



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu  
Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo



## **Elektromagnetne sonde za merenje protoka otpadnih voda – primer Beogradske Kanalizacije**

Mile Cvitkovac, Dušan Prodanović  
Veljko Vučurević



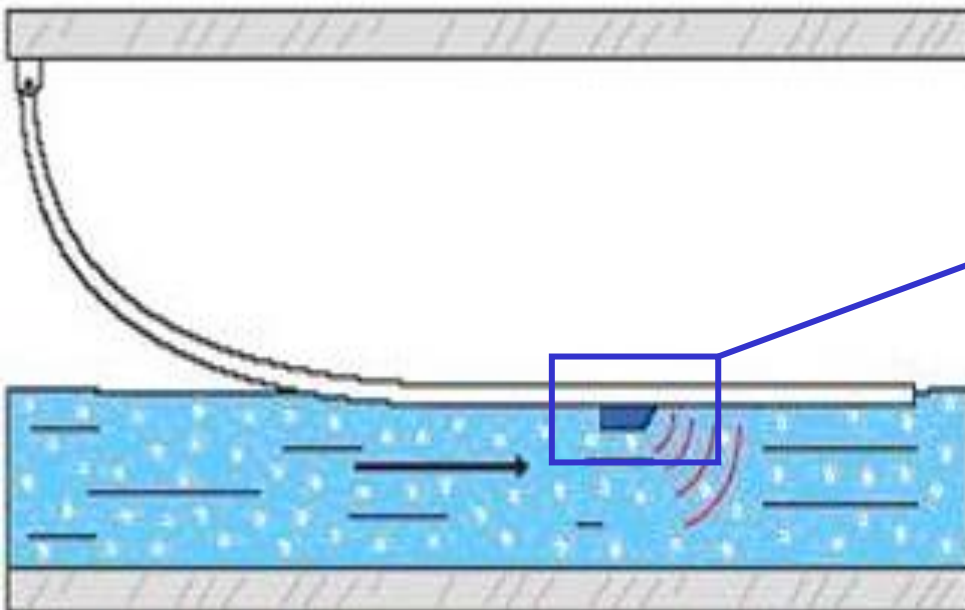
**VODOVODNI I KANALIZACIONI SISTEMI – JAHORINA 2010**

**Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo**



# Opis problema – merenje Q u kanalizaciji

- BG kanalizacija je veliki sistem (15.000 ha, 204 km velikih i 1.400 manjih kolektora) pa treba **monitoring**
- Postavljeno 8 mernih mesta tokom 2007.
- Koristi se UZV Doppler metoda merenja brzine





# Opis problema – merenje Q u kanalizaciji

- BG kanalizacija je veliki sistem (15.000 ha,

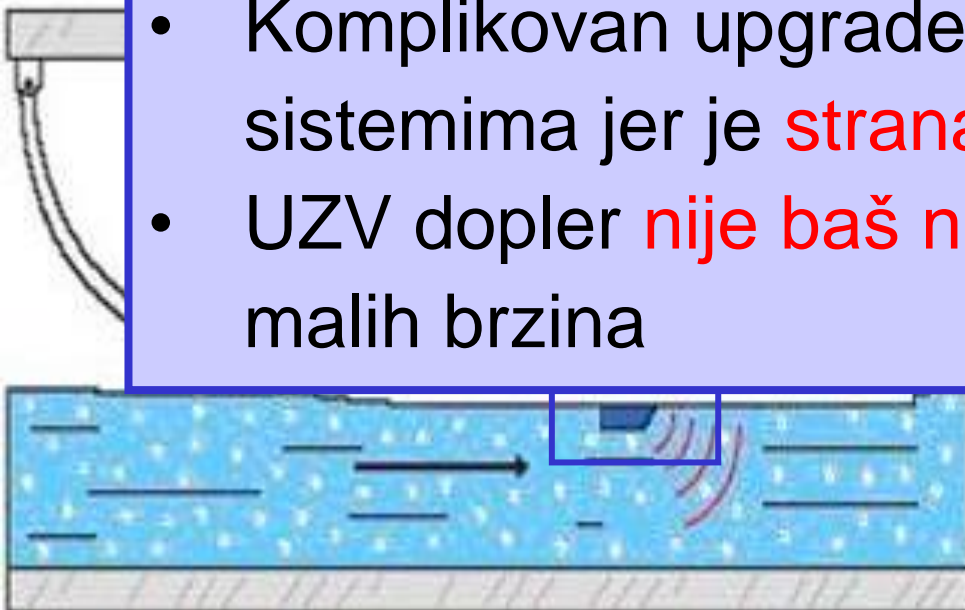
Sistem (uglavnom) radi – ali **treba održavanje!**

Domaća oprema i SCADA

Problemi:

- Skupo održavanje jer je **strana oprema**
- Komplikovan upgrade i povezivanje sa drugim sistemima jer je **strana oprema**
- UZV dopler **nije baš najtačniji**, posebno kod malih brzina

Elektromagnetne sonde

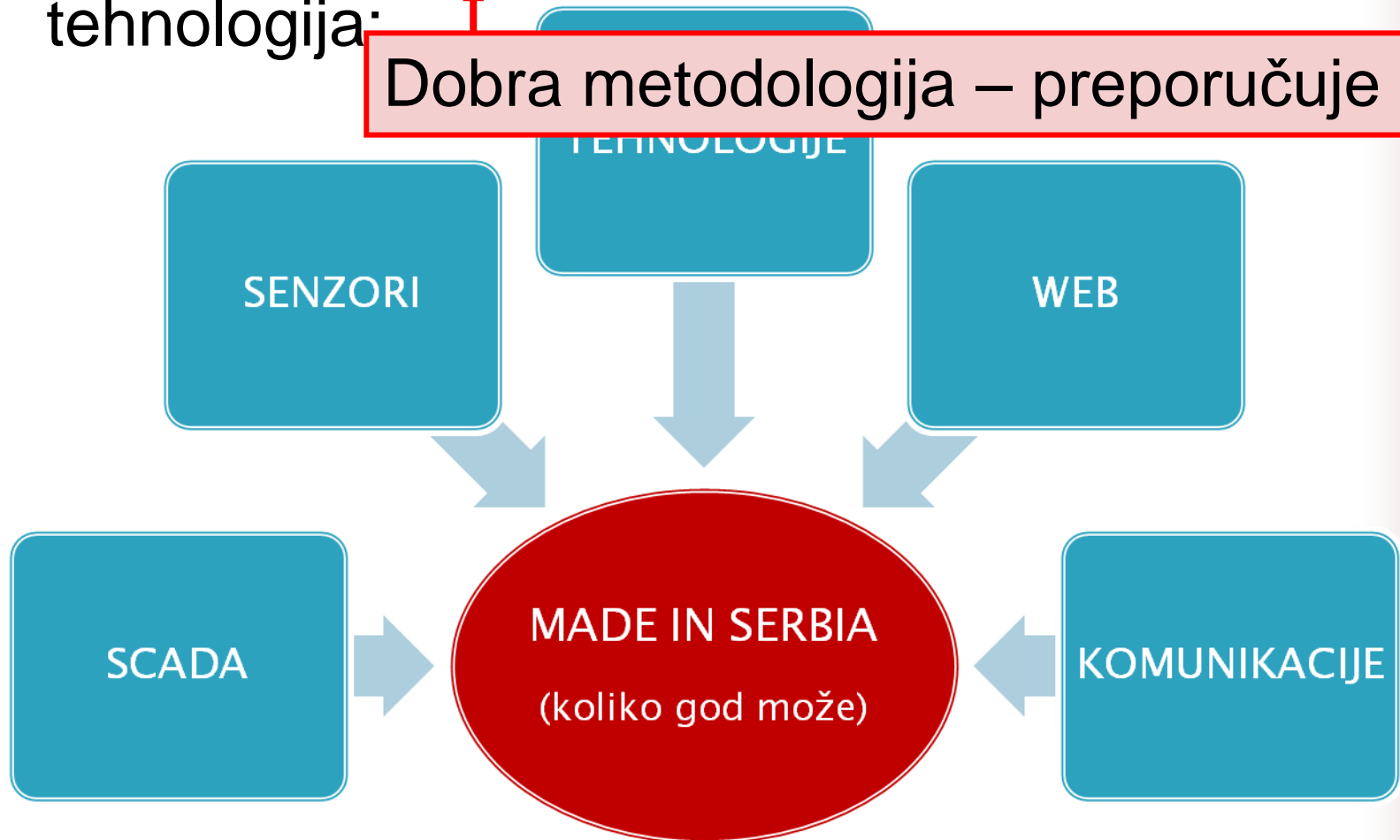




# Razvoj domaće pameti – merenje Q

- BG kanalizacija i Ministarstvo nauke RS su kroz **Naučni projekat** pomogli razvoj novih tehnologija:

Dobra metodologija – preporučuje se!





