

ID = 1240742



**EROZIJA TAL IN HUDOURNIKI V SLOVENIJI**

**(Iskustva in pomanjkljivosti)**


**Pintar Jože**  
**Podjetje za urejanje hudournikov**  
**Ljubljana**



Inv. št. 22004000186

GOZDARSKA KNJIŽNICA

**K E**  
**518**



22004000186

UNIVERZA V LJUBLJANI

COBISS



## ERODIJA TAL IN HUDOURNIKI V SLOVENIJI

(Izkustva in pomankljivosti)

### 1.)

#### Uvod

Za Slovenijo postaja razdivjanost hudourniških voda in plasev vedno večji problem. Redne vode nihajo od preplavljanja do pogostih usabnitov. To skušamo obruslošiti s izrednimi padavinami in sušnimi obdobji, še bolj primerjave pa kažejo, da se prevladujoči varoki drugje. Vprašanje je, če smo s dolgotrajnimi posegi narušili prirodno ravnotežje, ali pa s naselji in drugimi objekti sašli v še od nekdanj omejena področja, ki so bila pred desetletji človeku odsaknjena in gospodarsko nesamiziva. Pritrdilno lahko odgovorimo na oboje. Relativno prirodno ravnotežje se s posegi človeka in razvojem tehnike ruši, človek pa s pospešenimi koraki hiti sproščanju elementarnih sil nasproti.

Da bi lažje ocenili erozijske in hudourniške procese, pa se moramo bužno seznaniti najprej s prilikami okolja in osvetliti nekaj starih dognanj.

### 2.)

#### Ekološke razmere

Značilno svojstvo Slovenije je tektonska razdrobljenost in velika reliefna in geološka razgibanost sveta. Dobra tretjina ozemlja (cca 700.000 ha) je sgrajenega iz plazovitih glinastih škriljavcev, glinenih usedlin in fliša, s hitro menjavo vodopropustnih in nepropustnih plasti. V področjih Alp in Karavank, ki so hudourniško najbolj suabilna, pa moramo upoštevati še prisotnost debelih pla-



sti dolomitnih peči, morenskih narivov in pobočnih nanosov. Vse te okolnosti poleg tega pa še klimatske razmere s velikimi toplotnimi spremembami in intenzivnimi padavinami (do 200 mm v nekaj urah) dajejo temu svetu v geomorfološki in hidrogeološki pogledu še poseben pečat občutljivosti.

## 2. 1

Vloga tal in vegetacije na vodni režim

Polog strukture in lege tal je poseben regulator vodnega režima vegetacija, ki obnavlja in varuje tla pred spiranjem in plazanjem. Prvenstvo ima prirodni ali smotrno urejen mešani gozd. Drevje ob nalivih bleši vodne curke, tla pa so v gozdu rahla in dobro povezana s koreninškimi sistenci, kar vse jim daje svojstvo zadrževanja padavinskih voda. Manjšo ohranjevalno sposobnost imajo pašne in travniške površine, pa čeprav tudi tu deluje praktično vsaka bilka kot majhna vodosadržna pregrada. Povsem drugačni so pogoji na goličavah, kjer padavinske vode hitro odteka po sbitih površinah ter spirajo nepovesana plodna tla in preperike. Ta proces pa zaradi prikritosti ni nič manj nevaren kjer se za kulisami prebiralnih gozdov dejansko vrši prekomerno issekavanje, ker tam niti drevesna niti goliščna vegetacija ne more v zadostni meri prevzeti vloge regulatorja. Tako v osnovi dober način skupinsko - postopnega gospodarjenja s gozdovi lahko vodi do slorab.

## 3.)

Erosijski procesi

3 krčenjem gozdov in slabljenjem vegetacije regulativna sposobnost tal peša. Padavinske vode hitro odteka je po površini in spodmlovaže neodporne strme bregove mesten ko se nezadržana tla še po nekaj dneh osuše in saskopijo. Eastlinska odeja tako s vse večjo naseljenostjo in industrializacijo slabi, vode hitro naraščajo in upadajo,



pregojeno prirodno ravnovesje pa se zaradi verižnega sproščanja denudacijskih sil veča, plavov in vetrov ruši. Ni moj namen dokazovati, da je nosilec življenja tista tanka plast plodnih tal, ki potrebuje za svojo geneso stoletja. Želim pa poudariti, da je prav ta tanka plast predelanih tal (pedosfere) tista, ki uravnava prirodne procese. Svojestvo retencijske sposobnosti tal sloni namreč na vzrečni povezanosti pedosfere in vegetacije, zaradi česar je vašen celotni profil. Tla brez vegetacije, ali po humifikaciji odmrlih rastlin so proti erozijskim silam neodporne. Razlike v retencijski sposobnosti se kažejo že med različnimi rastlinskimi združenji. Medtem ko npr. slaba širša spomladanske rase s surovim humusom upija vodo kot goba, je na suhem - kisle humusu pod smrekovino čisto površinski odtok precejšen. Še manjša pa je odpornost in retencijska sposobnost ogolobih tal, kjer lahko oplahni pri eni nevihti po nekaj cm nezашčitanih plasti. S tem slabe tla kot glavni regulator vodnega režima in hira rastlinska odeja, ki naj bi varovala tla pred spiranjem in odplakovanjem. Zaradi postopnosti pojavov so ti procesi sicer v Sloveniji zakriti in manj očitni kot temu sledeče posledice globinske erozije, ko drvi material v nižave. Pri površinski eroziji pa se spirajo predvsem drobni delci predelanih tal s čemer se s tokom propustnost tal zmanjšuje. Površinske erozije zato obravnavamo pri nas predvsem s stališča propadanja sonjišč in s tem povečanega odtoka vode, manj pa kot neposredni izvor produktivnosti, ki je pretežno v globinski, usadni in bočni eroziji.

(glej pril. str. 2 do 10)

4.)  
Obseg erozijskih območij

Če upoštevamo opisane ekološke prilike in način dolgotrajnega ekstenzivnega gospodarjenja v preteklosti, ni

slučaj, da znaša površina erozijskih območij v Sloveniji 510.000 ha. Ožjega hudourniškega območja, kjer se procesi erozije intenzivno širijo, je 20.400 ha, od te površine pa je 1020 ha usadnih erozijskih šarišč s cca 150 aslo kritičnimi hudourniki, številnimi zemljakimi in preko 500 snežnimi plazovi, kar tvori neizčrpen vir prodonosnosti.

So)  
Posledice erozivne aktivnosti voda

Najbolj kritično je delovanje hudourniških voda v Sloveniji na področju Karavank, Alp in Primorskega pliša. Nevarni hudourniki s dalekosežnimi posledicami so predvsem tam, kjer so debele strmo naložene plasti nanosov in greperin s izrazito globinsko erozijo. Erozijski jarci se razjedajo po več 10 m v globino, pri čemer ob povprečnem naklonu spodalevanje 1 : 1 raste površina izgubljenih zemljišč s produktom 2 kratne globine in dolžine jarka, površine erodiranih tal s produktom 2,5 kratne globine in dolžine, kubatura odplavljenega materiala pa s produktom kvadrata globine in dolžine jarka. Tako se npr. sprosti pri 1 m globokem jarku cca 1000 m<sup>3</sup> nanosa po km., pri 10 m globokem pa še 100.000 m<sup>3</sup>. Če pri tem soupada zaradi izpostopenega vmošja še plazanje bregov pa se progresija še stopnjuje. Tako je npr. šče in 4.5 ha velike erozijske grupe hudournika "Suhelj" v Kravankah, ki je le eden od številnih odnesla voda v cca 80 letih okrog 1 milijona m<sup>3</sup> materiala, od katerega zaradi še opisanih vplivov globine odpade pretežni del na sadnja desetletja. Pri tem cenimo škodo na neposredno izgubljenih zemljih 3 milijone S.din, zaradi nanosov pa bi ob sedanji stopnji ureditve v nižjih legah znašala preko 1 milijarde S.din, kar še brez dalekosežnih posledic govori o izrazito posrednem značaju škod, ki jih povzročajo hudourniki.

(glej pril. str. 8, 9)



Kljub manjšemu izvora prodornosti pa ne gre podcenjevati tudi površinske erozije na geološko odpornejših površinah, (Kras) kjer so tla sprana do katične križine, kar je vsek on tal tu toliko bolj dragocen in za vegetacijsko dnovo potreben. Poudariti želimo le prioriteto glede na akutno širjenje globinske erozije kot neizbrpnega vira nanosa.

(glej pril. str. 1b, 6a)

Z naraščajočo prodornostjo hudourniški snodaj potokov prodira vse bolj v nižave. Vode, ki so bile nekdanj ramseroma ustaljene, danes močno nihajo, zapolnjujejo s nanosom korita rek, v neodpornih kregovih pa si iščejo novih poti.

(glej pril. str. 12 - 17)

Pri ureditvenih posegih na prirodne regulatorje radi posabljam in čestokrat iščemo valjens rešitve. Tako skušamo vode pogostokrat obvladati samo s rečnimi nasipi in urejanjem pretečnih korit, s čemer problem ne rešujemo pač pa prostorno in časovno premeščamo. Da pa bi bila njihova potokov še večja, poskrbimo za kanalizirano odvodnjanje iz prirodnih retencij, ne da bi poiskali nadomestilo za izravnavo, o možnosti, kako bi ob smoternejšem gospodarjanju s površinami čim več vodeadržali na padavinskem območju in s tem zagotovili tudi biološki vodni minimum, pa le redko razmišljamo. V ilustraciji navajam primer hudournika s visoko vodo 8 m/sak., ki je po ureditvi prodnih pregrad praktično "usahnil" v masajni prodni retenciji. To je posebno tudi zato, ker vegetacija v gorakih predelih običajno ne trpi zaradi prevlačnih, pač pa zaradi suhih, sončni pripeki izpostavljenih tal. Pri tem je osebe vredne okolnost ta, da v sicer hladni klimi s povprečno 1800 mm letnih padavin ni zagotovljena tudi analogna talna vlaga, kar zdrže tla pri odtočnem koeficientu 0,7 le še

preostalih 540 mm padavin. Značilen je tudi primer Save Dolinke nad Kranjako joro, kjer je pretok razmeroma stabilen, s osušitvijo naravnega izravnalnega basena "Zelenoi" pa bi se spremenila v hučurnik s močnim nihanjem vode, kar ne bi povzročilo škode le zaradi poplav, pač pa tudi ob niskih vodah, ko je voda za gospodarstvo najbolj iskana. Glede produktivnosti pa navajam primer Save nad Mostani, kjer se že srednje visoke vode prelivajo in ubirajo nove poti, ker ima prečni profil matične struge le še cca 30 % pretočne zmogljivosti za visoke vode, medtem ko je letna produktivnost narasla iz povprečno 50.000 m<sup>3</sup> na 200.000 m<sup>3</sup>. Če letne maksimalne nanose prikažemo v odnosu na površino vodosbirne <sup>GA</sup> salodije, pa znaša za širše hudourniško porečje cca 800 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, za posamezne pritoke do 10.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, v obliki erozijskega šarišča pa do 10.000 m<sup>3</sup>/ha.

Kolikšen del suspenzij in drobnega peska potuje in se useda v odtočnih strugah nižinskih predelov lahko sklepamo iz razmerja strukture in količine odplavljenega materiala in erozijskih salodij pri čemer ga obleži v strugah agorajih tokov le dobra tretjina v obliki debelejših noplavin. To jasno kaže, da je vprašanje ureditve vodnega režima poleg močnih izravnalnih akumulacij predvsem vprašanje ureditve hudourniških salodij in savarovanje ogroženih rečnih bregov.

Iluzorno je misliti na možnost eliminiranja produktivnosti, lahko pa bi jo s smotnim urejanjem nadgradi v dopustnih mejah, preostale močne sproditvene prostore pa rezervirali za namene in opedalevajočih alpskih področij, s katerimi moramo v vsakem primeru računati že zaradi "staranja" gora.

Zaradi znanih okoliščin erozije v preteklih letih niso omejevali, pač pa smo se pred hudourniškim nanosom



sagrajevali s prednimi progredami in s tem nehote odvrabljali pozornost širše družbe od kritičnega utesa v odmakljenih hidroarhaičnih salodjih. Posledice takih posegov in utonjena inundacijska območja, utonjeni vodni tokovi in s tem nizvočno preusmerjanje vode in nanosa, poleg tega pa nizko ob vodotokih položene komunikacije, energetske naprave ter naselja, so, da je v regionalno najbolj občutljivih področjih že zelo izkoriščena možnost vesanja nanosa. To jasno nakazuje najostrejši način urejanja hidroarhaičnih salodij okolišev erozijskih šarž kot neizčrpnega vira nanosa, če hočemo doseči zaželjeno poglobitev rečnih korit in vodno stabilno obvladati. To zahteva način ureditve pa kar nekaj let, ki jih je treba premisliti in temu odgovarjajoče prilagoditi tudi nizvočne ureditvene posege v smeri toka.

6.)  
Prevladnost

Proces gibanja nanosa ni dosti manj zanimiv od erozije tal. Pogojuje ga struktura in upetost materiala ter transportna moč vode. Upoštevati pa moramo tudi nizvočne spremembe geološke sestave in položaja struge. Tudi ob odlaganju se kaže na prehodih iz struge v položnejši tok, kjer se izoblikujejo vode predne potence okolišev odlagališč. Zaradi nanosa, ki se po delovanju čeznoh voda zgostijo v strugi, si voda išče pot v manj odpornih krevlinah, grobi nanosi pa se s dviganjem nivoja počasi samuljujejo in delno obraščajo. To povečuje vijuganje toka in s tem neugodno koncentracije tokovnic, zaplavljanje konveks ter erodiranje konkav. Z upadanjem toka in oddaljevanjem od erozijskih šarž se proces ponavlja, suspendirane frakcije debelejšega nanosa pa zmanjšujejo drobnejše. Tako si oleda v naravi sočasni odseki ustaljenih strug in razširjeni od-

seki prodnih odlagališč, kateri so dobili takem času vlogo regulatorja osiroma razbremenilnika, ki preprečujejo ulov nanosa v odtečajne odtake sosenih strug, kjer obstoji nevarnost zamašitve. Z naraščajočo erozijsko aktivnostjo se prodilca širijo, nanos pa prodira v nižava in zaplavlja pretočna korita. Pri tem je zaradi večjih nihanj prodonosne aktivnosti vidnejša v zgornjih tokovih, kar pa ne govori da je tudi bolj nevarna od manj obilnega zaplavljanja nižvodnih korit s drobnejšimi frakcijami nanosa, kjer ima zaradi odprtosti terena prelivajoča voda večji poplavni razlij. Šablonsko stenujevanje pretočnih korit in kanalisirano odvajanje nanosa je zato tudi ob izdatni rezervi pretočnega profila tvegano tar pogostokrat vodi to zamašitev in prelivanja voda v regionalno najbolj občutljive okolju.

