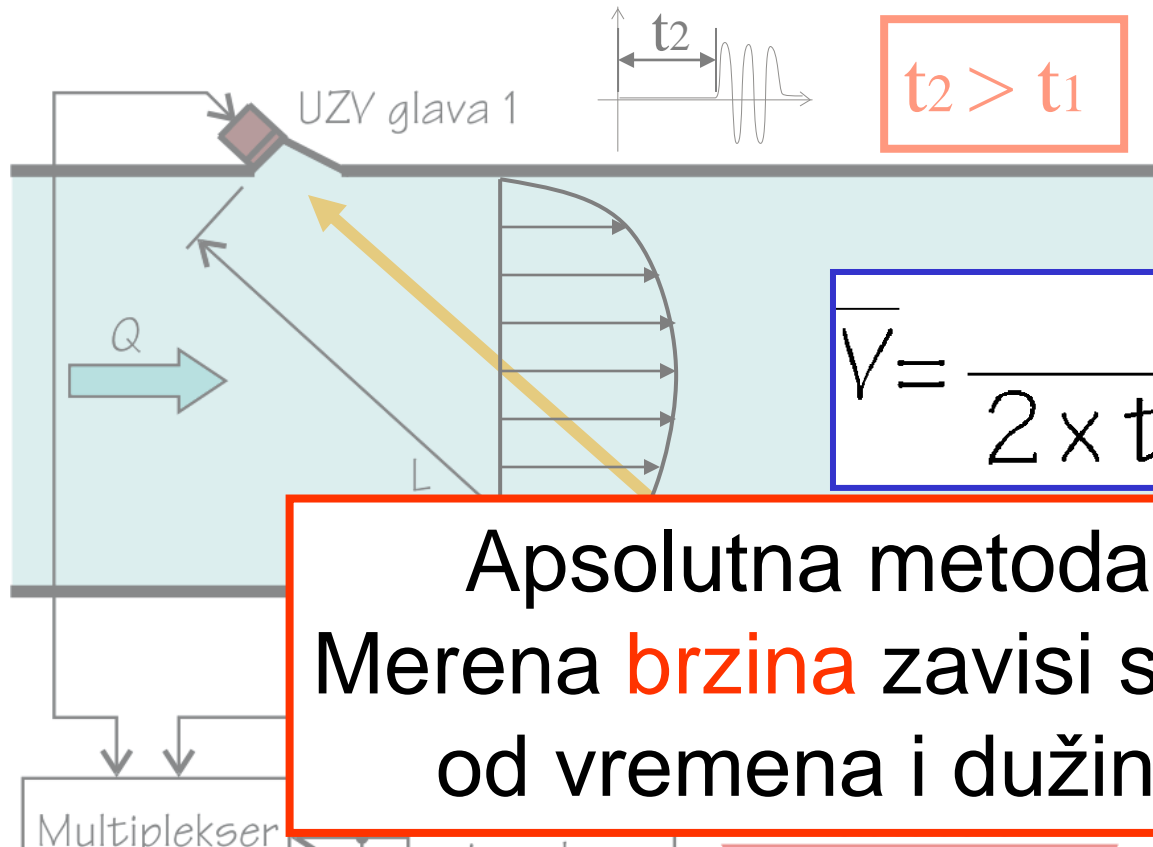


$$\bar{V} = \frac{L \times \Delta t}{2 \times t_1 \times t_2 \times \cos \alpha}$$





Transit Time metoda



$$t_2 > t_1$$

$$\bar{V} = \frac{L \times \Delta t}{2 \times t_1 \times t_2}$$

A nama
treba
protok!