# Razvoj domaće pameti – merenje Q

- BG kanalizacija i Ministarstvo nauke RS su kroz Naučni projekat pomogli razvoj novih tehnologija:
- **Institut “Mihajlo Pupin”** – SCADA i telemetrija

GSM-GPRS

Mala merna stanica  
“ATLAS”





# Razvoj domaće pameti – merenje Q

- BG kanalizacija i Ministarstvo nauke RS su kroz Naučni projekat pomogli razvoj novih tehnologija:
- Institut “Mihajlo Pupin” – SCADA i telemetrija
- **Svet Instrumenata (Beograd)** – EM sonde







# Razvoj domaće pameti – merenje Q

- BG kanalizacija i Ministarstvo nauke RS su kroz Naučni projekat pomogli razvoj novih tehnologija:
- Institut “Mihajlo Pupin” – SCADA i telemetrija
- Svet Instrumenata (Beograd) – EM sonde
- **Građevinski fakultet Beograd** – know-how





# Elektromagnetne sonde za brzinu vode

- Elektromagnetne (EM) štap sonde za merenje brzine vode se već standardno koristi u vodovodima

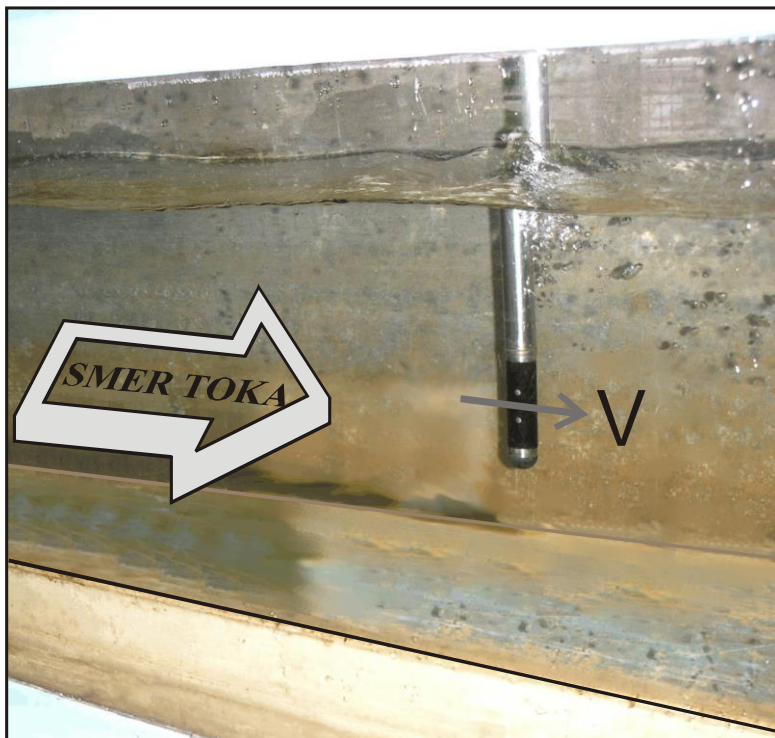






# Elektromagnetne sonde za brzinu vode

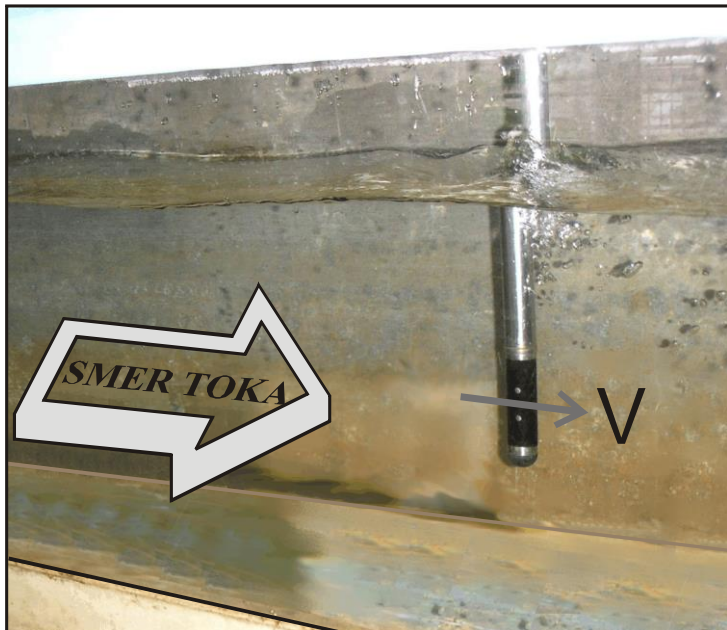
- Elektromagnetne (EM) štap sonde za merenje brzine vode se već standardno koristi u vodovodima
- Može i **u otvorenom toku**





# Elektromagnetne sonde za brzinu vode

- Elektromagnetne (EM) sonde za merenje brzine vode standardno koristi u vodovodima
- Može i u otvorenom toku