(glej pril. str. 16 - 17, 31)

Poleg običajnega nihanja prodonosnosti, spremljanega od visokih voda, v visokogorskem svetu ne moremo zanemariti letnih nihanj zaradi temperaturnih sprememb, ki delujejo na smrtal tal in topljenje snega. S tem povzročamo kolebanja dna strug, ki znašajo v nekaterih hudiournikih Karavank po več metrov. Tako smo npr. zaznali na hudiourniku Hladniku med novembrom 1966 in majem 1967 sedem metrov nadvišanje in poglobitev struge. Proces si razlagamo s tem, da pri odjugi vode razmakajo in spirajo tla, ob sponladanskih nalivih pa se voda sliva iz smrtalnih sledij in odplavlja nižvodni nanos.

(glej pril.str. 36)

Obnašanje prodonosnih potebov nas dila od parcelnih rešitev in tendenc po šablonskem obvladanju vodne stihije k promišljenemu prostornemu in časovnemu planiranju ureditvenih posebov. Zamisliti se moramo nad visokim s prozudenih ureditvenih objektov, ki so bili zgrajeni na

odtočnih strugah v sedajem 10-letju. Pri obstoječih pogojih, ki so sicer izven naših strokovnih moči, je težko misliti na koordinacijo ureditvenih del, ki bi bila povsem usklajena s spreminjajočimi se procesi valolnih vodotokov, kar pa ne opravičuje nasprotujočih se posegov. Če že temperaturna nihanja delujejo na gibanje nanosa, ki v ožjem lindhorniku lahko nekajkrat preseže kapaciteto protočnega profila, bi morali tudi pri izgradnji varstvenih objektov (pregrade, regulacije) pričakovati analogne spremembe s vsemi posledicami poglobljanja, zasipavanja in poplavljanja v odtočni smeri.

7.)  
Ureditvena  
dela

Da bi omejili erozijsko aktivnost in izboljšali vodni režim je v prvi vrsti potrebno smoterno gospodarjenje s ogroženimi površinami in sistematično ureditveno delo ob stalnem spremljanju obnašanja ureditvenih posegov. Ureditvena tehnika bi morala biti predvsem sredstvo za oporo prirodnega optimuma. Pri obstoječem utripu življenja pa se le redko vprašamo, kakšna je ta priroda in kakšne so njene lastnosti. Hi ugolj slučaj, da često gradimo na slepo, medtem ko so močnosti, ki jih daje priroda, še razmeroma malo izkoriščene. Prirodne faktorje pa upoštevamo le v toliko, kolikor so podatki važni za dimensioniranje in biološko uvrstitvev. Zaradi posredne uplivnosti pojavov in številnih spremenljivk nekkih splošno voljavnih obrascev se ugotavljanje intenzitete procesov še ne poznamo, ali pa je njih uporabnost, kljub navidezni eksaktnosti, omejena. Zato bo moralo strokovno delo verjetno še precej časa skloniti na primerjalnih osnovah, ki pa zahtevajo smotno metodologijo in klasifikacije po sorodnosti tipov pojavov v povezavi s sorodnostjo eko - in biotipa v katerem na-



stopajo. To omogoča med drugim določene tipizacije in s tem povezano ekonomizacijo ureditvenih posegov, ki pa ne bo le slepo prenašanje iskustev. Pomembni obrasci so pri tem lahko eden od vzporednih pokazateljev erozijskih pojavov, ki naj bi tekom časa dobili konkretnjšo formo. Sistematizacija strokovno raziskovalnega dela in oprijemljivejše metode ugotavljanja stopnje degradacije ter intenzitete erozivne aktivnosti pa ni važna samo za ugotavljanje primernejših ureditvenih metod, pač pa tudi za perspektivno planiranje. Pri tem mislim na dolgoročne regionalne osnove in gospodarjenje s gozdovi, ki rabijo za premoč nekaj človeških generacij, ko bodo ogroženost površin in odtokni pogoji bistveno spremenjeni. V tem pogledu bi bilo morda uместno raziskati varočne sveze med progresivno propadanja zemljišč ter intenziteto nalivov in koeficientom odtoka ob določenih pogojih.

### 7. 1 Varstveni objekti

Zaradi funkcionalne povezanosti pojavov in ureditvenih posegov vodilni vodotokevi ter zaradi gospodarske omejenosti, ki izsiljujejo prioriteto ni mogoče dati nekih splošnih smernic o operativnem zaporedju urejanja. V vsakem primeru pa je potrebna vzporedno s odvoznimi ureditvenimi posegi skladna sanacija erozijskih sledij.

Kakor je improvizacija ureditvenih posegov problematična, so čisto problematični tudi togi masivni objekti. Star je izrek, da je umetnost načrtovanja varstvenih objektov v dobrem temeljenju in močnostih nadvičanja, kar pa si ne moremo vedno privoščiti. Splošni principi ureditvenih posegov in metod so znani, rad pa bi jih dopolnil s nekaj preprostimi tehničnimi prijemi, ki dajejo široko možnost izbiere in elastičnejšega prilagajevanja ureditvenih pose-

gov prilikam okolja.

## 7. 2 Akumulacije

Veliki akumulacijski objekti za izzivno vodnih konic in zadrževanje nanosa in širših porečij, načelno niso sprejemljivi zaradi goste naseljenosti in koncentracije gospodarskih objektov v ogroženih sosednjih S takimi posegi bi sicer za določeno obdobje delno rešili problematiko vodnega režima nižinskih predelov s opuščanjem ureditvenih posegov v sosedju pa hkrati dopustili nadaljnje progresivno sproščanje erozivnih sil in propadanje tal, s čemer bi bil ogrožen obstoj šiviljanja na področjih, ki predstavljajo pretežni del naše dežele.

## 7. 3 Prodna retencije

Možnosti za vezanje nanosa s pregradami so omejene, istočasno pa stopnje povzročajo skokovite prehode in velike notaje v vzdolžnem profilu. Kljub akutnosti problema pa premalo upoštevana možnost vezanja in uravnavanja gibanja nanosa s reguliranjem širine pretočnega profila, ter smotrne rasporeditve prodnih odlagališč taložnic na inudacijah vzdolž vodotokov. Če osnovni hidravlični elementi ter struktura obstoječega in pričakovanega nanosa in vodosbirnega sosedja kažejo, da lahko s uteanjenjem ali razbijanjem vodnega toka v inudacijske razširitve reguliramo gibanje in odlaganje nanosa. To pa omogoča bolj elastično prilagajevanje transportne aktivnosti voda pogojem okolja, tako glede regionalne občutljivosti območij vzdolž vodotokov, kot glede možnosti sortiranja, odzivanja in iskeričenja proda. Mino navedenega pa je vezanje ali odzivanje proda v erozijskih šarjastih in odlagališčih dosti bolj ekonomično od čiščenja korit.

7. 4

Preusmerjanje  
tokovnic

V pretočnih koritih je važna okolnost izpodkopavanje konkav in zasipavanje konveks, stabilizacija dna struge s talnimi pragovi pa je draga in vezana na sistem. Na manjših potokih s stalno vodo med obrežnimi sidovi, lahko dosežemo konsolidacijo dna s lesenimi vlečki ali piloti v obliki talnih pragov, v širših strugah pa skušamo doseči izravnavo transportne moči vode s preusmerjanjem tokovnic s pomočjo prečnih sklonov. Na odprtih strugah uporabljamo v ta namen krilne jebice, v regulacijskih koritih pa krilne pragove, ki se pod nagibom zgubljajo v globini struge. To omogoča brez večjih stroškov tudi onejevanje rentencijskih razširitev. Vlečno moč vode in tendenco poglabljanja ob konkavnih - obrežnih sidovih pa lahko onejimo tudi s odgovarjajočo hrapavostjo sidov, oziroma protitočnimi maniki.

(glej pril. str. 53, 54)

7. 5

Jebice

Pozornost zasluži tudi jebice na sploh, saj imajo prednost pred obrežnimi sidovi v opanosti izvedbe ter širši možnosti manevriranja ob udorih nanosa. Pomankljivost masivnih jebic pa se kaže v tem, kar je čelna stran izpostavljena izpodkopavanju, medtem ko nastopajo v pasu jebic nesaprodani prvi prostori. Nisel, kako aktivirati mrtve prostore ter doseči v prvi fazi zaplavljanja odlaganje proda, za tem pa peščenih usedlin, je privedla do rešetastih jebic s postopno izgradnjo, ki ne pretrgajo vodnega toka kot masivne s neugodnimi posledicami depresij. Eden od preprostih tipov je ta, da v smeri predvidenih jebic pilote sabijemo, na te pa postopno v razmaku, ki jih narekuje struktura nanosa, pritrdjujemo od obrežja proti strugi in od spodaj navzgor zaporne grede. Tako ob spran-

ljanju procesa zaplavljanja s relativno niskimi stroški dosežemo zadovoljivo sanacijo depresij. Kjer so jesbice dobro vezane v bregove, pa ni oiveš usmerjanje vodnega toka s nanosom v območje depresij med jesbice.

(glej pril. str. 55, 56)

V prikazih, kjer želimo s jesbicami doseči samo zaščito brešin, toge sgradbe pa zaradi nihanja dna struge ne ustrezajo, proučujemo tako na prečna kot vzdolžna zavarovanja podajne silove. Ena od takih možnosti je, da med pilote vlačimo v verigo povezane betonske kvadre, ki lahko sledo terenu, po konsolidaciji pa se dogradijo v masivni sid.

#### 7. 6 Hudourniški vršaji

Posebno vprašanje so hudourniški vršaji pred nalivi v recipient. Tu je namreč proces zaplavljanja in poglobljanja zaradi velikih padcev še bolj očiten kot v nizvodnih strugah. Sem pa moramo prišteti še okolnost, da je nanos v ožjih hudourniških čest spremijevalceo intenzivnih lokalnih nalivov, visoke vode rek pa dolgotrajnejših padavin. Nanos v recipientu se zato ne odplavlja kontinuirno, kar sapira pretok rečni vodi in jo usmerja v nasprotni breg. Zato na predonosenih hudourniških ni umestno vode kanalizirano odvajati v recipient, pač pa s porazdelitvijo-rasbijanjem vodnega toka s pomočjo konsolidacijsko raslivnih pragov do največje možne meje akumulirati nanos na nasipnih stožcih. Koč tem časom se sanirajo erozijska sledja, šele v sadnji fazi ureditve pa po potrebi pristopimo k utrjevanju korit preko vršajev. Na vršajih s manjšim vodosbirnim salodjem ( $P < 1 \text{ km}^2$ ) se pogostokrat s učinkovito porazdelitvijo vode doseže, da voda v celoti pronicu v pred ter raseaka teren, kar pospešuje zarast.

(glej pril. str. 39)



7.7

Bečni hudourniki visokogorja

Podobne okoliščine kot na hudourniških vršajih srečamo tudi v bečnih hudournikih visokogorja, kjer voda pridrvi in ogolelih sledij ter si iskri neodporne površine branda pot do recipienta, medtem ko se gruščnate površine še nekaj dni po dežju osuše. V takih okoliščinah dosežemo z retencijsko - raslivnimi objekti, če ne popoln, vsaj videen uspeh. Retencijsko-raslivne prege esencialno lahko uporabimo tudi pri gradnji prometnic, kjer se voda nad traso sbera in jo je umestno pod propustom posevno raspršiti. (glej pril. str. 40)

7.8

Pregrade

Zaradi širokih možnosti izbira in prilagajanje kreditivnih metod konsolidacijske in zaplavne pregrade ne izgublja svoje značaja. Pregrade večje nanosa, stabilizirajo korita, s nanosom pooredno opirajo bregove in delujejo istočasno kot odlični retencijski faktor. Velike posploševanje pa je tudi <sup>tukaj</sup> tvegano, tako glede izbira sistema, kot glede umlega dimensioniranja, če ne eleni na strokovnih osnovah. V splošnem pa prevladuje težnja, da preideemo od številnih pretočnih pregrad k ključnim pregradam in pregradam za neposredno preprečevanje erozijske aktivnosti ter oporo hribine, ki zaradi staranja raspada.

7.9a

Izbira tipa in dimensioniranja

Pozornost zasluži vprašanje umlega - ekonomskega dimensioniranja, ki ga je pred kakimi 40 leti uvedel pri nas ing. Štrancar. Kjer ni večjih nevarnosti in posledic, če se npr. od 50 pregrad ena grudi je to ekonomsko upravičeno, naj jih 49 še vedno stoji, medtem ko bi jih bilo za ista sredstva po vseh principih statičnih izračunov zgrajenih samo 30. Ta princip pa je nujno vezan na stalni nadzor, kar pri obstoječih enkratnih podjetniških posegih, ko

se objekt zgradi in prepusti usodi, ni zagotovljano. Navedeni objektivni razlogi pa ne opravičujejo posploševanja. Pri dimensioniranju pregrad se v praksi pogostokrat držimo iskustev, pri čemer debelino pregrad ocenimo na osnovi faktorja razmerja med višino in debelino. Taka primerjava je orientacijsko dopustna pri upoštevanju faktorja za podobne ekološke pogoje. Ne moremo pa istovetiti pritiskov prodnega nanosa, kjer se strajni pritiski delno razbijaajo v grobem skeletu, s ilovnatim nanosom, katerih kot notranjega trenja je bistveno različno. Zaradi dinamike zaplavljanja pa v tej fazi soupada še hidrostatični pritisk. Kritičnim hidrostatičnim pritiskom v fazi zaplavljanja se lahko precej izognemo s postopno izgradnjo objekta. Pri dobro drenirani pregradi se zaplavec samulji, voda pa izteče, tako da ima pregrada po zaplavitvi le še vlogo opornega sidra. Pri postopni izgradnji pridobimo v zaplavku na mestu samem čisto tudi potreben gradbeni material za nadvišanje.