Apsolutna metoda:
Merena brzina zavisi samo
od vremena i dužine

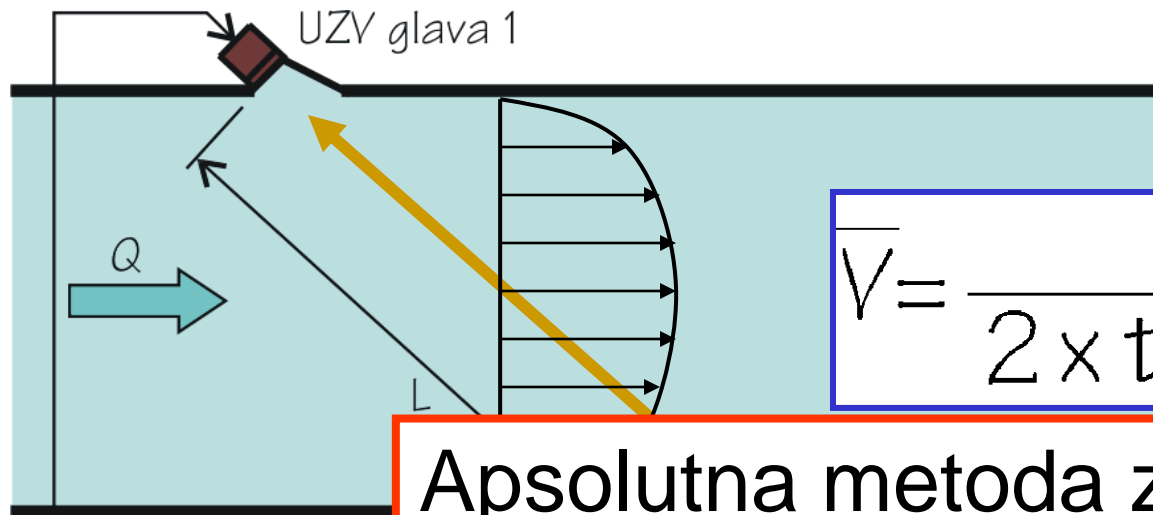
Ali koja brzina je merena?
Da li je to srednja
profilska brzina?

Ne!
Merena i srednja
profilska brzina su različite!

$$\bar{V} \neq \frac{Q}{A}$$



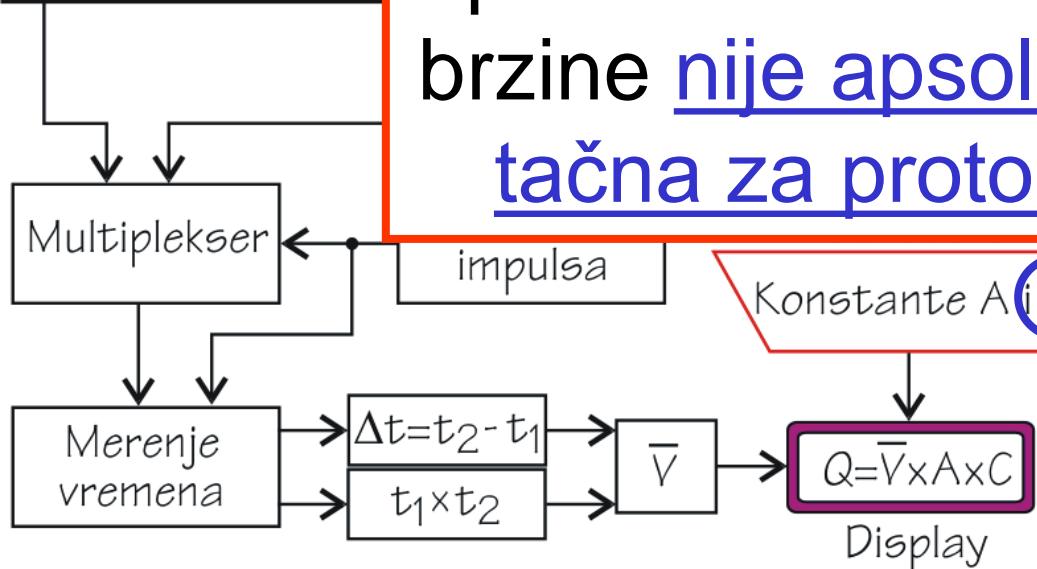
Transit Time metoda



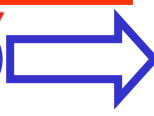
$$\bar{V} = \frac{L \times \Delta t}{2 \times t_1 \times t_2 \times \cos \alpha}$$