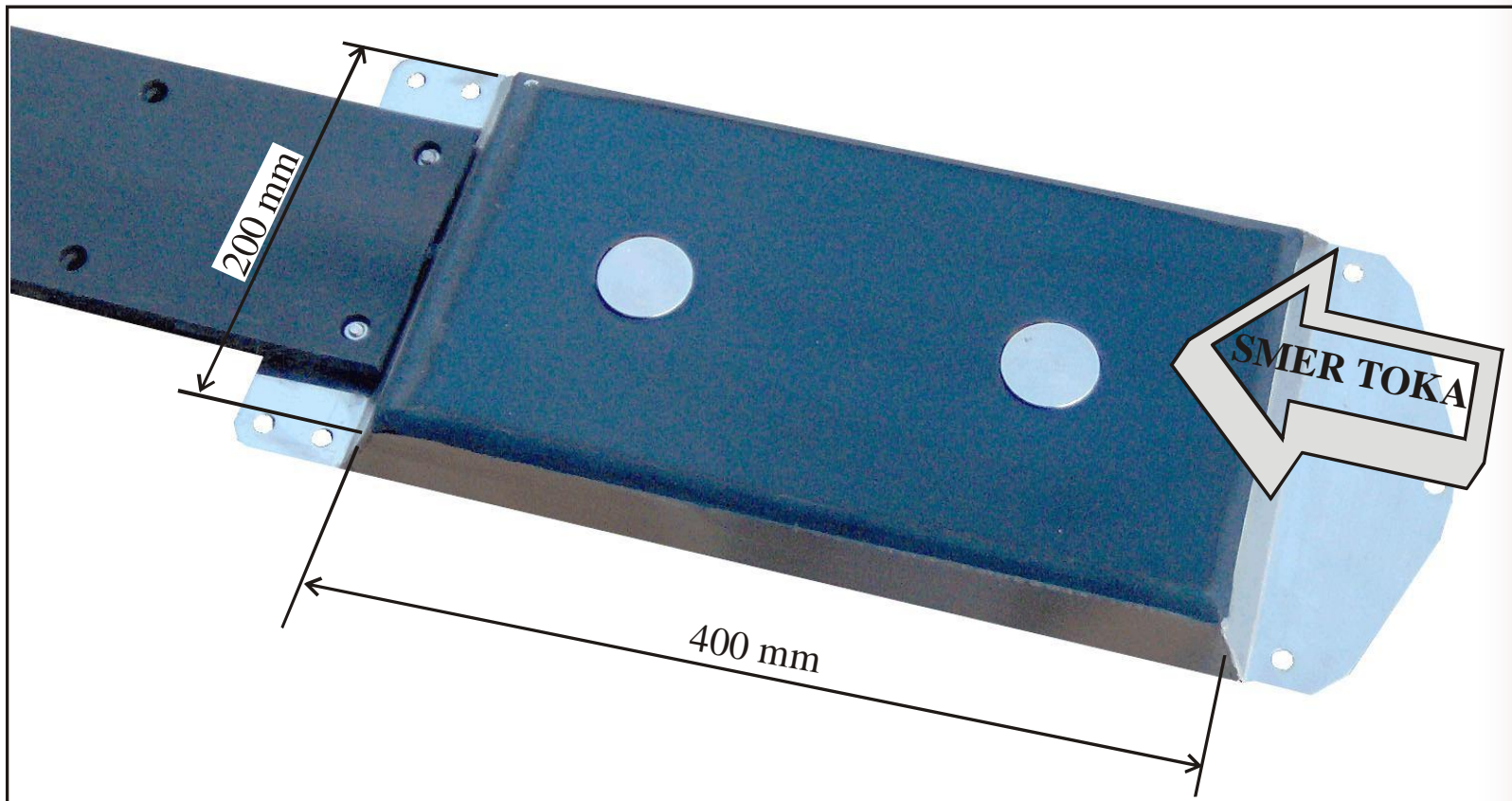


Mada se ne preporučuje!



# Elektromagnetne ravne sonde

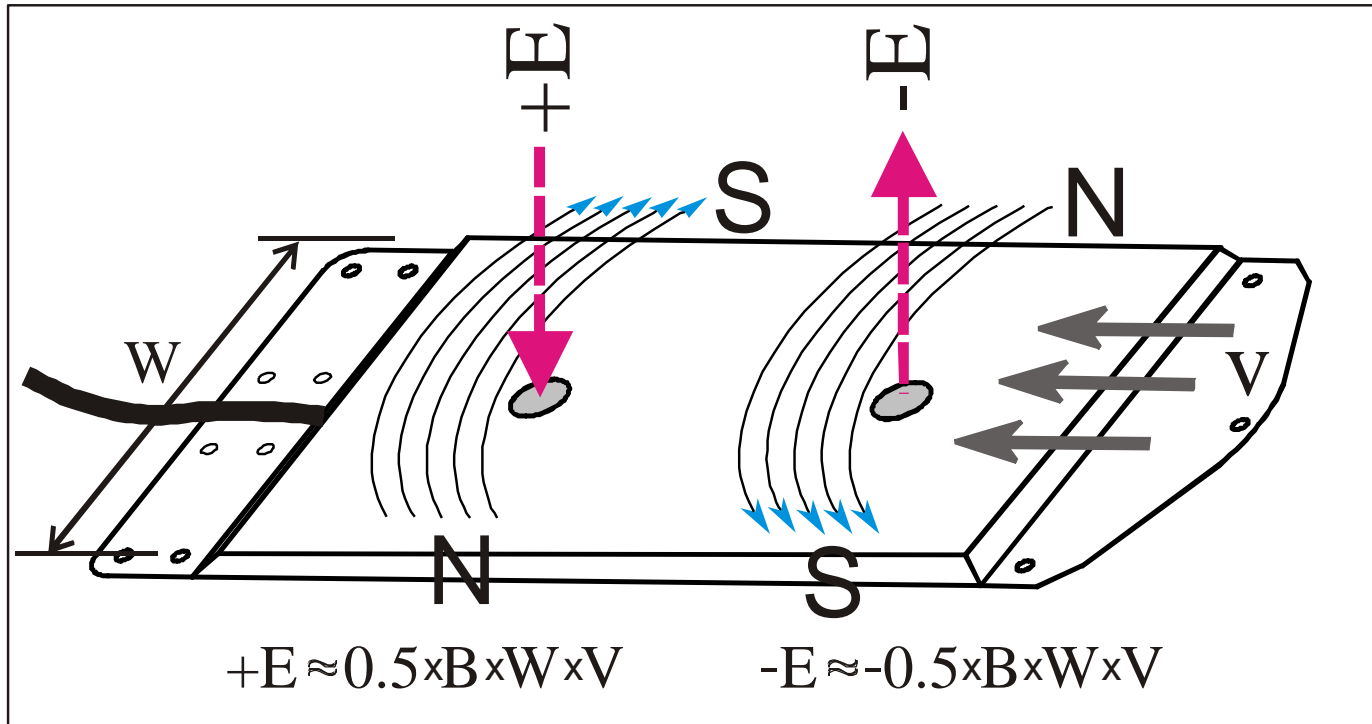
- Rešenje su EM ravne (**flat**) sonde za merenje brzine vode
- Montiraju se uza zid kolektora





# Elektromagnetne ravne sonde

- EM ravne sonde – princip rada kao i kod štapaste sonde
- Jače magnetno polje – “dublje” merenje brzina
- Konstrukcija takva da se ne kači prljavština