(glej pril. str. 45)

Pri tekočinskih pregradah na prodnatem terenu je umestno proučiti možnost gradnje v samakjenih stopnjah. Ker se pri tiskih sekundarnih pregradb prenašajo v temelje ostrona terena, se dimenzije zmanjšajo, kar lahko do 40 % pomeni gradnjo. Pri tem je potrebno v vsakem primeru za sekundarne pregrade vložiti tanjša, ki preprečijo eventualni sifonski predor vode. Povečanje stabilnosti pregrad s sidranjem ali hrbtno konsolo tako, da sodeluje zaplavec s tekočinsko pregrado proti prekopu, pa je slabi umestno v strmih težko dostopnih terenih.

(glej pril. str. 21, 49)

Poleg pritiskov zaplavka moramo na labilnih terenih proučiti tudi stabilnost bregov in bočnih pritiskov,

ki med drugim pogojuje istiro tipa upete ali tehnostne pregrade, predvsem še, če bi s saporo dodatno razmožili labilne bregove. Vsa te okoliščine poleg sahtevane dobe trajnosti, transportnih in drugih pogojev narekujejo tudi izbiro gradbenega materiala. Kadtem ko je, v stabilnih oankih grapah primerne upet tip pregrad iz betonskih ali kamnitih sidov, za tehnostne pregrade lahko uporabimo kamnomet ali nasip s masivno oblogo. Na labilnih terenih se dobro obnašajo kašte iz želenobetonkih elementov, ker so podajne in vodopropustne. V širših sapornih profilih pa je ucastna kombinacija, s tem da ngradimo pretočno sekcijo iz masivnih sidov, krilo pa iz nasipnega materiala. Na nepropustnih terenih nasip lahko utrdimo s betonskim jedro, sicer pa s ilovnatim polnilom, na propustnih (rušjih) pa sadostuje preprečitev spiranja drobnih delcev iz nasipnega telesa po strugi vodi še s odvodnim vnočnim kamnometom in filtrom. (glej pril. str. 45 - 50)

Pri dimenzioniranju pretočnih sekcij nas hidravlični isračuni pretočnih smogljivosti radi svedeajo k nezaheljeni koncentraciji vodnega toka. To spremljajo nezaprodeni strvti prostori na krilih in odvodno poglobljanje struge, v selo pretočnih potokih pa tudi masivna pretočne sekcije in ulaz visokih voda preko kril. Če sočevanje narekuje utočni značaj pregrade s podslepjem ali preuzmeritev vodnega toka od labilnih bregov, je to razumljivo, sicer pa je pustiti pretočno sekcijo predvsem na sekularnih pregradah dovolj široko, kar omogoča tudi ugodnejše odlaganje nanosa. Ta težnja je v skladu s prevladujočimi tercaškimi prilikami proti vodnega stopajevanja padca s čenar je možno doseči kompenzacijo dna struge pri različnih padcih in sorodni strukturi hribine s spreminjanjem osočnega profila tako, da se v strmajših legah tok razširi v po-

ločnejših pa oaridotoči ter s tem ispravna vlečno moč vode. Ob različni talni strukturi pa je upoštevati še granulacijski sestav materiala in zaseljeno stopnjo poglobitve oniro- ma zaplavitve. Analogno je ob izgradnji prečnih pregrad potrebno proučiti tudi stopnjo in posledice nivojnega poglobljanja ter usmerjanja vodnega toka v predvideni trasi, da voda ne bi stihijako odplavljala nanosa in povzročala nezaseljenih depresij. Na splošno pa bi morali dati pregradam vsebine, da ne bi bile le hidrotehnični objekti ampak faktor pozitivnih vplivov na retencije in biološko stabilizacije. Zato je najboljša položena pregrada, če dovoljuje<sup>jo</sup> to geo- statični pogoji hribina tista, kjer po zagraditvi uahne največ vode. Pregrade se predvsem v fazi kritičnega zaplav- ljanja zelo občutljive zaradi izpodkopavanja. To narekuje solidno temeljenje in izgradnjo vodnih blasin ali močnega kamnočeta s predpragi. Če ni na razpolago v bližini izdat- nih sesio, se za zaščito pred tvorbo tolmucov primerne tudi navaljeni kvadri, ki se sbetonirajo v neposredni bližini. V nobenem primeru ne smemo podcenjevati hidravličnih lastno- sti niskih stopenj, ker povzročajo večjo agresivnost vode od visokih. Agresivno valovanje pred zaključnim pragom pa zelo umiri nivojni stopničasti prehod vodne blasine v pretočno sekcijo zaključnega praga, kot ga je skonstruiral Vodogradbeni laboratorij Ljubljana.

(glej pril. str. 37, 38, 47, 48b)

#### 7. Ob Rebetaste pregrade

Posebno vprašanje je, kako zgraditi pregrado, ki bi sadrševala debelejšo frakcije omogočala pa spiranje drob- nih frakcij nanosa. Tak proces bi omogočil tvorbo strojše- ga zaplavnega padca, s čemer bi se zmanjšalo število potreb- nih objektov. Zaplevak bi bil "dreniran", medtem ko bi se

pesek v nizvodnih legah lahko neposredno koristil sa potrebe gradbeništva. Kljub prizadevanju doma in v svetu, po nam znanih podatkih, niso bili doseženi vidnejši uspehi. Varoče bomo verjetno našli v tem, ker masivne pregrade v času zaplavljanja ne sadrujajo direktno nanosa pač pa vode, ki zaradi suanjane hitrostne sile nesortirano odlaga nanos od vršaja zaplavnega jezara. V akumulirani vodi lebdeči snij pa se počasi useda in samljuje zaplavni prostor. Poleg navedenaga je pomembno tudi to, da infiltrirana voda praktično ne more spirati peska skozi nanos, lahko ga le površinsko brada in odplavlja. To govori, da saželjene učinke spiranja ni mogoče doseči s drenajnimi sistemi, če odcejne reže kontinuirano po celi višini ne propuščajo skozi pregrade visokih voda. Najprej moramo zagotoviti praktično nesoten protok vode skozi precejne reže pregrade in šele na osnovi tega proučiti obnašanje posebnih sistemov. Poskusi kako bi se danis pogojea približali ter pospešili bradanje in spiranje drobnejših frakcij nanosa, so pokazali, da so v anislu predhodne obrasložitve tako primerni razmerna široki profili, s tem da so vertikalne preodnice po celi višini neprekinjene in prilagojene strukturi nanosa ter hidravličnim pogojea.

Opisani sistem je primeren predvsem za sekundarne pregrade na agorajih tokovih hudournikov, kjer voda nanasa debelejši nanos, istočasno pa ima večje vlečno moč na spiranje peska. Ker idealnih pogojev v naravi ni, tudi ne moremo pričakovati popolnih uspehov, želimo se le temu približati in se še v saasnovi spoprijazniti s tem, da je poleg osnovnih faktorjev hidravlike in strukture nanosa treba upoštevati tudi nihanja zaradi nenadnih udorov materiala in organskih plavin, ki precejne reže lahko zasade.



(glej pril. str. 41 - 44)

7. 8  
Izpraznje-  
valne  
pregrade

Aktualno vprašanje so tudi primeri, kjer ni v ta-  
ki meri škodljiva absolutna količina nanosa kot njegov ne-  
nadni udar, ki ga nizvodna korita ne morejo požirati. To  
narekuje konstrukcije pregrad, ki bi ob visokih vodah nanos  
delno ali povsem sadrkale, središe vode pa bi ga postopno  
odplavljale. Princip sloni na analogni osnovi, da ob pre-  
majhni preodnosti pregrade, visoke vode nastajajo in odla-  
gajo nanos ob vršaju, središe vode pa ga skozi primeren  
izoblikovan propust ob vnočju pregrade odplavljajo. Zaradi  
prehitrih udarov nanosa in organskih plavin pa tudi v tem  
primeru obstoji nevarnost prehitre sanacije.

7. 9  
Razdvajanje  
vode od  
nanosa

Kljub opisanim možnostim, ki so sicer zaradi šte-  
vilnih spremenljivk čisto problematične, je stopnjevanje v  
strmih usadnih koritih s prečnimi objekti drago. V takih  
primerih vodo čestokrat na vrhu erozijske grupe sajameo in  
ob stabilnejšem obrotku odvedeno po utrjenem koritu. Ker vo-  
da debelejših frakcij nanosa ne nosi, pač pa vali po dnu,  
nam to vzbudi misel na možnost izoblikovanja korita s pre-  
tezanim dnom osirova prečnimi rešani. Visoke vode bi se pre-  
tekale po koritu, del vode s materialom pa bi padel skozi  
reše in zasipaval usadne depresije. Kako bi s primerno hra-  
pavostjo korita ter s saniki in nakloni v območju reš sago-  
tovili praktično funkcionalnost, nam še ni uspelo proučiti.  
Ta misel pa je zanimiva tudi zato, ker se debelejšje frakcije  
zaradi sile gravitacije vane v dno erozijskih korit, s čer-  
mer uspostavlja pobočni grešč še pri naravnih procesih ba-  
rikade proti poglabljanju in s tem določeno ravnotežje.

7. 10  
Plazenje  
bregov

Koristno erodijo pogostokrat spremlja plazenje bregov zaradi izpolkopenega vnanja in razmočenosti terena. V prvem primeru prevladuje nateg, v drugem pa tlak. Splazitev je slasti nevarna, kadar soupada s visokimi vodami, ki jih plazovina zajeni in izsove nenadni udor s naposon nasičenih voda. V obeh primerih moramo pred oslono sivo-črnatih površin bregove stabilizirati. Če činiteljov plazenja, to je sestave tal, naklona pobočja in razmočenosti praktično lahko reguliramo le stopnja razmočenosti, ki odločilno vpliva na stabilnost terana. Na izpoljednih bregovih, kjer je stabilizacija zaradi velikih naklonov s dreniranjem talne vode problematična, lahko izsoveno splazitev v zaščitenem času s umetno navodnjavanjem labilne hribine v horizontalno ekopane jarke na območju nspak, na položnejših terenih pa s osuševanjem dosežemo potrebno stabilnost. Pri tem je umetno vodo iz drenainih sistemov po najkrajši poti odvesti v površinske jarke, kar je dolgo podzemno odvodnjavanje težko kontrolirati in s preniki ali zamažitvijo lahko vodi do nedopustne koncentracije talne vode. Umetno sproženje zemeljakaga plazu s namakanjem je slasti primerno tudi nad prometnicami, kjer brez večjih iskopov lahko splošno plas v zaščitenem času.

Oporne sidove v labilnih terenih je težko temeljiti, poleg tega pa mora biti izvedeno solidno dreniranje, ker bi nastajanje vode na opornih sidom povečalo zemeljske pritiske. V ta namen so primerne žel. betonske kašte v različnih izvedbah in dimenzijah. Kašte imajo prednost pred masivnim sidom v podajnosti in delujejo kot oporni sid in dreušča hkrati, istočasno pa se hitro polagajo ter takoj prevzamejo vlogo opore. Za odvod vode pa so znane žel. be-

tonske kanalete, ki do nagiba  $60^\circ$  brez okvar slode talne pomike.

(glej pril. št. 28 - 34)

#### 7. 11 Bioteknično utrjevanje

Z intenzivnimi metodami zatratitve denudiranih površin predstavlja strmina pri zatratitvi vedno manjšo oviro. Biološko tehnični ukrepi izgubljajo s tem operno funkcijo in dobivajo vlogo osvajanja varokov erozijske aktivnosti. Tako npr. v praksi spodrivajo operne vrbove poplete oнежji talni popleti s večjo vitalnosposobnostjo obratovanja, intenzivnejše aktiviranje tal pa terase.

Zaradi dosežkov na področju intenzivnega zatratitvenja, ekološke skladnosti, predvsem pa zaradi draginje biotekničnih ukrepov se poslužujemo teras, pobočnih jarkov, živih ščotk, popletov itd. le v najmanjšem obsegu. Izbira biotekničnih posegov zavisi od ekoloških prilik in se ne da prejudicirati, v bistvu pa so vse metode dobre. Biti morajo le dosledne in v pravih časih izvedene skladno s geomorfološkimi pogoji kribine in vegetacijske periode. Najboljše je npr. plasljive pobočje stabilizirati s drenajnimi sistemi, istočasno pa s terasami ali jarki sadrževati vodo na pobočju, v kolikor pri tem ne gre za specifično površinsko namakanje in obdelavo.

(glej pril. str. 22 - 27)

#### 7. 12 Zatratitvenje in osvajanje

Za zatratitvo denudiranih površin izbira rastlinskih vrst, ki so se obratovale v okolici, kjer so talni pogoji za rast zaradi vočtisodletnega rasvoja ugodnejši, ni vedno najbolj povoljna. Zato skušamo s nadomestnimi vrstami doseči pogoje za rasvoj določene faze rastlinske strukture, ki ji bo lastna progresivna rasvojnica tendenca. Prisotnih

more biti širšeš inialainih vrst, ki se bodo obdržale skozi razvojne faze rastišča, katere dobro nakazuje združba degradiranih travnikov na tem področju. Pri tem ne moremo preko okoliščin, da je proces spiranja in spočlevanja erodiranih tal intenzivnejši od vegetacijske sposobnosti narasti, kar težko premostiti s biotehničnimi posegi in intenziteto satravljanja s posebno hitro rastočih predkulturn. Osnova se intenzivno satravljanje je povoljna izbira časa, ko se tla po sinaki morsali rahlejša in izlatno gonjenje s umetnimi pojili na osnovi predhodnih pedoloških analiz. Ker imajo povoljno zaščitena tla pred sonjnimi vplivi skoraj vedno pogoje za narast, navoz prsti pa je drag, se poslužujemo lahkih satorov (nastil, olasa, seno, drobir), ki istočasno sboljšujejo tla, sadržujejo vlago, blažijo sončno pripeko in vedejo ses na vasiinah pred spiranjem. Glede na strmino in denudacijske sile je ugodno sator utrditi po avstralski ali avstrijski metodi s prebriganom bitumenske emulsije. Pomankljivost bitumenskega prebriga pa se kaže na površinah izpostavljenih sončni pripeki, kjer se bitumen topi in masori kalonje. Zato po zadnjih iskustvih vedavo skušamo doseči s prebriganom apneno cementnega mleka, v strmejših legah pa s utrditvijo s posebno lahkih mreš.