Apsolutna metoda za brzine nije apsolutno tačna za protoke

Konstanta koja se mora **KALIBRISATI** prema lokalnim uslovima



Konstante A i C





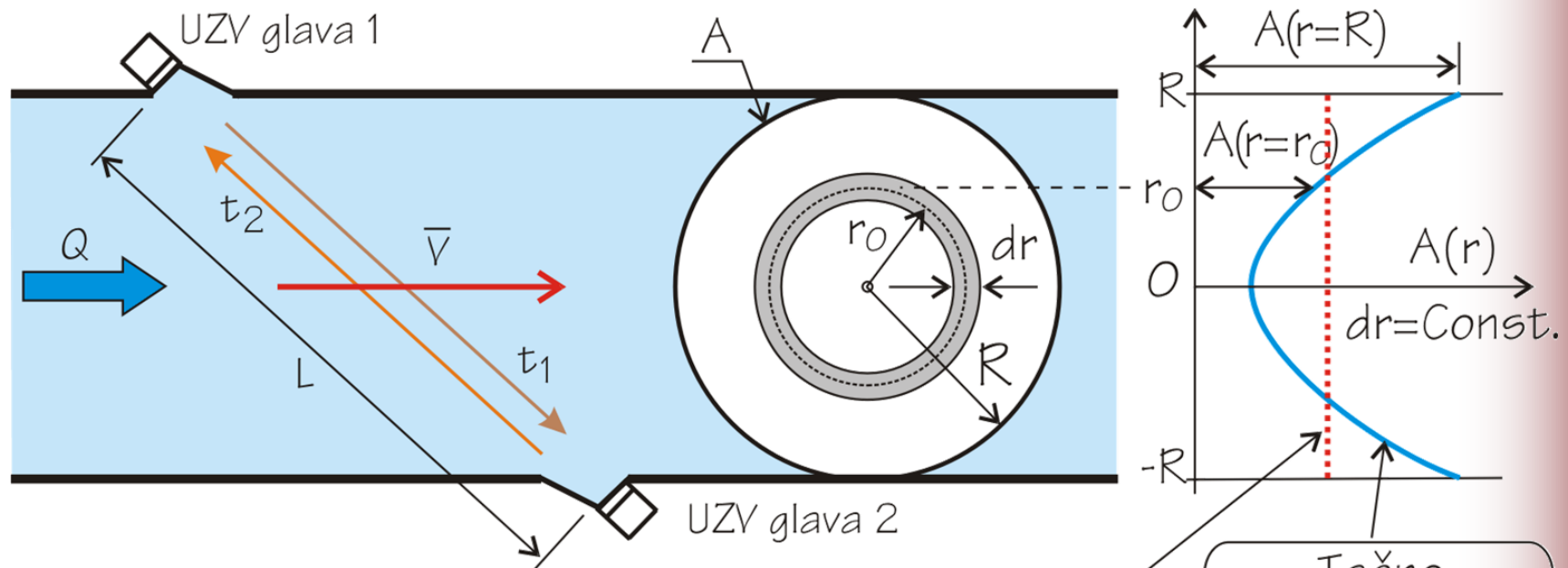
Transit Time metoda

- Zašto **brzina** koju izmeri UZV nije ista kao **srednja profilska**?
 - Zato što UZV ne uzima u obzir različite površine pripadajućih kružnih prstenova po preseku cevi:

Veću površinu zauzima prsten bliže zidu cevi nego u sredini cevi



Transit Time metoda



UZV ovako osrednjava (linearno!)

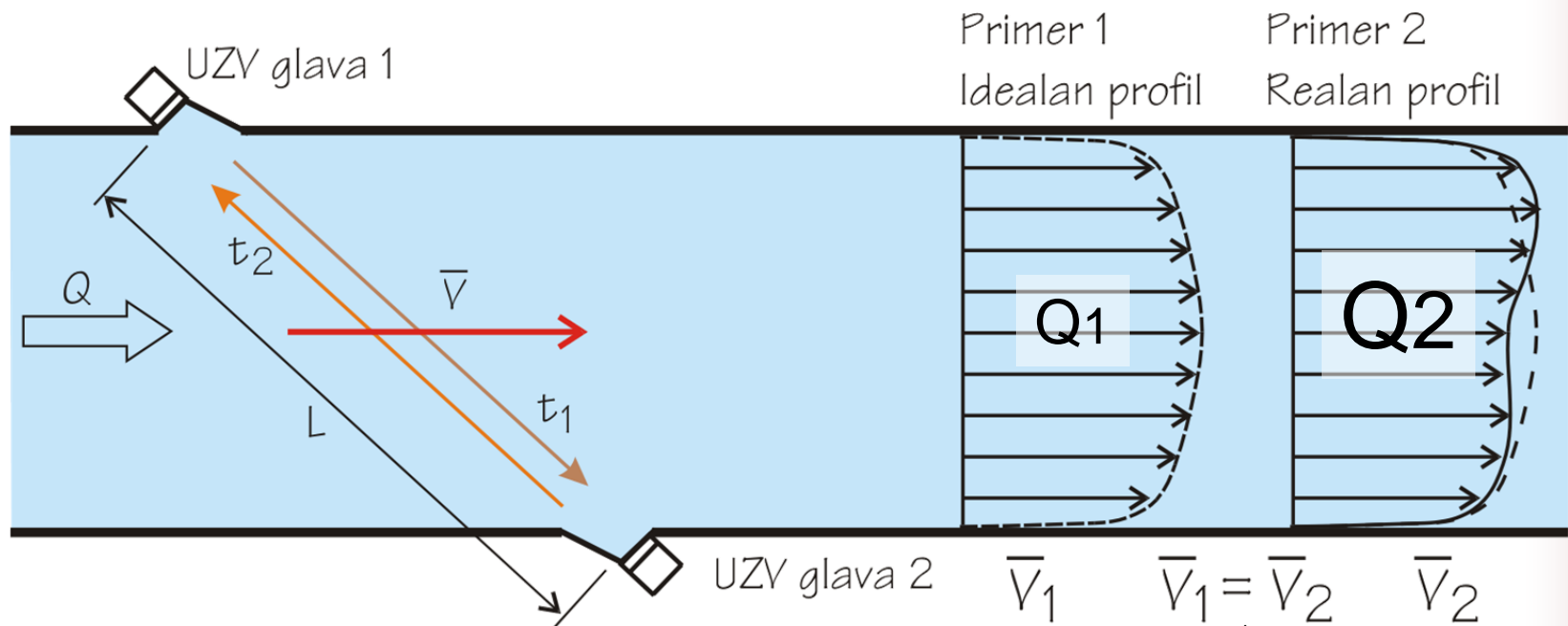
$$c' = c + \frac{1}{L} \int_0^L u(l) \times \cos \alpha dl$$

