

A photograph of a clear, shallow stream with fallen tree branches and a forest background. The water is very clear, showing the bottom and the reflections of the surrounding greenery. Several large, fallen tree branches are scattered across the stream, some partially submerged. The background is a dense forest with lush green foliage.

januar 2010

slovenski vodar²¹⁻²²

društvo vodarjev slovenije



Slovenski vodar 21-22

Društvo vodarjev Slovenije
(Slovenian Association of Water Managers)

Lava 7, 3000 Celje
Naslov za poštne pošiljke: Hajdirhova 28c, 1000 Ljubljana
Tel. 031 653 653
e: info@drustvo-vodarjev.si
www.drustvo-vodarjev.si

Urednika: Dr. Lidija Globevnik, Tone Prešeren, udig.,
Lektoriranje: Henrik Ciglič
Oblikovanje: Danijel Sušnik
Fotografija na naslovnici: Nives Zore
Fotografije: Nina Fazarinc, Lidija Globevnik, Tina Mazi, Sandra Pranjič, Tone Prešeren,
Franci Rojnik, Matjaž Udovč, Miha Zidarič, Nives Zore
Tisk: Tiskarna Januš
Naklada: 500
CIP – Kataloški zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana
ISSN 1318-6051

Mnenja, predstavljena v člankih, so izključno stališča avtorja

Ljubljana, januar 2010

januar 2010

slovenski vodar²¹⁻²²

društvo vodarjev slovenije

VSEBINA

UVODNIK Dr. Lidija GLOBEVNIK	4
BIOTSKA RAZNOVRSTNOST JE ŽIVLJENJE BIOTSKA RAZNOVRSTNOST JE NAŠE ŽIVLJENJE Dr. Lidija GLOBEVNIK, dr. Gorazd URBANIČ, Dr. Monika PETERLIN Inštitut za vode Republike Slovenije Dr. Meta POVŽ Zavod Umbra	5
VODE SO PODCENJENI POTENCIAL SLOVENIJE mag. Zlatko MIKULIČ Hidrološki svetovalec Slovenije pri Svetovni meteorološki organizaciji, Agencija Republike Slovenije za okolje	6
NAŠA PRILOŽNOST: JADRANSKI SAVSKI BAZEN Dr. Mitja BRICELJ, Ministrstvo za okolje in prostor	9
MOBILNO UPRAVLJANJE MHE - DODANA VREDNOST ZA LASTNIKA IN OKOLJE Luka Selak, izr. prof. Alojzij Sluga Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo	12
PORUŠITVE PREGRAD dr. Andrej ŠIRCA IBE d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring prof. dr. Matjaž ČETINA Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo	18
PORUŠITEV PREGRADE ZA ZAČETNIKE dr. Andrej ŠIRCA IBE d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring	27
ORIS ŽIVLJENJA OSKARJA SMREKERJA (1854 – 1935), PROJEKTANTA VODOVODOV IN RAZISKOVALCA PODZEMNE VODE dr. Mihael BRENČIČ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo	31
POROČILO O POSLEDICAH VISOKIH VODA DNE 5.9.2009 V POVODJIH SAVE DOLINKE NAD JESENICAMI, BELCE V BOHINJSKI BISTRICI IN TRŽIŠKE BISTRICE NAD TRŽIČEM Jure BOGATAJ, Pavel DEBELJAK, Aleš KLABUS, Dora RUDOF, Urška PETJE VGP Kranj d.o.o.	35
PROBLEMATIKA NIZKIH PRETOKOV KAMNIŠKE BISTRICE MED KAMNIKOM IN DOMŽALAMI Jure BOGATAJ, dr. Mitja BRILLY Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo	41
STANJE VODOTOKOV V MESTNI OBČINI LJUBLJANA Gregor KOLMAN, dr. Aleš BIZJAK, Maja KREGAR Inštitut za vode Republike Slovenije dr. Matjaž MIKOŠ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo	45
EKOLOŠKA OBNOVA REKE Z VODARSKIMI UKREPI - REKA MURA V SLOVENIJI (BUNČANI - VERŽEJ) Dr. Lidija GLOBEVNIK in mag. Sonja ŠIŠKO NOVAK Inštitut za vode Republike Slovenije	52

POVODJE SELŠKE SORE DVE LETI PO VISOKIH VODAH Aleš KLABUS VGP Kranj d.o.o.	56
NEURJE SEPTEMBER 2009 - GOZD MARTULJEK Darko BURJA, Tina MAZI, Ljiljana SMILJIČ Inštitut za vode Republike Slovenije Franci ROJNIK Inženiring za vode d.o.o.	68
SANACIJSKA DELA NA HUDOURNIKU ČERINŠČICA, KI JIH JE V LETU 2009 OPRAVILO PODJETJE ZA UREJANJE HUDOURNIKOV D.D. Aleš ZALETEL, Robert KREFT PUH d.d.	72
EKONOMSKE ANALIZE V SODOBNEM VODNEM NAČRTOVANJU TER V PROCESU PRIPRAVE NAČRTOV UPRAVLJANJA VODA V REPUBLIKI SLOVENIJI Janez DODIČ, Špela PETELIN, dr. Aleš BIZJAK Inštitut za vode Republike Slovenije	76
KATALOG DOBRIH PRAKS UREJANJA VODA Petra REPNIK MAH Inštitut za vode Republike Slovenije	79
VZDRŽEVANJE BANKIN Mag. Tadej MARKIČ Ministrstvo za promet Republike Slovenije , Prometni inšpektorat	83
ODVODNJAVANJE CEST Dr. Lidija GLOBEVNIK Inštitut za vode Republike Slovenije	86
PREDSTAVITEV KNJIGE »KANALISANJE KIŠNIH VODA« AVTORJA PROF. DR. JOVANA DESPOTOVIČA Dr. Uroš KRAJNC Inštitut za ekološki inženiring d.o.o.	89
38. ZIMSKO SREČANJE VODARJEV SLOVENIJE POKLJUKA, 07.02.2009	91
SVETOVNI DAN VODA 2009 TISKOVNA KONFERENCA DRUŠTVO VODARJEV SLOVENIJE LUCIJA, 20.03.2009 IZJAVA DRUŠTVA VODARJEV SLOVENIJE OB SVETOVNEM DNEVU VODA 22. MAREC 2009	94
STROKOVNA ESKURZIJA SLOVENSKEGA KOMITEJA ZA VELIKE PREGRADE (SLOCOLD) IN DRUŠTVA VODARJEV SLOVENIJE (DVS) 2009 SEVERNA ITALIJA, 15.-17.10. 2009	97
STROKOVNA ESKURZIJA SLOVENSKEGA KOMITEJA ZA VELIKE PREGRADE (SLOCOLD) IN DRUŠTVA VODARJEV SLOVENIJE (DVS) 2009 FOTOGRAFIJE Z ESKURZIJE severna Italija, 15.-17.10. 2009	101

UVODNIK

Dr. Lidija GLOBEVNIK

Drage bralke, dragi bralci revije Slovenski vodar!

Verjetno tudi Vam mine eno leto enako hitro kot nam. Minilo je leto dni, odkar smo izdali zadnjo, dvojno številko revije, in šele sedaj nam je uspelo izdati naslednjo dvojno številko. Za zbiranje člankov, lekturo, pripravo za tisk, tiskanje in vse druge zadeve smo si lahko vzeli čas šele jeseni. Pripravljenih je 13 strokovnih člankov, ki vam bodo dali nove informacije na področju vodarstva v Sloveniji. Seznanjajo vas s posledicami jesenskega neurja na Gorenjskem in stanjem vodotokov na območju Mestne občine Ljubljana. Opisana je problematika nizkih pretokov Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami. Podana je informacija o pripravi kataloga dobrih praks urejanja vodotokov, ki vabi vse strokovnjake, naj pošljejo informacije o že uresničenih sonaravnih ureditvah v Sloveniji. Ena takih se ravno dogaja na reki Muri, tako da sta na to temo pripravljena dva članka. Člana Slovenskega komiteja za velike pregrade (SLOCOLD) podajata statistike nesreč in poškodb pregrad, opisuje mehanizme nastanka poškodb, načine računa posledic porušitev ter principe izdelav ocen ogroženosti. Žal slovenska zakonodaja na tem področju še ni urejena.

Tokrat revija vsebuje tudi nekaj konceptualnih in splošnih informacij o upravljanju voda v Sloveniji. Kot je napisano v uvodu enega izmed člankov, Slovenija ni več novinka v EU in vsem je že jasno, da evropska Okvirna vodna direktiva ni *deux ex machina*, ki bo prinesla čudežne rešitve na področju voda. Gre za okvir delovanja, v katerem moramo sami postaviti strukturo za učinkovito delovanje na področju voda z jasno hierarhijo ciljev. Pot do večje učinkovitosti pri upravljanju voda pa mora biti čim bolj odprta in široka, upoštevati je treba tudi dobre prakse iz preteklosti. Da znamo upravljanje voda ekonomsko vrednotiti, je prikazano v članku o ekonomskih analizah storitev, povezanih z obremenjevanjem voda. Podan je tudi pregled rabe vode po gospodarskih dejavnostih.

Društvo vodarjev Slovenije tvorno sodeluje z DRC, Družbo za raziskave v cestni in prometni stroki. Tako je DRC na idejno pobudo našega društva organiziralo posvet o odvodnjavanju cest, ki je potekalo 3. novembra 2009 v Ljubljani. V reviji so podane glavne ugotovitve in sporočila posveta.

Poleg strogo strokovnega branja lahko v reviji najdete tudi poljudne teme. Orisano je življenje Oskarja Smrekerja, projektanta vodovodov in raziskovalca podzemne vode izpred 80 let. Predstavljena je knjiga »Kanalisanje kišnih voda« avtorja prof. dr. Jovana Despotovića iz Beograda.

Vsem želim prijazno leto 2010. In kot sem napisala v novoletni čestitki, naj bo v letu 2010 pomlad zaljubljena, poletje sproščujoče, jesen zapeljivo barvita in zima prijazno čarobna. Takrat se spet srečamo ob novi številki Slovenskega vodarja.

Lidija Globevnik
Predsednica Društva vodarjev Slovenije

BIOTSKA RAZNOVRSTNOST JE ŽIVLJENJE

BIOTSKA RAZNOVRSTNOST JE NAŠE ŽIVLJENJE

Dr. Lidija GLOBEVNIK, dr. Gorazd URBANIČ, Dr. Monika PETERLIN
Inštitut za vode Republike Slovenije
Dr. Meta POVŽ
Zavod Umbra

Mednarodno leto biotske raznovrstnosti je projekt Organizacije združenih narodov, katerega namen je z vrsto aktivnosti leta 2010 povečevati zavedanje ljudi o pomenu biodiverzitete za življenje na Zemlji in preživetje človeštva. Leto 2010 je bilo za mednarodno leto biotske raznovrstnosti razglašeno na 61. zasedanju Generalne skupščine OZN leta 2006. Človek je neločljiv del bogate naravne raznovrstnosti. V njegovi moči je, da to raznovrstnost uniči ali ohrani. Človeške aktivnosti lahko škodijo sistemom, od katerih je odvisno preživetje človeštva, zato je varovanje raznovrstnosti eden ključnih izzivov sodobne družbe danes in v prihodnosti.

Biotsko raznovrstnost pogosto razumemo le kot raznolikost živih organizmov, vendar zajema tudi pestrost kopenskih, morskih in drugih vodnih ekosistemov ter ekološke komplekse, katerih del so ti organizmi. Vodni ekosistemi so glede biotske raznovrstnosti še posebej pomembni. Na primer, zaloge sladke vode na Zemlji sestavljajo le desettisočino celotne količine vode, vendar v njej živi kar dvanaest odstotkov vseh vrst. Slovenske vode so še posebej bogate, saj se pri nas srečajo hidroekoregije Alpe, Panonska nižina, Padska nižina in Dinaridi, ki s kraškimi in sredozemskimi značilnostmi dodatno povečajo biotsko raznovrstnost. Zmotno pa bi bilo misliti, da se zaradi tega vrstna pestrost v Sloveniji povečuje, le poznamo je ne. Poznamo nekatere vrste, ki so obstajale v preteklosti, danes pa jih v Sloveniji več ne najdemo. Veliko lažje kot izginjanje vrst opazimo spreminjanje ekosistemov, katerega posledica je tudi izginjanje vrst, skupaj s tistimi, ki jih še nismo našli.

V Sloveniji je bilo najdenih 15000 živalskih in 6000 rastlinskih vrst. Številne od teh živijo tudi ali le v vodi, vsako leto pa odkrivamo še nove vrste. Kot primer lahko navedemo, da od 500 v Evropi živečih ribjih vrst na območju Slovenije živi kar 91 vrst. Ali povedano drugače, na ozemlju Slovenije, ki pokriva 0,2 % površine Evrope, živi kar 18 % vseh evropskih ribjih vrst. Med njimi je 22 endemitov, od katerih barjanski kapelj (*Cottus metae*) živi izključno v Sloveniji. Žal je razširjenost in številčnost ribjih vrst v Sloveniji zaradi posegov v prostor in onesnaženja danes bistveno manjša kot je bila pred 100 leti. Iz naših voda so izginile vse večje jesetrovke in čepi, ogroženih, ranljivih ali redkih pa je danes v slovenskih vodah kar polovica ribjih vrst. Na področju poznavanja pestrosti drugih živalskih in rastlinskih vrst in pestrosti sladkovodnih ekosistemov v Sloveniji smo v nezavidljivem položaju. Tako za polovico tipov rek nimamo več odsekov, ki bi bili v izho-

diščnem (referenčnem) stanju. S tem ko se je zmanjšala naša ekosistemska pestrost, so izginile tudi vse vrste, ki so nekdaj živele le v teh okoljih. Priča smo tudi osiromašenju morskih ekosistemov, kar ne pomeni le izgube genetskega potenciala, temveč tudi zmanjšanje stabilnosti in odpornosti teh ekosistemov. Zmanjševanje biotske raznovrstnosti v morjih ogroža tako socialno kot ekonomsko varnost ljudi, predvsem v obalnih območjih. Zaradi svojih naravnih značilnosti je slovensko morje občutljivo območje, ki je izpostavljeno naraščajočim pritiskom zaradi pomorskega prometa in turističnih aktivnosti, globalnim trendom klimatskih podnebnih sprememb ter številnim konfliktom glede rabe obalnega območja.