Pri opisanih posegih nisem posebej podčrtal kombinacije satravitvene tehnike s sadajevanjem grmovnih in drevesnih vrst, ki globlje vedejo tla, so trajnejše in sboljšujejo mikroklimo, ne sorojo pa v prvi fazi naradi podanne rasti aktivno zaščititi površine tal. Zato jih ni priporočljivo saditi po celi površini, ker bi edasoma samorile travno vegetacijo kot površinsko zaščito, pač pa v šopih, ki se postopno premenjujejo. Pri rasporeditvi šopov je treba

upštevatí okolíške zamere kot so: plasenje snega, insolaci-  
jo, prevladujoče smeri vetra, ob prometnih žilah pa ne na-  
sadnje optične momente s osirom na volilne, naviralne in  
pospeševalne učinke.

8.

Organizacije

Podane misli ne vsebujejo nekih novih elementov,  
saj so samo koordinacija starih izkušenj in dognanj. Osvet-  
liti sem hotel le nakatere od številnih možnosti skladnej-  
šega prilagojevanja ureditvenih potoč danim pogojem, ki pa  
so predvsem iz organizacijsko pravnih vidikov precej prob-  
lematični.

Borba proti eroziji in urejanje hudournikov seh-  
teva prostorno ter časovno vključene posage od urejanja  
pretočnih korit do geo- in biotehničnih ukrepov ter obno-  
ve in promene vegetacije s stalnim spremljanjem in dopol-  
njevanjem. Vsaka od navedenih specialnosti se sebe je do-  
segla že lepe uspehe. Teško pa se pohvalimo s smotno iz-  
rabo že obstoječih izsledkov v praksi. Očitno jo, da je  
ena glavnih vrzeli v sami organizacijski strukturi in siste-  
mu financiranja, kar onemogoča smiselno povezavo ter siste-  
matsko delo. Pomembnost urejenosti te dejavnosti potrjuje  
med drugim že obstoj organizirane hudourniške službe od  
leta 1983, ki pa zadnje desetletje zaradi številnih reor-  
ganizacij vse bolj vodi. V Sloveniji se po mnogih reor-  
ganizacijah namreč prepričamo vse bolj zavesti, da vodno  
stihijo lahko obvladamo s kratkoročnimi poročalnimi re-  
šitvami. K temu nas savaže princip neposredne ekonomike,  
ki je v danih okoliščinah le redkokdaj istovesten s širšimi  
družbenimi interesi.

Kako so si ureditveni pogoji na področju dveh  
ali več teritorialnih enot ter različnih gospodarskih panog



lahko nasprotujoči, navajam v ilustracijo ugotovitve enega zadnjih terenakih ogledov na Goranjekam.

Širša nizevodna področja ob Savi so zainteresirana, da nanos iz hudourniških zaledij nastaja v akumulacijskem jezergu hidroelektrarne Hoste. Elektrarna se skuša oglediti pred nanosom neposredno nad vršajem akumulacijskega jezera, mulj pa občasno propuščati, kar uspe v najboljšem primeru do 20 %. Da je čiščenje bazenov in strug dražje od vesanja nanosa v zaledju ni potrebno dokazovati posebno če ob upoštevanju večkratnega efekta zaradi opore narušenih bregov in vadrževanja kapacitete pretočnih korit v smeri toka. Poleg tega pa moramo vneti v račun tudi škode zaradi ispada proizvodnje električne energije za časa čiščenja. Elektrarna Hoste tako dobiva pretočni značaj, kar je bil tudi eden od razlogov za nadvijanje sajeditve akumulacijskega jezera. Posledica tega je, da ob vršaju jezera nanos nastaja, s čemer se ob nalivih zamaši propust hudournika Javorniški potok, nastajajoča voda za nasipom pa trajno ogroža s poplavo naselje s preko 1000 prebivalci. Če bolj omejene ureditvene možnosti so nad akumulacijskim jezerom na območju mesta Jenšic. V odtokni smeri je naravni tek Save precekan, pretoku zelo prodonesen, na neposrednem področju mesta pa zaradi industrijske in komunalne ekspanzije utesanjen. Voda se ob nalivih in struge prelivajo, istoki hudourniških pritokov in kanalizacijska očešja pa se zaplavljeni. Kakšne škode s tem lahko nastanejo, agovárno govori primer, da je poškodba dovoda hladne vode zaradi enodnevnega nastoja v bližnjaj valjarni povzročila 150 mil. G. din škode. Samo zaradi zamašitve istoka hudournika Pejce s oca 0,4 km<sup>2</sup>. vodogbirnega zaledja pa je zaradi nastojanja vode bila ob jesenskem nalivu ocenjena škoda na mestih objektih

preko 1 milijarde S. dinarjev. Razumljiv je interes Jozanica, da se pred namenom ograde neposredno nad samim mestom, ter s osredotočenjem vodnega toka pospešijo poglobljanje struge in odplavljanje nanosa v smeri toka v energetsko jezero. Posledice so očitne, možnosti za trajno ravnostjo pa zaradi že obstoječih energetskih stopenj odprte niso navedene, česar se nižinska področja v pogledu sofinanciranja otepajo. To je in lokalističnih osirov tudi razumljivo, saj so sosedji v vodostirnem sledju prisiljeni to uvesti, medtem ko odvodni lahko do zaplnitve akumulacijskega jezera še čakajo in energetske stopnje s katerimi je struga pretirano izkoriščajo. Z izgradnjo večje predne akumulacije nad mestom ne bi zapredili le še tako omejenih solenic, turistične doline, tenveč zapri tudi istoke stranskih hudourniških pritokov, predvsem Dintvice, s čemer bi postala naselja Hojstrane poplavna področja, stopnje predončnosti pa s tem ne bi omejili, pač pa v najboljšem primeru za čobo nekaj let premostili, medtem ko bi se erozijska žarišča širila. Nimo navedenega so tudi s predvideno izgradnjo avto ceste in strmih pobočij v dolino, kar bi še utegnile preostale možnosti prednih potencialov in odlaganje.

To je eden od številnih primerov in celotne varice medseboj povezanih procesov, tipičnih za hribovito Slovenijo. Ti se vedno vodotokov v večjem ali manjšem obsegu ponavljajo, dolžnosti reševanja istih pa se preračunajo in prilagajajo do najbolj pasivnih kotičkov naše države, kot neposrednih koristnikov.

Znano je, da se iz 1 ha erozijskih žarišč lahko sprosti do 1/4 mil. m<sup>3</sup> materiala, kar povzroči samo zaradi zaplavljanja oca 300 - 400 mil. S. din štete, vrednost 1 ha narodirane površine pa je ocenjena na pol mil. S. din.

To med drugim kaže, da vprašanje sanacije erozijskih saledij, ki predstavljajo permanentno - potencialno nevarnost ne more biti dolžnost in edina pristojnost koristnikov pasivnih hudourniških saledij, pač pa širši interes družbe. V tem pogledu je obstoječa zakonodaja pomanjkljiva in onemogoča smotrno povezanost posegov.

Kdo naj rešuje nasprotujoče si probleme, ki zahtevajo dolgoletna opazovanja in tinsko delo, kdo naj regulira ter naključuje interese med gospodarskimi panogami ali področji ni rešeno. To najbolje potrjuje brez števila projektov, ki so medseboj nesklajeni pogostokrat pa se tudi ponavljajo.

Barba proti eroziji, urejanje hudournikov in plesov prehaja v Sloveniji vse bolj v oklop Vodnega gospodarstva. S tem smo pričakovali nekatere prednosti, ker je Vodno gospodarstvo bolj zainteresirano za normalen dotok vode iz hudourniških saledij kot npr. gozdno in kmetijsko gospodarstvo. Žal pa so tudi pri tem prevladale nekatere negativne tendence enostranskega reševanja nalog s vesmi posledicami, ki temu sledijo.

Probleme hote ali nehoti rešujemo iz statusa gospodarskih organizacij namesto iz bistvojših potreb in strokovnosti posegov, kar za vsen vedne tudi materialna osnova, pri čemer interesi samoupravnih organov niso vedno istovetni s splošno družbenimi koristmi. Pomanjkljivosti izhajajo še iz tansko ožkega podjetniškega ravnanja in lokalističnih iskanj rentabilnosti. Po vsah reorganizacijah pa nam še ni uspelo smotrno uskladiti potreb sistemske povezanosti ureditvenih posegov in vprašanja financiranja s lokalnimi težnjami ter opredeliti programiranje in družbeni nadzor s procesom poglobljanja samouprave. Zato bi morali, dokler niso izoblikovani samostojni regulatorji, smotrno opredeliti pristojnosti in dolžnosti.

Is navedenega ni težko ugotoviti, da so varški razširjene vodne stihije posebno na območju Cerenjake, Šoške, Primorske in Istre, vsota drobnih procesov ter jih je kot take tudi treba obravnavati in reševati. To narekuje urejeno zakonodajo in kontinuirano postopno delo ob stalnem spremljanju obravnavanih procesov in ne nasadja poglobljeno osebno do zornost strokovnjakov na določena področja skozi daljše obdobje.

Ljubljana, avgusta 1967.

Ing. Pinter Jože

**Erozijsko žarišče značilno za območje Karavank.**

**Pobočja v visokogorju se težko ponovno zarastejo.  
(Medvedjek nad Krmo).**







a) Opustošenje po snežnem  
plazu (Vrševnik)

b) Plazovina snežnega plazu  
izpod Begunjsčice  
zapira pretok hudourni-  
ku Moščenik.





Posledice prevelikega  
redčenja gozdov so ve-  
liki vetrolomi.

Ekstremen primer uniče-  
nje vegetacije zaradi škod-  
ljivih industrijskih pli-  
nov (Dolina smrti - Žerjav)







V strmih alpskih pobočjih  
je spodnslevanje naraven  
proces, ki ga je težko  
omejiti. (Pišnica)





Na pobočjih s stabilno geološko podlago je erozijska kativnost manjša, zaradi tankih plasti tal pa je vsak cm tal tu toliko bolj dragocen za vegetacijsko obnovo.

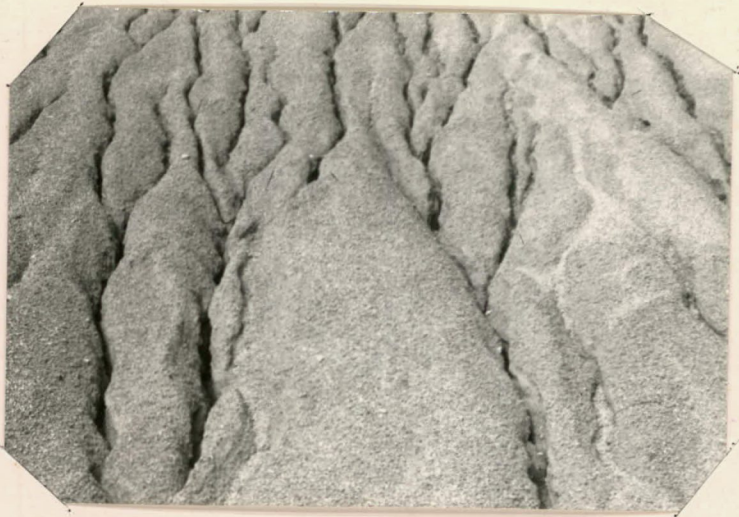
Erozijski jarek nad vasjo Mojstrana, ki ga je povzročila z gozdne poti zbrana voda.





Na огоlelih tleh se  
površinske vode iz ero-  
zijskih brazd zbirajo v  
jarke ter z nanosom ogro-  
žajo vznošne kulture in  
naselja.





Erozijsko žarišče v karbonakem pobočju iz katerega je voda odnesla v zadnjih 80 letih blizu 1 milijona m<sup>3</sup> materiala (Suhelj)

Erozijske pobočje na flišu.



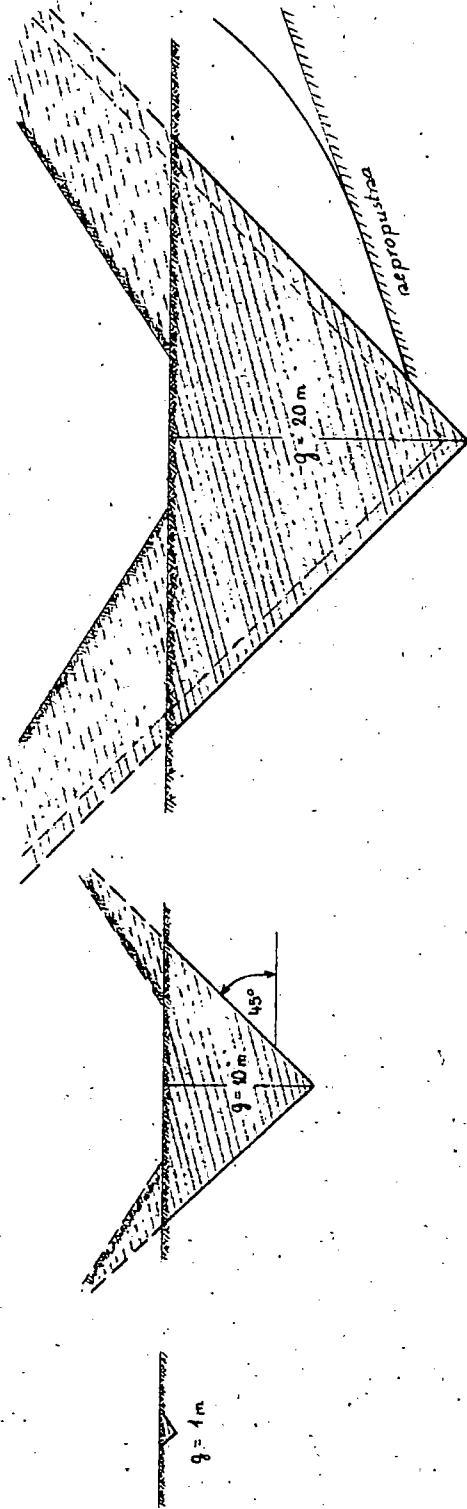




# SHEMATSKI PRIKAZ PROGRESIVNEGA ŠIRJENJA GLOBINSKE EROZIJE

(PRIMERJAVA JE IZVRŠENA OB UPOŠTEVANJU 100 m DOLGEGA JARKA)

$$M = 1 : 500$$



globina usada	1 m	10 m	20 m
matuščne površine	200 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>
erodirane površine	280 m <sup>2</sup>	2800 m <sup>2</sup>	5600 m <sup>2</sup>
sploščenega mater.	100 m <sup>3</sup>	10.000 m <sup>3</sup>	40.000 m <sup>3</sup>

*Iz sheme je razvidno, da izgubljene površine narasajo približno s produktom dolžine in 2-kratne globine, erodirane površine s produktom dolžine in 20-kratne globine, sploščenae mase pa s produktom dolžine in kvadrata globine. V jarkih s strnini bregovi pa se progresija lahko podvoji, posebno, če sovpade plazenje bregov.*

Cesta proti Vršiču je skoraj vsako spomlad zasuta s hudourniškim nanosom.

