

KORIŠTENJE VODNIH SNAGA

FIZIKALNE OSNOVE KORIŠTENJA VODNIH SNAGA

Podjela vodnih snaga

- TEORETSKI PRISUTNE VODNE SNAGE
 - Snage kojima raspolažu vodni tokovi nekog sliva pri bruto raspoloživim padovima i srednjim protocima rijeka na odgovarajućim potezima
- TEHNIČKI ISKORISTIVE VODNE SNAGE
 - Snage koje se mogu koristiti današnjim standardnim metodama i tehničkim dostignućima
- EKONOMSKI ISKORISTIVE VODNE SNAGE

HIDROENERGETSKI POTENCIJAL

- Energija koja se može dobiti djelovanjem volumena vode V , na prosječnom padu H

$$\begin{aligned}W &= m \cdot g \cdot H = \rho \cdot g \cdot V \cdot H \\ &= 1000[\text{kg/m}^3] \cdot 9,81[\text{m/s}^2] \cdot V[\text{m}^3] \cdot H[\text{m}] = 9810 \cdot V \cdot H \text{ [Nm]} \\ &= 1[\text{Nm}] = 1[\text{Ws}] = 1[\text{J}] = \frac{1}{3600}[\text{Wh}] = \frac{1}{3600000}[\text{kWh}] = \\ &= \frac{9810}{3600000} \cdot V \cdot H \text{ [kWh]} \\ &= \frac{V \cdot H}{367} \text{ [kWh]}\end{aligned}$$

Hidroenergetski bruto potencijal

- Ukupna energija voda koja se javlja na nekom teritoriju obzirom na referentnu kotu

- ENERGIJA OBORINA
- ENERGIJA OTJECANJA
- ENERGIJA KONCENTRIRANIH TOKOVA

Bruto energija oborina

- Predstavlja ukupnu potencijalnu energiju godišnjih oborina
 - računatu od razine na kojoj je oborina pala na teren do referentne kote

$$W_{ob} = \frac{\int_0^F H \cdot h \cdot dF}{367} \quad [\text{kWh/god}]$$

- W_{ob} – bruto energija oborina na reljefu terena [kWh/god]
- H – relativna visina terena iznad referentne kote [m]
- h – visina godišnjih oborina [m/god]
- F – horizontalna površina područja za koje se računa energija [m²]
- dF – elementarna površina terena na koju se odnose H i h [m²]

Bruto energija otjecanja

- Predstavlja ukupnu bruto energiju svih voda koje ostanu nakon što se oborinom pale količine reduciraju na stvarne količine koje se zadržavaju ili površinski ili podzemno otječu terenom
 - računatu od razine na kojoj je oborina pala na teren do referentne kote

$$W_{ot} = \frac{\int_0^F \mu H \cdot h \cdot dF}{367} \quad [\text{kWh/god}]$$

- W_{ot} – bruto energija oborina na reljefu terena [kWh/god]
- H – relativna visina terena iznad referentne kote [m]
- h – visina godišnjih oborina [m/god]
- F – horizontalna površina područja za koje se računa energija [m²]
- dF – elementarna površina terena na koju se odnose H i h [m²]
- μ – koeficijent otjecanja

Bruto energija vodnog toka

- Svaki vodni tok nositelj je određene količine energije.
 - Ta se energija u prirodnom toku troši na svladavanje unutarnjih i vanjskih otpora, eroziju korita, transport nanosa i sl.
- Poznavanje bruto energetskeg potencijala duž vodotoka daje temeljne podatke za analizu racionalnog korištenja raspoloživih vodnih snaga.

Energija vodnog toka

- Rad koji vodni tok obavlja na nekoj dionici može se definirati kao rad koji na toj dionici obavlja težina vode G

$$W = F \cdot L = G \cdot \sin \alpha \cdot L = \left| \begin{array}{l} G = \rho g V \quad V = Q \cdot t \\ \sin \alpha \cdot L = H \end{array} \right| = \rho g V H = \underline{\rho g Q t H}$$

- Snaga vodnog toka

$$P = \rho g Q H = \left| \begin{array}{l} \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \\ g = 9,81 \text{ m/s}^2 \end{array} \right| = \underline{9,81 Q H} \text{ [kW]}$$