Tačno osrednjavanje sa promenljivim koeficijentima

Ovde nema nigde promenljivog doprinosa brzini zvuka c' u **funkciji poluprečnika cevi!**



Transit Time metoda

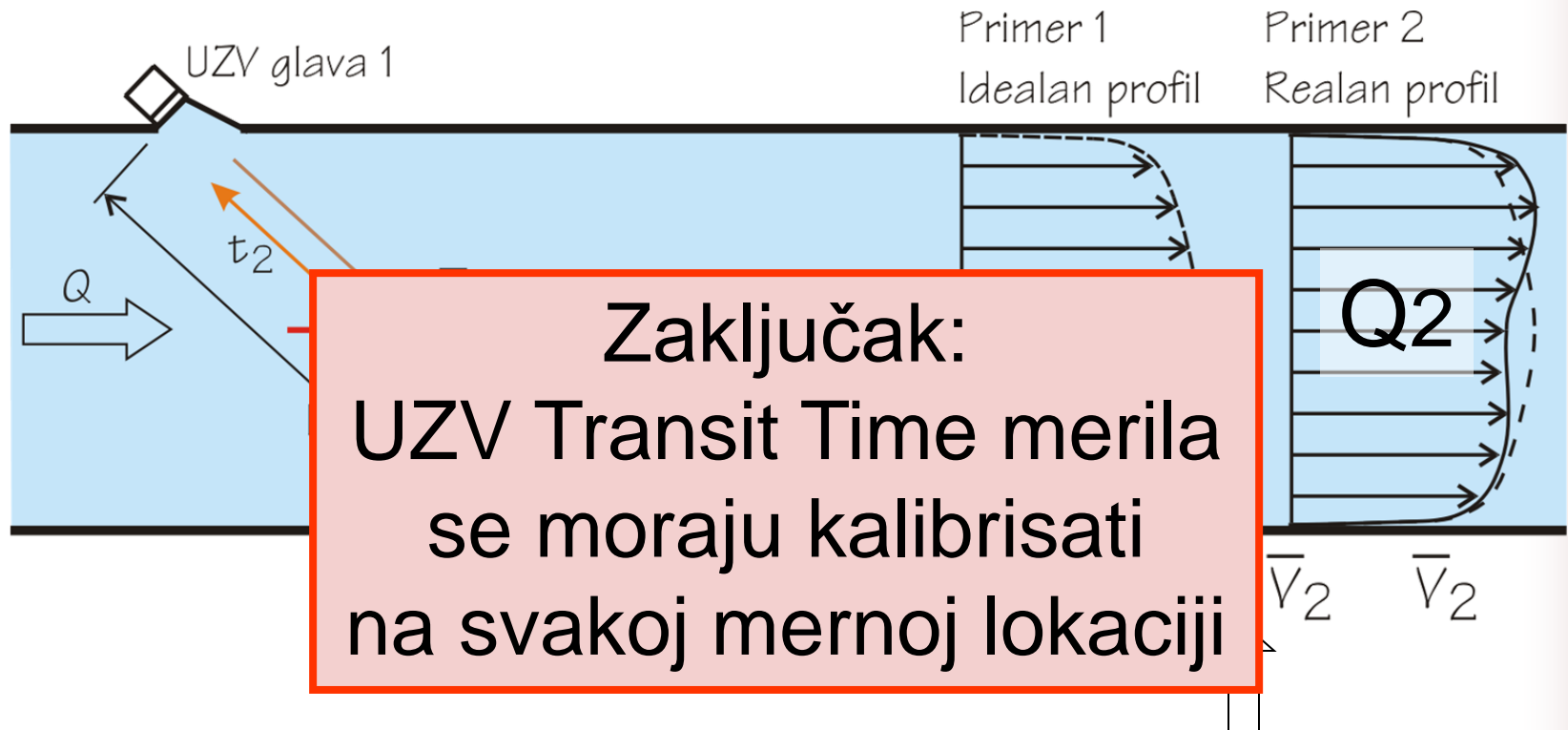


UZV će ovako izmeriti

A treba $Q_1 < Q_2$



Transit Time metoda



UZV će ovako izmeriti

A treba $Q_1 < Q_2$