Čeprav se zmanjšuje vsa biotska raznolikost na Zemlji, se pestrost celinskih voda zmanjšuje veliko hitreje kot pestrost kopenskih ekosistemov. Razlog je v odvisnosti ljudi od vode in v njeni nesmotrni rabi. Ob sedanjem trendu zmanjševanja biotske raznovrstnosti celinskih voda in povečevanju pritiskov na ekosisteme bomo kmalu dosegli raven, ki bo skrajno zaskrbljujoča, posledice pa bodo katastrofalne. V zadnjih letih se sicer trudimo omejevati vnose škodljivih snovi v vodno okolje. Gradimo čistilne naprave, urejamo sisteme zbiranja odpadkov. Žal se mnoge težke kovine in hormonom podobne substance, ki jih najdemo v odpadnih vodah, tudi v čistilnih napravah ne razgradijo popolnoma. To povzroča stalno grožnjo živalskim vrstam in nadaljnje zmanjševanje stabilnosti in odpornosti ekosistemov. Največja grožnja biotski raznovrstnosti pa je uničevanje vodnih ekosistemov s posegi in graditvami ter njihovo medsebojno ločevanje. Še vedno obstaja trend prekinjanja povezav vodnega toka v strugah in z vodnimi tokovi v tleh. Je posledica izjemnega apetita po pozidavah rečnih brežin in poplavnih površin.

Želimo, da bi se posegi v vodni prostor zmanjšali na najmanjšo možno mero in da bi bil slovenskim vodam v prihodnosti vrnjen vsaj del njihovega prostora. Šele v tem prostoru bodo lahko preživele številne vrste, kakovost voda pa se bo zares lahko izboljšala šele ob pomoči večje biotske raznovrstnosti. Biotska raznovrstnost je torej tudi naše življenje.



VODE SO PODCENJENI POTENCIAL SLOVENIJE

mag. Zlatko MIKULIČ

Hidrološki svetovalec Slovenije pri Svetovni meteorološki organizaciji, Agencija Republike Slovenije za okolje

Spre gledano modro zlato Slovenije in vloga vodarjev

Vode so modro zlato Slovenije. Žal so kot nekakšna zaspata Trnuljčica malo opaženi v družbi, razen ko gre za ekstremne dogodke suš in poplav. Gozdovi in vode sta naša največja strateška naravna vira. Tega strateškega pomena skoraj ni zaslediti v politikah dolgoročnega razvoja države, v strategijah spopadanja s podnebnimi spremembami in našega mednarodnega umeščanja v geostrateške silnice. Vodo pogosto omenjamo kot nafto 21. stoletja. Strateško surovino 20. stoletja, nafto oziroma zemeljski plin Rusija spretno izkorišča v svoji politiki do EU, kar ji daje moč regionalne sile. Sedaj se zastavlja vprašanje, ali bo Slovenija, kot pretežno povirna država, v prihodnosti znala izkoristiti strateški pomen vode za svoj razvoj in za vzpostavitev bolj enakopravnih meddržavnih odnosov s svojimi sosedami.

Slovenski vodarji imamo v široki javnosti posebno odgovornost in nalogo narediti vse za prepoznavnost pomena vode kot ključnega dejavnika razvoja, kakor ga sedaj uradna politika prepozna v prometnem povezovanju. Obenem moramo vodarji preseči sektorske delitve, se povezati in vzpostaviti skupino za razmislek o prihodnjem razvoju, ki bo podala vizijo in dolgoročne strateške usmeritve glede rabe in upravljanja voda. Zavedanje o sistemu vode kot celote je ključnega pomena, če si jo želimo smotrno razdeliti in uporabiti ter obenem zagotoviti trajnostno upravljanje z njenimi viri.

Sedanja politika EU do voda je kompromis, dirigiran glede potreb najbolj vplivnih članic, zato ni uravnotežena, holistična in ni prilagojena potrebam naše države. EU je predvsem usmerjena na določene sektorje, na reševanje določenih prioritarnih problemov in v določen časovni okvir. Omejenost evropske politike se kaže na primer v dejstvu, da je le nekaj let po sprejetju okvirne vodne direktive bila potrebna poplavna direktiva. Pred tridesetimi leti smo slovenski vodarji imeli bolj napredno politiko voda od tedanje evropske grupacije, ki ji sedaj pripadamo. Na tedanji Zvezi vodnih skupnosti so bile izdelane Vodnogospodarske osnove kot temeljni strateški dokument vodarstva. Torej imamo tradicijo in znanje za podoben in danes še naprednejši dosežek.

S strateškim vodarskim načrtom bi morali preseči administrativne in medsektorske meje znotraj države. Predvsem pa bi morali doseči, da bi široka javnost in uradna politika prepoznali, da sta za našo državo

zadrževanje in raba povirnih voda enako pomembna, kot je trenutno naš priključek na »morsko avtocesto« - v mednarodne vode.

Vode so predmet mednarodnega sodelovanja in konfliktov

Vode niso omejene na ozemlje ene države, kot so na primer rudna nahajališča. Voda ne pozna meja, tako območja porečij, ki si jih delita dve ali več držav, zavzemajo skoraj polovico vsega kopnega, na njem pa živi okoli štiri desetini svetovnega prebivalstva. Žal v skoraj dveh tretjinah porečij ni nobenih meddržavnih ali mednarodnih sporazumov za sodelovanje pri rabi skupnih voda.

Slovenija je na področju upravljanja čezmejnih voda razmeroma aktivna, saj imamo sklenjene meddržavne sporazume z vsemi sosedami. Še več, smo pomemben akter v regiji jugovzhodne Evrope kot pobudniki sklenitve mednarodnega sporazuma držav v porečju reke Save, zato smo celo država depozitar tega pomembnega mednarodnega akta. S savskim sporazumom se ob bolj znanih rabah odpira možnost nove rabe vode pri nas, in sicer podaljšanja plovne poti po Savi od Beograda vse do Slovenije. Z graditvijo rečnega pristanišča pri Brežicah bi obudili nekoč na Slovenskem zelo razvito tradicijo rečne plovbe, logistični center z razvitimi povezavami v jugovzhodno Evropo pa bi bil gonilo razvoja celotnega spodnjega Posavja.

Po svetu je veliko primerov slabega sodelovanja med državami in hudih posledic nesmotrne rabe vode. Najbolj so znani primeri ekološke katastrofe zaradi izginjanja Aralskega jezera, pogubnih načrtov rudarjenja praktično neobnovljive podzemne vode v vzhodni Sahari in konfliktov na Bližnjem vzhodu. Ob boju za ozemlja poteka med Izraelci in Palestinci še boj za površinske vode in manj opazen, vendar prav tako neusmiljen boj za podzemno vodo. Tok podzemne vode v vodonosniku na območju Izraela in palestinskih ozemelj je podoben odtokanju z dvokapne strehe, pri čemer so izraelska ozemlja na slemenu, palestinska pa okapnika strehe. Črpanje iz vodnjakov v Izraelu povzroča zniževanje gladine tudi na palestinskih območjih. Stiska Palestinecev je zares huda, saj prvič v znani zgodovini presihajo celo stari vodnjaki iz rimske dobe.

V palestinskem primeru se kaže tudi politična razsežnost pomena vode. Država je popolnoma

suverena, le če ob kontroli ozemlja nadzira tudi svoje vodne vire. Turčija se kot povirna država v celoti zaveda tega pomena in pospešeno gradi vodne zadrževalnike za rabo voda rek Evfrata in Tigrisa.

Slovenija je država, bogata z vodo

In kakšen je položaj Slovenije na svetu glede vode? Trditev, da smo zares srečna, z vodo bogato obdarjena dežela, ni nikakor pretiran. Morda vodo ravno zato premalo cenimo in se premalo zavedamo njenega izjemno velikega potenciala. Smo štirinajsta država na svetu po vodnem bogastvu. Koliko je še primerov, kjer se uvrščamo tako visoko, v sam svetovni vrh?



Slika 1. Povprečno letno obnavljanje zalog podzemnih voda v Sloveniji v obdobju 1971-2000, modelirano z GROWA-SI. Vodni viri so neenakomerno porazdeljeni po državi - vzhodni in jugozahodni del sta revna z vodo, pas od Julijskih Alp do Snežnika pa bogat.

Na ekonomski fakulteti Univerze Keele v Veliki Britaniji so izdelali študijo o vodnem bogastvu za 147 držav sveta. Ob količini vode so upoštevali še vrsto socio-ekonomskih kazalcev, razvrščene v štiri skupine: dostopnost vode, zmožnost rabe vode, raba vode in okolje.

Ravno zaradi široko zastavljenega pristopa je študija zelo poučna, saj ob analizi posameznih kazalcev nazorno razkriva naše prednosti in slabosti. Kot že rečeno, po seštevku vseh kazalcev se uvrščamo na štirinajsto mesto.

Glede količine vode na prebivalca smo pri vrhu druge tretjine svetovne lestvice, na 55. mestu. Če skupaj upoštevamo razpoložljive vodne količine in odstotek prebivalstva, priključenega na vire pitne vode ter na sisteme odvajanja odpadne vode, se uvrstimo v sam svetovni vrh na zavidljivo sedmo mesto. Torej smo po zagotavljanju zadostnih količin dobre pitne vode prebivalstvu med najbolj razvitimi državami sveta. Zelo visoko, na 18. mestu, smo tudi po zmožnosti rabe vode.

Okoljski kazalci nas uvrščajo na presenetljivo nizko 45. mesto pri dnu prve tretjine držav. Glede na to, da se uresničevanje nove zakonodaje in ukrepi za izboljšanje okolja hitro spreminjajo na bolje, je v prihodnosti realno pričakovati napredek na tem področju.

Kriterij rabe vode nas uvršča najnižje, na nezavidljivo 78. mesto lestvice med Togo in Bocvano. Pred nami je cela vrsta držav tretjega sveta, kar kliče po podrobnejši analizi naše nizke uvrstitve. Vzrok je delno v ugodnem podnebju pri nas, pokaže pa se še naša največja sistemska pomanjkljivost v gospodarjenju z vodo.

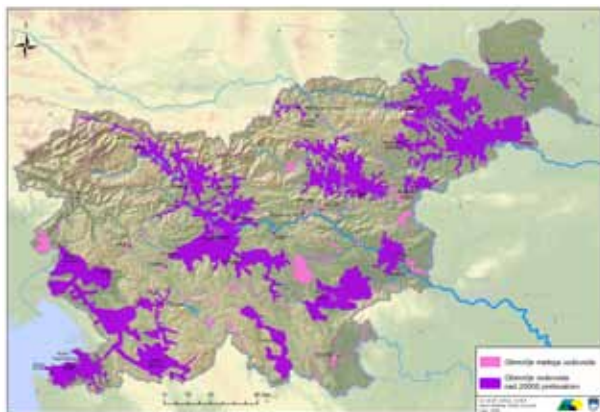
V študiji univerze Keele so postavili spodnjo in zgornjo mejo optimalne dnevne porabe vode na prebivalca v gospodinjstvih. Po tem prvem kriteriju je raba vode pri nas v mejah optimalne. Ob rabi vode v gospodinjstvu je drugi enako pomemben kazalec delež rabe vode v industriji in kmetijstvu. Torej ni samo pomembno zagotoviti pitno vodo prebivalstvu, temveč je vodo smotrno uporabiti tudi za večjo pridelavo hrane. Po tem drugem kriteriju se naša država slabo odreže.

Pri nas se še premalo namaka glede na veliki vodni potencial. V severovzhodni Sloveniji in na Primorskem pa še kje drugod, kjer poletne suše postajajo vse pogostejši podnebni pojav, ne bo več možno shajati brez namakanja polj. Ena izmed možnih rešitev sta reki Mura in Drava z ugodnim snežnim rečnim režimom, ki lahko zagotavljata dovolj vode za večjo kmetijsko pridelavo. Na Primorskem bo treba ob obstoječi akumulaciji Vogršček zgraditi še kak nov zadrževalnik vode.

Vodno bogastvo nam zamegljuje pogled

Slovenija je res obdarjena z vodo, vendar je žal ne znamo dovolj dobro izkoristiti. Izjemno vodno bogastvo nam zamegljuje pogled, da bi spregledali, kako velik je problem neenakomerne prostorske in časovne razporeditve razpoložljivih vodnih količin. Okoli sedemdeset odstotkov površine države je v porečjih povirnih rek Save, Soče in rek jadranskega povodja z več kot tri četrtine vseh vodnih količin. To pomeni, da smo gospodar treh četrtin vode, ki izhaja iz padavin v naši državi. Lahko smo umni gospodar naše vode ob pravičnem zagotavljanju vodnih količin dolvodnim državam. To pomeni del vode v mokrih sezonah shraniti v vodnih zadrževalnikih in jo potem po potrebi zagotavljati v sušnih obdobjih območjem, ki jo potrebujejo.

V kratkem se bomo morali spopasti z obvladovanjem posledic podnebnih sprememb. Voda bo imela pri tem izjemno pomembno vlogo. V prihodnosti bodo najbolj prizadeta že sedaj kritična območja. V tem desetletju smo imeli večletno sušo podzemnih voda



Slika 2. Vodooskrbni sistemi so razdrobljeni. V Sloveniji, kot prostorsko obvladljivi državi, bi lahko po vzoru elektrodistribucijskega sistema povezali vodne vire in porabnike v enotno omrežje »**Slovenski vodni tok**«.

v Prekmurju, kjer smo nekaj časa podzemno vodo celo rudarili. Kaj nas čaka v prihodnosti, smo že izkusili ob izjemno hudi suši v letu 2003. Tedaj je bil hudo prizadet ves vzhodni del Slovenije od Bele krajine do Prekmurja in zahodni del od Goriških Brd do slovenske Obale, najmanj pa se je suša kazala na območju Alp.

