

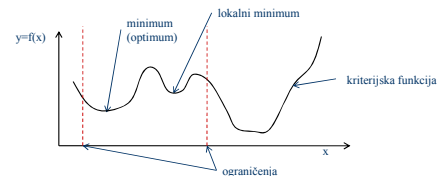
6 ODABIR OPTIMALNOG PROFILA KORITA

U posebnu kategoriju štetnog djelovanja voda može se uvrstiti i uporaba neadekvatnih tehničkih rješenja vezanih uz vodnogospodarske aktivnosti te aplikacija rješenja koja svojim dimenzijama prelaze okvire potrebnih. Stoga je vrlo važno posvetiti veliku pažnju tome problemu kako bi se izbjegla nepotrebno velika ulaganja u izgradnju i održavanje vodnih sustava. Jedan od ispravnih inženjerskih pristupa u fazi osmišljavanja je optimalizacija kako cjelovitih sustava, tako i njegovih elemenata.

1

KRITERIJI OPTIMALIZACIJE

Postupak optimalizacije predstavlja pronalaženje minimuma ili maksimuma ciljne (kriterijske) funkcije uz postavljena ograničenja njenog važenja.



2

KRITERIJI OPTIMALIZACIJE

Kriteriji optimalizacije mogu biti različiti. U hidrotehničkoj praksi je vrlo česta upotreba:

- hidrauličkih kriterija (obično se traži rješenje s minimumom otpora tečenja) i
- ekonomskih kriterija po kojim se traži minimalna cijena rješenja.

3

Primjer hidrauličkog kriterija: minimalni gubici hidrauličkog pada u kanalu trapeznog poprečnog profila

- $A = \text{const}$, $O = b + 2h\sqrt{1+m^2}$
- $O \rightarrow \min$

$$\frac{b}{h} = 2 \left(\sqrt{1+m^2} - m \right)$$

Primjer ekonomskog kriterija: Odabir optimalnog profila kanala

- Svrha kanala (odvodnja, oteretni kanal, obodni kanal, dovodni, reguliranje korita manjih vodotoka...) – u okviru zaštite od štetnog djelovanja voda ili korištenja
- Koristi koje kanal donosi (ili direktne koristi ili spriječene štete)

Koristi su uvijek u funkciji protoka koji se provodi kanalima pa je odabir profila pitanje protočnosti i stabilnosti korita!

5

U praksi se najčešće zanemaruje složeni postupak odabira optimalnog rješenja iz razloga velikog broja utjecajnih parametara.

Dimenzioniranje (odabir profila) obično se provodi na način da se odabere samo jedan tip konstruktivnog rješenja od poznatih u inženjerskoj praksi te da se za takovo rješenje odrede proporcije temeljem pretpostavki stacionarnog tečenja, i eventualno se provjeri stabilnost korita s aspekta fluvijalne erozije.

Takav postupak daje rješenje koje je tehnički ispravno, ali zasigurno nije najekonomičnije (koji puta je daleko od toga).

Potrebno je uvesti tehničko-ekonomski kriterij, što podrazumijeva optimalizaciju tehničkih rješenja po kriteriju minimuma troškova (izgradnje i održavanja).

6

U nastavku ćemo se osvrnuti na primjer otvorenih korita kojima se ne kreće vučeni nanos.

Tri su osnovna tipa:

- Korita bez zaštitne obloge
- Korita sa zaštitnom oblogom pokosa
- Korita sa zaštitnom oblogom dna i pokosa

7

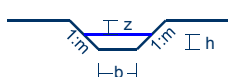
Korita bez zaštitne protočne konture

Kriterijska funkcija verbalno bi trebala glasiti: za otvoreno trapezno korito koje treba imati određenu propusnu moć (Q_{proj}) i koje se izvodi u tlu bez zaštitne obloge dna i pokosa potrebno je odrediti profil tako da ukupni godišnji troškovi i evidentne izgubljene vrijednosti budu minimalni a da je korito stabilno na fluvijalnu eroziju.

Da bi se matematički mogla odrediti ova ciljna funkcija potrebno je provesti detaljnu analizu hidrauličkih aspekata tečenja i analizu stabilnosti korita.

8

Profil trapeznog kanala određen je s tri parametra: širinom dna b , dubinom h i nagibom pokosa $1:m$.

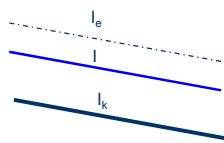


$$Q = v F$$

$$F = h(b + m h)$$

$$O = b + 2h \sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{F}{O}$$



Manning

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Za zadani protok Q moguće je odabrati beskonačno mnogo rješenja profila variranjem četiri parametra: širine dna b , dubine h , nagiba pokosa $1:m$ i uzdužnog pada I_k .

9

Kriterij stabilnosti korita na fluvijalnu eroziju određen je veličinom srednjeg posmičnog naprezanja na dnu (S_{max}) i pokosu (S'_{max}):

$$S_{\text{max}} = k_m \rho g h I$$

$$S'_{\text{max}} = k'_m \rho g h I$$

I dopuštenih vrijednosti posmičnog naprezanja na dnu (τ_{do}) i pokosu (τ'_{do}) za različite materijale.