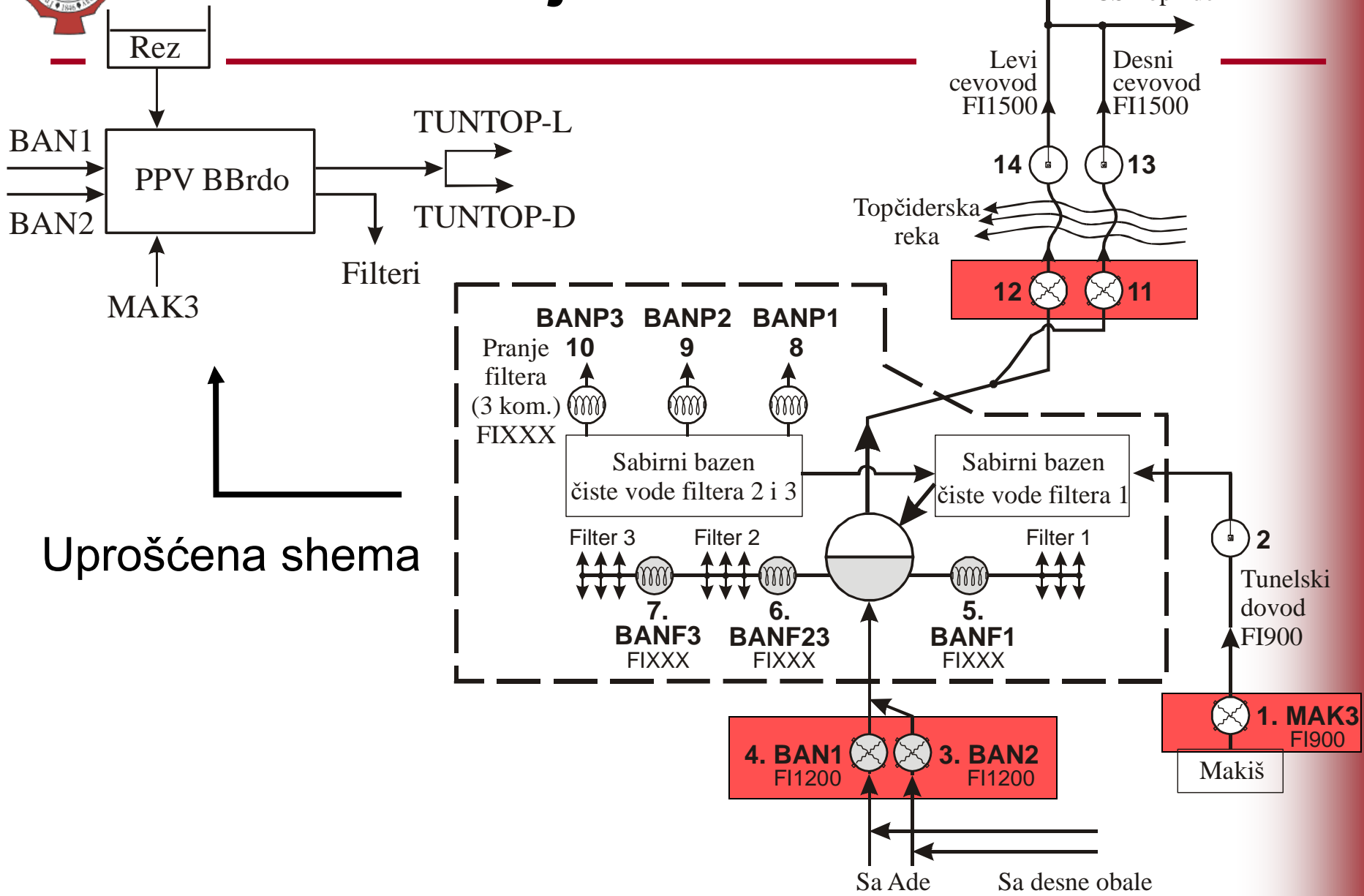


Primer proverre UZV merila

- Za ilustraciju problema, daje se rezultat obavljenih **merenja na PPV Banovo Brdo**
- Banovo Brdo je i značajan hidrotehnički čvor
- Problem na Banovom Brdu: nakon ugradnje merila na ulazima i izlazima, ispalo je da **iz sistema izlazi više vode nego što ulazi....**