Energija vodnog toka

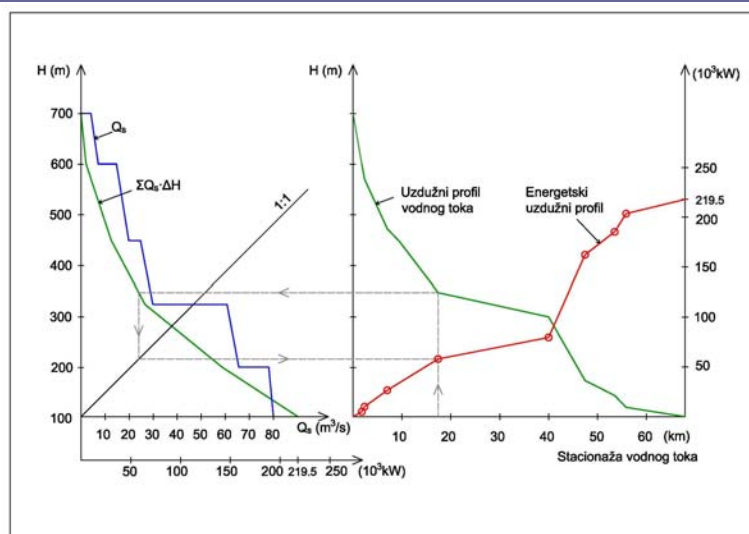
- Osnovni princip korištenja snage i energije vode u prirodi
 - **hidrotehničkim građevinama smanjiti rad vode u prirodi i oslobođenu energiju iskoristiti za obavljanje nama korisnog rada** – proizvodnju električne energije.

To se može postići

koncentracijom pada na što kraćoj dionici i smanjivanjem otpora vodotoka.

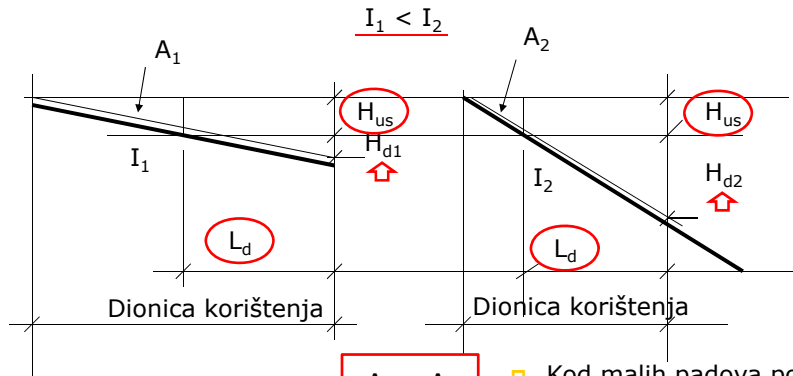
- Praktično to se postiže:
 - usporavanjem toka branom u cilju koncentracije pada u jednoj točki s priborskom HE
 - derivacijom vode dovodima i odvodima pod tlakom ili sa slobodnim tečenjem
 - kombinirano: usporavanjem toka i derivacijom.

