



HIDROLOGIJA

Prof. dr. sc. NEDIM SULJIĆ, dipl.ing.građ.

1

HIDROMETRIJA

•Hidrometrija → bavi se mjerenjima na vodama i primarnom obradom tih rezultata

•Osnovni zadaci hidrometrije:

- razrada metoda i pribora za određivanje i proučavanje režima voda
- obrađivanje podataka mjerenja
- organizacija mreže osmatračkih stanica

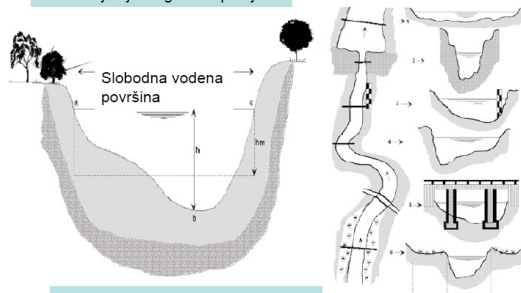
•U građevinarstvu području interesa hidrometrijska istraživanja na rijekama, jezerima i akumulacijama

•Osnovni hidrometrijski radovi:

- izbor mjesta i položaja mjerenja
- postavljanje i oprema stanica za mjerenje raznih parametara vode
- mjerenje dubina i oblika dna riječnog korita
- osmatranje kolebanja nivoa vode
- mjerenje i proučavanje brzina i smjera toka
- mjerenje i proučavanje pada vodnog ogledala i t d

2

Geometrija riječnog korita-presjek



Opće karakteristike:

Površina profila A
Omočeni opseg O
Hidraulički radijus $R=A/O$

3

PRIRODNA KORITA

HRAPAVOST KORITA

STANJE KORITA	n	$K = \frac{1}{n}$
Glatka korita	0.002	50
Hrapava korita	0.03	33
Prirodna korita s vegetacijom	0.05 do 0.1	20 do 10

n - koeficijent Manninga

$$K=1/n$$

MANNINGOVA FORMULA

$$Q = A \cdot V = A \cdot (R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot \frac{1}{n})$$

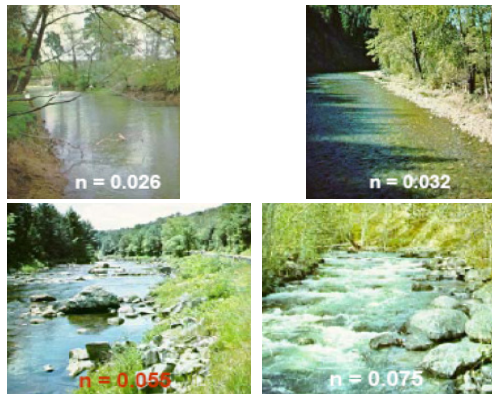
A- površina vode

R- hidraulički radijus

S- nagib vodnog lica (jednak nagibu dna)

4

HRAPAVOST KORITA-Manningov koeficijent



5

MJERENJE NIVOVA VODE (VODOSTAJ)

- Na rijekama, jezerima i morima
- Potrebe plovidbe, projektovanja i gradnje **HG** (regulacija rijeka, luke, mostovi ...)
- Vodostaj $\Rightarrow$ vertikalna razlika nivoa vode i nekog fiksnog (nultog) položaja

- Najjednostavniji uređaj za mjerenje $\Rightarrow$ vodomjerna letva
- Vodomjerna letva $\Rightarrow$ drvo, liveno željezo, čelični lim, plastika
- podjela na letvi uglavnom 2 cm
- željezne i plastične letve $\Rightarrow$ komadi po $L=1$ m'
- širina letve 150 mm

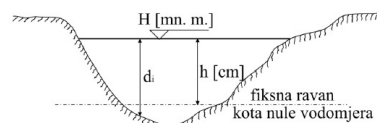


VODOMJERNE LETVE

- postavljene su duž rijeke
- jedna počinje gdje druga završava
- sve mjere u odnosu na referentnu točku



7

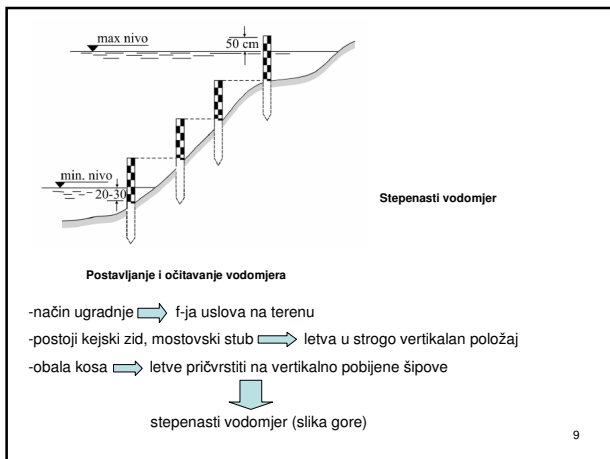


- Pokazatelj nivoa vode = **VODOSTAJ**

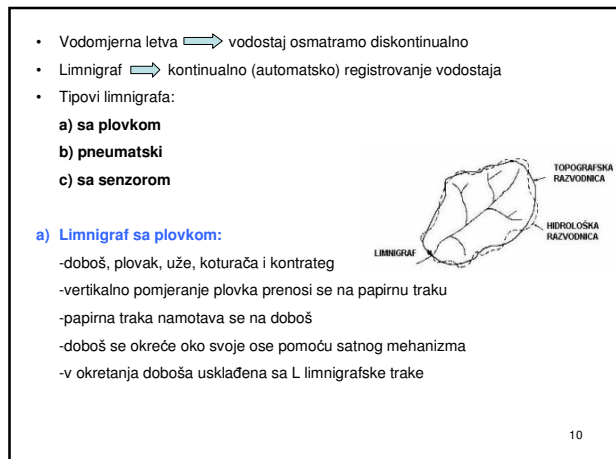
- **VODOSTAJ** $\Rightarrow$ vertikalno odstojanje od neke fiksne ravni do nivoa vode