10

Ciljnu funkciju odredit ćemo zbrajanjem godišnjih troškova izgradnje i održavanja.

Izgradnja kanala svest će se na iskop materijala i planiranje dna i pokosa. Tim troškovima potrebno je i dodati troškove zemljišta koje će biti potrebno otkupiti, a koje će biti u funkciji kanala.

Kada se govori o neobloženim koritima sa stabilnom konturom, tada će zasigurno osim izgradnje kanala biti potrebno izvesti i određen broj građevina koncentracije pada (vodnih stepenica). Prema tome, cijeni izgradnje bit će potrebno dodati i tu stavku.

11

Godišnji troškovi izgradnje podrazumijevaju godišnji iznos kapitaliziranih troškova izgradnje (anuiteti, amortizacija) objekata (korito + stepenice) promatrano kroz vijek trajanja tih objekata. Njima je potrebno dodati i godišnje troškove održavanja te godišnje troškove otkupa zemljišta.

Ciljna funkcija će tada biti oblika:

$$f(h, b, m, z, L, I, C_1, C_2, C_3, C_4) = C_1 \left[(h+z)(b+m(h+z))L + (b+2m(h+z))(I-I) \frac{L^2}{2} + m(I-I) \frac{L^3}{3} \right] + C_2 [(I-I)L] + C_3 [(b+2m(h+z))L + m(I-I)L^2] + C_4 [(2(h+z) + (I-I)L)(1+m^2)^{1/2}L]$$

12

Gdje su:

L [m] – duljina korita

I_t – uzdužni pad terena u smjeru trase korita

C_1 [kn/m³/god] – jedinični godišnji trošak izgradnje korita

C_2 [kn/m/god] – jedinični godišnji trošak stepenice visine 1m

C_3 [kn/m²/god] – jedinični godišnji trošak otkupa zemljišta

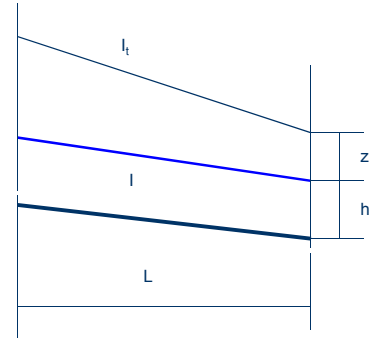
C_4 [kn/m²/god] – jedinični godišnji trošak održavanja pokosa

$(h + z)(b + m(h + z))L$ -volumen korita za slučaj jednakog pada terena i korita

$$(b + 2m(h + z))(I_t - I)\frac{L^2}{2} + m(I_t - I)^2\frac{L^3}{3}$$

-volumen nefunkcionalnog dijela korita zbog razlike pada terena i korita

13



14

$(I_t - I)L$ – razlika visine koju je potrebno savladati hidrotehničkim stepenicama

$$(b + 2m(h + z))L + m(I_t - I)L^2$$

- površina terena koju zauzima korito

$$(2(h + z) + (I_t - I)L)(1 + m^2)^{1/2}L$$

- ukupna površina pokosa koju treba održavati

15

Određivanje minimuma ciljne funkcije potrebno je provesti uz poštivanje hidrauličkih zakonitosti toka i poštivanje stabilnosti korita na fluvijalnu eroziju. Raspisivanjem jednadžbi po osnovnim parametrima dobivaju se sljedeći obrasci:

$$h(b + mh)\frac{1}{n}\left[\frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}\right]^{2/3}I^{1/2} - Q = 0$$

$$k'_m \rho ghI - \tau'_0 < 0$$

Također, dodatno ograničenje bit će nam uvedeno analizom stabilnosti pokosa obale, odnosno nagib pokosa $m > m_{\min}$.

16

Da bi se moglo iznaći rješenje, potrebno je poznavati jedinične cijene C_1 , C_2 , C_3 , i C_4 , uzdužni pad teren I_t , koeficijent unutrašnjeg trenja materijala, Manningov koeficijent n , nadvišenje z , te dopuštena posmična naprezanja τ_0 . U optimalizacijskom postupku te se vrijednosti smatraju konstantnim, pa nam ostaje za varirati parametre protočnog profila h , b , m i uzdužni pad korita I .

Problem je sada četverodimenzionalan i do minimuma ciljne funkcije moguće je doći na razne načine, npr metodom pretraživanja. Za fiksirane vrijednosti jednog parametara odrede se ostala tri koja daju lokalni minimum ciljne funkcije, te se za razne kombinacije pronade najmanja vrijednost lokalnih minimuma ciljne funkcije.

17

Navedeno govori o složenosti postupka određivanja optimalnog profila kanala trapeznog korita bez obloge, kao najjednostavnijeg tehničkog rješenja. Sve to za jednu trasu, za jedan zadani protok i za jednu varijantu nekog vodnog sustava.

Bez obzira što se čini vrlo složenim postupkom, danas kada nam alati i sredstava omogućuju brzo iznalaženje rezultata te tu mogućnost treba koristiti.

18