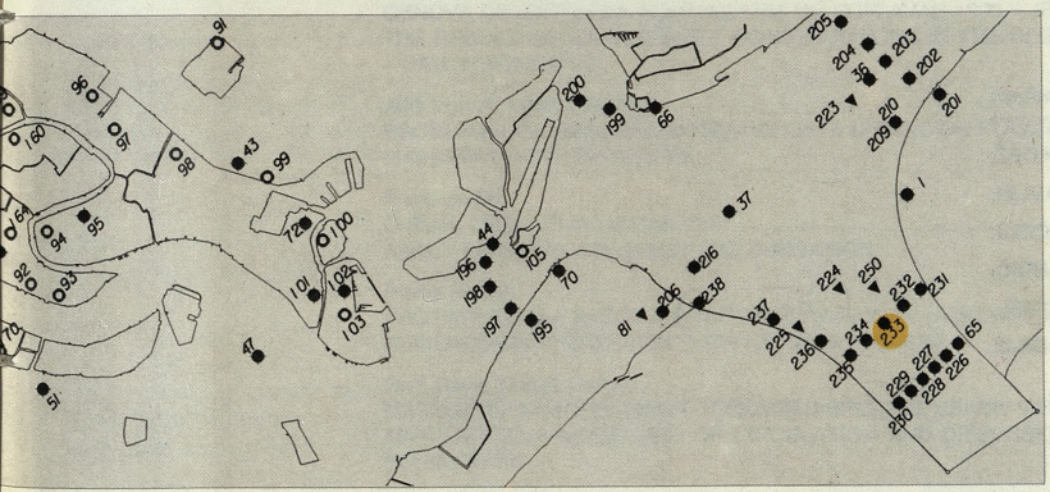
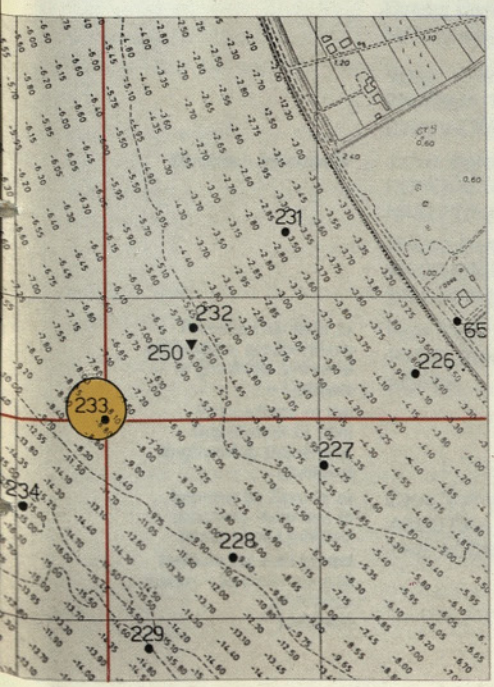
UDK-UDC 05:625;
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,
NOVEMBER-DECEMBER, 19

LETNIK XXXXI
STR.: 213–292

GRADBENI VESTNIK 11-12





hidrogea

Glavni in odgovorni urednik:

Franc **ČAČOVIČ**

Lektor:

Alenka **RAIČ**

Tehnični urednik:

Dane **TUDJINA**

Uredniški odbor:

Sergej **BUBNOV,** Vladimir **ČADEŽ,**
Vojteh **VLODYGA,** Stane **PAVLIN,**
Gorazd **HUMAR,** Ivan **JECELJ,**
Branka **ZATLER-ZUPANČIČ,**
Andrej **KOMEL,**
Jože **ŠČAVNIČAR,** dr. Miran **SAJE**

Revijo izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221-587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Naročnina za člane društev znaša 840 SLT. Za študente in upokojence velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike znaša 12.600 SLT, za inozemske naročnike 100 US $. Revija izhaja ob finančni pomoči Ministrstva za znanost in tehnologijo, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Centra za graditeljstvo. V naročnini je vštet prometni davek.

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 11-12 • LETNIK 41 • 1992 • YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave
Articles studies, proceedings

Peter Muck, Marina Pintar, Mojca Šolar-Šmid:
KRAJINSKO-EKOLOŠKI VIDIKI UREJANJA POVRŠINSKIH VODOTOKOV – SAVSKE MRTVICE OD LITIJE DO LJUBLJANE 220
LANDSCAPE AND ECOLOGICAL POINT OF VIEW IN SURFACE WATER REGULATION

Marijan Tomšič:
PRESKRBA KRASA IN SLOVENSKE OBALE Z VODO 225
WATER SUPPLY OF KARST AND THE SLOVENIAN COAST

Rok Fazarinc:
HIDRAVLIČNA PRESOJA PREPUSTOV IN PREMOSTITEV 234
HYDRAULIC ASSESSMENT OF CULVERTS AND OVERBRIDGES

Sonja Šiško-Novak:
VPLIV FOSFORJA NA PRIMARNO BIOLOŠKO PROIZVODNJO V PLITVIH VODNIH REZERVOARJIH IN REKAH 242
INFLUENCE OF PHOSPHORUS ON PRIMARY BIOLOGICAL PRODUCTION IN LOW WATER RESERVOIRS AND RIVERS

Meta Gorišek:
OBNOVA OBJEKTOV NA GORENJSKEM PO POPLAVAH 1990 – JEZ KORENINOVC 248
THE REBUILDING OF THE RIVER CONSTRUCTIONS IN THE REGION OF GORENJSKA – DAM KORENINOVC

Aleš Horvat, Marijan Zemljič:
PROBLEMATIKA MASOVNEGA TRANSPORTA (PRENOSA) PLAVIN 253
MASSMOVEMENT PROBLEMS

Franci Avšič:
O SUŠI, DRENAŽI IN NAMAKANJU 257
ABOUT DRYNESS, DRAINAGE AND IRRIGATION

Franci Rojnik:
PROTIEROZIJSKA ZAŠČITA S PLETIVI IZ NARAVNIH (KOKOSOVIH) VLAKEN 259
ANTIEROSION PROTECTION WITH NATURAL WEAVES

Rudi Rajar, Matjaž Četina:
MATEMATIČNO MODELIRANJE TOKOV IN DISPERZIJE HRANIV V BOHINJSKEM JEZERU . 263
MATHEMATICAL MODELLING OF CIRCULATION AND DISPERSION OF NUTRIENTS IN BOHINJ LAKE

Dimitrij Bertoncelj:
NAMAKANJE DRAVSKEGA IN PTUJSKEGA POLJA 269

Vanja Tonin:
ZNAČILNI VODOSTAJI MORJA V KOPRU 272
CHARACTERISTIC SEA WATER LEVELS IN KOPER

Poročila – Informacije

Janez Erjavec:
POROČILO O DOSEDANJIH GRADBENIH SEJMIH V GORNJI RADGONI IN PRIPRAVE NA NASLEDNJI SEJEM 276

Dimitrij Bertoncelj:
MEDNARODNA KONFERENCA O DRAVI
DEKLARACIJA O DRAVI 277

Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani
Proceedings of the Department of Civil Engineering University, Ljubljana
Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana
Institute for testing and research in materials and structures Ljubljana

Rudi Rajar:
PROBLEMI KAKOVOSTI VODE V MARINAH IN LUKAH S PRIMEROMA MARIN IZOLA IN KOPER 279

Savo Volovšek:
AKUSTIKA ŠPORTNIH DVORAN IN TELOVADNIC 287
THE ACOUSTICS OF SPORTS HALLS AND GYMNASIA

KRAJINSKO-EKOLOŠKI VIDIKI UREJANJA POVRŠINSKIH VODOTOKOV – SAVSKE MRTVICE OD LITIJE DO LJUBLJANE

UDK 627.15:502.6

PETER MUCK, MARINA PINTAR, MOJCA ŠOLAR-ŠMID

POVZETEK

Urejanje reke Save med Ljubljano in Litijo so prekinile dinamiko nastajanja in razvoja mrtvic. Prepletenost dejavnikov, ki vplivajo na oblikovanje mrtvice, je zaradi kompleksnosti predstavljiva le v shemah. Sodobni naravovarstveni pristopi pri urejanju vodotokov zajemajo tudi vzpostavitve vodnih režimov v področju mrtvic ob reguliranih vodotokih, da bi lahko delovale v kar najbolj naravni obliki. Če hočemo to doseči jih moramo v celoti dobro spoznati.

LANDSCAPE AND ECOLOGICAL POINT OF VIEW IN SURFACE WATER REGULATION

SUMMARY

Formation and development dynamics of old streams of Sava river between Ljubljana and Litija was interrupted by regulations. Factors wich affect on formation of old streams are very complex conected and so only presentable by scheme. In the mean of today's ecological and landscape protection measures in water regulation we try to restore water regime in wich old streams could function in the most natural way. A good knowladge of them is necessery if we want to reach this.

UVOD

V letu 1991 smo na Vodnogospodarskem inštitutu začeli izdelavo široko zasnovane študijske naloge Voda in prostor, katere naročnik sta Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora ter Ministrstvo za znanost in tehnologijo. Naloga je razdeljena na posamezna področja in eno od teh je Voda in obvodni prostor z biološkega vidika, znotraj katerega je podnaslov Krajinsko-ekološki vidiki urejanja površinskih vodotokov.

Izhodišča za študijsko nalogo, katere polni naslov je Krajinsko-ekološki vidiki urejanja površinskih vodotokov – savske mrtvice od Litije do Ljubljane, so bila, v kratkem opisano, naslednja:

– na odseku Save od Litije do Ljubljane so ob osnovnem koritu reke številne mrtvice, ki so nastale predvsem zaradi spreminjanja poteka struge po naravni poti ali zaradi človekovega posredovanja

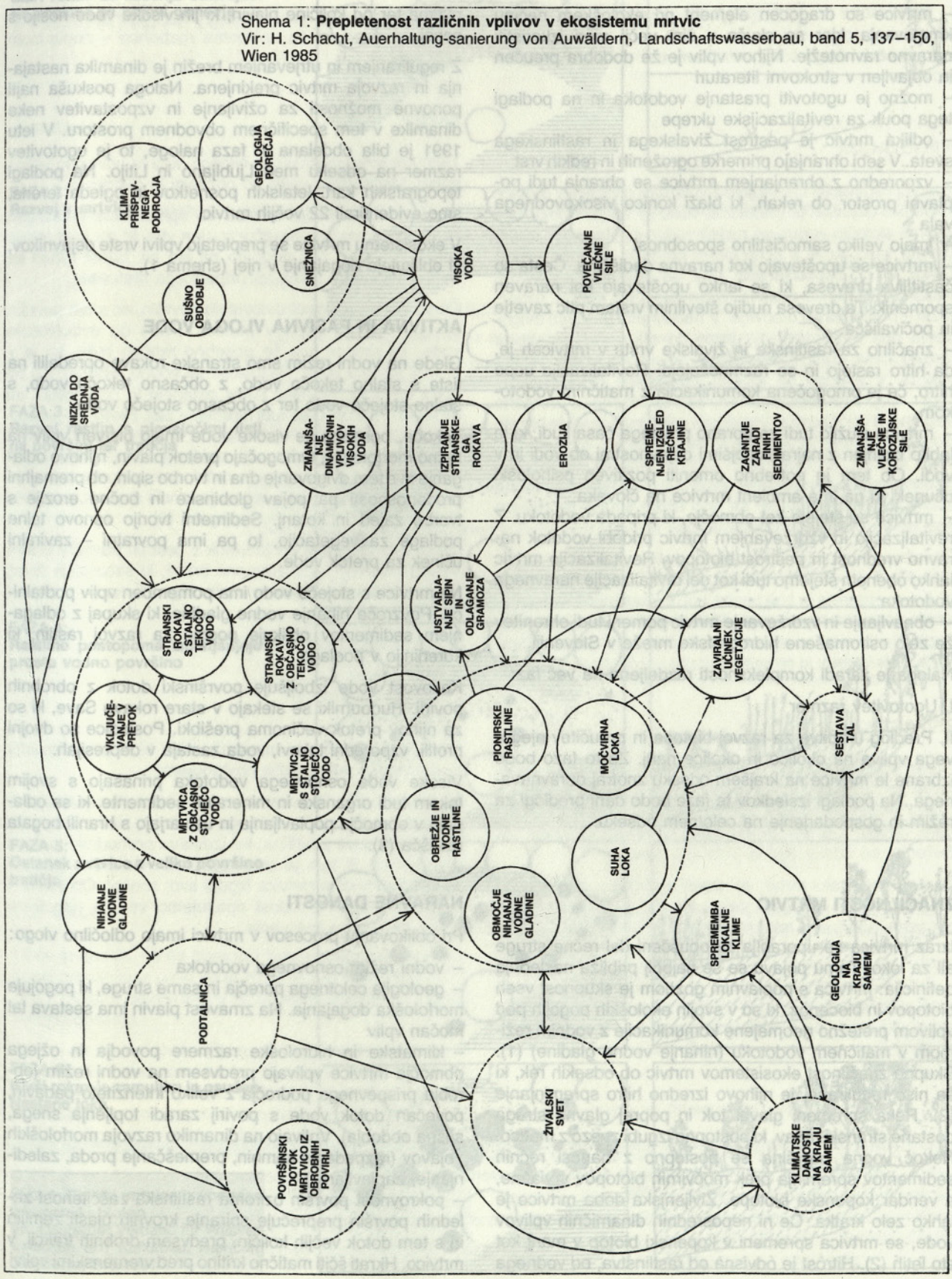
Avtorji:
Peter Muck, dipl. grad. inž., Vodnogospodarski inštitut, Hajdrihova 28
Mojca Šolar-Šmid, dipl. grad. inž., prav tam
Marina Pintar, dipl. kmet. inž., prav tam

– v zadnjem obdobju je prisotna intenzivnejša raba prostora in pritisk na obvodni svet različnih uporabnikov prostora je vse večji (kmetijstvo, infrastruktura, urbanizacija)
– savske mrtvice do sedaj niso bile ovrednotene kot sestavni del vodnega režima Save, kot življenjski prostor specifičnih rastlinskih in živalskih združb ter kot krajinotvorni element.

Namen in cilji naloge so bili preučiti vpliv savskih mrtvic na obvodni režim reke Save in na življenjske združbe vodnega in obvodnega ekosistema. Končni cilj naloge pa je, da se na podlagi izsledkov podajo osnove in smernice za gospodarjenje s savskimi mrtvicami.

Vzroki, da je popolnejše spoznanje in določanje režima v mrtvicah potrebno, so številni. Naštejemo le nekatere:

– mrtvice so zadnji preostali naravni elementi krajine v okolju, kjer je namenska raba prostora, vključno z gozdnim gospodarstvom, preoblikovala domala vse naravne površine
– mrtvice so pomemben dejavnik za razširitev področja ekološke funkcijske sposobnosti vode (podtalnica, mikroklima, pestrost vegetacije, habitati)
– ohranjajo povezavo tekočih voda z akvatičnim in terestičnim območjem v naravnih pogojih (prehranska veriga, zavetja, skrivališča za živali)



Shema 1: **Prepletenost različnih vplivov v ekosistemu mrtvic**
Vir: H. Schacht, Auerhaltung-sanierung von Auwäldern, Landschaftswasserbau, band 5, 137–150, Wien 1985

– mrtvice so dragocen element pri ekološkem načinu kmetovanja, kjer se skuša v čim večji meri izkoristiti naravno ravnotežje. Njihov vpliv je že dodobra preučen in objavljen v strokovni literaturi
– možno je ugotoviti prastanje vodotoka in na podlagi tega pouk za revitalizacijske ukrepe
– odlika mrtvic je pestrost živalskega in rastlinskega sveta. V sebi ohranjajo primerke ogroženih in redkih vrst
– vzporedno z ohranjanjem mrtvice se ohranja tudi poplavni prostor ob rekah, ki blaži konico visokovodnega vala
– imajo veliko samočistilno sposobnost
– mrtvice se upoštevajo kot naravna dediščina. Česta so častitljiva drevesa, ki se lahko upoštevajo kot naraven spomenik. Ta drevesa nudijo številnim vrstam ptic zavetje in počivališče
– značilno za rastlinske in živalske vrste v mrtvicah je, da hitro rastejo in se razmnožujejo. Revitalizacija uspe hitro, če je omogočena komunikacija z matičnim vodotokom
– mrtvice služijo tudi za porabo prostega časa ljudi, ki je lahko izplnjen z najrazličnejšimi dejavnostmi ob vodi in v vodi. Ob tem je potrebno omeniti pozitiven psihološki učunek, ki ga ima ambient mrtvice na človeka
– mrtvice se štejejo kot območje, ki pripada vodotoku. Z revitalizacijo in vzdrževanjem mrtvic pridobi vodotok naravno vrednost in pestrost biotopov. Revitalizacijo mrtvic lahko obenem štejemo tudi kot del revitalizacije naravnega vodotoka
– obnavljanje in vzdrževanje mrtvic pomeni tudi ohranitev že zelo osiromašene hidrografske mreže v Sloveniji.

Naloga je zaradi kompleksnosti razdeljena na več faz:

I. Ugotovitev razmer

II. Predlog ureditve za razvoj biotopa in preučitev njegovega vpliva na okolico in okolice nanj. Za to fazo bodo izbrane le mrtvice na krajšem odseku znotraj obravnavanega. Na podlagi izsledkov te faze bodo dani predlogi za režim in gospodarjenje na celotnem odseku.

ZNAČILNOSTI MRTVIC

Izraz mrtvica se uporablja za opuščeni del rečne struge ali za loko. Temu pojavu se še najbolj približa naslednja definicija: mrtvica s poplavnim gozdom je skupnost vseh biotopov in biocenoz, ki so v svojih ekoloških pogojih pod vplivom pretežno neomejene komunikacije z vodnim režimom v matičnem vodotoku (nihanje vodne gladine) (1). Skupna značilnost ekosistemov mrtvic ob odsekih rek, ki še niso regulirane, je njihovo izredno hitro spreminjanje (2). Reka spremeni glavni tok in poprej glavna struga postane stranski rokav, ki postopno izgubi zvezo z matico. Nekoč vodna površina se postopno z nanosi rečnih sedimentov spreminja prek močvirnih biotopov v vlažne, a vendar kopenske biotope. Življenjska doba mrtvice je lahko zelo kratka. Če ni neposrednih dinamičnih vplivov vode, se mrtvica spremeni v kopenski biotop v manj kot sto letih (2). Hitrost je odvisna od rastlinstva, od vodnega režima ter od količine plavin, ki jih visoke vode nosijo s seboj.

Z reguliranjem in utrjevanjem brežin je dinamika nastajanja in razvoja mrtvic prekinjena. Naloga poskuša najti ponovne možnosti za oživljanje in vzpostavitev neke dinamike v tem specifičnem obvodnem prostoru. V letu 1991 je bila obdelana 1. faza naloge, to je ugotovitev razmer na odseku med Ljubljano in Litijo. Na podlagi topografskih kart, letalskih posnetkov in ogleda terena, smo evidentirali 22 večjih mrtvic.

V ekosistemu mrtvice se prepletajo vplivi vrste dejavnikov, ki oblikujejo dogajanje v njej (shema 1).

AKTIVNA IN PASIVNA VLOGA VODE

Glede na vodni režim smo stranske rokave opredelili na tiste s stalno tekočo vodo, z občasno tekočo vodo, s stalno stoječo vodo ter z občasno stoječo vodo.

Tekoče, posebno še visoke vode imajo bistven vpliv na rečno morfologijo. Omogočajo pretok plavin, njihovo odlaganje in s tem dvigovanje dna in tvorbo sipin, ob premajhni prodonosnosti pa pojav globinske in bočne erozije s tvorbo zajed in kotanj. Sedimetni tvorijo osnovo talne podlage za vegetacijo, to pa ima povratni – zaviralni učinek za pretok vode.

Na mrtvice s stoječo vodo ima pomemben vpliv podtalnica. Povzroča nihanje vodne gladine, ki skupaj z odlaganjem sedimentov oblikuje pogoje za razvoj rastlin, ki koreninijo v podlago.

Kakovost vode izboljšuje površinski dotok z obrobnih povirij. Hudourniki se stekajo v stare rokave Save, ki so za njihov pretok večinoma prešibki. Posledice so dvojni profili, vzporedni tokovi, voda zastaja v depresijah.

Visoke vode osnovnega vodotoka prinašajo s svojim tokom tudi organske in mineralne sedimente, ki se odlagajo v območju poplavljanja in ustvarjajo s hranili bogata rastišča (3).

NARAVNE DANOSTI

Pri oblikovanju procesov v mrtvici imajo odločilno vlogo:

– vodni režim osnovnega vodotoka
– geologija celotnega porečja in same struge, ki pogojuje morfološka dogajanja. Na zrnavost plavin ima sestava tal močan vpliv
– klimatske in hidrološke razmere povodja in ožjega območja mrtvice vplivajo predvsem na vodni režim (obrobja prispevnega področja z veliko intenziteto padavin, povečan dotok vode s povirij zaradi topljenja snega, sušna obdobja). Vplivajo na dinamiko razvoja morfoloških pojavov (razpadanje kamnin, premeščanje proda, zaledinjanje, zaplavljanje)
– pokrovnost površin oziroma rastlinska zaščitenost zalednih površin preprečuje spiranje krovnih plasti zemljin in s tem dotok večjih količin, predvsem drobnih frakcij, v mrtvico. Hkrati ščiti matično kritino pred vremenskimi vplivi

FAZA 1:
Stari rokav se začenja oddvajati. Na konkavi se pojavi grmovje

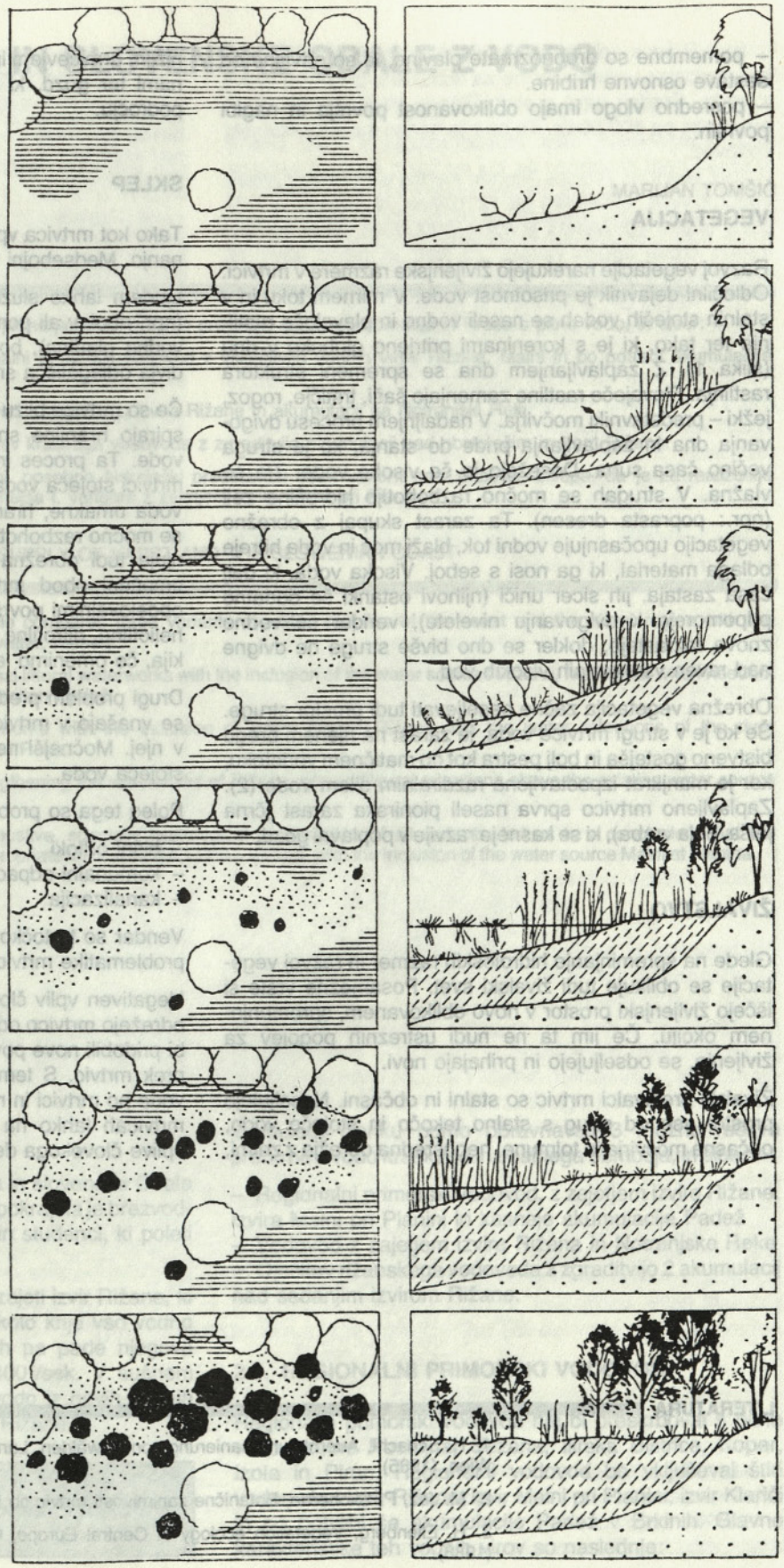
FAZA 2:
Razvoj v mrtvico

FAZA 3:
Razvoj rastlin s plavajočimi listi na površini ter trstičja

FAZA 4:
Rastline postopoma zmanjšujejo prosto vodno površino

FAZA 5:
Ostanek mrtvice z veliko površino trstičja

FAZA 6:
Bivši rokav je zamuljen in osušen. Nastane loka



Slika 1: **Razvoj mrtvice iz vodnega v kopenski biotop**
Vir: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Hamburg und Berlin, 219/1991

– pomembne so drobnozrnate plavine, ki so odvisne od sestave osnovne hribine.
– posredno vlogo imajo oblikovanost površja in nagibi površin.

VEGETACIJA

Razvoj vegetacije narekujejo življenjske razmere v mrtvici. Odločilni dejavnik je prisotnost vode. V mirnem toku in v stalnih stoječih vodah se naseli vodno in plavajoče rastlinje ter tako, ki je s koreninami pritrjeno globoko v dnu (slika 1). Z zaplavljanjem dna se spremeni struktura rastlinja. Plavajoče rastline zamenjajo šaši, trstičje, rogoz, ježki – predstavniki močvirja. V nadaljnjem procesu dvigovanja dna in zaplavljanja pride do stanja, ko je struga večino časa suha. Dosežejo jo še visoke vode. Tla so vlažna. V strugah se močno razbohotijo hidrofilne zeli (npr.: poprasta dresen). Ta zarast skupaj z obrežno vegetacijo upočasnjuje vodni tok, blaži moč in voda hitreje odlaga material, ki ga nosi s seboj. Visoka voda, ki dalj časa zastaja, jih sicer uniči (njihovi ostanki še dodatno pripomorejo k dvigovanju nivelete), vendar se vedno znova razrastejo, dokler se dno bivše struge ne dvigne nad raven vsakoletnih visokih vod.

Obrežna vegetacija začne naseljevati tudi prostor struge. Še ko je v strugi mrtvice voda, je zarast na njenem bregu bistveno gostejša in bolj pestra kot ob matičnem vodotoku, ker je manjkrat izpostavljena razdiralnim silam vode (2). Zaplavljeno mrtvico sprva naseli pionirska zarast (črna jelša, bela vraba), ki se kasneje razvije v poplavni gozd.

ŽIVALSTVO

Glede na spreminjanje hidroloških razmer in razvoj vegetacije se oblikuje tudi živalski svet. Posamezne vrste si iščejo življenjski prostor v novo oblikovanem, spremenjenem okolju. Če jim ta ne nudi ustreznih pogojev za življenje, se odseljujejo in prihajajo novi.

Živalski prebivalci mrtvic so stalni in občasni. Naseljujejo prostor vse od strug s stalno tekočo in stoječo vodo, občasna močvirja in tolmune, neposredna obrežja z zelmi, nižjim grmičevjem in starimi drevesi z razgaljenimi koreninami ter gozd, ki se večinoma razbohoti v poplavnem področju.

SKLEP

Tako kot mrtvica vpliva na okolico, tudi ta povratno vpliva nanjo. Medsebojni vplivi so pozitivni in negativni.

Ljudem lahko služijo mrtvice za sprostivene dejavnosti (npr. ribolov ali pomirjujoč vizualen vtis, ki ga daje mirna vodna gladina), bolj pogosto pa jim na žalost rabijo za divja odlagališča smeti ter odpadnega materiala.

Če so mrtvice blizu obdelovalnih površin, se s teh površin spirajo hranilne snovi v mrtvico. Pride do evtrofikacije vode. Ta proces ima še posebno močan vpliv, ko je v mrtvici stoječa voda. Razbohoti se vodno rastlinje. Ko se voda umakne, hranilne snovi ostanejo in omogočijo, da se močno razbohotijo tudi hidrofilne zeli. Hkrati se prehranjuje tudi obrežna vegetacija, ki s koreninami sega v omočeni obod mrtvice. Ni naključje, da prostor med obdelovalnimi površinami in mrtvicami pogosto zasedejo heliofilne, nitrofilne zeli, kot so japonski dresnik in rudbekija, če omenimo le najbolj pogosti (3).

Drugi problem predstavlja odtok s cestnih površin. S tem se vnašajo v mrtvico strupene snovi, ki siromašijo živelj v njej. Močnejši negativen vpliv tega je, ko je v mrtvici stoječa voda.

Poleg tega so problematični še:

– hišni odtoki
– komunalni odpadki
– kanalizacija

Vendar so to točkovni onesnaževalci, ki jih pri reševanju problematike mrtvic lažje obvladujemo.

Negativen vpliv človeka na mrtvice so tudi regulacije, ki odrežejo mrtvico od matičnega vodotoka, zasipavanje, da bi pridobili nove površine, ter izdelava prehodnih nasipov prek mrtvic. S tem je onemogočeno nemoteno gibanje vode po mrtvici in mrtvica izgubi svoj značaj. Ob savskih mrtvicah lahko na žalost opazujemo vse te negativne vplive človekoga delovanja.

LITERATURA

1. H. Schacht, Auerhaltung-sanierung von Auwälden, Landschaftswasserbau, Band 5, str. 137–150, Wien, (1985).

2. M. Jež, P. Skoberne, Botanične zanimivosti mrtvic ob Muri, Proteus 48, str. 245–249, (1985/86).

3. H. Ellenberg, Vegetation ecology of Central Europe, Cambridge university press, str. 243–251, (1988).

PRESKRBA KRASA IN SLOVENSKE OBALE Z VODO

UDK 628.11

MARIJAN TOMŠIČ

POVZETEK

V članku primerjamo tri variante preskrbe obalnega območja in Krasa s pitno vodo, in sicer:

I. Regionalni primorski vodovod z vključitvijo vodnih virov Rižana, Malni in po potrebi akumulacije Padež.

II. Vodovod z vključitvijo izvira Rižane in akumulacij na Notranjski Reki.

III. Ojačitev kraškega vodovoda z zgraditvijo akumulacij nad obstoječim izvirom Rižane.

Po izčrpni, posebno hidrološki predstavitvi vseh variant smo prišli do sklepa, da je za realizacijo najprimernejša I. varianta z zajetjem izvira Malni pri Planini.

WATER SUPPLY OF KARST AND THE SLOWENIAN COAST

SUMMARY

The article compares three variants of water supplies of the coast and the Karst region with the drinking water, namely:

I. Regional littoral waterworks with the inclusion of the water sources Rižana, Malni and, when needed, water retention Padež.

II. Waterworks with the inclusion of water source Rižana and the water retentions of the river Notranjska Reka.

III. Strengthening the waterworks of Rižana with additional retentions above the existing water source Rižana.

The exhaustive, specially hydrological presentation of all variants, led us to a conclusion, that the most appropriate for realisation, is the I. variant, with the inclusion of the water source Malni at Planina.

1.0. UVOD

Obče znano je, da na območju Krasa in slovenske Obale poleti primanjkuje pitne vode. Kraška pokrajina je brezvodna, z redkimi površinskimi vodotoki in studenci, ki poleti močno opešajo.

Glavni vir za slovensko Obalo je že zajeti izvir Rižane, ki lahko 8 do 9 mesecev na leto z lahkoto krije vso vodno potrošnjo obale. V poletnih mesecih pa pade njegova kapaciteta na minimum, ki znaša 400 l/sek. V sušnem obdobju bo torej potrebno dovajati vodo iz novih vodnih virov kot dodatek opešanemu izviru Rižane.

Avtor:
Marijan Tomšič, dipl. inž., Vodnogospodarski inštitut Ljubljana

V našem članku bomo obravnavali 3 možne rešitve prerkrbe z vodo kraškega in obalnega območja, in sicer:

– Regionalni primorski vodovod, z zajetjem izvira Rižane, izvira Malni pri Planini in kasneje akumulacije Padež
– Vodovod z zajetjem izvira Rižana in Notranjske Reke
– Ojačitev rižanskega vodovoda z zgraditvijo 2 akumulacij nad sedanjim izvirom Rižane.

2.0. REGIONALNI PRIMORSKI VODOVOD

Regionalni primorski vodovod naj bi preskrboval s pitno vodo občine Postojna, Sežana, Ilirska Bistrica, Koper, Izola in Piran. Regionalni vodovod bo vključeval štiri vodne vire: izvir Rižane, izvir Malni pri Planini, izvir Klariči in po potrebi še akumulacijo Padež v Brkinih. Glavne karakteristike teh vodnih virov so naslednje:

– Izvir Rižane zagotavlja povprečno do 9 mesecev na leto zadostne vodne količine za težnostno preskrbo obale z vodo. Srednji letni pretok Rižane znaša 4680,00 l/s, minimalni pa 400,00 l/s. Ta izvir je danes zajet za rižanski vodovod.

– Izvir Malni pri Planini. Njegov srednji letni pretok znaša 7050,00 l/sek, minimalni pa 1270 l/sek. Iz Malnov je mogoče stalno odvzemati količino 1000 l/sek, ki jo bo potrebno črpati 250 m visoko. Ta izvir je delno zajet za vodovod za Postojno.

– Izvir Klariči pri Brestovici, ki je danes zajet za kraški vodovod, ki tvori del bodočega regionalnega vodovoda. Iz Klaričev je možno črpati do 250 l/sek, 800 m visoko (do Rodika). Iz tega vodovoda je mogoče po pokritju potrošnje Sežane in Krasa dodajati v rižanski vodovod količino 120 l/ sek. Po vključitvi Malnov bo ta izvir služil le za rezervo.

– Akumulacija Padež z uporabno vsebino 11,4 milijona m^3. Tu bo potrebno črpati vodo 250 m visoko.

Vodna potrošnja na območju regionalnega vodovoda bi po predvidevanjih znašala:

	Rižanski vodovod	Kraški vodovod	Postojnski vodovod	Ilirska Bistrica
Današnja poraba (za l. 1986) l/s				
– za sred. dan v letu	418	63	111	
– za maks. dan v letu	627	94	167	
Perspektivna poraba (do l. 2010)				
– za sred. dan v letu	878	80	136	
– za maks. dan v letu	1317	120	205	
Perspektivna poraba (do l. 2050)				
– za sred. dan v letu	1725	133	200	100
– za maks. dan v letu	2600	260	300	100

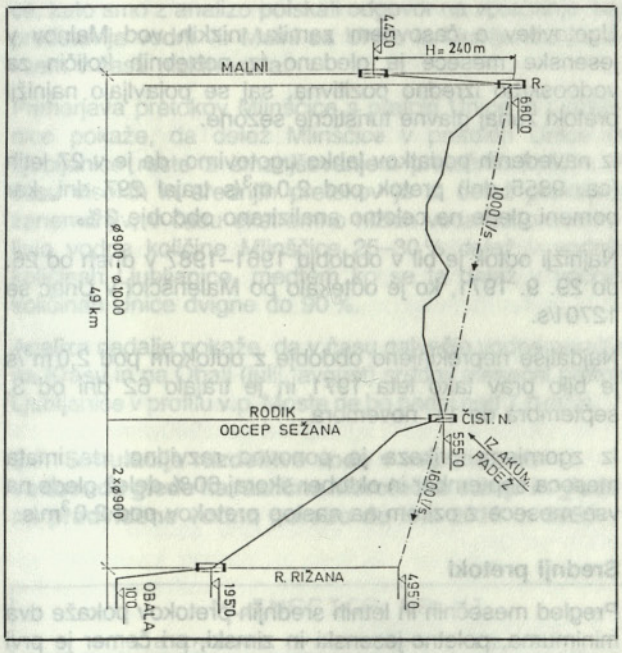


Slika 1. **Regionalni primorski vodovod – situacija**

Z zajemom in z vključitvijo izvira Malni bi lahko krili vodno porabo do leta 2010. Kasneje pa bi bilo potrebno zgraditi in vključiti v sistem akumulacijo Padež z vsebino 11,4 milijona m^3.

Lega navedenih vodnih virov narekuje izgradnjo celotnega regionalnega vodovoda v obliki črke Y. Prvi krak te črke predstavlja že zgrajen kraški vodovod: Klariči (pri Brestovici) – Sežena – Rodik, v dolžini 48 km. Drugi krak pa bo tvoril primarni cevovod na odseku Malni–Rodik (nad Kozino), v dolžini 38,5 km. Pri Rodiku bi se regionalnemu vodovodu priključil tudi dovodni cevovod iz akumulacije Padež, v dolžini 11 km.

Iz Rodika bi potekal cevovod v dolžini 15 km do doline reke Rižane (do vasi Šali), kjer bi se priključil na obstoječi, cevovod, ki povezuje izvir Rižane z obstoječo čistilno napravo (sliki 1 in 2).



Slika 2. **Regionalni primorski vodovod – vzdolžni profil**

Ker je največji porabnik vode obalno območje, je logično, da bo za preskrbo obalne regije v največji možni meri izkoriščen bližnji vodni vir Rižana, ki povprečno 9 mesecev na leto krije vso porabo Obale. Šele ko izvir Rižane (ob suši) opeša in ne krije več vse porabe, se bo vključil izvir Malni, ki bo spotoma kril še porabo občin Postojna in Sežana. Do leta 2010 predvidevamo v sušnem obdobju tudi sodelovanje kraškega vodovoda (s črpanjem iz Klaričev). Po letu 2010 pa bi se v sistem kot naslednji vodni vir vključila še akumulacija Padež.

Značilnost in prednost regionalnega vodovoda je, da vključuje več vodnih virov, ki se priključuje v sistem po ekoloških in ekonomskih vidikih. Poleg tega rabi en vodni vir kot rezerva drugemu. Če odpove eden, ostane aktiven najmanj še eden.

V nadaljevanju si bomo podrobneje ogledali vodni vir Malni, posebno s hidrološkega vidika.

3.0. VODNI VIR MALNI PRI PLANINI

3.1. Splošni opis

Kraški izviri v jugozahodnem kotu Planinskega polja spadajo tako po položaju kot po izdatnosti med največje in najbolj zanimive kraške izvire v Sloveniji. Iz Planinske jame priteka Unica, ki že po kratkem površinskem toku dobi močan pritok iz zatrepne doline Malnov. Tam izvira Malenščica, pod njenim sotočjem z Unico pa so občasni izviri Škratovke. Najmočnejši je izvir Unice iz Planinske jame, kjer vre iz podzemlja ob visokih vodah več kot 100 m^3/s, ob suši pa komaj nekaj 100 l/sek. Škratovka pri Hasberku je aktivna le ob visokih vodah, ko bruha do 7 m^3/s, nato pa kmalu presahne.

Najbolj stalni pa so izviri v Malnih, ki prispevajo ob visokih vodah le desetino tega, kar daje Planinska jama (ca. 10 m^3/s) ob nizkih vodah pa tudi po dolgotrajni suši pretok ni padel pod 1270 l/sek (1370 l/s) – velja za obdobje 1961–1989. Prav stalna izdatnost daje Malnom posebni pomen v načrtovani oskrbi Krasa in obalnega območja s pitno vodo.

Izviri Malenščice so razporejeni v izraziti skoraj 1 km dolgi in 200 m široki zatrepni dolini ob jugozahodnem robu Planinskega polja. Ko so veliki udori zasuli prvotne vodne rove, so prislili podzemske tokove Cerkniškega jezera in Javornikov, da so si poiskali nove poti na površje.

Speleološke raziskave in barvanja so potrdila, da se visoke cerkniške vode iz zaledja Malnov prelivajo skozi Rakov rokav Planinske jame. Skozi zasute rove in po stranskih razpokah pa so usmerjene v Malne le manjše vodne žile, ki so dovolj široke za vse nizke vode iz Javornikov, zmorejo pa komaj desetino visokih voda iz celotnega zaledja Planinskega polja.

Zaledje izvirov v Malnih je sestavljeno iz hidrografskih enot s čisto površinskim, pa tudi samo podzemeljskim odtokom, z menjavo obeh načinov odtekanja ter s popolnim in samo delnim odtokom kot tudi s prepletanjem različnih voda v bližnjem in oddaljenem delu zaledja. Z barvanji je dokazano, da v Malnih izvirajo vode, ki pritekajo skozi Rakov Škocijan iz Cerkniškega jezera. To pomeni, da obsega cerkniški del zaledja Malnov celotno porečje Cerkniščice in Bloško planoto, Cerkniško in Loško polje z obrobjem, Babno polje in Prezid. Temu zaledju pripada tudi del Javornikov in Snežnika. Speleohidrološke raziskave pa so pokazale, da odteka znaten del podzemeljskih voda iz Javornikov tudi neposredno proti Malnom. To velja tudi za območje Zgornje Pivke od Prestranka do Knežaka in pivškega obrobja Javornikov. Proti Malnom odteka s tega območja vsaj tisti del voda, ki se ne preliva v površinsko Pivko.

Časovnega in prostorskega prepletanja površinskega in podzemljskega odtoka v posameznih delih zaledja ni mogoče natančno opredeliti, zato tudi ni mogoče nedvoumno in zanesljivo omejiti dejanskega zaledja Malnov. Dokazano je, da se v času nizkih vod cerkniško zaledje Malnov izredno zmanjša in se Malni napajajo pretežno z javorniškim tokom. Analiza vode javorniškega toka, vzeta

v podzemlju (Skrivnostno jezero), in njegova primerjava z vzorcem, vzetim na izviru Malenščice pri Milavcu, potrjuje, da gre praktično za isto vodo. To pa je še dodatna prednost tega vodnega vira glede na vodooskrbo, saj imamo običajno ravno v času najnižjih pretokov vodne vire najbolj obremenjene.

Iz podatkov SAZU je možna določitev tistega dela zaledja Malnov, katero je pomembno s stališča varstvenih pasov. Izhajajoč iz teh podatkov znaša površina zaledja Malnov 781,43 km^2, kar pa je prej ocena kot natančen podatek. Za oceno razpoložljivih vodnih količin na tem območju so bile zbrane letne višine padavin (1951–1987) za vse dežemerne postaje, katere se nahajajo na obravnavanem območju. Iz zbranih podatkov je možno izračunati, da znaša povprečna letna višina padavin za zaledje Malnov okoli 1700 mm. Najnižje povprečje je bilo zabeleženo v Postojni 1537 mm, največjo vrednost pa ima dežemerska postaja Mašun 2095 mm.

3.2. **Hidrološke značilnosti**

Na vodotoku Malenščica je v Malnih postavljena vodomerska lata, ki je namenjena za odčitavanje vodostajev in s tem posredno za ugotavljanje pretočnih količin. Opazovanja na tej hidrološki postaji opravlja Hidrometeorološki zavod Slovenije. Na razpolago so nam podatki za obdobje 1961–1987, kar pomeni časovno odbobje 27 let, s čimer so omogočene statistične obdelave.

Osnovni hidrološki parametri izvira Malni so:

– maksimalni pretoki v vsem opazovanem obdobju niso presegli 11 m^3/s
– povprečni pretok v obdobju 1961–1986 je znašal 6,78 m^3/s, kar kaže na pomembnost tega vodnega vira
– minimalni pretok je bil v obravnavanem obdobju zabeležen v mesecu septembru 1971 in je znašel 1,27 m^3/s (prišteti je še odjem za postojnski vodovod ca. 100 l/s)
– razmerje med minimalnim inm maksimalnim pretokom je 1 : 8,5

Nadalje so bile v času izrazito nizkih vod, v januarju 1989 izvršene naslednje hidrometrične meritve:

17. 1. 1989, H = 378 cm, Q = 1960 l/s
27. 1. 1989, H = 376 cm, Q = 1830 l/s
3. 2. 1989, H = 375 cm, Q = 1790 l/s

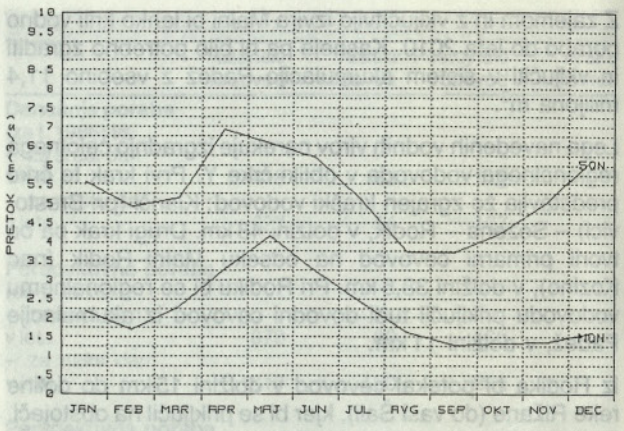
Za primerjavo navajamo še podatek hidrometrične meritve za Rižano v.p. Kubed v istem obdobju:

2. 2. 1989, H = 39 cm, Q = 100 l/s

3.2.1. KARAKTERISTIČNI PRETOKI

Minimalni pretoki

Pregled mesečnih in letnih minimalnih pretokov je prikazan na sl. 3. Iz grafične predstavitve letne porazdelitve minimalnih pretokov je lepo razvidno, da nastopi kritično obdobje pri vodnem viru Malni v jesenskih mesecih (september, oktober, november), kar pomeni določen časovni zamik glede na površinske vodne vire oziroma potrjuje spoznanja o možnosti »akumuliranja« velikih vodnih količin na širšem področju Javornikov.