$$H = \text{"kota nule"} + h \quad (mn.m.)$$

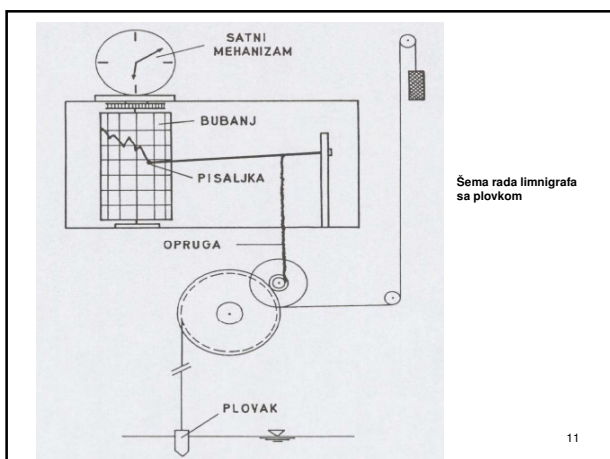
8



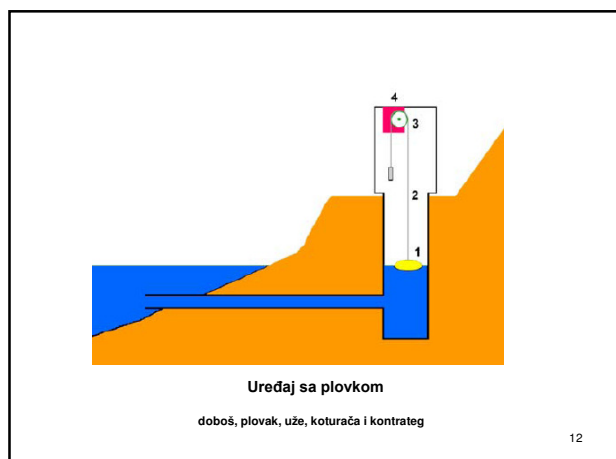
9



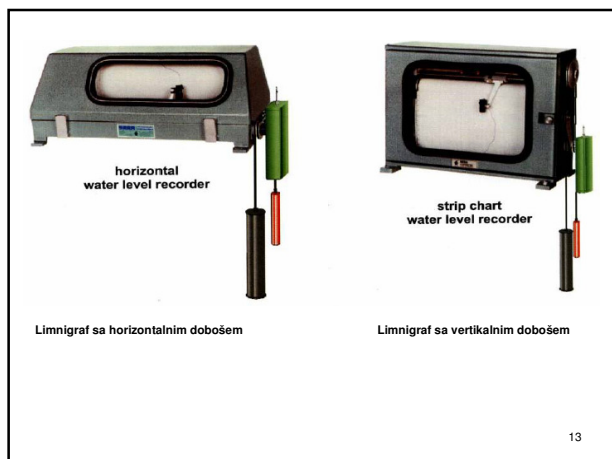
10



11



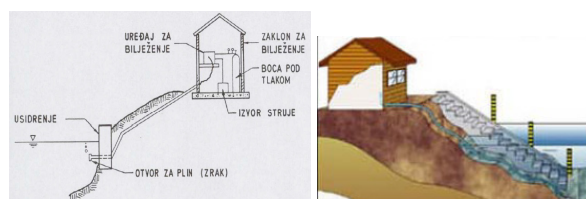
12



13

b) Pneumatski limnigraf:

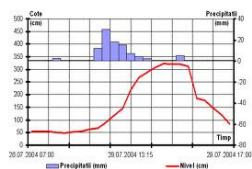
- boca sa komprimovanim zrakom
- komprimovani zrak preko reduktora pritiska potiskuje u cijev
- cijev postavljena u vodu
- iz cijevi zrak stalno izlazi u vidu mjehura



14

c) Limnigraf sa senzorom:

- nivo vode mjeri kao hidrostatički p pomoću senzora
- senzor smješten u cilindar od nehrđajućeg čelika ϕ 24 mm i L = 175 mm
- senzor sastvni dio uređaja za const. mjerenje nivoa vode
- Prednosti → jednostavna instalacija ; preciznost
- Nedostaci → treba povremena rekaliibracija ; osjetljivost membrane



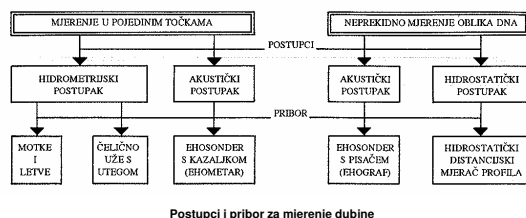
15

MJERENJE DUBINE VODE

- Dubina (d) → definišemo dno rijeke, jezera ...
- Rezultati mjerenja: a) situacije sa izobatama
izobate = linije koje spajaju mjesta istih d
b) situacije sa izohipsama
izohipse = linije koje spajaju mjesta istih visina
c) uzdužni profili
d) karakteristični PP
- Mjerenje dubine → tri operacije:
 - 1) mjerenje dubine
 - 2) određivanje pozicije tačke u kojoj mjerimo d
 - 3) mjerenje nivoa vode

16

•Mjerenje dubine $\Rightarrow$ puno postupaka i pribora:



17

•Mjerenje dubine u **POJEDINAČNIM TAČKAMA**:

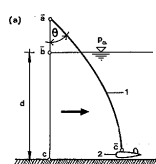
- 1) hidrometrijski postupak
- 2) akustički postupak

Hidrometrijski postupak:

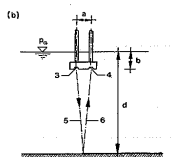
- a) Različite motke i letve (tzv. sondirke) $\Rightarrow$ obilježene na svakih 1, 2, 5 do 10 cm
- b) Granično građirano uže $\Rightarrow$ veće dubine sa plovila $\Rightarrow$ sa utegom na kraju

$\downarrow$
 mjerenje d u tekućicama $\Rightarrow$ zanošenje užeta
 $\downarrow$
 korekcijom smanjiti izmjerene dubine

18



θ [°]	$\sec \theta$ [1]	K' [1]
0	1.0000	0.0000
5	1.0038	0.0002
10	1.0154	0.0050
20	1.0642	0.0204
30	1.1547	0.0472
40	1.3054	0.0885