Dolgoročno so Alpe naš zlati trezor vodnih zalog za črne dni. Vodni viri na tem območju nas lahko rešijo pomanjkanja vode v prihodnosti. Ob najnižjem vodnem stanju bi danes iz podzemnih vod na področju Alp lahko zagotovili vodno oskrbo celotne Slovenije, pri čemer bi porabili okoli tri četrtine razpoložljivih vodnih količin. Torej imamo sedaj, v najbolj neugodnih razmerah, še četrtno presežka ob predpostavki oskrbovanja celotne države. Žal tudi alpski prostor ni izjema pri podnebnih spremembah. V novem času beležimo tam trend upadanja vodnatosti vodotokov in zmanjševanja snežnih padavin.



Slika 3. Alpe so zlati trezor vode Slovenije ob pričakovani krizi zaradi podnebnih sprememb.

Vendar bi tudi ob podnebnih spremembah samo Alpe v prihodnje lahko zadostile vsem našim potrebam, če bi izpad snežnega zadržka in nizke vode v sušnih sezonah nadomestili s shranjevanjem obilnega pozno jesenskega deževja v vodnih zadrževalnikih. Upoštevajoč še vodne vire drugod po državi, bi Slovenija nekoč lahko postala celo pomembna izvoznica vode. V tem primeru bi bili strateško

pomembna država, ki je ne bi bilo mogoče spregledati. Bili bi ena izmed visoko razvitih držav, bogatih z vodo, ki svoj naravni potencial v celoti izkorišča. Naš strateški pomen zaradi vode bi bil morda celo primerljiv s statusom današnje proizvajalke nafte Kuvajtom, s katerim smo država dvojčica glede velikosti in števila prebivalstva.

Potrebovali bomo »**Slovenski vodni tok**«

V prihodnosti bosta ključna dva elementa za zagotovitev zadostnih količin vode po vsej Sloveniji. To sta zadrževanje vode v povirjih in vsedržavni sistem regionalnih povezav vodne infrastrukture.

Po svetu je že sedaj nekaj dobrih zgledov. V Kaliforniji imajo zgrajen državni vodni sistem dovodnih kanalov in akveduktov, ki dovajajo vodo iz gorovja Sierra Nevada, delte reke Sacramento in reke Colorado z meje z Arizono. Sistem je namenjen vodni oskrbi Los Angelesa in San Diega ter namakanju polj na nekoč polpuščavskem območju Central Valleya. Zanimiv je razvoj v najnovem času, ko so tudi tam pogoste suše. Ob pomanjkanju vode kmetje opuščajo stari potratni način poplavljanja polj in prehajajo na kapljično zalivanje. Kmetom, ki gojijo manj donosne kulture, je dovoljeno opustiti pridelovanje na petini najmanj plodne zemlje in vodo iz svoje kvote prodajati na trgu.

Voda danes v razvitem svetu še nima prave tržne cene, zato je tudi država Kalifornija omejila najvišjo dovoljeno ceno pri trgovanju s presežki vode. Vsekakor pa je to primer možnega razvoja v prihodnosti, ko bi voda lahko le dobila ustrežnejšo ceno. Sedanje nizke cene vode pri nas ne pokrivajo vseh potreb po posodobitvi in vzdrževanju vodooskrbnih sistemov, zato cevovodi puščajo in del načrpane vode gre vničar.

Po postavitvi sodobnega avtocestnega in železniškega omrežja se bo morala Slovenija v prihodnosti lotiti prav tako velikega in za preživetje morda še bolj pomembnega projekta vsedržavne vodne infrastrukture. Po zgledu sedaj aktualnega projekta plinovoda »Južni tok« bi ga lahko poimenovali kar »**Slovenski vodni tok**«. Z izdelanimi vodnimi bilancami za površinske vode in ocenami količinskega stanja podzemnih voda lahko državna hidrološka služba že sedaj ponudi izhodiščne parametre za ta projekt.

Šele po vzpostavitvi sistema vodnih zadrževalnikov, regionalnih cevovodov in regionalnih sistemov za namakanje bo možno zagotoviti dovolj vode v vseh kritičnih časih in v vsakem ogroženem delu države.

Viri:

Andjelov, M (2009). Modeliranje napajanja vodonosnikov za oceno količinskega stanja podzemnih voda v Sloveniji v letu 2006. 20. Mišičev vodarski dan, Zbornik referatov, Maribor.

Lawrence P., Meigh J., Sullivan C. (2003). The Water Poverty Index: an International Comparison, Keele University, Keele.

NAŠA PRILOŽNOST: JADRANSKI SAVSKI BAZEN

Dr. Mitja BRICELJ, Ministrstvo za okolje in prostor

Slovenija ni več novinka v EU in vsem je že jasno, da evropska Okvirna vodna direktiva ni *deus ex machina*, ki bo prinesla čudežne rešitve na področju voda. Obratno, gre dobesedno le za evropski OKVIR, v katerem moramo sami postaviti strukturo za učinkovito delovanje na področju voda z jasno hierarhijo ciljev, ki jim bomo sledili z uresničevanjem ukrepov s čim bolj jasno opredeljenimi pristojnostmi na državni, regionalni (okrepiti osem območnih enot ARSA) in lokalni ravni. Pot do večje učinkovitosti je čim bolj ODPRTA in ŠIROKA razprava o ciljih Načrtov upravljanja z vodami in predvsem njihovi izvedljivosti. Ob upoštevanju dobrih praks iz preteklosti je izjemno veliko priložnosti za izboljšanje učinkovitosti na vseh ravneh.

Nova razvojna priložnost pa je dejavno čezmejno sodelovanje, ki ga podpira EU in je povezano z raziskavami, načrtovanjem in urejanjem v povodjih in porečjih, ki jih delimo z našimi sosedi. Tu je treba izpostaviti čezmejni slovensko-avstrijski projekt DRAMURCI, za katerega so bila v letu 2009 prvič pridobljena sredstva EU za iskanje in uresničevanje čim bolj usklajenih rešitev na področju voda v porečju Mure in Drave.

To prakso dejavnega čezmejnega sodelovanja mora Slovenija kot povirna (gorvodna) država v EU čim prej prenesti tudi v povodje Jadrana in porečja Save. Zato v nadaljevanju navajam nekaj vsebinskih poudarkov, ki bi lahko koristili pripravljalcem tovrstnih projektov.

JADRAN

Obalne države zaznamuje stik kopna in morja z dinamičnimi snovnimi, energetskimi in biološkimi tokovi, ki tvorijo ekosistem obalnega in morskega okolja. Človek je skozi čas rodovitna obalna območja s pridom uporabljal za pridelavo hrane, naselitev, ribištvo ter razvoj pomorskega prometa, kulture, trgovine in v novejšem obdobju zlasti turizma. Zaradi stopnjevanja vplivov človeka na obalni in morski ekosistem (hidromorfološke spremembe, onesnaženje, prelov) obala ponuja vse manj naravnih dobrin in storitev v »tradicionalnem obsegu in kakovosti«. To povzroča lokalnemu prebivalstvu in nacionalnim ekonomijam že zaznavno gospodarsko škodo. Dodatna grožnja obalnim območjem so podnebne spremembe z vse pogostejšimi sušnimi obdobji in pomanjkanji vode (požari) ter povečana dinamika rek in morja, ki vse bolj ogroža prenaseljene obalne ravnice.

Razvoj in obalni ekosistem

Vzrok sočasnosti globalne podnebne in gospodarske leži v uresničevanju vzorcev o neomejeni gospodarski rasti. V Sredozemlju so tako, med drugim, že močno presežene obnovitvene zmogljivosti za oskrbo z vodo

in pridelavo zdrave hrane. Ne samo v severni Afriki, že desetletje je kritično je tudi na Cipru, Malti in Španiji, kjer za oskrbo prebivalstva razsoljujejo zmeraj večje količine morske vode. To povzroča izjemno visoke stroške uporabnikom in zaznavne vplive na okolje. Tudi sosledni Italiji poleti primanjkuje vode.

Več kot polovica ribjih vrst je ogroženih zaradi prelova. Zaradi naraščajočih pritiskov in vplivov s kopnega in morja (rast pomorskega prometa) upada tudi kakovost morske hrane. Zaradi onesnaženja sta ponekod ogrožena gojenje školjk in rib ter kakovost kopalnih voda. To ogroža turistične in druge gospodarske dejavnosti, kar zmanjšuje kakovost življenja lokalnemu prebivalstvu. Potrebna je seznanitev uporabnikov in izvršne ravni, da je ekonomska vrednost ekosistemskih storitev (npr. oskrba s pitno vodo) povezana z izjemno visokimi stroški za nadomestitev z antropogenimi alternativami (npr. postavitev čistilne naprave za pitno vodo in vzdrževalni stroški). Zato je sodobni razvojni izziv ekonomsko vrednotenje storitev narave. To zahteva intenzivno čezsektorsko in čezmejno sodelovanje za prepoznavanje pomena celostnega upravljanja z okoljem. Gre za družbeno odgovornost, poslovno priložnost in prihodnost človeške vrste.

Program za upravljanje Obale

Slovenija je dejavna v uresničevanju Mediteranskega akcijskega načrta Programa Združenih narodov za okolje (MAP/UNEP), pravni okvir zanj je Barcelonska konvencija s protokoli. Od ustanovitve MAP v njem tvorno sodeluje Morska biološka postaja Piran Nacionalnega inštituta za biologijo pri monitoringu morskega okolja Sredozemlja, izvajalec Protokola o biotski raznovrstnosti Sredozemlja v RS je Regionalni zavod za varstvo narave v Piranu, Protokola o varnosti plovbe pa Uprava za pomorstvo RS, ARSO ter URSZR. Zaradi izjemne obremenjenosti s prometom S Jadrana smo z Regionalnim centrom za odziv ob nesrečah na morju (REMPEC/MAP-IMO) na Malti zasnovali Načrt ravnanj za preprečevanje in ravnanje ob onesnaženju zaradi nesreč na morju v Severnem Jadranu. Slovenija, Hrvaška in Italija so Sporazum za njegovo uresničevanje podpisale leta 2005 v Portorožu ob robu 14. zasedanja pogodbenic Barcelonske konvencije. Kljub opravljanju navedenih aktivnosti pritiski in vplivi na obalo naraščajo. Vzrok je v slabem sodelovanju med načrtovanjem in uporabniki obale, tako na državni kot meddržavni ravni. To so tudi glavna spoznanja projekta Program celostnega upravljanja obale Slovenije (Coastal Area Management Plan/CAMP Slovenija), ki je nastal v obdobju 2003 – 2007. Projekt CAMP Slovenija, opravljala ga je Regionalna razvojna Agencija Koper v koordinaciji z Ministrstvom za okolje in prostor RS, je prvič v zgado-

vini analiziral stanje slovenske obale z njenimi uporabniki (kmetijstvo, promet, turizem, gospodarstvo), občinami in državnimi ustanovami. Slovenija je s tem projektom dobila sodobno strokovno podlago za celostno upravljanje obale, ki opredeljuje štiri ključna prednostna območja razvoja Obale:

- Krepitev trajnostnega turizma in prometa
- Zmanjševanje pritiskov na okolje
- Učinkovito varstvo kulturne dediščine, na ravni vrednot in biotske raznovrstnosti
- Zagotovitev trajnostnega prostorskega razvoja za večjo konkurenčnost in višjo kakovost življenja v regiji

Celostno upravljanje obale

Slovenija je 25. septembra 2009 kot prva država v Sredozemlju ratificirala Protokol o celostnem upravljanju obalnih območij, štiri dni kasneje tudi že Francija. Dejavno izvajanje protokola v praksi je za ohranitev in povečanje kakovosti življenja na obali ključnega pomena. Slednje vključuje fizično opredelitev obalnega pasu z uresničevanjem režimov, ki upoštevajo ekosistemski pristop ter interese javnosti. Posebej je poudarjeno sodelovanje javnosti pri pripravi načrtov in progamov ter ozaveščanje, usposabljanje, izobraževanje in raziskovanje za ta namen. Priprava državnih razvojnih strategij naj upošteva

Sredozemsko strategijo trajnostnega razvoja (Portorož, 2005). Posebno pomembno orodje za doseg ciljev trajnostnega razvoja na obalnih območjih je prostorska politika, ki naj zaradi povečevanja morskega prometa čim prej začne načrtovati prostorski razvoj tudi na morju (Marine Spatial Planning). Posebej je poudarjeno čezmejno sodelovanje. V subregiji Jadrana imamo soglasje za pripravo Strategije za Jadran (Portorož, 2008), skladno s 4. in 5. členom Direktive EU o morski strategiji. Obstaja tudi soglasje jadranskih držav o skupnih prednostnih projektih, ki so strateškega pomena za Jadran in so: Načrt za preprečevanje in ravnanje v primeru onesnaženja zaradi nesreč na morju, Načrt upravljanja z balastnimi vodami ter Načrt celostnega upravljanja obale. Dejavno uresničevanje teh projektov bo pomenilo najboljšo garancijo za doseganje ciljev trajnostnega razvoja ob skupnem morju.

Za učinkovito doseganje teh ciljev je potrebna učinkovita regionalna organizacija, ki ima tudi izvedbene pristojnosti. Teritorialni enoti Primorska in Obala sta za doseganje ciljev celostnega upravljanja obale tudi zgodovinsko, funkcionalno in etimološko idealni enoti.