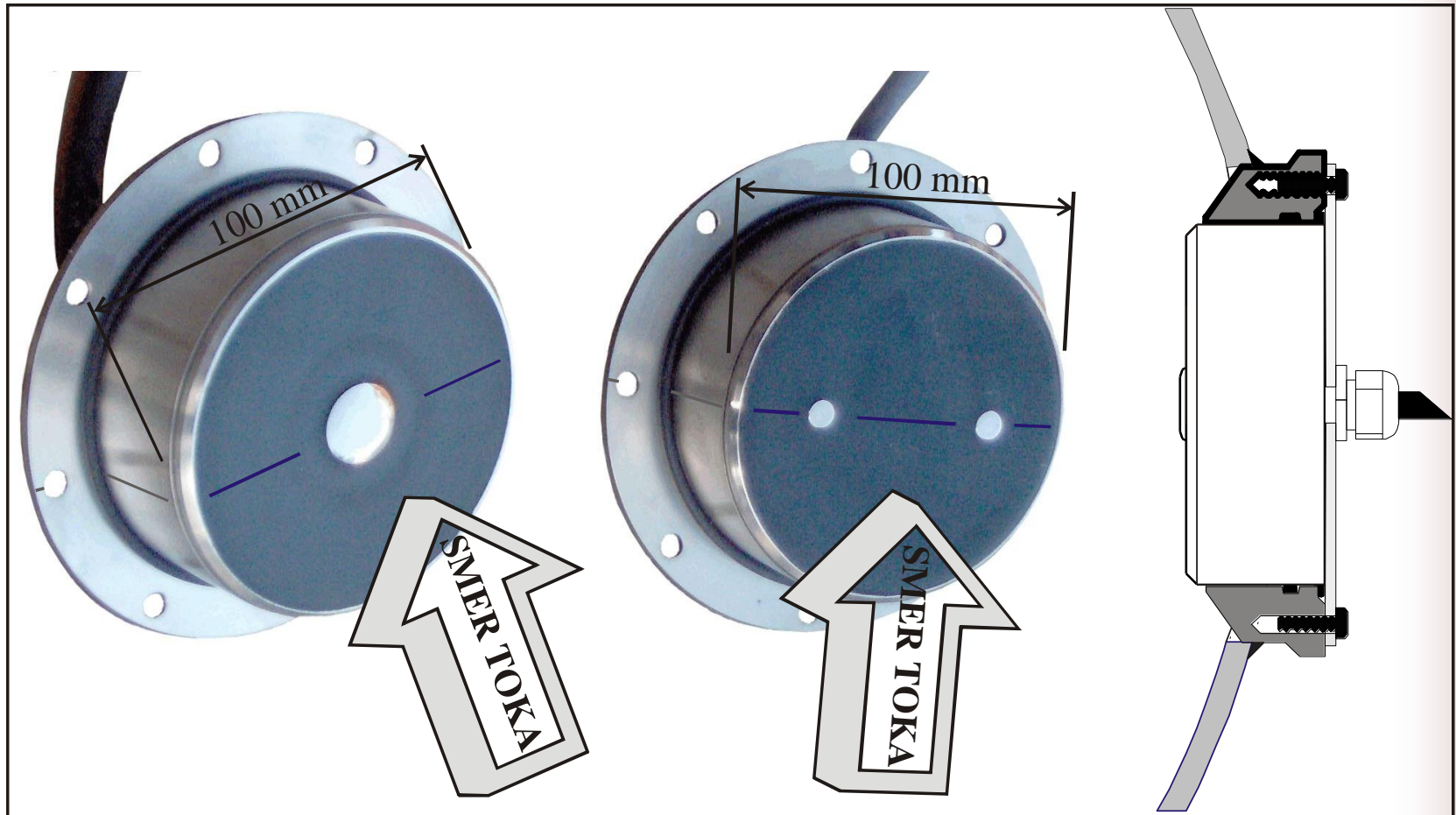






# Elektromagnetne ravne sonde

- EM ravne sonde – mogu i kružnog oblika
- Pogodne za potisne cevovode

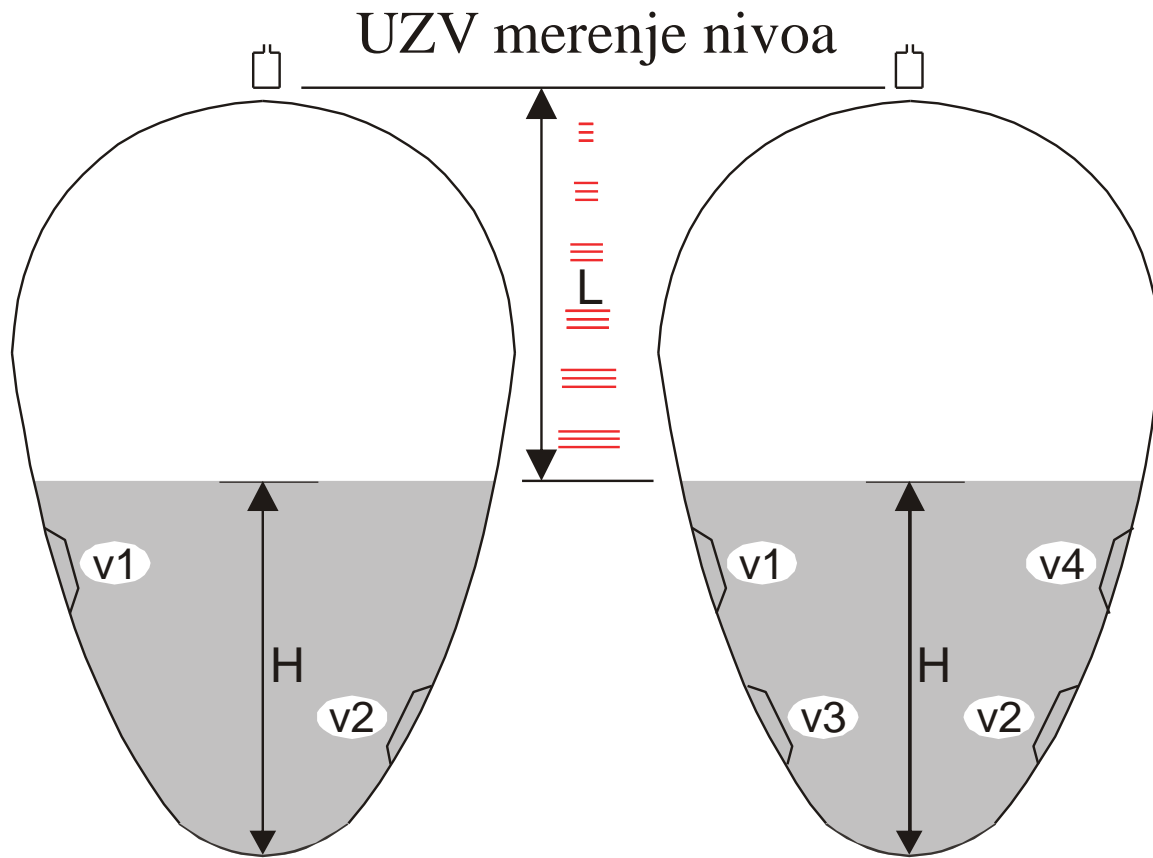






# Elektromagnetne ravne sonde

- Sonde su tako napravljene da može više njih da radi u jednom preseku kolektora



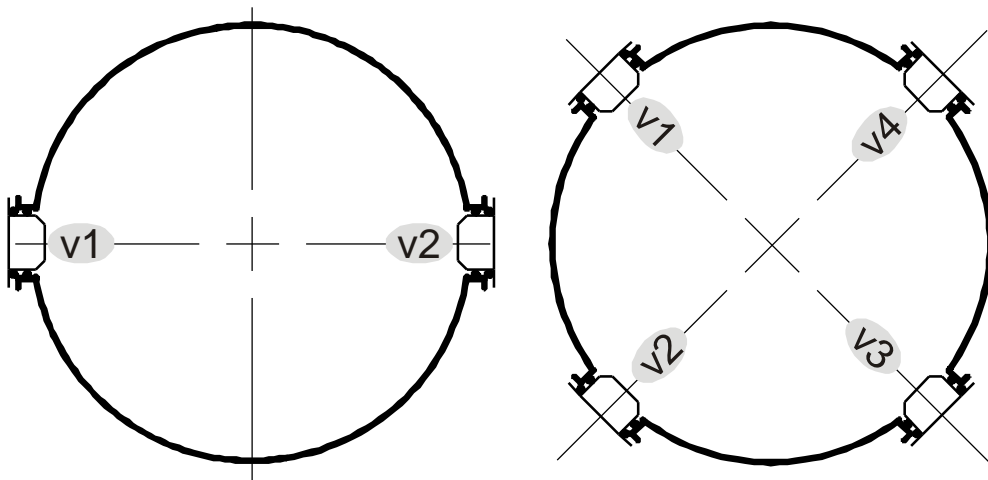
Što više sonde,  
to bolje merenje!

Merenje u kolektoru sa 2 ili 4 sonde



# Elektromagnetne ravne sonde

- Sonde su tako napravljene da može više njih da radi u jednom preseku kolektora ili cevovoda



Što više sondi,  
to bolje merenje!