Proračun energije koncentriranog toka



Energija vodnog toka

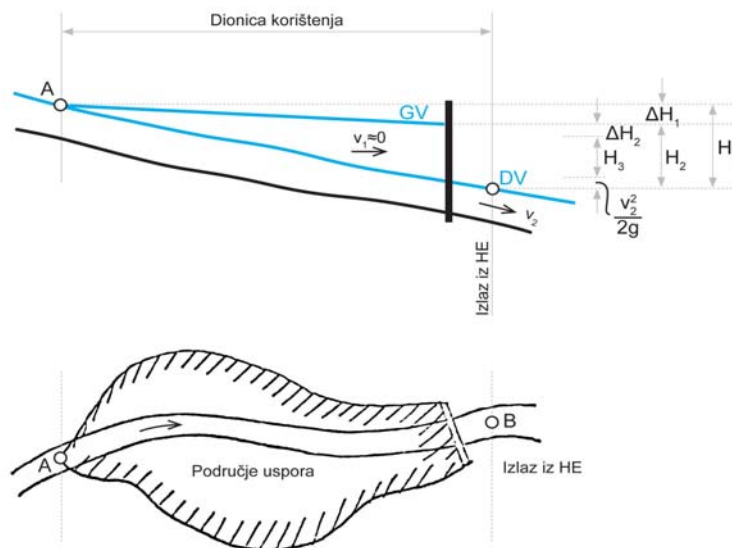
□ Preliminarni odabir rješenja



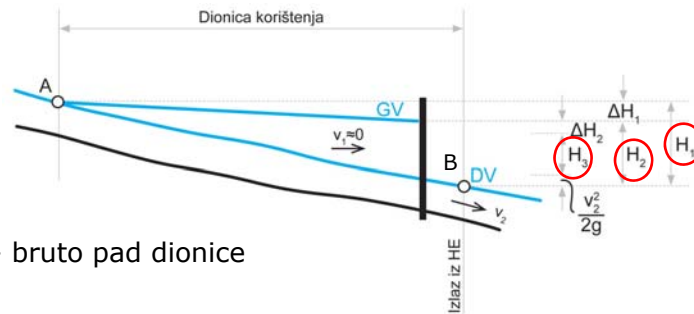
$A_1 > A_2$
$H_{d1} < H_{d2}$

- Kod malih padova povoljnije pribransko rješenje
- Kod većih padova povoljniji derivacijski tip

Pibranske hidroelektrane



Pribranske hidroelektrane

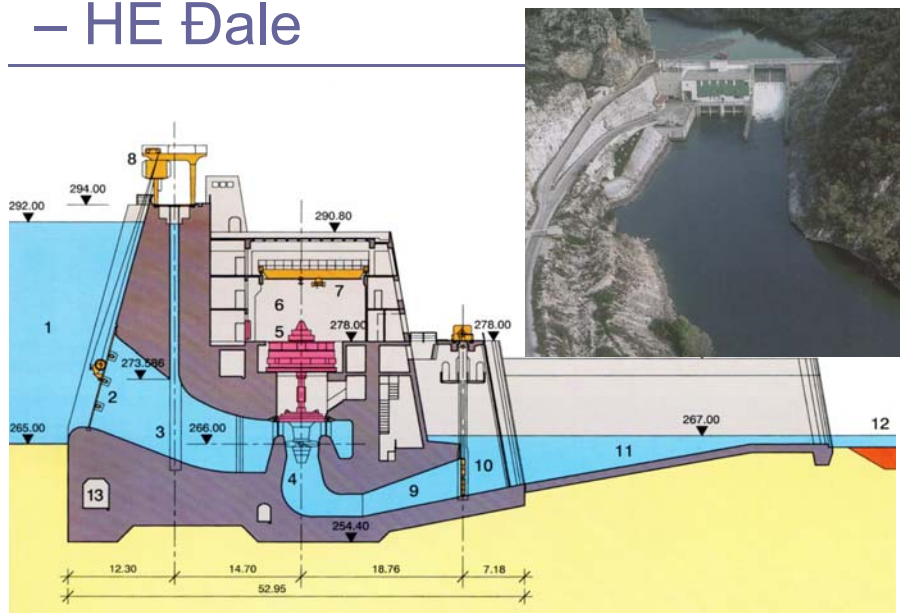


- H_1 - bruto pad dionice
- H_2 - bruto pad elektrane

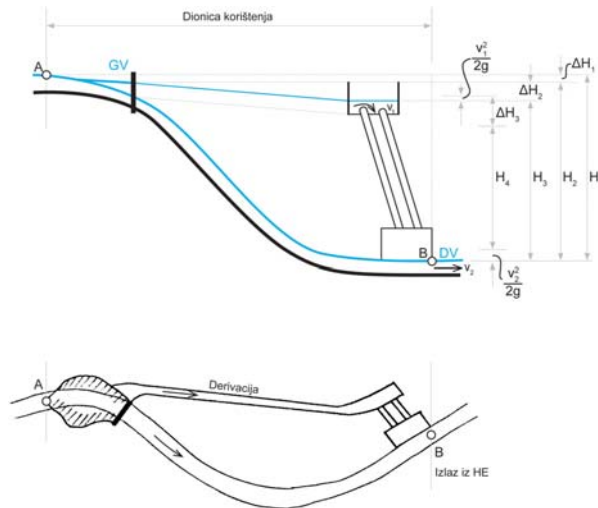
$$H_2 = GV - DV$$
- H_3 - neto pad

$$H_3 = H_2 - \left(\Delta H_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right)$$
- ΔH_1 - gubitak na padu u uspornom području
- ΔH_2 - gubitak na padu u dovodu elektrane