Z nanosom in odnešenim drevjem tvorijo hudourniške vode zajezitvene barikade, kar povzroča še večje nihanje voda.

Zemeljski plazovi so zaradi ispodkopavanja strmih brežin skoraj redni spremljevalci hudourniških voda (Moščenic nad Tržičem)







**Prodonosna struga**

**Pišnice komaj še poži-  
ra pritekajoči material  
iz zaledja (Kr. gora)**

**Zaradi hitrega odtoka  
vode in velike prodo-  
nosnosti hudournika  
Belca je vas Mojstrana  
resno ogrožena pred  
poplavo.**





Ob prehodih v položnejši  
spodnji tek tvorijo hudo-  
urniške vode velika prodišča  
(odlagališča)

a.) Prodišče ob izlivu  
Pišnice v Savo  
(Kranjska gora)

b.) Povsem zapolnjen pre-  
točni profil Save pri  
Nojstrani.







Zaradi zapolnjenih pretočnih korit vode ubirajo nove poti ter zasipavajo in poplavlajo naselja.

- a) Hudourniške vode so se zaradi nanosa dvignile nad naselje vasi Martulk.
- b) Z zapolnitvijo pretoka pod mostom bo nastopila zajezitev in prepjavitev dela turistične vasi.







Prodišča se pomikajo po-  
časí v smeri toka in pov-  
zročajo zamašitve zoženih  
strug v regionalno najbolj  
občutljivih predelih na-  
še dežele (Zgornja Sava)

Zaradi zadrževanja nano-  
sa pred zaprojevanjem  
energetskih bazenov se  
prodišča v strugi dvigajo  
nad mestna naselja  
(Jesenice)





V nižjih legah so prodo-  
nosna nihanja zaradi  
drobnejših frakcij na-  
nosa manj opazna, popla-  
ve, ki nastajajo z dviga-  
njem dna strug pa so zara-  
di večjega poplavnega ra-  
dija še občutnejše  
(Sava pri Ljubljani)





Urejena erozijska grapa  
s stabiliziranjem korita  
in zasaditvijo narušenih  
bregov z živimi ščetkami  
(Vršič)

Erozijsko pobočje zava-  
rovane proti ispodkopa-  
vanju in zasajeno





Konsolidacijski pragovi  
v koritu Noščenika iz  
žel. betonskih kašt ti-  
pa "A".

Z žičnimi košarami sta-  
bilizirano plazišče v  
Belem potoku.





Klasična stabilizacija korita s sistemsko izgradnjo pragov je le redkokdaj ekonomsko še upravičena. Primernejše metode so razmaknjeni pragovi z drenažno povezavo

(Sedelčnik)

Izgradnja pregrad v zamaknjenih stopnjah je zaradi tanjših dimenzij rentabilnejša od enostopenjskih pregrad.

(Zgoša graben)







Iz primerjalne statične presoje eno in večstopenjske pregrade na nosilnem hroudourniškem nanosu je razvidno, da zahteva pri enaki zaporni višini in ob istih ekoloških pogojih enostopenjska pregrada 50 % več zidu kot dvostopenjska, pri večstopenjski pregradi in večjih zapornih višinah pa se razlike še povečajo.

Navedeno kaže, da je pri izbiri potrebno izvršiti stroškovno primerjavo z ozirom na pocenitev zaradi zmanjšane kubature zidu in več stroškov zaradi dvokratne organizacije gradbišča.

Razlogi za to so v tem, da se pritiski sekundarne pregrade prenašajo v temelje, kar dovoljuje tenjše dimenzije.

Prednost večstopenjske pregrade je tudi ta, da omogoča postopno izgradnjo ob korišćanju zaplavnega materiala in se boljše prilagodi okolju, pomanjkljivost pa v delno zmanjšanem zaplavnem prostoru.

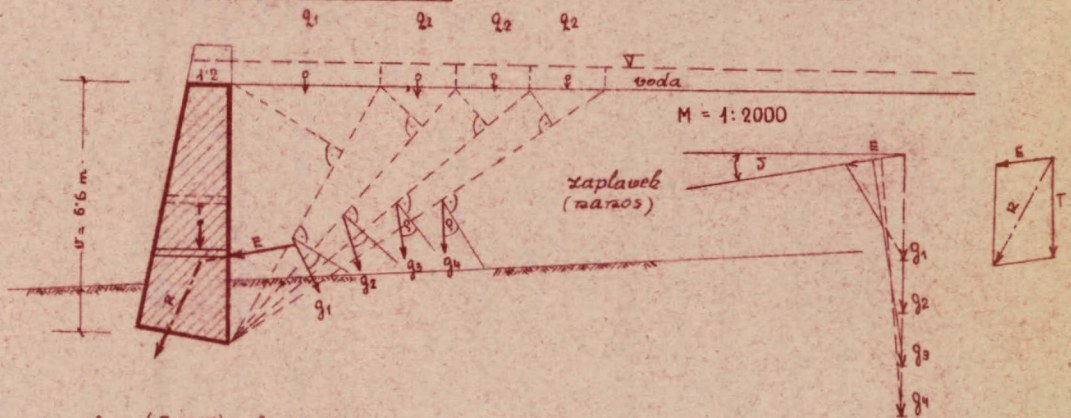


# STATIČNA PRESODJA ENO IN DVOSTOPENJSKE PREGRADE ZA ENAKO ZAPORNO VIŠINO OB ENAKIH POGOJIH

$$M = 1 : 200$$

- $\varphi$  = kot notranjega trenja zaplavlka po zaplavitvi =  $30^\circ$   
 $\delta$  = kot trenja na krbtni strani =  $10^\circ$   
 $\gamma$  = specifična teža nanosa =  $2 \text{ t/m}^3$   
 $\gamma_1$  = specifična teža vode =  $1 \text{ t/m}^3$   
 $\gamma_2$  = sp. t. opor. zidu pregrade =  $2.2 \text{ t/m}^3$

**ENOSTOPENJSKA PREGRADA:** (za  $1 \text{ m}^2$  zapore je potrebno  $12.6 \text{ m}^3$  zidu /  $\text{m}^2$  zapore)



$$q = (P \times \gamma) + 2 \quad 15 \text{ t/m}^2$$

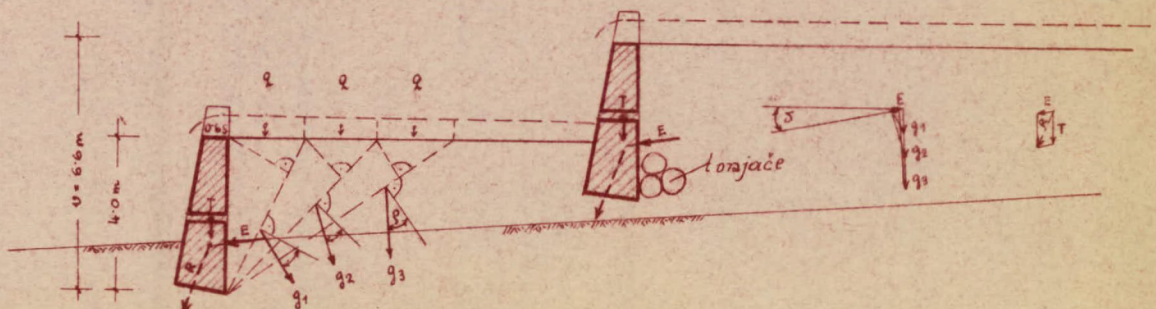
$$q_1 = (13.6 \times 2) + 2.4 = 28.4 \text{ t/m}^2 \quad T = 27.7 \text{ t/m}^2$$

$$q_2 = (6.3 \times 2) + 1.2 = 13.8 \text{ t/m}^2 \quad R = 31 \text{ t/m}^2$$

$$q_3 = (6.1 \times 2) + 1.2 = 14.4 \text{ t/m}^2$$

$$q_4 = (6.0 \times 2) + 1.2 = 13.2 \text{ t/m}^2$$

**DVOSTOPENJSKA PREGRADA** za  $1 \text{ m}^2$  zapore je potrebno  $(4.2 + 4.2 = 8.4 \text{ m}^3$  zidu /  $\text{m}^2$  zapore)



$$q_1 = (2.3 \times 2) + 1.2 = 5.8 \text{ t/m}^2 \quad 3.5 \text{ t/m}^2$$

$$q_2 = (2.9 \times 2) + 1.2 = 7.0 \text{ t/m}^2 \quad T = 9.24 \text{ t/m}^2$$

$$q_3 = (3.6 \times 2) + 1.2 = 8.4 \text{ t/m}^2 \quad R = 10.50$$

Drevje na obronkih usa-  
dov zaradi majanja po  
vetru pospešuje ruše-  
nje, opasti pa trganje  
snežnih plazov in vzvrät-  
no erozijo.

Uspela zatravitev pla-  
zišča sredi gozda z  
biotorkretom.







Pri urejanju erozijskih  
grap izvajamo dela običaj-  
no po naslednjem vrstnem  
redu:

1) Utrditev dna korita in  
odvrnitev vodnega toka od  
izpodkopanih bregov.

2) Posek obrobnih dreves,  
ki obtežujejo in zaradi ma-  
janja po vetru rahljajo te-  
ren (posekana drevesa je  
umestno zagozditi v večje  
erozijske brazde).

3) Zaoblitev usadnih obronkov  
(opasti), ki povzročajo vz-  
vratno erozijo in trganje  
snežnih plazov, kar ima za  
posledico, da so zgornji  
deli usada izpostavljeni  
zmrzali in hitri spomladan-  
ski izsušitvi, medtem ko ob  
vznožju nagrmađeni sneg za-  
mori rastje.

4) Razbijanje vodnih tokov  
s horizontalno vloženimi  
biotehničnimi preprekami  
(talni popleti - v manj pro-  
pustnih tleh, žive ščetke - na  
zelo propustnih gruščnatih  
tleh, ki se hitro osuše).  
Biotehničnih ukrepov z opor-  
no funkcijo se načelno izo-

gibamo, ker so dragi in neodporni, medtem ko razlike v strmini lahko premostimo z intenzivnimi metodami zatratitve.

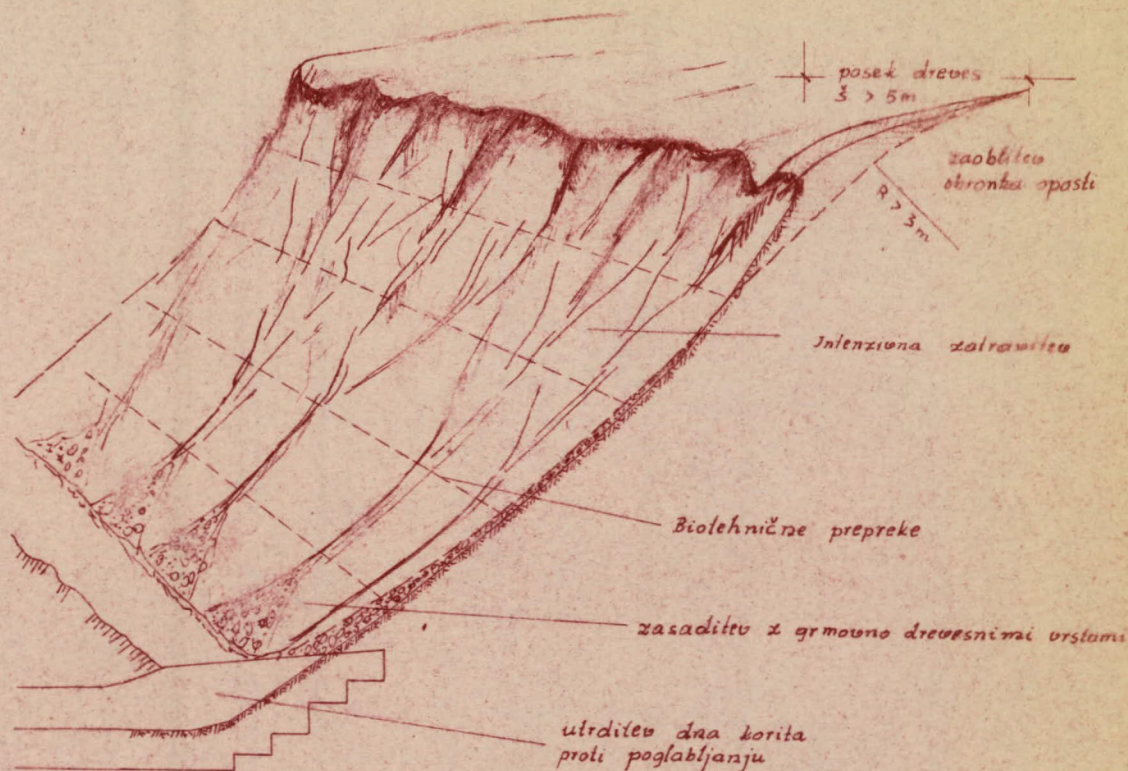
5) Zasaditev vznožja z odgovarjajočimi hitro rastočimi grmovnimi in drevesnimi vrstami.

6) Intenzivna zatratitev erodiranih - usadnih površin.

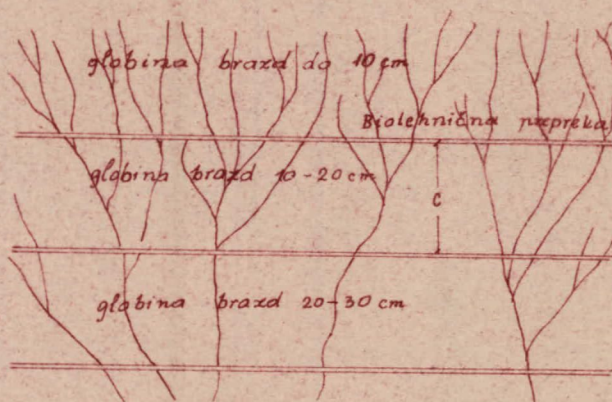
Zaradi velike razlike v ceni med biotehničnimi in zatratitvenimi posegi ter v svrhu čimhitrejšega učinka, dajemo prednost intenzivni zatratitvi, biotehnične ukrepe pa pritegnemo samo v najnujnejšem obsegu, ki je potreben za uspešno razbijanje vodnih tokov. Na plazljivih terenih, ki narekujejo dreniranje talne vode ali plazenja snega in na aridnih področjih, kjer moramo vodo v čimvečji meri zadržati na pobočju, pa je ureditvene posege smiselno prilagoditi.