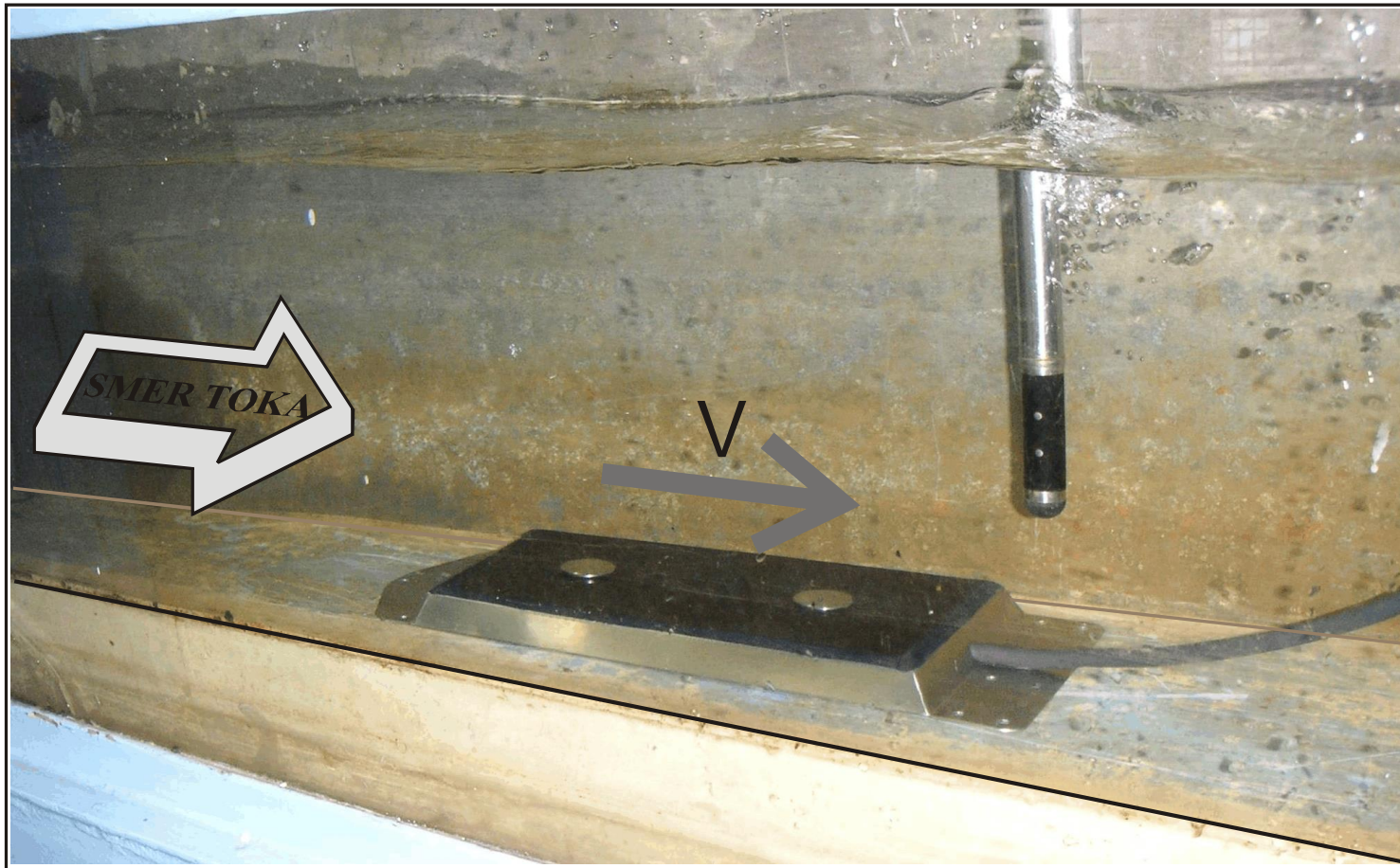
Može da meri i  
potopljenost sondi  
kao i elektro-  
provodnost vode!