Zgodovina

Porečje Save v Sloveniji pripada alpski, dinarski in panonski ekoregiji. Te značilnosti se kažejo v hidromorfologiji, vodnem režimu in biološkemu stanju reke.

SAVSKI BAZEN

Naravne značilnosti porečja:

- porečje Save obsega 56 % ozemlja RS
- najdaljša reka v Sloveniji (220 km) izvira v Triglavskem narodnem parku (Zelenci: 833 m, Bohinsko jezero: 526m) - meja s Hrvaško: 134 m n.mv.
- povirje v alpskem in dinarskem krasu
- obsežni prodni zasipi Radovljiške, Ljubljanske in Krške kotline s podzemno vodo
- izrazit hudourniški značaj (Q_{min} : Q_{max}) 1 : 100; ekstremi 1: 250

Gospodarske značilnosti porečja:

- plovna pot v preteklosti
- prodni zasipi vir za oskrbo z vodo in pridelavo hrane
- 1914 prva HE na Završnici osnova za razvoj Gorenjske
- od tedaj variante verige HE na Savi (max. 15, zgrajenih 5)
- vodni vir industrije (železarstvo, celuloza, premogovništvo)

Investicije porečje Save

- graditev čistilnih naprav (2000- 2009): 70 mio evrov
- ravnanje z odpadki (2000 – 2009): 80 mio evrov
- graditev HE-verige (Boštanj, Blanca, Krško, Brežice, Mokrice) z infrastrukturnimi ureditvami (obdobje 2004-2015): 1000 mio evrov
- matematično-fizični model Save: 1,1 mio evrov

Skozi čas se je človek na različne načine prilagajal rečni naravi.

Na alpskih pobočjih in hudourniških strugah je razvil tehniko za zmanjševanje erozijske moči vode z grajenimi objekti iz brun in kamna z imenom kranjska stena (Krainer wande). Na območju dinarskega krasa se je s poselitvijo in rabo izjemno dobro prilagodil poplavam kraških polj, da mu niso povzročale škod. Ob hudourniški Savi je zaradi visokega nihanja gladin razvil dvigajoča mlinška kolesa (vitlavci), ki so omogočala delovanje mlinov ob nizkih in visokih vodah. Reko je uporabljal kot prometno pot že v antiki, za izvoz lesa še po drugi svetovni vojni.

Industrializacija

Večji razmah doživijo v začetku 20. stoletja železarstvo, rudarstvo in celulozna industrija. Vse tri dejavnosti so bile močno navezane na savsko vodo – imele so močan gospodarski pomen do konca osemdesetih let prejšnjega stoletja. Graditev savske verige se je začela v letu 1952 (HE Moste) in nadaljevala s HE Medvode, Mavčiče in Vrhovo (1990). V sedemdesetih letih nastane ob sodelovanju z OZN študija s sodobnim konceptom varstva pred poplavami (ohranja retencijske površine!) za celotno porečje Save. Republiški prostorski plani za izvedbo predvidijo vodni prostor (koridor) za graditev HE-verige na Savi (povezava s HE Podsused na Hrvaškem) in plovne poti (Donava-Jadran). Te študije so bile tudi pomembna strokovna podlaga za načrtovanje in postavitve NEK (hladilna voda).

Samostojna Slovenija

V tem obdobju je prišlo tudi zaradi okoljske politike do temeljitega prestrukturiranja industrije. Celulozna industrija in rudarstvo z mokro separacijo sta postala zgodovina. Začel se je cikel graditve sodobnih čistilnih naprav za industrijo in mestne aglomeracije ter podeželje. Z njihovo dokončno postavitvijo se bo obremenitev Save zmanjšala za več kot 1 mio PE. HE-projekti so dobili veliko podporo občin v Posavju, ki so v njih prepoznale priložnost za kakovosten prostorski razvoj, ki povečuje varnost pred poplavami in omogoča večnamensko rabo reke, vključno s potencialom za ponovno vzpostavitev plovnosti v spodnjem delu Save. Projekt, ki je izrazito medsektorski, je izvedljiv ob konsenzu Slovenije in Hrvaške o čezmejni razvojni viziji Save. Za okolju prilagojeno umestitev objektov v prostor je bil razvit nov hidrološki model, ki je izjemno učinkovito orodje za načrtovanje ureditev, prilagojenih vodnemu režimu Save, ki ga zaznamujejo človek in podnebne spremembe. Investicije države in Holdinga slovenske elektrarne v izvedbo tega projekta je prikazan v okviru 3. V Sloveniji želimo ohraniti dobro ekološko stanje vodnih virov in njihove ekosistemske storitve. To je mogoče le ob upoštevanju značilnosti ekoregij. Med njimi je najbolj vodnata in hkrati najbolj

ranljiva dinarsko-kraška ekoregija s podzemni habitati. Zato smo decembra 2008 za dinarske države pripravili simpozij o trajnostnem upravljanju z naravnimi viri Dinaridov (gozd, voda) ki zahtevajo prilagojeno upravljanje z vodami. Slovenske ustanove imajo bogate izkušnje (GZS, ZRC SAZU, Zavod za gozdove, IzVRS) v regiji s številnimi primeri dobrih praks. Leto 2010 je leto priprave Donavske strategije EU, Slovenija ima izjemno priložnost, da ambiciozno sodeluje začenši s strategijo za Savski bazen, ki upošteva prilagoditve na negativne posledice podnebnih sprememb. Sosednja Hrvaška se loteva graditve večnamenskega kanala Sava-Donava (Sisak-Vukovar), ki bo zaznavno spremenil prometne tokove v naši neposredni bližini. Se tega res dovolj zavedamo pri načrtovanju in izvajanju aktualnih posegov in ureditev v Spodnjem Posavju?

MOBILNO UPRAVLJANJE MHE - DODANA VREDNOST ZA LASTNIKA IN OKOLJE

Luka SELAK, izr. prof. Alojzij SLUGA
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Povzetek

V prispevku je predstavljen sistem za spremljanje in upravljanje malih hidroelektrarn (MHE) preko mobilnega omrežja. Na obratovanje MHE ima poleg spremljanja temperatur ležajev, vibracij strojne opreme, zasukov vodilnika, zaščit in drugih obratovalnih parametrov pomembno vlogo tlak v cevovodu, ki mora biti konstanten. V primeru pretirano odprtega odklonila tlak v cevovodu začne upadati, posledično moč, hkrati pa odvajamo vso vodo v potoku. Več kot polovica MHE nima izvedenega upravljanja vodilnika po nivoju zgornje vode. To pomeni, da pretoka voda v potoku ne uravnavajo optimalno (enkrat odvzamejo preveč, spet drugič premalo vode). Predstavljen sistem je implementiran v MHE »Volaka« pod Blegošem.

1. Uvod

V Sloveniji obratuje skoraj petsto malih hidroelektrarn (MHE), ki so v zasebni lasti in lasti energetskih podjetij. V okviru vse porabljene električne energije v Sloveniji proizvedejo približno 3%. Večina MHE je bila zgrajena okoli leta 1990. Amortizacijska doba se jim je večinoma že iztekla, zato se zmanjšuje tudi premija pri odkupu električne energije. Na obratovanje MHE vplivajo številne vladne uredbe, katerim se MHE morajo prilagoditi. Trenutno je aktualna uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka in uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije (OVE). S prvo uredbo želi vlada urediti področje dovoljenega odvzema vode v potoku za posebno rabo [2], z drugo uredbo pa se poskuša urediti področje podpor k proizvodnji električne energije [3]. S podporami oz. višjimi odkupnimi cenami električne energije se poskuša vzpodbuditi obnovo starih in gradnjo novih malih hidroelektrarn.

V nadaljevanju opisan sistem je bil razvit za mobilno upravljanje mikro in malih hidroelektrarne. Večje hidroelektrarne imajo sisteme za oddaljen nadzor in upravljanje že razvite, vendar so ti za MHE in mikro hidroelektrarne predragi in zato neprimerni. Osnovni namen razvoja sistema je bil v znižanju stroškov obratovanja MHE ter omogočiti operaterju spremljati in upravljati MHE od koderkoli kadarkoli na osnovi realnočasovnih podatkov.

Glavna prednost uporabe mobilnega omrežja je praktična vsepovsodnost mobilnega signala. Sistem je zasnovan na najsodobnejših senzorjih, merilni opremi ter računalniški in programski opremi, ki

omogoča veliko prilagodljivost sistema in cenovno sprejemljivost. Razvoj optimalnega sistema, namenjenega čimširšemu krogu MHE je zahteval raziskavo načinov nadzora, upravljanja in vzdrževanja MHE v Sloveniji, izdelavo modela za mobilno upravljanje MHE in razvoj konfigurabilnega upravljalnega sistema, ki ga je možno poljubno sestaviti za različne zahteve upravljanja MHE. Razvit sistem je bil implementiran na MHE Volaka. Slika 1 prikazuje strojnico MHE Volaka.



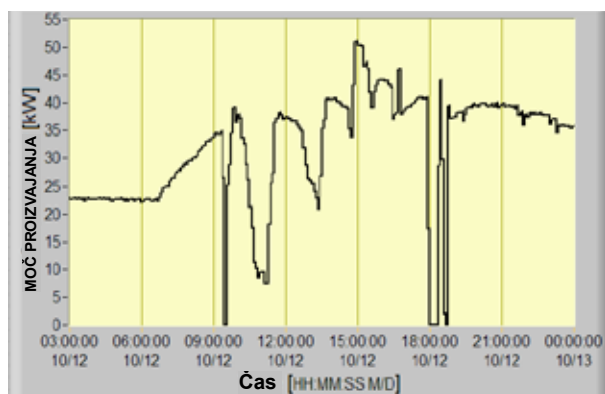
Slika 1: Mala hidroelektrarna »Volaka«

1.1. Ročno upravljanje MHE

MHE je načrtovana tako, da obratuje varno tudi brez prisotnosti operaterja. V primeru nenadnih dogodkov mora varnostni sistem izklopiti generator in zaustaviti turbino. Operater elektrarne z opazovanjem nadzoruje stanje elektrarne (npr.: preverja nivo gladine zgornje vode na jezu, moč proizvodnje električne energije, temperaturo ležajev, amplitudo vibracij, dnevno proizvedeno električno energijo) in ob napakah ukrepa (npr. zamenja ležaj, odstrani listje). Krmljenje in aktuiranje vodilnika turbine je izvedeno v strojnici na osnovi ogleda stanja nivoja zgornje vode, prikazovalnika moči proizvodnje električne energije

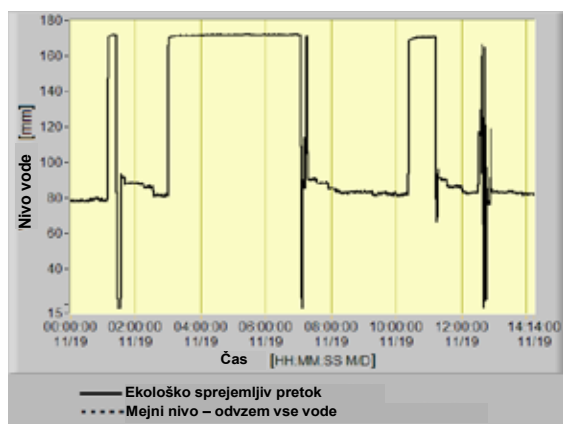
in navodil operaterju, ki mu jih narekuje zakonodaja (npr. zagotovitev ekološko sprejemljivega pretoka). Operater do naslednjega obiska nastavitve parametrov ne spreminja. V primeru nenadne zaustavitve tako lahko mine več ur do ponovnega obiska operaterja in ponovnega vklopa MHE v omrežje.

Slika 2 prikazuje moč proizvodnje ob visoki vodi. Obdobja manjšega proizvodnje so posledica zamašitve vstopne rešetke z listjem, ki je nameščena na vstopu vode v cevovod.



Slika 2: Moč proizvodnje ob visoki vodi

Slika 3 prikazuje nivo vode v potoku 19.11.2009 med polnočjo in 14:14:00. Črtkana črta prikazuje mejni nivo pri katerem je odvzeta vsa voda v potoku. Polna črta prikazuje nivo meje ekološko sprejemljivega pretoka. V prikazanem obdobju ekološko sprejemljiv pretok ni bil zagotovljen trikrat.



Slika 3: Gibanje nivoja vode v potoku

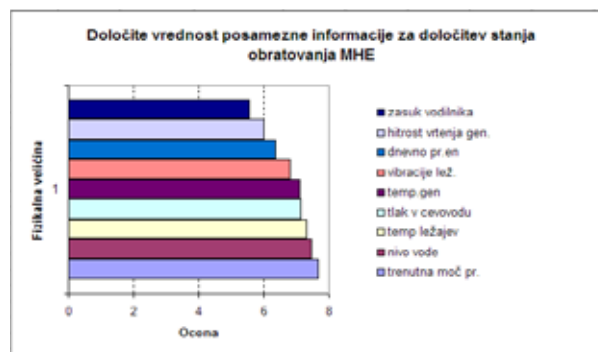
Zaradi vseh zgoraj naštetih problemov je bila sprejeta odločitev za razvoj sistema za oddaljen nadzor in upravljanje MHE. Pričakovani doprinos sistema je v znižanju stroškov obratovanja MHE, razbremenitvi operaterja ter boljši izkoriščenosti razpoložljive vode.

2. Raziskava MHE

Raziskava se je osredotočila na MHE v zasebni lasti fizičnih oseb, ki imajo dejavnost proizvodnje električne energije v hidroelektrani prijavljeno kot samostojni podjetnik. Raziskava je bila izvedena s pomočjo anketiranja. Poslanih je bilo 310 anket, 86 anketirancev se

je na anketo odzvalo. Anketa je spraševala po načinih nadzora, upravljanja in vzdrževanja MHE v Sloveniji.