# ŠEMATSKI PRIKAZ ASANACIJE EROZIJSKIH GRAP (USADOV)



## TVORBA EROZIJSKIH BRAZD

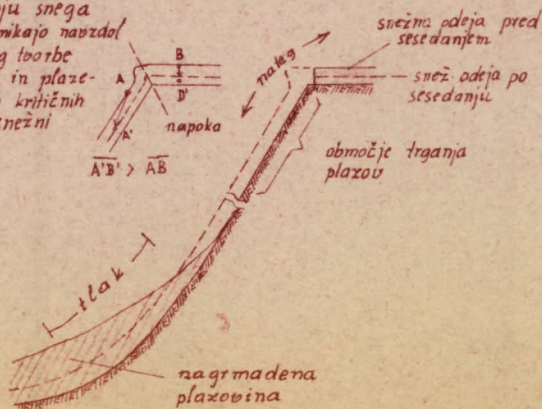


Biotehnične prepreke naj bodo položene vodoravno ali pa mora biti zagotovljena odvod zbranih voda.

Razmak med biotehničnimi preprekami „C“ naj bo izbran tako, da onemogoča koncentracijo vodnih curkov in tvorbo erozijskih brazd ki jih travna vegetacija ne more obvladati.

## OBNAŠANJE SNEŽNE ODEJE

Pri sesedanju snega se točke A pomikajo navzdol kar vodi poleg tvorbe snežnih opasti in plazanja snega do kritičnih napetosti v snežni odeji.



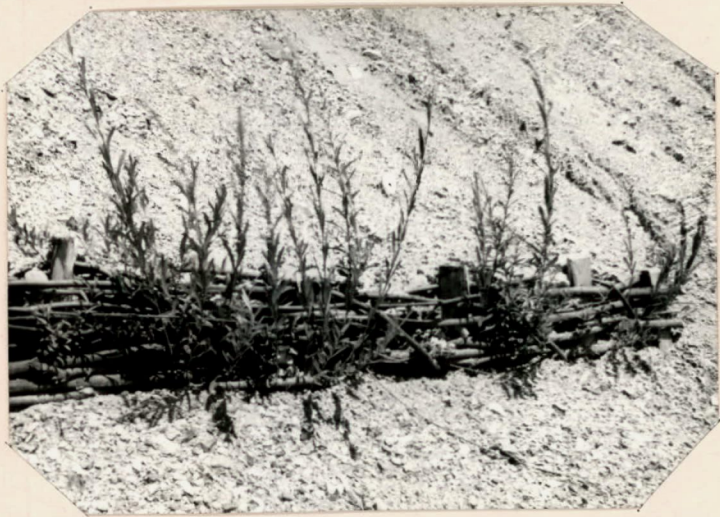
Proženje snežnih plazov omejimo z zaoblitvijo usadnih obronkov in primerno hrupavostjo pobočja v območju trganja.



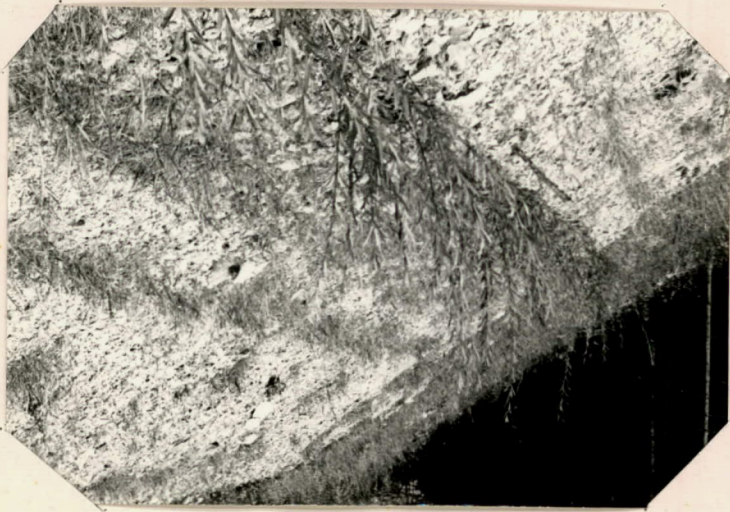
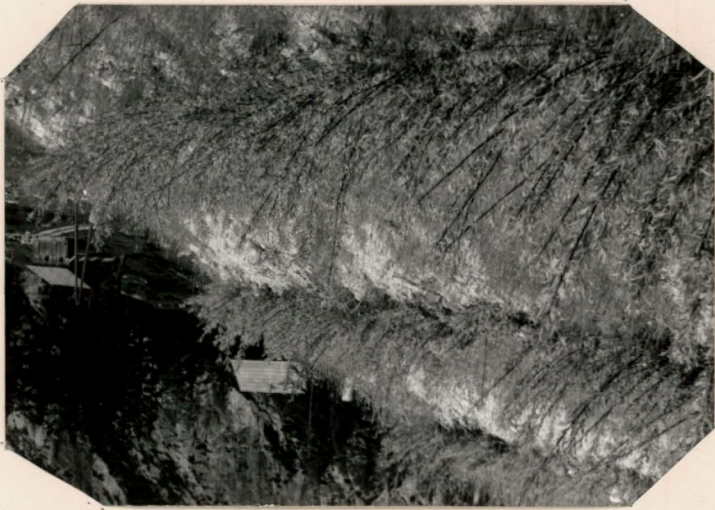
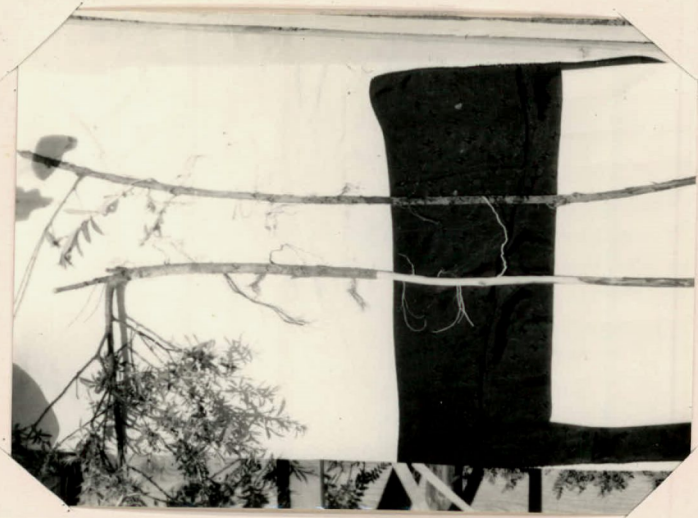
**Iz gladkih erozijskih pobočij sneg hitro splazi. Zaradi tega so vrhnji deli pobočij izpostavljeni zmrzali in hitri spomladanski izsušitvi, medtem ko nakopišeni sneg ob vznožju zamori rastje.**

**Neppravilna izbira drevesne in grmovne vegetacije pospešuje plazenje snega.**

Vrbevi popleti (ali drugi biotehnični posegi) morajo predvsem služiti preprečevanju erozijske aktivnosti. Zato od opornih popletov prehajamo k talnim popletom s večjo vitalno sposobnostjo zarasti.



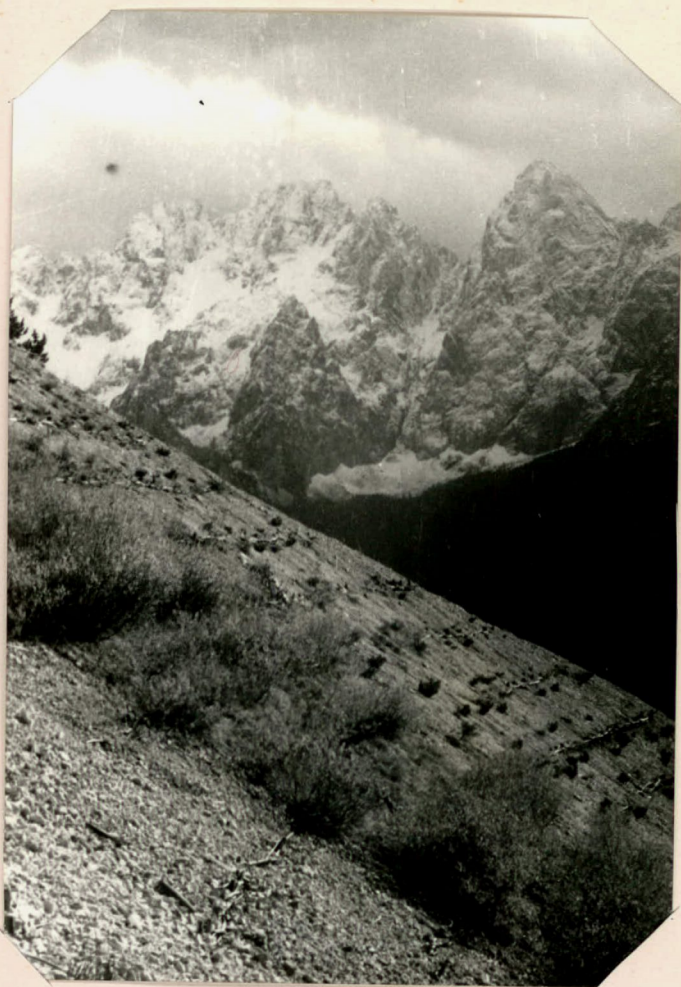




Medtem, ko so se dragi  
vrbovi popleti izsušili  
je zatravitev z intenziv-  
nim gnojenjem uspela  
(Smeč, v ozadju Špik)

Zatravitev strmega moren-  
skega pobočja s setvijo  
v brazdice in dodajanjem  
senenega drobirja.







Plazenje terena po raz-  
močeni glineni plasti  
na nepropustni škrilja-  
vi podlagi.

Plazenje pobočnih nano-  
sov zaradi prevelike raz-  
močenosti - infiltrirane  
vode.



Razpoka v pobočju zaradi  
izpodkopanega vznožja.

Sprožitev plazū lahko pos-  
pešimo z dovajanjem vode  
v razpoko.

Školasti udor zaradi uz-  
vodnega jarka na pobočju,  
ki zadržuje vodo na po-  
bočju in povečuje proni-  
canje.





Sanacija zemeljskega  
plazu nad cesto Maribor  
Malečnik, ki smo ga predhodno  
sprožili, razbremenili z  
navodnjavanjem.

Z železobetonskimi kanale-  
tami se lahko odvede voda  
tudi preko 50° strmih la-  
bilnih pobočij. Primerjal-  
na zatravitev s setvijo v  
brazde - spodaj, in biotor-  
kretom - zgoraj.







**Železobetonske kanale-  
te tipa "E"**

Podolžni profil pretočnih  
jarkov je v sinusoidni  
speljavi prilagoditi hid-  
ravličnemu toku vode.

Pred vtokom vode v pro-  
pust je zaradi možnih  
zamašitev umestno predvi-  
deti rezervni preliv.

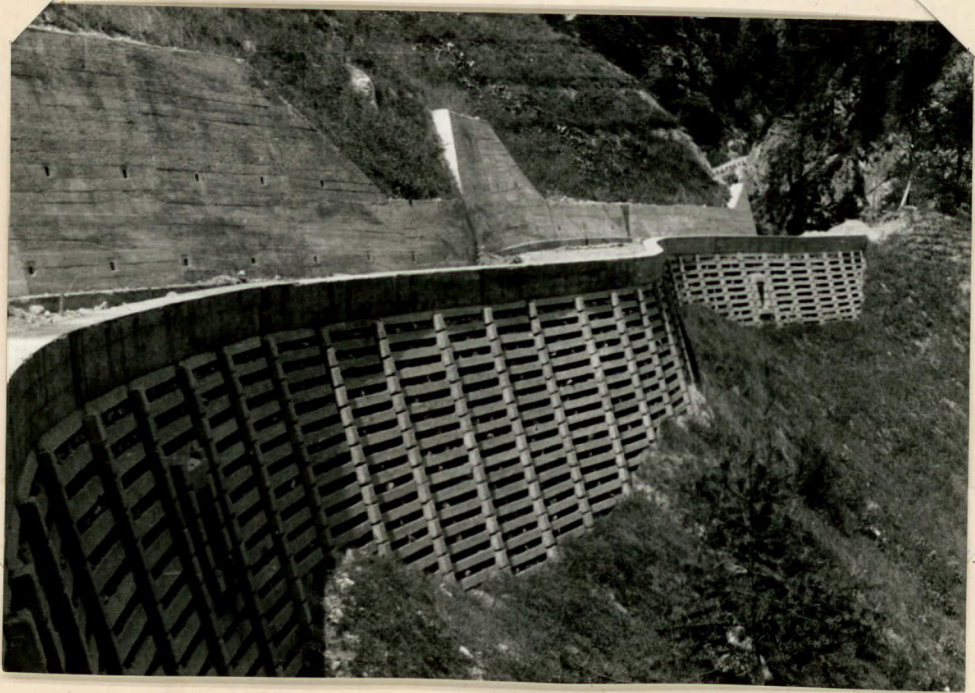


**Železobetonske kašte**

**tipa "B" - "D" - služijo  
istočasno kot oporni zid,  
drenaža in odvodni jarek.**

**Cesta preko plazljivega  
pobočja zgrajena na žel.  
betonskih kaštah tipa  
"A".**

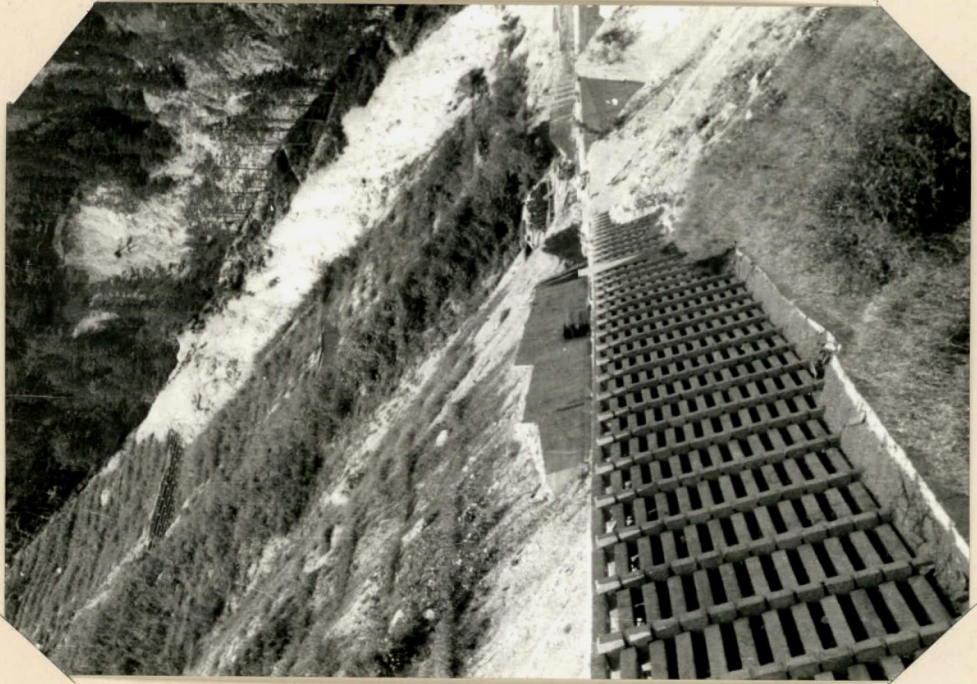




Žel. betonske kašte tipa  
"A" in "B" služijo isto-  
časno kot oporni zid  
cesti in opori ter dreni-  
ranju pobočja.