Merenje u cevovodu sa 2 ili 4 sonde



# Elektromagnetne ravne sonde - testiranje

- Sve sonde su tokom razvoja testirane u Laboratoriji Građevinskog fakulteta

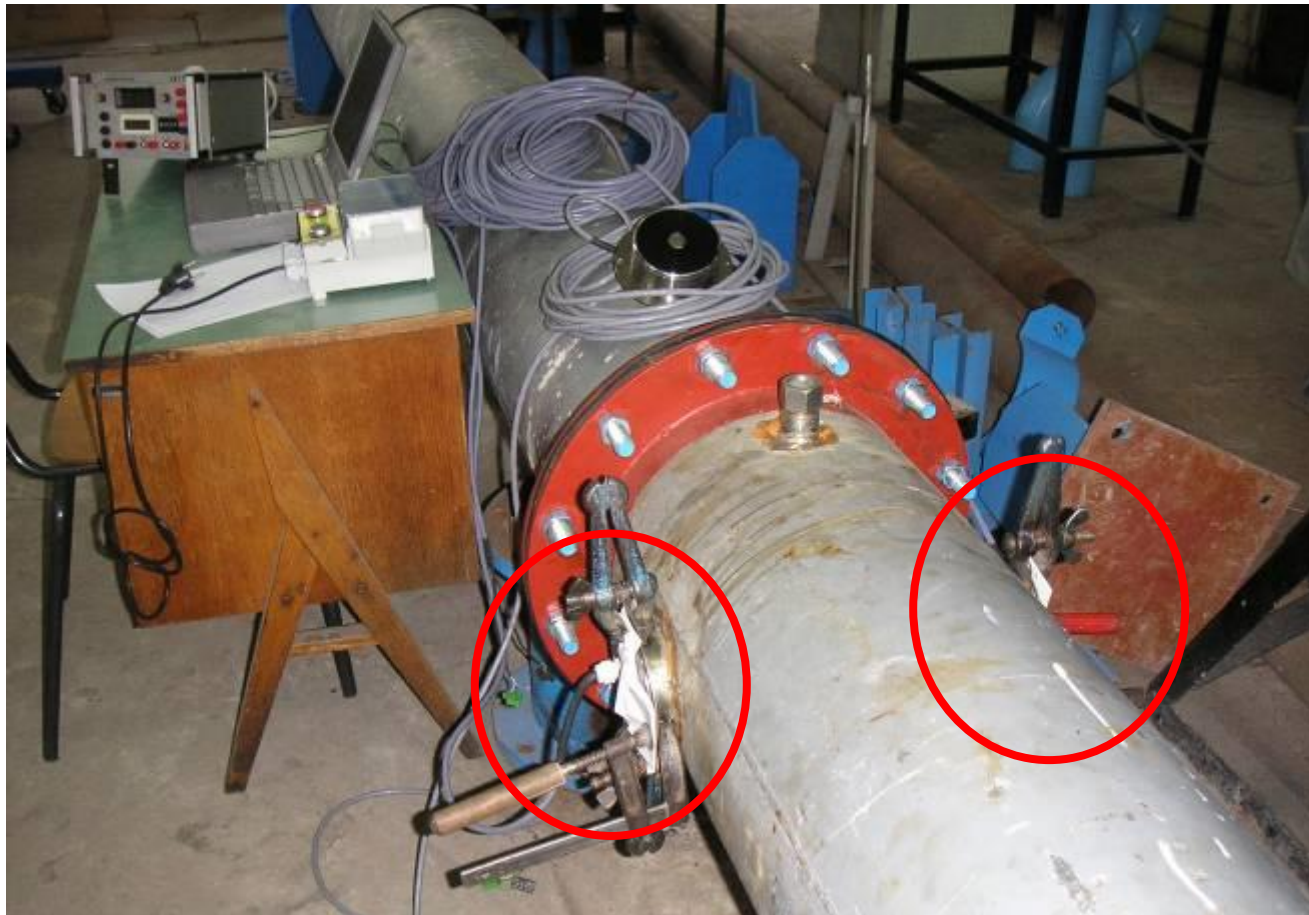


Provera  
dubine  
prodiranja  
polja i  
integracije  
brzine



# Elektromagnetne ravne sonde - testiranje

- Sve sonde su tokom razvoja testirane u Laboratoriji Građevinskog fakulteta



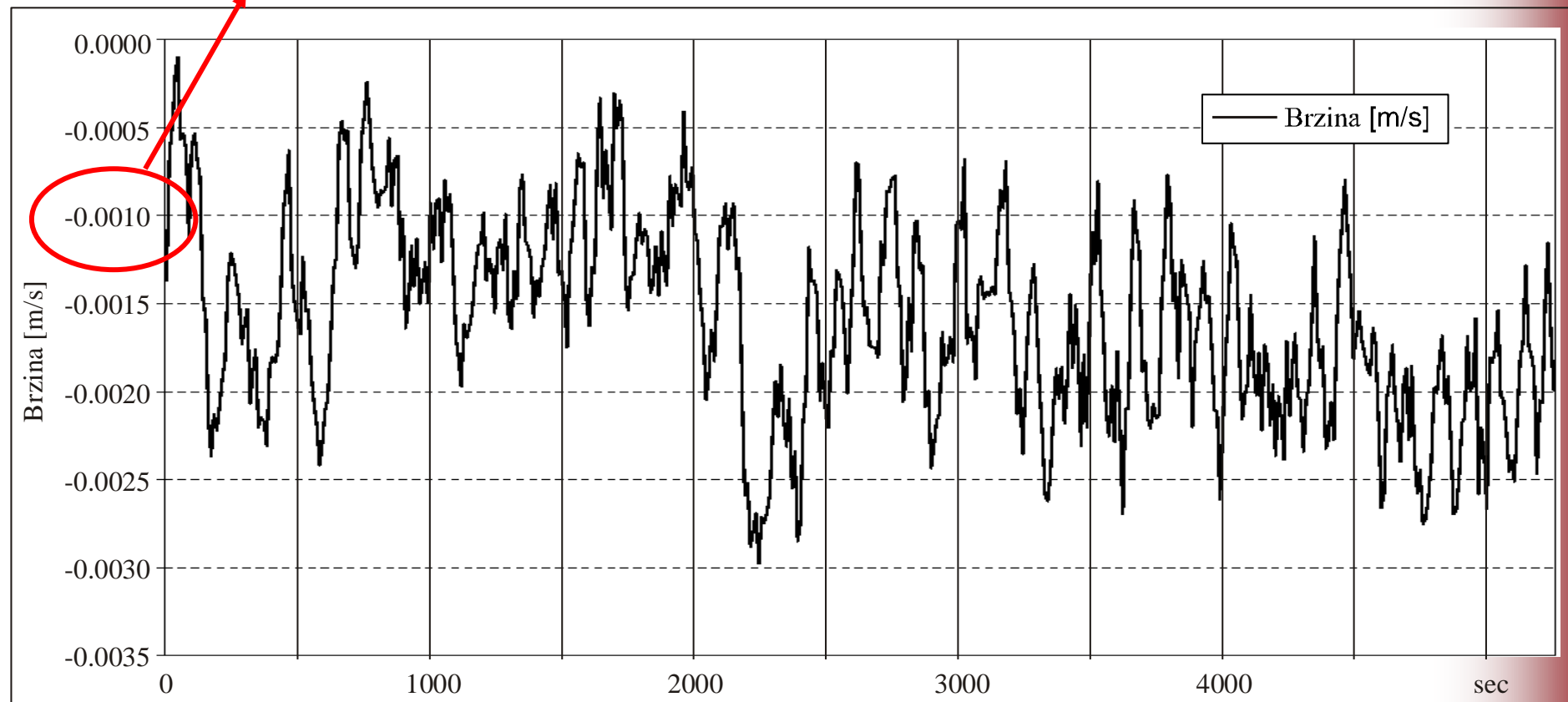
Kalibracija  
sondi kada  
rade u paru



# Elektromagnetne ravne sonde - testiranje

- Provera šuma... **izvanredno** ponašanje!

Obratiti pažnju: milimetri u sekundi pri  $\Delta t=10s$ !

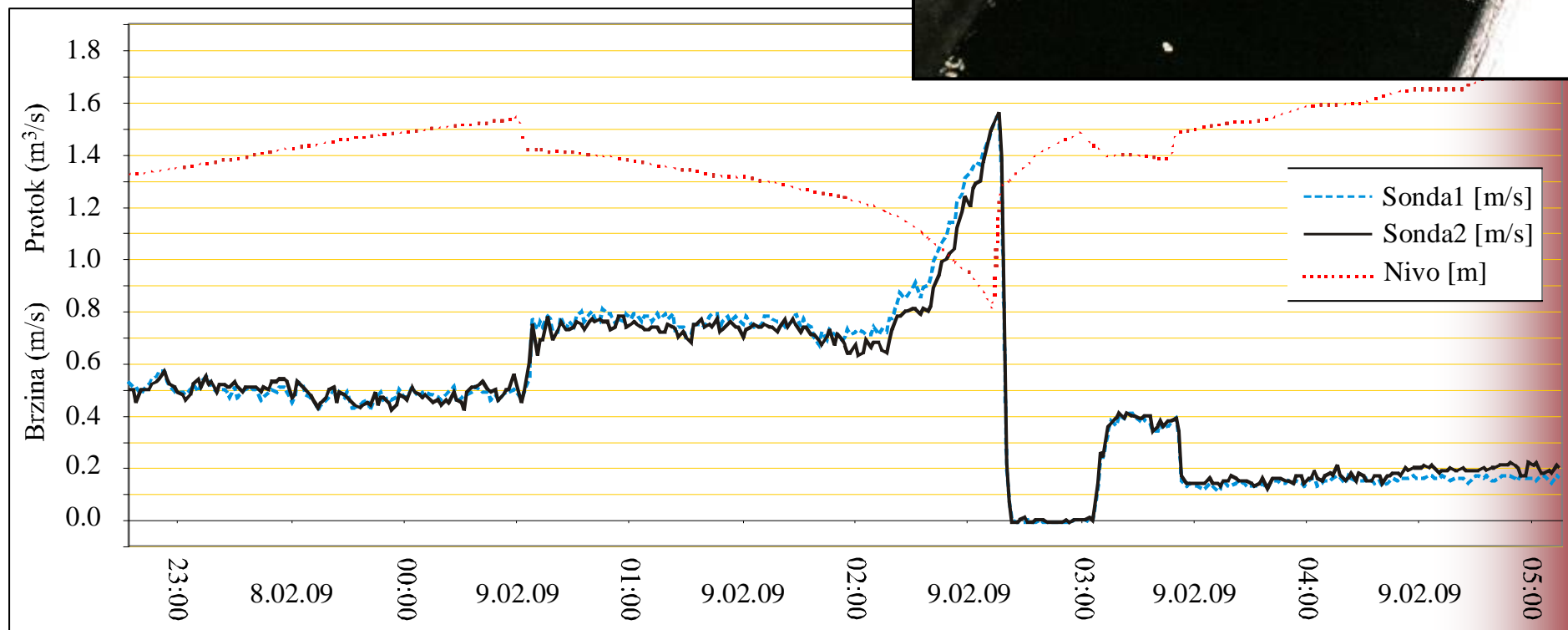






# EM ravne sonde – rezultati merenja

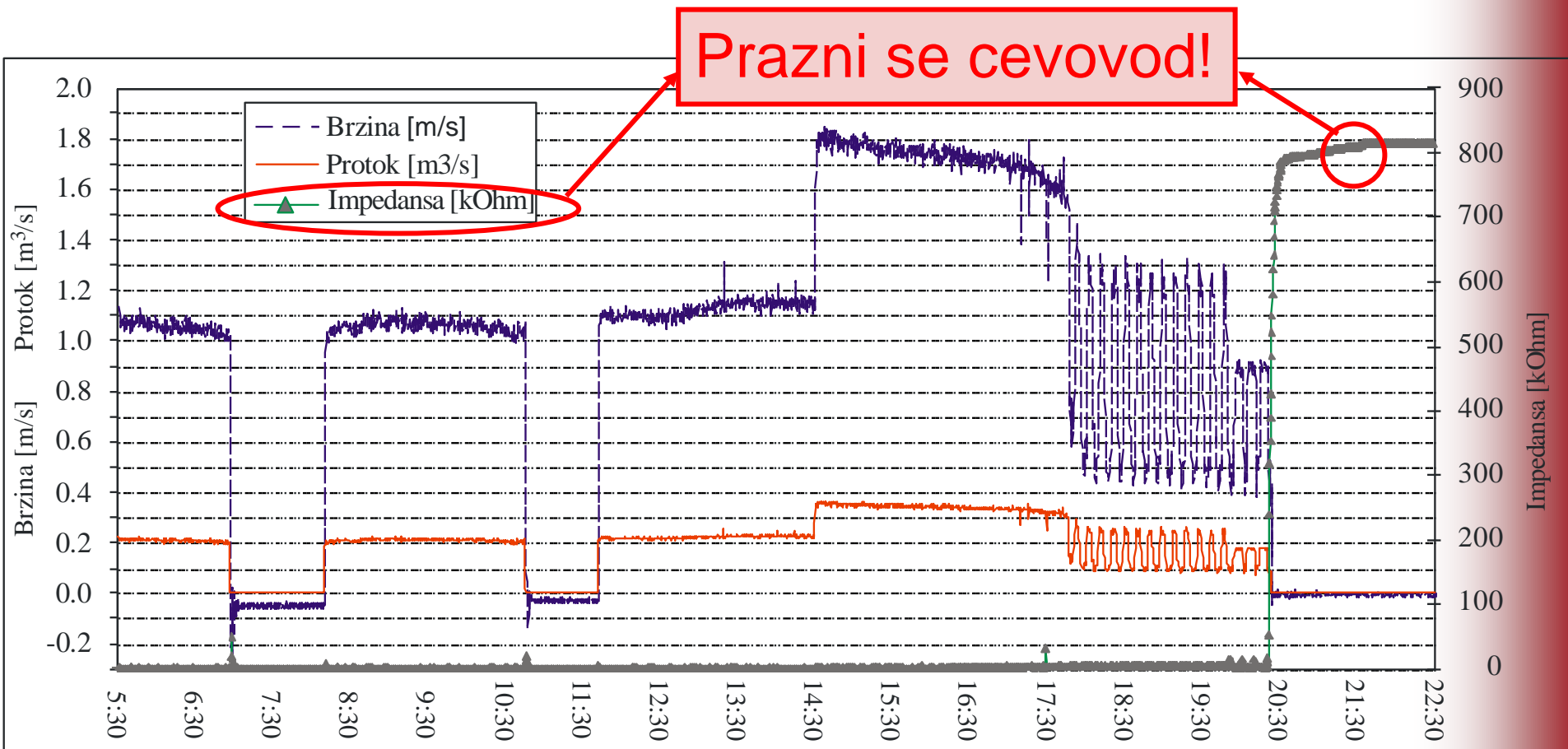
- **KCS Ušće** – ulaz u crpni bazen, kolektor 110x165
- Dve sonde na bokovima na dubini 30cm