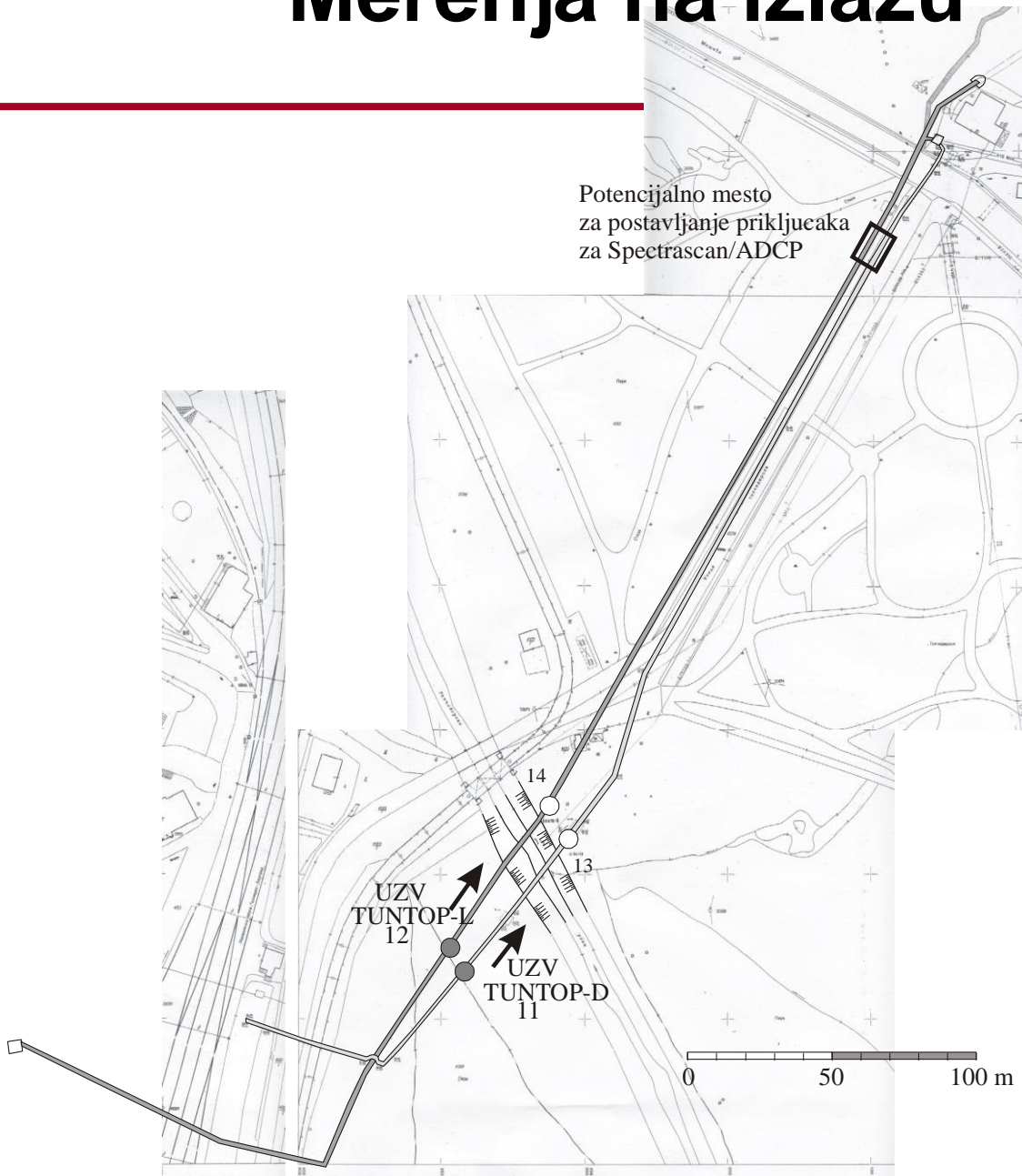


Situacija PPV B. Brdo





Merenja na izlazu

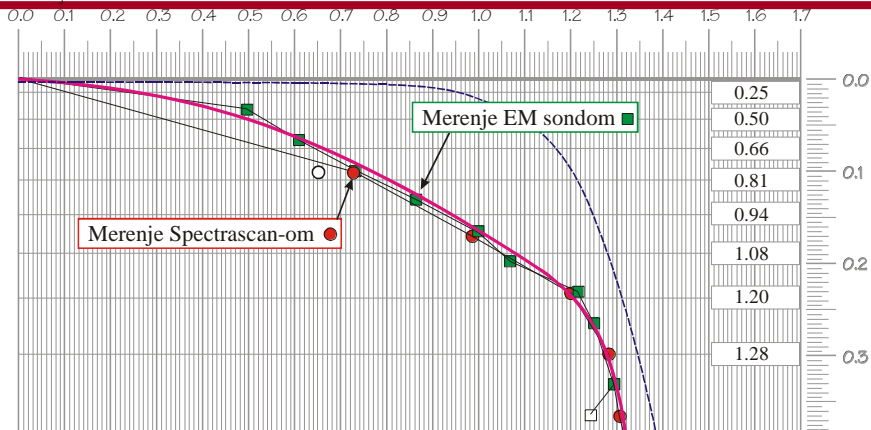


...na ključnoj lokaciji – ulazu u Tunnel, u