Primjer pribranske HE – HE Đale



Derivacijske hidroelektrane dovod sa slobodnim vodnim licem



Derivacijske hidroelektrane dovod sa slobodnim vodnim licem

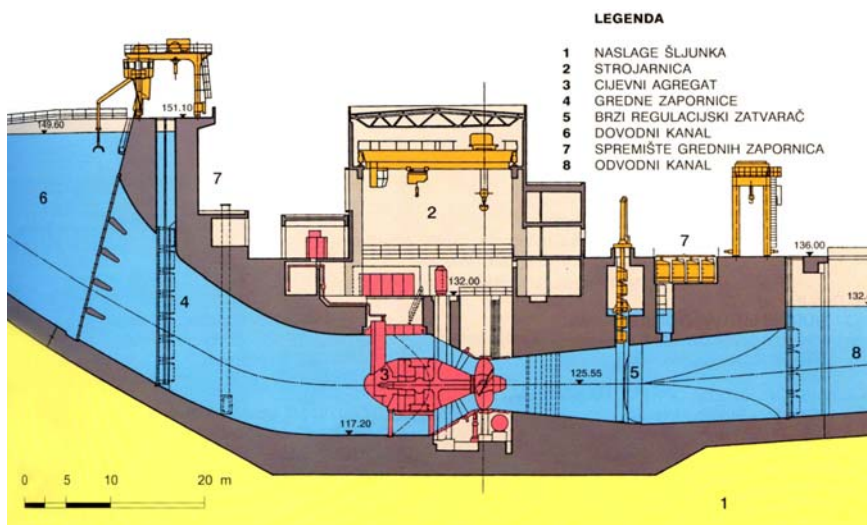
- H_1 - bruto pad dionice
- H_2 - bruto pad elektrane
 $H_2 = GV - DV$
- H_3 - koncentrirani pad
 $H_3 = H_2 - \Delta H_2$
- H_4 - neto pad koji se koristi na turbini
 $H_4 = H_3 - (\Delta H_3 - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g})$

- ΔH_1 - gubitak na padu u uspornom području
- ΔH_2 - gubitak na padu u derivaciji
- ΔH_3 - gubitak na padu u strmom dovodu

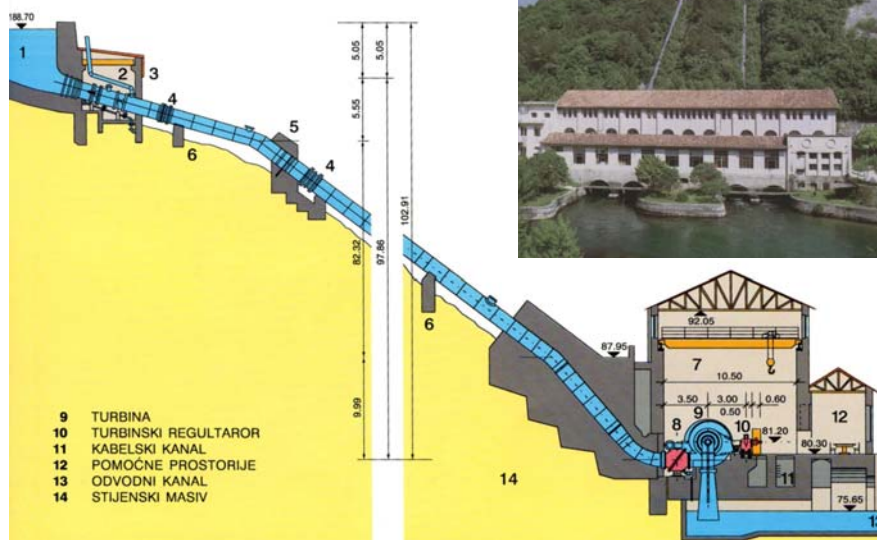
Primjer derivacijske HE – HE Dubrava



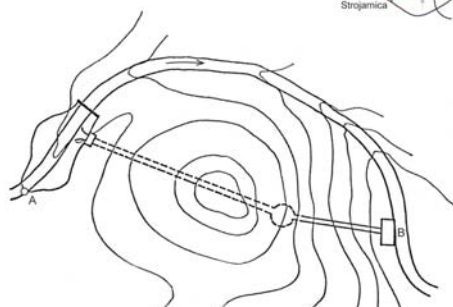
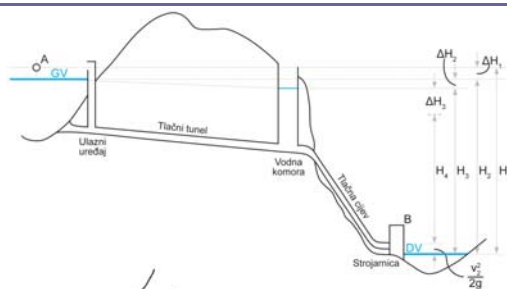
Primjer derivacijske HE – HE Dubrava