- a) Zatravitev z živimi  
ščetkami in zatravitvi-  
jo (Belca)
- b) Zatravitev z brazdanjem  
- spodaj, z biotorkretom  
- zgoraj (Tržišč)

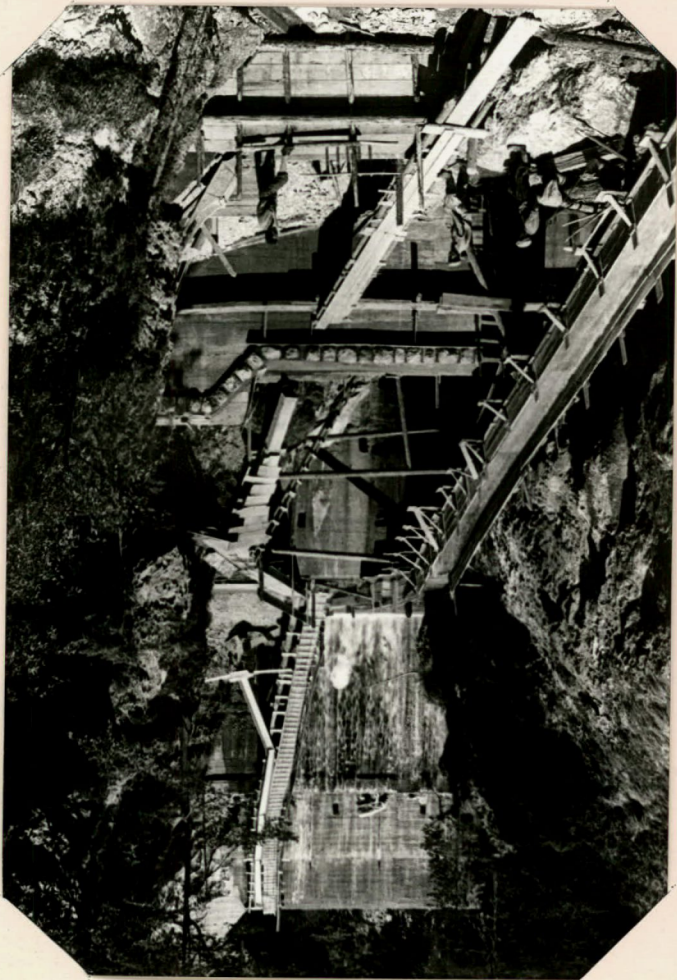






**Večstopenjska zaplavna  
pregrada v Belci.**

Gradnja pregrad iz betona  
z oblogo iz kamna v cem.  
malti je zelo primerna.



Hudourniške vode so iz razmoženega zaledja Hladnika naplavile blizu 100.000 m<sup>3</sup> proda. Čiste spomladanske vode iz zamrznjenih zaledij pa so z usmerjanjem vodnega toka ponovno poglobile strugo do 7 m.

Z odplavljanjem nanosa po čistih vodah se struktura materiala v strugi menja. Drobne frakcije voda doplavlja, debelejšje pa ostajajo v strugi.





Poglabljanje struge zaradi uzvodnih pregrad.

Po izgradnji uzvodnih pregrad, ki zadržujejo nanos se struktura materiala v nizvodnih strugah menja, ker odplavljajo čiste vode drobne frakcije v nižinske predele.

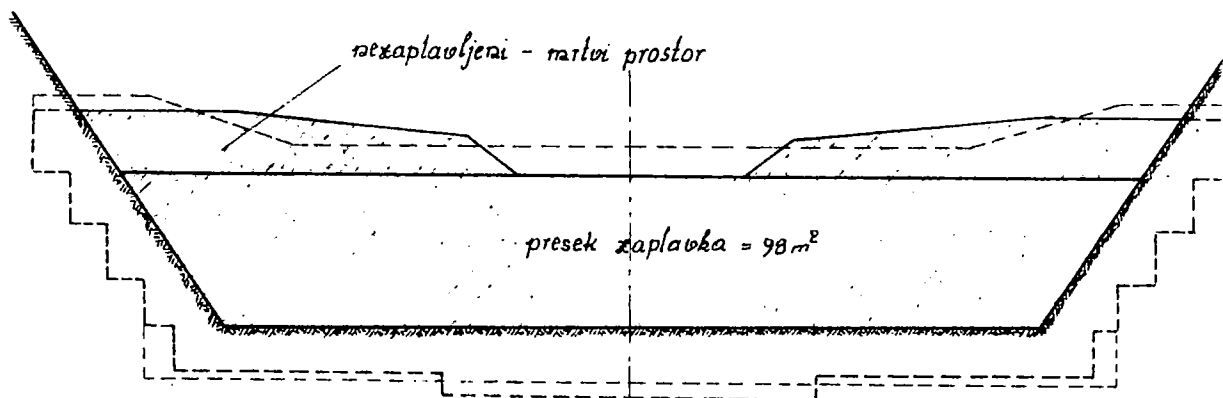




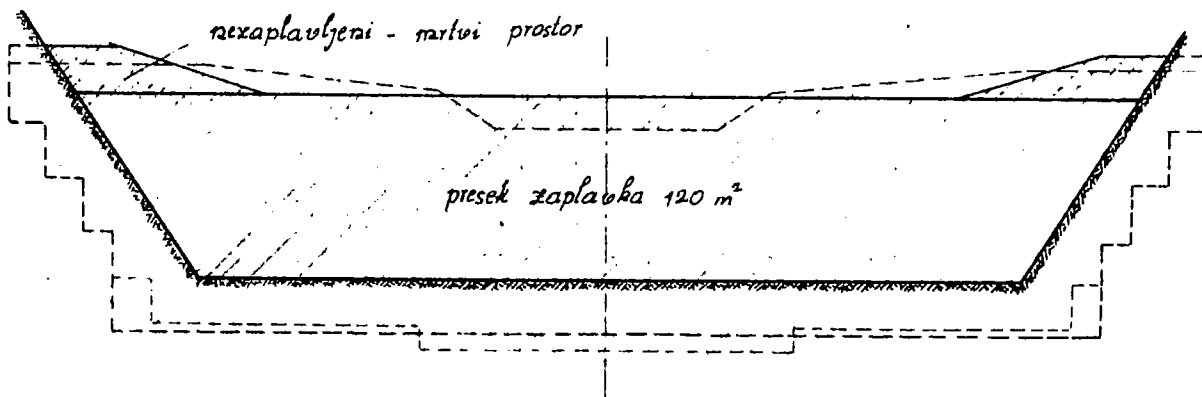


# IZBIRA PRETOČNE SEKCIJE PREGRADE - M = 1:200

## DELOVANJE OZKE PRETOČNE SEKCIJE



## DELOVANJE ŠIROKE PRETOČNE SEKCIJE



Iz primerjalne skice je razvidno, da s širokimi ustji pretočne sekcije ob praktično enakih stroških dosežemo večji zaplavljeni prostor, v precejšnji meri pa se izognemo tudi mrtvim prostorom za krili in nevarnosti zamocitve ob udoru v naraslo nasičenih voda. Zato je umestno posebno pri večstopenjskih pregradah pretočne sekcije sekundarnih pregrad postaviti širiti.

Hudourniški pretoki z vršaji pritiskajo strugo reke v nasprotni manj odpor- ni breg, večkrat pa tok tu- di zajezijo in izzovejo poplave.

Hudourniške vode preko vršajev ni priporočljivo kanalizirano odvajati, pač pa čimbolj razpršiti in do maksimalnih možno- sti zadržati nanos.





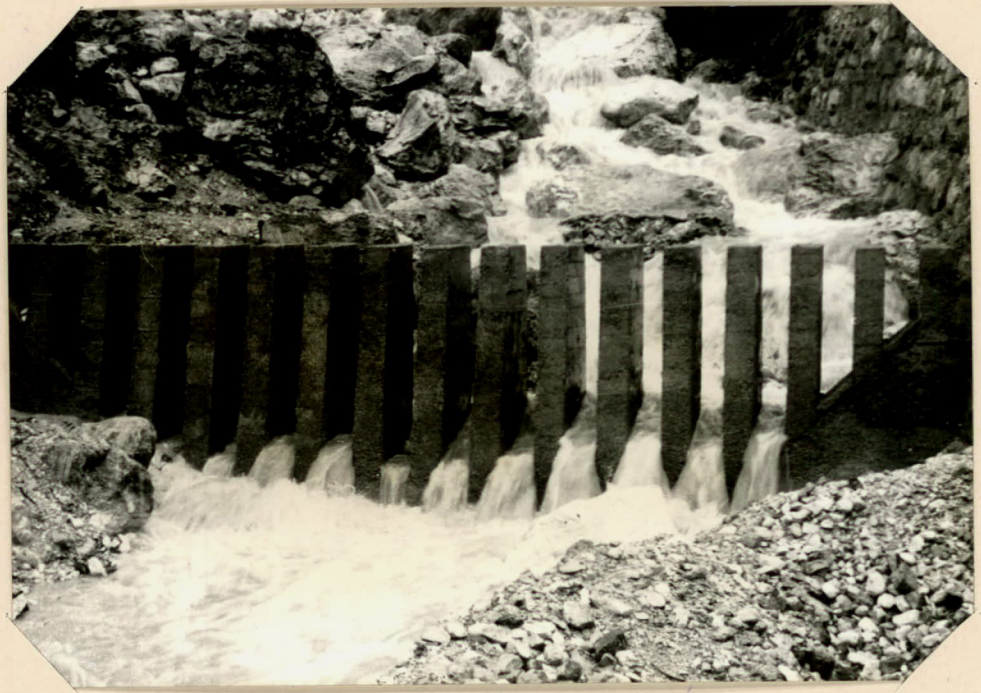
Hudourniške vode, ki koncentrirano pridrve iz zaledij večstokrat po več kilometrov daleč brazdajo geološko neodporne vznožne površine. Zato je vodo umestno z retencijsko razlivnimi pragovi razpršiti, s čemer izgubi vlečno moč in v dobršni meri pronikne.



**Masivna pregrada**

**Rešetasta pregrada**





Pri masivni - vodo težko  
propustni pregradi - se  
nanos odlaga od vršaja  
zaplavnega jezera proti  
pregradi.







Pri rešetasti - vodopropustni pregradi vode sproti brazdajo in odplavljajo drobnejše frakcije nasa, medtem ko debelejše frakcije zastajajo in tvorijo večji zaplavni padeo.



Iz presoje je razvidno, da je pregrada podvržena največjim pritiskom, ko še ni zaplavljena in delujejo nanjo hidrostatični pritiski, ki se lahko še povečajo, če je voda zasičena z muljem.

Pritiski se občutno zmanjšajo po zaplavitvi, posebno, če se zaplavljeni material površinsko zamulji, voda pa izcedi, s čemer deluje pregrada le še kot oporni zid.

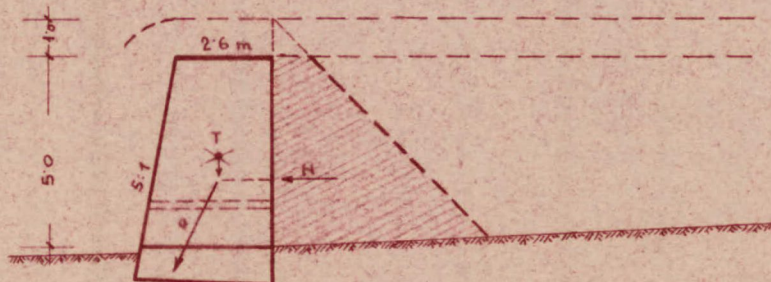
Prehodnim kritičnim pritiskom se lahko izognemo s postopno izgradnjo ali zasipavanjem, v vsakem primeru pa moramo upoštevati strukturo zaplavnega materiala.

Primerjalna presoja je orientacijska, s precejšnjo stopnjo varnosti zaradi zasidranosti pregrade, ki se s širino zapornega profila zmanjšuje.