Primjer mjerenja dubine

- a) čelično građirano uže b) ehosonder
- 1 – uže 2 – uteg θ – ugao zanošenja 3 – predajnik 4 – prijemnik
- 5 – polazni signal 6 – povratni signal
- a – razmak prijemnika i predajnika (m) b – dubina ehosondera (m)
- t – vrijeme potrebno da ultrazvuk dođe od prijemnika do predajnika (s)

$$d = (\bar{ac} - \bar{ab} \sec \theta)(1 \div K') \quad d = b + \sqrt{\left(\frac{1}{2}ct\right)^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

c – v rasprostriranja zvuka

19

Akustički postupak:

- Koristi ehosonder sa kazaljkom
- Rad ehosondera:
 - slanje ultrazvučnog signala
 - njegovo odbijanje od dna
 - prihvatanje signala
- Brzina rasprostiranja zvuka (c) $\Rightarrow$ f -ja temperature i gustine vode

20

•NEPREKIDNO MJERENJE dubine:

- 1) akustički postupci
- 2) hidrostatski postupci

Akustički postupci:

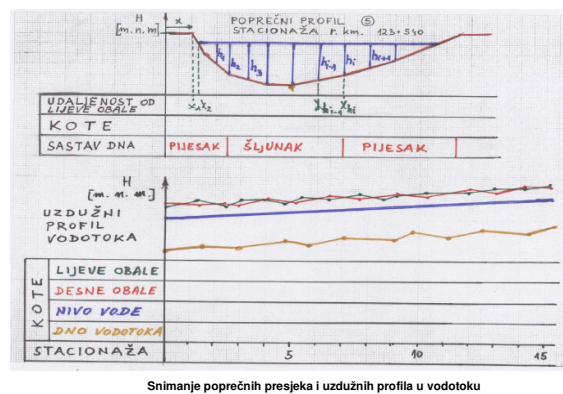
- koristi ehosonder sa pisačem



Hidrostatski postupak:

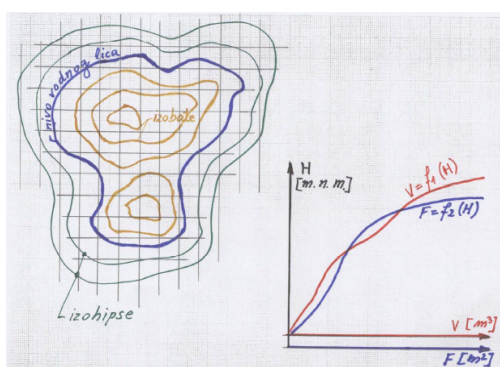
- Koristimo hidrostatski distancijski mjerac profila
- Mjerenje sa plovila pomoću sonde za praćenje dna
- Oblik sonde hidrodinamičan $\Rightarrow$ što manji otpor pri kretanju kroz vodu
- Unutar sonde $\Rightarrow$ uređaj za kontinualno registrovanje dubine

21



Snimanje poprečnih presjeka i uzdužnih profila u vodotoku

22



Mjerenje dubine u jezeru (snimanje konfiguracije dna)

23

MJERENJE BRZINE VODE

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$$

•Određivanje brzine (vektor) $\Rightarrow$ poznavati:

- a) njenu apsolutnu vrijednost
- b) pravac sa obzirom na odabrani koordinatni sistem
- c) smjer

•Tečenje vode u cijevima i vodotocima $\Rightarrow$ poznat pravac i smjer vektora $\mathbf{v}$

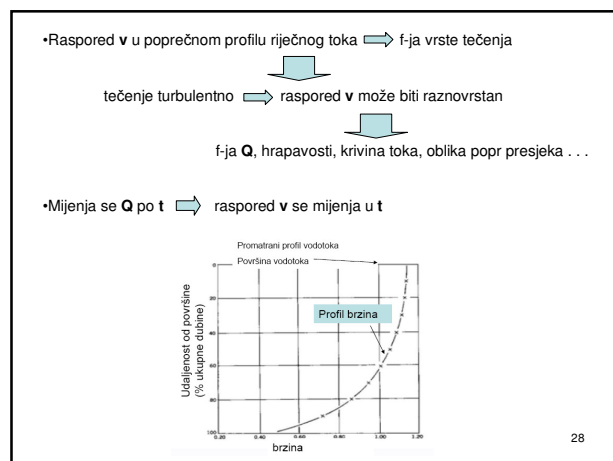
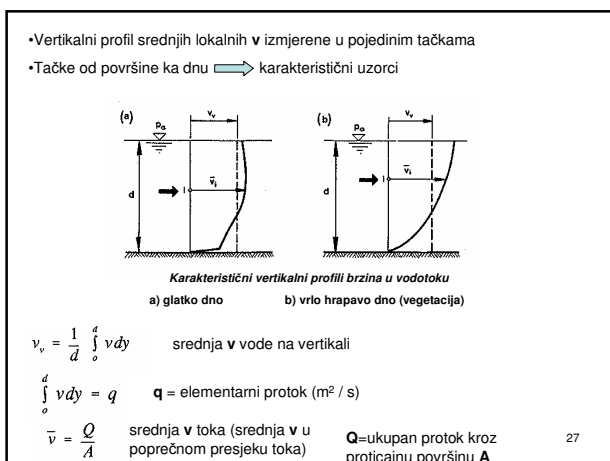
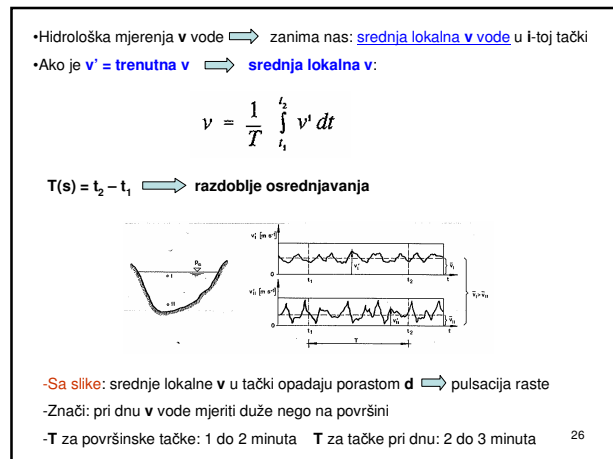
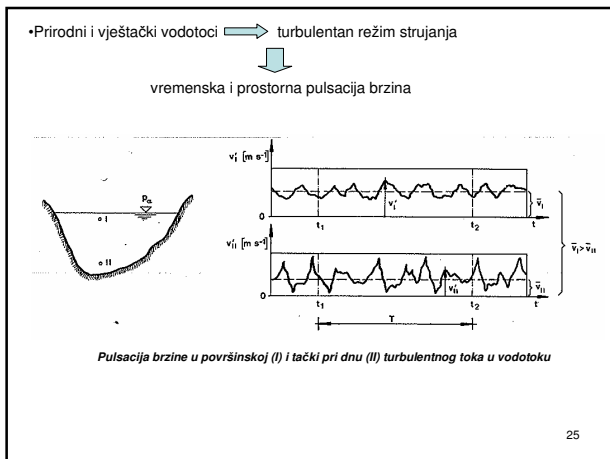
•Strujanje u moru i jezeru $\Rightarrow$ mjerenjem odrediti sva tri parametra