# EM ravne sonde – rezultati merenja

- KCS Zemun polje – dva potisa FI 500
- Dve sonde na bokovima cevovoda





# EM ravne sonde – rezultati merenja

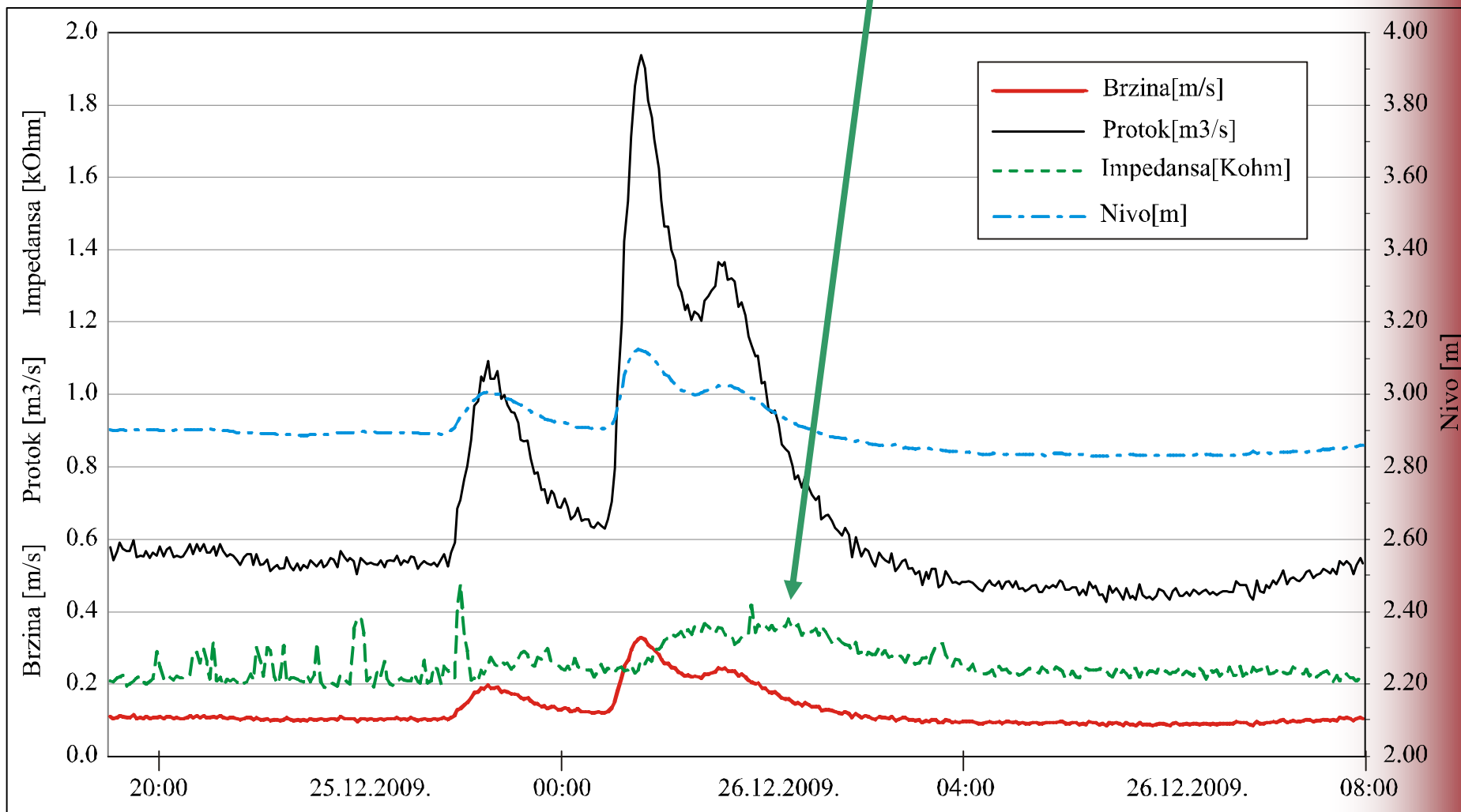
- Ispust Istovarište –  
ispust u Dunav,  
kolektor 300x450
- Dve sonde na  
bokovima, na  
različitim dubinama
- Veliki problem je  
uspor od Dunava  
ali i od nasipanja  
betona i drugog  
šuta!





# EM ravne sonde – rezultati merjenja

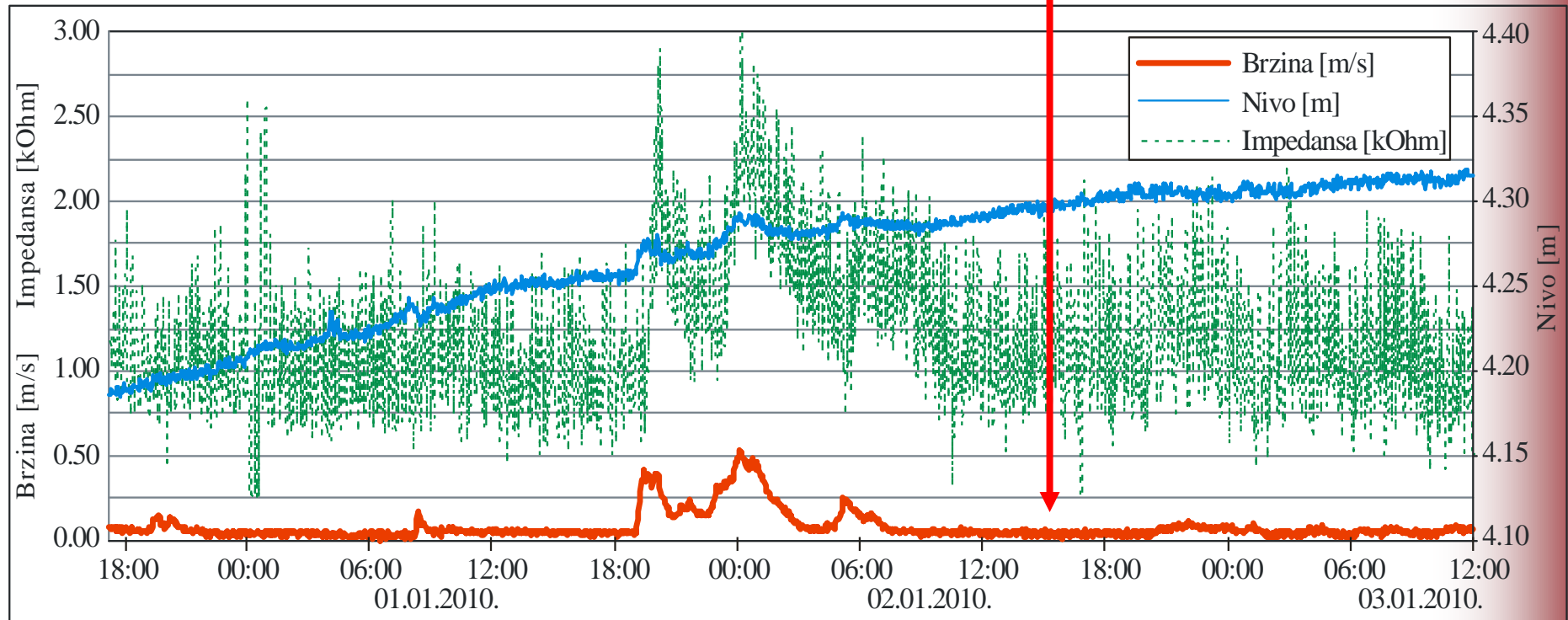
- Ispust Istovarišče – Impedansa čiste vode raste