Slika 3. **Izvir Malni, obdobje 1961–1987. Prikaz mesečnih minimalnih pretokov nQn in sQn**

Ugotovitev o časovnem zamiku nizkih vod Malnov v jesenske mesece je gledano iz potrebnih količin za vodooskrbo izredno pozitivna, saj se pojavljajo najnižji pretoki zunaj glavne turistične sezone.

Iz navedenih podatkov lahko ugotovimo, da je v 27 letih (ca. 9855 dni) pretok pod 2,0 m^3/s trajal 297 dni, kar pomeni glede na celotno analizirano obdobje 3 ‰.

Najnižji odtok je bil v obdobju 1961–1987 v dneh od 26. do 29. 9. 1971, ko je odtekalo po Malenščici v Unec še 1270 l/s.

Najdaljše neprekinjeno obdobje z odtokom pod 2,0 m^3/s je bilo prav tako leta 1971 in je trajalo 62 dni od 3. septembra do 11. novembra.

Iz zgornjega prikaza je ponovno razvidno, da imata meseca september in oktober skoraj 60 % delež glede na vse mesece z ozirom na nastop pretokov pod 2,0 ^{3}m/s.

Srednji pretoki

Pregled mesečnih in letnih srednjih pretokov pokaže dva minimuma, poletno-jesenski in zimski, pri čemer je prvi minimum izrazitejši. Razmerje med največjim srednjim letnim pretokom (8,66 m^3/s) in najmanjšim srednjim letnim pretokom (4,59 m^3/s) je komaj 1 : 0,53, kar kaže na veliko stabilnost obravnavanega vodnega vira.

Maksimalni pretoki

Pregled mesečnih in letnih maksimalnih pretokov pokaže, da dosegajo mesečni maksimumi prek celega leta približno enake vrednosti (med 9,35 m^3/s in 10,70 m^3/s) , kar lahko pripišemo tako pretočnim sposobnostim kraškega zaledja kot posledicam zajezitve Malenščice v času visokih vod, ko pride do preplavitve Planinskega polja.

Krivulja trajanja

Izračunani sta bili dve krivulji trajanja: za suho leto 1983 in za obdobje 1961–1987.

Iz krivulje trajanja za suho leto 1983 je razvidno, da je trajal pretok nad 2,0 m^3/s 267 dni v letu, med 1,5 m^3/s in

2,0 m^3/s 79 dni v letu in med 1,37 m^3/s in 1,5 m^3/s 19 dni v letu.

Enake vrednosti za obdobje 1961–1987 pa so naslednje: pretok nad 2,0 m^3/s traja 354 dni v letu, med 1,5 m^3/s in 2,0 m^3/s 8 dni v letu in med 1,27 m^3/s in 1, 5 m^3/s 3 dni v letu.

Verjetnostna analiza

Verjetnostna analiza na podlagi 27 let pokaže, da ima najnižji zabeleženi pretok povratno dobo 30 let, oziroma da doseže 100-letna nizka voda v Malnih vrednost 1160 l/s.

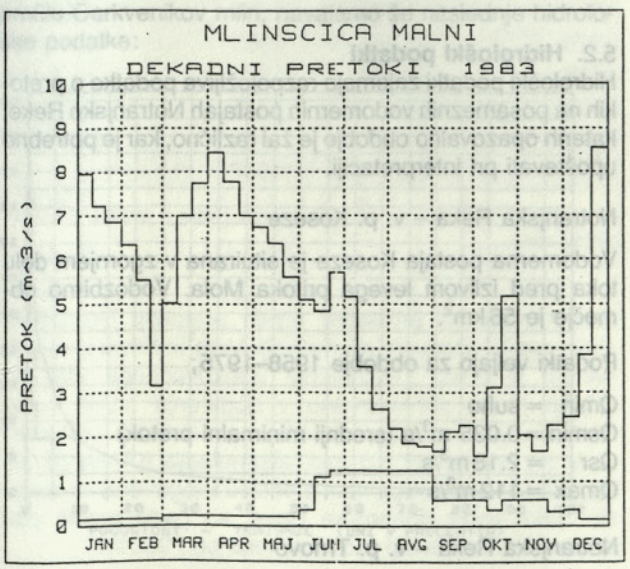
3.3. Odvisnost med pretoki Mlinščice v Malnih in pretoki Ljubljanice

Mlinščica je sestavni del povodja Unice oziroma Ljubljanice, zato smo z analizo poiskali odgovor na vprašanje, kaj predstavlja vodni vir Malni za Unico in Ljubljanico predvsem v času nizkih voda.

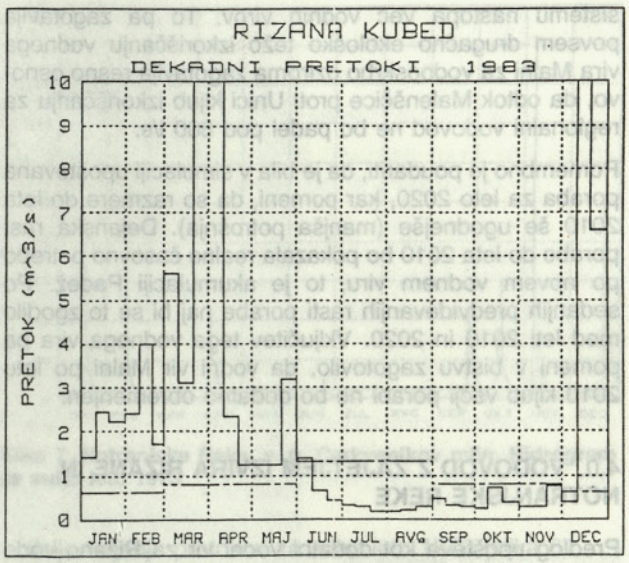
Primerjava pretokov Mlinščice s pretoki Unice in Ljubljanice pokaže, da delež Mlinščice v pretokih Unice in Ljubljanice raste z zmanjševanjem pretočnih količin. V času visokih in srednjih pretokov je ta delež praktično zanemarljiv, v času ekstremno nizkih voda pa predstavljajo vodne količine Mlinščice 25–30 % delež v vodnih količinah Ljubljanice, medtem ko se ta delež v vodnih količinah Unice dvigne do 90 %.

Analiza nadalje pokaže, da v času največje vodne porabe na Krasu in na Obali (julij, avgust) srednji mesečni pretok Ljubljanice v profilu v.p. Moste ne bo padel pod 7,0 m^3/s.

3.4. Simulacija razdelitve vode v regionalnem vodovodu glede na različna hidrološka stanja in glede na predvideno vodno porabo do leta 2010 in 2050



Slika 4. **Simulacija razdelitve vodne porabe za leto 2010 med Malne in Rižano, za sušno leto 1983**



Slika 5. **Simulacija razdelitve vodne porabe za leto 2010 med Malne in Rižano, za sušno leto 1983**

Izdelan je bil hidrološki računalniški model, v katerem je bila simulirana vodna poraba regionalnega vodovoda v letih 2010 in 2050 na registrirano vodno stanje 1961–1987 (27 let), vodnih virov Malni in Rižane. Sliki 4 in 5 prikazujeta simulacijo za sušno leto 1983. Simulacija je pokazala, da s priključitvijo Malnov na regionalni primorski vodovod ne posežemo bistveno v vodni režim Malnov (Malenščice), saj bi se zmanjšale letne količine odtoka Malenščice samo za 5 % (vključno z odjemom za postojnski vodovod), Unice pa za 1 do 2 %. V celotnem obdobju simulacije (27 hidroloških stanj = 27 let) nastopita samo dva primera, ko bi padel odtok Malenščice v Unico pod 1000 l/s (ca. 800 l/s), s trajanjem 10 dni, kar na vodne količine dolvodno izvira Malni ne bi imelo katastrofalnega vpliva.

Iz podanih podatkov je razvidno, da se bodo odvzete količine za vodooskrbo iz Malnov stalno spreminjale v odvisnosti od hidroloških razmer, oziroma vodnih količin v izviru Rižana. Izvršena analiza pokaže, da odvzem 1000 l/s iz Malnov zadovolji najneugodnejšo situacijo, to je maksimalno (konično) porabo na celotnem področju južnoprimorskega vodovoda (vključno Postojna) pri minimalnih vodnih virih (Rižana), do leta 2010 ob predpostavljeni potrošnji. Ker dosedanji podatki izkazujejo časovni zamik med makismalno porabo v času konice ob turistični sezoni in nastopom najnižjih voda v Malnih, deklarirani odvzem 1000 l/s ne pomeni avtomatično zmanševanja najnižjega zabeleženega pretoka izvira Malni iz 1270 l/s na 270 l/s. Simulacija, ki je zajela tudi razmere v letu 1971, ko se je ta odtok dejansko pojavil, je pokazala, da bi glede na ostale vodne vire (Brestovica, Rižana) in porabo v času nastopa najnižjega pretoka (konec meseca septembra) v Unico odtekalo še vedno 1100 l/s.

Zato moramo pri deklariranem odvzemu 1000 l/s za južnoprimorski regionalni vodovod iz vodnega vira Malni obvezno upoštevati tudi časovno komponento in dejstvo, da v

sistemu nastopa več vodnih virov. To pa zagotavlja povsem drugačno ekološko težo izkoriščanju vodnega vira Malni za vodooskrbo oziroma zagotavlja resno osnovo, da odtok Malenščice proti Unici kljub izkoriščanju za regionalni vodovod ne bo padel pod 800 l/s.

Pomembno je poudariti, da je bila v simulaciji upoštevana poraba za leto 2020, kar pomeni, da so razmere do leta 2010 še ugodnejše (manjša potrošnja). Dejanska rast porabe do leta 2010 bo pokazala realno časovno potrebo po novem vodnem viru, to je akumulaciji Padež. Po sedanjih predvidevanjih rasti porabe naj bi se to zgodilo med leti 2010 in 2020. Vključitev tega vodnega vira pa pomeni v bistvu zagotovilo, da vodni vir Malni po letu 2010 kljub večji porabi ne bo dodatno obremenjen.

4.0. VODOVOD Z ZAJETJEM IZVIRA RIŽANE IN NOTRANJSKE REKE

Predlog upošteva kot dodatni vodni vir za Rižano vodo (vodne zaloge), ki se nahaja v povodju Notranjske Reke. Predvidena je izgradnja večjega zajetja v spodnjem toku Notranjske Reke (verjetno pod vasjo Cerkvenikov mlin), iz katerega bi se črpala voda 300 m visoko do Rodika in od tam težnostno odtekala proti obali po že zakoličeni trasi regionalnega vodovoda.

Poleg vode Notranjske Reke naj bi odvisno od hidrološkega stanja izvira Rižane, Notranjske Reke in porabe na slovenski Obali izkoriščai tudi obe že zgrajeni akumulaciji Mola in Klivnik s skupno prostornino, namenjeno za akumuliranje vode 6,7 mio m^3.

Dolžina cevovoda od zajetja Notranjske Reke do Rodika bi znašala ca. 12 km, s čimer bi prihranili ca. 26 km cevovoda od izvira Malni.

Navedeni predlog ima naslednje pomanjkljivosti:
– povodji Notranjske Reke in Rižane sta sosednji povodji s skupnimi karakteristikami odtoka, kar se še posebej nanaša na sušna obdobja in nizke pretoke (v primeru izvira Malni obstaja časovna zakasnitev)
– obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik se uporabljata danes za bogatenje nizkih voda Notranjske Reke, kar je pomembno tudi za Škocjanske jame
– Notranjska Reka je meddržavni vodotok in bo potrebno doseči z italijansko stranjo ustrezen sporazum, ki bo zagotovo vseboval pogoj, da se naravni pretoki nizkih voda v mejnem profilu ne smejo spremeniti
– uporabne prostornine 6,7 mio m^3 obeh obstoječih akumulacij Mola in Klivnik ni možno v celoti izkoristiti za oskrbo z vodo
– obstoječi podatki o pretokih Notranjske Reke kažejo na izgube vode pod profilom Trnovo, še posebej pa v spodnjem delu toka. Pojav je izrazit predvsem v času nizkih voda in ga je potrebno podrobno strokovno analizirati in raziskati s serijo simultanih meritev
– lahko trdimo, da z izpuščanjem vode iz obeh akumulacij po strugi Notranjske Reke povečanje pretoka v profilu odvzema za vodovod ne bo enako izpuščenim količinam vode iz obeh akumulacij. Za vodooskrbo slovenskega Primorja bi bilo zato potrebno zgraditi iz obeh akumulacij do zajetja cevovod v dolžini ca. 25 km
– dolžina cevovoda od Klivnika do Rodika bi bila v tem primeru skoraj enaka dolžini cevovoda od Malnov do Rodika (37 km : 38 km)
– vodo iz Notranjske Reke je potrebno črpati in znaša višinska razlika ca. 300 m (pri Malnih 250 m)
– pri pripravi vode iz zajetja na Notranjski Reki bo potrebno upoštevati v poletnih mesecih tudi temperaturo vode

V nadaljevanju podajamo glavne hidrološke podatke o Notranjski Reki.

5.0. NOTRANJSKA REKA

5.1. Splošno

Dolina Notranjske Reke je stisnjena med Brkine in Snežniško planoto, izvir Notranjske Reke pa leži že na obrobju Gorskega kotarja. Vodozbirno območje Notranjske Reke zaradi kraškega značaja ni enolično določljivo in bodo potrebne še dodatne raziskave.

Meritve o vodnih količinah Notranjske Reke so bile sistematično opravljene na naslednjih vodomerskih postajah:
Koseze
Trnovo
Cerkvenikov mlin
Ilirska Bistrica na Bistrici
Suhorje na Padežu

Na podlagi podatkov o padavinah znašajo povprečne letne višine padavin za povodje Notranjske Reke 1624 mm, pri čemer je za spodnji del porečja odločilna vrednost 1550 mm, za zgornji del pa 1900 mm.
Na povodju Mole, levega pritoka Notranjske Reke, sta izgrajeni dve zemeljski pregradi Klivnik in Mola, katerih namen je koristno bogatiti vode Notranjske Reke v času nizkih pretokov.

5.2. Hidrološki podatki

Hidrološki podatki zajemajo razpoložljive podatke o pretokih na posameznih vodomernih postajah Notranjske Reke, katerih opazovalno obdobje je žal različno, kar je potrebno upoštevati pri interpretaciji.

Notranjska Reka – v. p. Koseze

Vodomerna postaja Koseze je situirana v zgornjem delu toka pred izlivom levega pritoka Mola. Vodozbirno območje je 56 km^2.

Podatki veljajo za obdobje 1958–1975;

Qmin = suho
Qsmin = 0.035 m^3/s (srednji minimalni pretok)
Qsr = 2.18 m^3/s
Qmax = 112 m^3/s

Notranjska Reka – v. p. Trnovo

Vodomerna postaja Trnovo je bila ukinjena leta 1967 z lokacijo na cestnem mostu Ilirska Bistrica–Podgrad dol-

vodno desnega pritoka Bistrica. Velikost vodozbirnega območja je 163.6 km^2.

Podatki veljajo za obdobje 1953–1966:

Qmin = 0.70 m^3/s
Qsmin = 0.278 m^3/s
Qsr = 5.14 m^3/s
Qmax = 137 m^3/s

Ker veljajo podatki za obdobje pred delovanjem obeh akumulacij na Moli, jih lahko štejemo samo kot ilustracijo naravnega stanja. Akumulacija Mola je začela delovati leta 1976, akumulacija Klivnik pa leta 1989.

Notranjska Reka – v. p. Cerkvenikov mlin

Vodomerna postaja leži pri naselju Cerkvenikov mlin v spodnjem toku Notranjske Reke. Površina podvodja do profila vodomerne postaje znaša 341.6 km^2

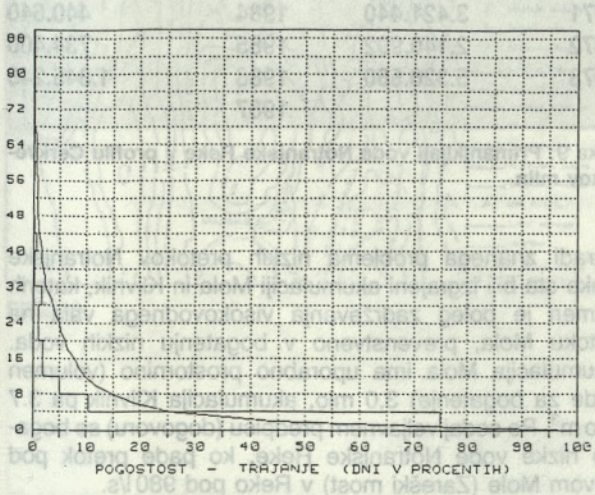
Podatki veljajo za obdobje 1954–1987:

Qmin = 0.160 m^3/s
Qsmin = 0.501 m^3/s
Qsr = 8.46 m^3/s
Qmax = 305 m^3/s

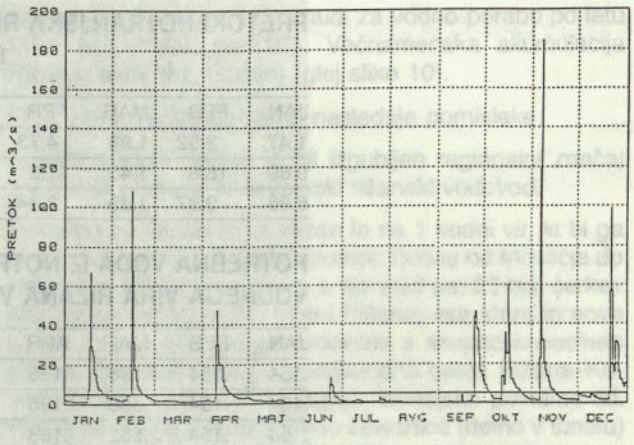
Podatki za minimalni pretok se nanašajo na leto 1954, to je pred izgradnjo obeh akumulacij, kar pa glede na minimalne pretoke po letu 1976 bistveno ne spreminja slike, saj je bil leta 1983 zabeležen minimalni petok 0.190 m^3/s.

Vzrok gre iskati tudi v geomorfoloških lastnostih korita Notranjske Reke, saj je poznano, da je pred leti celoten tok Notranjske Reke gorvodno od Cerkvenikovega mlina izginil v kraško podzemlje. Isti primer se je pojavil tudi v letošnjem letu.

Ker so s stališča vodooskrbe slovenske obale najbolj reprezentativni podatki o pretokih Notranjske Reke v profilu Cerkvenikov mlin, navajamo še naslednje hidrološke podatke:



Slika 6. **Notranjska Reka, v. p. Cerkvenikov mlin. Krivulja trajanja in pogostosti za suho leto 1973**



Slika 7. **Notranjska Reka, v. p. Cerkvenikov mlin. Hidrogram za suho leto 1973**

– linijo trajanja pretokov za suho leto 1973 (slika 6)
– hidrogram za suho leto 1973 (slika 7)

Izdelana je bila tudi preliminarna verjetnostna analiza nizkih vod Notranjske Reke v profilu Cerkvenikov mlin, iz katere izhaja, upoštevajoč podatke za obdobje 1954–1987, da predstavlja pretok 110 l/s 50-letno nizko vodo.

hidrogea

PRETOKI NOTRANJSKA REKA – V. P. CERKVENIKOV MLIN 1973

JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC
1.47	2.52	1.98	4.73	1.96	0.656	1.03	0.554	0.351	4.23	21.9	3.32
9.89	16.8	1.45	11.2	1.35	0.564	0.793	0.300	0.713	16.7	6.47	2.17
6.96	3.97	1.39	3.34	0.935	3.61	1.10	0.300	19.7	4.71	1.64	19.5

POTREBNA VODA IZ NOTRANJSKE REKE UPOŠTEVAJOČ HIDROLOŠKE DANOSTI VODNEGA VIRA RIŽANA V LETU 1973 IN POTROŠNJA V LETU 2010

JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC
.154	.154	.198	.198	.198	1.11	1.14	1.25	0.588	0.198	0.198	0.154
.154	.154	.396	.198	.198	1.25	1.25	1.25	0.588	0.198	0.198	0.154
.154	.154	.582	.198	.198	0.33	1.25	1.25	0.198	0.198	0.295	0.154

RAZLIKA (NARAVNA DANOST – PORABA) OB UPOŠTEVANJU ZAGOTAVLJANJA BIOLOŠKEGA MINIMUMA 160 l/s

JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC
1.156	2.206	1.622	4.372	1.602	–0.614	–0.27	–0.856	–0.397	3. 872	21.54	3.006
9.576	16.49	0.894	10.84	0.992	–0.846	–0.617	–1.110	–0.035	16.342	6.112	1.856
6.646	3.656	0.649	2.982	0.577	3.12	–0.31	–1.110	19.34	4. 352	1.185	19.19

Slika 8: **Izračun simulacije za vodno porabo obale do l. 2010 brez Sežane. Za hidrološke razmere Notranjske Reke za l. 1973**

5.3. SIMULACIJA RAZDELITVE VODE ZA REGIONALNI PRIMORSKI VODOVOD GLEDE NA RAZLIČNA HIDROLOŠKA STANJA IN VODNO PORABO LETA 2010

Izvršena je bila simulacija odvzema vode v profilu Cerkvenikov mlin, ki bi jo bilo potrebno zagotoviti poleg vode iz vodnega vira izvir Rižana. Pri tem so bila upoštevana hidrološka stanja za obdobje 1961–1987 (27 let) in predvidena poraba na slovenski Obali za leto 2010. Upoštevali smo vrednosti dekadnih pretokov in pogoj, da mora kot biološki minimum v profilu Cerkvenikov mlin ostati najmanj pretok 0,16 m^3/s, kar je najnižji pretok, zabeležen v obdobju 1961–1987.

V sliki 8 je prikazan izračun simulacije, ko so upoštevane hidrološke razmere, kot so nastopile leta 1973. Negativne vrednosti pomenijo količine (m^3/s), ki jih je potrebno zagotoviti iz nadomestnega vodnega vira.

Količinsko to pomeni primanjkljaj 5.326.560 m^3 vode. Izračun je bil izvršen za celotno obdobje. Rezultati primanjkljaja vode Notranjske Reke v profilu Cerkvenikov mlin so prikazani na sliki 9.

V letu 1979, ko je že delovala akumulacija Mola in bogatila nizke pretoke Notranjske Reke, bi znašal vodni primanjkljaj 4.67 mio m^3, kar pomeni, da tega ni možno pokriti s celotnim volumnom akumulacije Klivnik. Če bi iz Notranjske Reke krili tudi vodno potrošnjo Sežane in sežanskega Krasa, bi vodni primanjkljaj znašal 10 mio m^3, in to le za stanje vodne porabe do leta 2010.

Iz navedenih podatkov je razvidno, da naravni vodni režim Notranjske Reke ne zagotavlja zadostnih vodnih količin za vodooskrbo slovenskega Primorja.

Leto	Primanjkljaj (m^3)	Leto	Primanjkljaj (m^3)
1961	794.880	1974	432.000
1962	2.712.960	1975	362.880
1963	735.264	1976	1.944.864
1964	806.976	1977	
1965	406.944	1978	1.967.328
1966		1979	4.667.328
1967	1.973.376	1980	
1968	51.840	1981	1.298.592
1969	400.032	1982	802.656
1970	36.288	1983	3.240.864
1971	3.421.440	1984	440.640
1972	2.140.992	1985	734.400
1973	5.326.560	1986	1.345.248
		1987	

Slika 9: **Primanjkljaji vode Notranjske Reke v profilu Cerkvenikov mlin**

Zaradi znanega problema nizkih pretokov Notranjske Reke sta bili izgrajeni akumulaciji Mola in Klivnik, katerih namen je poleg zadrževanja visokovodnega vala na pritoku Mola, prevenstveno v bogatenju nizkih voda. Akumulacija Mola ima uporabno prostornino (volumen vode za bogatenje) 3,0 mio, akumulacija Klivnik pa 3.7 mio m^3. Po sedaj veljavnem predpisu (dogovoru) se bogatijo nizke vode Notranjske Reke, ko pade pretok pod izlivom Mole (Zareški most) v Reko pod 980 l/s.

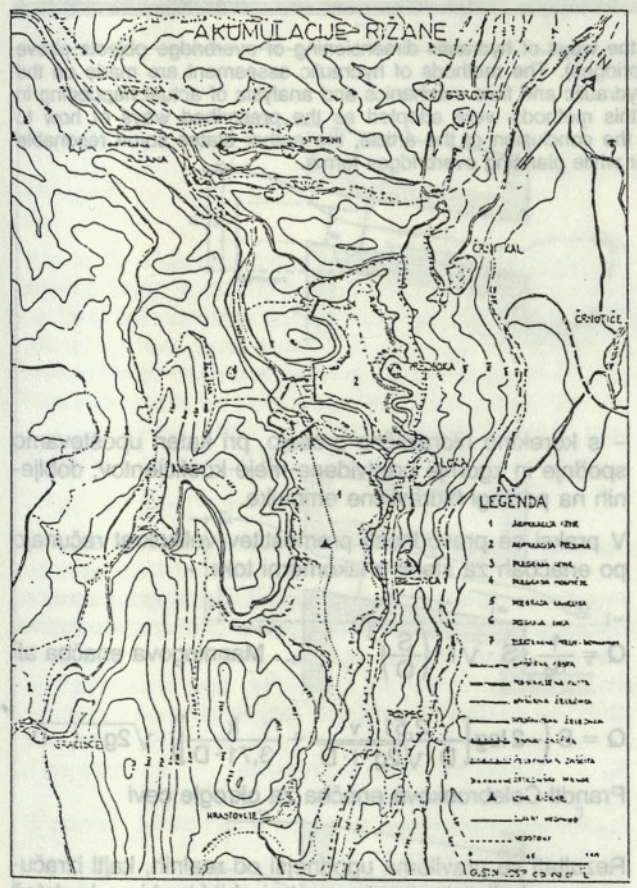
Problem bogatenja nizkih vod Notranjske Reke je v delnem izgubljanju vodnih količin na odseku v. p. Trnovo

– Škocjanska jama, kar je še posebej značilno za sušna obdobja. Zato ni možno enačiti obogatenih vodnih količin v profilu v. p. Trnovo z obogatenimi vodnimi količinami v spodnjem toku Notranjske Reke.

Če bi nastali primanjkljaj želeli pokrivati iz obstoječih akumulacij Molo in Klivnik, bi morali vodo dovajati po cevovodu.

6.0. OJAČITEV RIŽANSKEGA VODOVODA Z ZGRADITVIJO DVEH AKUMULACIJ NAD OBSTOJEČIM IZVIROM RIŽANE

Temeljna ideja tega predloga je, da se s pregrado dvigne gladina današnjega izvira Rižane za 40,0 m in tako ustvarita dve vodni akumulaciji (akumulacijo Izvir in akumulacijo Predloka) s skupno prostornino 43 milijonov m^3. Ta prostornina bi zadostovala za dolgoročno kritje sušnih primanjkljajev izvira Rižane tudi za vodno porabo po letu 2050 (GV 1989, str. 173, Večnamenska akumulacija Rižana, avtor inž. Guštin) (glej sliko 10).



Slika 10

Proti temu predlogu imamo naslednje pomisleke:

Z realizacijo te rešitve bi bil izgubljen regionalni značaj vodovoda, ostal bi le skupinski rižanski vodovod.

Vodovod za Obalo bi bil vezan le na 1 vodni vir, ki bi ga ogrožal železniški in cestni promet. Dolina od Mostičja do Hrastovelj bi bila potopljena, z njo vred pa: 25 hiš, cerkev Marijinega vnebovzetja, motel Rižana, vsa stara in nova vodna zajetja rižanskega vodovoda s skupno kapaciteto 850 l/s, železniška proga, magistralna cesta Rižana–Kubed, lokalna cesta za Hrastovlje, kmetijske površine itd. Prestaviti bi bilo potrebno traso železnice (delno v tunelu) in magistralne ceste. Nadalje lahko pričakujemo odpor krajanov vasi Rižana (ca. 20 hiš), ki bi morali živeti pod pregrado.

Največje vprašanje pa je hidrogeološka reakcija, ki bi jo sprožil tak poseg. Ali je mogoče brez posledic zvišati gladino izvira Rižane za 40 m? Ali si ne bo ta izvir poiskal neko drugo pot na znatno nižji gladini? Tu ne gre za izgradnjo običajne akumulacije v kraški dolini, kjer je možno z injekcijami ustvariti bolj ali manj neprepustno dno. Tu je potrebno dvigniti gladino kraškega studenca, in to kar za 40 m nad njegov naravni preliv. Dvomimo, da je mogoče izvršiti tako podrobne geološke raziskave, da bo na njihovi podlagi mogoče 100 % zagotoviti normalno delovanje izvira Rižane na 40 m višji koti. Izguba izvira Rižane (med gradnjo ali pri polnitvi akumulacije) pa bi pomenila za obalo pravo katastrofo.
Iz navedenih razlogov štejemo to varianto za nerealno.

7.0. SKLEP

V članku smo primerjali 3 variante preskrbe z vodo obalnega območja in Krasa s pitno vodo, in sicer:

I. Regionalni primorski vodovod z vključitvijo vodnih virov Rižana, Malni in po potrebi akumulacije Padež.

II. Vodovod z vključitvijo izvira Rižane in akumulacij na Notranjski Reki.

III. Ojačitev rižanskega vodovoda z zgraditvijo akumulacij nad obstoječim izvirom Rižane.

Po izčrpni, posebno hidrološki predstavitvi vseh variant, smo prišli do sklepa, da je za realizacijo najprimernejša I. varianta z zajetjem izvira Malni pri Planini.

HIDRAVLIČNA PRESOJA PREPUSTOV IN PREMOSTITEV

UDK 532.5:624.21

ROK FAZARINC

POVZETEK

V članku je avtor predstavil načine za hidravlično dimenzioniranje premostitvenih objektov prek tekočih voda (prepustov in mostov). Metode hidravlične presoje so narejene na podlagi osnovnih načel hidravlike in hidromehanike ter analize dejanskega dogajanja v območju premostitev. V tujini so te metode privzete kot predpisan način za hidravlično preverbo objektov. V zaključku članka je avtor podal še nekatere smernice, ki jih je smiselno upoštevati pri načrtovanju oblike premostitev.

HYDRAULIC ASSESSMENT OF CULVERTS AND OVERBRIDGES

SUMMARY

In the article the author presents the ways of hydraulic dimensioning of overbridge objects above running waters (culverts and overbridges). The methods of hydraulic assesment are made on the ground of the basic principles of hydraulic and fluid mechanics and analysis of actual happening in the area of overbridges. Abroad this methods were adopted as the prescribed ways of how to hydraulically exem the objects. In the conclusion of the article, the author states some resonable guidelines to be taken into consider while planning overbridges forms.

UVOD

V gradbeniški praksi (pri gradnji cest, v gozdarstvu, predvsem pa vodarstvu in hudourništvu) se velikokrat srečamo s problemom premostitev mirnih in tekočih vod.

Pri določitvi oblike premostitve praviloma upoštevamo naslednje elemente:

- funkcionalnost oziroma namen objekta
- hidravlično prevodnost pretočnega prereza
- oblikovanje pretočnega prereza na podlagi hidravličnih in dinamičnih pogojev
- stabilnost objekta
- ekonomičnost objekta.

Predvsem določitev prevodnosti odprtin ter realnega dogajanja v območju premostitve sta relativno zahteven problem, ki ju je možno dovolj natančno opredeliti na dva načina:

- z opazovanjem in analizo dejanskega poteka gladin in pretokov na terenu

Avtor:
Rok Fazarinc, dipl. gradb. inž., VGI Ljubljana

- s korektno hidravlično presojo, pri kateri upoštevamo spodnje in zgornje predvidene meje koeficientov, dobljenih na podlagi hidravlične empirike.

V praksi se prevodnosti premostitev velikokrat računajo po enačbah za stalni enakomerni tok:

$$Q = \frac{1}{n_g} \cdot S \cdot \sqrt{I} \cdot \left(\frac{S}{O}\right)^{\frac{2}{3}}$$ ... Manningova enačba ali

$$Q = S\left(-2\log\left[\frac{2{,}51 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot D}} + \frac{k}{3{,}71 \cdot D}\right]\right) \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot D}$$

Prandtl-Colebrookova enačba za okrogle cevi

Rezultati so praviloma ugodnejši od realnih, kajti izračunane so le linijske izgube znotraj objekta, ki so le delež skupnih izgub. Poleg tega te metode ne ustrezajo osnovnim načelom hidromehanike in klasične hidravlike.

HIDRAVLIČNE OSNOVE

Kolikor vstavimo v enakomeren pretočni prerez objekt, ki spreminja geometrijo in hidravlično hrapavost prereza, se spremeni tokovna slika.

Pri vtoku v prerez premostitve se tokovnice zožajo (počasna, hitra ali hipna zožitev). V območju premostitve je možno odlepljanje tokovnic od ostenja in za zožitvijo nastane vrtinčno gibanje. Zaradi povečanih hitrosti (manjši pretočni prerez) so večje tudi hidravlične izgube. Iztok iz premostitve je praviloma oblikovan v obliki zvezne ali hipne razširitve, ki prav tako povzroča povratno vrtinčenje in posledično hidravlične izgube. Kolikor se v območju premostitve pojavi kritična globina in pod njo deroči tok, ki se nato prek vodnega skoka vrne v mirni tok, so izgube še večje. Lokalne in linijske izgube skupaj tvorijo potrebni potencial, ki omogoča pretok skozi mostno odprtino. Omenjene pojave najdemo pri vseh oblikah premostitev:

– prepusti različnih oblik, ki so sicer konstrukcijsko enostavni, hidravlično pa zelo zahtevni,
– mostovi z enojnim razponom, katerih oporniki in krila segajo v pretočni profil,
– kontinuirne mostne konstrukcije z enim ali več oporniki v pretočnem prerezu.

DOLOČITEV PRETOKA OZIROMA IZGUB

Prepusti

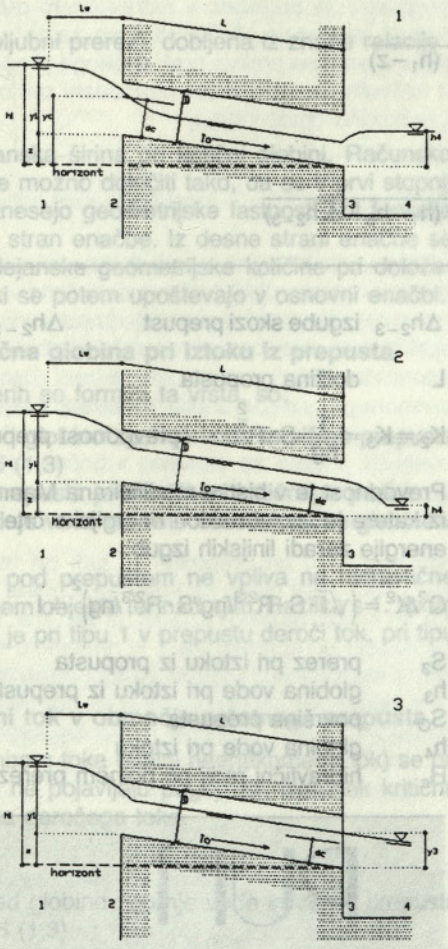
Prepusti so konstrukcijsko manjši, enostavnejši objekti okrogle, pravokotne, ločne ali ovalne oblike. Pretočni prerez skozi prepust se v primerjavi z gorvodnim oziroma dolvodnim bistveno razlikuje.

Glede na hidravlične razmere (gladina, vrsta toka) pod prepustom, v območju prepusta ter nad njim ločimo šest vrst toka skozi prepust.

Vtok:
– nepotopljen
– potopljen

Tok skozi prepust:
– prost: – deroči tok
– mirni tok
– pod tlakom

Iztok:
– prost: – deroči tok
– mirni tok
– potopljen



Slika 1. **Vrste toka skozi prepust**

Vrsta toka:	Enačba:
Tip 1 Kritična globina pri vtoku: $(h1\text{-}z)/D < 1{,}5$ $I0 > Ic$, $h4/hc < 1$	$Q = C_D \cdot S_C \sqrt{2g\left(h_1 - z + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} - y_C - \Delta h_{1-2}\right)}$
Tip 2 Kritična globina pri iztoku: $(h1\text{-}z)/D < 1{,}5$ $h4/hc < 1{,}I0 < Ic$	$Q = C_D \cdot S_C \sqrt{2g\left(h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - y_C - \Delta h_{1-2} - \Delta h_{2-3}\right)}$
Tip 3 Mirni tok skozi celot. prepust: $(h1\text{-}z)/D < 1.5$ $h4/hc > 1$	$Q = C_D \cdot S_C \sqrt{2g\left(h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - h_3 - \Delta h_{1-2} - \Delta h_{2-3}\right)}$
Tip 4 Potopljen iztok: $(h1\text{-}z)/D > 1$, $h4/D > 1$	$Q = C_D \cdot S_O \sqrt{\frac{2g\,(h_1 - h_4)}{1 + (18.08 \cdot C_D \cdot ng^2\, L/{R_0}^{1.25})}}$
Tip 5 Deroči tok v notranjosti: $(h1\text{-}z)/D > 1{,}5$ $h4/D <= 1$	$Q = C_D \cdot S_0 \sqrt{2g\,(h_1 - z)}$
Tip 6 Prosti iztok iz prepusta, polni prerez: $(h1\text{-}z)/D > 1{,}5$ $h4/D <= 1$	$Q = C_D \cdot S_0 \sqrt{2g\,(h_1 - h_3 - \Delta h_{2-3})}$

Pomen označb:

- Q pretok
- h_1 kota gladine vode v gorvodnem profilu (merjena od primerjalne ravnine)
- z kota vtoka v prepust (od primerjalne ravnine)
- C_D koeficient pretoka (opisano v nadaljevanju)
- Sc prerez pri kritični globini (v propustu)
- $\alpha \frac{v_1^2}{2g}$ kinetična energija pri vtoku
- v_1 hitrost pri vtoku
- α korekcijski faktor kinetične energije
- g zemeljski pospešek
- y_c kritična globina
- Δh_{1-2} izgube pri vtoku $\Delta h_{1-2} = \frac{Lw \cdot Q^2}{K_1 \cdot K_C}$
- Lw razdalja med vtokom in nemoteno gladino
- $K_1 = \frac{1}{ng} \cdot S_1 \cdot R_1^{\frac{2}{3}}$, $K_C = \frac{1}{ng} \cdot S_C \cdot R_C^{\frac{2}{3}}$ prevodnost v gorvodnem in kritičnem profilu
- Δh_{2-3} izgube skozi prepust $\Delta h_{2-3} = \frac{L \cdot Q^2}{K_2 \cdot K_3}$
- L dolžina propusta
- $K_2 = K_3 = \frac{1}{ng} \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}}$ prevodnost prepusta

Prevodnost je v bistvu modificirana Manningova enačba, iz katere je izvzet naklon energijske črte oziroma razlika energije zaradi linijskih izgub:

$$Q^2/K^2 = \left(\sqrt{I} \cdot S \cdot R^{2/3}/ng / S \cdot R^{2/3}/ng\right)^2 = I$$

- S_3 prerez pri iztoku iz propusta
- h_3 globina vode pri iztoku iz prepusta
- S_O površina propusta
- h_4 globina vode pri iztoku
- R_c hidravlični radij pri polnem prerezu

Preglednica 1: **Enačbe za posamezne vrste toka**

PUH
PODJETJE ZA
UREJANJE HUDOURNIKOV p.o.

1. primer: **Kritična globina pri vtoku**

Pogoji za nastanek te vrste toka so:

– razmerje med globino zgornje vode in višino prepusta ne presega 1,5 (po nekaterih avtorjih 1,3)
– padec dna prepusta je večji od kritičnega (deroči tok skozi prepust)
– gladina spodnje vode mora biti manjša kot gladina pri kritični globini (pri iztoku) – torej spodnja voda ne vpliva na hidravlične razmere v prepustu.

Izgube je možno izvrednotiti tudi po znani enačbi za določitev lokalnih izgub pri znanih koeficientih ξ (iz literature):

$$\Delta h_{1-2} = \Sigma \xi \frac{v^2}{2g}$$

V literaturi (3) avtorji priporočajo za ta primer tudi enačbo za prost preliv prek širokega praga:

$$Q = m \cdot b_C \sqrt{2g} \cdot (h_1 - z)^{\frac{3}{2}}$$

b_C računska širina pri kritični globini ...

$b_C = \frac{S_C}{h_C}$ (za poljubni prerez), dobljena iz znane relacije $\frac{S_C^3}{B_C} = \frac{Q^2}{g}$,

kjer je B_C dejanska širina pri kritični globini. Računsko kritično širino je možno določiti tako, da se v prvi stopnji na diagram nanesejo geometrijske lastnosti kot funkcija višine, ter leva stran enačbe. Iz desne strani enačbe se nato določijo dejanske geometrijske količine pri določenem pretoku, ki se potem upoštevajo v osnovni enačbi.

2. primer: **kritična globina pri iztoku iz prepusta**

Pogoji, pri katerih se formira ta vrsta, so:

– razmerje med globino zgornje vode in višino prepusta ne presega 1,5 (1,3)
– padec dna prepusta je manjši od kritičnega padca
– gladina spodnje vode ne sme doseči kritične globine v prepustu.

Spodnja voda pod prepustom ne vpliva na hidravlične razmere v samem objektu ter nad njim. Razlika s 1. tipom je le v tem, da je pri tipu 1 v prepustu deroči tok, pri tipu 2 pa mirni tok.

3. primer: **Mirni tok v območju celotnega prepusta**

Kljub spremembam toka (stalni neenakomerni tok) se pri tej vrsti globin ne pojavljajo pogoji za nastanek kritične globine oziroma deročega toka.

Pogoji:

– razmerje med globino zgornje vode in višino prepusta ne presega 1,5 (1,3)
– spodnja voda ne sega prek vrha prepusta, torej je iztok iz prepusta nepotopljen
– najnižja kota spodnje vode je:
a) višja kot kritična globina v notranjosti prepusta (v primeru da so pogoji v notranjosti takšni, da bi se ustvaril deroči tok)
b) višja kot kritična globina pri iztoku, kar bi lahko ustvarilo prosto prelivanje prek praga.

Za razliko od prejšnjega primera pri tej vrsti spodnja voda vpliva na hidravlične razmere vzdolž celotnega objekta. Namesto opisanega obrazca je v literaturi (6) podana tudi enačba, ki velja za preliv s širokim pragom z vplivom spodnje vode (delno potopljen preliv).

$$Q = G \cdot m \cdot b \sqrt{2g} \cdot (h_1 - z)^{\frac{3}{2}}$$

G funkcija vpliva spodnje vode (potopljenosti preliva), ki je podana v literaturi (5, 6)
m koeficient preliva (odvisen od oblike preliva)

4. primer: **Potopljen iztok iz prepusta**

Zaradi potopljenega iztoka se v območju prepusta ustvari tok pod tlakom. Pretok je neposredno odvisen od razlike med zgornjo in spodnjo vodo.

Namesto te enačbe (podana po osnovni literaturi s koeficienti pretoka, ki jih je podal Bodhain, 1976) je v literaturi (3, 4, 5, 6) podana enačba:

$$Q = \varphi \cdot S_0 \sqrt{2g(h_1 - l_0 \cdot L - h_4)}$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + \Sigma \xi_{lin} + \Sigma \xi_{lok}}$$ l_0 padec dna prepusta

Koeficient razširitve in zožitve ter koeficient hrapavaosti je možno najti v literaturi (3, 4)

5. primer: **Potopljen vtok, deroči tok znotraj prepusta**

Ker hidravlični pogoji pogojujejo deroči tok znotraj prepusta (prost iztok, $l_0 > l_C$), vplivajo na hidravlično prevodnost samo izgube na vtoku.

6. primer: **Prost iztok iz prepusta – polni prerez**

Vtok je potopljen $(h_1 - Z) > 1{,}5\,D$, spodnja voda pa ne ovira iztoka iz prepusta.

V literaturi (4) je za okrogle prepuste podana za tak primer naslednja enačba:

$$Q = \varphi \sqrt{2g\,(h_1 - z - \alpha \frac{v^2}{2g})}, \qquad \varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_{vtok} + \lambda \frac{L}{D}}}$$

ξ koeficient izgub na vtoku (iz literature)
λ Darcyjev koeficient trenja
L dolžina prepusta
D premer

PUH
PODJETJE ZA
UREJANJE HUDOURNIKOV p.o.

Koeficienti pretoka za osnovne enačbe:

Manningov koeficient:

V literaturi (1) so podane naslednje osnovne vrednosti:

	Srednja vrednost	vrednosti	Opomba
kovine	0,024	od 0,022 do 0,027	funkcija
enojni prepust			preseka
večkratni prepusti (baterija)	0,028	od 0,027 do 0,034	funkcija preseka
betonske cevi različne kakovosti	0,017	0,010 do 0,020	odvisno od kakovosti

Za vse ostale primere je dovolj zgledov navedenih v literaturi, vendar je nujno upoštevati območje veljavnosti oziroma pogoje, pri katerih ti koeficienti veljajo.

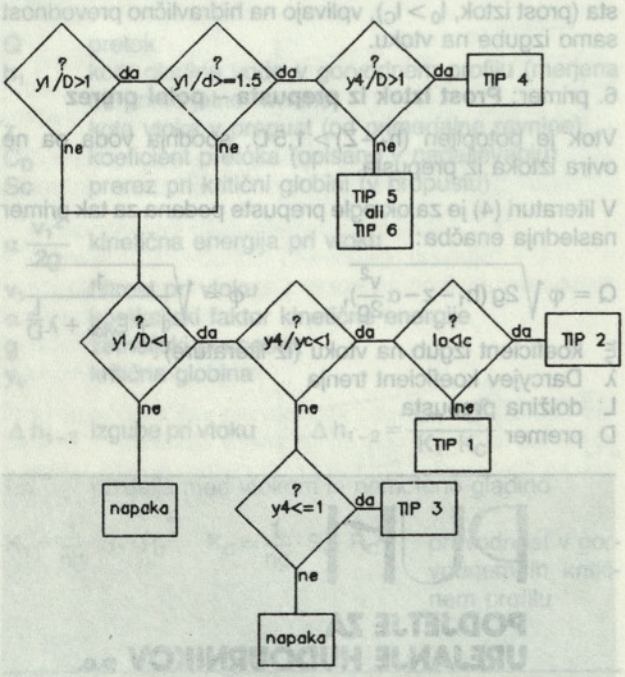
Koeficient pretoka C_D

Na podlagi laboratorijskih raziskav je dognano, da osnovni koeficient variira od 0,39 do 0,98 in je odvisen predvsem od stopnje zožitve ter geometrije prepusta. Osnovni koeficient je potrebno korigirati s koeficienti, ki so odvisni od oblike vtoka (zaobljenost, zoženost...). Glede na primere toka (vrste ali tipa) so koeficienti razdeljeni na 3 skupine:

a. tip 1, 2 in 3
b. tip 4 in 6
c. tip 5

Glede na gometrijo vtoka v prepust se koeficienti ločijo na naslednje skupine:

– nastavek v navpični steni



Slika 2: **Diagram poteka za hidravlični račun prepustov**

– vtok s poševnimi krili
– štrleči (proj.) vtok
– iztok iz osnovnega korita

Več o koeficientu pretoka je podano v literaturi (1) in (7): diagrami, numerične vrednosti, pogoji veljavnosti...

Pri računu prevodnosti prepusta (»določitev konsumpcijske krivulje«) se ponavadi pojavlja več načinov (tipov) toka (odvisnost od spodnje in zgornje vode). Osnovni princip računa je privzet po metodi, s katero se določa pretok na podlagi znane višinske razlike med zgornjo in spodnjo vodo. Postopki računa so iteracijski. Postopek je prikazan na diagramu poteka.

Pri direktnem računu je potrebno poznati dolvodni osnovni pogoj, to je znan potek gladin ($Q = f(h)$) v dolvodnem profilu (profil 4), iz katerega se določi vpliv na hidravlične razmere v območju prepusta (tip 3, 4 ali 6 oziroma tip 1, 2, ali 5). Na podlagi geometrije (padec, prerez, oblika) se nato določi vrsta toka v območju prepusta. V naslednji stopnji nato določimo končen tip toka, po katerem izračunamo gladino. Ker v praksi velikokrat obstaja možnost prelivanja preko vrhnje konstrukcije prepusta (cesta prek prepusta), je potrebno v hidravličnem računu upoštevati tudi to prelivanje. V literaturi se za to uporabljajo enostavne enačbe preliva prek širokega praga brez vpliva ali z vplivom spodnje vode. Izračunani pretok se prišteva k predhodno določenemu.

MOSTOVI

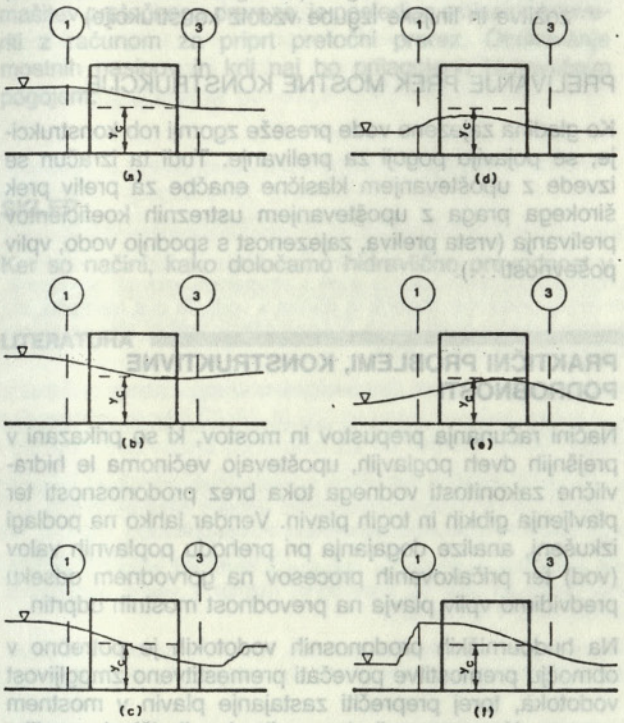
Posamezni elementi mostnih konstrukcij, ki segajo v pretočni prerez (priključni nasipi, krila, krajni in srednji oporniki), prav tako spreminjajo pretočne razmere oziroma vplivajo na stalni enakomerni tok kot motnja. Nastanejo pogoji za stalni neenakomerni rok. Zaradi zmanjšanja pretočnega prereza prične vodni tok v območju prostega prereza pospeševati (kontinuiteta), v območju ovir pa zastajati. Pojavi se dodatno vrtinčno gibanje. Dejanski pretočni prerez med oporniki je zaradi vrtinčne mejne plasti manjši od geometrijskega prereza.

Analogno kot pri prepustih je tudi pri mostovih možno vpliv opornikov glede na vrsto toka (mirni tok, deroči tok, tok pri kritični globini) razdeliti na več vrst, ki se med seboj razlikujejo po spremembah, ki nastanejo v območju zožitve. Z dvigovanjem gladine se tudi pri mostovih pojavi tok pod tlakom ter pri prelivanju prek gornjega roba mostne konstrukcije kot prelivanje preko širokega praga. Glede na potek gladin je potrebno pri računu premostitev vse tri primere smiselno upoštevati.

PROSTI TOK SKOZI MOSTNO ODPRTINO

Pri majhnih padcih, ko je Freudovo število v normalnem prerezu bistveno manjše kot 1 (mirni tok), je lahko tok v območju zožitve miren (sl. 3a), kritičen (sl. 3b) ali deroč z nastankom vodnega skoka dolvodno od zožitve (sl. 3c). Pri velikih padcih (deroči tok) lahko ovira povzroči prav

tako vse tri vrste toka v območju opornikov (deroči tok na sl. 3d, kritični tok na sl. 3e in mirni tok z gorvodnim vodnim skokom na sl. 3f)



Slika 3. **Možni načini toka skozi mostno zožitev**

Na splošno je možno potek gladin oziroma pogoje toka določiti z določitvijo gibalne količine, ki jo povzroča vodni tok v posameznih prerezih. Metoda z bilanco (izravnavo) gibalne količine (dimenzijsko odpornostnih momentov) pretočnega prereza je delo več avtorjev in je uporabljena tudi v programskem paketu HEC.

$$S_1 \cdot \bar{y}_1 - S_{p1} \cdot \bar{y}_{p1} + \frac{Q^2}{g \cdot S_1^2}\left[S_1 - \frac{C_D}{2} S_{p1}\right] = S_2 \cdot \bar{y}_2 + \frac{Q^2}{g \cdot S_2} =$$

$$= S_3 \cdot \bar{y}_3 - S_{p3} \cdot \bar{y}_{p3} + \frac{Q^2}{g \cdot S_3}$$

S_1, S_2 gorvodni in dolvodni pretočni prerez
S_2 pretočni prerez v območju zožitve
S_{p1}, S_{p2} površina ovire v gorvodnem in dolvodnem profilu
$\bar{y}_{p1}$, $\bar{y}_{p2}$, $\bar{y}_{p3}$ vertikalna razdalja med vodno gladino in težiščem prereza
C_D tlačni koeficient (2 pri oglatih opornikih, 1,33 pri okroglih)
Qg pretok
g gravitacijski pospešek

Glede na potek računa je možno vseh šest primerov (sl. 3) razdeliti na tri vrste:

I. vrsta

Tok je celotnem odseku objekta (dolvodni profil, zožitev, gorvodni profil) miren (sl.a). Račun se izvaja proti toku. V programskem paketu HEC in tudi v ostali novejši literaturi se uporablja Yarnellova enačba, ki direktno računa lokalno izgubo skozi mostno zožitev. Enačba je polempirična in upošteva trapezoidno aproksimacijo mostne odprtine.

$$\Delta h = 2K(K + 10\omega - 0{,}6)(\alpha + 15\alpha^4)\frac{v_3^2}{2g}$$

Δh razlika med gorvodno in dolvodno gladino (z oziroma na most)
K koeficient, ki upošteva obliko mostnih opornikov (od 0.9 pri polkroglih do 1.25 pri oglatih opornikih)
ω razmerje energije ($v_3^2/2g$) proti globini na dolvodnem odseku
α razmerje med ovirano in skupno neovirano površino
v_3 hitrost pod mostom (v dolvodnem prerezu)

Enačba je direktna izpeljanka iz osnovne enačbe, iz katere je razvidno, da so izgube odvisne predvsem od Froudovega števila:

$$\frac{\Delta h}{h_3} = k \cdot Fr_3^2(k + 5Fr_3^2 - 0{,}6)(\sigma + 15\sigma^4)$$

$\sigma = 1 - \frac{b_1}{b_2}$ razmerje širin med normalnim prerezom in zožitvijo

Na pogled je podobna tudi Colebrookova enačba, ki se velikokrat uporablja v tehnični praksi, vendar je njena uporabnost manjša.

II. vrsta

Kadar se v območju mostu pojavi kritična globina ne glede na to, ali je tok n.p. miren ali deroč, je le-ta določen kot II. vrsta. (sl. b, sl. c, sl. e, sl. f). Pri mirnem toku se izračuna nova gorvodna in dolvodna globina z določitvijo globine, ki ustreza gibalni količini v območju mostu pri kritični globini. V primeru deročega toka v območju mostu se dolvodno pojavi vodni skok.

Pri deročem toku je postopek analogen. Kot kontrolni profil se prav tako privzame mostna odprtina (sl. e in sl. f).

III. vrsta

Določena je, kadar je na celotnem območju deroči tok. Dolvodna gladina se prav tako računa z izravnavo gibalne količine med dolvodnim in mostnim prerezom.

Za določitev pretoka skozi mostno ožino se v praksi uporablja kombinacija energijske in kontinuitetne enačbe med pretokom 1 in pretokom 3 (gorvodni in dolvodni profil).

$$Q = C_D S_2 \sqrt{2g(\Delta h + \alpha_1 \frac{\bar{v}_1}{2g} - \Delta h_{3-1})}$$

Q pretok
C_D koef. pretoka
v_1 hitrost v gorvodnem profilu
Δh razlika gladin med profilom 1 in profilom 3

Δh_{1-3} linijske izgube med profilom 1 in profilom 3
S_2 pretočni prerez v profilu 2
α korekcijski koeficient kinetične energije

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{N} (K_i)^3/(S_i)^3}{K_T^3/S_T^3}$$

K_i prevodnost posamezne odprtine
S_i površina posamezne odprtine
T indeks celotnega prereza

Potrebno je določiti še linijske izgube vzdolž odprtine:

$$\Delta h_{1-3} = Lw\left(\frac{Q^2}{K_1 \cdot K_3}\right) + L\left(\frac{Q^2}{K_3}\right)$$

Lw dolžina do gorvodnega profila 1 (kjer ni opazne motnje zaradi zožitve)
L dolžina zožitve (med mostnimi oporniki)
K_1, K_3 prevodnost profila 1 in 3

Koeficient pretoka C_D je odvisen od več parametrov. Natančnejše jih je preučeval Matthai, ki je glede na vrsto zožitve razdelil na 4 vrste:

1. zožitev z vertikalnimi nasipi in vertikalnimi oporniki
2. zožitev s poševnimi nasipi in vertikalnimi oporniki
3. zožitev s poševnimi nasipi in oporniki
4. zožitev s poševnimi nasipi, vertikalnimi oporniki in prehodnimi krili.

Pri določitvi koeficienta je možno upoštevati naslednje parametre:

– poglobitev zožitve
– zaobljenost prehodov
– asimetričnost nasipov glede na normalni profil (leva inundacija različna od desne)
– poševnost nasipov glede na smer toka vodotoka
– vpliv sredinskih opornikov in sten

Skice vrst toka glede na obliko premostitve, diagrami za določitev osnovnih in korekcijskih koeficientov so podani v literaturi (1). Zaradi natančnosti obdelave in možnosti uporabe je način dovolj uporaben za izračun posameznih objektov.

Kadar je tok v vodotoku izrazito miren in so spremembe zvezne, je možno uporabljati znane metode za stalni neenakomerni tok (račun gladin), kjer se upošteva le geometrijska sprememba profila.

TOK POD TLAKOM

Ko vodna gladina doseže spodnji rob mostne kostrukcije, nastanejo pogoji za tok pod tlakom. Za račun se lahko uporabi enačba, pri kateri je pretok odvisen od razlike energije med zgodnjo in spodnjo vodo. Enačba je analogna tistim, ki so opisane v poglavju s prepusti.

$$Q = S\sqrt{\frac{2g\,\Delta H}{K}}$$

Q pretok
S prerez celotne mostne odprtine
ΔH razlika energetskih višin med zgornjo in spodnjo vodo
K skupni koeficient izgub (1+izgube zaradi razširitve, zožitve in linijske izgube vzdolž konstrukcije)

PRELIVANJE PREK MOSTNE KONSTRUKCIJE

Ko gladina zajezene vode preseže zgornji rob konstrukcije, se pojavijo pogoji za prelivanje. Tudi ta izračun se izvede z upoštevanjem klasične enačbe za preliv prek širokega praga z upoštevanjem ustreznih koeficientov prelivanja (vrsta preliva, zajezenost s spodnjo vodo, vpliv poševnosti...).

PRAKTIČNI PROBLEMI, KONSTRUKTIVNE PODROBNOSTI

Načini računanja prepustov in mostov, ki so prikazani v prejšnjih dveh poglavjih, upoštevajo večinoma le hidravlične zakonitosti vodnega toka brez prodonosnosti ter plavljenja gibkih in togih plavin. Vendar lahko na podlagi izkušenj, analize dogajanja pri prehodu poplavnih valov (vod) ter pričakovanih procesov na gorvodnem odseku predvidimo vpliv plavja na prevodnost mostnih odprtin.

Na hudourniških prodonosnih vodotokih je potrebno v območju premostitve povečati premestitveno zmogljivost vodotoka, torej preprečiti zastajanje plavin v mostnem prerezu. Ker ponavadi ni na voljo dovolj višinske razlike za lokalno povečanje padca, je potrebno zožiti pretočni prerez. S tem se povečajo hitrosti (posledično tudi hidravlične izgube), vendar bo v končni fazi tendenca zaprojevanja manjša kot v normalnem prerezu. Kolikor je v bližini znan uravnotežen profil, zmanjšamo njegovo širino za 10 %.

Problematika plavljenja in zastajanja plavin je še bolj pristona pri prepustih. Praviloma naj bi se pri vseh objektih z višino povečevala tudi širina, ali pa bi ostala vsaj konstantna. Na hudourniških strugah naj bo višina večja od širine, prehodi iz normalnega profila pa zvezni brez prepadnih jaškov in peskolovov na vtoku. Cevni prepusti se zaradi zmanjševanja širine v zgornji polovici prereza ne bi smeli uporabljati oziroma bi njihovo uporabo dopustili le v specifičnih primerih (melioracijski jarki, nižinski vodotoki z možnostjo prelivanja...).

Kljub temu da so v prejšnjem poglavju podani načini hidravličnega preverjanja mostnih odprtin, pri katerih segajo oporniki v osnovni pretočni prerez, se v praksi temu primeru skušajmo izogniti. Če zaradi konstrukcijskih pogojev to ni možno, naj bodo ti postavljeni asimetrično na polje hitrosti v pretočnem prerezu (vodni tok povzroča različno obtežbo na togo plavje, ki zastaja za opornikom). Pretočne odprtine je možno oblikovati veliko bolj smiselno z upoštevanjem razporeditve hitrosti v prečnem prerezu (krivina, prema, prehod). Enačbe v prejšnjem poglavju upoštevajo le povprečne hitrosti. Vpliv plavja na opornike je možno upoštevati z namišljeno razširitvijo opornika (4 m). Razdalja med oporniki v naravnih vodotokih naj ne

bo manjša kot 12 m. Trikotne odprtine med krajnimi oporniki in opornimi stenami, ki so na krajši razdalji, praviloma ne prispevajo k povečani pretočnosti. Pri vodotokih, kjer je možno pri ekstremnih primerih pričakovati mašitev pretočnega prereza, je posledice smiselno preveriti z računom za priprt pretočni prerez. Oblikovanje mostnih nasipov in kril naj bo prilagojeno hidravličnim pogojem.

SKLEP

Ker so načini, kako določamo hidravlično prevodnost v praksi, različni in velikokrat bolj podobni improvizacijam, smo mnenja, da je potrebno za slovenski prostor določiti norme oziroma pravilnik, po katerem se izvajajo te preverbe. Kot osnova bi lahko rabil programski paket HEC-2, pri katerem so korektno upoštevane osnovne hidravlične zakonitosti. Paket je sicer dostopen, vendar bi ga bilo potrebno z ustreznim prevodom navodil in pripravo konkretnih primerov približati uporabnikom. Za presojo prepustov so v slovenščini podane osnove v učbeniku doc. Steinmana (7). Knjiga je pred kratkim izšla na FAGG. Prav tako bi bilo smiselno v celoti obdelati gradivo, ki smo ga uporabili v prispevku (dopolniti s pregledanicami in konkretnimi primeri uporabe za posamezne vrste premostitev in toka).

LITERATURA

1. Richart H. French, OPEN-CHENNEL HYDRAULICS
2. programski paket HEC 2
3. prof. Milan Pšeničnik, HIDVRALJIKA
4. I. I. Agroskin&co, HIDRAULIKA
5. R. Rössert HYDRAULIK IN WASSERBAU
6. prof. S. Petković, HIDRAULIČKI PRORAČUN PROPUSTA
7. doc. Franci Steinman, HIDRAVLIKA

VPLIV FOSFORJA NA PRIMARNO BIOLOŠKO PROIZVODNJO V PLITVIH VODNIH REZERVOARJIH IN REKAH

UDK 628.19:627.8

SONJA ŠIŠKO-NOVAK

POVZETEK

Glavni problem pri zaščiti voda (če odmislimo onesnaževanje vode s strupenimi snovmi) predstavlja poleg suspendiranih snovi in bilance kisika prisotnost fosforja in dušika v vodi. Ta dva elementa sta glavna omejitvena dejavnika primarne produkcije v čistih vodah. V onesnaženih vodah, kjer nastopata v prevelikih količinah, pa sta glavna povzročitalja eutrofikacije.

O eutrofikaciji torej govorimo, kadar pride v jezeru ali reki do povečane rasti alg.

Ker so običajno količine fosforja v vodi manjše od količin dušika, je večinoma fosfor omejitveni dejavnik rasti in razmnoževanja alg – eutrofikacije.

Negativne posledice eutrofikacije se pri tekočih vodah zaradi obilne zarasti kažejo predvsem v manjši uporabnosti vode (težja predelava v pitno vodo) in v poslabšani bilanci kisika v času odmiranja alg. Negativne posledice eutrofikacije se pri tekočih vodah pojavljajo vzdolž vodnega toka.

Pri zajezenih vodah pa so negativne posledice eutrofikacije občutne v vertikalni smeri. V globljih plasteh jezer prihaja do pomanjkanja kisika ali celo do anaerobnih razmer z vsemi negativnimi posledicami za kakovost vode (NH_3, H_2S, CH_4, Fe, Mn, itd.).

Za presojo negativnih vplivov eutrofikacije voda je predvsem zanimivo, kje lahko pričakujemo pojav negativnih posledic oziroma maksimalno zarast alg (na katerem rečnem odseku ali na kateri globini jezera itd.).

V prispevku je prikazana predvsem razlika v zarasti alg med zajezenimi in nezajezenimi rekami pri majhnih vrednostih fosforja v vodi.

INFLUENCE OF PHOSPHORUS ON PRIMARY BIOLOGICAL PRODUCTION IN LOW WATER RESERVOIRS AND RIVERS

SUMMARY

Besides suspended matter and oxygen balance, the main problem of water protection (without considering toxic pollution) is the presence of phosphorus and nitrogen in water. These two elements are the main restrictive factor of primary production in clear waters. In polluted waters, where they exist excessively, they are the main causers for eutrophication.

Eutrophication is a phenomenon in lakes and rivers at depletion of oxygen by excessive algae.

The quantaty of phosphorus in water is ussully lesser than that of nitrogen. Therefore, phosphorus is mostly the restrictive factor of growth and multiplication of algae – i. e. eutrophication.

Owing to overgrowth of algae, the negative consequences of eutrophication in downstream are indicated first of all in lesser applicability of water (there ar more difficulties in re – making of to drinking water) and in aggravation of oxygen balance at the withering of algae. The negative consequences of eutrophication acced in downstrem along side the water stream.

On the other hand, the negative consequences of eutrophication in dams are larger in vertical direction. The deficiency of oxygen or even anaerobic conditios with all the negative consequences for the quality of water acced in deeper strata of lakes NH_3, H_2S, CH_4, Fe Mn, etc.).

To astimate the negative influences of water eutrophiction, it is of all interesting, where a phenomenon of the negative consequences and the maximum overgrowth of algae respectively can be expected i. e. in which section of a river or in which depth of a lake.

The task of this study is to show the difference in the overgrowth of algae between running and stagnand waters, at small quantaties of phosphorus in water.

Avtor:
mag. Sonja Šiško-Novak, dipl. gradb. inž. Vodnogospodarski inštitut

1.0. UVOD

Vzrokov za naraščanje onesnaženja je več. Skokovito se povečuje množina odpadnih voda in snovi iz mest, industrije, poljedeljstva in živinoreje. Velik delež imata pri tem visoka življenjska raven in potrošniška miselnost prebivalstva razvitih področij. Poleg množine odpadnih voda v vodotokih in jezerih se povečuje tudi prisotnost fosforja v vodi.

Obdelana je primerjava vpliva fosforja v plitvem vodnem rezervoarju (popolnoma premešani reaktor) in v reki (cevni reaktor) na primarno biološko proizvodnjo. (1)

Obdelanih je več variant računov, in sicer za različne koeficiente rasti alg, hitrosti respiracije alg, hitrosti usedanja alg in različne polsaturacijske konstante za rast alg (fosfor).

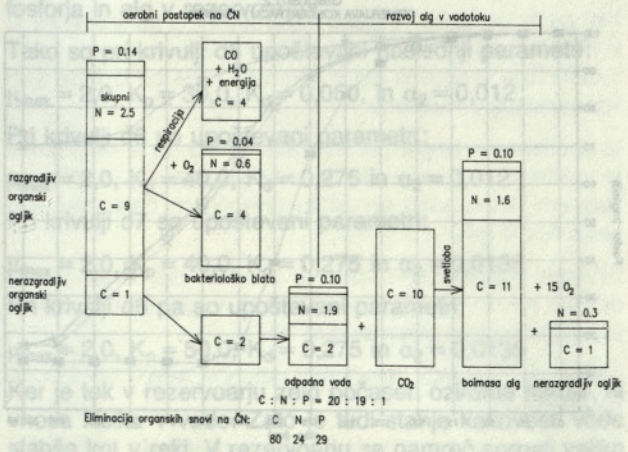
Za izračun spreminjanja fosforja vzdolž reke je uporabljen matematični model QUAL III (2), za izračun vpliva fosforja v plitvem rezervoarju pa model za kontinuirni reaktor. Iz izračuna je razvidno, da pride v jezeru po določenem času do povečanega števila alg (nekaj dni), medtem ko se pri reki tudi po zelo dolgem času ne približamo vrednostim v plitvih vodnih rezervoarjih.

2.0. FOSFOR V VODI

Večje količine hranil v vodi so lahko posledica odpadnih voda iz čistilnih naprav ali pa tako imenovane disperzne polucije vodotoka, ki nastaja z izpiranjem predvsem s hranili (gnojila) bogatih kmetijskih površin.

Na čistilni napravi so prisotna hranila – razgradljiv in nerazgradljiv ogljik, dušik ter fosfor. Iz slike 1 je razvidna prisotnost posameznih hranil na čistilni napravi, pa tudi po procesih respiracije in fotosinteze (3).

S procesi respiracije (oksidacije organskega ogljika v čistilni napravi) se eliminira 80 % razgradljivega ogljika, 24 % dušika in 29 % fosforja. Tako ves preostali del, vključno z nerazgradljivim ogljikom, potuje v reko. S pomočjo svetlobe pride z dotokom hranil v rečno vodo do pospešene primarne proizvodnje – proizvodnje alg.



Slika 1. **Shema dotoka hranil iz čistilne naprave**

Enaki procesi respiracije in fotosinteze potekajo tudi v jezerih, le da se to zgodi v vertikalni smeri.

2.1. Eutrofikacija vodotokov in jezer

Za kakovost voda in za bilanco kisika je odločilen delež organskih snovi, zaradi katerih se izrablja raztopljeni kisik v vodi. Hranila s svojo organsko maso, ko odmrejo, ponovno predstavljajo obremenitev vodotoka z organskimi snovmi. Govorimo o **sekundarni poluciji ali eutrofikaciji vodotoka ali jezer.** Eutrofnost jezer ima v primerjavi z vodotoki običajno manj neugodne posledice.

Bistvena razlika med posledicami onesnaženja vodotokov in jezer z organskimi snovmi in hranili je v dejstvu, da potekajo biokemični procesi v vodotokih v vzdolžni smeri. To omogoča vnos porabljenega kisika zaradi turbulence vodnega toka in absorbcije kisika na vodni površini.

Večje količine hranil v rečni vodi pospešuje zarast alg. Hranila so lahko posledica odpadnih voda pa tudi tako imenovane »disperzne« polucije vodotoka, ki nastaja z izpiranjem predvsem s hranili bogatih kmetijskih površin (gnojila). Alge lahko zmanjšujejo uporabnost vode (mašenje filtrov za pitno vodo, povečana vegetacija na dnu in bregovih rek, gnitje odmrlih alg na rečnem dnu itd.). Govorimo o večji ali manjši eutrofnosti vodotoka.

Pri jezerih potekajo procesi zaradi mirovanja vode (sedimentacija proizvedenih alg in drugih organskih snovi) v vertikalni smeri. V globini jezera zaradi temperaturne slojevitosti jezera obnova porabljenega kisika ni mogoča. Zato prihaja pogosteje kot pri tekočih vodah do pomanjkanja kisika v globini jezera in s tem do poslabšanja kakovosti vode z vsemi negativnimi posledicami anaerobnih razmer na dnu jezera.

Na kakovost jezerske vode in vode v umetnih akumulacijah imajo pomemben vpliv že zelo nizke koncentracije hranil (npr. fosforja).

Navedene omejitve veljajo za primer, če je fosfor omejitveni dejavnik eutrofikacije (intenzivnega razvoja alg).

3.0. VPLIV FOSFORJA NA PRIMARNO BIOLOŠKO PROIZVODNJO V REKAH IN PLITVIH VODNIH REZERVOARJIH

V rekah potekajo biokemični procesi v vzdolžni smeri, v plitvih vodnih rezervoarjih pa v vertikalni in horizontalni smeri (popolna premešanost rezervoarja).

Procesi eutrofikacije v rekah so v veliki meri odvisni od pretokov. Pri večjih pretokih so hitrosti vodnega toka večje, negativne posledice eutrofikacije – intenzivna zarast alg – pa se pojavlja bolj dolvodno kot pri počasi tekočih rekah.

Procesi eutrofikacije v rekah so močno odvisni tudi od vodostaja – večji je vodostaj, večja je hitrost toka in s tem tudi večji vnos kisika. Tako je omogočeno dopolnjevanje porabljenega kisika.

V vodnih akumulacijah – tudi v plitvih – ki jih tu obravnavamo, se celotna količina alg razvije v sami akumulaciji iz preprostega razloga, ker je čas generacije alg bistveno manjši od pretočnega časa vode skozi akumulacijo.

$$(\mu - k_d) << \theta_H$$

Voda v jezerih pa praktično miruje, zato potekajo vsi procesi pretežno v vertikalni smeri. Tako pride tudi do usedanja proizvedenih alg in organskih snovi, ki pa, kot rečeno, v tem modelu ni upoštevan.

Pri jezerih zaradi temperature slojevitosti jezera obnova porabljenega kisika v procesih respiracije ni mogoča. Zato prihaja na dnu jezera velikokrat do pomanjkanja kisika in tudi do anaerobnega stanja. Vendar v okviru te naloge bilanca kisika ni obravnavana, ker nas zanima predvsem bilanca alg.

Kot kažejo rezultati izvedenih izračunov, je proizvodnja alg največja pri daljših zadrževalnih časih (med 3 in 20 dni). Zato je eutrofikacija jezer pogostejša kot pri rekah, saj imajo le-te na opazovanih odsekih krajše pretočne čase.

V nadaljevanju je prikazana primerjava med vplivom fosforja v rekah in v plitvih rezervoarjih za različne koeficiente.

3.1. Vpliv fosforja v rekah

Za izračun spremembe fosforja in alg je bil uporabljen program QUAL III (2), ki je narejen po modelu QUAL II (3 in 4). Račun je bil izvršen za različne parametre, in sicer:

– μ_{max} – maksimalni koeficient rasti alg (dan^{-1}):
$\mu_{max} = 2{,}0$ in $\mu_{max} = 3{,}0$

– k_p – polsaturacijska konstanta rasti alg–fosfor (mgP/l):
$k_p = 0{,}030$, $k_p = 0{,}040$ in $k_p = 0{,}050$

– $\infty 20$ – hitrost respiracije alg (dan^{-1}):
$\infty = 0{,}050$, $\infty = 0{,}275$ in $\infty = 0{,}500$

– α_2 – delež fosforja v algah (mgP/mgA):
$\alpha_2 = 0{,}012$, $\alpha_2 = 0{,}0135$ in $\alpha_2 = 0{,}015$

Iz vseh izračunov je razvidno, da ima velikost nekaterih parametrov velik vpliv na vsebnost fosforja in alg v vodi.

Nekateri rezultati izračunov so prikazani v diagramih 1 in 2, kjer so zrisane koncentracije alg in fosforja za različne kombinacije parametrov. Iz njih je razvidno, kakšen vpliv ima na koncentracije izbira parametrov.

Tako so pri krivulji d1 upoštevani naslednji parametri:
$\mu_{max} = 3{,}0$, $k_p = 30{,}0$, $\infty_{20} = 0{,}050$ in $\alpha_2 = 0{,}012$

Pri krivulji d2 so upoštevani parametri:
$\mu_{max} = 3{,}0$, $k_p = 40{,}0$, $\infty_{20} = 0{,}275$ in $\alpha_2 = 0{,}012$

Pri krivulji d3 so upoštevani parametri:
$\mu_{max} = 3{,}0$, $k_p = 40{,}0$, $\infty_{20} = 0{,}275$ in $\alpha_2 = 0{,}0135$

Pri krivulji d4 pa so upoštevani naslednji parametri:
$\mu_{max} = 3{,}0$, $k_p = 50{,}0$, $\infty_{20} = 0{,}5$ in $\alpha_2 = 0{,}015$

Iz rezultatov je razvidno, da sprememba deleža fosforja v algah (α_2) vpliva le na koncentracijo fosforja: večji je koeficient, manj je v vodi fosforja.

Velikost hitrosti respiracije alg (∞_{20}) vpliva na delež alg v vodotoku tako, da se z večanjem koeficienta delež alg manjša, saj je razmerje med koeficientom hitrosti rasti alg in hitrosti respiracije alg s tem manjše.

Na delež alg v vodotoku pa močno vpliva velikost parametra hitrosti rasti alg (μ_{max}). Pri večjem parametru hitrosti alg je tudi delež alg v vodotoku večja. S tem, ko je več alg, pa je manj fosforja. Ta se namreč porabi pri sproščanju alg.

Če je hitrost rasti alg večja, prične v vodotoku hitreje

diagram 1
PRIMERJAVA KONCENTRACIJ ALG

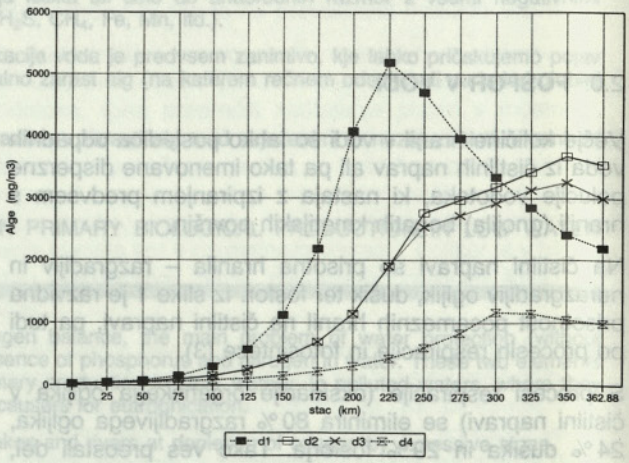
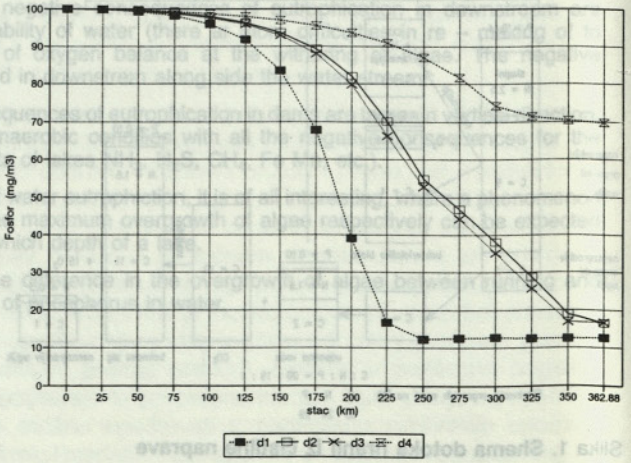


diagram 2
PRIMERJAVA KONCENTRACIJ FOSFORJA



primanjkovati razpoložljivega fosforja. Tako začne po določenem času delež alg po vodotoku upadati.

Pri višji temperaturi je pri teh parametrih tudi več alg v vodotoku. Parametra hitrosti rasti alg in respiracije alg sta namreč odvisna od temperature. Ker je hitrost rasti alg večja od odmiranja, je pri višji temperaturi to razmerje še večje in tako tudi več alg v vodotoku.

3.2. Vpliv fosforja v plitvih vodnih rezervoarjih

Izračun koncentracije fosforja in alg v plitvih vodnih rezervoarjih je bil izveden za enake pogoje kot za reko. Torej so bili uporabljeni enaki parametri in enake koncentracije, računska globina rezervoarja pa je Da = 1,0 m.

Sprememba koncentracije fosforja (C_p) in alg (X) v rezervoarju je bila izračunana po enačbah:

$$C_p = \frac{K_p\left(\frac{X-Xi}{X} + D \cdot K_d\right)}{D\left(\mu_{max} \cdot \theta^{T-20} \cdot \frac{1}{\lambda \cdot Da} \cdot \ln\left(\frac{K_L + L}{K_L + L \cdot e^{-\lambda \cdot Da}}\right) - K_d\right) - \frac{X-Xi}{X}}$$

in

$$x = \frac{Y}{D} \cdot \frac{Ci - C_p}{\mu_{max} \cdot \theta^{T-20} \cdot \frac{C_p}{Cp + Kp} \cdot \frac{1}{\lambda \cdot Da} \cdot \ln\left(\frac{K_L + L}{K_L + L \cdot e^{-\lambda \cdot Da}}\right) - K_d}$$

V modelu so zajeti parametri:

μ_{max} – maksimalni koeficienti rasti alg (dan^{-1})
K_p – polsaturacijska konstanta rasti alg (mgP/m^3)
K_d – hitrost respiracije alg (dan^{-1})
α_2 – delež fosforja v algah (mgP/mgA)

Pri izračunu sprememb koncentracij fosforja in alg v plitvem vodnem rezervoarju so bile upoštevane enake vrednosti parametrov kot pri modelu za reke.

Tudi v rezervoarju imajo koeficienti enak vpliv na delež alg in fosforja kot v reki (npr.: pri večjem koeficientu rasti alg je tudi delež alg večji).

V diagramih 3 in 4 je prikazan vpliv parametrov na delež fosforja in alg v rezervoarju.

Tako so pri krivulji d5 upoštevani naslednji parametri:

$\mu_{max} = 2{,}0$, $K_p = 30{,}0$, $K_d = 0{,}050$, in $\alpha_2 = 0{,}012$

Pri krivulji d6 so upoštevani parametri:

$\mu_{max} = 2{,}0$, $K_p = 40{,}0$, $K_d = 0{,}275$ in $\alpha_2 = 0{,}012$

Pri krivulji d7 so upoštevani parametri:

$\mu_{max} = 2{,}0$, $K_p = 40{,}0$, $K_d = 0{,}275$ in $\alpha_2 = 0{,}0135$

Pri krivulji d8 pa so upoštevani parametri:

$\mu_{max} = 2{,}0$, $K_p = 50{,}0$, $K_d = 0{,}275$ in $\alpha_2 = 0{,}0135$

Ker je tok v rezervoarju zelo počasen oziroma miruje, ni vnosa kisika v vodo. Zato je tudi stanje kakovosti vode slabše kot v reki. V rezervoarju se namreč sprosti veliko več alg kot pri reki, ker so tudi pretočni časi daljši.

Sproščanje alg se ne prične zmanjševati tudi po zelo dolgih časih. Tako ostane koncentracija alg praktično konstantna, prav tako tudi koncentracija fosforja.

diagram 3
PRIMERJAVA KONCENTRACIJ ALG

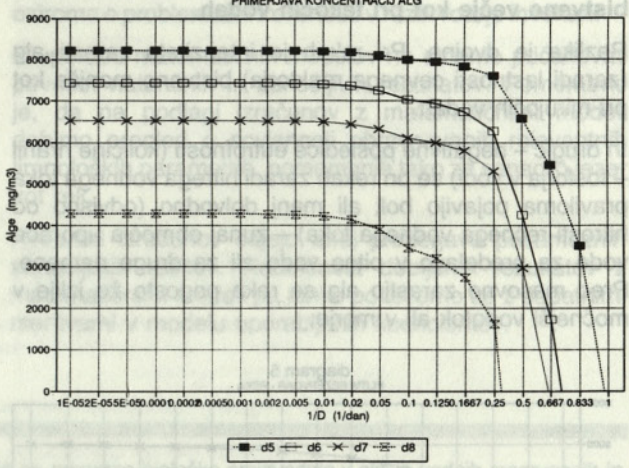
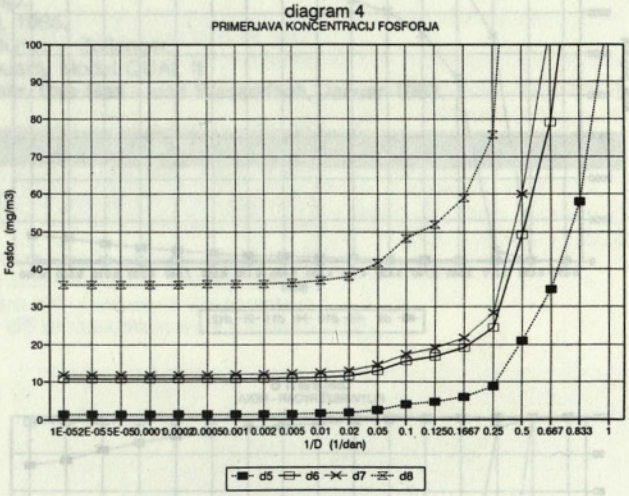


diagram 4
PRIMERJAVA KONCENTRACIJ FOSFORJA



3.3. Primerjava izračunov vpliva fosforja v plitvem vodnem rezervoarju in reki

Kot rezultat vseh izračnov za reko in plitvi rezervoar pri enakem pretočnem času je bila narejena tudi primerjava le-teh. Prikazana je v diagramih 5, 6, 7 in 8, iz katerih je razvidno, da se v plitvem vodnem rezervoarju proizvede veliko večja količina alg kot v reki pri istem pretočnem času (tudi do 1000 %).

Proizvodnja alg v rekah se tudi po zelo dolgem pretočnem času (več kot 100 dni) ne približa vrednostim v rezervoarju, ne glede na velikost parametrov modela in velikost temperature.
V rekah se namreč po določenem pretočnem času začne proizvodnja alg manjšati.

Vrednosti posameznih koncentracij so bile določene pri enakih pretočnih časih, torej enakih prostorninah in za

enake spreminjajoče se parametre modelov.

Iz izvedenih primerjalnih izračunov negativnih posledic evtrofikacije v tekočih in stoječih vodah vidimo, da so **negativne posledice eutrofikacije v stoječih vodah bistveno večje kot pri tekočih vodah.**

Razlika je dvojna. Pri rekah je intenziteta zarasti alg (zaradi lastnosti cevnega reaktorja) bistveno manjša kot pri mirujočih vodah.

In drugič – negativne posledice eutrofnosti (količine hranil – fosforja v vodi) se pri rekah zaradi hitrega vodnega toka praviloma pojavijo bolj ali manj dolvodno (odvisno od hitrosti rečnega vodnega toka) – zunaj območja uporabe vode za predelavo v pitno vodo ali za druge namene. Pred masovno zarastjo alg se reka pogosto že izlije v močnejši vodotok ali v morje.

diagram 5
PLITVI REZERVOAR - REKA

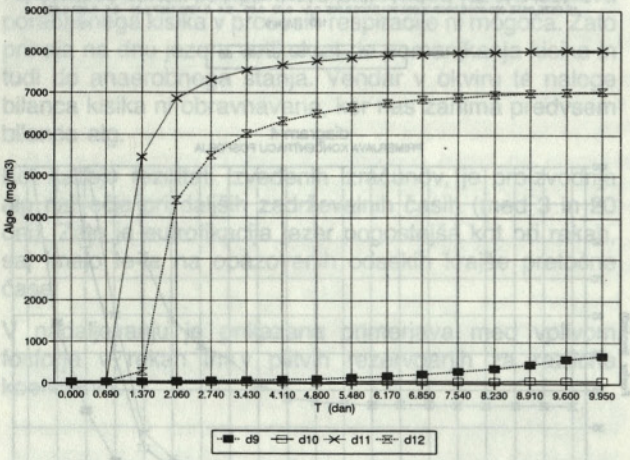
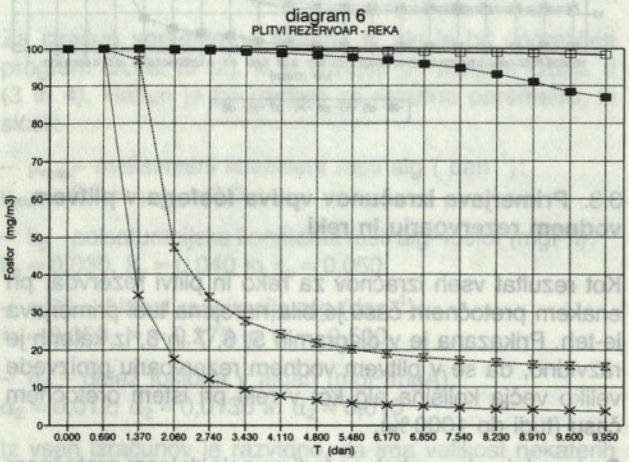


diagram 6
PLITVI REZERVOAR - REKA



4.0. SKLEP

Za primerjalno analizo vpliva fosforja na primarno biološko proizvodnjo v rekah je bil uporabljen model QUAL III, za

diagram 7
PLITVI REZERVOAR - REKA

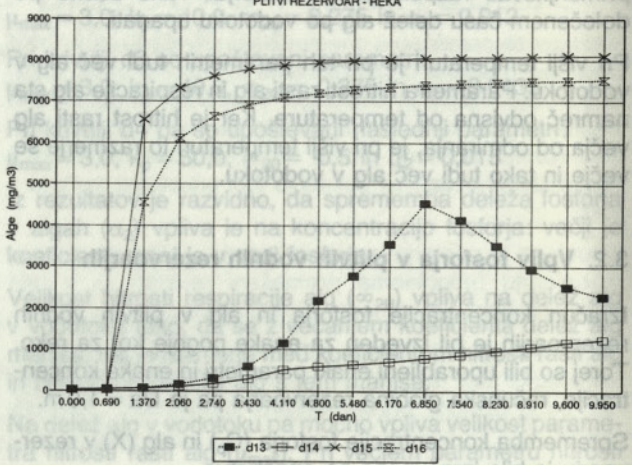
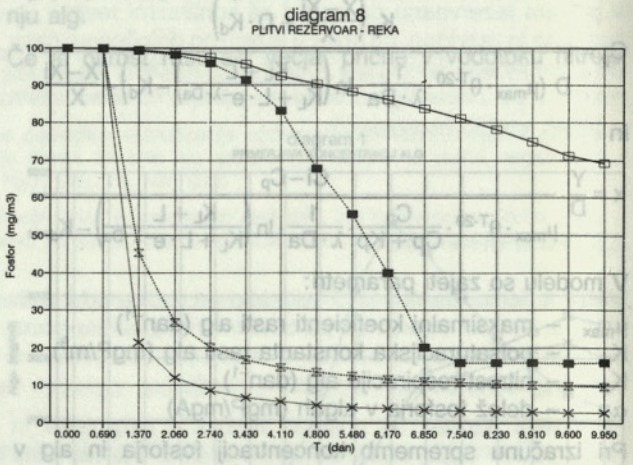


diagram 8
PLITVI REZERVOAR - REKA



plitvi rezervoar pa model za izračun bilance proizvodnje in razgradnje alg v reaktorju. Za oba modela so bili narejeni variantni izračuni, in sicer za različne parametre pri različnih temperaturah.

Ne glede na izbiro velikosti parametrov in temperature je velikostni razred izračuna za reko in plitvi rezervoar enak. Izračunane vrednosti alg v rekah so nižje od izračunanih koncentracij v reaktorju.

Iz izračunov v poglavjih 3.1., 3.2. in 3.3. in iz diagramov je namreč razvidno, da je proizvodnja alg v plitvem vodnem rezervoarju pri istem pretočnem času bistveno večja kot v reki.

Problem eutrofičnosti voda je v naših razmerah (kratki odseki rek in kratek čas pretoka) v glavnem problem jezerskih vod in zajeznih rek.

Glede na rezulate izvedenih računov lahko ugotovimo naslednje:

– v plitvem vodnem rezervoarju je delež alg večji kot v reki (pri enakih pogojih),

– z zajezitvijo vodotoka se negativni vplivi trofičnosti stopnjujejo. Pri enakem pretočnem času preteče zajezena voda krajšo pot kot nezajezena. Zato se pojavijo negativne posledice trofičnosti preje kot pri nezajezenem vodotoku,
– vpliv eutrofikacije je v glavnem funkcija časa in količin hranil (fosforja). Večji je čas, več je v vodotoku oziroma rezervoarju alg in manj fosforja (ker se sproščajo alge in ga porabijo),
– pri večjih pretokih – močnejše izplakovanje – se zmanjšuje nevarnost eutrofikacije jezer in rek,
– večje globine jezer dopuščajo večjo obremenitev s hranili (npr. fosfor). Pri večjih globinah je namreč delež alg manjši kot pri nižjih.

Ker gre pri jezerih velikokrat za generacijo hranil z dna jezera, ki prevlada nad vplivi, ki prihajajo z dotokom onesnažene vode, ima večji pomen čiščenje pri dnu jezera kot na površini. Torej je učinkovitejše odvajanje vode z dna jezera kot površinski odvod jezera.

Navedeni izračuni z obema modeloma so smiselni, saj dajejo potrebne začetne informacije o kakovosti voda oziroma o problematiki trofičnosti v rezervoarju in rekah.

Z uporabo matematičnih modelov ne smemo pričakovati povsem natančnih in zanesljivih rezultatov. Pomembno je, da na podlagi izračunov z matematičnimi modeli dobimo pregled o sovisnosti obravnavanih relevantnih limnoloških parametrih, pomembnih tako za sanacijo jezer kot rek.

Rezultati izračunov dajejo torej primerjavo posameznih sanacijskih rešitev. Natančnost dobljenih rezultatov z matematičnimi modeli pa lahko povečamo še z dodatnimi meritvami v modelu uporabljenih koeficientov.

LITERATURA

1. Primerjalna analiza vpliva fosforja na primarno biološko proizvodnjo v plitvih vodnih rezervoarjih in rekah, Sonja Šiško-Novak, magistrska naloga, Ljubljana, maj 1992, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.
2. Program QUAL III. FAGG – IZH, 1985.
3. Werner Stumm and Elisabeth Stumm – Zollonger.
4. User's Manual for the Stream Quality Model QUAL II.
5. Gas – Erdgas/Wasser – Abwasser, Das Gas – und Wasserfach, Januar 1983.

OBNOVA OBJEKTOV NA GORENJSKEM PO POPLAVAH 1990 – JEZ KORENINOVC

UDK 627.43

META GORIŠEK

SUMMARY

Po novembrskih poplavah 1990 je po Sloveniji ostalo ob vodotokih veliko razdejanje. Na Gorenjskem je poleg številnih hudournikov in manjših vodotokov največje razdejanje povzročila reka Sora. Preplavljene so bile kmetijske površine, prometnice, številne vasi, celo del Škofje Loke. Poleg škode na površinah ob vodotoku in brežinah vodotoka je reka povzročila tudi velike poškodbe na številnih objektih v samem vodotoku. Lesen kaštni jez KORENINOVC pri Gorenji vasi je Poljanska Sora med poplavami porušila.

V prispevku bomo obravnavali postopek tehnične izvedbe obnovitve jezu KORENINOVC. Pri projektu so poleg tehnične stroke-hidrotehnike sodelovale tudi ostale stroke, ki obravnavajo posege človeka v naravno okolje. Objekt ustreza strokovno-tehničnim zahtevam in s svojo zunanjostjo ne ruši naravnega okolja.

THE REBUILDING OF THE RIVER CONSTRUCTIONS IN THE REGION OF GORENJSKA – DAM KORENINOVC

SUMMARY

The floods in november 1990 caused a lot of damage to the areas near rivers all over Slovenia. The river Sora caused the greatest damage in Gorenjska, the northern part of Slovenia. Many agricultural areas, roads, villages and even some parts of Škofja Loka were flooded. The high water levels also damaged the river bed and the objects within. The old dam, made of wood and stones, KORENINOVC, near Gorenja vas in the river Poljanska Sora, failed.

This article explains the correct procedure and technical construction of the renewal of the dam KORENINOVC. The project was facilitated by the cooperation of the technical experts who considered contemporary expertise in the area of human intervention in the natural environment. The construction conforms also contributes to the natural surraundings.

UVOD

Novembra 1990 so si poplavne vode narastlih vodotokov po Gorenjski utirale široko pot in puščale za sabo opustošenje. Na Poljanski Sori so bili močno poškodovani ali celo popolnoma porušeni številni vodnogospodarski in drugi objekti v sami strugi vodotoka in v neposredni okolici. Nekateri med njimi so bili poddimenzionirani, predvsem mostni prepusti, nekatere pa je do usodnega prvega novembra 1990 že dodobra načel zob časa in jih je narastla voda z lahkoto odplavila. To so bili predvsem dotrajani leseni kaštni jezovi.

Avtor:
Meta Gorišek, mag. dip. gradb. inž., VGP – Vodnogospodarsko podjetje Kranj

Kot vse gorenjske reke ima tudi Poljanska Sora vzdolž svoje poti številne jezove, katerih prvotni namen je bila izraba vodne energije na mlinih in žagah. Lastniki mlinov in žag so morali za jezove skrbeti in jih redno obnavljati. Z ukinitvijo teh obrti pa so tudi jezovi izgubili svojega skrbnika. Zob časa se je neutrudno zagrizel v jedro lesenih kaštnih objektov in njihova življenjska doba je potekla. Dotrajani jaz KORENINOVC pri Gorenji vasi so pokopale novembrske vode 1990.

OSNOVNA IZHODIŠČA IN POSTOPEK IZDELAVE PROJEKTA OBNOVE JEZU KORENINOVC

Osnovno vodilo pri zasnovi novega jezu na stari lokaciji je bila tehnična ustreznost in trajnost objekta ob upoštevanju smernic vseh uporabnikov prostora na obravnavani

lokaciji. Nova primarna namembnost objekta ni več energetska izraba opuščenega mlina, ampak stabilizacija struge Poljanske Sore gorvodno od obravnavane prečne zgradbe v vodotoku. Dno za starim jezom se je zaprodilo in v daljšem časovnem obdobju ustvarilo stabilni padec nivelete dna. S porušitvijo objekta se je dno začelo intezivno poglabljati, zato je ogrožena stabilnost brežin na daljšem odseku gorvodno od jezu, obenem pa se ustvarjajo popolnoma nove hidravlične razmere v koritu za vse ostale prečne in vzdolžne objekte na daljšem odseku Sore.

Trajnost in stabilnost jezu smo zagotovili z masivnim kamnitobetonskim jedrom objekta. Nosilna konstrukcija mora ustrezati kriterijem stabilnosti za zdrs, prevrnitev in prelom zaradi vzgona, obenem pa moramo preprečiti, da bi glavna drsina, kot posledica toka zaledne vode, potekala v nivoju temeljenja. V profilu neposredno za prelivno krono jezu se zaradi disipacije energije prelivajoče vodne mase ustvarja globok tolmun, ki zahteva temeljenje nosilne konstrukcije z določeno varnostjo pod raven tolmuna.

Hidravličnih razmer v profilu objekta, ki so pogojene z višino, širino, dolžino in obliko prelivne krone, smerjo objekta glede na glavni tok vode v koritu in hidravličnimi razmerami gorvodno od profila jezu, nismo spreminjali, ker smo ohranili koto krone, širino, obliko in dolžino preliva starega jezu in njegovo lokacijo. S tem tudi nismo spremenili hidravličnih razmer gorvodno od jezu.

Nov objekt se mora ustrezno vključiti v okolje in kar v največji meri ustrezati vsem uporabnikom prostora na obravnavani lokaciji, zato smo pri zasnovi zunanje podobe jezu sodelovali z naravovarstveniki Zavoda za varstvo naravne in kulturne dediščine Kranj. V skladu z njihovimi smernicami smo krono jezu prekrili z borovimi poloblicami in s tem ohranili zunanji videz prvotnega objekta. Vsa obrežna zavarovanja pa so bila izvedena v kamnu, vgrajenem v betonsko nosilno konstrukcijo, ki zato ni vidna. V sodelovanju z Ribiško zvezo pa smo na objektu konstruirali ribjo stezo, ki omogoča ribam nemoten prehod preko jezu. Dolvodno od starega kaštnega jezu je v preteklosti obratoval mlin, zato smo ob desnem bregu ohranili na objektu vtok v rake in s tem omogočili zainteresiranim ponovno energetsko izrabo vode.

HIDRAVLIČNI IZRAČUN – OSNOVA ZA KONSTRUKCIJO DETAJLOV JEZU IN OBREŽNIH ZAVAROVANJ

Jez je dvostopenjski in ima svetlo prepadno višino obeh stopenj ca. 2,3 m. Prelivna dolžina krone zgornje stopnje jezu je 47 m in se zvezno zmanjša do spodnje stopnje, ki ima širino 42 m.

S hidravličnim izračunom smo simulirali niveleti vodne gladine pri stoletnih in srednjih pretokih. V konkretnem primeru smo lahko kote izračunane stoletne gladine primerjali z opazovanimi kotami vode ob novembrskih poplavah 1990, ki so nam jih posredovali okoliški prebivalci. Izračunane kote gladine pri stoletni vodi se lepo ujemajo z opazovano gladino novembra 1990.

Za hidravlični izračun vodnega režima gorvodno in dolvodno od jezu smo uporabili podatke meritev pretokov na bližnji vodomerni postaji dolvodno od jezu Zminec. 100-letni in srednji pretok smo v profilu jezu interpolirali glede na zmanjšano prispevno površino za del med merskim profilom in profilom jezu, (Q-100 = 305,80 m^3/s, Q_{sr} = 10,70 m^3/s). Gladini vode za oba pretoka smo izračunali z enodimenzijskim matematičnim modelom po Manningovi enačbi za račun neenakomernega toka v rečnih koritih, ki je osnova računalniškega programa »RAGLA«.

Manningova enačba:

$$h = \left[\frac{2 \cdot Q \cdot n_g}{(B+b)^{2/3} \cdot c \cdot I^{1/2}}\right]^{3/5}$$

se v primeru neenakomernega toka uporablja za postopni izračun razmer med dvema prečnima profiloma gorvodno.

Za račun gladin z enodimenzijskim matematičnim modelom moramo poznati podatke o morfologiji korita, ki smo jih povzeli po geodetskih podlogah in (hidravlični) spodnji mejni pogoj.

Mejni pogoj na jezu definiramo z enačbo za preliv. V našem primeru je preliv v obliki širokega pragu. V odvisnosti od razmerja med širino pragu in višino gladine prelivajoče se vode je definiran prelivni koeficient.

Enačba preliva čez široki prag:

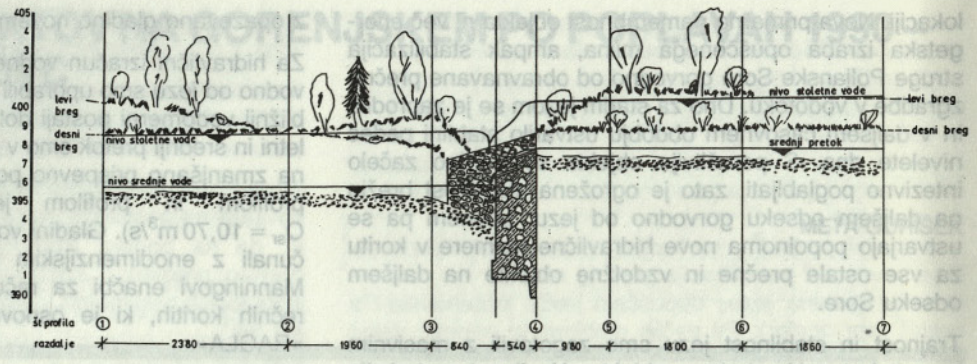
$$h = \left[\frac{Q}{m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g}}\right]^{2/3}$$

Q – pretok (305,8 m^3/s, 10,7 m^3/s)
m – prelivi koeficient (m = 0,33)
b – širina prelivne krone (47 m)

Spodnji mejni pogoj za odsek dolvodno od jezu, do profila tik pod jezom, kjer pod prelivom nastopi deroči tok, smo definirali z opaženo gladino vode 1. novembra 1990.

Izračunani gladini sta vrisani v podolžni profil, ki ga podaja slika 1. Iz črte gladine pri 100-letni vodi vidimo, da voda prestopi bregove gorvodno od jezu, v dolvodnih profilih pa je gladina znotraj korita, kar se ujema tudi z opazovanji 1. novembra 1990. Potek gladin tudi pokaže, da gladina spodnje vode ne vpliva na razmere gorvodno (t. i. prosti preliv).

V dolvodnem profilu jezu je vpliv vodnega skoka, zato moramo objekt zavarovati z globokim temeljenjem, brežini pa z obrežnim zavarovanjem do kote nivelete zgornjega roba brežine.

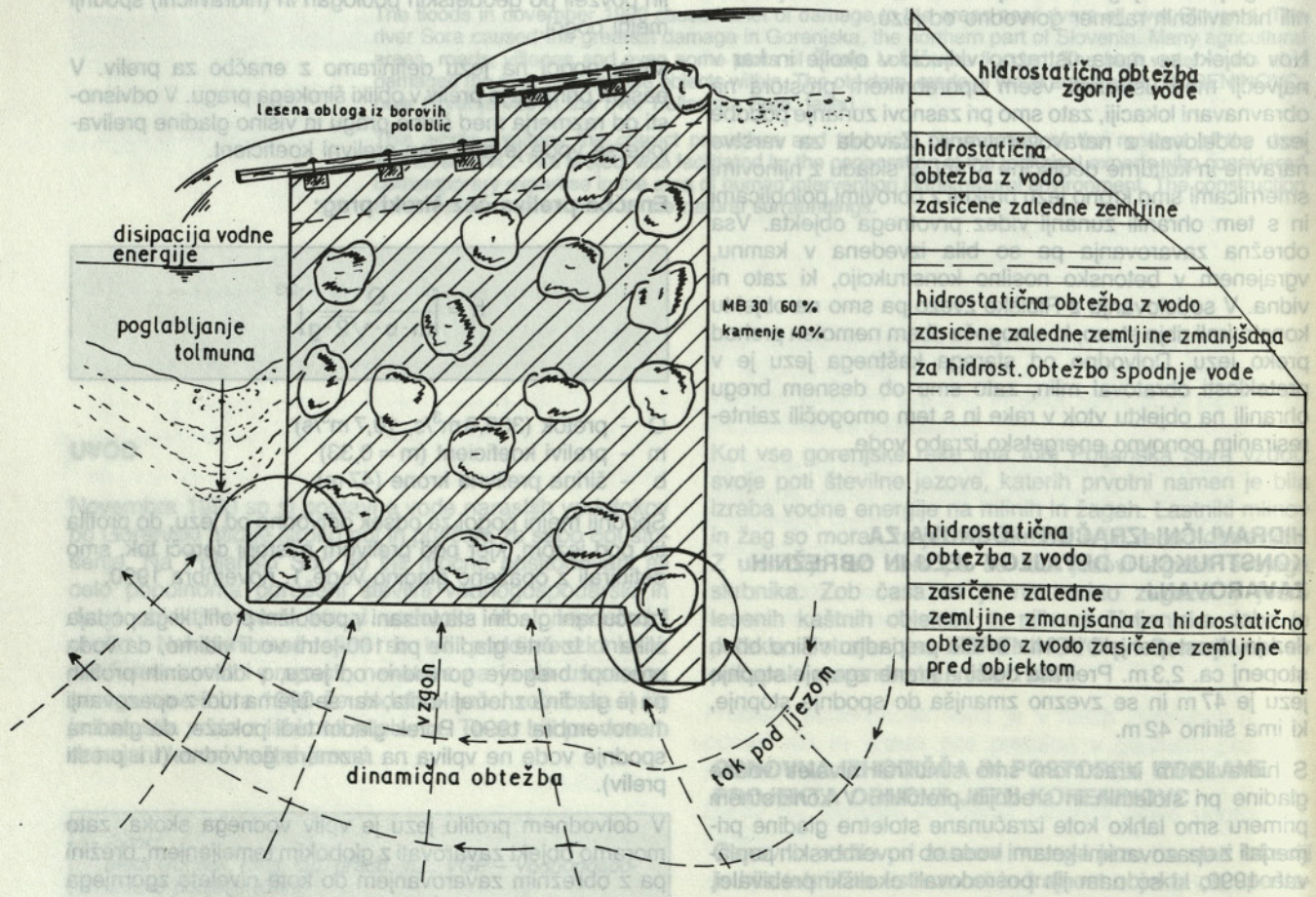


Slika 1: **Podolžni profil z vrisanima gladinama pri Qsr in Q-100**

TEHNIČNA IZVEDBA DETAJLOV, POMEMBNIH ZA STABILNOST IN TRAJNOST JEZU TER VKLUČITEV OBJEKTA V CELOSTNO PODOBO OKOLJA

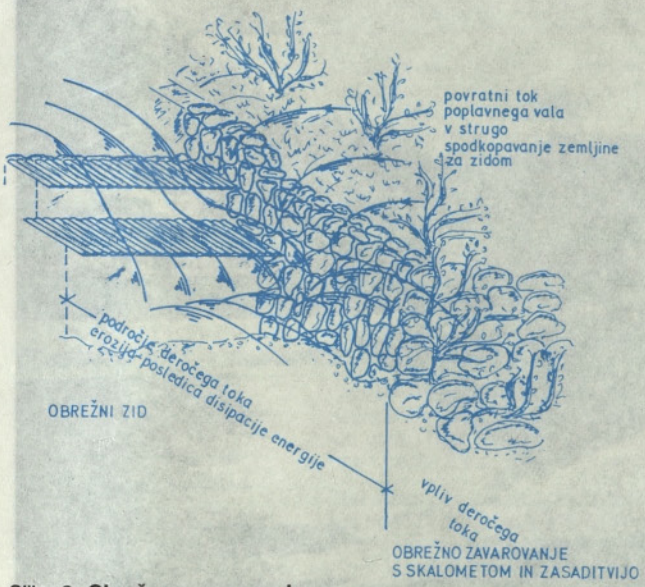
Trajnost in stabilnost osnovne konstrukcije jezu smo zagotovili z masivno izvedbo v betonu MB 30 do 60 % mase s 40 % kamenja in globokim temeljenjem, minimalno 2,00 m pod koto tolmuna v dolvodnem profilu jezu. Objekt s svojo težo kljubuje sili vzgona. Pravilna izvedba detajla temeljenja pa preprečuje zdrs objekta po drsini pod temeljem. Temeljenje na zadostno globino pod koto tolmuna pa preprečuje spodkopanje objekta. Slika 2 podaja karakteristični prečni prerez jezu v vrisano dinamično in statično obtežko na objekt in označenimi bistvenimi detajli izvedbe.

Konstrukcijo jezu smo kompaktno vpeli v brežini, ki sta v profilu jezu in na dolvodnem odseku v področju režima deročega toka, zato morata biti monolitni, povezani s prečnim objektom in zavarovani pred erozijo vodnega curka. Konstrukcija levobrežnega in desnobrežnega zidu je dimenzionirana na statični pritisk zemljine za zidom, s specifično težo 1800 kg/m^3, z najbolj neugodno drsino pod kotom 35° ter kotom notranjega trenja 20° in dina-



Slika 2. **Karakteristični prečni prerez jezu z označenimi obravnavanimi detajli**

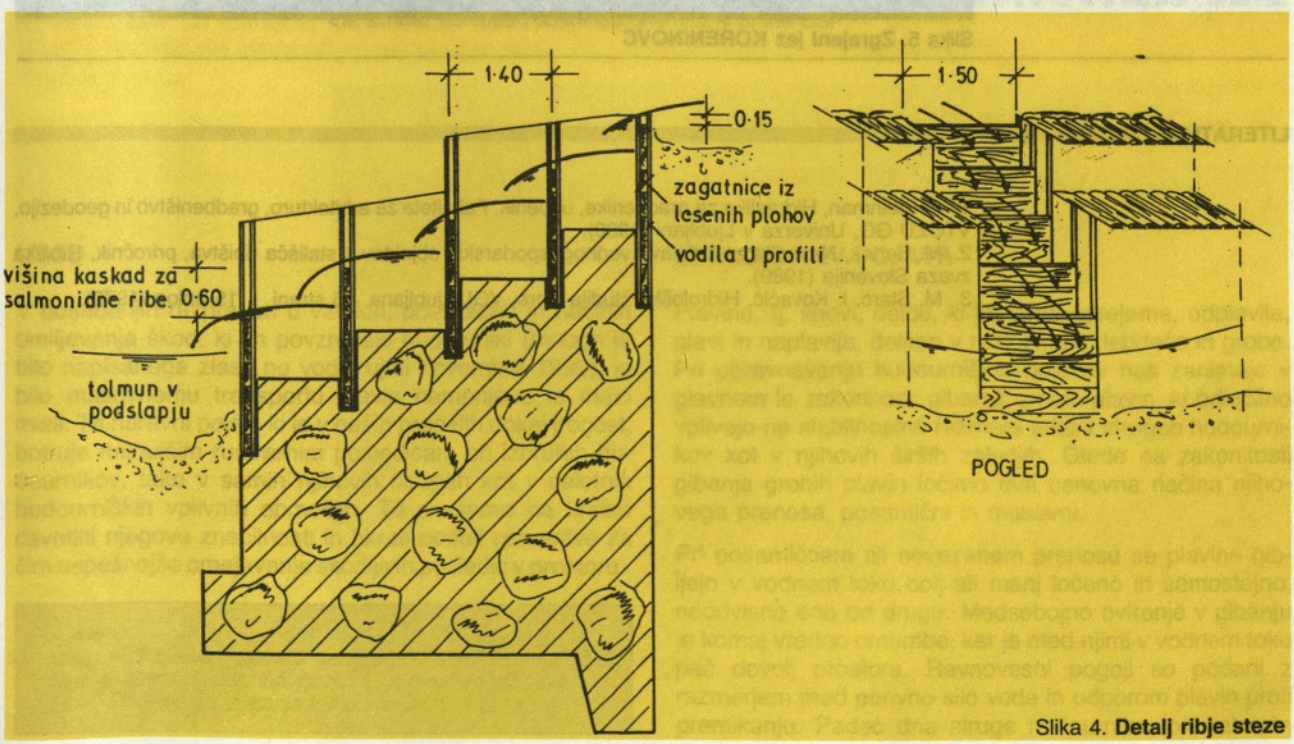
mično obtežbo, ki jo predstavlja goseničar, teže 60 t, z najbližjo gosenico 1,0 m od roba zidu. Desnobrežni in levobrežni zid je temeljen na globino temeljenja jezu in izveden do nivelete zgornjega roba brežine. Z monolitnostjo preprečimo erozijo, ki jo povzroča disipacijska energija prelivajoče se vode, z izvedbo do zgornjega roba brežine pa erozijo vode, ki se po poplavah vrača v osnovno korito. Slika 3 podaja levobrežno zavarovanje v območju deročega toka in zavarovanje iz skalometa in zarasti v območju vpliva vodnega skoka.



Slika 3. **Obrežno zavarovanje**

Pri projektiranju ribje steze smo upoštevali smernice ribičev. Matica osnovnega toka je pomaknjena k desni brežini, obenem pa je tudi krona jezu izvedena z naklonom k desni brežini. Z izbiro lokacije na desni strani jezu smo zagotovili stalen pretok po ribji stezi. Izbira dimenzij stopenj ribje steze mora v našem primeru zagotavljati nemoten prehod salmonidnim ribam. Pretok po ribji stezi je definiran s širino ostrorobega preliva na vhodu v ribjo stezo in višino gladine prelite vode. Razlika gladin, ki jo lahko premagajo salmonidne ribe, je 0,60 m. Prostornina vode v stopnji pa mora omogočiti območja z mirnim tokom, da ribe lahko med premagovanjem zaporednih stopenj počijejo. Slika 4 podaja detalj ribje steze.

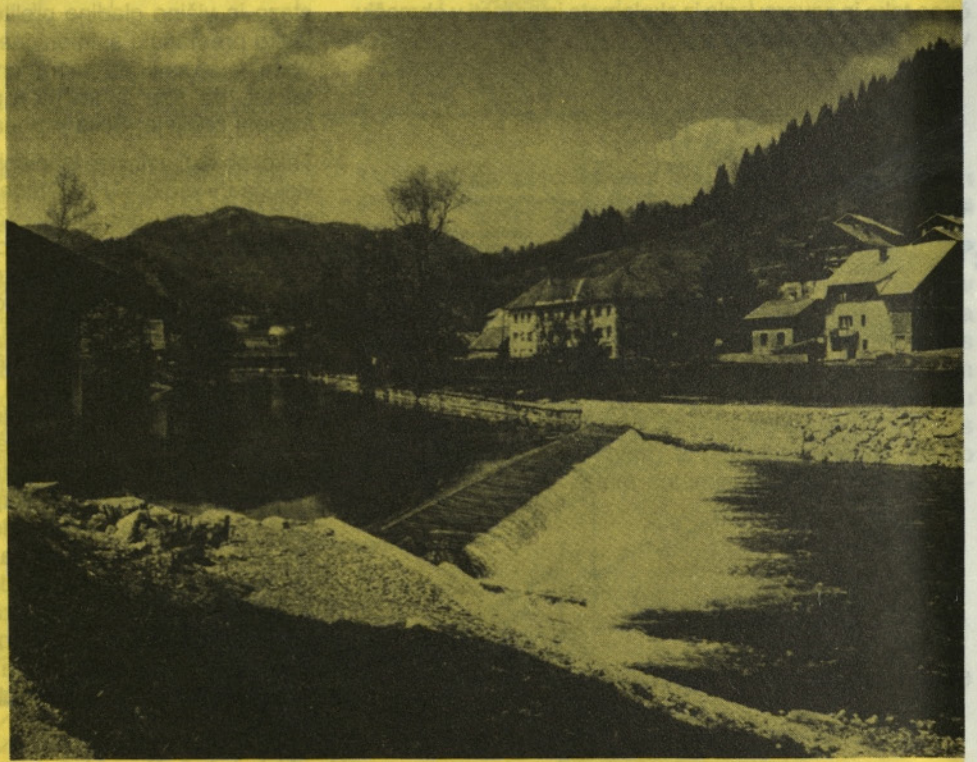
Tako objekt ustreza tehničnim zahtevam in je ustrezno vključen v prostor. Preostane nam še ustrezno zavarovanje in ureditev neposredne okolice jezu. Na morfološko preoblikovanje struge vodotoka vplivajo hidravlične razmere, ki jih pogojuje prečna zgradba v strugi še na odseku ca. 50,00 m gorvodno in dolvodno. Brežini na tem odseku moramo ustrezno stabilizirati, da preprečimo vpliv erozijskega delovanja visokih voda. Na dolvodnem odseku za obrežnim zidom sledi zaščita iz skalometa in vegetacijske zarasti. Stabilizacija s skalometom prepreči, da bi v začetni fazi po izgradnji objekta, ko so brežine še gole, voda odnašala prst in s tem tudi zasaditev. Ko se vegetacija razraste, tvori skupaj s kamnito utrditvijo kompaktno in stabilno celoto, videz pa je naraven. Gorvodno od objekta je leva brežina zavarovana z obstoječim obrežnim zidom in zarastjo, desna brežina pa je gorvodno od jezu na dolžini 26,5 m zavarovana z leseno kaštno obrežno zgradbo, ki je bila novembra 1990 poškodovana. V skladu s soglasjem Zavoda za spomeniško varstvo smo leseno kaštno konstrukcijo obnovili po prvotni zasnovi.



Slika 4. **Detalj ribje steze**

SKLEP

S projektno ureditvijo jezu Koreninovc in odseka struge Poljanščice neposredno gorvodno in dolvodno od jezu smo ohranili hidravlične in krajinske razmere, struga Poljanske SORE pa se bo na obravnavanem odseku ponovno stabilizirala. Predvidena ureditev jezu in obrežnih zavarovanj ohranja značilne oblike jezu in krajinske podobe obrežne zarasti, obenem pa tudi stabilnost brežin. Slika 5 podaja zgrajeni jez KORENINOVC, leto po izgradnji. Poseg v okolje (v času gradnje) bo postal po obdobju, ko se stabilizira zarast, del sonaravno urejenega in stabilnega odseka vodotoka...



Slika 5. **Zgrajeni jez KORENINOVC**

LITERATURA

1. F. Steinman, Hidravlika za gradbenike, učbenik, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD GG, Univerza v Ljubljani (1990).
2. M. Bertok, Navodila za izdelavo vodnogospodarskih objektov s stališča ribištva, priročnik, Ribiška zveza Slovenije (1989).
3. M. Starc, I. Kovačič, Hidrološka študija Sore, VGI, Ljubljana, 45 strani + 15 prilog (1979).

PROBLEMATIKA MASOVNEGA TRANSPORTA (PRENOSA) PLAVIN

UDK 627.14/.157:624.131

ALEŠ HORVAT, MARIJAN ZEMLJIČ

POVZETEK

Grobe plavine potujejo v vodnem toku posamič ali pa masovno. V prvem primeru potujejo po debelini in teži premosorazmerno razvrščene od gladine proti dnu. Tudi odlagajo se razvrščeno: v zgornjih tekih najdebelejše, navzdol proti izteku postopno vse drobnejše. Ob naglih zdrsih velikih gmot hribin v strugo pa pride do masovno, v kašasti lavi premešanih plavin. Zaradi izjemne gostote potujoče lave dobijo najdebelejša zrna največjo kinetično energijo, prehitevajo in izplavajo na površje ter na čelo toka. Zrnatostno razvrščanje je obratno kot pri posamičnem prenosu. Rušilni učinki take lave so ogromni, protiukrepanje v času trajanja praktično nemogoče. Pojav lahko pričakujemo v labilnih ali pogojno stabilnih zemljiščih, takih pa je v Sloveniji ca. 35% njene površine. S preventivnimi ukrepi lahko nekoliko omejimo njih število, predvsem pa jakost. Vendar namenja naša družba za te namene le 0,12% DP, druge evropske države, po naravnih danostih primerljive z nami, pa ca. 1,5% DP.

MASSMOVEMENT PROBLEMS

SUMMARY

Coarse sediment can be transported individually or in form of a massmovement. In the first case is sediment transported corresponding to the hydrodynamic condition of the torrent; more downtorrent we gove, finer sediment is depositted. Rapid landslides, that come in torrentchannel are the most often cause for a massmovement.

The mass of sediment and water has a very great kinetic energy. Coarser grains move faster on the top head of the flow, grain deposition arrangement is opposite to the one from the individual transport. Massmovement has a great demolishing effect. It is almost impossible to intervene while massmovement is going on. We can expect massmovements on instable and potentially-stable areas which extend on cca 35% of Slovenia.

We can limitate a bit the frequency and more the intensivity of the events by using proper preventive antierosion measures. Our state unfortunately gives for water management 0.12% of the BSP, whereas the simillar european countries give 1.5% of the BSP.

UVOD

V dosedanjih razpravah o vzrokih, posledicah in načinih omiljevanja škod, ki jih povzročajo hudourniki (mnogo je bilo napisanega zlasti po vodni ujmi novembra 1990), je bilo masovnemu transportu plavin namenjeno le malo misli. Ta naravni pojav, ki je v naših predelih dokaj pogost, botruje najhujšim rušitvenim posledicam ob izbruhih hudournikov, tako v samih njihovih strugah kot v celotnih hudourniških vplivnih območjih. Tu skušamo na kratko osvetliti njegove značilnosti in hkrati podati usmeritve za čim uspešnejše omejevanje škodljivih posledic v prostoru.

Avtorja:
mag. Aleš Horvat, dipl. inž. gozd., Ljubljana, Jamova 50
Marijan Zemljič, dipl. inž. gozd., Ljubljana, Janežičeva 3
PUH, Podjetje za urejanje hudournikov, Ljubljana

OPREDELITEV POJAVA

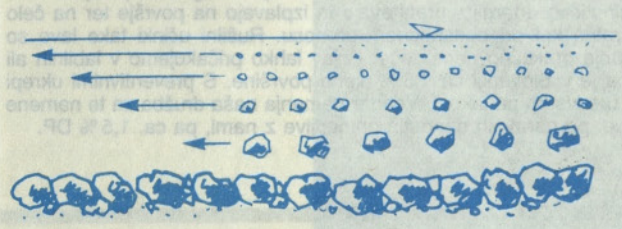
Plavine, tj. snovi, delce, ki jih voda sprejema, odplavlja, plavi in naplavlja, delimo v raztopljene, lebdeče in grobe. Pri obravnavanju hudourniških pojavov nas zanimajo v glavnem le zakonitosti gibanja grobih plavin, ki odločilno vplivajo na stabilnostne razmere tako v strugah hudournikov kot v njihovih širših zaledjih. Glede na zakonitosti gibanja grobih plavin ločimo dva osnovna načina njihovega prenosa, posamični in masovni.

Pri posamičnem ali nevezanem prenosu se plavine gibljejo v vodnem toku bolj ali manj ločeno in samostojno, neodvisno ena od druge. Medsebojno oviranje v gibanju je komaj vredno omembe, ker je med njimi v vodnem toku pač dovolj prostora. Ravnovesni pogoji so podani z razmerjem med porivno silo vode in odporom plavin proti premikanju. Padec dna struge hudournika, pri katerem

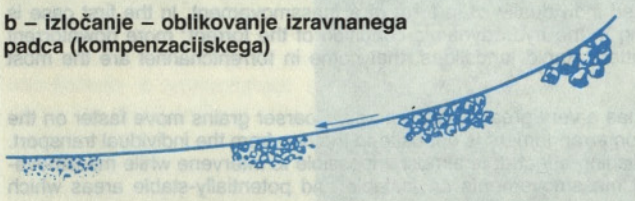
sta obe sili izenačeni, imenujemo ravnovesni padec. To je tisti, pri katerem se dno niti ne poglablja niti odlaganjem plavin ne dviga, je torej stabilno.

Ravnovesni padec lahko dosežemo na dva načina, z izravnanim ali kompenzacijskim padcem (transportna zmogljivost hudournika je uravnotežena z dotokom novih grobih plavin), ki prevladuje v spodnjih tekih hudournikov, in z mejnim ali stabilizacijskim padcem (zrna, ki sestavljajo posteljico struge, kljubujejo porivnim silam z rinjenimi plavinami nezasičenih voda), ki prevladuje v zgornjih in srednjih tekih hudournikov.

a – razvrščanje v vodnem toku po debelini in hitrosti



b – izločanje – oblikovanje izravnanega padca (kompenzacijskega)



Skica 1. **Razvrščanje in izločanje plavin pri posamičnem prenosu.**
Risal: Milan Plešnar

Ravnovesni padec v strugi hudournika se pri posamičnem prenosu plavin oblikuje kot posledica sortiranja plavin po velikosti, gostoti in obliki. Če odmislimo razne lokalne naravne in umetne ovire v hudourniški strugi, se oblikuje od izvira do izteka kot bolj ali manj enakomerno razvita konkavna krivulja. Bolj ko se približujemo izteku, drobnejše so plavine, ki sestavljajo njegovo posteljico, manjši je ravnovesni padec (skica 1).

Ob hudourniških izbruhih pa pride v njihovih zaledjih do pojavov, kot so nenadni podori, udori, zdrsi, usadi, zemeljski plazovi, ko se zelo hitro oziroma celo hipoma zrušijo ali zdrsnejo v strugo hudournika velike gmote hribin in zajezijo odtekanje hudournih voda.

V takem primeru pa se proces posamičnega prenosa, transporta plavin seveda ne razvije, ker voda ne more takoj premakniti zajezitvenega materiala. Šele ko se taka gmota grušča, pomešanega s peskom in zemljo, dobro prepoji in razmoči in se njena veznost zaradi tega ravno dovolj zmanjša, lahko nastopi trenutek, ko celotna razmočena masa popusti pod pritiskom zajezene vode in krene v gibanje. Takrat nastopi masovni transport, pri katerem sprva ni nikakršnega sortiranja plavin kot je to pri posamičnem prenosu. Debele in drobne sestavine so medsebojno popolnoma pomešane in sestavljajo gosto kašasto maso (la lave, die Mure).

Za take hudourniške lave je zlasti značilna njihova velika gostota, ki doseže tudi 1800 in več kg/m^3, ker je v njej pogosto več trdih sestavin kot vode. Taka lava se vali in leze sorazmerno počasi in enakomerno, toda nezadržno v dolino, rušeč pred seboj vse ovire. Postopoma pa se začne tudi v njej določeno sortiranje prenašanih plavin. Največje kamenje in skale imajo (zaradi svoje mase) tudi največjo kinetično energijo, zaradi katere začno prehitevati (podobno kot plavajoči predmeti na vodi). Zato se

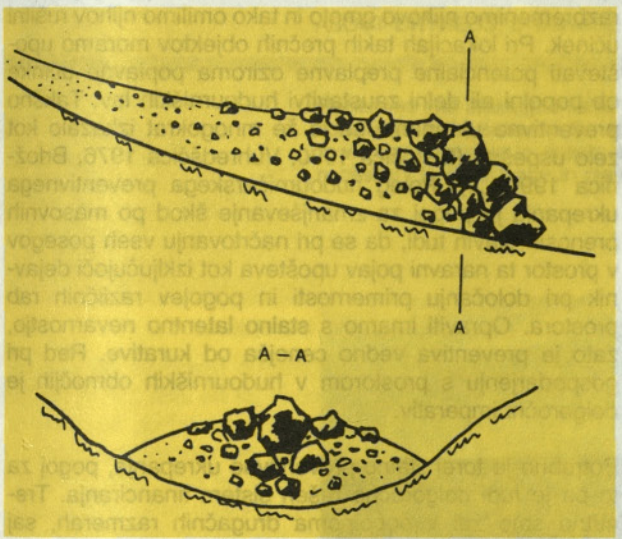


Slika 1. **Lučnica – plaz v Podveži je oblikoval ca. 18 m visoko zajezitev; ko je po zadostni razmočenosti in s pritiskom vode iz zajezbe popustila, se je udrla navzdol gosta, blatnata gmota, katere del še povsem neprebranih plavin je obležal na tleh naglo razširjene doline tik pod zajezitvijo.**
Foto: A. Horvat – 1990-11-08

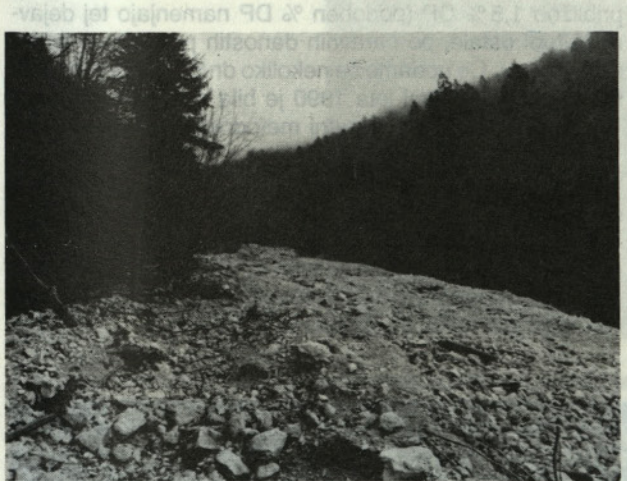
največji skalni bloki naberejo na čelu lave in po sredini toka, kjer je hitrost največja. Na ta način oblikujejo po sredini nekakšen greben, na čelu toka pa skalni val, kar daje taki lavi še posebno strahoten videz.

Zaradi velike gostote kašaste gmote plava skalovje v blatu kot pluta na vodi in se tako najbolj grobe plavine razvrščajo spredaj kot falanga, medtem ko drobnejše kasnijo.

Sprva kaotično premešana masa se tako postopoma razvrsti v posamezne sestavine in se giblje v obratni zrnatostni sestavi kot pri posamičnem transportu, kjer prehitevajo drobnejše plavine. Ko pririne ta gmota v dolino, se tam pahljačasto razlije in zaustavi, pri čemer dospejo najdlje in se tam posedejo najdebelejše plavine, najbolj drobne pa ostanejo zadaj (skica 2).



Skica 2. **Razvrščanje plavin pri masovnem prenosu.**
Risal: M. Plešnar



Slika 2. **Brezovški graben – desni pritok Lukenjskega grabna pod Krvavcem: upadajoči val visoke vode je bil tako kratkotrajen in nagel, da ni uspela obnovitev posamičnega prenosa in je velik delež drobnih plavin še ostal odložen med debelejšimi**
Foto: A. Horvat – nov. 1991

Ko se taka lava razbremeni plavin v toliki meri, da zopet prevlada čista voda, začne ta v odloženi kašasti masi znova erozivno delovati, tako da začne najprej kopati v gmoti najbolj drobnih plavin pri vrhu naplavine in jih odplavljati v dolino. Če je vlečna sila te vode dovolj velika, odplavlja tudi bolj grobe, medtem ko največjega skalovja ponavadi ne more več premakniti.

Tako se postopoma s procesom posamičnega transporta sam od sebe obnovi prvotni red odlaganja plavin.

POSLEDICE MASOVNEGA PRENOSA PLAVIN

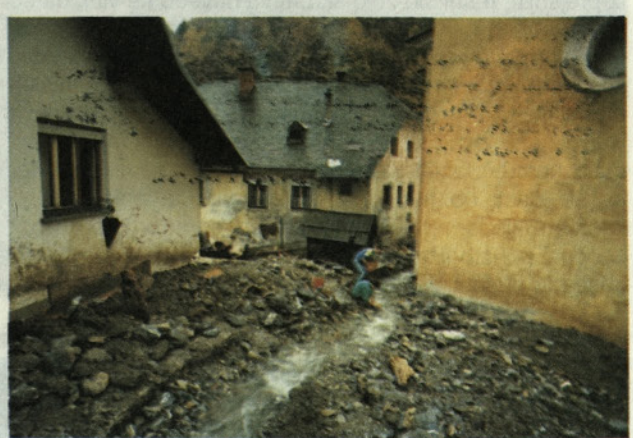
Masovni prenos plavin je nedvomno najhujša posledica hudourniških izbruhov. Njegovi uničujoči učinki se kažejo zlasti v

– ogromnem rušilnem učinku sorazmerno počasi tekoče blatne lave,
– pogosti verižni reakciji (nova zajezitev, ...) na dolvodnih odsekih hudournika in v širšem povodju,
– nenadnem velikem zvišanju dna struge na mestu zaustavitve masovnega prenosa in s tem povezanim poplavnim ali preplavnim učinkom hudournih voda,
– praktično popolni nemoči aktivnega ukrepanja v času trajanja pojava.

NEKATERI PRIMERI ŠKOD ZARADI MASOVNEGA PRENOSA PLAVIN

V arhivu slovenskih hudourničarjev je zabeleženo veliko hudourniških opustošenj, ki so bila posledica predvsem masovnega transporta plavin.

V znani vodni ujmi novembra 1990 so bili kot posledica rušilnega delovanja masovnega prenosa plavin v hudour-



Slika 3. **Sovivnik – lv. pritok Selščice v Skovinah (Železniki): na zidovih hiš in cerkve je vidno, do kod je segala blatna lava; lepo se vidi – po odloženih plavinah – tudi debelinska razvrstitev: po vrhu najdebelejše, proti globini (glej po obeh brežinah ob vodi) vse drobnejše**
Foto: P. Pejakov – 1990-11-02

niškem območju Savinje nad Ljubnim prizadeti zlasti Ljubnica, Trbiški graben, Prušnikov graben, Revsov graben, Lakovnikov graben, Rogačnik, Slapnikov graben, Brložnica, Lučka Bela, Lučnica nad Riharjem in Grobelskim vrhom, Lučnica nad Boltinovim travnikom. Iz enakega vzroka sta bila v isti ujmi hudo prizadeta tudi praktično celoten hudournik Bistričica in sama Kamniška Bistrica na odseku med Konjskim potokom in Stahovico.

Tudi drugod po Sloveniji so bili ob tej ujmi številni masovni transporti hudourniških plavin in velike posledične škode.

Ta pojav so na Slovenskem opazovali in v dokaj redkih primerih, ko ga je bilo možno predvideti, sistematično preprečevali že od ustanovitve hudourniške službe leta 1884 dalje. Omenimo le nekatere iz zgodovine slovenskega hudourničarstva najbolj znane primere:

- povodje Gradaščice:
  Mačkov potok 1924
  Žerovnikov potok 1926
  Gabršnikov potok 1926
- povodje Save Dolinke:
  Belca 1951
  Hladnik 1966
  Sedelčnik 1951
  Reka pod Krvavcem 1991
- povodje Drave:
  Josipdolski potok 1986
  Begantov potok 1986
  Trbonjska reka 1986, 1989
- povodje Soče:
  – Soča z Zapodnom, Limarico 1986
  Koritnica 1986, ...

OGROŽENOST SLOVENSKEGA PROSTORA ZARADI MASOVNEGA PRENOSA PLAVIN

Iz prejšnjih, resnično zelo skromnih navedb se vidi, da so v Sloveniji ob hudourniških izbruhih pojavi masovnega prenosa plavin zelo pogosti. Vzrok je v precej neugodni sestavi in geomehanskih lastnostih hribin v hudourniških območjih. Okrog 730.000 ha zemljišč v hribovitih predelih Slovenije, tj. približno 35 % njene celotne površine, zavzemajo namreč labilna ali pogojno stabilna zemljišča, kjer je, še zlasti ob hudourniških strugah, ta pojav stalno latenten. Nedomišljeni človekovi posegi v prostor in neugodna porazdelitev ekstremnih padavin pa pogojujejo obseg in pogostnost njegovega aktiviranja.

NAČINI PREPREČEVANJA MASOVNEGA TRANSPORTA PLAVIN IN OMILJEVANJA NJEGOVIH ŠKODLJIVIH POSLEDIC

Glede na razprostranjenost teh stalno latentnih pojavov v Sloveniji je razumljivo, da jih je skoraj nemogoče nadzorovati in tako tudi ne preprečiti. S preventivnimi ukrepi, katerih osnovo predstavlja stabilizacija potencialnih hudourniških žarišč s prečnimi zaplavnimi in stabilizacijskimi objekti v povezavi z biotehničnimi ukrepi, jih lahko omejimo le nekoliko v številu, več nam jih uspeva po jakosti.

Z zaplavnimi objekti, zlasti večjimi in s primerno uporabo naravnih razširitev ob hudourniških strugah lahko že sprožene hudourniške lave zaustavimo ali pa vsaj delno razbremenimo njihovo gmoto in tako omilimo njihov rušilni učinek. Pri lokacijah takih prečnih objektov moramo upoštevati potencialne preplavne oziroma poplavne učinke ob popolni ali delni zaustavitvi hudourniških lav. Takšno preventivno ukrepanje se je že mnogokrat izkazalo kot zelo uspešno (Bistričica 1990, Vuhredščica 1976, Brložnica 1990, ...). Poleg hudourničarskega preventivnega ukrepanja je pogoj za zmanjševanje škod po masovnih prenosih plavin tudi, da se pri načrtovanju vseh posegov v prostor ta naravni pojav upošteva kot izključujoči dejavnik pri določanju primernosti in pogojev različnih rab prostora. Opraviti imamo s stalno latentno nevarnostjo, zato je preventiva vedno cenejša od kurative. Red pri gospodarjenju s prostorom v hudourniških območjih je dolgoročni imperativ.

Potrebno je torej stalno preventivno ukrepanje, pogoj za to pa je tudi dolgoročno rešen sistem financiranja. Trenutno smo žal v popolnoma drugačnih razmerah, saj namenja Republika Slovenija za celotno vodnogospodarsko dejavnost neverjetno skromnih 0,12 % družbenega proizvoda, medtem ko znaša ta delež v sosedni Avstriji približno 1,5 % DP (podoben % DP namenjajo tej dejavnosti tudi ostale, po naravnih danostih primerljive evropske države). Če podamo še nekoliko drugačno primerjavo: škoda po vodni ujmi leta 1990 je bila ocenjena na nekaj več kot 20 % DP (po takratni metodologiji).

V ca. 165 letih torej ne vložimo v preventivo toliko, kot nam vzame eno samo večje neurje, ki prizadene le majhen delež tistega območja, kateremu je naša družba prav za ta namen odrezala tistih 0,12 % DP. Menimo, da povedo te primerjave same dovolj jasno, brez nadaljnjih komentarjev, kako gospodarimo v Sloveniji.

LITERATURA

Aulitzky, H.: Wildbachkunde. Wien, Inst. für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1975, 433 s.
Desio, A. et al.: Guida alla classificazione delle frane ed ai primi interventi – Commiss. interministerale per lo studio della sist. idr. e della dif. suolo. Roma 1971, 51 s., 26 s. skic.
Horvat, A.: Hudourne vode v Sloveniji, UJMA, Ljubljana 1987 (1).
Najdanović, N.: Mehanika tla. Gradj. knjiga, Beograd 1963, 295 s.
Strele, G.: Grundriss der Wildbach- und Lawinenverbauung (II. Aufl.), Wien 1950.
Wang, F.: Grundriss der Wildbachverbauung, Leipzig 1901, 480 s.
Zemljič, M.: Urejanje hudourniških območij (začasna skripta). GOBF, Ljubljana 1976–1980.
Vodna ujma, Slovenija – november 1990. Zbornik referatov. Slovenj Gradec, Gol. lik. um., 17. 1. 1991–7. 2. 1991, 87 s.

O SUŠI, DRENAŽI IN NAMAKANJU

UDK 626.84/.86

FRANCI AVŠIČ

POVZETEK

Kmetijska polja na dreniranih težkih tleh so rodovitna v mokrotnih in tudi sušnih razmerah. Za sušo so neprimerno bolj občutljiva lahka, prodno-peščena tla. Za namakanje v večjem obsegu ne bo mogoče zagotavljati vode iz naravnih vodnih virov, ampak bo potrebno shranjevati vodne presežke v akumulacijah.

ABOUT DRYNESS, DRAINAGE AND IRRIGATION

SUMMARY

Reclaimed and drainaged fields with heavy soils make agricultural production possible in dry and wet conditions. In fry seasons the soils with higher permeability (gravel, sand) are much more sensitive. It will be impossible to ensure enough water for irrigation from the natural water sources. It will be necessary to store water in reservoirs and accumulations.



Koruza ob melioracijskem jarku

UVOD

Letošnje izjemno sušno poletje je sprožilo številne očitke in dileme na račun melioracij kmetijskih zemljišč češ, da smo gradili vse preveč osuševalnih-drenažnih, ob tem pa premalo namakalnih-irigacijskih sistemov. Tako dreniranje kot irigacija sta hidromelioracijska ukrepa, ki naj bi uravnavala vodozračni režim v tleh, kar naj bi skupaj s še drugimi agromelioracijami zagotavljalo optimalne pogoje za rast in pridelavo hrane na kmetijskih zemljiščih.

Avtor:
Franci Avšič, dipl. gradb. inž., Maribor, Ljubljanska 1/A, Vodnogospodarsko podjetje Drava Ptuj

Razširjeno je dokaj zmotno in nestrokovno mišljenje, da je čezmerno dreniranje povzročilo čezmerno osušenost

zemljišč in seveda znane posledice za rastlinstvo in kmetijsko pridelavo. Drenirana so namreč težka, za vodo slabo prepustna in v naravnem stanju premalo zračna tla. S pomočjo ustreznega odvodnega sistema jarkov in drenaž, z globokim oranjem, krtičenjem in podrahljanjem dosežemo bistveno povečanje hidravlične prepustnosti tal in omogočimo odtok odvišne padavinske vode ter znižanje talne vode na tako raven, ki omogoča rastlinam uspešno rast.

Danes zraste na dreniranih poljih veliko hrane. Predvsem je pomembno poudariti, da je na takih poljih pridelava zelo stabilna. Rodijo uspešno v mokrotnih tleh, pa tudi sušo občutijo manj, kot drugi tipi tal zaradi svoje naravne sposobnosti sprejemanja in zadrževanja vlage v porah ter kapilarnega dviga. Lahka prodno peščena tla so sposobna zadržati malo vlage in jih nekoliko daljši izostanek padavin močno prizadene.

Kdor se je v letošnjem sušnem obdobju ogledoval po slovenskih poljih, je lahko opazil, da so sušo že v juniju čutili na prodno peščenih tleh Prekmurja, pa Ptujskega, Dravskega in Krškega polja. Že žitom je primanjkovalo vode v času zorenja. Še dosti bolj so bile prizadete koruze, krmne rastline in trave. Ob teh ravninskih predelih je bil izrazito izsušen gričevnat svet Slovenskih goric, Haloz ter drugih vinogradniških in sadjarskih gričev.

Neprimerno manj in kasneje so občutila sušo drenirana težka tla v Pesniški, Polskavski, Ščavniški dolini in drugod.



Pesnica je presušila

Tu so na primer koruze dozorele sicer bolj zgodaj, vendar v sorazmerno dobri kondiciji in z zadovoljivim pridelkom. Podobna ugodna slika je bila tudi na drugih kmetijskih kulturah. Prav ta težka, po naravi neprepustna tla z neurejeno odvodno mrežo pred melioracijo v veliki večini sploh niso bila primerna za kmetovanje.

Na lahkih tleh se izrazitejši izpadi pridelka zaradi suš pojavljajo približno na pet let, katastrofalnejši na deset let, manjši primanjkljaji lahko tudi vsako leto, pa vendar so ta polja veljala za našo tradicionalno žitnico.

Spomnimo se starega slovenskega kmečkega reka: suša vzame kos kruha, moča pa dva. Ob odločanju za melioracijo kmetijskih zemljišč je bila torej razumna odločitev za drenažo v prvem in namakanje v drugem koraku hidromelioracije. Nikakor pa to ni potrebno razumeti kot koraka, ki si morata slediti dobesedno in še na istih tleh in na isti njivi. Kot že rečeno, sodi drenaža na težka, namakanje pa predvsem na lahka tla. Tudi vse rastline niso enako občutljive za pomanjkanje vode in ne dajo enako ustreznega učinka. Tako namakamo predvsem hmeljišča, sadovnjake, sočivje, krmne rastline, travnike in podobno.



Provizorični namakalni zajem iz Polskave

Morda smo res z namakanjem preveč zaostali za drenažo, vendar je razvoj usposabljanja kmetijskih zemljišč tudi v sorazmerju z našim splošnim razvojem.

V primeru gospodarskih in agrotehničnih argumentov in zagotovitve financiranja za nadaljevanje ali pospešitev namakanja pa naletimo na vodnogospodarski problem zagotavljanja vode v ta namen. Rastlinstvo je namreč velik porabnik vode.

Žal so v sušnem času tudi vsi naravni vodni viri zelo siromašni, mnogi potoki in vodnjaki celo presušijo. Od vseh izstopa le reka Drava, ki ima tako srečen hidrološki režim, da je sorazmerno vodnata tudi v poznem poletju.

Zavedati se moramo, da bo potrebno za sistematično namakanje kmetijskih zemljišč zagotavljati vodo s shranjevanjem vodnih viškov v vodnih akumulacijah. Zaradi vse večje vrednosti zemljišč in zasedenosti prostora – tudi nenačrtnega – bomo lokacije za vodne akumulacije vse teže pridobivali. Morali bi pohiteti in zagotoviti vsaj opredelitev in rezervacijo še razpoložljivih akumulacij, ki jih je vodno gospodarstvo že načrtovalo, pa ni bilo dovolj posluha zanje ali pa zaupanja v stroko.

Velike naloge so pred nami, ob tem pa lahko trdimo, da je ureditev vodnega režima površinskih vod in vode v tleh pospešila gospodarski razvoj mnogih pomembnih slovenskih pokrajin, predvsem pa bistveno pripomogla k boljši obdelanosti polj, kar omogoča bistveno več doma pridelane hrane.

PROTIEROZIJSKA ZAŠČITA S PLETIVI IZ NARAVNIH (KOKOSOVIH) VLAKEN

UDK 551.311.2:677.181.075:627.61

FRANCI ROJNIK

POVZETEK

Avtor v uvodu na kratko obrazloži in razčleni problematiko v zvezi z erozijo zemeljske površine. V nadaljevanju so omenjeni posamezni primeri zavarovanja pred izpiranjem zemljin v vodarstvu. Nato je opisana možnost protierozijske zaščite z naravnimi pletivi: AQUASOL kokosove mreže in AQUASOL vlaknata pletiva, ki se v tujini že dlje časa uspešno uporabljajo. Uporaba le-teh v povezavi z vegetativnimi zaščitami predstavlja vsestransko zelo uporabno, naravi prilagojeno varovanje površin pred izpiranjem in odnašanjem zemljine. Omenjene so tudi raznovrste možnosti uporabe AQUASOL protierozijske zaščite pri gradnji cest in železnic, vodnih zadrževalnikov, pri sanaciji plazne erozije, gradnji smučarskih prog ter še na mnogih drugih področjih.

ANTIEROSION PROTECTION WITH NATURAL WEAVES

SUMMARY

In the introduction, the author briefly explains and analyses the problems connected to land surface erosion. Further on, he states individual examples of protecting earth against rinsing in hydrotechnic. Then he describes the possibility of antierosion protection with natural weaves: AQUASOL coconut net and AQUASOL fibbre randing, which, abroad, have been used for some time now. The use of the above mentioned together with vegetative protections represent universally useful, friendly to nature, preservation of surfaces against rinsing and sweeping away of earth. Also, the author mentiones variety of ways in which AQUASOL can be used as an antierosion protection while building roads and railways, water retensions, sanitizing landsliding erosion, building skiing slopes as well as on many other areas.

1.0. UVOD

Erozija zemeljske površine (izpiranje, izjedanje) je naravni pojav, ki je posledica mehanskega delovanja vode, ledu in vetra. Na področju Slovenije je največ škode zaradi erozije, ki jo povzroča delovanje tekoče vode, ki odteka bolj ali manj razpršena oziroma koncentrirana po površini ter v strugah vodotokov in odvodnikov. Zanemarljivo tudi ni izpiranje zemljin zaradi morskih valov na obali ter valovanja v naravnih jezerih in umetnih zajezbah. Erozije, povzročene z ledom in vetrom, je v primerjavi s prej omenjenima v našem okolju bistveno manj.

Intenzivnost erozije vode je odvisna najprej od povzročitelja, to je tekoče vode (hitrost in globina prelivajoče vode) oziroma moči valov, ter od odpornosti površine, ki je odvisna od nagiba, zrnavostne strukture in naravne zaščitenosti z vegetacijo (travniška ruša, koreninska prepletenost...).

Avtor:
Franci Rojnik, dipl. inž.
Vodnogospodarski inštitut Ljubljana

Erozijski procesi so negativni pojavi, zato se že od nekdaj poskuša na različne načine preprečevati, zaustavljati in zmanjševati erodiranje zemeljske površine. Veliko erozijskih procesov v naravi povzroči posredno človek, in to v veliko primerih z nesmotrnim odstranjevanjem vegetacije ter z gradbenimi posegi v okolje. Zato je potrebno veliko pozornosti posvetiti protierozijski zaščiti s poudarkom na preventivnih ukrepih, ki bodo nevarnost izpiranja zmanjševali na minimum oziroma bodo preprečevali erodiranje zemljin.

AQUASOL PROTIEROZIJSKA ZAŠČITA

Pri zemeljskih delih ob izvajanju vodnogospodarskih objektov in pri gradnji cest in železnic je veliko na novo nastalih površin (brežine, korit, nasipov, usekov...), ki so neodporne proti izpiranju tekoče vode. Bolj ko so tereni nagnjeni, večja je nevarnost erodiranja in odnašanja krovnih plasti ter s tem povzročanja velikih škod.

Za zavarovanje na novo oblikovanih zemljastih površin v prvem obdobju po izgradnji se v tujini že dalj časa uspešno uporabljajo mreže in rogoznice (pletiva) iz naravnih kokosovih vlaken (AQUASOL protierozijska zaščita).

Odvisno od odpornosti in ogroženosti zemljine se uporabljajo:

1.0. AQUASOL kokosove mreže, izdelane v dveh različnih gostotah, in sicer:

1.1. Kokosova mreža KGW 700 z velikostjo kvadratnih odprtin ca. 15/15 mm in težo 700 g/m^2. Pretržna sila je ca. 30 KN/m^2. Dobava v rolah 50/2 m.

1.2. Kokosova mreža KGW 400 z velikostjo kvadratnih odprtin ca. 30/30 mm in težo 400 g/m^2. Pretržna sila je ca. 20 KN/m^2. Dobava v rolah 50/2 m.

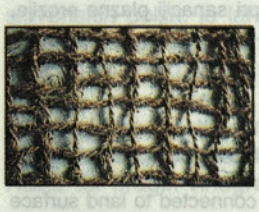
2.0. AQUASOL vlaknate rogoznice (pletiva) so izdelane iz kokosovih vlaken v kombinaciji z žitno slamo. Teža teh rogoznic je ca. 400 g/m^2. Vlakna so med sabo pomešana in prepletena ter z zunanje strani obdana s fino plastično mrežo 9/9 mm. Dobava pletiva je v rolah 50/2 m.

2.1. Kokosova rogoznica BTK iz samih kokosovih vlaken.

2.2. Rogoznica BTSK iz kokovosih vlaken in slame.

2.3. Rogoznica BTS iz žitne slame.

AQUASOL KOKOSGEWEBE



AQUASOL KGW 400
Flächengewicht: 400 g/m^2
Machenweite: ca. 30 mm
Reißkraft: ca. 20 kN/m^2
Lieferform: Rollen 2,0/50 m



AQUASOL KGW 700
Flächengewicht: 700 g/m^2
Maschenweite: ca. 15 mm
Reißkraft: ca. 30 kN/m^2
Lieferform: Rollen 2,0/50 m

AQUASOL FASERMATTEN



AQUASOL BTS Strohmatten
Flächengewicht: 400 g/m^2
Reißkraft: keine
Lieferform: Rollen 2,0/50 m



AQUASOL BTK Kokosmatte
Flächengewicht: 400 g/m^2
Reißkraft: keine
Lieferform: 2,0/50 m



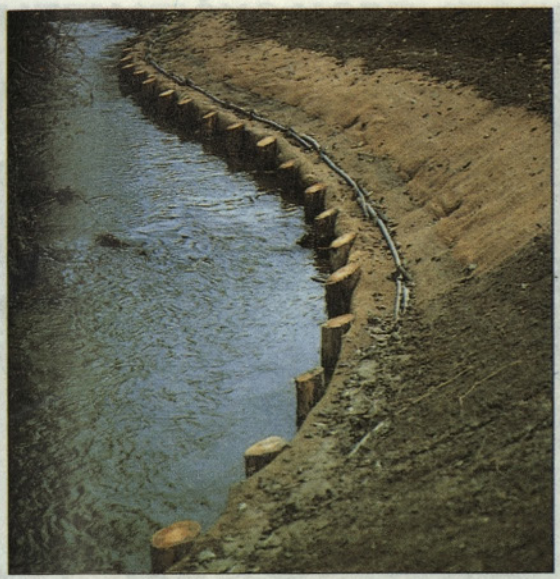
AQUASOL BTSK
Stroh-Kokosmatte
Flächengewicht: 400 g/m^2
Reißkraft: keine
Lieferform: Rollen 2,0/50 m

Bistvo AQUASOL protierozijske zaščite je varovanje ozelenitve v najbolj kritični začetni fazi. Neposredno po položitvi nudi protierozijska zaščita optimalno varovanje zemeljske površine in vegetacije. Tako se lahko koreninski sestav rastlin dobro razvije in s svojo prepletenostjo stabilizira vrhnji sloj zemlje. Na ta način se izognemo velikim erozijskim poškodbam v obdobju takoj po izvedbi določenih zemeljskih del. Po preteku enega ali dveh let, ko vegetacija že lahko prevzame vso zaščitno funkcijo, protierozijska pletiva niso več nujno potrebna. Ker so iz naravnih vlaken, počasi strohnijo v treh do desetih letih ter pri tem oddajo rastlinam nekaj dobrodošlega humusa. Močnejša pletiva, KGW 400 in še posebno KGW 700, se ohranjajo dlje časa ter še po formiranju koreninskih sestojev travnate ruše dodatno povezujejo – armirajo, dokler funkcije povezovanja tudi v globino ne prevzamejo korenine grmovne in tudi drevesne zarasti. Na ta način se omogoči razvoj solidne naravne vegetativne zaščite, ki v veliko primerih (predvsem pri vodotokih) nadomesti težke kamnite ali betonske obloge. Zaščitna pletiva, predvsem rogoznice, imajo velik dodatni pozitivni učinek, ker omogočajo hitrejšo kaljivost semen tako ob občasnih nižjih temperaturah (tudi slani) kot tudi v vročini, ko pletivo preprečuje preveliko izhlapevanje ter zadržuje vlago v tleh.

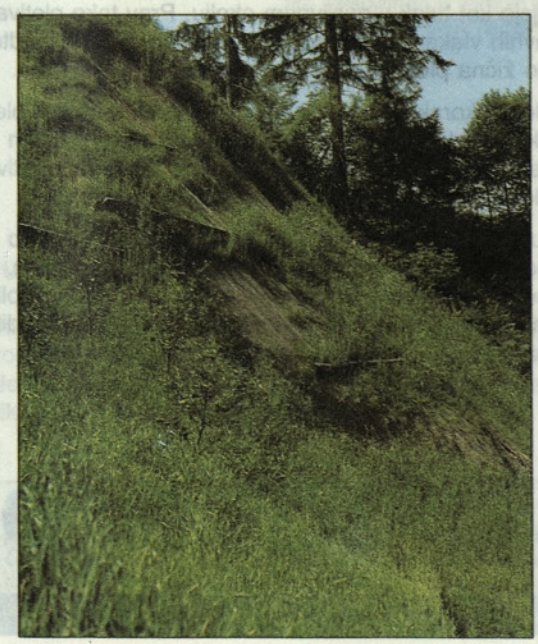
Polaganje protierozijskih pletiv ni zahtevno, vendar pa mora biti delo opravljeno vestno, z občutkom za izvajanje tovrstnih zavarovalno-vegetacijskih del. Ni nujno, da je površina, prek katere se polaga mreža, popolnoma ravna, vendar pa mora pletivo povsod nalegati na podlago. Z opisanimi zaščitnimi »mehkimi« pletivi tega ni težko doseči. Za pritrditev se uporabljajo v glavnem leseni količki premera 4 do 6 cm, dolžine 0,5 m, za pritrjevanje na trše podlage pa kovinski žeblji. Na stikih se robovi prekrivajo 15 do 20 cm, pri čemer je potrebno seveda upoštevati smer toka vode. Pritrditev 1 m^2 zahteva 1 do 4 količke, odvisno od podlage in pričakovanih obremenitev.

UPORABA AQUASOL PROTIEROZIJSKE ZAŠČITE V VODARSTVU

Zavarovanje brežin vodotokov se lahko izvede z različnimi oblogami iz kamna ali kamna, povezanega z betonom ter z vegetativnimi zaščitami, kot so: travnata ruša, vrbovi popleti, preproge, potaknjenci in fašine. Za stabiliziranje ostalih strmih površin ob vodotokih, erodiranih zaradi površinskega odtoka (ki so ga povzročili intenzivni nalivi) ali so zaradi namočenosti splazele, pridejo v poštev predvsem intenzivne zatravitve v kombinaciji z drugimi vegetativnimi zaščitami. Primeri (glej slike!)



Ena od največjih pomanjkljivosti rastlinske protierozijske zaščite je slaba odpornost v prvih dveh letih po izvedbi. Prav zaradi tega se brežine strug zavarujejo do večje višine s kamnitimi oblogami, da se izognemo nevarnosti odnašanja neutrjene zemljine ob nenadnem nastopu visoke vode kmalu po končani gradnji. To nadvišanje kamnitih oblog je možno nadomestiti z ustrezno protierozijsko zaščito iz naravnih kokosovih pletiv (na primer KGW 700), ki varuje predhodno posejano vegetacijo. Na ta način se prihrani del stroškov, potrebnih za vgradnjo težkih oblog, po drugi strani pa se izognemo prevelikim kamnitim površinam, ki so manj sprejemljive z naravovarstvenega stališča.



Naravna pletiva kot protierozijska zaščita se polagajo v tistem območju profila, ki ni pod vplivom stalne vode, to je tam, kjer so pogoji za obrežno vegetacijo; zato je stabilizacijo nožice potrebno izvesti s kamnom, lesenimi oblicami in koli ali katerim od klasičnih načinov utrditve nožice.

Pri izbiri vrste pletiva za zaščito erodibilnih brežin in drugih površin ob vodotokih je potrebno upoštevati naslednje kriterije: kakovost tal, pričakovane obremenitve (hitrost, vode, globina...), nagib brežin in dolžina v smeri padnice ter klimatske razmere. Za zavarovanje izpostavljenih delov brežin vodotokov pri večjih padcih je najbolj smotrna uporaba kokosove mreže KGW 700. Za ozelenitve manj izpostavljenih delov strug (konveksni bregovi) in za zavarovanja korit z majhnim padcem pa je možno uporabljati pletiva KGW 400 ter tudi rogoznice BTK in BTSK. Posebno pri ureditvah nižinskih vodotokov je možno precejšnji del težkih oblog iz kamna nadomestiti z vegetativno zaščito v kombinaciji z naravnimi pletivi.





Zelo primerna je uporaba mrež KGW 700 in 400 pri sanacijah lokalnih erozijskih zajed naravnih vodotokov, pri utrjevanju brežin v območjih hudourniških pregrad, kjer ima hitra rastlinska stabilizacija velik pomen. Veliko možnosti za uporabo teh naravnih pletiv je pri sanacijah usadov in plazov, kjer je potrebno v najkrajšem času izpostaviti vegetativno stabilizacijo površine (KGW 400,

BTK, BTSK). Tudi pri ozelenitvah nasipov vodnih zadrževalnikov, predvsem v višjih legah, kjer je krajša vegetacijska doba, je uporaba naravnih pletiv pomembna.

UPORABA AQUASOL PROTIEROZIJSKE ZAŠČITE NA DRUGIH PODROČJIH

Poleg uporabe v vodarstvu so prav tako velike možnosti zavarovanja z naravnimi kokosovimi pletivi pri gradnji cest in železnic. Povsod tam, kjer so velike površine nasipov in usekov izpostavljene erodiranju površinske vode, je mogoče te negativne pojave odpraviti s protierozijskimi pletivi iz naravnih vlaken. Pri zavarovanju nasipov je možna uporaba pletiv KGW 400 ter BTK, BTSK in tudi BTS, medtem ko so pri zavarovanju usekov bolj uporabne mreže KGW 400, KGW 700 pa pri strmejših in višjih usekih.



Velike možnosti uporabe AQUASOL protierozijske zaščite so še na drugih področjih nizke gradnje in urejanja prostora. V gozdarstvu je uporaba teh zaščitnih naravnih pletiv možna pri gradnji gozdnih cest, pogozdovanju golih hribovskih arealov, pri omejevanju alpske erozije ter pri ozelenitvah strmih planinskih pobočij. Prav tako je ta zaščita zelo primerna v rudarstvu in pri zavarovanju deponij. Možnost uporabe kokosovih pletiv je tudi pri



gradnji rekreacijskih in športnih objektov, predvsem pri zatravljanju smučarskih prog, stabilizaciji skakalniških doskočišč in strmih terenov v okolici takšnih objektov. Poleg naštetih možnosti uporabe obstajajo še drugi primeri, kjer naravna pletiva omogočajo hitro in kakovostno ozelenitev.

SKLEP

Podobno funkcijo zaščite se doseže tudi z drugimi pletivi, kot so različne plastične in kovinske mreže. Prednost kokosovih pletiv pred drugimi je v tem, da so določenem času strohnijo, ker so iz naravnega materiala. Zato tudi v začetni fazi, ko imajo vso stabilizacijsko funkcijo, ne delujejo kot tujek v naravnem okolju. Prav tako pletiva iz naravnih vlaken ne povzročajo poškodb divjadi, medtem ko so žična pletiva tudi v tem smislu manj primerna.

Naslednji korak pri uvajanju protierozijskih naravnih pletiv je ekonomska primernost uporabe pri nas. Pri tem bo treba realno ovrednotiti vse pozitivne in tudi negativne učinke poleg golih stroškov, nabave in polaganja.

Za urejanje v sestavku navedenih erozijskih del so na razpolago različni materiali in različni načini ureditev. Pri primerjavi posameznih variant je potrebno poleg golihe ekonomskih kazalcev v bodoče bolj upoštevati ureditve in materiale, ki so naravi bolj prijazne.

aquasol

MATEMATIČNO MODELIRANJE TOKOV IN DISPERZIJE HRANIV V BOHINJSKEM JEZERU

UDK 532.57:519.87

RUDI RAJAR, MATJAŽ ČETINA

POVZETEK

Tudi v Bohinjskem jezeru kažejo meritve znamenja mezotrofnosti. Eden od nujnih korakov pri iskanju optimalnih ukrepov za izboljšanje kakovosti vode je določitev poteka tokov in širjenja hraniv v jezeru. To smo izvršili s tridimenzionalnim matematičnim modelom, ki smo ga prej verificirali z meritvami površinskih tokov v naravi.

Simulacije smo izvršili za pomladne, poletne in jesenske razmere (različna toplotna stratifikacija) ter za brezvetrje, vzhodni in zahodni veter. Izvore hraniv smo upoštevali ob vikendih pri Savici, v avtocampu in na poljih pri Stari Fužini.

Rezultati kažejo, da že šibak veter (1–2 m/s) spremeni sliko cirkulacije zaradi samega pretoka. V času poletne stratifikacije v vertikalnem prerezu nastaneta ob vetru dva ločena vrtinca, ki skoraj preprečujeta ozračevanje spodnjih slojev. V pozni jeseni pa nastane en sam vrtinec do dna, ki omogoča izmenjavo kisika.

MATHEMATICAL MODELLING OF CIRCULATION AND DISPERSION OF NUTRIENTS IN BOHINJ LAKE

SUMMARY

Some measurements show first signs of mesotrophic state in Bohinj lake. In order to find optimal measures for water quality improvement it is necessary to determine water circulation and dispersion of nutrients in the lake. For this purpose, a three-dimensional mathematical model initially verified and calibrated by surface flow measurements in the lake was used.

The flow simulations were performed for different vertical heat stratification conditions in spring, summer and autumn with no wind and characteristic eastern and western winds. The nutrient impacts from cottages near the Savica river inflow, from Ukanc autocamp and agricultural land near Stara Fužina village were taken into account.

The results show that even weak wind (1 to 2 m/s) is sufficient to change the circulation caused by the discharge through the lake only. In summer conditions of strong stratification, two separate vortexes are established in vertical cross-section which almost prevents the aeration of lower layers. However, in late autumn good oxygen exchange is possible due to only one established vortex form the surface to bottom.

1. UVOD

Bohinjsko jezero je naše največje jezero (s prostornino okrog 100 milijonov m^3) in je gotovo tudi eno od naših najlepših gorskih jezer. Slika 1 kaže morfološke karakteristike jezera in glavne dotoke in iztok.

Avtorja:
prof. dr. Rudi Rajar, dipl. gradb. inž. in asist. dr. Matjaž Četina, dipl. gradb. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo in geodezijo, Laboratorij za mehaniko tekočin, Ljubljana

Jezero leži v zaščitenem področju in gradnja ob njem je omejena. Poleg tega ima razmeroma velik pretok, saj je izmenjalni čas okrog tri mesece (Blejsko jezero ima izmenjalni čas ca. 3 leta). Kljub temu pa se kakovost jezerske vode v zadnjih letih slabša. Prvo takšno resnejše opozorilo je omenjeno že leta 1977 v poročilu Varstvo voda v luči varstva okolja (1). Vrhovšek (2) je z meritvami fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov potrdil, da se že kažejo prvi znaki mezotrofnosti, predvsem je zaskrbljujoča vse večja količina fosforja v jezeru, ki prihaja v jezero s hranivi (glej pogl. 3).

Pri preučevanju kakovosti vode oziroma biokemičnih procesov v jezeru je zelo pomembno poznati hidrodinamične

pogoje oziroma gibanje vode v jezeru, saj to skupaj z difuzijo predstavlja glavni vzrok širjenja biokemičnih parametrov (poleg že omenjenega fosforja npr. še kisika, BPK5, alg, itd.). To ugotavlja tudi Vrhovšek (2).

Za določitev teh tokov in širjenja hraniv ali polutantov povsod v svetu uporabljajo matematične modele. Ti imajo namreč za take vrste problemov nekatere bistvene prednosti pred fizičnimi modeli, predvsem so cenejši. Fizični modeli često zaradi pomanjšanega merila tudi ne morejo dovolj natančno simulirati pojava turbulence in vplivov stratifikacije, kar pa bistveno vpliva na disperzijo polutantov.

2. OPIS MODELA IN NJEGOVO UMERJANJE

Za določitev poteka tokov in širjenja hraniv v jezeru ob različnih letnih časih in različnih vetrovih smo uporabili tridimenzionalni (3D) matematični model, razvit v Laboratoriju za mehaniko tekočin FAGG. Ker je bil model že večkrat opisan (3), (5), (6), podajamo tu le najosnovnejši opis.

Gibanje vode v modelu opisujejo kontinuitetna enačba in dinamične enačbe za vse tri prostorske smeri, zajeti so tudi glavni vplivi turbulence. Transport in disperzija polutantov sta opisana z dodatnimi konvekcijsko-difuzijskimi enačbami. Simulirano je tudi širjenje toplote (in v morju slanosti), to pa po enačbi stanja vpliva na gostoto vode. Ker ta povratno vpliva na gibanje vode, je upoštevan tudi pomemben vpliv stratifikacije na cirkulacijo.

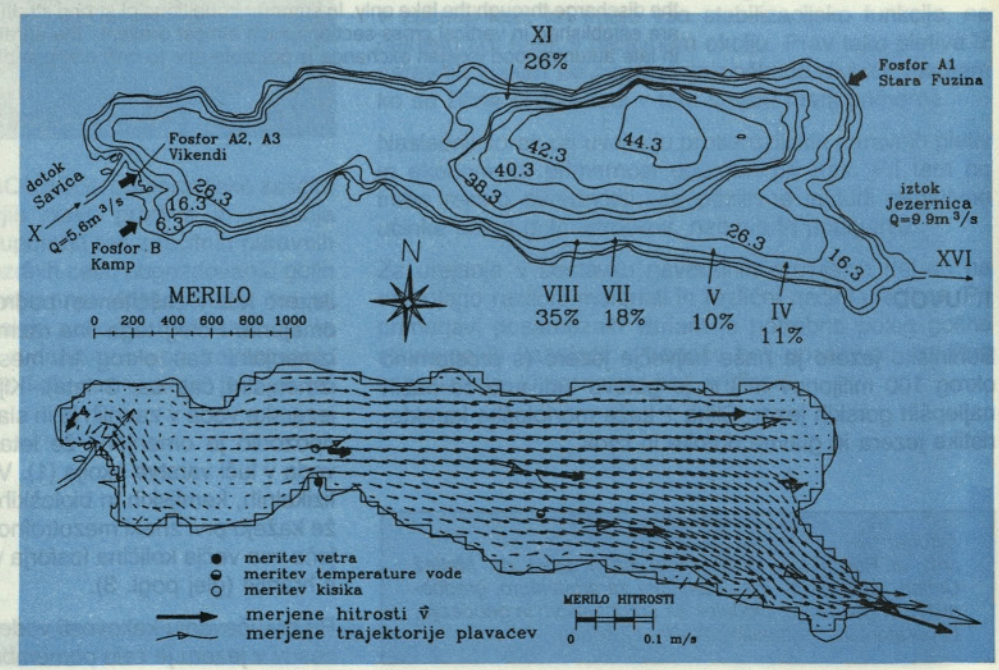
Za reševanje enačb uporabljamo t. i. metodo končnih volumnov, kjer razdelimo področje na večje število celic (kvadrov). Za Bohinjsko jezero smo uporabili 60 × 24 × 17 = 24.480 celic. Obliko obale in dna ponazorimo z izločanjem neaktivnih celic zunaj področja jezera.

Čeprav je v osnovi matematični model hidrodinamično natančno definiran, pa pojava turbulence še danes ni mogoče popolnoma simulirati z enačbami, zato je treba model navadno umeriti in verificirati s pomočjo kake meritve. Enako zahtevajo včasih ne dovolj poznani robni pogoji.

Za osnovno umerjanje modela smo 12. 7. 1989 izvedli meritve površinskih tokov v jezeru s plavači. Za določitev hitrosti plavačev smo njihovo lego fotografirali vsakih 10–15 minut z Vogla. Izmerili smo tudi pretok Savice pred vtokom v jezero s hidrometričnimi krili ($Q = 3{,}72\ m^3/s$), iztok iz jezera (Jezernica) pa smo dobili od HMZ na podlagi meritve na limnigrafu ($Q = 7{,}54\ m^3/s$). V dveh točkah (na mostu pri iztoku iz jezera in na polotoku Naklova glava) smo tudi merili smer in jakost vetra, ki pa je bil prek dneva zelo šibak (med 0 in 2 m/s) ter spremenljiv po kraju in času. Merili smo tudi temperaturo jezera po globini.

Slika 1b kaže izračunano hitrostno polje površinskih tokov ter primerjavo z meritvami. Ujemanje je kvalitativno v redu, saj se skladajo celo nekateri detajli, kot je vrtinec v skrajnem zahodnem delu jezera. Največji del razlik je nastal zaradi spremenljivega vetra, ki ni bil merjen po vsej površini jezra in zato njegovega vpliva nismo mogli natančno upoštevati v izračunih.

Zaradi omenjenih težav, predvsem pa zato, ker so bile merjene le površinske hitrosti, predvidevamo, da bomo v letu 1993 izvedli še eno meritev. S pomočjo barvila (traserja), ki bi ga izpustili v jezero s pretokom Savice, bi zasledovali tokove in disperzijo traserja po celi globini jezera. Ista metoda je bila zelo uspešno uporabljena na Blejskem jezeru leta 1982 (7).



Slika 1a: **Situacija Bohinjskega jezera z izobatami. Z rimskimi številkami so označeni dotoki, pretok je označen kot % razlike med dotokom Jezernice in odtokom Savice**

Slika 1b: **Umerjanje modela – primerjava računa in meritev**

3. PODATKI OBDELANIH PRIMEROV

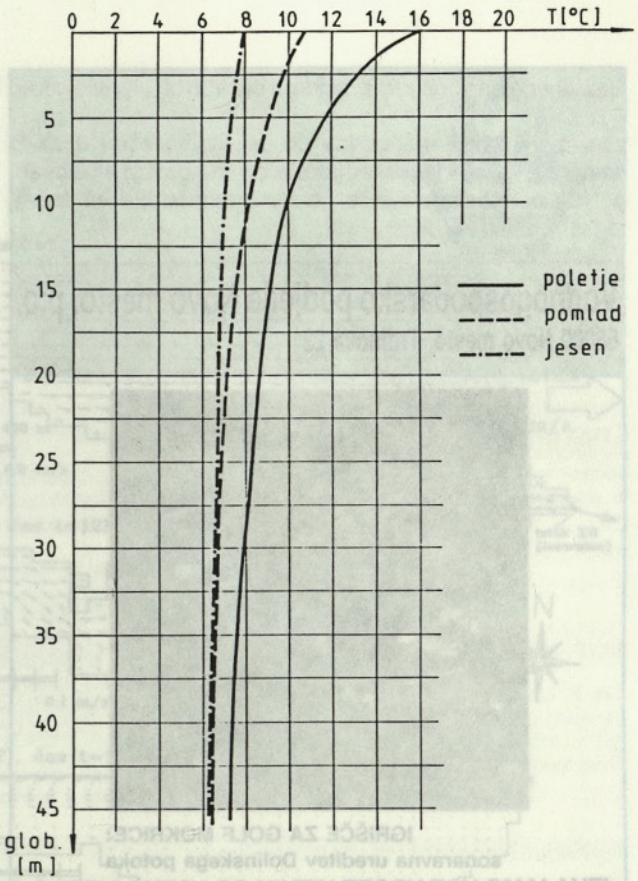
V vseh letnih časih smo upoštevali srednji letni dotok Savice $Qd = 5{,}6\ m^3/s$ ter iztok Jezernice $Qi = 9{,}9\ m^3/s$. Razlika gre na račun ostalih manjših dotokov, katerih odstotkovne prispevke je ocenil Vrhovšek (8) in so prikazani na prilogi 1a. Tu so glede na majhen vpliv na rezultate nekateri manjši dotoki že združeni v večje. V računih so upoštevane tudi merjene temperature dotokov.

Upoštevano porazdelitev temperature po globini v posameznih letih časih (pomlad, poletje, jesen) kažejo krivulje na sliki 2. Dobljene so bile kot povprečje meritev v treh točkah v jezeru, ki jih je leta 1986 izvedel Vrhovšek (2).

Za karakteristične vetrove smo upoštevali brezvetrje ter vzhodni in zahodni veter jakosti 3 m/s (poletje) in 5 m/s (v treh letih časih). Te vetrove smo kot najpogostejše določili na podlagi podatkov meritev na edini merski postaji v bližini Bohinjskega jezera v Stari Fužini (4).

Hraniva in s tem fosfor pritekajo v jezero s treh lokacij, ki so označene na sliki 1a: površinski dotok s polj in pašnikov pri stari Fužini (točka A1), dotok s podtalnico (v globini 2–4 m) iz vikendov blizu iztoka Savice (točki A2 in A3) ter površinski dotok iz kampa blizu hotela Zlatorog (točka B).

Širjenje hraniv iz točk A in B smo zaradi preglednosti simulirali kot dva ločena primera, in sicer za poletno situacijo pri brezvetrju ter vzhodnem in zahodnem vetru jakosti 3 m/s.



Slika 2: **Razpored temperature po globini v treh letnih časih**

PUH

PODJETJE ZA UREJANJE HUDOURNIKOV p.o.

61001 LJUBLJANA, HAJDRIHOVA 28
POŠTNI PREDAL: 319, TELEFON: (061) 154-333
ŽIRO RAČUN: 50101-601-23467



Dejavnost:

urejanje, vzdrževanje in spremljanje vodnega režima na hudourniških območjih in erozijskih površinah pri ohranjanju ravnovesnih razmer

z biološkimi ukrepi:
zatravitve, travne ruše, biotorkret, pogozditve, popleti

s tehničnimi ukrepi:
regulacije, kinete, pregrade, pragovi, jezbice, kamnometi, zložbe, zidovi (z gradivi: les, kamen, beton, betonski elementi – kašte, kanalete – žične mreže)

varstvo pred zemeljskimi in snežnimi plazovi
rekonstrukcije in gradnje gozdnih in makadamskih cest in mostov

izdelava tehnične dokumentacije in operativno izvajanje del

opravljanje uslug voznega parka, gradbene mehanizacije in mehanične delavnice

Vodnogospodarsko podjetje Novo mesto, p.o.
68000 Novo mesto, Trdinova 23



IGRIŠČE ZA GOLF MOKRICE:
sonaravna ureditev Dolinskega potoka

IZVAJAMO VSE VRSTE NIZKIH GRADENJ (UREJANJE VODOTOKOV, KANALIZACIJE, VODOVODI, PLINOVODI, UREJANJE OKOLJA, REVITALIZACIJE, PREMOSTITVE ITD.)

DELA PROJEKTIRAMO ALI PREVZAMEMO V IZVEDBO V OBLIKI INŽENIRINGA. NUDIMO TUDI SOFINANCIRANJE DEL

NUDIMO STORITVE Z GRADBENO MEHANIZACIJO

POPRAVLJAMO TEŽKO GRADBENO MEHANIZACIJO

GRADNJA PLINOVODA IN OBNOVA KOMUNALNIH NAPRAV V NOVEM MESTU



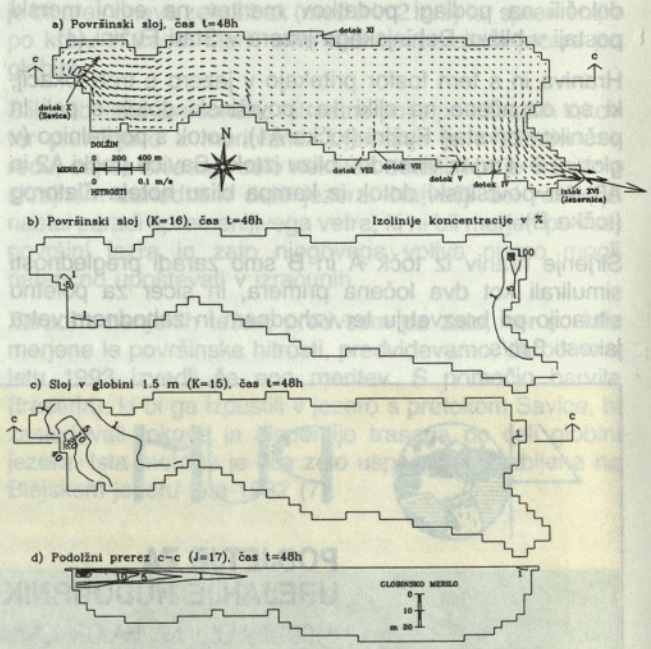
ZAVAROVANJE BREŽIN BAZENA HE VRHOVO



Hranivo (oziroma fosfor) smo obravnavali kot pasiven polutant, ki se mu masa s časom zaradi razgradnje ne spreminja (temu še najbolj ustreza totalni fosfor), poleg tega pa tudi ne vpliva na spremembo gostote vode. Njegovo koncentracijo v vodi smo podali v %, pri čemer smo privzeli fiktivno koncentracijo fosforja v dotočni vodi 100 %, saj gre samo za oceno smeri in hitrosti širjenja.

4. REZULTATI

Zaradi pomanjkanja prostora prikazujemo le nekaj najbolj tipičnih primerov. Ker stratifikacija bistveno vpliva na potek tokov, so prikazani (nekateri) rezultati za poletno stanje (najmočnejša stratifikacija) in jesensko stanje (skoraj brez stratifikacije).



Slika 3: **Poletne razmere in brez vetra**
a) Vektorji hitrosti; b), c), d) Širjenje hraniv iz Stare Fužine in iz vikendov v zgornjih dveh slojih in v prerezu

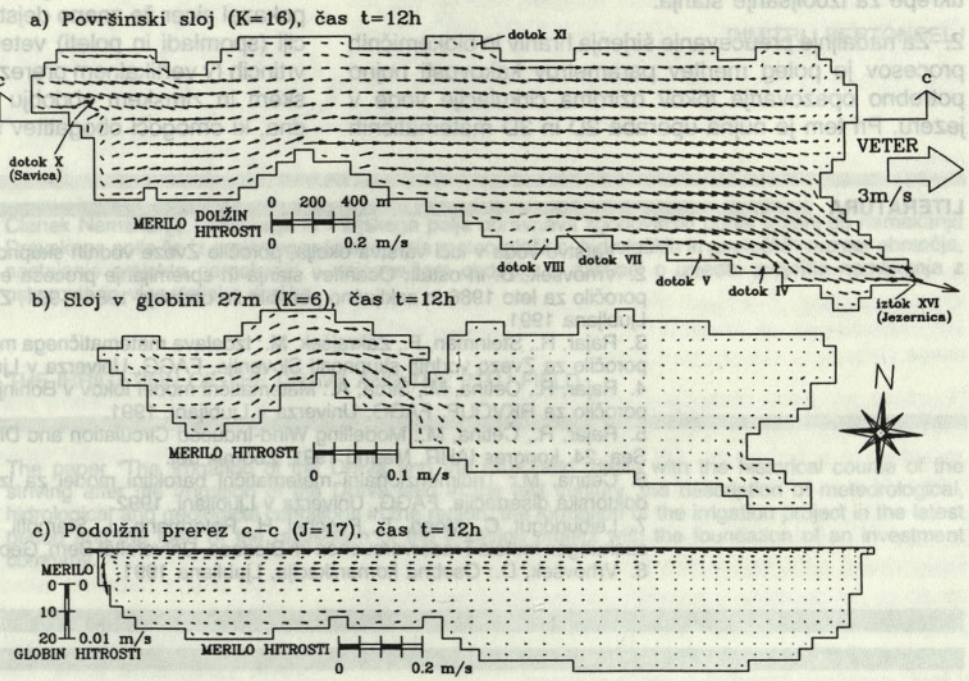
Slika 3a kaže tokove (vektorje hitrosti) v površinskem sloju za poletno stanje brez vetra. Nepričakovana je smer toka v zahodnem delu jezera proti dotoku Savice. Vzrok je v tem, da je temperatura dotoka Savice le 7,8 °C, medtem ko je temperatura površinskega sloja jezera (poleti) 16 °C. Zato je dotočna voda gostejša in se takoj potopi, zaradi kontinuitete pa se po površini voda vrača. Delno ta pojav kažejo tudi meritve, čeprav so vetrovi takrat spremenili smer gibanja vode. Povratni tok v skrajnem zahodnem delu jezera je enak, kot kažejo meritve, poleg tega pa je pojav potrdil tudi plavač, ki smo ga spustili po Savici v jezero: zaradi omenjenega povratnega toka je ves čas meritev (6 ur) ostal pri iztoku Savice v jezero.

Slike 3b, c in d kažejo širjenje hraniv po jezeru ob istih pogojih. Ker smo v Stari Fužini (vzhodni del jezera)

predpostavili, da ima (površinski) dotok vode s hranivi enako temperaturo kot vrhnji sloj jezera (16 °C), se ta vir širi v glavnem po površini. Izvir iz vikendov pa (po oceni) priteka s podtalnico s temperaturo 12 °C, zato se širi v glavnem pod površino (sl. 3d).

(»upwelling«), ki potisne hraniva iz vikendov na površino.

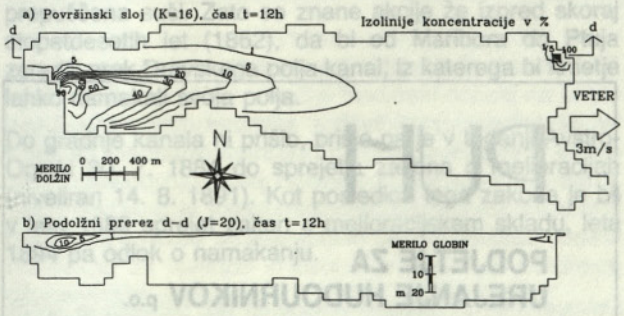
Slika 6 kaže cirkulacijo ob zahodnem vetru 5 m/s in v jesenskih razmerah, ko skoraj ni stratifikacije. Zanimivo je, da se v prečnem prerezu (slika 6c) sedaj ustvari en



Slika 4: **Vektorji hitrosti v poletnih razmerah in pri zahodnem vetru 3 m/s**

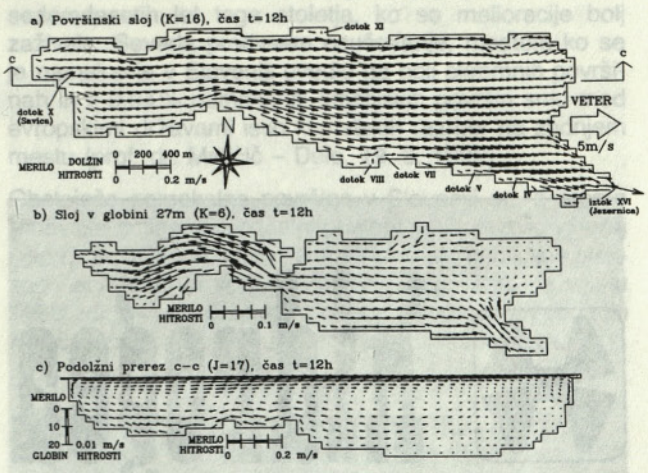
Slika 4 kaže še potek tokov ob zahodnem vetru 3 m/s. Vidi se, da vpliv vetra takoj prevlada nad vplivom dotokov, razen lokalno. Hitrosti na površini so v glavnem v smeri vetra, reda velikosti 5 cm/s (pri brezvetrju so hitrosti reda velikosti 1 cm/s).

V vertikalnem prerezu povzroči veter zaradi zelo močne stratifikacije dva vrtinca, ki sta nakazana na sl. 4c. Pri taki cirkulaciji površinska voda ne pride do dna in v poletnem času je preskrba globinskih slojev s kisikom slaba, prenos je le v zelo majhni meri prek difuzije z zgornjega na spodnji vrtinec.



Slika 5: **Širjenje hraniv iz Stare Fužine in iz vikendov v poletnih razmerah in pri zahodnem vetru 3 m/s**

Slika 5 kaže širjenje hraniv ob zahodnem vetru 3 m/s. Zaradi kontinuitete nastane ob zahodni obali vzgorni tok sam vrtinec do dna. Tako se na srečo v poznojesenskih in zimskih mesecih voda v jezeru lahko »obrne« in globinski sloji se obogatijo s kisikom. Ta pojav meritve v Bohinjskem in tudi drugih jezerih potrjujejo, kar lahko štejemo še za eno verifikacijo opisanega matematičnega modela.



Slika 6: **Vektorji hitrosti v jesenskih razmerah in pri zahodnem vetru 5 m/s**

5. SKLEPI

1. Opazovanja in meritve so pokazale, da voda Bohinjskega jezera ni več oligotrofna. Nujno je treba preučiti vzroke škodljivih procesov v jezeru in predlagati optimalne ukrepe za izboljšanje stanja.

2. Za nadaljnje preučevanje širjenja hraniv in biokemičnih procesov je poleg meritev parametrov kakovosti nujno potrebno opazovanje tokov oziroma cirkulacije vode v jezeru. Pri tem je nujna uporaba 2D in 3D matematičnih modelov. Z dopolnjevanjem osnovnih hidrodinamično-disperzijskih modelov je do neke natančnosti možna tudi simulacija biokemičnih procesov.

3. V članku je prikazana cirkulacija vode in hraniv v jezeru v treh letnih časih in ob glavnih vetrovih. Model je pravilno pokazal sicer že znano dejstvo, da ob močnejši stratifikaciji (spomladi in poleti) veter povzroči cirkulacijo v dveh vrtincih (v vertikalnem prerezu), medtem ko v poznojesenskem in zimskem obdobju nastane en sam vrtinec do dna, ki omogoči obogatitev spodnjih slojev s kisikom.

LITERATURA

1. Varstvo voda v luči varstva okolja, poročilo Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Ljubljana 1977.
2. Vrhovšek, D. in ostali: Ocenitev stanja in spremljanje procesa evtrofizacije v Bohinjskem jezeru, poročilo za leto 1986 in zaključno poročilo za obdobje 1986–1991, Zveza vodnih skupnosti Slovenije, Ljubljana 1991.
3. Rajar, R., Steinman, F., Zakrajšek, M.: Izdelava matematičnega modela tokov v Bohinjskem jezeru, poročilo za Zvezo vodnih skupnosti Slovenije, FAGG, Univerza v Ljubljani, 1990.
4. Rajar, R., Četina, M., Širca, A.: Matematični model tokov v Bohinjskem jezeru (II., zaključna faza), poročilo za RKVOUP, FAGG, Univerza v Ljubljani, 1991.
5. Rajar, R., Četina, M.: Modelling Wind-Induced Circulation and Dispersion in the Northern Adriatic Sea, 24. kongres IAHR, Madrid 1991, Zbornik del.
6. Četina, M.: Tridimenzionalni matematični baroklini model za izračun tokov v jezerih in morju, doktorska disertacija, FAGG, Univerza v Ljubljani, 1992.
7. Leibundgut, C., Moeri, T., Peschel, H., Petermann, J., Stampfli, M., Waelti, R.: Strömungsuntersuchungen mittels Tracerversuchen im Bledsee, Universität Bern, Geographisches Institut Bern, 1983.
8. Vrhovšek, D.: Osebna komunikacija, Ljubljana 1991.

hidrogea

PUH

PODJETJE ZA UREJANJE HUDOURNIKOV p.o.

61001 LJUBLJANA, HAJDRIHOVA 28
POŠTNI PREDAL: 319, TELEFON: (061) 154-333
ŽIRO RAČUN: 50101-601-23467

NAMAKANJE DRAVSKEGA IN PTUJSKEGA POLJA

UDK 626.84

DIMITRIJ BERTONCELJ

POVZETEK

Članek Namakanje Dravskega in Ptujskega polja obravnava zgodovinski potek teženj po namakanju Dravskega polja še iz prejšnjega stoletja, opis meteoroloških, hidroloških in geoloških razmer območja, nastajanje projekta namakanja v najnovejšem obdobju in zamisel o izvedbi projekta namakanja z ustanovitvijo vlagateljske družbe.

THE IRRIGATION OF THE DRAVA AND THE PTUJ FIELD

SUMMARY

The paper "The Irrigation of the Drava and the Ptuj Field" deals with the historical course of the striving after the irrigation of the Drava field in the last century, the description of meteorological, hidrological and geological conditions in the region, the formation of the irrigation project in the latest period and the idea of the realisation of the irrigation project with the foundation of an investment company.

UVOD

Namakanje Dravskega polja se je že od nekdaj pojavljalo s površinskim preplavljanjem njiv in travnikov z ogonov pohorskih potokov, nižje ležeča zemljišča pa so bila prepuščena suši. Zato so znane akcije že izpred skoraj stopetdesetih let (1862), da bi od Maribora do Ptuja zgradili prek Dravskega polja kanal, iz katerega bi kmetje lahko namakali svoja polja.

Do gradnje kanala ni prišlo, prišlo pa je v tedanji Avstro-Ogrski 30. 7. 1884 do sprejetja zakona o melioracijah (niveliran 14. 8. 1891). Kot posledica tega zakona je bil v letu 1889 sprejet zakon o melioracijskem skladu, leta 1894 pa odlok o namakanju.

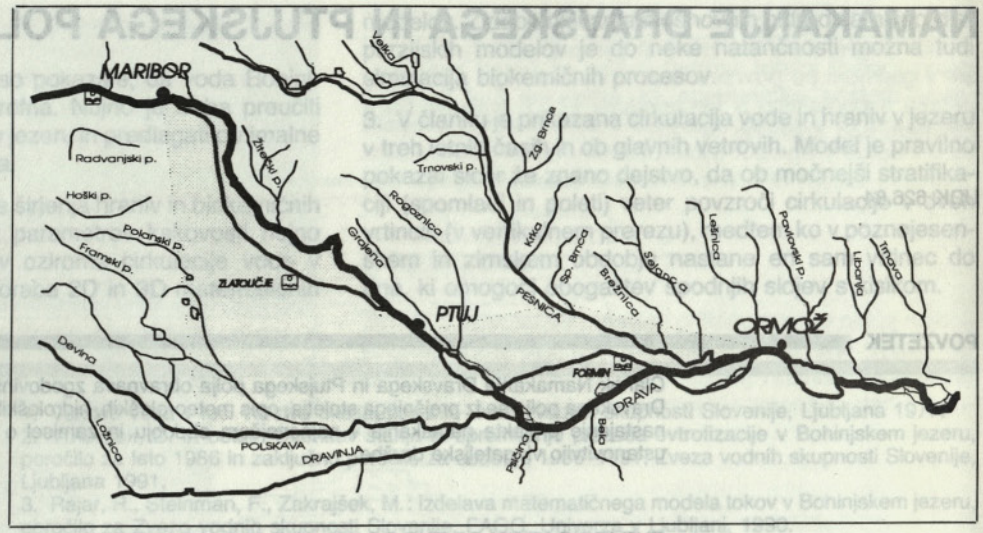
Avtor:
Dimitrij Bertoncelj, gradb. inž., Maribor, Dvořakova 10/b, Vodnogospodarsko podjetje Drava Ptuj, Vodnogospodarski sektor Maribor

Ponovno so ostale stvari bolj na papirju do začetka sedemdesetih let tega stoletja, ko so melioracije bolj zaživele. Seveda predvsem osuševanje, medtem ko se je namakanje v Sloveniji uvedlo na bolj skromnih površinah in z 0,94 % namakanih kmetijskih površin smo med evropskimi državami istih klimatskih razmer na zadnjem mestu (prof. dr. Matičič – Delo, 19. 9. 1992).

Obstoječe namakalne površine v Sloveniji so, z izjemo Vipavske doline, individualni pristopi posameznikov, torej niso organizirani v namakalne sisteme, ki bi bili kompleksno načrtovani in vodeni. Za tak pristop smo se v letu 1988 odločili pri takratnem Vodnogospodarskem podjetju Maribor za območje Dravskega in Ptujskega polja.

OPIS METEOROLOŠKIH, HIDROLOŠKIH IN GEOLOŠKIH RAZMER

Dravsko in Ptujsko polje leži v severovzhodni Sloveniji na območju povodja Drave, konkretno na območju njenega aluvialnega nanosa med Mariborom, Ptujem in Ormožem.



Shematski prikaz bruto površin Dravskega in Ptujskega polja

Površina celotnega območja znaša 220 km^2 ali 22.000 ha. Na tem prostoru se križajo različni interesi rabe prostora, za katere je potrebno določiti pogoje in možnosti, ki bodo omogočale optimalno sožitje v prihodnosti intenziviranih dejavnosti (kmetijstvo, vodooskrba, urbanizacije, komunikacije). Če odštejemo od celotne površine tiste, ki so zasedene z urbanizacijo, vode, prometno in drugo infrastrukturo ter površine v najožjih vodooskrbnih rezervatih, predvidevamo, da je za intenzivno kmetijsko rabo zanimivih okoli 15.000 ha. Od teh površin sta več kot dve tretjini v lasti zasebnih kmetijskih proizvajalcev.

Letne padavine na območju Dravskega in Ptujskega polja znašajo od 800 do 1200 mm z naraščanjem od Ormoža proti Ptuju in največ pod Pohorjem pri Mariboru oziroma v odvisnosti od meteorološkega leta. Od celoletnih padavin pade v vegetacijski dobi od aprila do oktobra v enaki odvisnosti kot letne padavine od 500 do 600 mm. Ta podatek je sicer navidezno zadovoljiv za rastlinstvo, vendar zaradi tankega humusnega pokrova nad debelo plastjo aluvialnega gramoznega zasipa ta voda hitro ponikne v podtalje (64 %) in rastlinam ostane v vegetacijski dobi le 225 do 332 l/m^2 (mm) dostopne vode.

Hidrogeološke raziskave, ki so bile v tem prostoru izvajane že prej, posebej pa v letih 1979 do 1985, so podale obsežne rezultate tako o geološki sestavi tal kot tudi o hidroloških razmerah podtalnice v tem prostoru. V okviru teh raziskav smo konec leta 1984 zgradili opazovalni lizimeter v Bohovi, s katerim merimo vertikalno bilanco padavin, odtoke in evapotranspiracijo. Na podlagi vseh teh podatkov in agronomskih analiz bo mogoče projektno in kasneje manipulacijsko definirati bilanco in potrebni razpored vode za namakanje.

Na podlagi rezultatov raziskav so v tej zvezi najznačilnejši hidrogeološki podatki naslednji:

– Na Dravskem polju, ki predstavlja 2/3 obravnavanih površin, znaša debelina aluvialne gramozne podloge pod tanko humusno plastjo 15 do 30 m, gladina podtalnice pod površino je na 5 do 19 m, debelina vodonosnika znaša od 5 do 16 m, povprečna letna količina pretoka podtalnice na celotnem prerezu Dravskega polja je ca. 3500 l/s, od te količine je že v eksploataciji za organizirano in individualno potrošnjo okoli 700 l/s, za predvidene razširitve obstoječih vodarn in gradnjo novih (Dobrovce, Prepolje ...) pa je treba rezervirati še 1000 l/s.

– Na Ptujskem polju z 1/3 površin obravnavanega območja znaša debelina aluvialnega gramoznega nanosa od 8 do 18 m, globina podtalnice pod površino je na 2 do 10 m, debelina vodonosnika pa znaša prav tako od 2 do 10 m, povprečna letna količina pretoka podtalnice na Ptujskem polju je ca. 800 l/s, od te količine se že uporablja za vodopreskrbo 100 l/s, za predvidene potrebe razširitve organizirane vodopreskrbe v novih vodarnah je treba rezervirati še 150 l/s.

Iz teh podatkov je razvidno, da preostaja v podtalnici Dravskega in Ptujskega polja zelo malo prostih kapacitet in bo treba zagotoviti vodo za namakanja predvsem iz površinskih vodotokov in akumulacij. Od površinskih vodotokov je najpomembnejša Drava, pri kateri je z vodnogospodarskim soglasjem za izgradnjo HE SD-1 Zlatoličje in HE SD-2 Formin koncesirana pravica uporabe vode iz dovodnih kanalov za potrebe namakanja v kmetijstvu 12 oziroma 5 m^3/s.

NASTAJANJE PROJEKTA NAMAKANJA

Pri obdelavi idejno-tehnične zasnove namakanja Dravskega in Ptujskega polja v celotnem opisanem območju so od bruto površin obdelovalci projekta upoštevali vse, predvsem pa klimatološke, pedološke in prostorske razmere in izdelali projekt namakanja na 6315 ha kmetijskih površin.

Usklajevanje in izvedbo določenih faz projekta je sprva vodilo Vodnogospodarsko podjetje Maribor predvsem s svojima tozdoma Hidrogradnje-inženiring in Vodnogospodarski biro, v zaključni fazi pa Vodnogospodarski biro Maribor z Vodnogospodarskim podjetjem Drava, Ptuj in Hidroing Maribor. Izdelovalci posameznih faz pa so bili

še Kmetijski zavod Maribor, Višja agronomska šola Maribor, Komunalni inženiring Maribor in Zavod za varovanje naravne in kulturne dediščine Maribor.

Projekt je bil končan in predan v revizijo in za realizacijo Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Slovenije v marcu 1991. leta.

Že med nastajanjem projekta smo predvsem v letu 1990 kontaktirali s takratnim Odborom za melioracije pri Republiškem sekretariatu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, da bi se projekt vključil v nacionalni program in bi se pričele izvajati posamezne faze projekta, vendar do tega ni prišlo. Istega leta 1990 smo prek Gospodarske zbornice za Podravje Maribor in Hidrogee Maribor posredovali animacijska gradiva za ta projekt za pridobitev sredstev mednarodnih skladov za razvoj EFTA, IBRD in italijanske firme Palomer. Vendar tudi tu ni bilo odziva.

ZAMISEL O IZVEDBI PROJEKTA NAMAKANJA

Pri Vodnogospodarskem podjetju Drava smo že v letu 1990 pričeli razmišljati, kako bi realizirali projekt na podlagi novih družbenoekonomskih in lastninskih odnosov. Zato smo pri Univerzi Maribor, Višji agronomski šoli v Mariboru naročili izdelavo elaborata Rentabilitetni račun uvedbe namakanja na 6315 ha kmetijskih zemljišč Dravsko-Ptujskega polja (prof. mag. Mikluš, april 1991). Po ugotovitvah, da bi se povečali hektarski donosi na enoto kulture od 20 % do 73 %, z izboljšano strukturo pa bi pridobili z namakanjem donosnejših kultur do trikratno (sladkorna pesa) ali celo do sedeminpolkratno (povrtnine) večjo proizvodnjo, pšenice pa manj, je kazalo realizirati projekt in izdelati organizacijski model podjetja-družbe (konzorcij) za izvedbo investicije in kasnejše delovanje namakalnega sistema.

Ob upoštevanju vseh tehničnih rešitev idejno-tehnične zasnove, rentabilitetnega računa ter zbranih podatkov o investicijskih in obratovalnih stroških smo skupno s firmo FORMA Celje (mag. Ulaga) izdelali oktobra 1991 strokovno gradivo za okvirno preučitev možnosti in pogojev za uresničitev projekta namakanja Dravskega in Ptujskega polja. Strokovno gradivo zajema poleg tehničnih povzetkov in splošnih ugotovitev ekonomske in poslovno-organizacijske vidike organizacije družbe za izvedbo projekta namakanja.

Investicijska vrednost celotnega projekta z upoštevanjem potrebnih vlaganj v stalna in obratna sredstva vključno z zagonskimi stroški znaša 35,896.660 DEM. V tem znesku so v višini 2,228.300 DEM predvideni stroški za projektiranje, vodenje inženiringa z vsemi upravnimi postopki in stroški prvega leta zaposlenih družbe. K zagonskim stroškom se doda še 3,157.500 DEM stroškov komasacij, ki so prav tako zajeti v celotni investicijski vrednosti.

Glede finančne zasnove družbe pa je v izdelanem modelu predvideno, da se oblikujejo trajni viri družbe z deleži 1 % (358.966 DEM) VGP Drava Ptuj, 65 % (23,332.829 DEM) Republika Slovenija, 20 % (7,179.332 DEM) drugi ustanovitelji in 14 % (5,025.533 DEM) kreditna sredstva.

Elaborat za uresničitev projekta namakanja zajema tudi obsežen pregled ekonomskih izračunov vlaganja, ekonomskih tokov delovanja družbe, donosnosti in učinkovitosti za petnajstletno obdobje. Vsi ti podatki slonijo na določenih predpostavkah, ki zagotavljajo sorazmerno nizko akumulativnost. Ob upoštevanju ugodnejših obrestnih mer, oprostitvi plačevanja stroškov za vodo (vodni prispevek), instaliranost energije, subvencioniranje kmetijskih sredstev in pridelkov pa lahko zaradi strateškega interesa države, da se pridela več lastne hrane, postane projekt še interesantnejši in dohodkovno zanimiv.

VODNOGOSPODARSKO PODJETJE DRAVA PTUJ p.o.

62250 Ptuj
Žnidaričevo nabrežje 11
p.p. 90, tel.: (062) 772-531
žiro rn.: 52400-601-10883
telefaks (062) 776-263

Vodnogospodarski sektor
62000 Maribor
Glavni trg 19c
tel.: (062) 29-051
telefaks (062) 222-117

ZNAČILNI VODOSTAJI MORJA V KOPRU

UDK 551.46.06

VANJA TONIN

POVZETEK

Vodnogospodarski inštitut Ljubljana je izdelal študijo značilnih vodostajev morja v Kopru na podlagi statistične obdelave podatkov o spreminjanju vodostajev, registriranih na mareografski postaji Hidrometeorološkega zavoda RS Ljubljana v Kopru v obdobju od 1958 do 1990. Rezultat teh obdelav so ugotovljeni ekstremni in srednji vodostaji, značilni za obravnavano obdobje. Z verjetnostno analizo teh rezultatov so bili izračunani pričakovani ekstremni vodostaji za različne povratne dobe. Analizirani so bili tudi spreminjajoči meteorološki pojavi ob nastopu ekstremnih vodostajev in razmerje med spreminjanjem vodostajev in spreminjanjem zračnega pritiska.

CHARACTERISTIC SEA WATER LEVELS IN KOPER

SUMMARY

Data on water level fluctuation, registered at the HMZ RS Ljubljana, mareograph station in Koper during the period 1958–1990 were statistically worked out by Water Management Institute, Ljubljana in the Study on significant water levels of the sea in Koper. The results of this work are extreme and mean water levels, significant for the discussed period. Expected extreme water levels for different return periods were calculated using probabilistic methods. Meteorological phenomena, attending yearly extreme water levels, and relation between water level changes and atmospheric pressure changes were analysed too.

1. OPISI IN DEFINICIJE POJMOV IN POJAVOV

Perioda površinskih valov se giblje v časovnem območju s spodnjo mejo, manjšo od desetinke sekunde, in zgornjo mejo, večjo od enega leta. Po Kinsmanu so valovi z največjo frekvenco **kapilarni** valovi, sledijo jim **ultragravitacijski** valovi, tem pa **gravitacijski** in **infragravitacijski** valovi. **Dolgoperiodični** valovi imajo periodo med 5 minutami in 24 urami. Več kot 24-urno periodo imajo **transplimski** valovi.

Z izrazom **nivo vode** označujemo srednjo višino vode v dovolj dolgem časovnem intervalu (≈1 min), da so izločeni vplivi visokofrekventnih valovanj gravitacijskega spektra površinskih valov. V naravi določamo nivoje vode z merjenjem višine vodne površine v umirjevalnem jašku. Vtok v jašek in iztok iz njega sta urejena tako, da so hitri odzivi zaradi gravitacijskih valov filtrirani.

Avtor:
Vanja Tonin, dipl. gradb. inž., Vodnogospodarski inštitut p.o., Ljubljana, Oddelek za pomorsko inženirstvo

Najpomembnejši delež pri tako merjenem spreminjanju nivoja vode ima **astronomsko plimovanje,** občasno pa povzročijo hujše motnje vplivi **nevihtnih sistemov: barični nevihtni valovi** (storm surge), **posredno gomiljenje valov zaradi vetra** (wave setup) in **lastna nihanja** (seishes), mnogo redkeje pa **potresi in plazovi** v morskem in obalnem prostoru (tsunamis).

Astronomsko plimovanje nastane zaradi gravitacijske privlačnosti med Mesecem, Soncem in rotirajočo Zemljo. Vsak dan nivo morske gladine koleba nad in pod nekim srednjim nivojem. Nivo vsakokratnega najvišjega vodostaja se imenuje **visoka voda,** najnižjega pa **nizka voda.** Običajno sta dve visoki in dve nizki vodi v enem plimskem ali lunarnem dnevu, ki traja približno 24 h 50 min. To je značilnost **poldnevnega tipa plimovanja.** Če se pojavi le ena visoka in ena nizka voda v enem plimskem dnevu, je **plimovanje dnevnega tipa.** Ponavadi obe visoki vodi v istem dnevu nista enaki. Zato ločimo **višjo (zenitsko) visoko vodo** in **(nadirsko) visoko vodo** v vsakem dnevu, za katerega je značilen poldnevni tip plimovanja. Razliko med njima imenujemo **dnevna višinska neenakost.** Podobno velja za nizke vode: v enem plimskem dnevu se pojavita ena **nižja nizka voda** in **ena nizka**

voda. Naraščanje gladine med nizko in visoko vodo se imenuje **plima,** upadanje med visoko proti nizki vodi pa **oseka.** Višinska razlika med visoko in nizko vodo se imenuje **amplituda plimovanja, perioda plimovanja** pa je čas, ki preteče med dvema zaporednima visokima vodama.

Dokazano je (1), da je plimovanje v Jadranu nesamostojno gibanje, ki ga vzbudi plimovanje v Jonskem morju. Ob plimi priteka v Jadran iz Jonskega morja skozi Otrantska vrata vsakih 12 h 25 min približno 16,5 km^3 vode, ki napreduje ob vzhodni jadranski obali, se v Severnem Jadranu obrne in vrača ob italijanski obali nazaj v Jonsko morje s hitrostjo med 300 km/h v Južnem Jadranu do 150 km/h v Severnem Jadranu. Vrednosti amplitud plimovanja v Jadranu so take, da v času **sizigija** prevladujejo poldnevne komponente, rezultirajoče plimovanje je takrat poldnevnega tipa, v času **kvadrature** pa enodnevne komponente, zato je takrat rezultirajoče plimovanje dnevno. Končni rezultat je **mešani tip plimovanja** v Jadranu, z izrazito dnevno neenakostjo v višini. Amplitude nihanj nivoja vode v Jadranu se povečujejo od juga proti severu, zato so navedene zakonitosti v Koprskem zalivu še posebno poudarjeno izražene.

2. MERITVE V KOPRU

Koprski mareograf, instaliran na mednarodnem pomolu pri Luški kapitaniji v Kopru, je bil višinsko navezan na stalno višinsko točko pri hotelu Triglav R5486. **Ničla mareografa** je bila na absolutni geografski koti –2,00 m. Meritve na koprski vodomerni postaji so potekale s krajšimi prekinitvami od leta **1958.** Rezultat meritev so **mareogrami,** ki jih je Hidrometeorološki zavod R Slovenije, Ljubljana kasneje obdelal tako, da so za vsak merski dan tabelarično podani nivoji vode ob vsaki polni uri, poleg tega pa še dnevni ekstremi visokih in nizkih vod in čas njihovega pojavljanja. Z nadaljnjimi obdelavami so bili izračunani še srednji dnevni nivoji, srednji mesečni nivoji, mesečni ekstremi in čas njihovega pojavljanja.

Že leta 1980 je Vodnogospodarski inštitut Ljubljana izdelal prvo **Študijo karakterističnih vodostajev morja ob slovenski obali,** ki je obravnavala vodostaje, izmerjene na koprski vodomerni postaji od začetka izvajanja meritev do leta 1979, to je v razdobju 22 let. V novi študiji **Značilni vodostaji morja v Kopru,** izdelani leta 1992, so zajeti vsi podatki predhodne študije in dodatno zbrani podatki o vodostajih v Kopru za obdobje 1980–1990, torej skupno za 33 let (1958–1990).

3. ANALIZA REZULTATOV MERITEV V KOPRU

3.1. Značilni vodostaji

Originalni letni mareografski zapis je dolg približno 17 m in je že zaradi svoje obsežnosti nepregleden za vsakodnevno rabo. Zato so bili na A4 formatu izdelani nivogrami višjih visokih in nižjih nizkih vod za posamezna leta. Za vsak dan je bila narisana le najvišja in najnižja voda. Analiza nivogramov znova potrjuje domnevo, da obdobjem izrazito visokih visokih vod sledijo obdobja izrazito nizkih nizkih vod in obratno.

Najvišja visoka voda je bila registrirana oktobra 1980, in sicer **370 cm.** Najnižja visoka voda **230 cm** je bila zabeležena marca 1959. Povprečna najvišja voda v opazovanem obdobju je znašala **329 cm.**

Vodnogospodarski inštitut
p. o.

Vodnogospodarski inštitut
61000 Ljubljana, Hajdrihova 28
telefon: (061) 210-812

Najnižja nizka voda je bila registrirana januarja 1960, in sicer 60 cm. Ta vrednost in vrednosti, ki so sledile, so podane v oklepajih, sicer brez pripomb, vendar ni zanesljivo znano, če ni bil v tem obdobju mareograf v okvari. V februarju je namreč sledila 14-dnevna prekinitev registracije. Kljub temu da podatek 60 cm močno izstopa od ostalih v nizu, je v tabelah in grafih zabeležen, v verjetnostnih izračunih pa ni upoštevan. Kot ekstrem najnižje nizke vode je upoštevan podatek iz leta 1989: **102 cm.** Povprečna najnižja voda v obdobju 1958–1990 je znašala **116 cm.**

Od rezultatov izračunov srednjih mesečnih in letnih nivojev morja na podlagi vrednotenja srednjih dnevnih vodostajev je najzanimivejša srednja vrednost letnih povprečij. Za obdobje 1958–1990 znaša **215 cm.** Ta vrednost naj bi ustrezala kot osnova za lokalno geodetsko ničlo.

Nivoji srednjih vod se gibljejo v zelo ozkem pasu. Najnižja srednja letna vrednost je znašala **207 cm,** najvišja pa **220 cm.**

Povprečna višina visoke vode v obravnavanem obdobju je znašala **248 cm,** kar je **33 cm nad srednjim nivojem morske gladine.**

Povprečna nizka voda je bila **182 cm** nad ničlo mareografa, kar je **33 cm pod srednjo gladino.**

Na podlagi povprečnih vrednosti visokih in nizkih vod v obravnavanem obdobju izračunana povprečna amplituda plimovanja je znašala **66 cm.**

3.2. Pogostnost pojavljanja vodostajev v izbranih, 20 cm visokih intervalih

Visoke vode so se pojavljale najpogosteje v višinskem intervalu **240 cm do 260 cm,** in sicer kar v **40 %** primerov. V **87 %** primerov se je nivo visoke vode gibal med **220 cm in 280 cm.** V **30 %** je bila nizka voda v območju **180 cm in 200 cm.** V višinsko območje **140 cm do 200 cm** nad mareografsko ničlo pade kar **91 %** vseh nizkih vod. V vseh letih je za visoke vode v intervalu od **240 cm do 260 cm** največ podatkov. Njihov delež se giblje v mejah

33 % do 47 %. Pri nizkih vodah je slika podobna. Največ, to je **25 % do 35 %** podatkov, se giblje v intervalu višin od **180 cm do 200 cm** nad mareografsko ničlo.

3.3. Verjetnostna analiza

Podatki o ekstremno visokih in nizkih vodah so bili obravnavani ekvivalentno visokim pretokom vode v rekah, z utemeljitvijo, da sta oba pojava v ekstremnih situacijah povezana z delovanjem meteoroloških vplivov. Uporabljene so bile iste statistične metode in iste teoretične distribucije kot za ekstremne pretoke. Za vsako leto je bila upoštevana le vrednost najvišjega registriranega nivoja vode v obravnavanem letu. Skladnost teoretične in empirične krivulje je dokaj dobra, iz česar sledi, da je teoretična distribucija pravilno izbrana. Iz rezultatov analize je razvidno, da enkrat v 100-letnem obdobju lahko pričakujemo visoko vodo na nivoju **381 cm** nad mareografsko ničlo, to je **166 cm nad srednjim nivojem** morja v Kopru, izračunanem na podlagi podatkov za leta 1958–1990.

Kot osnova za analizo visokih vod po mesecih so rabili podatki o najvišjih vodah v izbranem mesecu za vsako leto. S to analizo je bilo ugotovljeno, da lahko najvišje visoke vode pričakujemo v **novembru** oziroma širše gledano od **septembra do decembra.** Najnižje visoke vode pa nastopijo ponavadi v **avgustu** oziroma v obdobju od **junija do avgusta.**

Teoretične osnove in računski postopek za analizo letnih ekstremov nizkih vod je enak kot za visoke vode. Verjetno najnižja nizka voda, ki nastopi enkrat v 100 letih, je **99 cm** nad mareografsko ničlo, to je **116 cm pod srednjim nivojem vode** za obdobje 1958–1990.

Iz rezultatov verjetnostne analize pojavljanja ekstremno nizkih vod po mesecih je razvidna verjetnost, da najnižje nizke vode nastopijo v **decembru** oziroma v obdobju od **decembra do februarja.**

3.4. Spremljajoči meteorološki pojavi ob nastopu ekstremnih vodostajev

Analizirani so bili podatki iz dnevnikov opazovanj z meteorološke postaje Beli Križ, zbranih pri HMZ RS, Ljubljana za dneve pojavljanja letnih ekstremno visokih in nekaj primerov ekstremno nizkih vod v obdobju 1975 do 1990.

Analiza prevladujočih urnih smeri vetra, registriranih na Belem Križu v času 24 ur pred pojavom letne NVVV, kaže, da je skladno s pričakovanji veter najpogosteje pihal iz smeri od SSE do SE. Vetrovi iz južnega kvadranta narivajo vodo v skrajni severni del Jadrana, kar ima za posledico dvig vodne gladine ob obali plitvega Tržaškega zaliva in njegovih obrobnih delov. Če primerjamo le rezultate analize prevladujočih urnih smeri vetra, ne moremo mimo dejstva, da je zastopanost burje, to je vetra, ki je pihal iz smeri od ENE do NE, presenetljivo visoka. Podrobnejša analiza dogodkov, ko se je v dnevu pred nastopom letne NVVV pojavila tudi burja, pa kaže, da je bila jakost vetrov iz južnega kvadranta izrazito močnejša kot jakost burje. Veter v sunkih je dosegel moč 6–7° po Beaufortu, niso pa bili redki primeri, ko je bila moč vetra celo 8° po Beaufortu in več. Ob nastopu letne NVVV je bil zračni pritisk v vseh primerih nižji od normalnega in je v zadnjih 24 urah v povprečju upadal. V obdobju 1975 do 1990 le leta 1988 pojava letne NVVV ni spremljal dež. Intenzivnost in trajanje padavin je bilo zelo sprejemljivo: od ploh, ki so spremljale nevihte, do celodnevnega dežev anja spremenljive intenzivnosti.

Letna NNNV

Značilno je izrazito izstopanje burje, to je smeri vetra iz smeri NE, ki ji sledita smeri ENE in NNE. Skupno je veter iz smeri N do E zastopan kar s pogostnostjo **81 %.** Rezultati so skladni s pričakovanji. Burja odriva vodne mase iz Koprskega zaliva, nivo vode ob njegovi vzhodni obali, kjer je instaliran mareograf, upada. Jakost vetra je občasno dosegla moč 6–7° po Beaufortu, v posameznih primerih pa celo 8° po Beaufortu in več. Nasprotno kot v primeru nastopa letne NVVV so se vrednosti zračnega pritiska v 24-urnem obdobju pred nastopom letne NNNV večinoma gibale nad vrednostjo normalnega zračnega pritiska in so v povprečju naraščale. Kratkotrajen dež je spremljal pojav letne NNNV le leta 1990.

4. POMEMBNOST RAZISKAV FLUKTUACIJE MORSKE GLADINE IN SKLEPI

Srednji nivo morja, izračunan za daljše časovno obdobje, predstavlja **lokalno geodetsko ničlo.** Ta se običajno ne ujema z geodetsko ničlo državnega nivelmana.

Za vse **gradbene posege** v obalnem območju, tako v morju kot na kopnem, je poznavanje **lokalne geodetske ničle,** višinskih območij, v katerih se najpogosteje gibljejo visoke in nizke vode, registriranih in na tej podlagi izračunanih prognoziranih ekstremnih vodostajev morja, nadvse pomembno. Pri presoji velikosti objektov, ki naj ščitijo zaledne površine pred poplavljanjem, je ekstremnim nivojem visokih vod potrebno dodati še višine istočasnega delovanja valov iz gravitacijskega spektra valovanja.

Za določanje **plovnosti** in pravilno višinsko lociranje zemeljskih del za vzdrževanje plovnih poti so pomembne nizke vode in z njimi povezana **hidrografska ničla,** ki je pri nas definirana kot srednja nižja nizka voda v času živih morskih men (sizigija). Ta je tudi osnova za kartiranje globin na pomorskih kartah.

Vodnogospodarski inštitut
p. o.
Vodnogospodarski inštitut
61000 Ljubljana, Hajdrihova 28
telefon: (061) 210-812

Pri določanju **meja teritorialnega morja** je pomembna **osnovna ali izhodiščna linija,** ki je po definiciji iz konvencije o teritorialnem morju in zunanjem morskem pasu linija najnižje oseke vzdolž obale. S tem so povezane vse pravne definicije morja in obale.

Obalna linija je, načelno vzeto, črta, ki naj bi je morje nikoli ne prestopilo. Vzhodna obala Jadrana ima za obalno linijo privzeto **linijo srednjih visokih vod,** zato se redno dogaja, da morje to črto prestopi. Načeloma bi morala biti na pomorskih kartah označena **obalna linija** kot meja med morjem in kopnim. Dejansko pa obalna linija na pomorskih kartah Jadrana ni vrisana dosledno niti po zgornji definiciji, temveč je pogosto vrisan trenutni položaj morja iz aerofotogrametrijskih posnetkov, ponekod korigiran po vidnih sledovih visokih vod na položnih obrežjih. Če je obala položna, amplituda plimovanja pa velika, so odstopanja pomanjkljivo določene lege obalne linije od dejanske lahko znatna.

To je le nekaj najpomembnejših razlogov za trajno preučevanje nihanja vodostajev morja. Med njimi je gotovo najpomembnejše dejstvo, da je z analizo izmerjenih vodostajev mogoče prognozirati katastrofalne vodostaje za različne izbrane povratne dobe in s pravočasnim ukrepanjem preprečiti nastanek škode zaradi poplav.

Vsekakor je potrebno ne le nadaljevati redno merjenje vodostajev na slovenski Obali, ki ga izvaja Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, potrebno je poskrbeti tudi za vse nadaljnje obdelave in publiciranje rezultatov za javno uporabo. Za nadaljnjo analizo teh rutinskih obdelav pa je potrebno izvajati specializirane raziskave za razreševanje posameznih problemov, ki zadevajo gradbene posege v priobalni in morski prostor z dolgotrajnimi posledicami.

LITERATURA

1. Jovanović, B.: Izučavanje metoda mjerenja dubina mora, unapređenje obrade dubina i definiranja obalne linije sa hidrografskog, geodetskog i pomorskog gledišta. Doktorska disertacija. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1978.

2. Tonin, V., Kovačič, I.: Značilni vodostaji morja v Kopru. Študija. Naročnik: Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora Republike Slovenije. Ljubljana. Vodnogospodarski inštitut, p.o., Ljubljana, februar 1992.

POROČILO O DOSEDANJIH GRADBENIH SEJMIH V GORNJI RADGONI IN PRIPRAVE NA NASLEDNJI SEJEM OD 29. 3. DO 2. 4. 1993

Ideja o organizaciji gradbenega sejma v Gornji Radgoni je nastala na že tradicionalnem mednarodnem KŽ sejmu. Na KŽ sejmu je bilo namreč vedno več zanimanja tudi za projektiranje in izvedbo kmetijskih, stanovanjskih in drugih objektov. Tako je bil na iniciativo Gospodarskega razstavišča leta 1980 formiran pripravljalni odbor, ki je potem skupaj z Gospodarsko zbornico in Splošnim združenjem za gradbeništvo in IGM ugotovil, da obstaja potreba in da so dani pogoji za organiziranje specializiranega sejma gradbeništva in gradbenih materialov.

Leta 1981 je bil organiziran prvi Sejem gradbeništva v Gornji Radgoni po 20 letih. Pred tem je bil nazadnje organiziran v Ljubljani leta 1961. Pomurski sejem je tako po lokaciji kot tudi po obsegu sejemskih prostorov primeren za organizacijo specializiranih sejmov. Poleg 10.000 m^2 zaprtih razstavnih površin razpolaga še s 50.000 m^2 urejenih odprtih razstavnih prostorov in ima možnost za nadaljnjo širitev. To pa ga po skupnih razstavnih površinah uvršča med največje sejme v Sloveniji. Tudi sama lega ob meji z Avstrijo in bližina Madžarske ter prijetno turistično okolje je za sejem izredno pomembno. Razmeroma velike odprte razstavne površine omogočajo razstavo in demonstriranje srednjih in težkih gradbenih strojev. Dovolj prostora je tudi za ustrezne spremljajoče prireditve, kot so razna predavanja, posvetovanja, okrogle mize in forumi. Prav kongresnemu delu dajemo pri organizaciji specializiranih sejmov velik poudarek. Ob specializiranih sejmih namreč želimo, da bi se srečali predvsem strokovnjaki in poslovneži. To pa nam je zaradi dobro izbrane in vedno aktualne problematike strokovnih prireditev na dosedanjih sejmih tudi uspelo. Predavanja in posvetovanja, ki smo jih na šestih dosedanjih sejmih organizirali (prek 50), so zajela tako slovensko kot tudi evropsko problematiko v gradbeništvu. Posebno mesto pa je na sejmu imelo šolstvo, ki je predstavljalo program izobraževanja in tako v veliki meri prispevalo k uveljavitvi gradbeniških poklicev in s tem k ugodnejši izobrazbeni strukturi v gradbeništvu. Organizirana so bila tudi razna tekmovanja in natečaji – tako med osnovnošolsko mladino kot tudi dijaki in študenti gradbenih šol.

Število razstavljalcev, tako domačih kot tujih, je iz sejma v sejem naraščalo. Kljub velikim prizadevanjem na prejšnjih sejmih, da bi sodelovalo več podjetij iz ostalega dela Jugoslavije, so se sejma udeleževale pretežno slovenske firme in firme iz tujine. V bodoče moramo predvsem poskrbeti za udeležbo razstavljalcev iz zahodne in vzhodne Evrope. Pomembno mesto na sejmu gradbeništva pa ima preverjanje kakovosti in spodbujanje inovativne dejavnosti. Tako je bilo na sejmu organizirano ocenjevanje gradbenih materialov, konstrukcij in strojev, vodeni so bili posveti o inovativni dejavnosti, inovatorji pa so prejeli nagrade.

Sejem gradbeništva s svojim bogatim razstavnim in strokovnim programom ni postal samo srečanje gradbenih strokovnjakov, ampak je z 20 tisoč obiskovalci v letu 1991 pritegnil tudi širok krog zainteresiranih. Koncept sejma tudi v letu 1993 ne bo bistveno drugačen, le da bo struktura razstavljalcev zagotovo drugačna, kot je bila na dosedanjih sejmih, saj so se velika podjetja reorganizirala in nastalo je mnogo novih podjetij, ki se želijo predstaviti na sejmu gradbeništva v Gornji Radgoni.

Vsebina posvetov in predavanj je bila predstavljena na zadnji seji programskega odbora in zajema najaktualnejšo problematiko v gradbeništvu.

Naj na kratko omenimo samo nekatere teme:

- Posodobitev investicijske dejavnosti v Republiki Sloveniji.
- Poklicno in strokovno izobraževanje za gradbene poklice.
- Uporaba računalnika v gradbeništvu.
- Zagotavljanje kakovosti v gradbeništvu.
- Standardizacija v gradbeništvu.
- Gradnja in vzdrževanje cest v Republiki Sloveniji.
- Sončna vas, energetski in ekološki pomen gradnje novih stanovanjskih naselij.
- Uporaba ekološko prijaznejših, energetsko varčnejših ter ekonomičnejših materialov, tehnologij sistemov ali ukrepov pri gradnji, vzdrževanju in obnovi gradbenih objektov.
- Problemi namakanja v Sloveniji in komunalna problematika.
- Kaj lahko danes naredimo z nepravo arhitekturo.
- Hitra gradnja na področjih po posebnih razmerah.

Ob tem pa pripravljajo nekatere firme še predstavitve svojih proizvodnih programov.

Sejem gradbeništva v Gornji Radgoni od 29. 3. do 2. 4. 1993 bo torej ne samo pregled stanja v gradbeništvu Slovenije, ampak tudi usmeritev in vizija nadaljnjega razvoja.

Janez Erjavec

MEDNARODNA KONFERENCA O DRAVI

Konec maja leta 1992 smo v Mariboru, univerzitetnem mestu mlade države Slovenije, pripravili Mednarodno konferenco o reki Dravi. Udeležilo se je jo je skoraj 200 delegatov iz štirih srednjeevropskih držav, skozi katere teče reka in jih tako na samosvoj način povezuje. Reka Drava teče od Italije skozi Avstrijo, Slovenijo, Hrvatsko in po meji z Madžarsko.

Vrsta kakovostnih referatov je obravnavala predvsem ekološke vidike reke Drave in življenje v reki in ob njej. Seveda z nameni in jamstvi, da bi reko čim hitreje celovito zaščitili in ji vrnili karseda veliko nekdanjih naravnih značilnosti, ki so jih človekovi posegi vanjo v dokajšnji meri spremenili ali celo razvrednotili.

Udeleženci konference in prijatelji Drave, ki povezuje Alpe s Panonijo, sodimo, da je takšno interdisciplinarno obravnavanje reke vzorčen primer za to, kako je treba pereče ekološke probleme reševati celovito in v okvirih mednarodnega sodelovanja, pa v sozvočju s skupno strategijo, ki naj prepreči globalno ekološko katastrofo. A ne le prepreči, marveč prične vračati naravno okolje v prvobitno stanje, kolikor je to glede na razmah civilizacije pač mogoče. Skratka, konferenca o Dravi v Mariboru je slonela na sintagmi, po kateri naj človek ne posega v okolje, kolikor mu to omogočata njegovo znanje in tehnika, marveč le do tiste mere, ki še jamči ekološko ravnovesje oziroma visoko kakovost okolja.

V tem duhu je konferenca sprejela Deklaracijo o Dravi, ki je kratek povzetek ocene stanja reke in hkrati kažipot za njeno sanacijo, za njeno vrednotenje kot dragocenega in nepogrešljivega naravnega fenomena.

Predsednik predsedstva
Konference o Dravi
Dimitrij Bertoncelj

VSEM NARODOM DRŽAV, DEŽELAM IN OBČINAM NA POVODJU REKE DRAVE

DEKLARACIJA O DRAVI

1. Cilj deklaracije je podpora takemu gospodarjenju z vodami reke Drave, s katerim se v največji možni meri zadovoljujejo potrebe ljudi ob razumnem in sprejemljivem vplivu na okolje.

2. Kot celotno človeštvo morajo tudi ljudje v povodju Drave živeti v mejah zmogljivosti Zemlje. Pri uporabi naravnih virov, ki jih dovoljuje Zemlja, med katerimi je eden najpomembnejših voda, moramo najti tak način, ki spoštuje naravne meje.

3. Nov način življenja pri gospodarjenju z naravnimi dobrinami, ki ga razumemo kot smotrno rabo vode reke Drave in njenih pritokov, mora združiti načelo ohranitve narave in razvoj, ki bo omogočil ljudem, da živijo dolgo, zdravo in notranje bogato življenje.

4. Potrebno bo razviti multilateralno sodelovanje držav v porečju Drave, s katerim bomo dosegli dogovarjanje in usklajevanje stališč posameznih držav, pospeševali menjavo izkušenj s posvetovanji, publikacijami, izmenjavo izkušenj in strokovnjakov ter razvijali informacijske sisteme spremljanje sprememb v porečju Drave.

5. Podpisniki deklaracije predlagamo državam, da pri skupni politiki urejanja voda reke Drave, rabe voda in varovanja njene kakovosti spoštujejo obstoječe meddržavne pogodbe (Drava, Mura) do sprejema novih meddržavnih dokumentov.

6. Predlagamo, da iniciativo za izvajanje načel in predloga iz DEKLARACIJE O DRAVI prevzamejo vlade vseh držav v porečju Drave.

7. Potrebno je izdelati program za udejanjenje Deklaracije. Pri tem je potrebno vključiti javnost.

8. Za koordinacijo delovanja konference predlagamo ustanovitev Organizacijsko-koordinacijskega centra v Mariboru. Predlagamo, da se tudi v ostalih mestih držav v povodju Drave ustanovijo strokovne delovne skupine za posamezna strokovna področja.

Konferenca o Dravi se organizira vsako četrto leto v Mariboru. V vmesnih letih pa bodo strokovnjaki organizirali specializirana posvetovanja, ki bodo v mestih ob Dravi.

Maribor, 29. maj 1992

ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15

STROKOVNI IZPITI ZA GRADBENIŠTVO IN ARHITEKTURO TER PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNE IZPITE V LETU 1993

Rok	Mesec	A. seminar	B. izpit	
			pisni	ustni
I.	Januar	18.–22. januar	19. december 1992	11.–15. januar 1993
II.	Februar	15.–19. februar	30. januar	9.–12. februar
III.	Marec	22.–26. marec	20. februar	1.–5. marec
IV.	April	19.–23. april	27. marec	5.–9. april
V.	Maj	17.–21. maj	24. april	10.–14. maj
VI.	Junij		22. maj	7.–11. junij
	September	20.–24. september		
VII.	Oktober	18.–22. oktober	16. oktober	1.–5. november
VIII.	November	22.–26. november	20. november	6.–10. december
IX.	December	13.–17. december		

A. Pripravljalni seminar organizira **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE,** Ljubljana, Erjavčeva 15 (telefon: 061/221-587). Prijavo v obliki dopisa, skupaj z dokazilom o plačilu, pošlje plačnik stroškov seminarja. (Žiro račun: **50101-678-47602**)

B. Izpit organizira **ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ LJUBLJANA,** Dimičeva 12, Ljubljana. Informacije dobite pri inž. Grošlju preko telefona št. 061/342-671, od 10. do 12. ure.

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO
61001 Ljubljana, Jamova 2, p. p. 579

GV XXXXI • 11-12 POROČILA 27

PROBLEMI KAKOVOSTI VODE V MARINAH IN LUKAH S PRIMEROMA MARIN IZOLA IN KOPER

UDK 627.21:628.19

RUDI RAJAR

POVZETEK

Opisane so metode, ki jih uporabljajo v svetu za zmanjševanje onesnaževanja v marinah ter metode za zagotovitev zadostne izmenjave vode v njih. Podana je tudi enostavna metoda za določitev izmenjave vode, ki jo povzroči plimovanje. Dalje so prikazani izračuni cirkulacije in izmenjave vode s tridimenzionalnim matematičnim modelom za dve slovenski marini Izola in Koper.

THE PROBLEM OF WATER QUALITY IN MARINAS AND PORTS, ILLUSTRATED WITH SOLUTIONS IN MARINAS OF IZOLA AND KOPER

SUMMARY

Some measures for diminishing pollution in marinas are described, then methods for assuring sufficient "flushing" of marinas and harbours. A simple method for calculation of waterexchange due to tide in marinas is described. Further on simulation of velocity fields and of water-exchange by a three-dimensional hydrodynamic model for two Slovene marinas Izola and Koper is presented.

1. UVOD

Med svojim sedemmesečnim študijskim bivanjem v ZDA sem delal na gradbeni fakulteti Univerze Washington, Seattle. Ker povsod v ZDA še vedno veliko gradijo marine, profesorji hidrotehničnega odseka pa sodelujejo pri projektiranju, sem imel priložnost spoznati njihove metode, predvsem metode za zagotovitev zadostne cirkulacije znotraj marin in za zagotovitev kakovosti vode (ali kot to imenujejo »marina flushing« – izpiranje marin). Obiskal sem tudi nekaj že zgrajenih marin, kjer sem videl uporabo določenih metod. Spoznal sem tudi splošno problematiko na tem področju v ZDA, delno tudi njihove predpise. Čeprav tamkajšnjih razmer seveda ni mogoče naravnost prenesti v slovensko ali hrvaško okolje, pa so vendarle nekatere metode in načini reševanja zanimivi tudi za nas.

Drugod (1) sem opisal splošno problematiko gradnje marin, ekonomičnosti, vplivov na okolje, zaščito pred valovi itd. Naj omenim le to, da je jadralni šport v ZDA izredno popularen, saj ima svoje plovilo vsak petnajsti prebivalec, kar pomeni, da je v tej državi 15.000.000 jadrnic in čolnov – ter 10.000 marin. Zato je seveda že zelo težko najti ekonomsko in ekološko primerne lokacije za gradnjo novih marin.

Avtor:
Rudi Rajar, prof. dr. dipl. gradb. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo in geodezijo, Laboratorij za mehaniko tekočin

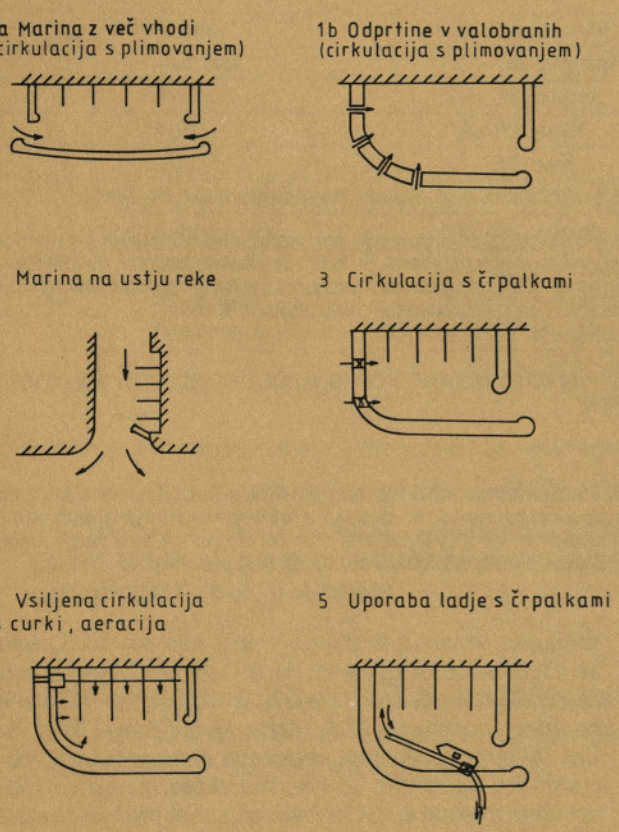
Tu opisujem le probleme kakovosti vode, predvsem v zvezi z dvema slovenskima marinama, od katerih je ena že v gradnji (Izola), druga pa je v projektu (Koper).

V ZDA posvečajo zagotovitvi primerne kakovosti vode znotraj marin največjo pozornost. V zvezni državi Washington upoštevajo kriterij, naj bi se 95% vode zamenjalo v petih dneh (19). To je razmeroma strog kriterij, ki pa ga v tem delu Amerike navadno ni težko zagotoviti, ker znaša plimovanje med 1.5 in 3 metre. Isti kriterij so že upoštevali tudi pri nekaterih marinah na hrvaškem Jadranu (17).

Primerno kakovost vode v marinah je možno zagotoviti na dva načina: aktivno z zadostno cirkulacijo vode v marini (»izpiranje marine«) in/ali s preventivnimi ukrepi – preprečevanjem onesnaževanja.

2. MOŽNI NAČINI IZPIRANJA MARIN

Možne načine za zagotovitev cirkulacije in izpiranja bi lahko razvrstili v naslednje skupine (dopolnjeno po lit. 17, glej tudi sliko 1):



Slika 1. Nekateri od možnih načinov izpiranja marin in luk (po lit. 17):

1. Cirkulacija s plimovanjem; 2. Izkoriščen je dotok rek; 3. Vsiljena cirkulacija s črpalkami; 4. Vsiljena cirkulacija in dovajanje kisika z aeratorji; 5. Uporaba ladij s črpalkami; 6. Uporaba valovne energije; 7. Uporaba posebnih valobranov; 8. Kemično čiščenje.

1. **Cirkulacija s plimovanjem.** Ta vrsta izpiranja se najčešče uporablja, ker je plimovanje v večji ali manjši meri povsod na razpolago, metoda pa je tudi med najbolj ekonomičnimi. Približna metoda ocene izmenjave vode s plimovanjem je opisana v poglavju 4. Tu je treba poudariti še naslednje:

Da bi plimovanje čimbolj izkoristili, moramo izbrati pravilno tlorisno obliko marine in/ali v valobranih predvideti dovolj velike in pravilno razporejene odprtine (slika 1a, b). S tem lahko izmenjavo vode izboljšamo, vendar pa prek določene vrednosti samo s plimovanjem ne moremo poseči (razen če niso zunaj marine precej močni tokovi, ki lahko izpiranje še izboljšajo). Zato je v krajih, kjer je plimovanje nizko, treba včasih uporabiti še druge ukrepe (npr. črpalke). Te uporabljajo ponekod v Turčiji (15), kjer je plimovanje le ca. 0,2 metra. Pri zelo neugodni obliki marine Zlatna luka so morali predvideti to drago rešitev celo ob jadranski hrvaški obali (17). So pa tudi primeri (Grčija, lit. 5) kjer celo ob plimni višini 0,18 m shajajo samo s plimno energijo.

2. **Izpiranje s pomočjo reke.** Če imamo možnost zgraditi marino ob ustju večje ali manjše reke, je to najboljša rešitev, saj reko lahko izkoristimo tako, da ves čas izpira notranjost marine. Tako rešitev so uporabili že pri prvi jugoslovanski marini Dubrovnik (17). Tudi pri izgradnji marine Koper se predvideva izkoristiti potok Badaševico za pomoč pri izpiranju, torej bo kombinirana metoda z uporabo plimovanja in reke (6).

3. **Izpiranje s črpalkami.** V valobrane vgradijo črpalke, s katerimi prečrpavajo vodo iz zunanjega morja v marino ali iz nje. Ozhan (15) bolj priporoča izčrpavanje, ker je možno odvzem vode zgraditi na mestih, kjer je onesnaževanje najhujše (npr. v mrtvih kotih marine, pa navadno blizu gladine, da se zajamejo plavajoči polutanti, tudi razlita nafta). Pri tem je gospodarno izčrpavati vodo le ob času plime, saj bi ob času oseke z izčrpavanjem iz notranjosti le zmanjševali naravni iztok. Čeprav stroški za črpanje niso izredno veliki, ker črpalke navadno poženejo le, kadar se pojavijo posebni problemi s kakovostjo vode, pa se projektanti tej rešitvi po možnosti izogibajo. Stroški izgradnje niso majhni, zahtevno pa je tudi vzdrževanje, saj se črpalke uporabljajo le občasno, pri tem pa je zaščita pred korozijo in poraslostjo z algami v morski vodi težavna.

4. **Vsiljena cirkulacija in dovajanje kisika z aeratorji.** V East Bay Marina, v mestu Olympia v zvezni državi Washington, sem imel priložnost videti uporabo posebnih aeratorijev, ki delno premešajo vodo (predvsem po globini), delno pa tudi vnašajo kisik. Ta način ima nekatere prednosti pred ostalimi.

Prva je to, da izboljšanje kakovosti vode ni zasnovano na izmenjavi vode z zunanjim morjem, ampak sloni predvsem na neposrednem uvajanju kisika in delno na mešanju po globini. V primeru omenjene marine je to zelo pomembno, ker je marina na koncu zelo globokega, ca. 100 km dolgega sistema ozkih zalivov (Puget Sound), kjer se voda skoraj ne more izmenjavati z zunanjim morjem. Zato

tudi zunaj marine voda ni posebno kakovostna, občasno imajo probleme s cvetenjem alg in izpiranje marine z zunanjo vodo seveda ne bi prineslo rešitve.

Druga prednost je, da je aeratorje možno razmeroma preprosto vgraditi, tudi po že končani izgradnji marine, če se pokaže potreba. Ker jih lahko namestijo kjerkoli, so primerni za marine s kompleksno geometrijo. Aeratorji so prenosni in pred zimo, ko navadno ni več problemov s kakovostjo vode, jih očistijo in spravijo v skladišče. Priključeni so na električno omrežje, moč posameznega aeratorja je ca. 2 kW, v celi marini so jih vgradili 23.

Na žalost so povedali, da aeratorji niso tako učinkoviti, kot so pričakovali. Na dveh mestih v marini stalno merijo raztopljeni kisik in če ta pade pod 5 mg/l, vključijo aeratorje. Meritve kisika pa so pokazale, da se količina kisika sicer dokaj izenači po globini, da pa celotni delež kisika pri uporabi aeratorjev ni bistveno povečan. Videti je, da so v tej izvedbi mehurji preveliki in je kontaktna površina z vodo premajhna. Druga slaba stran je tudi v tem, da aeratorji povzročajo precejšen hrup, ki moti lastnike plovil, posebno ponoči, tako da jih včasih sami izklapljajo.

5. **Uporaba ladij s črpalkami.** Ponekod uporabljajo ladje z močnimi črpalkami, ki jih občasno pripeljejo v marino, da črpajo vodo iz nje prek valobrana in s tem povečajo cirkulacijo. Prednost metode je v tem, da je možno spreminjati lokacijo odvzema vode in je zato uporabna za marine s kompleksno geometrijo. Možno je seveda tudi isto ladjo uporabljati za več marin. Po drugi strani pa so investicijski in vzdrževalni stroški veliki.

6. **Uporaba valovne energije.** Energija valov je zastonj in obnovljiva, zato so bile izvršene številne študije o možni izrabi te energije, predvsem sicer za pridobivanje električne energije (8), (9), (10). Vendar pa ta način pridobivanja električne energije še vedno ni ekonomsko konkurenčen. En problem je v tem, da z valovanjem lahko dobimo sicer velike vodne količine (pretoke), ampak le razmeroma majhne višinske razlike, kar pa je za pridobivanje električne energije zelo neekonomično. Drug problem pa je, da je energija valov odvisna od vremenskih razmer in je zato za pridobivanje električne energije časovno preveč nezanesljiva.

Za izpiranje marin zgornji omejitvi nista tako pomembni. Dovolj je če imamo na razpolago že majhne višinske razlike, pa tudi časovni razpored ni tako pomemben, saj je pomembno le, da se marina izpira občasno, ni nujno, da v rednih intervalih. Vendar sem v številni pregledani literaturi zasledil le nekaj člankov o raziskavah tega problema (11), (12) in le ena marina (na Floridi, lit. 11) je v resnici zgrajena, kjer uporabljajo energijo valov za izpiranje.

Že študije za proizvodnjo električne energije so pokazale številne zelo različne načine možne izrabe. Preprosti izračuni valovne energije sicer pokažejo, da bi bilo za izpiranje marin največkrat te energije dovolj na razpolago. Za dokončno presojo ekonomičnosti uporabe posameznih metod pa bi bile nujne dodatne raziskave, predvsem na hidravličnih modelih.

7. **Uporaba posebnih valobranov.** Dve vrsti valobranov omogočata dobro cirkulacijo v marini: plavajoči valobrani in valobrani na stebrih oziroma pilotih. V obeh primerih je princip v tem, da je glavni del zgradbe ob gladini, v spodnjem delu pa je profil prost za pretok vode.

Prednosti in slabosti obeh vrst valobranov so že opisane v članku (1). Kadar je s takimi valobrani možna zadostna zaščita pred valovanjem, je to brez dvoma zelo dobra metoda za zagotovitev zadostne izmenjave vode.

8. **Kemično čiščenje.** Kemično čiščenje je možno uporabiti ob večjih razlitjih določenih polutantov, ki jih je z dodajanjem kemikalij in vsiljenim mešanjem (npr. z vgrajenimi ali montažnimi propelerji) možno nevtralizirati.

3. PREVENTIVA – PREPREČEVANJE ONESNAŽEVANJA

Seveda je, kot navadno, preventiva boljša (in cenejša) od kurative. Zato gredo po vsem svetu trendi v smer preprečevanja izlivanja kakršnihkoli polutantov v akvatorij marine.

V marini je sicer že dolgo prepovedana uporaba izplakovalnih stranišč na samih plovilih (uporabljala naj bi se kemična stranišča brez odtoka v morje ali pa sanitarije marine na kopnem), vendar izkušnje kažejo, da se v tem pogledu ni mogoče popolnoma zanesti na osveščenost uporabnikov. Tudi poročilo agencije UNEP (United Nations Environmental Program) piše (2), da je treba računati z delnim onesnaževanjem znotraj marine zaradi kršitve predpisov.

V marini John Wayne na polotoku Olympic, v zvezni državi Washington, so opravili serijo meritev, da bi ugotovili, na kakšno onesnaževanje uporabnikov je treba računati (3). Merili so koncentracijo fekalnih koliformnih bakterij v vzorcih vode in v lupinarjih na desetih mestih znotraj in na dveh referenčnih mestih zunaj marine, in sicer v aprilu (ko skoraj ni bilo uporabnikov) ter ob praznicnem vikendu v začetku septembra. Po pričakovanju se je pokazala velika razlika.

V aprilu je bilo v notranjosti marine srednje število fekalnih koliformnih organizmov 2.1 na 100 ml vode (povprečje desetih merskih mest), zunaj marine pa 1.8. Ob praznicnem vikendu 4. septembra je bilo znotraj marine 70.0 organizmov, medtem ko je zunaj marine število ostalo 1.8. Istega dne je bilo tudi število fekalnih koliformnih organizmov v lupinarjih znotraj marine maksimalno 4900/100 g, zunaj marine pa le 20 (dopustno za uživanje mesa je 230 organizmov na 100 g).

Meritve so jasno pokazale, da je v marinah onesnaževanje uporabnikov precejšnje. Priporočajo, da bi bilo treba uporabo stranišč strogo prepovedati, razen tega pa vzgajati uporabnike marin v ekološki zavesti.

McKemey (18) analizira glavne tipe onesnaževanja zno-

traj marine:

– stranišča in kuhinje na plovilih;
– razlitja goriva ali maziv;
– zaščitni premazi na plovilih (»anti-fouling«);
– odtok meteornih vod s kopnih površin marine (često z odpadki z delovnih površin).

Za odplake iz stranišč in kuhinj (ter eventualno kopalnic) je bila na drugi mednarodni konferenci Marina II (Southampton, April 1992) podan dokaj revolucionaren predlog, naj bi vsa plovila imela zaprte rezervoarje za vse svoje odplake (torej brez vsakega odtoka v morje), ki bi jih v marinah na posebnih postajah izčrpavali v kanalizacijo. Predlog naj bi sprejele vse države Evropske skupnosti. To pomeni odpravo enega glavnih virov onesnaževanja v marinah kot tudi v obalnih morjih (izpuščanje odplak neposredno v morje bo dovoljeno le na odprtem morju), po drugi strani pa pomeni precejšen dodaten strošek lastnikom plovil za vgraditev rezervoarjev na plovilih (reda velikosti 2000 DEM), pa tudi v marinah bo treba zgraditi zadostno število lahko dostopnih in čistih postaj za izčrpavanje (in seveda čiščenje) odplak.

Razlitje goriv in maziv je možno zmanjšati z varno urejenimi črpalkami in z zelo strogimi predpisi ter denarnimi kaznimi za onesnaževalce.

Poseben ekološki problem predstavljajo zaščitni premazi za plovila. Ti so že po svoji funkciji strupeni in se ves čas izlužujejo s plovil v vodo, zato zastrupljajo organizme v okolici, posebno še školjke. Rešitve iščejo v skrajšani toksični »razpolovni dobi« in v premazih, ki so manj toksični in zaščitno funkcijo opravljajo na podlagi stalnega odpadanja s plovila.

V Evropski skupnosti obstajajo predlogi standardov za dopustno kakovost vode v marinah, ki temeljijo na dopustnih koncentracijah raznih polutanov (npr. težkih kovin, koliformov, itd. – lit. 18).

Hrvaški avtor Komen (4) opisuje načrtovanje turističnega razvoja za nacionalni park Kornati. Sodi, da bi morali biti zaradi zmanjšanja onesnaževanja vse marine za stalne priveze plovil zgrajene zunaj parka, znotraj pa bi bili le začasni privezi.

Ker je po končani izgradnji kakovost vode v marinah odvisna od nekaterih težko predvidljivih vplivov (predvsem od stopnje onesnaževanja znotraj marin in od kakovosti vode zunaj marine), v ZDA zahtevajo, da po izgradnji marine občasno merijo koncentracijo kisika na nekaj mestih v marini in zunaj nje, da ob nevarnosti lahko pravočasno ukrepajo. Takšen zakon bi bilo koristno sprejeti tudi pri nas.

4. PRIBLIŽNA OCENA UČINKOV IZPIRANJA S PLIMOVANJEM

Tipični parameter, ki karakterizira izmenjavo vode v marini zaradi plimovanja je t. i. izmenjalni koeficient (exchange coefficient). Ciklusni izmenjalni koeficient E označuje, kakšen del vode v marini izteče iz nje in je zamenjan s »svežo« vodo zunaj marine v času enega plimnega ciklusa.

Kot bomo detajlneje prikazali v nadaljevanju, izmenjalni koeficient E prikaže dejansko izmenjavo vode in je razen od višine plimovanja odvisen še od drugih dejavnikov, ki so opisani spodaj. Ker ga je težje določiti (meritve na hidravličnem modelu ali simulacija z dobrim matematičnim modelom), se za prvo oceno izmenjave uporablja t. i. količnik plimne prizme (tidal prism ratio ali TPR, lit. 19). Ta pristop privzema, da se voda znotraj marine popolnoma premeša z okoliško vodo, ki doteče v času enega plimnega ciklusa. TPR je definiran kot:

$$TPR = (Volvv - Volnv)/Volvv \quad (1)$$

kjer pomeni Volvv volumen vode v marini pri visoki vodi in Volnv volumen vode v marini pri nizki vodi. Kadar so stene valobranov in obale približno vertikalne, se zgornja enačba poenostavi v:

$$TPR = (Hvv - Hnv)/Hvv \quad (1a)$$

kjer pomenijo oznake Hvv in Hnv globine ob visoki in ob nizki vodi.

TPR je sprejemljiva prva aproksimacija za izmenjalni koeficient za marine. V resnici bi to bila lahko le maksimalna možna vrednost izmenjalnega koeficienta, saj se predpostavlja, da se idealno izmenja vsa dotekla voda. Razmerje E/TPR je manjše od ena in pokaže, kako učinkovita je v resnici izmenjava, ki je odvisna še od tlorisne oblike marine, od velikosti in razporeditve odprtin v valobranih in delno tudi od zunanjih tokov.

Resnično izmenjavo vode v posameznih točkah marine je možno določiti na hidravličnem modelu z meritvijo koncentracije barvila. Če je začetna (fiktivna) koncentracija znotraj marine npr. Co = 1, se koncentracija v naslednjih plimnih ciklih sicer zmanjšuje, vendar ne linearno (ker izmenjava ni popolna, saj en del pritekle vode zaradi nepopolnega mešanja tudi odteče), ampak eksponencialno po enačbi:

$$E = 1 - (Cn/Co)^{**}(1/n) \quad (2)$$

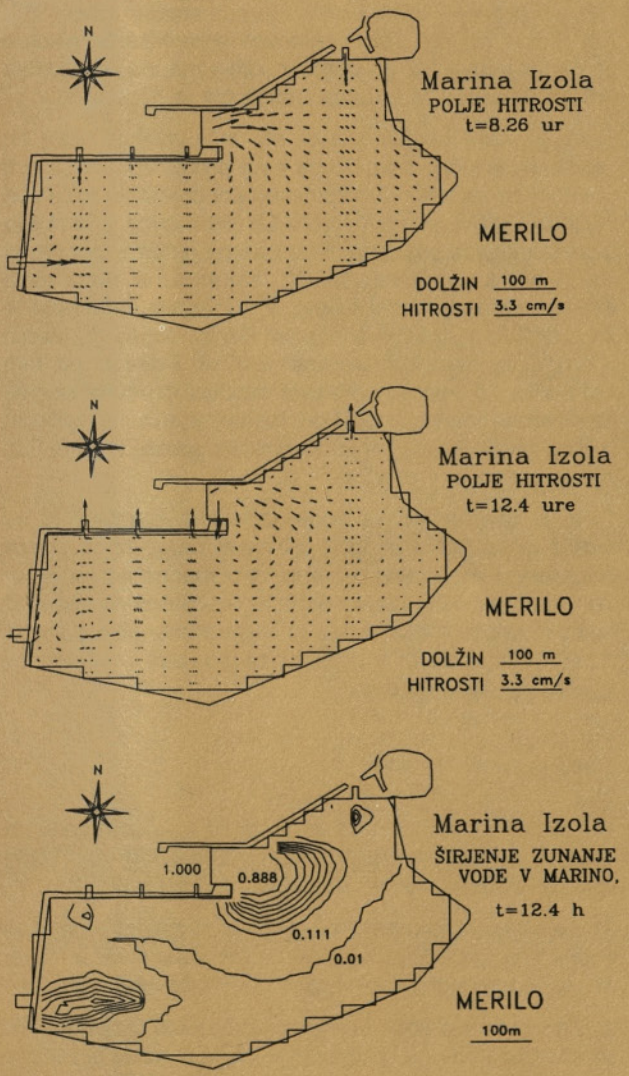
kjer je n- številka zaporednega plimnega ciklusa in Cn-koncentracija znotraj marine (prostorsko povprečna) po n ciklih (14). Po enačbi (2) je možno približno izračunati, kolikšen del vode se bo v marini izmenjal npr. v petih dneh (glej pogl. 6).

5. MARINA IZOLA

Marina Izola je v gradnji (sept. 1992) zahodno od stare izolske luke. Oblika projektiranih valobranov je prikazana na sl. 2. Volumen vode v marini je ca. 600.000 m^3. Projektirana je (v prvi fazi) za okrog 700 plovil.

Izdelana je bila študija za zagotovitev zadostne cirkulacije vode v marini (7). Za simulacijo različnih ukrepov je bil uporabljen tridimenzionalni hidrodinamični model, razvit v Laboratoriju za mehaniko tekočin FAGG Univerze v Ljubljani, ki je opisan drugod (21), (22).

Zaradi nekaterih nezanesljivih podatkov in predpostavk o mejnih pogojih smo skoraj pri vseh parametrih upoštevali najbolj neugodne pogoje, da bi bili na varni strani. Tako smo kot vzroke gibanja vode upoštevali samo plimovanje, čeprav npr. veter lahko včasih bistveno prispeva k izmenjavi vode. Zanemarili smo tudi vpliv zunanjih tokov, ker je naša študija (20) pokazala, da so ti v področju marine le reda velikosti nekaj centimetrov na sekundo. Višina plimovanja je bila vzeta 50,2 cm po lit. (13) (za poldnevno plimno komponento M2).



Slika 2. **Marina Izola: Izračunano polje hitrosti ob naraščanju plime (a), in ob vrhu plime (b), ter prikaz mešanje vode z zunanjim morjem (c)**

Simulacija tokov pri projektirani obliki valobranov je pokazala slabo cirkulacijo. Slika 2a kaže tokove ob času 8,3 ure po najvišji vodi (v času naraščanja gladine) z upoštevanjem predlaganih odprtin v valobranih. V končni varianti je predlaganih pet odprtin D = 2 m v SZ delu zahodnega valobrana, najpomembnejši pa sta obe odprtini v korenu obeh valobranov. Slika 2b kaže cirkulacijo ob času vrha plime. Da bi dobili sliko izmenjave vode v enem plimnem ciklusu, smo simulirali širjenje namišljene koncentracije, kjer smo začetno koncentracijo znotraj marine privzeli 0,0, zunaj marine pa 1,0. Tako nam slika 2c pokaže, da se v enem plimnem ciklusu premeša ca. 70 % vode. To sicer ni popolnoma zadovoljiva rešitev, vendar smo se iz več vzrokov odločili, da v prvi fazi ne predlagamo vgradnje črpalk, kar bi bil v tem primeru edini možni dodatni »fiksni« ukrep.

1. Kot že rečeno, smo pri simulaciji upoštevali vse najbolj neugodne predpostavke. Realno je pričakovati, da bo k boljši cirkulaciji prispeval tudi veter (predvsem burja), propelerji plovil in v manjši meri zunanji tokovi. V hrvaških marinah veter upoštevajo kot bistveni faktor cirkulacije (23).

2. Vzdrževanje črpalk je drago. Njihova zmogljivost bi morala biti reda velikosti 1 m^3/s (pri tem bi se volumen 600.000 m^3 zamenjal v ca. 7 dneh). Kasnejša vgradnja črpalk je sicer dražja, vendar je možno v primeru potrebe (kar bi pokazala stalna analiza kakovosti vode znotraj marine) uporabiti enega od »naknadnih« ukrepov, kot so npr. aeratorji. Zanimivo je, da so celo za marino Marmaris v Turčiji (24), kjer je plimna višina samo 0,15 metra, kljub številnim študijam možne cirkulacije s pomočjo valovne energije in s črpalkami ob koncu predlagali, da se samo vgradijo odprtine v valobranih in se vsaj v prvi fazi zanesejo le na cirkulacijo zaradi plimovanja in vetra. Stalno opazovanje cirkulacije in kakovosti znotraj marine bo šele pokazalo, ali bo treba pozneje vgraditi črpalke. V Izraelu za marino Qatif celo niso predvideli niti odprtin v valobranih, pri čemer je plimna višina približno enaka kot ob slovenski obali, tj. ca. 50 cm (16).

3. Redno čiščenje plavajočih ostankov in olj (kar priporoča več avtorjev) ter nadzor uporabnikov glede uporabe sanitarij na plovilih lahko bistveno zmanjša onesnaževanje.

4. Ker se bo v naslednjih letih zelo verjetno tudi pri nas uveljavilo pravilo, da bodo vsa plovila morala imeti rezervoarje za vse svoje odplake, se bo onesnaževanje bistveno zmanjšalo in je realno pričakovati, da naknadna vgradnja črpalk ne bo potrebna.

6. MARINA KOPER

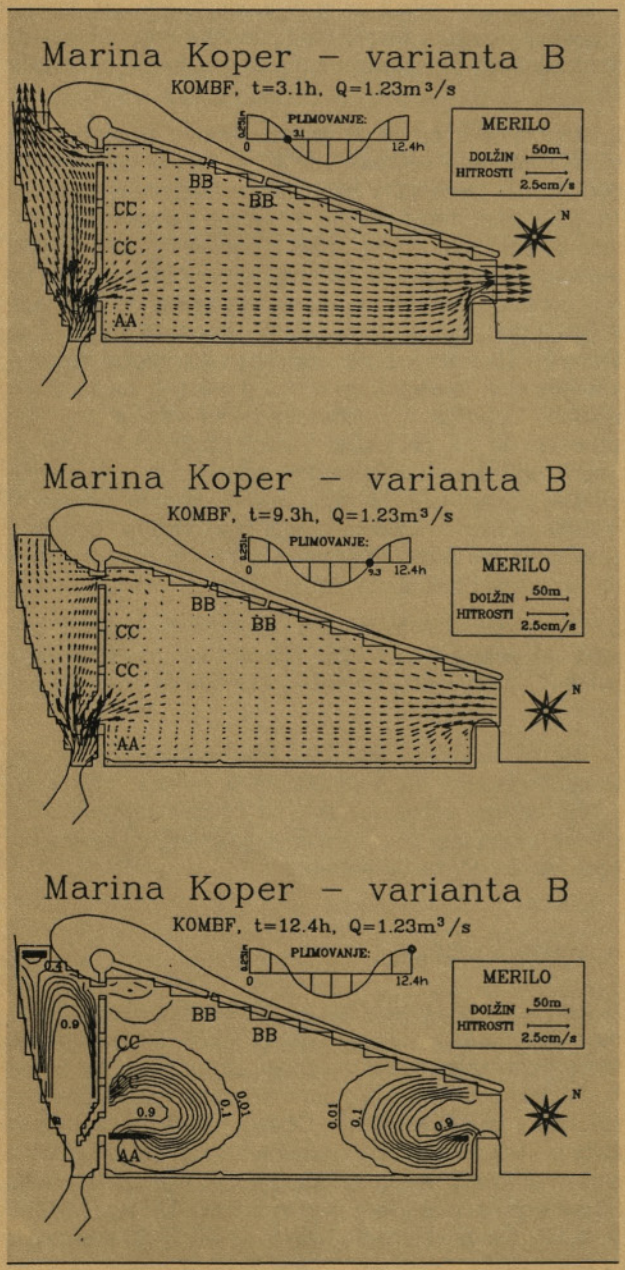
Marina Koper je projektirana ob JV delu Koprskega zaliva, med Semedelo in staro Koprsko luko. (Tu pustimo ob strani vprašanje realnih možnosti izgradnje.) Manjši zahodni del bo namenjen komunalnim privezom, večji severovzhodni pa komercialnim. Obliko marine in valobranov kaže slika 3. Ker bo dno v glavnem izkopano, bo globina skoraj enakomerna in enaka 3 m. Z višino plimovanja 50 cm dobimo koeficient plimne prizme TPR = 0,50/3,0 = 0,17. Če privzamemo, da je E = TPR, dobimo iz

FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

enačbe (2), da je po petih dneh (ca. 10 plimnih ciklusov) koncentracija enaka:

$C10 = (1 - TPR)^{**}10 = 0,15^{*}Co$

To bi pomenilo, da se v petih dneh izmenja ca. 85 % vode. Ker pa priteka v akvatorij marine rečica Badaševica, jo bo možno izkoristiti kot pomoč pri izpiranju, seveda pod pogojem, da bo rečica pred vtokom v marino absolutno očiščena. To so projektanti zagotovili, saj v primeru onesnaženega dotoka nobena metoda ne more zagotoviti čiste vode v marini.



Slika 3. **Marina Koper: Izračunano polje hitrosti ob oseki (a), ob naraščanju plime (b), ter prikaz mešanje vode z zunanjim morjem (c)**



FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Za detajlnejšo simulacijo cirkulacije smo uporabili dvo- in tridimenzionalni matematični hidrodinamični model (6). Kot mejne pogoje smo upoštevali spreminjanje gladine po plimni krivulji M2 pri obeh vhodih v marino ter različne dotoke Badaševice (srednji letni dotok je 1,23 m^3/s).

Slika 3a kaže hitrostno polje ob času srednje vode pri upadanju gladine, slika 3b pa med plimo. Vrisani so tudi predlogi za spremembe: usmerjevalni objekt pri AA, ki bo večji del dotoka usmeril v večji SV del marine, kjer bi bila sicer izmenjava preslaba, med obema deloma marine pa naj bi bilo tudi več odprtin CC, saj vmesna stena nima funkcije obrambe pred valovi. V zunanjem valobranu je priporočljivo zgraditi dve odprtini BB za boljšo cirkulacijo v srednjem delu komercialne marine. Potrebo po tem kaže slika 3c, kjer so prikazani rezultati izračuna širjenja namišljene koncentracije, pri čemer je bila ob začetku računa predpostavljena koncentracija znotraj marine 0,0, zunaj marine in v rečici pa 1,0.

Tako bi bila izmenjava vode zadostna, problemi bi se morda lahko pokazali le v poletnem času, ko je pretok Badaševice minimalen, obremenitev marine pa največja. Tudi tu smo predlagali, da bi po izgradnji marine občasno merili raztopljeni kisik v marini in ga primerjali s stanjem zunaj marine, da bi v primeru zelo velikih obremenitev izvajali posebne ukrepe.

6. SKLEPI

1. Znotraj akvatorija marine naj bi se kakovost vode ne razlikovala bistveno od kakovosti zunaj marine. Temu vprašanju posvečajo po svetu veliko pozornost.

2. Zagotovitev primerno čiste vode v marini je možna bodisi z zagotovitvijo zadostne izmenjave vode z zunanjostjo, bodisi s preprečevanjem onesnaževanja v marini.

3. Za izmenjavo vode poznamo več metod, najpogosteje se uporablja energija plimovanja. Če ta metoda ni zadostna, je treba poseči po drugih, navadno dražjih ukrepih. Nekateri zahtevajo vgradnjo že ob gradnji marine, nekatere ukrepe pa je možno po potrebi uporabiti tudi naknadno.

4. Nujno je stalno spremljanje kakovosti vode v marini po izgradnji.

5. V svetu je tendenca, da se onesnaževanje v marini zmanjša na minimum. Tako se v Evropi pripravlja zakon, da bodo morala imeti vsa plovila zaprte rezervoarje, v katere bodo odtekale vse odplake s plovila in jih bodo na posebnih črpališčih izčrpavali v kanalizacijo.

LITERATURA

Uporabljene so skrajšane oznake:
Marina Ia: Publikacija s prve mednarodne konference o marinah, v Southamptonu, VB, Sept. 1989, prva knjiga z naslovom: Marinas: Planning and Feasibility.
Marina Ib: Z iste konference, druga knjiga z naslovom: Marinas: Design and Operation.
Marina II: Publikacija z druge konference o marinah, Southampton, April 1992. Naslov: Marina Technology.

1. Rajar, R.: Razvoj marin v svetu in njihov vpliv na okolje. Poslano za objavo v Delu, Znanje za razvoj, Januar 1993.
2. UNEP (United Nations Environmental Programme): Environmental impact assesment: the marina in Paphos. Regional seas reports and studies No. 130, 1990.
3. Seabloom, G. et all.: Influence of boat wastes on marina bacteriological water quality. Marina Ia.
4. Komen, R. et all: Development of marinas in the areas of national parks. Marina Ia.
5. Drettas, G. et all: The marina complex in Patras, Greece. Marina Ia.
6. Rajar, R.: Izračuni cirkulacije vode v marini Koper. Poročilo, Laboratorij za mehaniko tekočin FAGG, 1991.
7. Rajar, R.: Izračun tokov v marini Izola. Ljubljana, 1990.
8. Shaw, R.: Wave energy, A design challenge. Ellis Horwood Ltd. Publ., New York, 1982.
9. Simeons, C.: Hydro- power. The use of water as an alternative source of energy. Pergamon press, Oxford, 1980.
10. Zbornik: Wave energy conference, London 1978.
11. Bruun, P., Viggosson, G.: The wave pump: conversion of wave energy to current energy. Proceedings ASCE, J. of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, Nov. 1977.
12. Mavrigian, G., Sarikelle, S.: Porous breakwaters for circulation study in harbours. Konferenca Civil Engineering in the Oceans. Delaware, jun. 1975.
13. Mosetti, F., Purga, N.: Courants cotiers de differente origine dans un petit golfe (Golfe de Trieste). Bolletino di oceanologia teorica ed applicata. Jan. 1990.
14. Nece, R. E., Falconer, R. A.: Hydraulic modelling of tidal circulation and flushing in coastal basins. Proc. ICE, Oct. 1989.
15. Ozhan, E.: Flushing of marinas with weak tidal motions. Marina Ia.
16. Mechrez, E., Ratner, M.: On the design and development of Qatif marina in the South of Izrael. Marina II.
17. Andročec, V., Marković, A.: Pollution control solutions in marinas by physical model study. Marina Ia.
18. McKemey, M. D.: Water quality in marina basins: sources of pollution and practical mitigation. Marina II.
19. Nece, R. E., Layton J. A.: Mitigating marina environmental impacts through hydraulic design. Marina Ia.
20. Laboratorij za mehaniko tekočin FAGG in Vodnogospodarski Inštitut: Matematični model tokov in kvalitete slovenskega morja, III del. Raziskovalna naloga za ZVSS, maj 1990.
21. Rajar, R.: Application of the three-dimensional model to the Slovenian coastal sea. Medn. konferenca: Computer simulation of seas and coastal regions. Southampton, April 1992.
22. Rajar, R., Četina, M.: Three-dimensional simulation of wind – induced circulation in the Northern Adriatic. XXIV kongres IAHR, Madrid, 1991.
23. Bone, M., Beg, G.: Modelska studija struje uzrokovanih vjetrom u makarskoj luci i prognoza u slučaju izgradnje planiranog lukobrana. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Sept. 1992.
24. Ozham, E., Tore, E.: Studies for improving flushing ability of Marmaris marina. Marina II.

INFORMACIJE 305

ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI

LETNIK XXXIII • 11-12 NOVEMBER-DECEMBER 1992

AKUSTIKA ŠPORTNIH DVORAN IN TELOVADNIC

UDK 534.84:725.84/85

SAVO VOLOVŠEK

POVZETEK

Uporabnost športnih dvoran in telovadnic je močno odvisna od njihovih akustičnih lastnosti. Te so še zlasti pomembne, saj se ti prostori ne uporabljajo le za športne dejavnosti, ampak pogosto tudi kot večnamenske dvorane, in to za razne kulturne in zabavne prireditve. V akustično neurejenih športnih dvoranah in telovadnicah je odmevni čas veliko daljši od optimalnega, zato so akustični pogoji v njih slabi in za omenjene dejavnosti neprimerni. Izboljšamo jih lahko z ustrezno akustično ureditvijo, pri kateri je treba s povečanjem absorpcije zvoka skrajšati predvsem odmevni čas.

THE ACOUSTICS OF SPORTS HALLS AND GYMNASIA

SUMMARY

The uses to which sports halls and gymnasia can be put depend a lot on the acoustic properties of such buildings. These properties can be of great importance because such spaces are used not only for sports and gymnastic activities but also for numerous other purposes, and particularly for cultural and entertainment events. In the case of acoustically poorly designed sports than is desirable. This means that he acoustic conditions are unsatisfactory for these events. However, the acoustic properties of such sports halls and gymnasia can be improved by providing additional sound adsorption and thus reducing the reverberation times.

1.0. UVOD

V športnih dvoranah in telovadnicah so dobri akustični pogoji bistvenega pomena. Zato je treba že v fazi načrtovanja teh objektov upoštevati tudi njihovo akustično ureditev. V akustično neurejenih športnih dvoranah in telovadnicah so ravni hrupa visoke, razumljivost govora je slaba, tako da za namensko uporabo niso primerne. Pouk telesne vzgoje je moten, kar potrjujejo tudi številne pritožbe učiteljev. Za druge namembnosti, kot so razne kulturne in zabavne prireditve, festivali in kongresi, pa take dvorane praktično niso uporabne. Uporaba ozvočenja skoraj ni mogoča, težave pa so tudi pri radijskih in televizijskih prenosih prireditev.

Osnovni cilji akustične ureditve športnih dvoran in telovadnic so:

– dušenje hrupa, tako da je raven hrupa v teh prostorih minimalna,
– dobra razumljivost govora na vseh mestih v prostoru,
– primernost dvorane za ozvočenje ter morebitne radijske in televizijske prenose.

Avtor:
Savo Volovšek, inž. fizike, raziskovalni svetnik

2.0. OSNOVNI PARAMETRI, KI VPLIVAJO NA AKUSTIČNO KAKOVOST PROSTORA

Da dosežemo optimalne akustične lastnosti prostora, morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

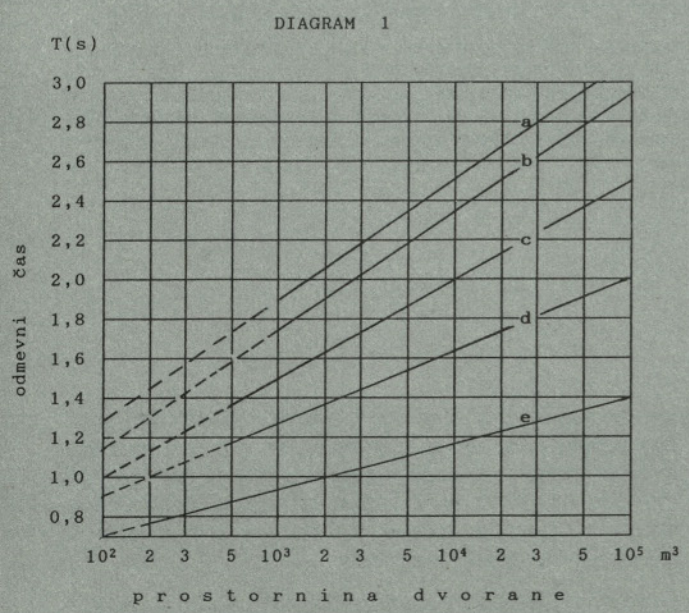
– odmevni čas v prostoru mora biti primeren,
– v prostoru ne sme biti škodljivih odbojev zvoka od njegovih mejnih površin (sten, stropov),
– zvočno polje v prostoru mora biti čimbolj difuzno; to pomeni, da je jakost zvoka, odbitega od mejnih površin prostora, povsod enaka,
– v prostoru mora biti čimnižja raven hrupa.

2.1. Odmevni čas v prostoru

Odmevni čas v prostoru je merilo za hitrost zniževanja zvočne ravni. Po definiciji je to čas, v katerem se po izklopitvi vira hrupa zvočna energija zmanjša na eno milijoninko začetne vrednosti, ali tudi, čas, v katerem se raven zvoka zniža za 60 dB. Le-ta je odvisen od velikosti prostora in absorpcije zvoka v njem.

Odmevni čas je osnovna akustična karakteristika prostora in ena redkih, ki jo lahko merimo in zato tudi objektivno ocenjujemo. V prostorski akustiki je namreč večina meril za oceno kakovosti subjektivnih, zato objektivne ocene niso mogoče. Odmevni čas bistveno vpliva tako na kakovost akustičnih pogojev v prostoru kakor tudi na raven hrupa v njem.

Optimalna dolžina odmevnega časa je za različne namembnosti prostorov različna. V prostorih, ki so namenjeni za glasbene prireditve (koncertne in operne dvorane), je primernejši daljši odmevni čas; krajši odmevni čas pa je primernejši za prostore, namenjene govoru (gledališke dvorane, predavalnice, učilnice) in za poslušanje zvoka, ki ga predvajajo elektroakustične naprave (kinodvorane, diskoteke).



Optimalna dolžina odmevnega časa v odvisnosti od namembnosti dvorane in njene prostornine
a: oratoriji, orgelska glasba,
b: simfonična glasba,
c: solistična in komorna glasba,
d: opera, večnamenske dvorane za govor in glasbo,
e: gledališke dvorane, športne dvorane

Optimalna dolžina odmevnega časa ni odvisna le od namembnosti prostora, ampak tudi od njegove velikosti. Čim večji je prostor, daljši odmevni čas je primernejši. Odvisnost optimalne dolžine odmevnega časa v prostoru od njegove namembnosti in velikosti je prikazana v diagramu 1.

Športne dvorane in večje telovadnice lahko – glede na njihovo mnogotero namembnost oziroma uporabnost – štejemo med večnamenske dvorane, manjše šolske telovadnice pa med učilnice. Optimalna dolžina odmevnega časa za te prostore je v mejah od 0,7 s do 1,4 s, odvisno od velikosti športne dvorane oziroma telovadnice (premica e v diagramu 1).

2.2. Razumljivost govora

V športnih dvoranah in telovadnicah je pomembno, da je govor, tako neposreden kakor tudi prek ozvočenja, dobro razumljiv. To velja tako za večje športne dvorane, kjer se pri športnih in drugih prireditvah uporablja ozvočenje, kakor tudi za šolske telovadnice, kjer je razumljivost govora pomembna pri pouku telesne vzgoje.

Objektivno merilo za razumljivost govora v dvorani je zlogovna razumljivost. Ocenjujemo jo tako, da izurjen govornik na odru dvorane izgovarja posamezne zloge (logatome), ki so v jeziku pogosti, vendar nimajo nobenega pomena; poslušalci v dvorani pa zapisujejo tisto, kar slišijo. Delež zlogov, ki so jih razumeli pravilno (v odstotkih), je merilo za zlogovno razumljivost. To pa je tudi merilo za oceno kakovosti akustičnih lastnosti prostorov, ki so namenjeni govoru.

Zveza med zlogovno razumljivostjo in razumljivostjo govora je prikazana v preglednici I.

Preglednica I

Zlogovna razumljivost	Ocena razumljivosti govora
85–96 %	zelo dobra
75–85 %	zadovoljiva
65–75 %	komaj zadovoljiva
<65 %	govor ni razumljiv

Zlogovna razumljivost je odvisna od ravni hrupa in odmevnega časa v prostoru. Čim večji je hrup in čim daljši je odmevni čas, tem slabša je razumljivost. Za dvorane s prostorninami okrog 700 m^3, 10.000 m^3 in 45.00 m^3 je odvisnost zlogovne razumljivosti od odmevnega časa prikazana v diagramu 2.

Iz tega diagrama je razvidno, da mora biti za optimalno razumljivost govora odmevni čas v manjših prostorih nekoliko krajši od 1 s, v večjih pa nekoliko daljši od 1 s. Če je odmevni čas daljši od 3,5 s, je zlogovna razumljivost manjša od 65 %, govor pa praktično nerazumljiv.

2.3. Razmerje med koristnim in škodljivim zvokom v prostoru

V zaprtem prostoru prihaja zvok od vira (npr. z odra dvorane) do poslušalca po dveh poteh: neposredno (direktno) in z odboji od mejnih površin prostora. Zato so poti zvoka od vira do poslušalca različno dolge, s tem pa je različno dolg tudi čas, v katerem pride zvok od vira do poslušalca. Najprej pride do poslušalca direktni zvok, za njim pa z različnimi časovnimi zakasnitvami zvok, ki se odbije od stropa, sten in drugih površin v prostoru.

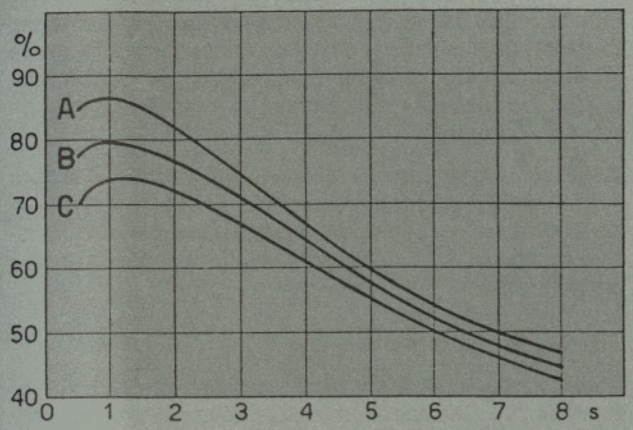


Diagram 2. **Odvisnost zlogovne razumljivosti od odmevnega časa v prostoru**
A: dvorana s prostornino 700 m³,
B: dvorana s prostornino 10.000 m³,
C: dvorana s prostornino 45.000 m³

Odbiti zvok, ki pride do poslušalca za direktnim zvokom v času, krajšem od 50 ms, se z njim zlije in ga ojači. Zato je tak odbiti zvok koristen za dobro slišnost v dvorani. Če pa je zakasnitev daljša, se odbiti zvoka ne zlije z direktnim zvokom, ampak ga slišimo posebej. Taki odboji zvoka so lahko zelo moteči in škodljivi. Motnja je tem večja, čim daljša je zakasnitev odbitnega zvoka za direktnim. Če je zakasnitev daljša od 0,1 s, pride do posebno motečega pojava – jeka.

Razmerje med koristnim in škodljivim zvokom (na posameznem mestu v prostoru) Q je pomemben akustični parameter in tudi eden od objektivnih meril za oceno akustične kakovosti dvorane. Določen je z enačbo:

$$Q = \frac{Ek}{Eš} = \frac{Ed + Eo + Er}{Ešo + Ešr + Em} \qquad (1)$$

kjer pomenijo:

Ek – jakost koristnega zvoka (W/m²),
Eš – jakost škodljivega zvoka (W/m²),
Ed – jakost direktnega zvoka (W/m²),
Eo – jakost koristnega odmevnega zvoka (W/m²),
Er – jakost koristnih odbojev zvoka (W/m²),
Ešo – jakost škodljivega odmevnega zvoka (W/m²),
Ešr – jakost škodljivih odbojev zvoka (W/m²),
Em – jakost zvoka motenj (hrupa v prostoru) (W/m²),

Da so akustični pogoji v prostoru dobri, mora biti razmerje Q čim večje, vsekakor pa večje od 1. To pa lahko dosežemo samo takrat, če odmevni čas ni predolg in če je osnovna raven hrupa v prostoru dovolj nizka.

2.4. Osnovna raven hrupa v prostoru

Od hrupa v prostoru sta odvisna tako razumljivost govora kakor tudi razmerje med koristnim in škodljivim zvokom Q. Zato osnovna raven hrupa v športnih dvoranah in telovadnicah ne sme presegati 40 dB(A).

Osnovna raven hrupa v prostoru (športni dvorani, telovadnici) je odvisna predvsem od zvočne izolirnosti obodnih konstrukcij tega prostora in od virov hrupa v njem.

Kako velika mora biti zvočna izolirnost obodnih konstrukcij, da hrup v športni dvorani oz. telovadnici ne presega dovoljene meje, je odvisno od hrupa v okolici. Na podlagi tega podatka je treba že v fazi projektiranja teh objektov določiti zvočno izolirnost obodnih konstrukcij, to je zunanjih sten, stropa, vrat, oken in zastekljenih površin.

Tudi vse naprave v teh prostorih, ki povzročajo hrup (to so predvsem prezračevalne in klimatizacijske naprave), morajo biti zasnovane in izvedene tako, da njihova emisija hrupa v prostoru ne presega dopustne meje 40 dB(A).

3.0. ODMEVNI ČAS IN AKUSTIČNA UREDITEV ŠPORTNIH DVORAN TER TELOVADNIC

V akustično neurejenih športnih dvoranah in telovadnicah je odmevni čas precej daljši od optimalnega, ki je prikazan v diagramu 1. To med drugim dokazujejo tudi rezultati številnih meritev, ki smo jih opravili v teh prostorih. Kakor je bilo že omenjeno, odmevni čas v prostoru ni odvisen le od absorpcije zvoka, ampak tudi od velikosti prostora.

Športne dvorane in telovadnice lahko, glede na njihovo velikost in zahtevnost akustičnih pogojev, razdelimo v naslednje skupine:

– velike športne dvorane s prostornino, večjo od 30.000 m³,
– manjše športne dvorane s prostornino od 8.000 m³ do 30.000 m³,
– večje telovadnice s prostornino od 3.000 m³ do 4.000 m³,
– manjše telovadnice s prostornino od 1.500 m³ do 3.000 m³.

3.1. Velike športne dvorane

Akustična ureditev velikih športnih dvoran s prostornino, večjo od 30.000 m³ in ki lahko sprejmejo več kot 3.000 obiskovalcev, je glede na njihovo velikost in namembnost zahtevna. Ker se te dvorane ne uporabljajo samo za športne prireditve in tekmovanja, ampak še za druge množične prireditve – kot so koncerti moderne zabavne in narodnozabavne glasbe, festivali in množična zborovanja, pri katerih je uporaba ozvočenja nujno potrebna – so dobri akustični pogoji še toliko pomembnejši.

Da zadovoljimo vse zahteve osnovnih parametrov prostorske akustike, je potrebna nadrobna študija akustičnih pogojev in pojavov v dvorani. Zaradi velikih dimenzij teh dvoran so lahko zakasnitve odbitega zvoka za direktnim zvokom tudi dolge, posledice tega pa so zvočne motnje (jek).

Odmevni čas v akustično neurejenih velikih športnih dvoranah je v mejah od 9 s pri nizkih frekvencah zvoka do 4 s pri visokih frekvencah, kar je precej več od optimalne vrednosti. Krajši odmevni čas pri visokih frekvencah zvoka je predvsem zaradi absorpcije zvoka v zraku.

ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI

Primer frekvenčne karakteristike dolžine odmevnega časa v akustično neurejeni veliki športni dvorani s prostornino 40.000 m^3 je prikazan v diagramu 3.

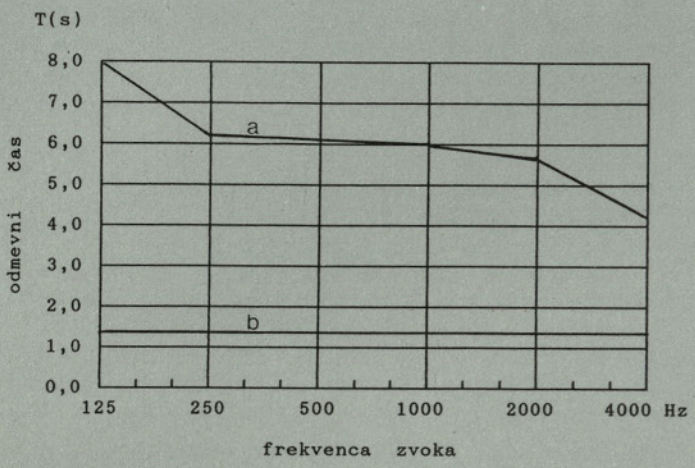


Diagram 3. **Odvisnost odmevnega časa od frekvence zvoka v veliki športni dvorani s prostornino 40.000 m^3**
a) akustično neurejena dvorana,
b) optimalni odmevni čas

Tudi iz tega digrama je razvidno, da odmevni čas močno presega optimalno vrednost, ki je za športne dvorane s tako prostornino 1,3 s. Zato je treba pri akustični ureditvi športnih dvoran predvsem skrajšati dolžino odmevnega časa, kar dosežemo s povečanjem absorpcije zvoka v prostoru.

Zveza med dolžino odmevnega časa, prostornino dvorane in absorpcijo zvoka v njej je določena s Sabinovo in z Eyringovo formulo:

$$T_S = \frac{0{,}163 \cdot V}{A + 4 \cdot mV}\ (s); \qquad A = \Sigma Si \cdot \alpha i \qquad (2)$$

$$T_{Ey} = \frac{0{,}163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \overline{\alpha}) + 4 \cdot mV}\ (s) \qquad (3)$$

$$A = \Sigma Ai; \qquad \overline{\alpha} = \frac{\Sigma \alpha i \cdot Si}{\Sigma Si} \qquad (4)$$

kjer pomenijo:

T_S in T_{Ey} – odmevni čas po Sabinu in Eyringu,
V – prostornino dvorane,
A – ekvivalentno površino absorpcije zvoka v dvorani,
S – vsoto vseh površin v dvorani,
$\overline{\alpha}$ – srednji koeficient absorpcije zvoka površin v dvorani,
$4 \cdot mV$ – absorpcijo zvoka v zraku.

Sabinova formula velja za prostore, v katerih je manjša absorpcija zvoka ($\overline{\alpha} < 0{,}2$), Eyringova pa za prostore, v katerih je absorpcija zvoka večja ($\overline{\alpha} > 0{,}2$).

Na podlagi navedenih enačb določimo ekvivalentno površino absorpcije, ki je potrebna, da dosežemo optimalno dolžino odmevnega časa v dvorani.

Za povečanje absorpcije zvoka v prostoru se običajno uporabljajo zvočnoabsorpcijske obloge, ki jih namestimo na obodne površine (stene in strop) dvorane. Pri tem pa je treba poudariti, da je treba povečati zlasti absorpcijo zvoka pri nizkih frekvencah, za kar pa absorpcijske obloge, nameščene neposredno na trd strop ali stene dvorane, niso primerne. Običajno se za absorpcijo zvoka nizkih frekvenc uporabljajo absorpcijski elementi, ki »delujejo« po načelu Helmholtzovega resonatorja, ali pa ploščni resonatorji.

Škodljive odboje zvoka v dvorani preprečimo z ustrezno razporeditvijo zvočnoabsorpcijskih površin na stene in strop dvorane ter s primernim oblikovanjem njenih obodnih površin, kar je treba upoštevati že v fazi zasnove oblike prostora.

3.2. Manjše športne dvorane

Tudi manjše športne dvorane s prostornino od 8.000 m^3 do 30.000 m^3 večinoma rabijo kot večnamenske. Pogosto so to največje dvorane v kraju, naselju ali soseski in se zato ne uporabljajo samo za športne dejavnosti, ampak tudi za kulturne in zabavne prireditve.

V akustično neurejenih manjših športnih dvoranah je odmevni čas v mejah od 6 s pri nizkih frekvencah zvoka do 3 s pri visokih frekvencah.

Odmevni časi, ki smo jih izmerili v treh manjših športnih dvoranah, so prikazani v diagramu 4.1.

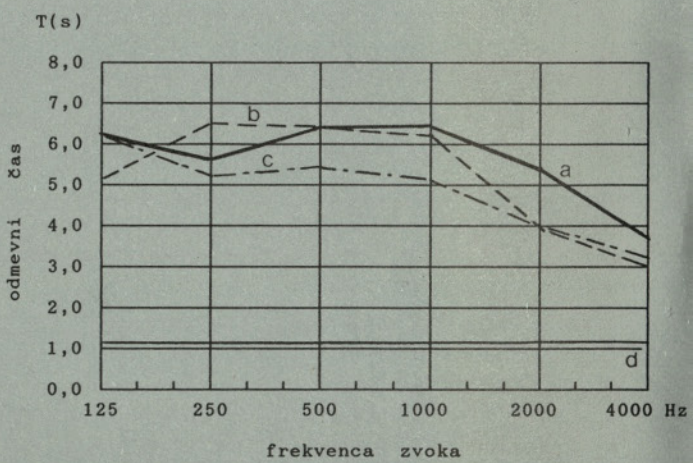


Diagram 4.1. **Odvisnost odmevnega časa od frekvence zvoka v akustično urejenih manjših športnih dvoranah**
a: športna dvorana v Kamniku (prostornina 15.700 m^3),
b: športna dvorana v Izoli (prostornina 11.250 m^3),
c: dvorana TVD Partizan Sp. Šiška (prostornina 10.300 m^3),
d: optimalni odmevni čas

V vseh treh akustično neurejenih dvoranah je odmevni čas precej daljši od optimalnega. Za koliko je treba povečati absorpcijo zvoka v teh dvoranah, da bo dolžina odmevnega časa dosegla optimalne vrednosti pri vseh frekvencah zvoka, je razvidno iz preglednice II.

Preglednica II

Ekvivalentna absorpcijska površina v akustično neurejenih športnih dvoranah (m^2)	Srednje frekvence oktavnih pasov (Hz) 125	250	500	1000	2000	4000
Športna dvorana v Kamniku ($V = 15.700\ m^3$)	413	449	406	400	474	673
Športna dvorana v Izoli ($V = 11.200\ m^3$)	360	282	291	296	458	655
Športna dvorana TVD Partizan Spodnja Šiška ($V = 10.300\ m^3$)	275	319	311	329	417	520
Potrebno povečanje ekvivalentne absorpcijske površine za akustično ureditev športnih dvoran (m^2)						
Športna dvorana v Kamniku ($V = 15.700\ m^3$)	1717	1681	1724	1730	1656	1457
Športna dvorana v Izoli ($V = 11.200\ m^3$)	1230	1308	1299	1294	1132	935
Športna dvorana TVD Partizan Spodnja Šiška ($V = 10.300\ m^3$)	1185	1141	1149	1131	1043	940

Površino elementov za absorpcijo zvoka (obloge, resonatorji), ki je potrebna, da bo odmevni čas v dvoranah v območju optimalnih vrednosti, določimo iz vrednosti v preglednici II, če upoštevamo koeficiente absorpcije zvoka teh elementov.

Odmevni časi, ki smo jih izmerili v treh akustično urejenih športnih dvoranah, so prikazani v diagramu 4.2.

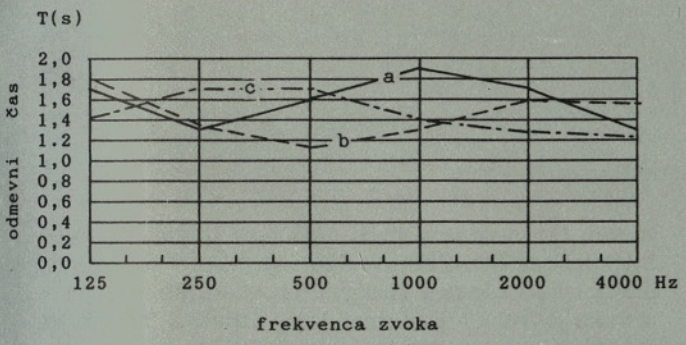


Diagram 4.2. **Odvisnost odmevnega časa od frekvence zvoka v akustično urejenih manjših športnih dvoranah**
a: športna dvorana v Kamniku (prostornina 15.700 m^3),
b: športna dvorana na Ježici (prostornina 9.000 m^3),
c: športna dvorana Poljane (prostornina 9.100 m^3)

Akustični ureditvi športne dvorane na Ježici in športne dvorane Poljane sta bili načrtovani že v fazi njihovega projektiranja, športna dvorana v Kamniku pa je bila akustično urejena pozneje. Vzrok za poznejšo akustično ureditev te dvorane so bili izredno slabi akustični pogoji, ki so omejevali njeno uporabnost.

3.3. Šolske telovadnice

V skupino šolskih telovadnic štejemo večje telovadnice s prostornino od 3.000 m^3 do 4.000 m^3 in manjše telovadnice s prostornino od 1.500 m^3 do 3.000 m^3. Namenjene so predvsem pouku telesne vzgoje, uporabljajo pa se tudi za razne nastope, proslave in druge prireditve, ki sodijo v šolske dejavnosti. Manjše telovadnice so večinoma v starejših šolah, saj se sedaj gradijo v glavnem večje.

Glavna namena akustične ureditve šolskih telovadnic sta zmanjšanje hrupa in povečanje razumljivosti govora v njih, kar je pomembno tako za pouk telesne vzgoje kakor tudi druge dejavnosti.

Znižanje ravni hrupa ΔL, ki ga dosežemo z akustično ureditvijo prostora oziroma s povečanjem absorpcije zvoka v njem, določimo z enačbo:

$$\Delta L = 10 \cdot \log \frac{Ao + \Delta A}{Ao} \text{ (dB)} \qquad (5)$$

kjer sta:

Ao – ekvivalentna absorpcijska površina v akustično neurejenem prostoru

ΔA – povečanje absorpcije zaradi akustične ureditve

Izmerjeni odmevni časi v treh akustično neurejenih večjih šolskih telovadnicah so prikazani v diagramu 5, v treh manjših telovadnicah pa v diagramu 6.

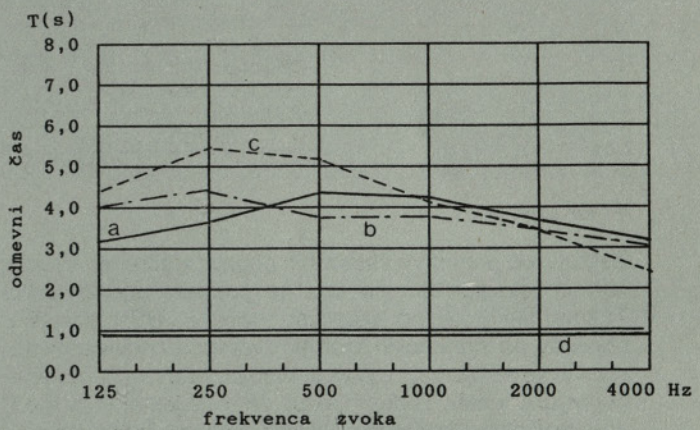


Diagram 5. **Odvisnost odmevnega časa od frekvence zvoka v akustično neurejenih večjih šolskih telovadnicah**
a: telovadnica OŠ Karla D.-Kajuha (prostornina 3.840 m^3),
b: telovadnica OŠ Jožeta Moškriča (prostornina 3.800 m^3),
c: telovadnica OŠ Petra Kavčiča (prostornina 3.780 m^3),
d: optimalni odmevni čas

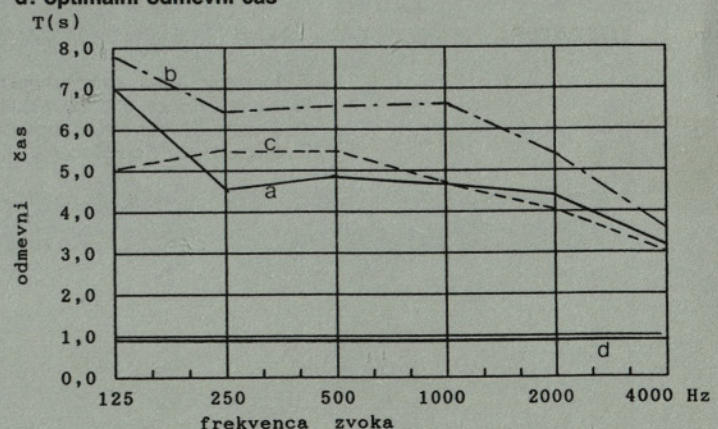


Diagram 6. **Odvisnost odmevnega časa od frekvence zvoka v akustično neurejenih manjših šolskih telovadnicah**
a: telovadnica OŠ Riharda Jakopiča (prostornina 2.730 m^3),
b: telovadnica OŠ Toneta Čufarja (prostornina 1.670 m^3),
c: telovadnica OŠ Ketteja in Murna (prostornina 1.728 m^3),
d: optimalni odmevni čas

Iz diagramov 5 in 6 je razvidno, da tudi v šolskih telovadnicah odmevni čas močno presega optimalne vrednosti, če telovadnice niso akustično urejene. Dodatna absorpcija zvoka, ki je potrebna za njihovo akustično ureditev, je razvidna iz preglednice III.

se zavedajo pomena dobrih akustičnih pogojev v športnih dvoranah in telovadnicah. To opažamo tudi pri našem delu, saj se je sodelovanje s projektanti teh objektov v zadnjem času precej razširilo. Tako smo izdelali vrsto elaboratov za akustične ureditve športnih dvoran in telo-

Preglednica III

Ekvivalentna absorpcijska površina v akustično neurejenih šolskih telovadnicah (m^2)	Srednje frekvence oktavnih pasov (Hz) 125	250	500	1000	2000	4000
OŠ Jožeta Moškriča ($V = 3.800\ m^3$)	79	95	94	92	115	167
OŠ Karla D.-Kajuha ($V = 3.840\ m^3$)	89	136	128	133	142	196
OŠ Petra Kavčiča ($V = 3.780\ m^3$)	123	114	114	131	154	205
OŠ Riharda Jakopiča ($V = 2.730\ m^3$)	139	120	103	106	120	144
OŠ Toneta Čufarja ($V = 1.670\ m^3$)	68	63	72	72	78	91
OŠ Ketteja in Murna	64	51	55	69	81	113
Potrebno povečanje ekvivalentne absorpcijske površine za akustično ureditev šolskih telovadnic (m^2)						
OŠ Jožeta Moškriča ($V = 3.800\ m^3$)	573	557	558	560	573	458
OŠ Karla D.-Kajuha ($V = 3.840\ m^3$)	569	523	531	526	517	463
OŠ Petra Kavčiča ($V = 3.780\ m^3$)	525	534	534	517	495	443
OŠ Riharda Jakopiča ($V = 2.730\ m^3$)	330	349	366	363	349	326
OŠ Toneta Čufarja ($V = 1.670\ m^3$)	218	223	215	215	209	196
OŠ Ketteja in Murna ($V = 1.730\ m^3$)	233	246	242	228	216	184

4. SKLEP

Zahteve po primernih akustičnih pogojih v športnih dvoranah in telovadnicah pri nas še premalo upoštevamo. Trdimo lahko, da so akustični pogoji v večini starejših objektov, pa tudi v novih športnih dvoranah in telovadnicah slabi in se ne ujemajo s pogoji, ki so potrebni za nemotene dejavnosti v njih. Tudi projektov za te objekte, ki bi med drugim vsebovali njihovo akustično ureditev, je bilo malo.

Ugotavljamo pa, da se razmere na tem področju v zadnjem času le spreminjajo. Vse več je projektantov, ki

vadnic. Naj navedem samo nekatere: športne dvorane ŠRC Ježica, TVD Partizan Spodnja Šiška, Poljane in v Študentskem centru v Ljubljani; športne oziroma večnamenske dvorane v Radencih, Izoli, Kamniku, Mengšu in Kranjski Gori; telovadnice osnovnih šol Vlada Miklavca, Valentina Vodnika in Livada v Ljubljani; telovadnici osnovnih šol Bratov Vodopivec v Pivki in Petra Kavčiča v Škofji Loki ter telovadnica Srednje agroživilske šole v Ljubljani.

V športnih dvoranah in telovadnicah, kjer je bila njihova akustična ureditev že izvedena, so akustični pogoji dobri, kar so potrdili tudi njihovi uporabniki.

LITERATURA

T. Jelaković: Zvuk, sluh, arhitektonska akustika.
W. Furrer: Raum- und Bauakustik – Lärmabwehr.
W. Fasold, H. Winkler: Bauphysikalische Entwurfslehre – Raumakustik.
F. Bruckmayer: Schalltechnik im Hochbau.

izolirka

Industrija izolacijskih materialov, Ob železnici 18, 61110 Ljubljana
Telefon: (061) 103 096, fax: (061) 445 182, telex: 31585 si izo

Predstavljamo vam proizvodni program IZOLIRKE:

PROIZVODI ZA HIDROIZOLACIJE:

- bitumenska strešna lepenka
- pergamin papir
- IZOVAL – hidroizolacijski trakovi
- IZOTEKT – bitumenski varilni trakovi
- IZOKRIT – bitumenska skodla
- IZOSTIK – bitumensko lepilo
- IBITOL – hladen bitumenski premaz
- bitumenska masa za temelje
- bitumenske raztopine
- bitumenska masa za mostove
- bitumenski kit
- izoplast trakovi
- alpena trakovi

PROIZVODI ZA ANTIKOROZIJO:

- IBITOL lak
- IBITOL lak za visoke temperature
- bitacid – kislinoodporna masa

PROIZVODI ZA ELEKTROIZOLACIJE:

- bitumenske mase za elektroindustrijo

PROIZVODI ZA AVTOZAŠČITO:

- ALUKOR N notranji antikorozijski premaz
- ALUKOR Z zunanji antikorozijski premaz
- ALUKOR pasta – pasta

PROIZVODI ZA TOPLOTNE IZOLACIJE:

- stiropor
- izomat plošče
- kombi S plošče
- kaširane stiropor plošče
- izokork masa
- stiropor embalaža

PROIZVODI ZA CESTOGRADNJO:

- bitumenske emulzije
- rezani bitumen
- bitumenske mase za fuge

Učinkovitost sistema izolacij je odvisna od:

- pravilnega projektiranja
- pravilno izbranih materialov
- pravilne tehnologije vgradnje

Zato nudimo tudi **svetovanje** o pravilnih načinih uporabe izolacijskih materialov v gradbeništvu. Za brezplačen nasvet ter izčrpne informacije se obrnite neposredno na TEHNIČNO INFORMATIVNO SLUŽBO Izolirke **tel. 061 103 096, int. 36.**

VABIMO VAS, DA NAS OBIŠČETE na razstavnem prostoru IZOLIRKE
na sejmu gradbeništva in gradbenih materialov v hali A
v času od 29. 3. do 2. 4. 1993 v GORNJI RADGONI.

izolirka

SEJEM GRADBENIŠTVA



Gradimo v novi Evropi!

7. Mednarodni bienalni sejem
gradbeništva in gradbenih materialov
Gornja Radgona
29. 3.–2. 4. 1993

Za vse dodatne informacije o
SEJMU GRADBENIŠTVA
pokličite projektnega vodjo sejma
Matejo Jaklič
ali tehničnega vodjo
Janeza Erjavca
na telefonski številki:
069/61 761

Ljubljanski sejem d.d.
Pomurski sejem

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

LETNIK XXXXI-1992

Revijo izdaja: **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE V LJUBLJANI**

Glavni in odgovorni urednik: **FRANC ČAČOVIČ**

Lektor: **ALENKA RAIČ**

Tehnični urednik: **DANE TUDJINA**

Uredniški odbor: SERGEJ **BUBNOV,** VLADIMIR **ČADEŽ,** VOJTEH **VLODYGA,** STANE **PAVLIN,** GORAZD **HUMAR,** IVAN **JECELJ,** ANDREJ **KOMEL,** BRANKA **ZATLER-ZUPANČIČ,** JOŽE **ŠČAVNIČAR,** dr. MIRAN **SAJE**

Tisk: TISKARNA **TONE TOMŠIČ** V LJUBLJANI

LJUBLJANA, 1992

KAZALO ZA LETNIK XXXXI, 1992

ČLANKI, ŠTUDIJE, RAZPRAVE
ARTICLES, STUDIES, PROCEEDINGS

AVŠIČ Franci:
O SUŠI, DRENAŽI IN NAMAKANJU 257
ABOUT DRYNESS, DRAINAGE AND IRRIGATION

BOLZ Günther:
ZAŠČITA VODA V SLOVENIJI 45

BOŠNJAK Slobodan:
VELIKOPANELNI SISTEM VPMS – SCT LJUBLJANA 134
LARGE-PANEL SYSTEM VPMS – SCT LJUBLJANA

BOŽIČ Janez:
ORGANIZACIJSKO INFORMACIJSKI SISTEM GRADBENIH PROJEKTOV 155
AN ORGANIZATION AND INFORMATION SYSTEM FOR BUILDING PROJECTS

BERTONCELJ Dimitrij:
NAMAKANJE DRAVSKEGA IN PTUJSKEGA POLJA 269

DOBRILA Peter:
ENOOSNA UPOGIBNA OBREMENITEV ARMIRANOBETONSKIH »T« PREREZOV (VELIKA EKSCENTRIČNOST) 68
UNIAXIAL BENDING REINFORCED CONCRETE »T« BEAMS (GREAT EXCENTRICITY)

DUHOVNIK Janez:
RAZISKAVE IN RAZVOJ V GRADBENIŠTVU 183
R & D IN CONSTRUCTION

FAZARINC Rok:
HIDRAVLIČNA PRESOJA PREPUSTOV IN PREMOSTITEV 234
HYDRAULIC ASSESSMENT OF CULVERTS AND OVERBRIDGES

GAŠPAROVIČ Ivan, BRAČKO Ivan:
ZAMENJAVA NH_3 KONVERTERJA 28
EXCHANGE OF NH_3 CONVERTER

GRADNIK Leon:
VIADUKT »REBER« 111
VIADUCT »REBER«

GORIŠEK Meta:
OBNOVA OBJEKTOV NA GORENJSKEM PO POPLAVAH 1990 – JEZ KORENINOVC 248
THE REBUILDING OF THE RIVER CONSTRUCTIONS IN THE REGION OF GORENJSKA – DAM KORENINOVC

HORVAT Aleš, ZEMLJIČ Marijan:
PROBLEMATIKA MASOVNEGA TRANSPORTA (PRENOSA) PLAVIN 253
MASSMOVEMENT PROBLEMS

KAJDEŽ Živko:
TEHNOLOGIJA GRADNJE VIADUKTA »REBER« 115
CONSTRUCTION OF THE VIADUCT »REBER«

KAVČIČ Franci:
HIDRATACIJA CEMENTA V ADIABATNEM KALORIMETRU 152
CEMENT HYDRATION IN ADIABATIC CALORIMETER

KRAVANJA Stojan, BEDENIK Branko, KRAVANJA Zdravko:
MATEMATIČNO PROGRAMIRANJE KONSTRUKCIJ V MEHANIKI 193
MATHEMATICAL PROGRAMMING OF MECHANICAL STRUCTURES

LESJAK Ivan, STRNIŠA Gorazd:
PRIMER ZAHTEVNEGA TEMELJENJA OBJEKTA NA ZABITIH BETONSKIH KOLIH 34
AN EXAMPLE OF A DELICATE BUILDING FOUNDATION USING DRIVEN PILES

MUCK Peter, PINTAR Marina, ŠOLAR-ŠMID Mojca:
KRAJINSKO-EKOLOŠKI VIDIKI UREJANJA POVRŠINSKIH VODOTOKOV – SAVSKE MRTVICE OD LITIJE DO LJUBLJANE 220
LANDSCAPE AND ECOLOGICAL POINT OF VIEW IN SURFACE WATER REGULATION

PUKL Boris:
INŠTITUT ZA METALNE KONSTRUKCIJE – NJEGOVO MESTO IN VLOGA PRI IZGRADNJI, VZDRŽEVANJU IN SANACIJI KOVINSKIH KONSTRUKCIJ 2
THE INSTITUTE FOR METAL STRUCTURES – ITS ROLE IN THE CONSTRUCTION, MAINTENANCE AND RENEWAL OF STEEL STRUCTURES

REMEC Črtomir, ROJC Tomaž:
OBNAVLJANJE IN SANIRANJE JEKLENIH NOSILNIH KONSTRUKCIJ 6
RECONSTRUCTION AND RENEWAL OF STEEL STRUCTURES

ROTAR Antonija:
GRADNJA KANALIZACIJSKEGA OMREŽJA ZA MESTO CONSTANTINE V ALŽIRIJI 122
CONSTRUCTION OF CONSTANTINE TOWN SEWAGE SYSTEM – ALGERIA

ROJNIK Franci:
PROTIEROZIJSKA ZAŠČITA S PLETIVI IZ NARAVNIH (KOSOSOVIH) VLAKEN 259
ANTIEROSION PROTECTION WITH NATURAL WEAVES

RAJAR Rudi, ČETINA Matjaž:
MATEMATIČNO MODELIRANJE TOKOV IN DISPERZIJE HRANIV V BOHINJSKEM JEZERU 263
MATHEMATICAL MODELLING OF CIRCULATION AND DISPERSION OF NUTRIENTS IN BOHINJ LAKE

SEVER Anin:
VPMS – PRINCIPI SNOVANJA STANOVANJSKE ARHITEKTURE VILA-BLOK KOT PRIMER DOSLEDNE UPORABE SISTEMA 141
LARGE-PANEL PRECAST SYSTEM (VPMS) – CONCEPTUAL PRINCIPLES OF RESIDENTIAL ARCHITECTURE. VILA-BLOCK AS AN EXAMPLE OF A CONSISTENT PRACTICAL APPLICATION OF THE SYSTEM

SEVER Alojz:
TEMPERATURNA STANJA IN DILATIRANJE STRJUJOČEGA SE IN OTRDELEGA BETONA PRI GRADNJI LETALIŠČA IN LUKE V LIBIJI 146
TEMPERATURE CONDITIONS AND DILATATION OF SOLIDIFIED CONCRETE IN AIRPORT CONSTRUCTION

SKRINAR Matjaž, UMEK Andrej:
DINAMIČNA IDENTIFIKACIJA NOSILCEV Z METODO DODATNIH MAS 188
DYNAMIC IDENTIFICATION OF BEAMS WITH ADDITIONAL MASS METHOD

ŠAJN Matjaž:
RAČUNALNIŠKA SIMULACIJA VOŽNJE PO BODOČI TRASI CESTE V DOLINI TRENTE – POSTOPKI IN PROGRAMSKA OPREMA 126
COMPUTER SIMULATION OF A CAR RIDE ON THE FUTURE ROAD IN THE VALLEY OF TRENTA – TECHNIQUES AND SOFTWARE

ŠIŠKO-NOVAK Sonja:
VPLIV FOSFORJA NA PRIMARNO BIOLOŠKO PROIZVODNJO V PLITVIH VODNIH REZERVOARJIH IN REKAH 242
INFLUENCE OF PHOSPHORUS ON PRIMARY BIOLOGICAL PRODUCTION IN LOW WATER RESERVOIRS AND RIVERS

TOMAŽEVIČ Miha, WEISS Polona, VELECHOVSKY Tomaž:
VPLIV TOGOSTI STROPOV NA POTRESNO ODPORNOST STARIH ZIDANIH ZGRADB 73
THE INFLUENCE OF RIDIGITY OF FLOORS ON THE SEISMIC BEHAVIOUR OF OLD MASONRY BUILDINGS

TOMŠIČ Marijan:
PRESKRBA KRASA IN SLOVENSKE OBALE Z VODO 225
WATER SUPPLY OF KARST AND THE SLOWENIAN COAST

TONIN Vanja:
ZNAČILNI VODOSTAJI MORJA V KOPRU 272
CHARACTERISTIC SEA WATER LEVELS IN KOPER

VUČAJNK Jože:
GOSPODARSKI POLOŽAJ GRADBENIŠTVA IN IGM SLOVENIJE 66

VOJVODIČ-GVARDJANČIČ Jelena:
ANALITIČNA OBRAVNAVA NATEZNEGA PREIZKUSA 13
ANALITICAL CONSIDERATION OF TENSILE TEST

VONČINA Marko, JAREC Bogdan:
NEPORUŠNE PREISKAVE NA PODROČJU KONTROLE ZVARJENIH SPOJEV NA NOSILNIH JEKLENIH KONSTRUKCIJAH 22
NON DESTRUCTIVE TESTING IN THE FIELD OF WELDED JOINTS QUALITY CONTROL OF STEEL STRUCTURES

POROČILA – INFORMACIJE

BERTONCELJ Dimitrij:
MEDNARODNA KONFERENCA O DRAVI
DEKLARACIJA O DRAVI 277

ERJAVEC Janez:
POROČILO O DOSEDANJIH GRADBENIH SEJMIH V GORNJI RADGONI IN PRIPRAVE NA NASLEDNJI SEJEM 276

MAROLT Janja, BJEGOVIĆ Dubravka:
PREDOR POD ROKAVSKIM PRELIVOM 85
THE CHANNEL TUNNEL

TRAUNER Ludvik:
STROKOVNA KNJIŽNICA BINETA LOČIČNIKA JE PRIŠLA V PRAVE ROKE 49

IN MEMORIAM

LAPAJNE Svetko:
DANIJEL SMREKAR, dipl. inž. 202

PUKL Boris:
BOGDAN GRABNAR, dipl. gr. inž. 48

CENTER ZA GRADITELJSTVO: GRADBENI CENTER LJUBLJANA

PRIPOROČILA 1 51

RAJAR Rudi, ŠIRCA Andrej:
RAČUN POVPREČNIH HITROSTI TOKA V STRMIH STRUGAH 89
CALCULATION OF AVERAGE FLOW VELOCITIES IN STEEP NATURAL STREAMS

POROČILA FAKULTETE ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO
PROCEEDINGS OF THE DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING UNIVERSITY IN LJUBLJANA

BOKAN Violeta, SAJE Franc:
LEZENJE BETONA PRI VISOKEM NIVOJU NAPETOSTI 163
CREEP OF CONCRETE AT HIGH STRESS LEVEL

LOGAR Janko, MAJES Bojan:
NUMERIČNA ANALIZA UČINKA ARMIRANJA TEMELJNIH TAL POD CESTNIMI NASIPI 203
NUMERICAL PROCEDURES FOR THE CONSOLIDATION ANALYSIS OF REINFORCED FOUNDATION SOILS UNDER ROAD EMBANKMENTS

MAJES Bojan, LOGAR Janko:
UPORABA DEFORMACIJSKIH IZOTAH V ANALIZI KONSOLIDACIJE TAL 55
USE OF DEFORMATION ISOTACHES IN THE CONSOLIDATION ANALYSIS OF SOILS

MAREGA Milena, ZUPAN Matjaž:
EKOLOGIJA DOMA 95
HOUSEHOLD ECOLOGY

RAJAR Rudi:
PROBLEMI KAKOVOSTI VODE V MARINAH IN LUKAH S PRIMEROMA MARIN IZOLA IN KOPER 279

INFORMACIJE ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI
PROCEEDINGS OF THE INSTITUTE FOR MATERIAL AND STRUCTURES RESEARCH LJUBLJANA

BERGANT Matjaž, JANEŽIČ Igor:
OJAČEVANJE ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ Z DOLEPLJENJEM JEKLENIH LAMEL – PRIMERI IZ PRAKSE 103
STRENGTHENING OF REINFORCED – CONCRETE STRUCTURES BY GLUING ON STEEL PLATES – SOME PRACTICAL EXAMPLES

HRIBERNIK Zvonko, LESKOVAR Iztok, ŠUŠTERŠIČ Jakob:
UPORABA MIKROARMIRANEGA BETONA ZA IZVEDBO IN SANACIJO TLAKOV 61
USE OF FIBRE REINFORCED CONCRETE FOR PAVEMENTS

RENČELJ Stojan, CEKLIN Franci:
VERBET – LAHKI IZOLACIJSKI BETONI 209
VERBET – LIGHTWEIGHT INSULATING CONCRETES

ŠUŠTERŠIČ Jakob:
EROZIJSKO-ABRAZIJSKA ODPORNOST MIKROARMIRANIH BETONOV Z JEKLENIMI VLAKNI 169
EROSION-ABRASION RESISTANCE OF STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE

VOLOVŠEK Savo:
AKUSTIKA ŠPORTNIH DVORAN IN TELOVADNIC 287
THE ACOUSTICS OF SPORTS HALLS AND GYMNASIA