61% MHE operaterji nadzorujejo dnevno s fizičnim nadzorom, 37% operaterjev nadzoruje MHE fizično ter s pomočjo oddaljenega nadzornega centra. Operaterji v primeru normalnih razmer obiščejo MHE enkrat do dvakrat dnevno. Nekateri operaterji obiščejo MHE tudi več kot trikrat dnevno, nekateri manj kot enkrat na teden. Zaradi nenadnih zaustavitvev se MHE zaustavi 5-15 krat na leto. 62 operaterjev je omenilo probleme z zamašitvijo turbine z listjem.



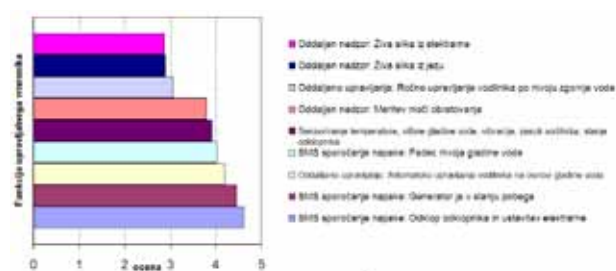
Slika 4: Vrednost fizikalne veličine za določitev stanja obratovanja MHE

Slika 4 prikazuje vrednost posamezne informacije za določitev stanja obratovanja MHE. Anketiranci ocenjujejo, da je za določitev stanja obratovanja MHE najpomembnejša trenutna moč obratovanja in nivo zgornje vode.

Obveščanje o nenadni zaustavitvi MHE ima izvedeno 45% MHE. 53% operaterjev krmili vodilnik na osnovi informacije o nivoju vode na jezcu.

Komunikacijska povezanost MHE:

- V strojnici ima telefonski priključek 28% MHE
- Na jezcu ima mobilni signal 57% MHE
- V strojnici ima mobilni signal 65% MHE



Slika 5: Pomembnost funkcij nadzorno upravljalnega vmesnika:

Na vprašanje o pomembnosti funkcij nadzorno upravljalnega vmesnika (Slika 5) je bila najvišja ocena dodeljena SMS sporočanju napake. Operaterju je pomembno posredovanje informacij o zaustavitvi elektrarne z SMS sporočilom (ocena 4,6), o pobegu generatorja (ocena 4,4), manj pomembno je sporočilo o znižanju nivoja zgornje vode.

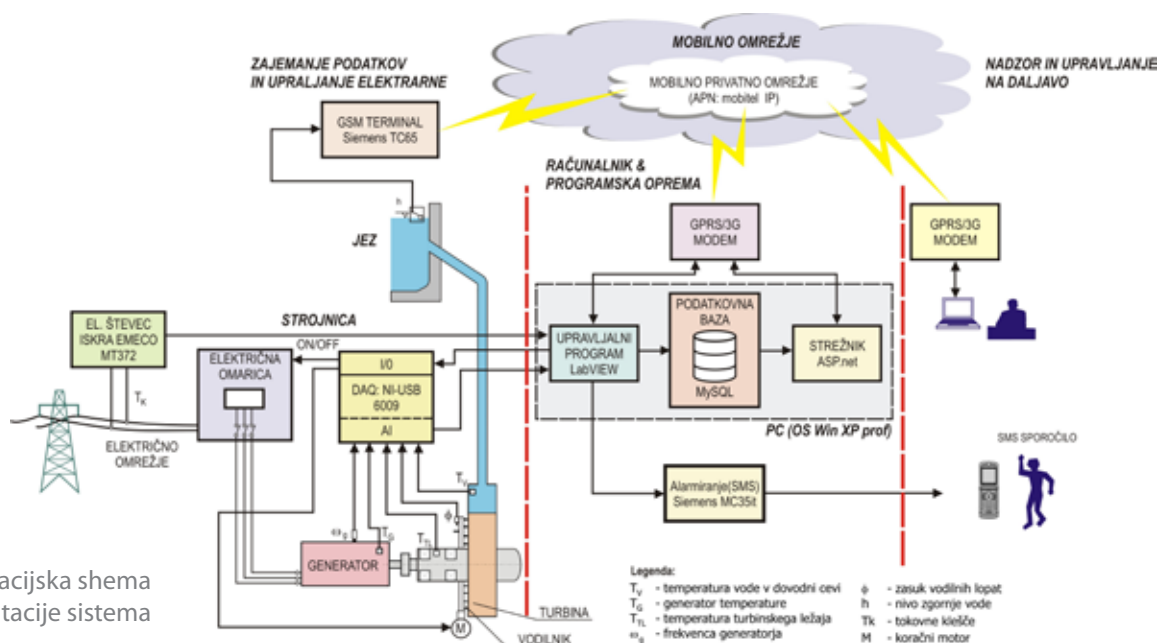
3. Sistem za nadzor in upravljanje MHE

Na osnovi ankete in pogovorom z operaterjem MHE so bile določene glavne funkcije upravljalnega sistema:

- ročno krmiljenje MHE po nivoju zgornje vode,
- avtomatsko krmiljenje vodilnika po nivoju zgornje vode,
- oddaljen zagon in zaustavitev MHE,
- alarmiranje ob kritičnih dogodkih,
- senzoriranje in grafično prikazovanje fizikalnih vrednosti,
- shranjevanje fizikalnih vrednosti v podatkovno bazo,

- prikazovanje preteklih fizikalnih vrednosti iz podatkovne baze
- in alarmiranje operaterja ob nenadni zaustavitvi.

Sistem za nadzor in upravljanje MHE (Slika 6) sestavlja podsistema za zajem fizikalnih veličin iz senzorjev v strojnici elektrarne, podsistema za merjenje nivoja vode v potoku in pošiljanje informacije v elektrarno, podsistema za avtomatsko krmiljenje vodilnika, osebni računalnik z podatkovno bazo in upravljalnim programom ter mobilno privatno omrežje.



Slika 6: Semioperacijska shema implementacije sistema

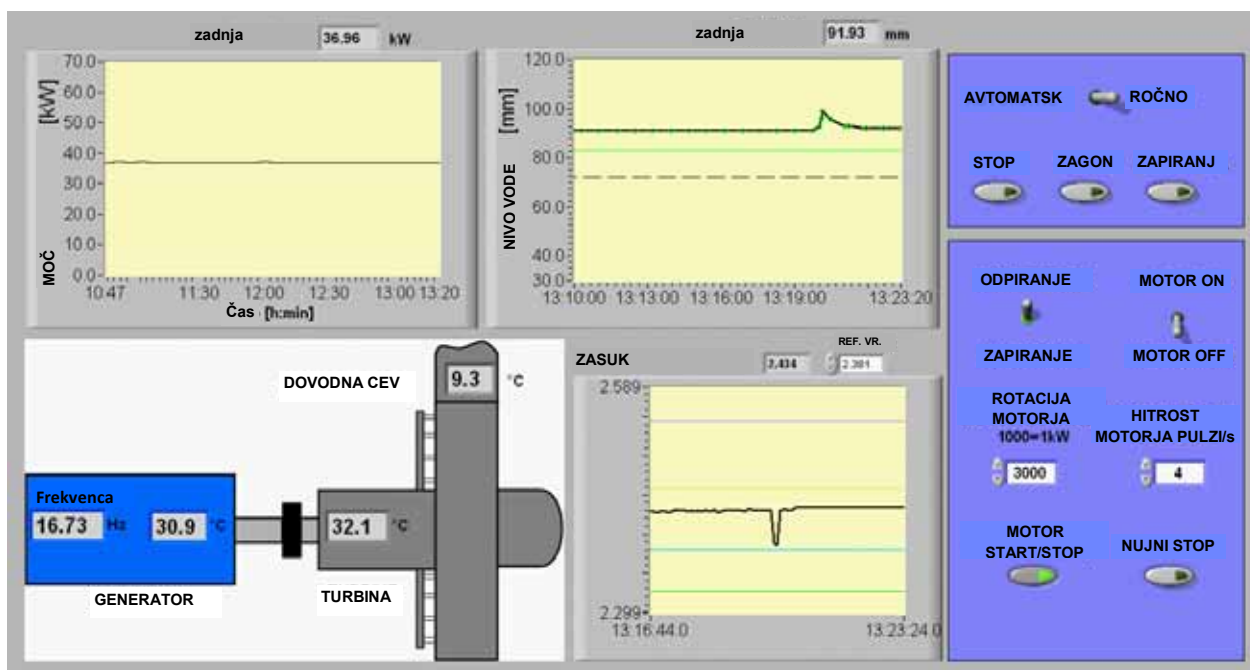
3.1. Mobilno privatno omrežje

Odločna prednost razvitega sistema je v uporabi mobilnega omrežja, ki nudi praktično vsepodnost mobilnega signala. Ponudniki mobilnih omrežij ponujajo poslovnim uporabnikom storitev poslovnega prenosa podatkov oz. varno, mobilno in zasebno IP-omrežje. To pomeni, da je znotraj mobilnega privatnega omrežja kadarkoli in od kjerkoli omogočena komuniciramo med SIM-kartici. Uporabniku sta dodeljena lastni APN (angl. Access point number) in geslo, vsaka SIM-kartica pa dobi svoj IP naslov. Hitrost prenosa podatkov je primerljiva s klasičnim modemskim in zadostuje za upravljanje MHE. Odziv (PING) med SIM-kartici, vključenimi v privatno omrežje, je običajno manj kot sekundo. Uporabnik omrežja plačuje zakupljeni prenos podatkov, cena pa je odvisna od operaterja. Operaterji nudijo tudi gostovanje v tujih mobilnih omrežjih, ki pa je nekoliko dražje. Sistem za upravljanje MHE uporablja tri SIM kartice, pri čemer je ena v strojnici (100Mb zakupljene količine podatkov), na jezu (15kb zakupljene količine podatkov), eno pa uporablja operater elektrarne (100Mb zakupljene količine podatkov).

Mesečni strošek za zakup in vzdrževanje mobilnega privatnega omrežja je 32€.

3.2. Upravljalni program

Upravljalni program je napisan v programskem okolju Labview. Uporabniški vmesnik prikazuje trenutno moč obratovanja, trenutni nivo vode v potoku, zasuk vodiknih lopatic, frekvenco vrtenja, temperaturo turbinskega ležaja ter generatorja. V primeru zaustavitve, ali presežene frekvence vrtenja, je operater obveščen z SMS sporočilom. Fizikalne veličine se shranjujejo v podatkovno skladišče le ob spremembi veličine. Programski vmesnik omogoča prikazovanje preteklih vrednosti iz podatkovne baze. S prenosnim računalnikom in mobilnim modemom se poveže v mobilno privatno omrežje. Nato uporabi program oddaljeno namizje za dostop do osebnega računalnika v elektrarni in upravljalnega programa. Upravljalni program mu omogoča primerno ukrepanje: zagon ali zaustavitev MHE, zapiranje vodilnika in ročno krmiljenje vodilnika.



Slika 7: Uporabniški vmesnik za upravljanje MHE

3.3. Sistem za merjenje nivoja vode v potoku

Testna MHE med strojnico in jezom nima komunikacijske povezave. Jez je pregradnega tipa in je od strojnice oddaljen približno 500m. Po oceni se pretok v potoku spreminja med nekaj 10 l/s do nekaj tisoč l/s ob visoki vodi. Francisova turbina je skonstruirana za maksimalen pretok 250 l/s. Merilnik je skonstruiran tako, da meri nivo v območju petnajstih cm. Ločljivost meritve pretoka je bila po izkušnjah operaterja določena na 2 l/s. Za merjenje nivoja je uporabljen brezdotični senzor za merjenje zasuka, ki s pomočjo plovca meri nivo

vode. Meritev nivoja se izvaja v kanalu umerjevalnika vode. Valovanje vode v kanalu je dušeno z ohišjem v katerem so izvrtine.

Modul je napajan z energijo akumulatorja, ki se polni s sončno celico. Modul pretovori električno napetost iz senzorja v vrednost nivoja vode. Podatek se pošlje v elektrarno ob spremembi nivoja vode v potoku za več kakor 3mm oz. vsakih 30s. Modul je programiran s programskim jezikom Java. Modul ima možnosti programiranja na daljavo, pošiljanje SMS sporočil in še mnogo drugih funkcij. Cena modula je približno 150€.



Odvzemno mesto vode v potoku



Senzor za merjenje nivoja



Modul za AD pretvorbo in komunikacijo



Modul vgrajen na odjemnem mestu vode

Slika 8: Sistem za merjenje nivoja vode v potoku

3.3.1 Izkušnje z uporabo podsistema za merjenje nivoja

Opisan sistem za merjenje nivoja je cenovno sprejemljiva rešitev v primerjavi z alternativnimi načini vzpostavitve komunikacijske povezave med elektrarno in jezom (vkop kabla). Ugotovljeno je bilo, da mora biti senzor odporen na vlago in vodo, zato je izbran brezdotični merilnik, katerega elektroniko lahko dobro za-

ščitimo v ohišje. Modul je potrebno zaščititi v dobro zaprto ohišje, nujno pa je potrebno onemogočiti dostop vode in dežnih kapljic do modula. V nasprotnem lahko modul odpove ali pa začne napačno meriti. Na terenu se je izkazala zelo dobra funkcionalnost programiranja in razvoja programske opreme na daljavo. Ta funkcionalnost je omogočala optimiranje programa brez fizičnega dostopa do modula, kar je prihranilo veliko časa.

Za napajanje modula je uporabljen 50Ah akumulator, ki pa se je po enem mesecu slabega vremena izpraznil. Preko poletja je sistem obratoval brez odpovedi, saj je sončna celica velikosti 0,5m x 0,5m nudila dovolj energije za polnjenje akumulatora. Strošek opreme za tovrsten način merjenja nivoja vode v potoku ocenjujem, da je približno 500€. Mesečni strošek za prenos podatkov je 10€.