•Srednja $\mathbf{v}$ u datom t u dijelu poprečnog presjeka $\Delta\omega$:

$$\mathbf{v}_w = \Delta\mathbf{Q} / \Delta\omega$$

$\Delta\mathbf{Q}$ – proticaj rijeke kroz presjek $\Delta\omega$

24



- Određivanje srednje v na vertikama na osnovu mjerenja u tačkama po dubini:

a) U jednoj tački:

$$V_{sr} = V_{0.6}$$

b) U dvije tačke:

$$V_{sr} = 0.5(V_{0.2} + V_{0.8})$$

c) U tri tačke

$$V_{sr} = 0.25V_{0.2} + 0.5V_{0.6} + 0.25V_{0.8}$$

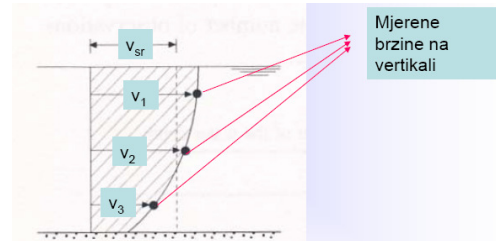
d) U pet tačaka

$$V_{sr} = 0.1(V_s + 3V_{0.2} + 2V_{0.6} + 3V_{0.8} + V_b)$$

V_s - brzina na površini

V_b - brzina na dnu vodotoka

29



V_{sr} = šrafirana površina/dubina vertikale

30

Mjerenje v vode u laboratoriju ili prirodi $\Rightarrow$ postupci:

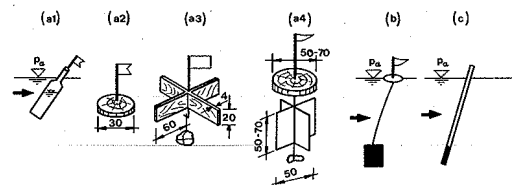
- 1) Kinematski (hidrometrijski plovci i krilo, hidrometrijsko kolo)
- 2) Postupci temeljeni na transformaciji energije (instrument Pitot, Venturi)
- 3) Termoelektrični postupci (v mjerimo na osnovu izmjene topline)
- 4) Elektromagnetski postupci

Hidrometrijski plovci:

- a) Površinska v vode (površinski plovci)
- b) v vode na nekoj d (dubinski plovak)
- c) v srednja do određene d (plovak – palica)

- Dio plovka iznad površine vode $\Rightarrow$ mala površina $\Rightarrow$ uticaj vjetra

31



Vrste hidrometrijskih plovaka

a1) do a4) površinski plovci b) dubinski plovak c) plovak - palica

Napomena:

Prikazane mjere su u cm !!!

32

•**Princip mjerenja plovkom u vodotoku:**

-mjerimo put s (m) kojeg pređe plovak u vremenu posmatranja t (s)

$$v_{sr} = s / t$$

•Odnos v_{sr} na vertikali hidrometrijskog profila i površinske v mjerene površ. plovkom u granicama 0,82 do 0,92

•**Mjerenje v vode dubinskim plovkom:**

-dubinski dio plovka na d od $0,6d \Rightarrow$ površinski dio ima $v = v_{sr}$ na vertikali

•**Plovak – palica:**

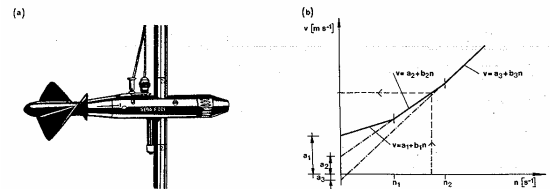
- ako je palica potopljena do $0,9d \Rightarrow$ dobijemo v_{sr} vode na vertikali

33

Hidrometrijsko krilo:

•Mjerimo v vode u otvorenim tokovima i cijevima

•Mjerenje: jednoznačni odnos v vode i broja okretaja propelera hidrom. krila (n)



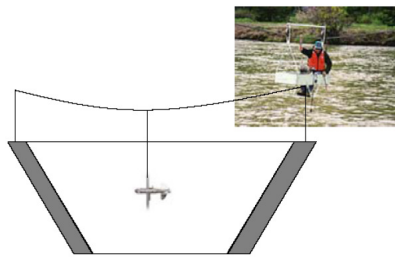
Hidrometrijsko krilo i kriva baždarenja

a) hidrometrijsko krilo b) zamjena hiperbolične krive baždarenja sa tri pravca

34



Hidrometrijsko krilo



Mjerenje hidrometrijskim krilom

35



Mjerenje hidrometrijskim krilom sa mosta

36

•Proizvođač hidrometrijskog krila: daje krivu baždarenja

•Kriva baždarenja = kriva zavisnosti n (1/s) od v vode (m/s)

•Kriva baždarenja: dobije se u laboratoriji

mjeri se n u cijelom rasponu v kretanja kolica

kolica $\Rightarrow$ poznata i jednolika v kretanja iznad kanala sa vodom

•Hidrometrijsko krilo: mjerimo v u jednoj tački

•Mjeri se (obično) ukupan broj okretaja propelera N u vremenu t (minimum 2 min.)

odrediti specifičan broj okretaja propelera $n = N / t$

sa krive baždarenja očitamo v_{sr} u tački mjerenja

37

•Hidrometrijsko krilo:

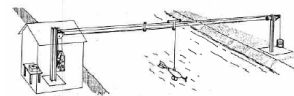
-unos se u vodu pomoću užeta ili na vertikalnoj motki

-prvi slučaj: mjerenje iz čamca ili sa žičare koja je poprečno na vodotok

-drugi slučaj: mjerenje sa mosta ili stojeći u vodi (manje d)

•Cijevi pod pritiskom:

-mjerenje v $\Rightarrow$ krilo je na šipkama po pravim uglom na smjer toka vode



Žičara za mjerenje brzine vode pomoću hidrometrijskog krila

38

Pitotova cijev:

•Mjerenje lokalnih v u laboratoriji

•Mjerimo v $\Rightarrow$ princip transformacije kinetičke energije vode u potencijalnu

•Otvoreni vodotok:

-cijev savijena po pravim uglom na donjem kraju

-taj otvor cijevi usmjerimo uzvodno

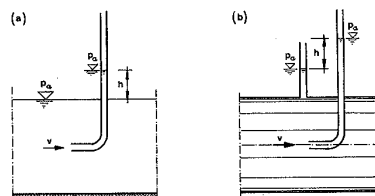
-vertikalni dio cijevi $\Rightarrow$ voda se podiže do h (m) $\Rightarrow h = p_d / \rho g$

p_d – dinamički pritisak na ulazu u cijev (N/m²)

ρ – gustina vode (kg/m³)

g – ubrzanje polja sile teže (m/s²)

39



Načelno mjerenje brzine vode Pitotovom cijevi

a) otvoreni tok b) cijevi pod pritiskom

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2}, h = \frac{p_d}{\rho g} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

•Mjerenje v vode u cijevima pod pritiskom: dvije cijevi $\Rightarrow$ početak samo jedne usmjeren uzvodno

•Pitotove cijevi: mjerenje v vode > 7 m/s $\Rightarrow$ krilo nije pouzdano ili nije moguće

40

MJERENJE PROTOKA VODE

- Q = količina ili V vode koja protiče kroz PP vodotoka ili cijevi u jedinici vremena
- Q = temeljni hidrološki i hidraulički podatak
- Poznavanje Q : osnovnu uslov projektovanja i izvođenja radova na vodotoku

Postupci mjerenja Q $\Rightarrow$ dvije osnovne grupe:

1) postupci neposrednog mjerenja Q

2) postupci posrednog mjerenja Q



41

1) Postupci neposrednog mjerenja Q :

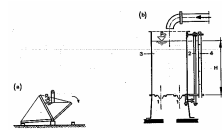
- Zasnovani na mjerenju Q pomoću mjernih posuda
- Moguće: mjerenje Q malih izvora i manjih vodotoka sa Q do 10 l/s
- Mjerne posude:

a) Milneova posuda

b) danaida

a) Milneova posuda:

- automatski registrator $\Rightarrow$ sastoji se od dvije posude istog oblika i V
- kada se jedna posuda napuni vodom $\Rightarrow$ prevrće se zbog težišta i prazni se
- tada dolazi do punjenja druge posude



a) Milneova posuda b) danaida
1-izlivni otvori 2-pokazivač NV
3-rezervoar 4-mjerna skala

42

b) Danaida:

- okrugla posuda sa više radijalnih otvora na dnu $\Rightarrow$ ističe voda
- otvori normirani i oblikovani
- pretpostavka $const Q \Rightarrow NV$ u danaidi se stabilizuje $\Rightarrow$ jednakost dotoka i isticanja

$$Q = \mu n A \sqrt{2gH} \quad \text{protok (m}^3/\text{s)}$$

μ – koeficijent isticanja

n – broj otvora

A – površina otvora (m^2)

g – ubrzanje polja sile teže (m/s^2)

H – dubina vode u danaidi (m)

43

2) Postupci posrednog mjerenja Q :

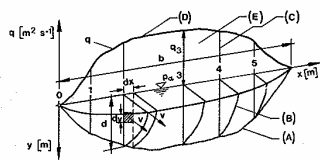
- a) Postupak površina – brzina
- b) Postupak mješavina
- c) Korištenje mjernih objekata (kanala)

a) Postupak površina - brzina:

- mjerenje v hidrometrijskim krilom u nizu tačaka PP
- mjerenje u prirodnim i vještačkim tokovima i tokovima pod pritiskom ($D > 0,8\text{m}$)
- postupak: odabir određenog broja brzinskih vertikal, broj i položaj tačaka na vertikalama u kojima mjerimo v
- razmak između dvije vertikale $\Rightarrow$ ne veći od 1/20 ukupne širine vodnog lica b (m)
- u praksi: uzima se do 5 vertikala za male i do 20 vertikala za velike rijeke
- broj mjernih tačaka na jednoj vertikali:

za $d > 1\text{m}$ iznosi 5 (pri površini, na 0,25d; 0,5d; 0,75d; na dnu)

44



Načelo mjerenja protoka postupkom površina – brzina

1, ..., 5 – oznaka brzinskih i protočnih vertikala; (A), (B), (C), (D), (E) – koraci postupka grafičke integracije

$$Q = \int_a^b \int_0^d v dy dx \quad \text{ukupan protok } Q$$

Pošto je $v=f(x,y)$ gornji integral nemoguće analitički riješiti za prirodni vodotok $\Rightarrow$ prvo izračunamo elementarni protok q (m^2/s) i onda ukupan Q :

$$Q = \int_a^b q dx$$

45

$$Q = \int_A v dA \quad \text{Analitička metoda određivanja protoka}$$

- Kod proračuna koristimo srednje vrijednosti v između dvije brzinske vertikale
- v srednje na brzinskim vertikalama odredimo na osnovu podataka o mjerenjima
- Podaci o mjerenjima $\Rightarrow$ u određenim tačkama vertikala
- Proizvodi v srednjih sa pripadajućim dijelovima poprečnog presjeka između vertikala određuju elementarni protok (q)
- Sumiranje q određen je ukupni Q vode kroz poprečni presjek

$$v_i = \frac{1}{2}(v_{i-1} + v_i)$$

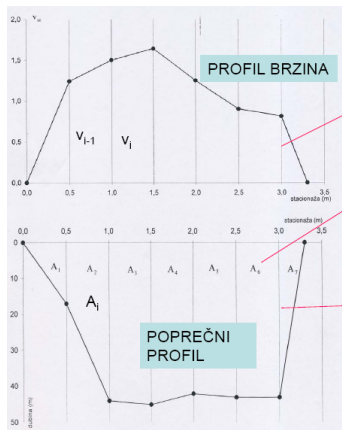
v srednje između dvije vertikale

$$Q_i = A_i \cdot v_i$$

$$Q = \sum_{i=1}^N Q_i$$

Ukupan Q sumiranjem svih parcijalnih protoka

46



srednja brzina na vertikali

dio površine poprečnog presjeka između dvije brzinske vertikale

brzinske vertikale

47

- U praksi $\Rightarrow$ proračun ukupnog Q :