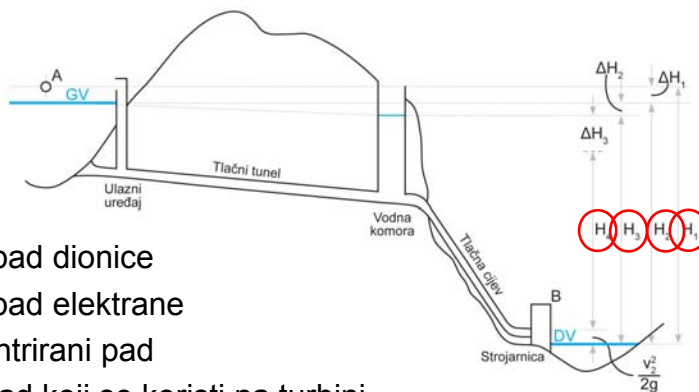
Primjer derivacijske HE – HE Miljacka



Derivacijske hidroelektrane dovod pod tlakom



Derivacijske hidroelektrane dovod pod tlakom

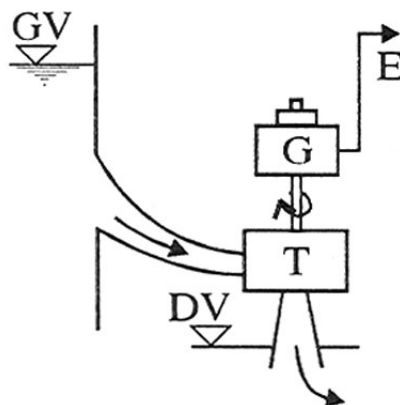


- H_1 – bruto pad dionice
 - H_2 – bruto pad elektrane
 - H_3 – koncentrirani pad
 - H_4 – neto pad koji se koristi na turbini
-
- ΔH_1 – gubitak na padu u uspornom području
 - ΔH_2 – gubitak na padu u derivaciji
 - ΔH_3 – gubitak na padu u strmom dovodu

Primjer derivacijske HE – HE Vinodol



Transformacija energije vodotoka



- Turbine transformiraju energiju vode u mehaničku energiju rotacije koja se generatorom transformira u električnu energiju

Gubici kod transformiranja energije

- U procesu transformiranja energije vodnog toka u mehaničku energiju rotacije turbine dolazi do gubitaka koji se mogu podijeliti u 3 grupe:
 - hidraulički gubici
 - volumni gubici
 - mehanički gubici

Gubici kod transformiranja energije

– HIDRAULIČKI GUBICI

- **gubici neto pada**
 - uslijed trenja vode sa zidovima turbinskog sklopa i uslijed intenzivne turbulencije toka pri skretanju struje u toku njenog složenog kretanja kroz turbinu
 - stvaraju se na čitavom potezu protočnog traka, od statora spirale, preko privodnog kola, u spirali turbine i izlaznom difuzoru.
- **gubici uslijed trenja** o elemente statora koji služe za usmjeravanje i lopatice privodnog kola
- **gubici u turbini** uslijed trenja vode o lopatice turbine i zbog promjene smjera strujanja vode, uslijed čega dolazi do turbulencije i intenzivnog gubitka energije
- **gubici u difuzoru**
 - gubici uslijed trenja u difuzoru s lokalnim gubicima uslijed promjene smjera toka
 - lokalni gubici na izlasku iz difuzora uslijed naglog smanjenja brzine sa izlazne brzine na brzinu u odvodnom kanalu.

Gubici kod transformiranja energije

- U procesu transformiranja energije vodnog toka u mehaničku energiju rotacije turbine dolazi do gubitaka koji se mogu podijeliti u 3 grupe:
 - hidraulički gubici
 - volumni gubici
 - mehanički gubici

Gubici kod transformiranja energije

- ukupni koeficijent korisnog djelovanja turbine

$$\eta_t = \eta_h \cdot \eta_Q \cdot \eta_m$$

- efektivna snaga turbine

$$P_t = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta_t \text{ [kW]}$$

Gubici kod transformiranja energije

- koeficijent korisnog djelovanja turbine
- koeficijent korisnog djelovanja generatora
- koeficijent korisnog djelovanja transformatora
- koeficijent korisnog djelovanja na pragu elektrane

$$\eta = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

- Efektivna snaga na pragu elektrane

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta \text{ [kW]}$$