3.4. Avtomatsko krmiljenje vodilnika po nivoju zgornje vode

Podatek o nivoju se pošilja v elektrarno. Podatek se prikaže na grafičnem ekranu in shrani v bazi podatkov. Nato se izračuna vrednost za zasuk osi koračnega motorja, ki nastavi novo referenčno lego vodilnika. Slika 9 prikazuje elektro omaro z moduli za pošiljanje SMS sporočil, osebni računalnik, brezprekinitveni napajalnik in National Instruments modul (NI). NI modul skrbi za zajem fizikalnih veličin iz senzorjev in tvorjenje signala za krmilnik koračnega motorja (Slika 10).



Slika 9: Elektro omara



Slika 10: Napajalnik senzorjev (levo) in krmik koračnega motorja (desno)

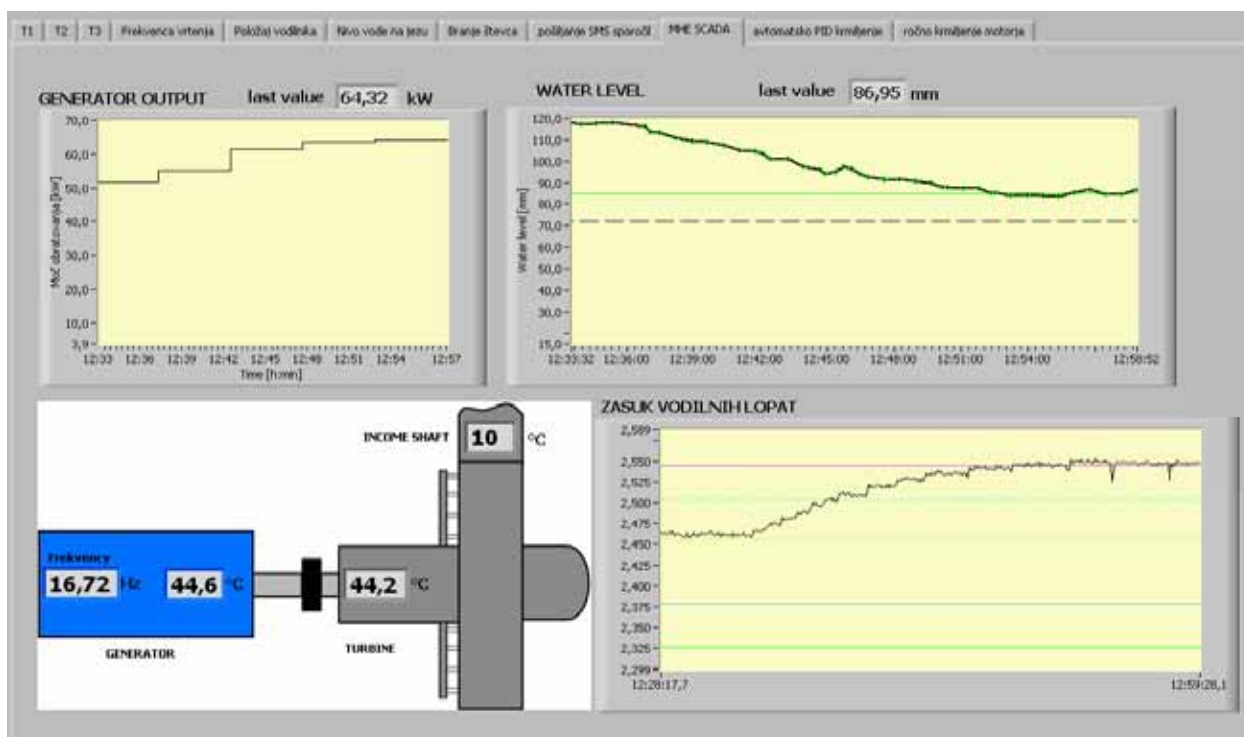


Slika 11: Koračni motor za nastavitev referenčne lege vodilnika

3.5. Prednosti uporabe sistema

Opisan sistem obratuje na elektrarni približno pol leta. Prednosti uporabe sistema:

- Povečanje mesečnega doprinosa k proizvedeni energiji. Ocenjujemo, da je zaradi uporabe sistema nadzora in upravljanja mesečni doprinos k proizvedeni energiji 5%. Doprinos je posledica učinkovitejše izrabe vode v potoku in hitrejšega odziva ob nenadni zaustavitvi.
- Avtomatsko krmiljenje po nivoju zgornje vode omogoča zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka (Slika 12).
- Vseposodnost spremljanja in upravljanja elektrarne operaterju omogoča svobodo gibanja in višjo kvaliteto življenja.
- Mobilno privatno omrežje je cenovno sprejemljivo in varno pred vdori.
- Fleksibilna zasnova sistema omogoča enostavno prilagoditev različnim izvedbam elektrarn.
- Grafični vmesnik operaterju omogoča na enem računalniškem zaslonu hkraten vpogled v stanje celotne elektrarne.
- Sistem ob napakah avtomatsko sporoča alarme, shranjuje podatke in avtomatsko krmili vodilnik.
- Baza podatkov nudi možnost prikaza preteklega obratovanja, izdelave različnih poročil ter diagnostiko in prognozo obratovanja opreme preko daljšega časovnega obdobja.



Slika 12: Krmiljenje vodilnika po nivoju zgornje vode

4. Izkušnje z uporabo sistema

Sistem v obdobju obratovanja deluje zanesljivo. Hitrost prenosa podatkov preko mobilnega omrežja je dovolj hitra, opazijo pa se zakasnitve velikosti 1s. Nenadne prekinitev povezave z omrežjem se zgodijo enkrat tedensko, povezava pa se nazaj vzpostavi avtomatsko. Motnje v napajanju računalnika so odpravljene z brezprekinitvenim napajanjem. SMS sporočila so bila do sedaj ob nenadni zaustavitvi vedno in zanesljivo poslana.

Sistem je bil razvit tako, da je za uporabnika enostaven in ga lahko ob krajšem izobraževanju sam uporablja. Sprva je bila za operaterja največja prednost sistema v alarmiranju in možnosti zagona MHE na daljavo. Po nekajmesečni uporabi ugotavlja prednosti avtomatskega krmiljenja po nivoju zgornje vode.

Izdelava in implementacija sistema zahteva znanja iz področij elektrotehnike, strojništva, programiranja ipd. Stroške bi bilo možno znižati z uporabo spletnih forumov, ki omogočajo izmenjavo mnenj, izkušenj, znanj, napisanih programov. Do sedaj na spletu za področje MHE takega foruma še ni!

Vrednost celotnega sistema brez vključitve potrebne dela je dva do tri tisoč evrov, kar vključuje modul za pošiljanje SMS sporočil, osebni računalnik, elektro omaro, števec električne energije, merilni modul, senzorje, podsistem za merjenje nivoja vode, podsistem za avtomatizirano upravljanje vodilnika.

5. Zaključek

Predstavljen sistem jasno izkazuje prednosti tako za lastnika oz. operaterja MHE, kot tudi za okolje. Monitoring odvzema vode omogoča določev vpliva MHE

na okolje. Razvite tehnologije so cenovno dostopne, zanesljive in omogočajo učinkovit monitoring in upravljanje MHE. Informacija o nivoju zgornje vode je lahko namenjena tako monitoringu, kot tudi krmiljenju, s tem pa se izognemo podvajanju sistemov. Programsko opremo na merilnih modulih je možno programirati, spreminjati in upravljati na daljavo, kar omogoča storitveno orientirano vzdrževanje sistemov. V prihodnosti bi bilo potrebno jasno določiti dovoljen odvzem vode na posameznem odjemnem mestu. Pri operaterjih bi bilo potrebno vzpostaviti nivo zaupanja in jih o uporabi novih sistemov in tehnologij izobraževati. Mobilno omrežje po rezultatih ankete omogoča izvedbo tovrstnega upravljanja vodilnika po nivoju zgornje vode na približno 60% vseh MHE. Podatki obratovanja MHE bi lahko postali javni in dostopni tudi zainteresirani javnosti, kar bi pripomoglo k trajnostnemu razvoju energetskega sektorja malih hidroelektrarn. Pridobljene izkušnje razvoja senzorjev, konfiguriranja strojne in programske opreme za brezžično komunikacijo so dobra osnova za nadaljni razvoj v usmeritev spremljanja slovenskih voda.

6. Zahvala

Pri izvedbi projekta se zahvaljujemo podjetju Mobitel za vzpostavitev testnega privatnega omrežja, družini Selak (financiranje opreme), lastniku elektrarne g. Štremfļu, osebju laboratorija LAKOS na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani, Zvezi društev MHE Slovenije in vsem njenim članom za sodelovanje pri izvedbi ankete.

PORUŠITVE PREGRAD

dr. Andrej ŠIRCA

IBE d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring

prof. dr. Matjaž ČETINA

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

POVZETEK

V prispevku so po uvodnih prikazih statistike nesreč in poškodb pregrad, ki so povzeti po literaturi ICOLD, obravnavni mehanizmi nastanka poškodb za različne tipe pregrad, načini in obseg računa posledic porušitev ter principi izdelav ocen ogroženosti. V zaključnem poglavju so na podlagi priporočil ICOLD ter aktualnega stanja v Evropi in Sloveniji podana izhodišča za pripravo slovenske zakonodaje za to področje. Prispevek je bil predstavljen na Problemski konferenci o vodah dne 15.11.2005 v Sevnici.

1. UVOD

Osnovna zahteva in predpostavka pri načrtovanju pregrad je, da bodo celotno življenjsko dobo po predvidenih scenarijih služile namenom, za katere so zgrajene. Enako kot za druge gradbene konstrukcije se tudi za pregrade zagotavlja nekakšen smiselni nivo varnosti, ki je določen kot družbeno sprejemljiv kompromis med verjetnostjo nepredvidenih dogodkov in stroški, ki jih je treba vložiti, da se verjetnost takšnih dogodkov manjša. Izbrano razmerje med varnostjo in stroški je na različnih koncih sveta odvisno od številnih lokalnih dejavnikov (ekonomske razvitosti, poseljenosti, morfologije, itd.), končna odločitev pa lahko univerzalno temelji na oceni posledic morebitne poškodbe ali porušitve pregrade. V ta namen je treba predhodno študirati tudi verjetnost nastopa nepredvidenih dogodkov ter procese in mehanizme, ki vodijo do poškodb. Izdelane ocene posledic porušitve so hkrati osnova za varnostne in omilitvene ukrepe.

Čeprav je bilo v vsej človeški zgodovini že veliko nesreč pregrad, so to razmeroma redki dogodki. Goubet (1979) je na podlagi ocenjenega števila 15 000 velikih pregrad po svetu in v povprečju 1,5 porušitve letno določil verjetnost porušitve posamezne pregrade na leto 10^{-4} . Iz literature je znanih nekaj analiz, ki so kljub razmeroma majhnemu številu vzorcev izločile nekaj glavnih vzrokov in mehanizmov, ki vodijo do poškodb in v skrajnem primeru do porušitve pregrad.

Johnson in Illes (1976) sta na podlagi 114 primerov porušitev ugotovila, da se je 38 % porušitev zgodilo ob prvem polnjenju, pri 38 % je bil vzrok prelitje in le v 24 % primerov je prišlo do porušitve ob normalnem obratovanju. Ista avtorja sta tudi ugotovila, da je od 36 porušitev zemeljskih pregrad v zadnjih

25 letih pred izdelavo njune študije bil v 20 primerih razlog za porušitev prelitje, v 13 primerih hidravlični zlom (piping) in v 3 primerih potres. V istem obdobju sta se zgodili le po ena porušitev betonske in zidane pregrade.

Izredno pomemben je prispevek ICOLD (1974), ki je analiziral 534 primerov nesreč na 426 pregradah, višjih od 5 m. Podatki so bili zbrani iz 43 držav in so zajemali 96 % objektov iz Svetovnega registra pregrad. Podatki so bili razvrščeni v štiri glavne skupine: **Skupina 1:** 290 nesreč, od tega 71 porušitev, se je zgodilo v obdobju med 1960 in 1965 na pregradah, višjih od 15 m; **Skupina 2:** v istem obdobju je bilo tudi 98 nesreč na pregradah, visokih med 5 in 15 metri. **Skupina 3:** 78 nesreč se je zgodilo pred letom 1900. **Skupina 4:** 68 nesreč se je zgodilo v času graditve in zaradi posebnih razmer. Nesreče iz skupin 1, 2 in 3 je ICOLD glede na značaj poškodb objekta razvrstil v tri kategorije: F1 (failure 1) je pomenila popolno porušitev in opustitev pregrade na tej lokaciji, F2 (failure 2) delno porušitev, ki je omogočala popravilo, in A (accident) nesrečo z manjšimi posledicami. Od skupaj 466 je bilo 84 dogodkov tipa F1, 118 dogodkov tipa F2 in 332 dogodkov tipa A. Novejše ugotovitve ad hoc komiteja ICOLD za statistično interpretacijo poškodb pregrad ICOLD (1995), ki jih povzema tudi aktualni pregled ICOLD (1998), so bile:

- Odstotek porušeni pregrad se je po letu 1951 zmanjševal; pred letom 1950 zgrajene pregrade so se porušile v 2,2 % primerov, novejše pa v manj kot 0,5 % primerov, pri čemer niso upoštevane kitajske pregrade in pregrade višine med 15 in 30 m v ZDA.
- Največ porušeni pregrad je imelo majhno višino. Ta kategorija hkrati predstavlja številčno večino »velikih pregrad«.
- Odstotek porušeni pregrad glede na celotno število pregrad je približno enak za posamezne višinske kategorije.
- Pregrade se največkrat porušijo razmeroma kmalu po izgraditvi. Pogoste so porušitve v prvem desetletju ali celo v prvem letu po izgraditvi.
- Največji odstotek porušeni pregrad je med tistimi, ki so bile zgrajene v obdobju 1910 – 1920.
- Pri betonskih pregradah so najpogostejši vzrok porušitve problemi v temeljih: notranja erozija pod temeljem (21 %), zdrs (21 %).