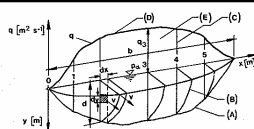
- grafički postupak (postupak grafičke integracije)
- analitički postupak

- Obradit ćemo grafički postupak:

Grafički postupak:

- Grafičko rješavanje integrala $\int_a^b v dy = q$

48



- (A) Nacrta se izmjereni poprečni profil vodotoka
 (B) Za svaku vertikalu nacrtať dijagrame $v=f(d)$
 (C) Planimetrisanjem odrediti q_i
 (D) Vrijednosti za q_i nanositi u pogodnom mjerilu iznad svake vertikale i krajnje tačke međusobno spojiti krivom
 (E) Površina između te krive i vodnog lica (x-osa) odgovara ukupnom Q (prema izrazu $Q = \int_0^b q dx$)

• Q u cijevima pod pritiskom $\Rightarrow$ određuju se simultanim mjerenjem v pomoću hidrometrijskog krila

• Mjerenje v (ustaljeni tok vode) duže od 5 min. pri čemu v vode treba biti $> 0,4$

49

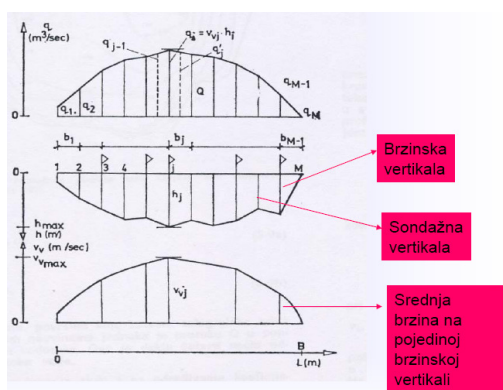
• Za grafičku odnosno grafoanalitičku metodu potrebno je:

- izračunati q na svakoj vertikali na kojoj je mjerena dubina
- dio v **srednje** na vertikalama određen mjerenjima
- dio v **srednje** određen interpolacijom f-je $v(v = v(\text{stacionaža}))$
- q odredimo na osnovu izraza:

$$q_j = h_j \cdot v_j \quad \text{Elementarni protok}$$

$$Q = \sum_{j=1}^{M-1} \frac{1}{2} (q_j + q_{j+1}) \cdot \Delta b_j \quad \text{Ukupan } Q = \text{zbir } q \text{ duž profila}$$

50



51

b) Postupak mješavina:

- Posredno mjerenje Q
- Za mjerenje Q bujičnih tokova, tokova sa kaskadama i vrtlozima
- Sve su to tokovi sa snažnom turbulencijom sa $v > 0,4 \text{ m/s}$
- U vodotok upuštamo određenu količinu obilježivača (traser, indikator) Q_o
- Traser ima poznatu koncentraciju rastopine C_o
- Nizvodni profil (potpuno miješanje) uzimamo uzorak vode
- Odredimo koncentraciju trasera (obilježivača) C
- Iz odnosa $Q:Q_o = C_o:C \Rightarrow$ ukupan Q :

$$Q = Q_o \frac{C_o}{C}$$

• Obilježivači ili traseri: hemijski indikatori (natrijev hlorid) i fluorescentne tvari

52

c) Mjerni objekti:

- Posredno mjerenje Q
- Kod Q kod kojih postoji veza između Q i nivoa vode
- Otvoreni tokovi $\Rightarrow$ mjerni objekti na kanalima i manjim tokovima
- Objekti za posredno mjerenje $Q \Rightarrow$ tri grupe:

C1) oštrobridni prelivi

C2) mjerni kanali

C3) kontrolni profili

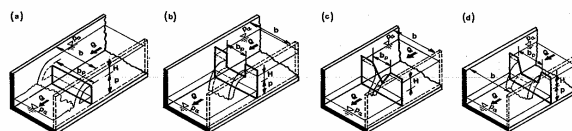
-Kriteriji izbora tipa mjernog objekta su:

- Opseg protoka (Q_{min} , Q_{max})
- Količina nanosa
- Željena tačnost
- Denivelacija u vodotoku
- Troškovi

53

C1) Oštrobridni prelivi

- Najčešći mjerni objekti
- Mjerenje malih količina vode sa visokom tačnošću (trouglasti oštrobridni)
- Mjerenje većih protoka (pravougaoni oštrobridni prelivi)



Oštrobridni mjerni prelivi

- (a) Pravougaoni bez bočnog suženja (b) pravougaoni sa bočnim suženjem
(c) Trougaoni (d) Trapezni

- Prelive projektovati da rade kao nepotopljeni sa potpunim hidrauličkim skokom
- Mjerni preliv: baždarni u prirodi ili na modelu

54



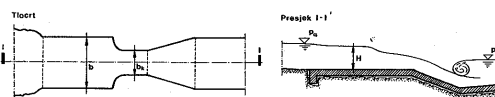
55

C2) Mjerni kanali

- Kanali sa suženjem
- Idealni mjerni objekti za male prirodne tokove ako pri svim Q rade kao nepotopljeni

$\Rightarrow$ kroz objekat prolazi nesmetano nanos

$\Rightarrow$ kod oštrobridnih preliva nanos se akumulira

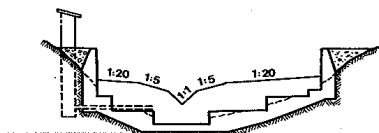


Mjerni kanal sa suženjem i hidrauličkim skokom

56

C3) Kontrolni profili

- HG izvedeni u obliku pragova ili pregrada
- Oblikovani da omoguće precizno definisanje veze između Q i vodostaja
- Na rijekama sa promjenjivim koritom



Primjer kontrolnog profila na prirodnom vodotoku

57

MJERENJE RIJEČNOG NANOSA

•**Riječni nanos** = krute čestice koje je voda pokrenula u koritu
ili su sa okolnog tla dospjele u vodni tok → dalji pronos

•Najčešća klasifikacija riječnog nanosa:

- 1) **vučeni nanos**
- 2) **lebdeći (suspendovani) nanos**

1) **Vučeni nanos:**

kreće se po dnu korita (klizanjem, kotrljanjem) → naizmjenično mirovanje i kretanje pojedinih zrna

2) **Lebdeći nanos:**

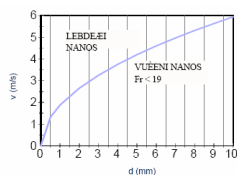
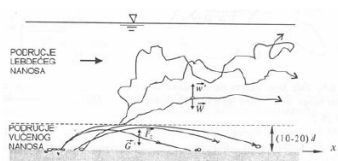
pronos čitavim poprečnim presjekom vodnog toka (kao suspenzija)

koristimo pojam masena koncentracija nanosa (C_t)

kreće se zajedno sa vodom (v čestica = v vode)

lebdeći nanos 85 do 95% ukupnog nanosa

58

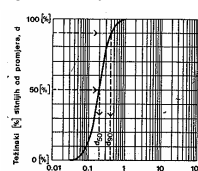


59

- Riječni nanos: hidrološka i hidraulička kategorija
- Ne raspolazete još znanjem iz hidraulike
- Za sada zanima nas samo najgrublja pojmovna distinkcija veličina

•Krupnoća nanosa i zastupljenost frakcija zrna → prosijavanjem kroz sita

↓
granulometrijska kriva nanosa



Primjer granulometrijske krive nanosa

d_{50} – prečnika zrna nanosa koji odgovara 50% frakciji

d_{90} – prečnik zrna nanosa koji odgovara 90% frakciji

60

•Lako razlikovati lebdeći od vučenog nanosa, ipak:

↓

povlačenje granulometrijske granice nije jednostavno

↓

granica f-ja vremenski promjenjive jačine riječnog toka

↓

gruba podjela (granica): oko 0,1 do 1,0 mm (sitni i srednje krupan pijesak)

•Pronos (protok) nanosa – vučeni N_v i lebdeći N_l :

- količina nanosa koja se kreće poprečnim profilom toka u jedinici vremena dimenzija kg/s
- ukupna količina nanosa u većim vremenskim jedinicama (mjesec, godina) izražava se u tonama

61

•Kod analize riječnog nanosa potrebno poznavati:

- a) podaci o ukupnom pronosu nanosa u nekom periodu
- b) raspodjela koncentracije suspendovanog nanosa po poprečnom presjeku toka za karakteristične vodostaje u različitim sezonama
- c) promjena granulometrijskog sastava nanosa (materijala)

•Mjerenje vučenog nanosa:

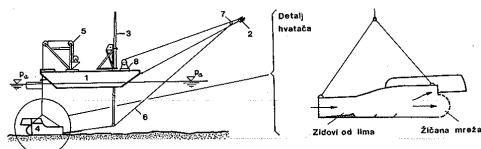
- a) pomoću mehaničkih hvatača
- b) pomoću radioaktivnih i obojenih trasera
- c) mjerenjem sprudova i pokretnih oblika dna

62

•Najčešća primjena u praksi: **mehanički hvatači**

•Mehanički hvatači:

- različite izvedbe
- najčešći oblik: kutija sa otvorom na uzvodnoj strani ⇒ ulazi vučeni nanos
- unutrašnjost hvatača: vuče se po dnu ⇒ v se smanjuje
- unos hvatača u vodu: posebna dizalica sa užadima na pontonima



Mehanički hvatač

1 – dva pontona međusobno spojena platformom; 2 – kolotura; 3 – motka sa vitlom kojim se uže pritiska na dno; 4 – hvatač vučenog nanosa; 5 – dizalica; 6 – užje; 7 – kolotura za užje; 8 – vitlo za zatezanje užeta

63

•Za $v > 3 \text{ m/s}$ otežan rada sa mehaničkim hvatačem

- Ove v su kod nailaska velikih vodnih valova ⇒ najveća količina vučenog nanosa
- Velike rijeke: tokom velikih voda (trajanje 2 do 3 dana) protiče i do 90% od ukupnog godišnjeg vučenog nanosa

•Nakon zahvatanja vučenog nanosa ⇒ hvatač podižemo sa dna

↓

zahvaćeni nanos analiziramo definisanjem granulometrijske krive

•Zahvaćeni nanos u mokrom stanju ⇒ prosijavanje kroz sita otvora 50,30,20,10,5,4,3 mm

•Nanos prečnika $d < 3 \text{ mm}$ ⇒ sušenje ⇒ vaganje

•Od ukupne količine sitnog nanosa uzimamo uzorak koji ide na sita otvora 2,1,0.63, 0.25, 0.13 mm ⇒ ostaci na sitima se precizno vagaju

•Prosijavanje krupnog i sitnog vučenog nanosa ⇒ **jedinstvena granulometrijska kriva zahvaćenog nanosa**

64

- Metodologija određivanja pronosa vučenog nanosa -

- Definišemo **elementarni pronos vučenog nanosa** q_v (kg/m/s):

$$q_v = \frac{G_{vz}}{b_h t_z}$$

G_{vz} – masena količina ukupno zahvaćenog vučenog nanosa (kg)

b_h – širina ulaznog otvora hvatača (m)

t_z – ukupno vrijeme zahvatanja nanosa (s)

- t_z : od trenutka kada je hvatač dodirnuo dno do odvajanja od dna

- t_z f-ja količine nanosa (obično od 30s za veće v toka do 15min za manje v toka)

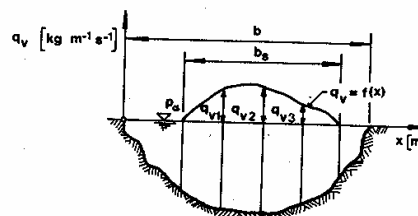
- Vrijednost q_v za razne vertikale (jedna vertikala zahvatanje nanosa min. 3 puta)

- q_v nanosimo na crtež iznad **linije sudjelujuće širine vodnog lica** (b_s)

- q_v nanosimo iznad poprečnog profila vodotoka

- Spajanje tačaka $\Rightarrow$ kriva elementarnog pronosa vučenog nanosa

- N_v (ukupna kol. vučenog nanosa u presjeku): planimetrisanjem površine ispod te krive i b_s



Metodologija određivanja pronosa vučenog nanosa

66

• Mjerenje lebdećeg nanosa $\Rightarrow$ raznim konstrukcijama hvatača (batometri):

a) hvatači sa trenutnim zahvatanjem uzorka vode

b) hvatači sa laganim punjenjem

a) Hvatači sa trenutnim zahvatanjem uzorka vode:

- cilindrična cijev $d=10$ do 15 cm i V od 1 do 5 litara

- cilindar u željenom položaju $\Rightarrow$ naglo se zatvori $\Rightarrow$ zahvatimo V vode

b) Hvatači sa laganim punjenjem:

b1) Hvatači sa bocom (hvatači integratori i hvatači za uzimanje uzorka u samo jednoj tački)

b2) Vakuumski hvatači

67

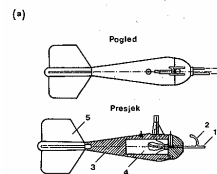
b1) Hvatači sa bocom:

- hidrodinamički oblik

- u tijelu instalirana boca V **0,5 do 2 lit.**

- hvatač integrator: baziran na hipotezi da zahvata integralni (srednji) uzorak vode na vertikali $\Rightarrow$ uslov spuštanje hvatača jednolikom vertikalnom v

- iz zahvaćene vode $\Rightarrow$ srednja koncentracija lebdećeg nanosa na vertikali



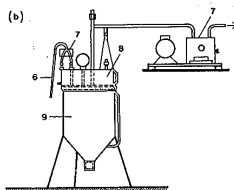
Hvatači lebdećeg nanosa sa laganim punjenjem (hvatač sa bocom)

1 – vodozahvatna cijev; 2 – cijev za zrak; 3 – tijelo hvatača; 4 – boca V 1lit; 5 – rep hvatača (stabilizator)

68

b2) **Vakuumski hvatači:**

- za manje koncentracije lebdećeg nanosa $C_1 < 50 \text{ mg/l}$
- za tražene visoke tačnosti mjerenja
- elastična cijev uronjena u vodu
- voda u cijevi kreće se ka gore (zbog podpritiska u komori za uzorak)
- komora za uzorak **V 10 do 40 lit.**



Hvatači lebdećeg nanosa sa laganim punjenjem (vakuumski hvatač)

6 – elastična cijev; 7 – vakuum pumpe; 8 – komora za pražnjenje dovodne cijevi; 9 – komora za uzorak

69

- Zahvatanje lebdećeg nanosa $\Rightarrow$ laboratorija $\Rightarrow$ izdvajanje čvrste od tekuće faze

filtriranje i isparivanje

- Uzorak čvrste faze: definišemo koncentraciju nanosa, pronos nanosa i granul. Krivu
- Za definisanje granulometrijske krive: posebno za materijal $d > 0,06 \text{ mm}$
posebno za materijal $d < 0,06 \text{ mm}$

granica između prašine i pijeska

- Zrna $d > 0,06 \text{ mm}$ $\Rightarrow$ prosijavanje na sitima 4, 2, 1, 0.5, 0.125 mm
- Zrna $d < 0,06 \text{ mm}$ $\Rightarrow$ analiza pomoću **pipet postupka**

iz menzure sa ispitivanim materijalom (potpuno disperzovan u destilovanoj vodi) uzimamo pipetom uzorke vode sa $h=10 \text{ cm}$

- Na osnovu analiza $\Rightarrow$ **jedinstvena granulometrijska kriva za lebdeći nanos**

70

MJERENJE PODZEMNE VODE

- Zbog potrebnih spoznaja vremenske i prostorne raspodjele rezervi **PV**

- Mjerenjem **PV** dobijamo podatke:

- nivo **PV**
- propusnost tla
- brzina strujanja **PV**

Nivo podzemne vode:

- najbitniji podatak o **PV**
- promjena nivoa **PV** sporija nego kod površ. voda $\Rightarrow$ 2 do 3 mjerenja sedmično
- mjerenjem niva **PV**:

- a) **pijezometrima**
- b) **bušenim bunarima**

71

a) Pijezometar:

- čelična cijev $d=25$ do 50 cm (donji kraj pobijen do ispod najnižeg **NPV**)
- pri dnu cijev perforirana (često ispunjena i filterskom ispunom)
- mjerenje **II** nivoa arteške i subarteške vode (pod **p**) $\Rightarrow$ perforirani dio u sloju **PV** koji je pod **p**

b) Bušeni bunar:

- bušenje vertikalnih cilindričnih bušotina $\Rightarrow$ zaštićene čeličnim cijevima
- prečnici od 30 do 100 cm
- donji dio cijevi prorupčan i postavljen filter (kao i pijezometri)

- Svaki pijezometar i bušeni bunar $\Rightarrow$ definisana stalna tačka od koje mjerimo **NPV**
- Tačka definisana u apsolutnim kotama
- Sistem pijezometara ili bunara $\Rightarrow$ definišemo linije istih apsolutnih **NPV**
- Linije istih **NPV** = **HIDROIZOHIPSE** $\Rightarrow$ strujanje **PV**

72

Propusnost tla:

- crpljenjem iz pijezometara ili bunara  mjerimo **Q** i sniženje **NPV**
- međusobna veza **Q** i sniženja **NPV** određuje propusnost tla
- propusnost tla = izražavamo koeficijentom procjeđivanja (koeficijent filtracije)

Brzina strujanja PV:

- postupak upuštanja obilježivača (boja, soli ...) u jedan pijezometar ili bunar



naknadne detekcije u drugom pijezometru ili bunaru