



UVOD U GRADITELJSTVO

11. HIDROTEHNIČKE GRAĐEVINE



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

1

Sadržaj poglavlja:

- osnovni pojmovi
- brane
- hidroelektrane
- luke (pristaništa)
- vodoopskrba naselja
- odvodnja otpadnih voda
- osnovni pojmovi proračuna

2

OSNOVNI POJMOVI

- Hidrotehničke građevine koriste materijale za izgradnju kao i ostali građevinski objekti.
- Novi građevinski materijali (zadnjih 30-ak godina) su geomreže za stabilnost nasipa i njihovo temeljenje, geosintetički materijali (geotekstili, geomembrane), epoksi premazi, plastična i čelična vlakna, primjena lasera i elektromagnetnih talasa itd.
- HIDROTEHNIČKI OBJEKTI se u osnovi dijele na:
 - a) RIJEČNE
 - b) JEZERSKE
 - c) MORSKE (korozija)

3

Prema karakteru djelovanja dijele se na:

USPORNE (pragovi, pregrade i brane)
REGULACIJSKE (valobrani, naperi itd)
ZA TRANSPORT VODE (cjevovodi, kanali i tuneli)

Dejstvo vode na objekte:

MEHANIČKO (statičko i dinamičko)
FIZIČKO-HEMIJSKO
(korozija, kavitacija, toplinske struje, trajna kontaminacija itd)
BIOLOŠKO (bakteriološka korozija)

4

Temeljenje brana

(HG sa najstrožijim problemom fundiranja – primjeran i na ostale HG)

Velike brane prenose vrlo velike sile na temelje

Brana i stijena u osloncima = konstruktivna cjelina

Slom temelja brane se rijetko dešava = tragične i katastrofalne posljedice

Vrlo je bitna stijena na kojoj se vrši fundiranje brane (sastav, materijal, procesi ispiranja itd)

Temeljenje visokih brana je jedan od najvećih problema savremenog građevinarstva

Temelj za gravitacionu branu ne mora biti prihvatljiv za lučnu branu i obratno

5

Osnovne karakteristike temelja brane:

1. Nosivost
2. Deformabilnost
3. Vodopropusnost
4. Stabilnost

Poseban problem je **PRIPREMA TEMELJA**

Stabilnost temelja brane:

1. Biološka stabilnost
2. Fizička i hemijska stabilnost
3. Mehanička stabilnost

6

BRANE

Građenje brana: poznato u starom Egiptu, Perziji, Indiji itd (zidane ili nasute brane male visine i dužine u kruni).

Najstarija poznata brana (zidana) je brana **SAAD EL KAFARA** u Egiptu, visine 15m, građena 2700. godina p.n.e. za kontrolu i zaštitu od poplava.

Najstarija nasuta brana: **GUKOW** u Kini, visine 30m, građena 240 godina p.n.e.

Tehnika gradnje brana u Perziji (današnji Iran) poznata je više od 3000 godina

Godine 1956 u blizini Teherana otkrivena je lučna cilindrična zidana brana **KEBAR** visine 25m i dužine u kruni 55m (građena u 13. vijeku)

Brana **DIAMONIKE** (nasuta) visine 32m, izgrađena oko 1128. godine

7

U bivšoj SFRJ do 1984. godine izgrađeno 115 brana i 7 brana se gradilo

Najviša brana je brana **MRATINJE** (visine 220m i dužine u kruni 296m, u Crnoj Gori 1977.)

Druga po visini je lučna brana dvostruke zakrivljenosti **GRANČAREVO** (visine 123m i dužine u kruni 445m, u BiH 1967.)

Velike (visoke) brane:

Brane čija je građevinska visina viša od 15m kao i one niže od 15m, a više od 10m ako imaju dužinu krune veću od 500m ili ostvaruju akumulaciju veću od 100.000 m³

Formiraju vještačka jezera za razne svrhe.

Male (niske) brane:

To su bile prve brane koje su građene kao HG

Koriste se za skretanje vodnog toka prilikom gradnje visokih brana, u poljoprivredi, osiguranje vode za industriju, rudnike, za rekreativne svrhe u naseljenim mjestima itd.