- Pri nasutih pregradah je glavni vzrok porušitev prelivanje (31 % kot glavni vzrok in 18 % kot sekundarni vzrok), sledi mu notranja erozija telesa pregrade (v 15 % glavni vzrok in v 13 % sekundarni) in notranja erozija temelja (12% glavni in 5 % sekundarni vzrok).
- Pri zidanih kamnitih (masonry) pregradah sta glavna vzroka porušitev prelivanje (43 %) in notranja erozija temelja (29 %).
- Odstotek porušitev je najnižji pri ločnih pregradah. Olajšane težnostne in večločne pregrade so bolj občutljive, vse pa zahtevajo dobro temeljenje. Pri teh tipih pregrad pride običajno do rušenja zaradi preobremenitve temeljnih tal ali bokov (Budweg, 1997).
- Porušitev kot posledica prelitja zaradi premajhne pretočnosti prelivov je bila glavni vzrok v 22 % primerov in sekundarni vzrok v 39 % primerov.
- V 36 % porušitev se je pregrada na lokaciji opustila, v 17 % primerov se je rekonstruirala na drug način, v 16 % na enak način in v 13 % primerov so se rekonstruirali le poškodovani elementi.

Zaradi razpršenosti informacij o poružitvah po posameznih organizacijah in državah in nerednega ažuriranja je Kreutzer (2005) predlagal vzpostavitev in okvirno metodologijo enotne svetovne baze podatkov o poružitvah in drugih nesrečah, ki bi temeljila na dosedanjem delu ICOLD (1974, 1983, 1995), ASCE/USCOLD (1974) in USCOLD (1988) ter bazah podatkov nekaterih evropskih držav (povzeto po Kreutzer, 2005):

- Avstrijski »Bibliography of History of Dam Failures«, Vogel (1985).
- Angleški »CIRIA's Risk Management for UK reservoirs«, Hughes et al. (2000).
- Angleški »Building Research Establishment's (BRE) data storage«, Johnston et al. (1999).
- Francoski »CEMAGREF's inventory of dams«, Peyraz in Royet (2003).
- Še nekaterih nepubliciranih podlagah iz posameznih evropskih držav (EdF data base requirements, Vattenfall's incident data base, aktivnosti na Švedskem, v Španiji in v Romuniji).

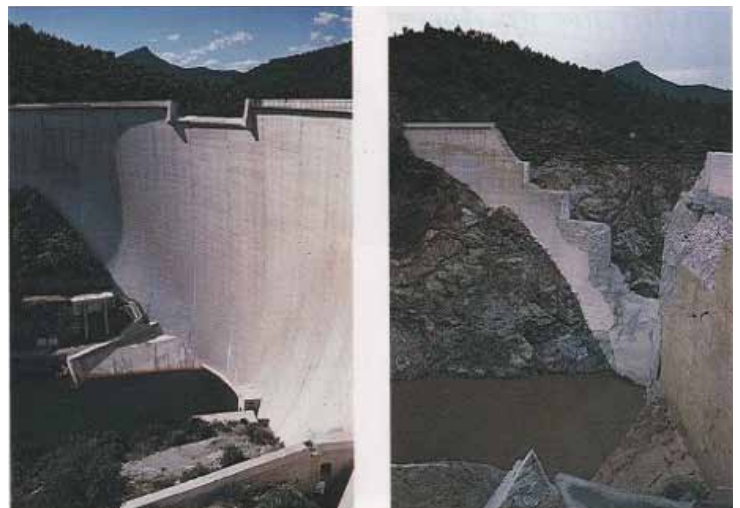
2. MEHANIZMI NASTANKA POŠKODB

Vzroke za poškodbe in v skrajnem primeru rušenje pregrad, ki povzročijo poružitvene valove dolvodno od pregrade, lahko razdelimo v tri velike skupine:

1. **Konstruktivske napake**, ki vključujejo predvsem hidravlični zlom ali razpoke pri nasutih pregradah ter zdrs ali prevrnitev pri betonskih pregradah. V to skupino spadajo tudi redkejša poškodba, ki nastanejo v telesu ali temeljih pregrade zaradi seizmičnih ali drugih vplivov: pri nasutih pregradah na primer likvefakcija temeljnih tal ali zdrsi delov brežin, pri beton-

skih ločnih pregradah pojav razpok v telesu ali poškodbe nosilnih bokov pregradnega profila. Konstruktivske napake so največja skupina vzrokov za poškodbe pregrad in se v različnih oblikah pojavljajo pri vseh tipih pregrad. V to skupino lahko uvrstimo tudi poškodbe delov masivnih, olajšanih težnostnih ali ločnih pregrad (npr. stebrov pretočnih polj) ter hidromehanske opreme zaradi seizmičnih obremenitev. Nekateri avtorji, npr. Budweg (1997), uvažajo za seizmično povzročene poškodbe tudi ločeno tipsko skupino porušitev.

2. **Prelivanje**, ki nastane zaradi nezadostne pretočne sposobnosti prelivnih organov, neustreznega obratovanja ali nepričakovanih izrednih dogodkov v bazenu (zdrsi večjih zemeljskih mas z bregov, rušenje gorvodne pregrade). V to skupino sodijo tudi redkejši pojavi prelivanja zaradi delovanja vetra ali vpliva ledu. Prelivanje je najbolj nevarno pri nasutih pregradah, drugi tipi pregrad so bistveno odpornjši proti tej vrsti poškodb.
3. **Človekovi vplivi**, ki zajemajo sabotaže oziroma teroristična dejanja v mirnem času ter različne oblike poškodb v vojnem času (bombardiranja, masivna miniranja telesa ali delov pregrade). Po nedavnih izkušnjah iz naše bližine so lahko razlike med mirnim in vojnim stanjem zelo hitro zabrisane.



Primer 1: Zdrs v temelju ločne pregrade; Malpasset, Francija (1951)

Do **hidravličnega zloma** (ang. piping failure) pride zaradi prevelikih tlačnih razlik med dolvodno in gorvodno stranjo objekta. Proces se začne na dolvodni strani, kjer pronicajoča voda odteka iz objekta in napreduje proti gorvodni strani. Zaradi odnašanja delcev iz pregrade je proces progresiven, pretok in hitrosti s časom naraščajo in povzročajo notranjo erozijo pregrade, ki lahko razmeroma hitro privede do poružitve objekta. Verjetno najbolj znan primer takšnega dogodka je bila

porušitev ameriške pregrade Teton leta 1976 (glej opise na:

http://www.geol.ucsb.edu/faculty/sylvester/Teton_Dam/welcome_dam.html).

Glavni vzrok za to vrsto poškodbe sta neobstoje ali neustrezno dimenzioniranje filtrskih slojev pregrade, preprečujemo pa jo s podaljšanjem precejnih poti (npr. z ustreznim oblikovanjem stikov masivnih elementov in nasutega dela zemeljskih pregrad), uporabo geotekstilov ali klasičnih filtrov ter s tesnilnimi ukrepi (zavese, diafragme).



Primer 2: Zdrs v temelju masivne betonske pregrade; Saint Francis Dam, ZDA (1928)

Likvefakcija ali utekočinjenje (temeljnih tal) lahko nastopi v peščenih tleh, zasičenih z vodo, ko zaradi potresnih sunkov ali drugih hitrih obremenitev porini tlaki v zemljini povzročijo tako bistveno zmanjšanje kontaktnih sil med zrnji zemljine, da se ta vede kot tekočina. Poenostavljeno gledano pride do pojave zato, ker se zaradi hitre (seizmične ali druge) obremenitve porina voda ne more dovolj hitro iztisniti iz peščenega volumna, ta dobi lastnosti tekočine, na tovrstnih temeljnih tleh ležeči objekti pa se dobesedno »potopijo« v podlago. Iz novejšje pa tudi bolj oddaljene zgodovine je znano veliko primerov tega pojave (glej npr.:

<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/html/main.html>).



Primer 3: Utekočinjenje (likvefakcija) temelja nasute pregrade ob potresu - Lower San Fernando Dam, ZDA (1971)

Medtem ko sta pojava hidravličnega zloma in likvefakcije razmeroma dobro teoretično obdelana, se prelivanje in posledično erozijo pregrade ponavadi modelira fizično. Z laboratorijskimi modeli porušitve se najpogosteje raziskujejo mehanizmi širjenja prelivne odprtine, ki sledijo prelitju nasute (homogene ali conirane) nasute pregrade. **Erozija dolvodne strani** pregrade se začne, ko je dosežena kritična prelivna višina oz. kritični pretok, ki sta odvisna od naklona dolvodne brežine in njene zaščite (trava, skalomet, armatura ...). V nadaljevanju je proces odvisen še od granulacije in materiala nasutja (dimenzije in teža zrn) ter stopnje zbitosti. Precej redkejši so terenski poskusi, ki se običajno opravljajo na začasni pomožni ali stari pregradah, in rabijo predvsem kontrolam modelnih podobnosti. V ZDA in na Kitajskem je bilo tako v laboratorijih kot na terenu napravljenih razmeroma veliko poskusov **varnostnih čepov** (an. fuseplug) kot posebej konstruiranih delov nasutih pregrad, ki imajo nalogo, da ob nastopu projektnega pretoka (poplave) zagotovijo kontrolirano in prostorsko omejeno erozijo pregrade.



Primer 4: Notranja erozija nasute pregrade; Teton, ZDA (1976)

Poleg redkosti so dogodki rušenja pregrad velikokrat nepričakovani in jih je mogoče le izjemoma ovrednotiti z meritvami *in situ*. Običajen rezultat opazovanj pričakovanih rušenj so fotografski ali filmski posnetki, ki lahko le kvalitativno pokažejo mehanizme rušenja. Eden izmed najbolj znanih dokumentiranih primerov je predhodno omenjeno rušenje nasute pregrade Teton leta 1976 (Nonveiller, 1983). Najpogostejši način kvantifikacije dogodkov na terenu je posredno z meritvami posledic. Pomanjkanje terenskih rezultatov se v zadnjih dveh desetletjih vedno bolj nadomešča s fizičnimi modeli (npr. Bechteler et al., 1992).



Primer 5: Zdrs v temelju po tektonskem prelomu; Ši-Gang, Tajvan (1999)

V Sloveniji sta iz novejšega obdobja znana primera prebitja plazu na Lučnici v Podvolovjeku, ki je nastal v času vodne ujme v letu 1990 (Rajar in Zakrajšek, 1993) ter nekontroliranega obratovanja pregrade Mavčiče (Rajar in Kryžanowski, 1994). V obeh primerih so bile analizirane predvsem hidravlične posledice porušitvenega oziroma obratovalnega vala. Z območja bivše SFRJ je znanih nekaj primerov iz nedavnega vojnega obdobja, ko se je preučevala ocena ogroženosti v izrednih razmerah (Muškatirović in Kapor, 1997), urgentno preprečevale posledice vojnih dejanj (Rupčić, 1997) ali (že v mirnem času) analizirale materialne in pravne posledice neustreznih načinov obratovanja.

3. HIDRAVLIČNO MODELIRANJE PORUŠITVENEGA VALA

3.1. Splošno

Kljub omenjeni zelo majhni verjetnosti porušitve, ki preračunano v primeru 50-letnega obratovanja pregrade znaša 0,5 %, so tovrstni objekti vendarle potencialna nevarnost za dolvodno ležeča naselja. Zato je v številnih državah sveta in še posebej Evrope določevanje hidravličnih parametrov valov, ki bi sledili porušitvam pregrad, obvezno in največkrat regulirano z zakonom. Tako želijo države v največji možni meri zaščititi objekte in prebivalstvo v dolinah pod pregradami ter učinkovito organizirati njihovo evakuacijo v primeru katastrofalnih rušenj.

V Sloveniji se kot osnova hidravličnih izračunov trenutno uporablja »Navodilo za izdelavo ocen ogroženosti zaradi porušitev pregrad«, ki je bilo pripravljeno leta 1994. Bistveni novosti tega dokumenta v primerjavi s starejšimi navodili iz leta 1974 iz bivše Jugoslavije sta dve: namesto trenutne in popolne porušitve pregrade se predlaga postopna in delna porušitev z upoštevanjem morfološke simulacije širjenja odprtine ter uporaba zahtevnejših dvodimenzijskih (2D) matematičnih modelov v primeru zelo strmih strug ali izrazitejših razširitev dolin pod pregradami. Še vedno pa tako po

svetu kot pri nas za simulacijo porušitvenih valov prevladuje uporaba enodimenzijskih (1D) matematičnih modelov. V nadaljevanju so na kratko opisani tako 1D- kot 2D-modeli, ki se za račun valov zaradi porušitev pregrad pri nas najpogosteje uporabljajo.

3.2 1D-matematični modeli

Za račun porušitvenih valov so se v Sloveniji v zadnjih 35 letih večinoma uporabljali 1D-modeli, s katerimi so bile preračunane hidravlične posledice porušitev večine slovenskih pregrad in tudi nekaj v državah bivše Jugoslavije. Teoretične osnove 1D-modelov zelo dobro opisuje Rajar (1978), ki je tudi napravil večino omenjenih izračunov. V nekaterih primerih, kjer bi bilo po navodilih iz leta 1974 treba upoštevati popolno in trenutno porušitev, vendar je bila ta malo verjetna, je bila v skladu s sodobnimi trendi že privzeta delna in postopna porušitev. Velikost in časovni razvoj odprtine je bil ocenjen vnaprej na osnovi izkušenj iz prejšnjih tovrstnih dogodkov. V zadnjem času se za določitev časovnega poteka delnega rušenja pregrade uporabljajo statistične metode (Costa, 1985; Molinaro, 1990) ali pa se večanje odprtine računa z morfološkim modeliranjem erozije istočasno s samim porušitvenim valom (Rajar in Zakrajšek, 1991).