Topčiderskoj dolini



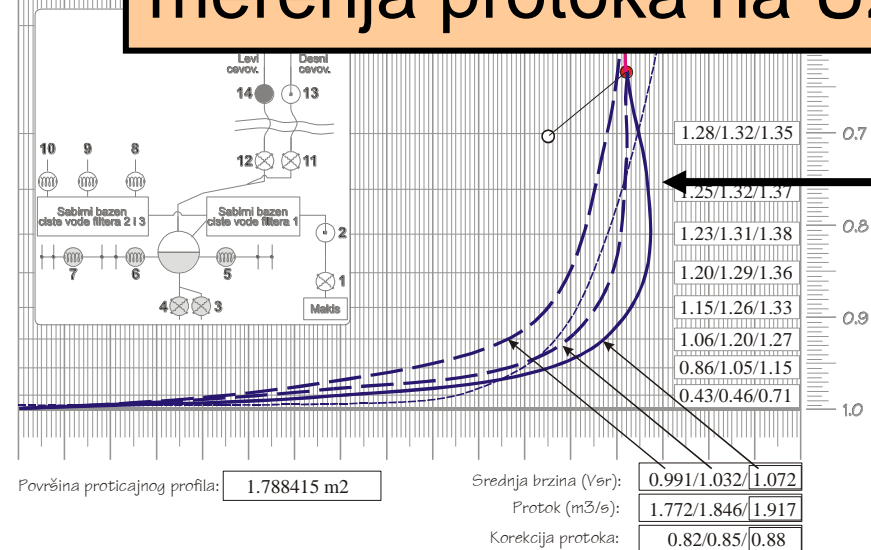
Profil brzina 1.

Lokacija: Topcider - levi cevovod (14) Prečnik cevovoda: 1509 mm Datum: 19/03/2004