8

Podjela brana prema značaju:

- A) Sa privrednog gledišta
- B) Sa gledišta ugroženosti nizvodnog područja i obala
- C) Sa gledišta strateške važnosti
- D) Prema visini brane i veličini akumulacije
- E) Prema uticaju na okolinu

Podjela brana prema tipu konstrukcije:

- a) Nasute brane
- b) Zidane i betonske brane
- c) Riječne pokretne pregrade
- d) Specijalni tipovi

9

Podjela brana prema namjeni:

- a) Osiguravaju vode za navodnjavanje ili vodovodnu mrežu
- b) Poboljšavaju uslove plovidbe
- c) Omogućavaju proizvodnju električne energije
- d) Stvaraju područja za rekreaciju, turizam, potrebe industrije . . .
- e) Brane se gotovo uvijek grade za više namjena ➡ multifunkcionalne



Brana Jablanica



Brana Grančarevo

10

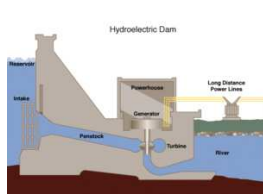
HIDROELEKTRANE

Hidroelektrana:

Postrojenje kojim se koristi raspoloživa vodena energija u prirodi za proizvodnju EE

Sastav hidroelektrane:

- zahvat vode u prirodi i priprema za upotrebu (brana)
- dovod vode do strojarnice
- strojarnica ➡ smješteni uređaji za pretvaranje vodene energije u EE
- odvod vode u prirodu



11

VODOOPSKRBA NASELJA

Izvorište = lokacijski definisan dio prostora s kojega se mogu dobiti određene količine vode namijenjene vodosnabdjevanju.

- Za vodosnabdjevanje ➡ atmosferske vode (kiša), podzemne i površinske vode
- Pokazatelj vrijednosti izvorišta ➡ **kvalitet i količina vode**
- Kondicioniranje vode ➡ ako voda po kvalitetu ne odgovara u prirodnom stanju

Atmosferske vode (kišnica):

- Kao izvorišta ➡ područja oskudna drugim oblicima vode
- Kišnica "čista" van urbanih područja
- Kišnica ➡ bljutava za piće (nedostatak soli i CO₂)
- Sadrži rastvorene gasove i prašinu

12



Cisterna za vodu rimskog imanja
(sakupljanje kišnice sa krovova)
Otok Brač – Zlatni rat



Podzemne vode:

- Najbolje za vodosnabdjevanje zbog kvaliteta
- Bakteriološki čiste, bolji ukus od površinskih voda (**PV** sadrže razne minerale)
- PV** mogu biti i zagađene (ljudski faktor) ➡ **kondicioniranje**
- Stepen kondicioniranja **PV** manji nego kod površinskih voda
- U **PV** često visok sadržaj **Fe** i **Mn** ➡ **kondicioniranje**
- Kvalitet **PV** ➡ najbolje arteške i subarteške **PV** (najbolje zaštićene od zagađenja)
- Njihova eksploatacija jeftinija zbog visokog pritiska u odnosu na druge **PV**
- Svaki izvor jednom ima apsolutni minimum (mjerodavan za ocjenu povoljnosti)
- Uglavnom dovoljno mineralizovana
- Stalna **T** (7 do 12 °C)
- Veće varijacije **T**: znak da se **PV** snabdjeva vodama bliže terenu (veća zagađenost)

14

Površinske vode:

- Koristi se riječna voda, jezerska voda i voda iz akumulacija
- Kada nema dovoljno **PV**
- Velike i srednje rijeke**: po kvantitetu pouzdana izvorišta ➡ **kondicioniranje**
- Male rijeke**: vezane sa kolebljivim režimom (naročito ljeti) ➡ presušivanje
- Male rijeke: topljenje snijega i olujne kiše (bujični tokovi sa puno zagađenja)
- Jezera kvalitetna izvorišta ako su planinskog porijekla
- Izvorišta vode: vještački kanali raznih tipova (navodnjavanje, lagune ...)
- Bakteriološki pogled: rijeke najviše zagađene ➡ jezera najmanje
- Čovjek doprinosi zagađenju voda
- Morska voda: moguće vodosnabdjevanje ➡ veoma skupo kondicioniranje i desalinizacija

15

•**Izbor izvorišta** = jedan od najsloženijih i najodgovornijih zadataka kod rješavanja vodoopskrbe ➡ određuje karakter vodoopskrbnog sistema, a time i njegove investicijske i pogonske troškove.

•Svako vodoopskrbno izvorište treba osigurati:

- potrebne količine kvalitetne vode, uzimajući u obzir porast broja stanovnika, odnosno porast potrošnje vode,
- neprekidnost vodoopskrbe,
- sanitarno – higijensku sigurnost kvalitete vode,
- što manje investicijske i pogonske troškove dobijanja vode.

•Osnovni pokazatelji vrijednosti izvorišta su kvalitet i količina vode

16

• **Vodozahvati** = građevine koje omogućuju zahvatanje (kaptiranje) vode iz izvorišta i njeno usmjeravanje prema potrošačima

Vrsta vodozahvata $\Rightarrow$ f-ja karaktera izvorišta, tako da razlikujemo:

- (1) vodozahvate atmosferskih izvorišta,
- (2) vodozahvate površinskih izvorišta,
- (3) vodozahvate podzemnih izvorišta.

- Vodozahvatni objekti $\rightarrow$ među najvažnijim u vodovodnom sistemu
- Rad sistema vodovoda f-ja osobine vodozahvata, njegovog položaja i kvaliteta
- Obezbediti potrebnu količinu vode ($Q_{\max}^d$) - u svim uslovima

17

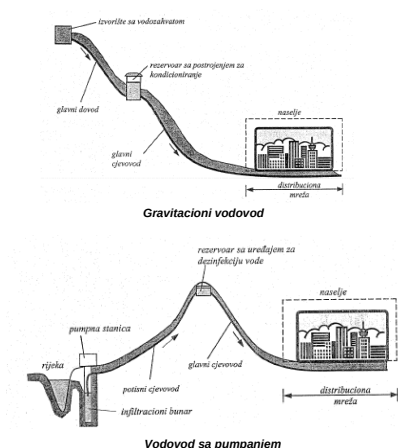
• Vodovodni sistem = vodovod $\Rightarrow$ jedan ili više funkcionalnih elemenata:

- a) izvorišta vode (prirodna i vještačka)
- b) vodozahvatni objekti
- c) objekti za kondicioniranje (pripremu) vode
- d) transportni i distribicioni objekti (glavni dovodi, vodovodna mreža)
- e) rezervoari
- f) pumpne stanice

• Vodovodi po načinu transporta vode:

- a) gravitacioni vodovod
- b) vodovod sa pumpanjem

18



19

• Po značaju vodovodi mogu biti:

- a) individualni
- b) seoski
- c) gradski ili komunalni (javni)
- d) industrijski
- e) protivpožarni
- f) specijalne namjene (vojni, poljoprivredni, željeznički ...)

• Javni ili centralizovani GRUPNI vodovodi:

- pokrivaju prostor potrošača preko $D=10$ km

• Javni ili centralizovani REGIONALNI vodovodi:

- pokrivaju prostor potrošača preko $D=50$ km
- vodovodi za više naselja i gradova

• Vodovodi za više opština = MEĐUREGIONALNI

• Ove podjele su uslovne $\rightarrow$ f-ja N stanovnika, položaja u slivu ...

20

ODVODNJA OTPADNIH VODA

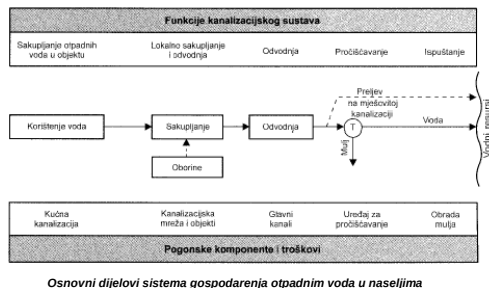
•Kanalizacija = skup objekata, uređaja i mjera za:

- sakupljanje otpadnih i oborinskih voda u naseljima i industriji
- transport do mjesta prečišćavanja i ispuštanje
- čišćenje do stepena prema zakonskim odredbama
- ispuštanje prečišćene vode u prijemnik (recipijent)
- zbrinjavanje mulja (nastaje tokom prečišćavanja)

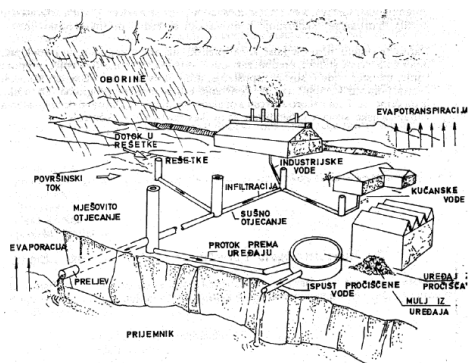
•Zadatak kanalizacije:

- zagađene vode što brže odstaniti iz blizine ljudi
- poštovati sanitarne, tehničke, ekonomske i tehnološke uslove
- sakupljene vode prečistiti do potrebnog stepena ➡ u prijemnik

21



22



Šema gradskog kanalizacionog sistema (mješoviti)

23

Industrijske otpadne vode:

- Analizirati sastav voda ➡ uticaj na okoliš, čovjeka i objekte sistema kanalizacije

proces prečišćavanja voda

- Industrijske otpadne vode ➡ štetno dejstvo na kanale i druge objekte

tvori u vodi ili toksično dejstvo na postrojenju za prečišćavanje

- Ugrožavanje zdravlja radnika ➡ rade na održavanju sistema kanalizacije
- Industrijske otpadne vode ➡ direktno ne spajati na komunalnu mrežu kanaliz.

spajati samo je sastav sličan ili bolji od kućanskih voda

- Objekti industrijske kanalizacije f-ja sastava voda ➡ trajno funkcionisanje

24

Oborinske vode:

- Nisu čiste $\Rightarrow$ sastav f-ja zagađenja zraka i terena u naseljima
- Ispiranje zraka i terena $\Rightarrow$ oborinske vode mijenjaju sastav
- Zagađenja zraka i tla nije svugdje isto $\Rightarrow$ oborinske vode nisu isto zagađene

$\downarrow$
f-ja razvoja industrije, većih gradova

- Zagađenje oborinskih voda promjenjivo $\Rightarrow$ početak kiše (oticanja) najveće
- Zagađenje f-ja sušnog perioda $\Rightarrow$ duži period $\Rightarrow$ veće zagađenje (spiranje)
- Sastav f-ja lokaliteta: anorganske suspenzije (prašina, pijesak ...)
organske suspenzije (lišće, trava, otpaci flore i faune ...)
bakterije, masti, mineralna ulja (aktivnost naselja) – spiranje
- Ispuštanje u prijemnike (recipijent) $\Rightarrow$ najbolje tehničko rješenje

25

Tipovi odvodnje:

- Tipovi odvodnje = način sakupljanja i odvodnje raznih voda (kuće, ind., oborine)

• Dva osnovna tipa odvodnje:

- a) mješoviti ili skupni
- b) razdjelni ili separadni

- Praksa $\Rightarrow$ tipovi odvodnje = sistemi kanalizacije

• Mješoviti tip odvodnje:

- sakuplja sve vode (kuće, ind, oborine) $\Rightarrow$ zajednički kolektori i kanali

• Razdjelni tip odvodnje:

- sakuplja i odvodi različite vrste voda zasebnim kolektorima i kanalima

26

OSNOVNI POJMOVI PRORAČUNA

Hidrostatika:

- Proučava zakone mirovanja tj. ravnoteže tečnosti
- Tečnost u ravnoteži $\Rightarrow$ uticaj vanjskih sila (sila teže i sila unercije)
- Vanjske sile su oblici zapreminskih sila
- Površinske sile: atmosferski pritisak (djeluje u otvorenim posudama i tokovima)

HIDROSTATIČKI PRITISAK

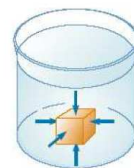
- Definicija: pod uticajem vanjskih sila unutar tečnosti nastaje stišljivo naprezanje
- Jedinica mjere: N/m²

$$p = F / A \quad (\text{N/m}^2 = \text{Pa})$$

- Pritisak od 1 Pa je veoma mali (u praksi koristimo veće jedinice)
- Koristimo jedinicu "bar" (1 bar = 10⁵ Pa = 10² kPa = 0,1 MPa)

27

- U fluidu u mirovanju sile su okomite na površinu s kojom je fluid u kontaktu $\rightarrow$ sile pritiska.



$$p = \frac{F}{S}$$

$$\frac{p}{\rho g} + z = \text{const.}$$

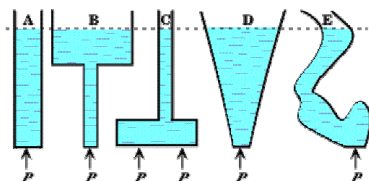
Osnovna j-na hidrostatike

28

HIDROSTATSKI PARADOKS:

PITANJE:

Ako je visina stupca fluida jednaka u svim posudama, u kojoj posudi je pritisak fluida na dno posude najveći? Količina fluida u svakoj posudi ne mora biti nužno jednaka!

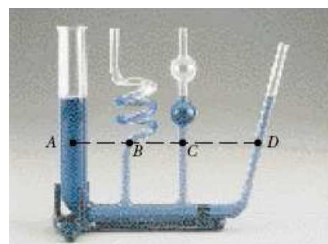


Pritisak p je jednak na dno svake posude !!!

29

ZAKON SPOJENIH POSUDA:

Koliki je pritisak u tačkama A, B, C, D?



U međusobno spojenim posudama nivo tečnosti u svim posudama je isti bez obzira na oblik posude $\Rightarrow$ hidrostatički pritisak jednak u svim tačkama na jednakoj dubini.

30

Hidrodinamika:

HIDRODINAMIKA $\rightarrow$ proučava kretanje tečnosti i čvrstih tijela u tečnosti

Definisanje kretanja tečnosti: poznavati raspored $\mathbf{v}$ i $\mathbf{p}$ u svim tačkama strujnog polja i njihovu promjenu u $t(t)$

Zbog jednostavnijeg računa $\rightarrow$ pojam IDEALNE tečnosti

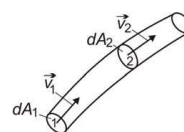
IDEALNA TEČNOST:

- Potpuno nestišljiva
- Odsustvo temperaturnog širenja
- Odsustvo viskoziteta tj. sila trenja pri kretanju

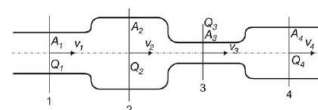
31

Jednačina kontinuiteta:

$$dm_1 = dm_2 = \dots = dm = \text{const}$$



Proticanje fluida kroz strujno vlakno



J-na kontinuiteta: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = A_1 v_1 = A_2 v_2 = A_3 v_3 = A_4 v_4$

32

Bernoulli-eva jednačina:

- Temeljna važnost
- U hidraulici najveća primjena
- Primjena za ustaljeno (stacionarno) i neustaljeno (nestacionarno) tečenje
- Puni izražaj kod strujanja realne tečnosti

BERNOULLI-EVA J-NA IDEALNE TEČNOSTI

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = H = E_{sp} = \text{const}$$

33

• Bernoulli-eva j-na = zakon stalnosti specifične mehaničke (potencijalne i kinetičke) energije idealne tečnosti u strujanju

- Član z = visina svih položaja različitih tačaka toka iznad referentne ravni
- Član z = GEOMETRIJSKA (GEODETSKA) VISINA POLOŽAJA

• Član $p/\rho g$ = TLAČNA VISINA

• Član $v^2/2g$ = BRZINSKA VISINA

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = H = E_{sp} = \text{const}$$

34

BERNOULLI-EVA JEDNAČINA REALNE TEČNOSTI

• Ustaljeno tečenje nestišljive tečnosti (visinski oblik Bernoulli-eve j-ne) između dva presjeka:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \Delta H$$

$\Delta H \Rightarrow$ suma linijskih i lokalnih gubitaka

$$\Delta H_{lin} = \lambda \cdot L/D \cdot v^2/2g$$

$$\Delta H_{lok} = \xi \cdot v^2/2g$$

α_1 = CORIOLISOV KOEFICIJENT (KOEFIJICIENT KINETIČKE ENERGIJE)

α_2 = odnos stvarne kinetičke E sekundne mase tečnosti prema kinetičkoj E određenoj iz uslova da su v u svim tačkama proticajne $P = v_{sr}$

35