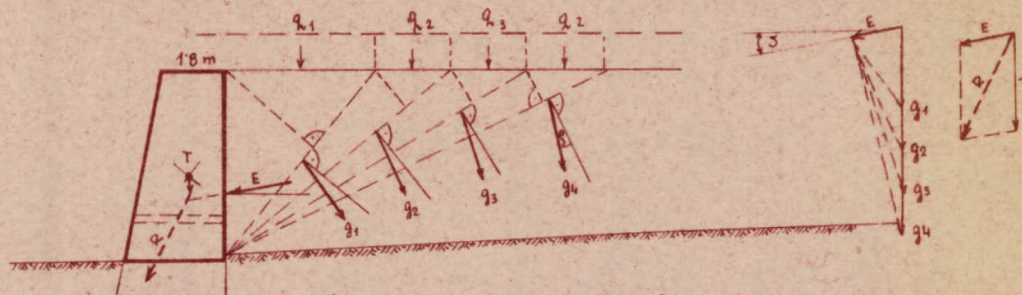
# PRIMERJALNA STATIČNA PRESOJA PREGRAD Z OZIROM NA RAZLIČNE ZAPLAVNE MATERIALE - M = 1:200

## VODA



$\gamma = \text{specif. teža zidu} = 2.2 \text{ t/m}^3$   
 $\gamma_1 = \text{sp. t. voda} = 1 \text{ t/m}^3$   
 $H = 1.7 \text{ t/m}^2$   
 $T = 34.1 \text{ t/m}^2$   
 $R = 37 \text{ t/m}^2$

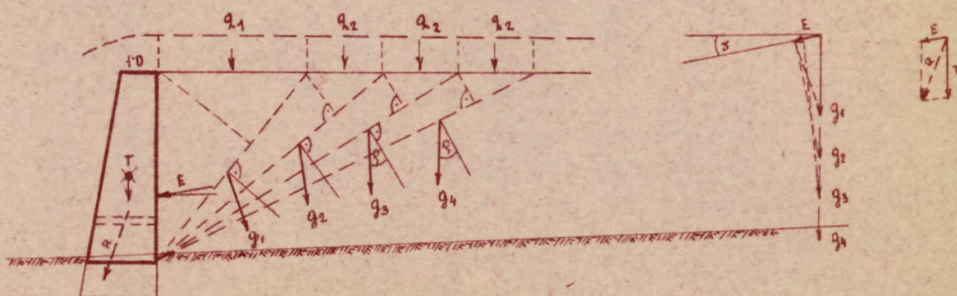
## MOKER ILOVNATI NANOS



$\varphi = \text{kot notranjega trenja mokre ilovice} = 20^\circ$   
 $\delta = 10^\circ$   
 $\gamma = \text{spec. teža mokrega nanosa} = 2.1 \text{ t/m}^3$   
 $T = 25.3 \text{ t/m}^2$   
 $E = 14.5 \text{ t/m}^2$   
 $R = 31.5 \text{ t/m}^2$

$q_1 = 23.5 \text{ t/m}^2$   
 $q_2 = 11.2 \text{ t/m}^2$   
 $q_3 = 11.7 \text{ t/m}^2$   
 $q_4 = 12.0 \text{ t/m}^2$

## MOKER PRODNI NANOS



$\varphi = \text{kot notranjega trenja}$   
 $\text{mokrega gramozja} = 35^\circ$   
 $\gamma = \text{spec. teža mokr. gramozja} = 2.0 \text{ t/m}^3$   
 $T = 16.5 \text{ t/m}^2$   
 $E = 7 \text{ t/m}^2$

$q_1 = 22.6 \text{ t/m}^2$   
 $q_2 = 10.8 \text{ t/m}^2$   
 $q_3 = 11.2 \text{ t/m}^2$   
 $q_4 = 11.5 \text{ t/m}^2$

Betonsko težnostna pregrada z oblogo iz kamna v o cementni malti.

Pregrada iz žel. bet. kašt tipa "B" na plazljivem pomočju (Vitranco)







Zaplavana pregrada iz  
šičnih košar - projek-  
tiral ing. Pleskovič  
(Jesenice)

Zemljata pregrada z  
betonsko oblogo - pro-  
jektiral ing. Štrancar  
(Polhov Gradec)  
foto ing. Rainer

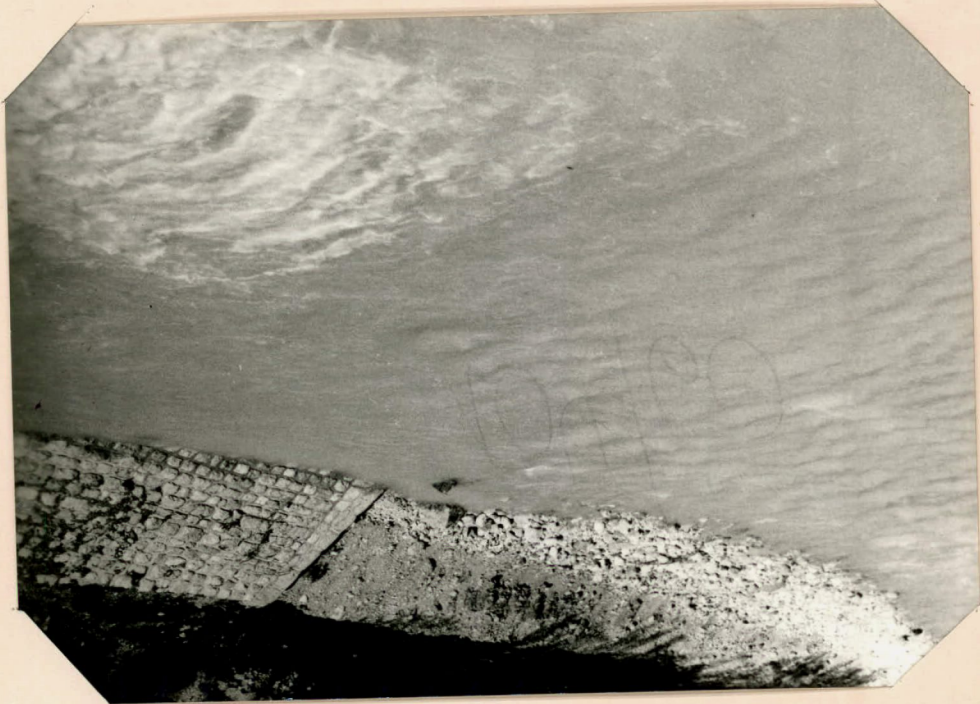


Zaplavna pregrada s pretočno  
sekcijo iz sidu in kri-  
li iz betonskega jedra s  
nasipom.

(Kranjska gora)

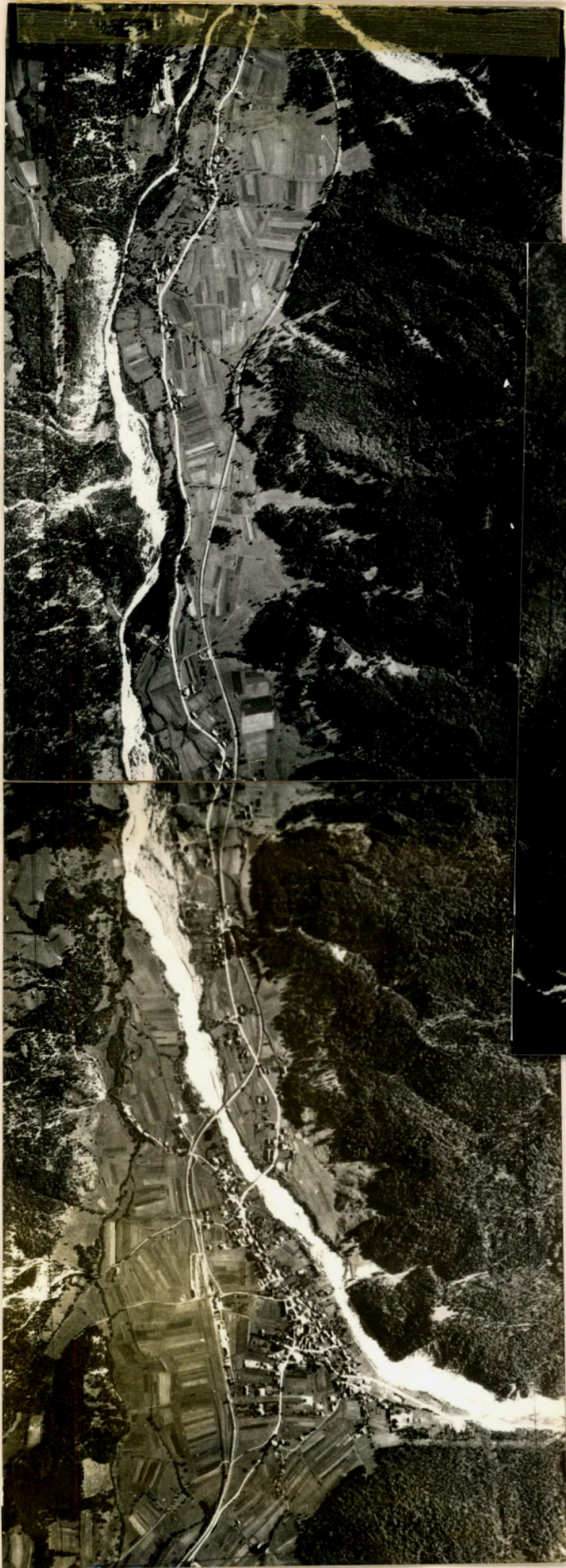
Stopničasti prehod vodne  
blazine na zaključni prag  
zelo umiri valovanje in  
ispodkopavanje.





Medtem ko je struga Save skoraj neopazna, tvorijo hudourniški pritoki vzdolž izlivov ogromna prodišča. Z utesnjevanjem prodišč bi se pred še v večji meri preusmerjal nizvodno in povzročal zamašitve savske struge v regionalno najbolj občutljivem okolju. (Sava v Gozdu in Kranjski gori)







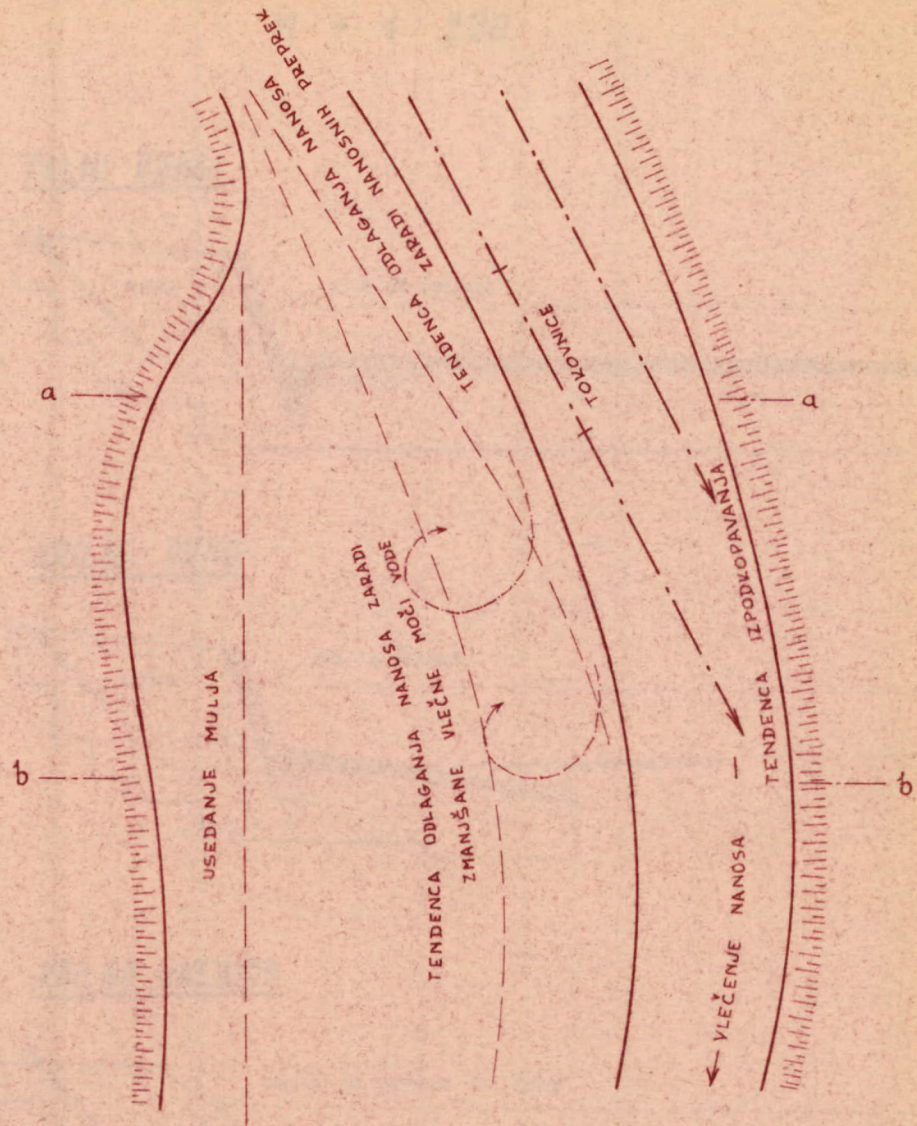
**Ispodkopavanje savskih  
teras na konkavnih bre-  
žinah struge.**

**Vijuganje struge Save  
zaradi prodonosnosti.**



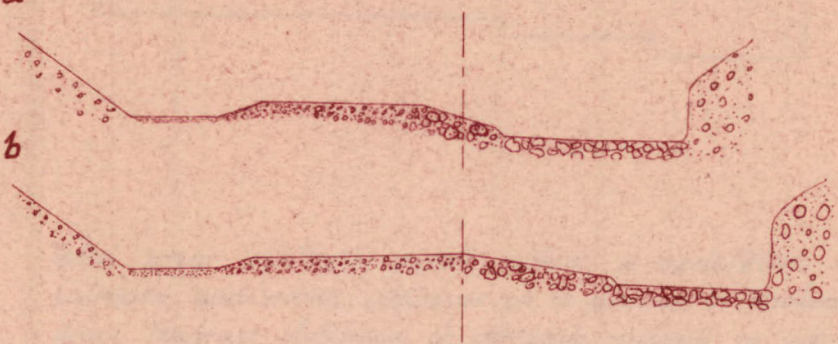


# SHEMATSKI PRIKAZ IZPODKOPAVANJA KONKAVNIH IN ZAPLAVLJANJE KONVEKSNIH BREŽIN STRUGE.



PROF. a-a

PROF. b-b



Iz sheme je razvidno, da ima vodni tok tendenco izpodkopavanja konkav in zaplavljanje konveks. Med tem, ko v konkavni naletici struge vleče voda nanos naprej, ostajajo v konveksnih depresijah zamušeni mrtvi prostori. Pri upadanju vlečne moči vode pa se vijugaste rečnih strug še poveča zaradi odlaganja debelejših frakcij nanosa, pri čemer si voda išče pot v manj odpornih brežinah. To kaže, da tendence izpodkopavanja in zaplavljanja z uravnavanjem vodnega toka s pomočjo zapor in prečnih sklonov lahko smiselno uravnavamo.



Že pri razmeroma nizkih  
jezbičah nastopajo na  
čelni strani in v polju  
med jezbičami mrtvi -  
nezaplavljeni prostori.

Rešetaste jezbiče  
so cenejše, istočasno pa  
se izognemo mrtvim prosto-  
rom in tvorbi neugodnih  
depresij.