# EM ravne sonde – rezultati merjenja

- Ispust Istovarište – Raste polako kota Dunava
- Brzine su veoma male – oko **2 do 5 cm/s!**

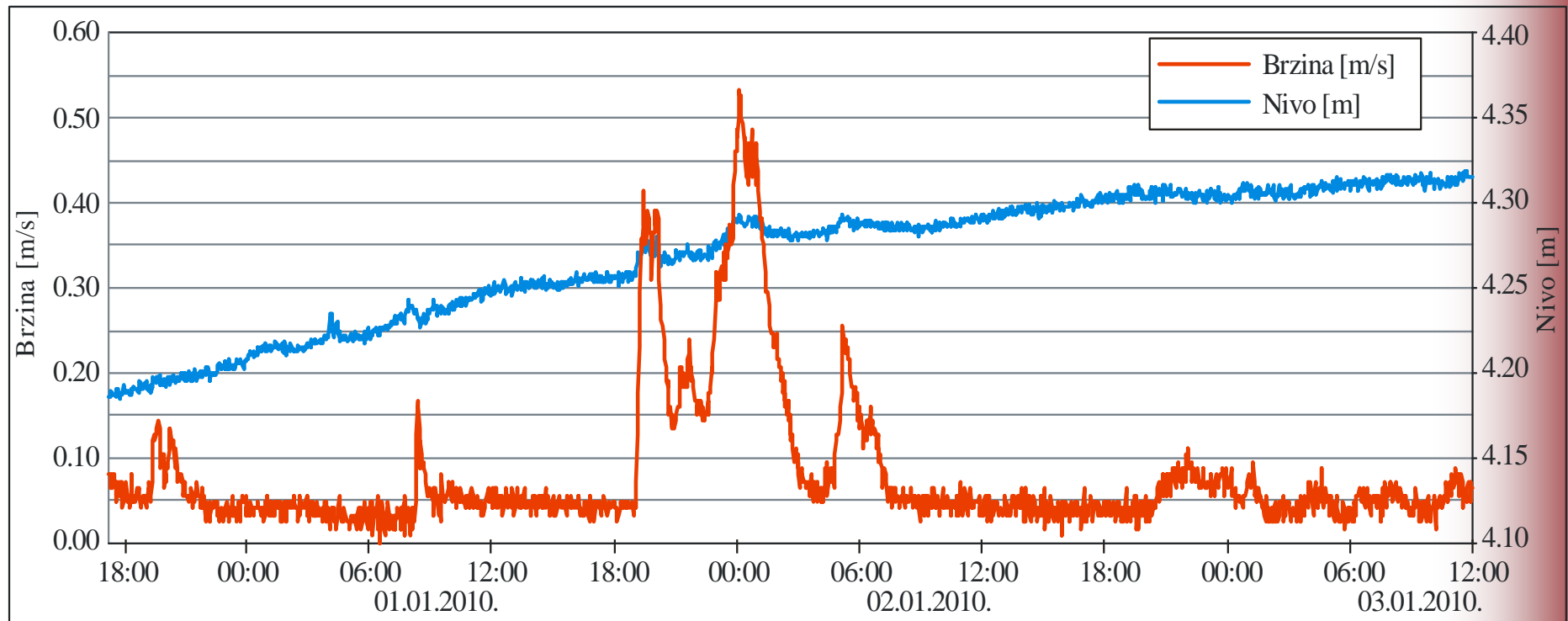






# EM ravne sonde – rezultati merenja

- Ispust Istovarište – Raste polako kota Dunava
- Brzine su veoma male – oko **2 do 5 cm/s!**
- Ista slika, sa promenjenom skalom za brzine





# EM ravne sonde – rezultati merenja

- **Ispust Istovarište** – Raste polako kota Dunava

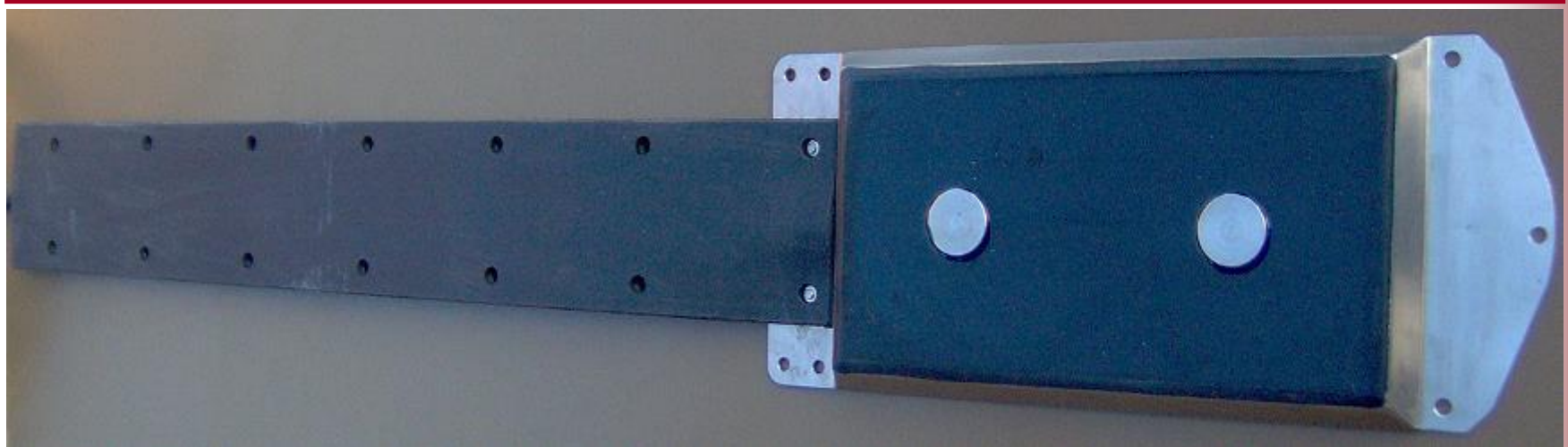
## Zaključak:

- EM ravne sonde se mogu uspešno koristiti
- Dobro mere male brzine
- Nizak šum
- Otporne na prljanje (rade i kroz nanos)
- Veće ili manje sonde, više sondi u profilu
- Domaća proizvodnja i servis
- Montaža može biti problem

Brzina [m/s]



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu  
Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo



## **Elektromagnetne sonde za merenje protoka otpadnih voda – primer Beogradske Kanalizacije**

Mile Cvitkovac, Dušan Prodanović  
Veljko Vučurević



**VODOVODNI I KANALIZACIONI SISTEMI – JAHORINA 2010**

**Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo**