

VEŽBA 6

Naziv vežbe	ODREĐIVANJE PROTOKA PREKO MERENOG PROFILA BRZINA
Trajanje vežbe	30'
Potrebno predznanje	Osnovne transformacije u geometriji
Broj studenata	4
Cilj vežbe	U ovoj vežbi je potrebno odrediti profil brzina uspostavljanog na mernoj instalaciji na definisanom preseku i izračunati protok kroz instalaciju. Merenje se obavlja ultrazvučnom sondom za merenje brzina u tački, dok se profil brzina dobija interpolacijom.

TEORIJSKE OSNOVE

Merenje polja brzina turbulentnog toka je izuzetan izazov, čak i danas, na početku 21. veka. Niz metoda je razvijeno poslednjih decenija u cilju što tačnijeg i elegantnijeg merenja, ali ni jedna metoda se ne može smatrati univerzalnom i adekvatnom za sve slučajeve koji se mogu javiti. Merenje polja brzina se može podeliti u dve velike grupe: 1) postorno merenje u kom se u jednom trenutku meri čitavo polje brzina i 2) merenje brzine u tački kroz vreme. Jedna od metoda merenje brzine u tački je i ultrazvučna anemometrija u kojoj se prati ultrazvučni signal odbijen od čestica koje se kreću sa vodom.

Trenutne vrednosti izmerenih brzina u izabranoj tački potrebno je podeliti na dva dela: 1) srednju vrednost i 2) fluktuacije brzina. Fluktuacije brzina predstavljaju informaciju o turbulenciji koja se obično izražava kao statistička veličina:

$$\begin{aligned}u_x &= \bar{u}_x + u'_x \\u_y &= \bar{u}_y + u'_y \\u_z &= \bar{u}_z + u'_z\end{aligned}$$

Potrebno je meriti dovoljno dugo da srednja vrednost ne zavisi od intenziteta turbulencije, već da se za svako duže vreme merenja od izabranog dobija ista srednja vrednost.

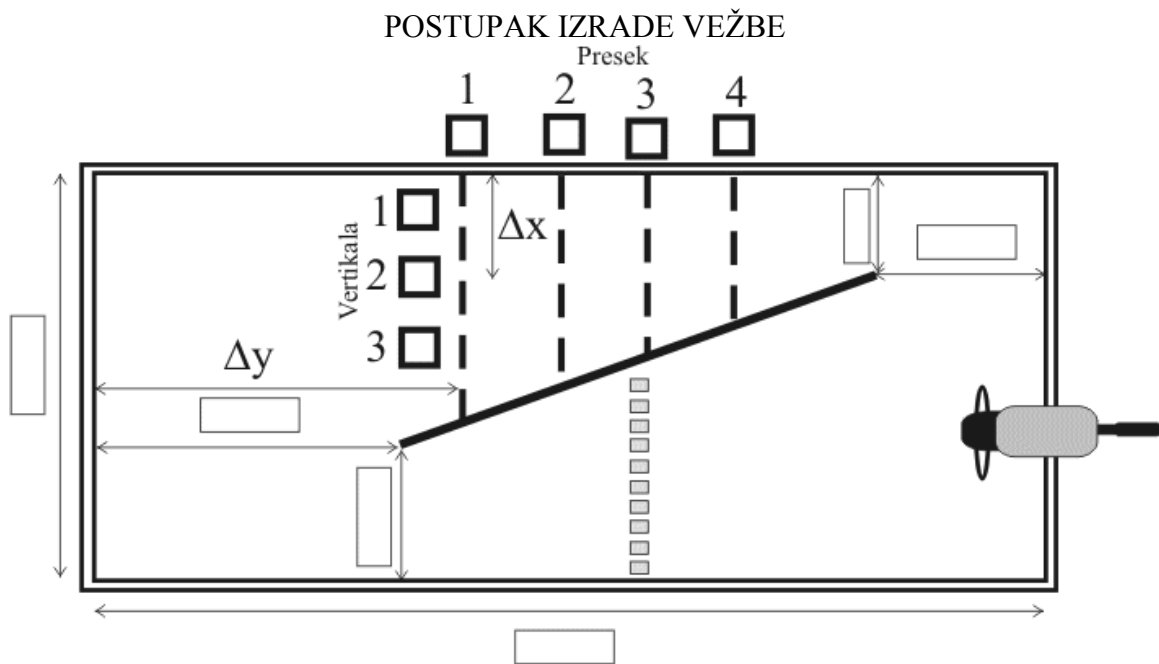
Definicija protoka podrazumeva sumu proizvoda elementarnih površina i pripadajućih osrednjenih brzina:

$$Q = \int_A \bar{u} \bar{n} dA = \sum_{i=1}^n u_i A_i$$

, gde je u_i komponenta brzine u pravcu normale na površ A_i , \vec{n} ort normale na površ elementarne ravni dA . Propagacija neodređenosti od merenih vrednosti do rezultata linearne funkcije u kojoj učestvuju merene vrednosti ($f = \sum_{i=1}^n a_i x_i$) se može odredit pomoću formule:

$$\delta_f^2 = \sum_{i=1}^n a_i^2 \delta_i^2$$

, gde je δ_f neodređenost rezultata, a $\delta_i = \frac{\sigma_i}{\sqrt{N}}$ neodređenosti merenih vrednosti.