Radena istovremena merenja sa dve sonde na dovodu ka Tunelu

$Q = Q^* 0.88$ a trebalo bi da je greška merenja protoka na UZV manja od 0.5%



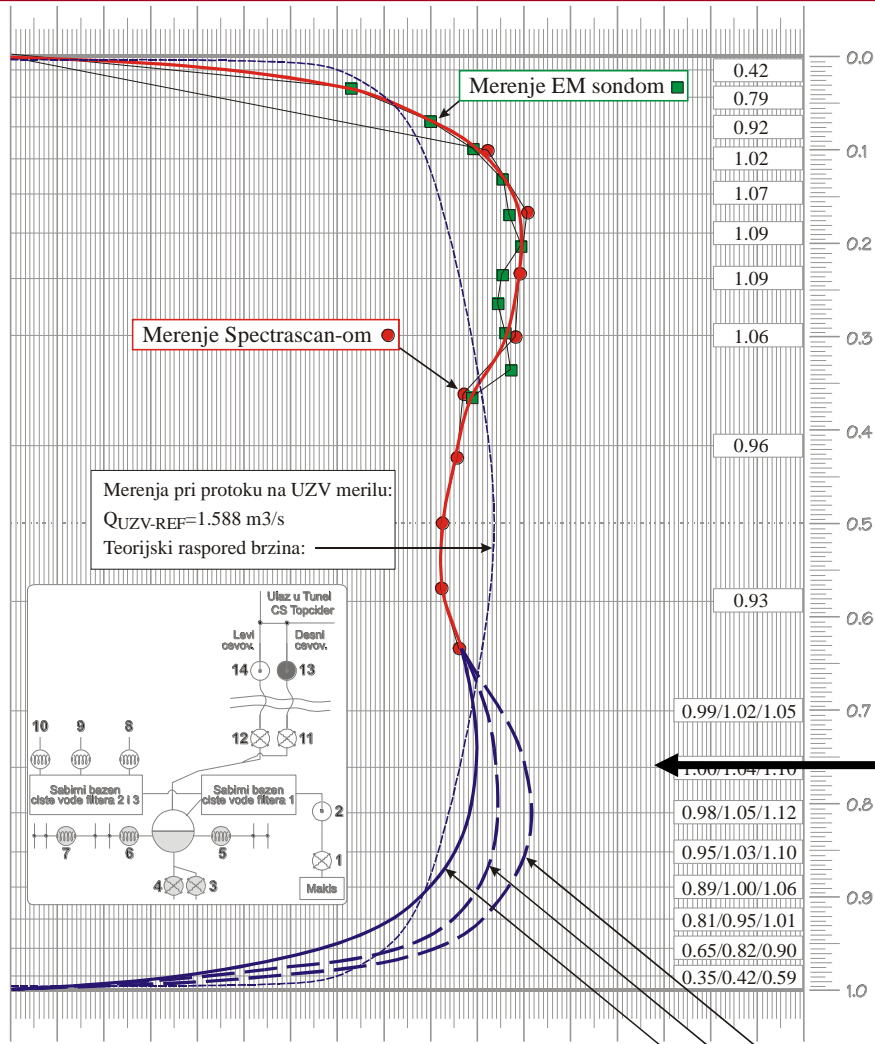
Ekstrapolacija tamo gde nije moglo da se meri

Protok na UZV- znatno veći od najveće varijante ekstrapolacije



Profil brzina 2.

Lokacija..... Topcider - desni cevovod (13) Prečnik cevovoda..... 1509 mm Datum..... 19/03/2004
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7



Na drugoj cevi su rezultati bolji

Ekstrapolacija tamo gde nije moglo da se meri

Protok na UZV je OK!

Površina proticajnog profila:	1.788415 m2	Srednja brzina (Vsr):	0.887/0.927/0.960
		Protok (m3/s):	1.586/1.658/1.717
		Korekcija protoka:	1.00/1.04/1.08



I na kraju bilans...

Vrsta	Merilo	Q_{SrDnev} [L/s]	$Q_{KORIGOVANO}$ [L/s]
Ulaz	BAN1	+1037.8	+1017.0
Ulaz	BAN2	+1336.3	+1309.5
Ulaz	MAK3	+1729.2	+1711.9
Ulaz	Rezervoar	+12.0	+12.0
Izlaz	BANF	-129.6	-129.6
Izlaz	TUNTOP-D	-1777.6	-1777.6
Izlaz	TUNTOP-L	-2380.4	-2094.8
Ukupno		-172.3	+48.4

Neodređenost u određivanju protoka, za 0.5% merila, je

$$\delta Q = \sqrt{5.2^2 + 6.7^2 + 8.6^2 + 0.1^2 + 0.6^2 + 8.9^2 + 11.9^2} = 19 \text{ L/s}$$



Zaključak

- Nema **idealnog** merila protoka
- Velika merila protoka moraju imati predviđene **alternativne metode za proveru**
- Nedostaju **zakoni**
Naredba o obaveznoj upotrebi određene vrste merila u prometu vode za piće (zakonski osnov čl. 52. Zakona)
Uputstvo za pregled merila na mestu korišćenja
- Ima iskustva ali **nedostaje oprema**



Zaključak

- Nema **idealnog** merila protoka
- Velika merila protoka moraju imati predviđene **alternativne metode za proveru**
- Neodgovor: Kada ste zadnji put proverili vaša merila protoka?
(Naredbe Ministarstva zaštite i spašavanja, čl. 52. Zakona)
Uputstvo za pregled merila na mestu korišćenja
- Ima iskustva ali **nedostaje oprema**



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Institut za hidrotehniku

Merenje protoka vode na velikim cevovodima

Dušan Prodanović

Dragutin Pavlović