Vežba se izvodi na instalaciji na kojoj se nalazi sistem za pozicioniranje ultrazvučne 3D sonde. Složeno strujanje je uspostavljeno mešanjem vode propelerom električnog motora za čamac (vidi sliku). U zadatim profilima odrediti pozicije mernih vertikala i pozicije tačaka u kojima je potrebno izmeriti brzine. Brzine se osrednjavaju u realnom vremenu pomoću odgovarajućeg softvera. Pored statističkih pokazatelja sve tri komponente brzina, moguće je izdvojiti i čitave vremenske serije merenih brzina i analizirati ih.

KORACI PRI IZRADI VEŽBE

1. Postaviti merni uređaj u za to predviđen nosač. Voditi računa da se glava uređaja ne ošteti
2. Priključiti merni uređaj na ručunar i proveriti njegov rad. Podesiti parametre i startovati prikupljanje podataka
3. Uključiti motor i sačekati da se polje brzina ustali
4. Podeliti širinu poprečnog preseka na tri dela i odrediti tri vertikale za merenje brzina. Podeliti dubinu vode na pet delova i definisati četiri merne tačke po vertikali.

5. Postaviti merni uređaj na predviđenu poziciju koja odgovara tački u kojoj se određuje brzina. Poziciju odrediti merenjem koliko je sonda podignuta od najniže tačke na nosaču. Poziciju (rastojanje od dna) merne tačke odrediti prema formuli $z = h + 3 - 5$, gde je h visina za koju je sonda podignuta, 3 cm je odstojanje glave sonde kada je ona spuštena u najniži položaj, dok je 5 cm odstojanje kontrolne zapremine od glave sonde.
6. Rotirati merni uređaj tako da x pravac koordinatnog sistema uređaja bude u pravcu normale na presek (crveni marker). Na taj način je izolovana x komponenta brzine koja je dominantna u proračunu protoka
7. Očitati vrednost srednje brzine i standardne devijacije x komponente brzine
8. Upisati izmerene vrednosti u za to predviđena mesta na skicama
9. Ponoviti korake 4-7 za sve predviđene tačke u preseku
10. Za jednu odabranu tačku snimiti seriju merenih podataka u trajanju od 10 sekundi radi dalje analize

REZULTATI MERENJA

Pozicija preseka od ivice rezervoara (Δy): _____ cm

Širina preseka: _____ cm

Dubina preseka: _____ cm

Odstojanje vertikalne od zida rezervoara (Δx): _____ cm

	No merenja	
Pozicija	sr. vrednost	st. devijacija

Slika 1: Izmerene brzine i pokazatelji statistički pokazatelji turbulencije

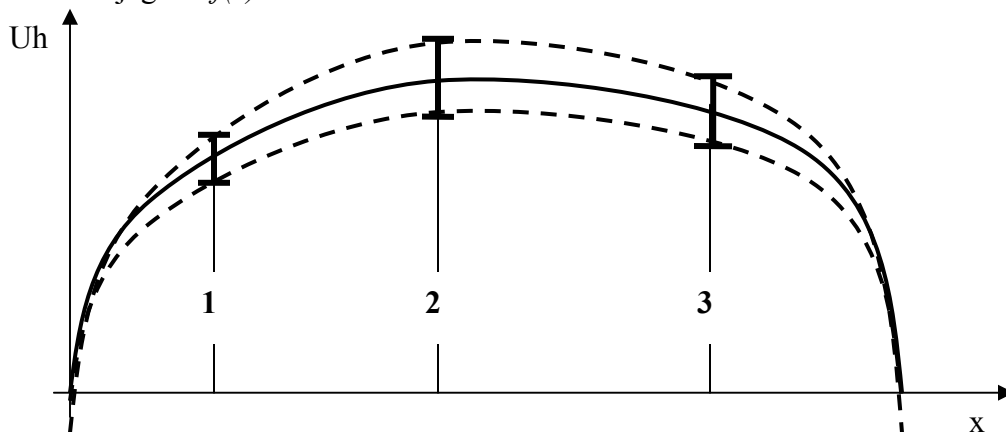
Na priloženom dijagramu upisati pozicije mernih tačaka (odstojanje od dna) i izmerene brzine i njihove standardne devijacije na vertikali. U blizini zida pretpostaviti logaritamsku raspodelu brzina. Pri crtanju profila brzina nacrtati i neodređenost u vidu intervala.

UPUTSTVO ZA PRORAČUN PROTOKA

Protok izračunavaju svi studenti koji su bili uključeni u merenje brzine na jednom poprečnom preseku. Za svaku vertikalnu izračunati srednje brzine po vertikalama (uključiti i neodređenosti u vidu intervala) po formuli:

$$U = \frac{1}{h} \int_0^h u dy$$

, gde je U srednja brzina u poprečnom profilu, a h dubina u vertikali. Srednje brzine izračunati na osnovu skice (slika 1), a po potrebi upotrebiti milimetarski papir. Nakon toga nacrtati dijagram $f(x)=Uh$.



Slika 2: Primer dijagrama $f(x)=Uh$

Protok izračunati kao površinu ispod dijagrama:.

$$Q = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ L/s}$$

Kao rezultat vežbe priložiti i dijagram vremenske serije brzina izmerenih u jednoj tački (v_x , v_y i v_z).