Za račun toka v akumulaciji in dolvodno od pregrade se uporabljata znani Saint Venantovi enačbi v konservativni obliki (kontinuitetna in dinamična), ki ju rešujemo numerično s pomočjo Lax-Wendroffove eksplisitne metode končnih razlik. Da se izognemo numerični nestabilnosti, je poleg linijskih treba upoštevati še dodatne lokalne izgube v ovinkih ter zožitvah in predvsem razširitvah, zlasti v primeru zelo neprizmatičnih dolin (Rajar, 1978). Pri simulaciji toka zaradi postopne in delne porušitve je na mestu delno porušene pregrade treba upoštevati dvojni profil. Profila ležita na isti stacionaži x , tretji profil med njima pa je profil delno porušene pregrade v danem trenutku.

Časovni potek rušenja je možno podati vnaprej kot vhodni podatek ali pa proces erozije na pregradi in s tem razvoj odprtine modeliramo istočasno s samim poplavnim valom. Druga možnost je razmeroma nova opcija modela, zato so osnove računa na kratko opisane v nadaljevanju, podrobnosti pa je moč najti v Rajar in Zakrajšek (1991). Pri **računu procesa erozije** se v začetnem času $t = 0$ poda majhna ocenjena začetna odprtina v pregradi kot vhodni podatek. Hitrosti vzdolž erozijskega kanala se izračunajo ob predpostavki stalnega enakomernega (običajno deročega) toka, lahko pa se uporabi tudi natančnejši račun gladin. Ves čas računa se predpostavlja, da je odprtina trapezne oblike s konstantnima naklonom brežin in vzdolžnim padcem kanala. Kota dna in širina kanala pri dnu se izračunava z enačbami erozije odprtine. Transport plavin se izračunava po enačbi Einsteina, brezdimenzijski transportni parameter v njej pa je ocenjen s pomočjo enačbe

Engelunda. Ko je transport plavin znan, se s pomočjo Exnerjeve enačbe kontinuitete materiala izračuna časovni razvoj morfologije odprtine predpostavljene oblike.

Vsi računi porušitev pregrad v Sloveniji so bili opravljeni z domačimi programi, razvitimi na UL FGG, Katedri za mehaniko tekočin z laboratorijem (KMTe). Program **LAXDEL** je namenjen računu valov, ki nastanejo po trenutni in popolni ali delni in postopni porušitvi pregrad. Zanje so ponavadi značilne velike hitrosti, ekstremno hitre spremembe gladin in v primeru trenutne in popolne porušitve lahko tudi navpično čelo vala, ki potuje dolvodno v obliki potujočega vodnega skoka. Možno je simulirati tudi lokalno deroči tok in prehode iz deročega v mirni tok in obratno. Račun poteka po celotnem področju od gorvodnega roba akumulacije prek pregradnega profila do čela vala, ki predstavlja dolvodni robni pogoj. Pri zemeljskih pregradah lahko kot interni robni pogoj računamo tudi postopno erozijo telesa pregrade. Možno je upoštevati propagacijo tako po nekem začetnem pretoku kot tudi po suhem dnu (začetni pogoj), kjer se propagacija čela vala računa po principu, da je hitrost čela enaka hitrosti vode tik za čelom. Ustrezne opcije izberemo že pri vnašanju vhodnih podatkov, kjer s prečnimi profili podamo še topografijo akumulacije in doline pod pregrado, ustrezne hidravlične parametre (hrapavost, začetni pretok) ter robne pogoje v obliki krivulj $Q(t)$, $Z(t)$ ali $Q(Z)$. **PRLAX** je program, ki je zasnovan na enakih principih kot **LAXDEL**, le da je posebej prirejen za obravnavo obratovalnih valov v dovodnih kanalih hidroelektrarn. Uporabimo ga lahko tudi za račun porušitvenih valov, če nas zanima njihova propagacija vzdolž posameznih odsekov pri znanem gorvodnem hidrogramu ali nivogramu. Kot primer uporabe programa **PRLAX** omenimo račun porušitvenega vala v dolini Drave v primeru porušitve pregrade Golica. Od komercialnih modelov, ki se tudi uporabljajo v Sloveniji za račun 1D-nestalnih tokov in bi jih bilo možno uporabiti za račun valov zaradi porušitev pregrad, pa omenimo **HEC-RAS 4.1** (razvit pri US Army Corps of Engineers - USACE), **MIKE11** (Danish Hydraulic Institute) in **RUBAR3** (CEMAGREF Lyon).

3.3 Popolni 2D-matematični modeli

Pri popolnih 2D-modelih se za simulacijo globinsko povprečnega toka največkrat uporabljajo kontinuitetna in dinamični enačbi v tlorisnih x in y smereh kartezičnega koordinatnega sistema v konservativni obliki (npr. Četina, 1995). V primeru geometrijsko zelo nepravilne struge s številnimi ovinki v toku je včasih primernejša uporaba pravokotnega krivočrtnega koordinatnega sistema (Krzyk, 2004) ali celo nepravokotne nestrukturirane numerične mreže. Pri izrazito nestalnih tokovih zaradi porušitev pregrad se v dinamičnih enačbah navadno zanemarijo členi

z efektivno viskoznostjo, ki jih je sicer treba upoštevati pri tokovih s številnimi recirkulacijskimi področji (Četina, 1995).

Ena izmed uspešnih metod za numerično reševanje sistema povezanih parcialnih diferencialnih enačb je metoda končnih volumnov (Patankar, 1980), ki jo uporabljajo tudi na KMTe. Glavne karakteristike metode so premaknjena numerična mreža, kombinacija gorvodne »upwind« in centralnodiferenčne sheme ter iteracijski postopek popravljanja globin, znan kot SIMPLE. V času se uporablja polna implicitna shema, ki zagotavlja stabilno in dovolj natančno rešitev tudi pri relativno visokih Courantovih številih (nekje do vrednosti 10). Pomembno je tudi, da je možno simulirati tako mirni kot tudi deroči tok (Četina in Rajar, 1993).

Na osnovi zgoraj opisanih principov je bil na KMTe najprej razvit program **PCFLOW2D**, ki uporablja Kartezijeve koordinate. Poleg enostavnejših je v programu možno upoštevati tudi bolj komplicirane robne pogoje, kot so npr. dotoki in iztoki prek poševnih jezov ali zapornic, kritični tok ali odvisnosti $v(t)$, $Q(t)$, $Z(t)$ in $Q(h)$ v posameznih oz. skupini celic. Pomembno je, da lahko program zaradi uporabljenih hibridne numerične sheme simulira tako mirni kot deroči tok in prehode med njima, kar močno povečuje uporabnost programa za praktične primere porušitev. Ker je priprava podatkov zahtevnejša in poraba računalniškega časa precej večja kot pri enostavnejših 1D-modelih, je bil poleg študijskih primerov **PCFLOW2D** doslej v Sloveniji za simulacijo porušitvenih valov uporabljen le v nekaterih primerih, kot na primer ugotavljanju poplavne varnosti NE Krško zaradi morebitne porušitve jezov HE Vrhovo (Četina in Krzyk, 2005), porušitvenih valovih pri verigi HE na spodnji Savi (Četina in ostali, 2008) ter pri ponovnem izračunu porušitvenih valov različnih novo načrtovanih variant HE Učja (Četina in ostali, 2009). Možnosti njegove uporabe se zaradi vedno hitrejših računalnikov precej povečujejo, kar dokazuje tudi dejstvo, da se je že izkazal kot učinkovito orodje pri več simulacijah poplavnih valov zaradi hidroloških razmer (npr. Četina in sod., 2004). Za potrebe modeliranja porušitvenih valov v strmih ukrivljenih dolinah je bila na KMTe razvita izpeljanka modela **PCFLOW2D-ORTHOCURVE**, ki uporablja krivočrtno pravokotno mrežo in s katerim je bil uspešno simuliran primer vala zaradi morebitne porušitve dela nasipa načrtovane akumulacije črpalne elektrarne Kozjak (Krzyk, 2004). Obstaja še nekaj komercialnih 2D-modelov, ki se v manjši meri tudi uporabljajo v Sloveniji in bi jih bilo možno prilagoditi za račun porušitvenih valov: **FLO-2D** (Flo Engineering Inc., ZDA), **MIKE21** (Danish Hydraulic Institute), **AQUADYN** (Synexus Global Ltd., Kanada), **SMS** (BOSS International, ZDA) in **RUBAR20** (CEMAGREF Lyon).

Poenostavljeni 2D-matematični modeli

Pri nekaterih primerih toka (npr. pri širjenju poplavnega vala po suhem dnu dovolj daleč od mesta porušene pregrade) imata trenje ob dno in padec energijske črte bistveno večji vpliv od vztrajnostnih sil. Za takšne situacije sta Xanthopoulos in Koutitas (1976) ugotovila, da lahko v dinamičnih enačbah zanemarimo vztrajnostni in člen s turbulentno viskoznostjo. Dinamični enačbi se tako poenostavita v enačbi za stalni neenakomeren tok, kontinuitetna enačba za nestalni tok pa ostane nespremenjena. Računsko področje diskretiziramo s premaknjeno pravokotno mrežo, kjer se globinsko povprečne hitrosti izračunajo na robovih celic, globine pa v njihovem središču. Detajle o razmeroma preprosti eksplicitni numerični shemi podajata Zakrajšek in Rajar (1996), teoretične osnove pa so aplicirane v programu **XANTO**, ki uporablja zgoraj opisane poenostavljene 2D-enačbe in je predvsem namenjen računu propagacije porušitvenega vala po suhem dnu. Upoštevati je možno različne robne pogoje, kot so: znan hidrogram ali podane hitrosti na mejah celic ter iztekanje iz področja pod kritičnimi pogoji ali pri normalnem toku. Za kontrolo kontinuitete se stalno izdelujejo računi volumna dotoka vode na področje in volumna celotne količine vode na področju. Tako kot PCFLOW2D tudi program XANTO potrebuje podatke o geometriji, kotah dna in koeficientih hrapavosti v matrični obliki. Izpis rezultatov je prirejen tako, da je možno uporabiti že pri programu PCFLOW2D razvite vmesne programe za pripravo izrisa vektorjev hitrosti ter aksonometrične slike maksimalnih kot in gladine v posameznih časih v grafičnem paketu AutoCAD. S programom XANTO so bili preračunani primeri propagacije vala po Soči zaradi porušitve še v letu 1990 načrtovane HE Učja, porušitve pregrade Prigorica, prelivanja nasipov akumulacijskega bazena HE Podsused na Hrvaškem ter širjenje vala zaradi morebitne porušitve pregrade HE Vrhovo po poplavnem področju Save (Zakrajšek in Krzyk, 1997).

4. OCENE OGROŽENOSTI

Eden najpomembnejših ciljev ocene ogroženosti (an. dam-break hazard analysis, DBHA) je zagotoviti jasne in natančne informacije službam in ustanovam, ki se ukvarjajo s socialnimi, pravnimi, političnimi, administrativnimi in zakonodajnimi vidiki prostorskega načrtovanja (vključno s poplavno varnostjo, razvojem poselitve, rabo površin, itd.), pa tudi zavarovalnicam, civilni zaščiti, gospodarskim subjektom in drugim zainteresiranim, ki nastopajo v postopkih umeščanja pregrad v prostor. Zaradi širokega kroga uporabnikov je zelo pomembno, da so rezultati prikazani na razumljiv in nedvoumen način. Porušitev pregrade je izredno redek dogodek, zato je stvar odločitve širše družbe (javnosti), kakšno vlogo bo imela izdelana analiza posledic porušitve. V splošnem so možni štirje pristopi (ICOLD, 1998):

1. **Ukrepanje v kritičnih razmerah.** Analiza ogroženosti se ne izdela vnaprej, kriza se rešuje ob nastopu.
2. **Načrtovanje za kritične razmere.** Izdela se ocena ogroženosti, vendar ni nadgrajena z načrti za ukrepanje.
3. **Načrtovanje učinkovitih ukrepov.** Na podlagi ocene ogroženosti se izdelajo načrti ukrepanja v primeru poplave in načrti reševanja.
4. **Načrtovanje optimalne varnosti.** Išče se optimum investicijskih stroškov za zagotovitev ustrezne varnosti objekta, ki poleg ocene ogroženosti upošteva tudi verjetnost nastopa posameznih dogodkov (ocena tveganja).

Nekoliko zastareli podatki ICOLD kažejo, da je leta 1998 kar 18 od 21 držav EC uporabljalo najmanj pristop »2«, od 23 primerjanih držav zunaj EC pa je bilo takšnih z najmanj pristopom »2« le 9.

Glavni elementi končne ocene ogroženosti, ki v veliki meri temeljijo na takšnem ali drugačnem **modelu porušitve** (glej prejšnje poglavje) in njenih posledic (ki so lahko predmet dodatnih modelov), so:

- **Varnost pregrade** (dam safety). Bistvo te točke je določitev optimalne varnosti pregrade ob poznavanju ogroženosti, ki jo povzroča dolvodno. Za pregrade z manjšimi posledicami porušitve lahko npr. investitor zagotovi manjšo varnost in s tem prevzame večje tveganje za primer poškodbe ali porušitve.
- **Stopnja ogrožanja** (hazard rating). Poplavna ogroženost zaradi pregrade je v splošnem definirana kot potencialna izguba človeških življenj in premoženja v primeru poškodb ali rušenja. Možni so različni načini rangiranja, ki pa imajo vsi za osnovo hidravlično analizo posledic porušitve (dam-break analysis) in nekakšen sistem vrednotenja posledic oz. škod glede na globino in hitrost toka ali podobnih parametrov.
- **Obseg poplave** (inundation mapping). Obseg poplavljenosti se kartira tako za naravne poplave različnih povratnih dob kot tudi za različno definirane poplave kot posledice porušitve pregrade. Ustaljena sta prikaza »porušitve na sončen dan« (sunny day failure) in superpozicije porušitve na naravno poplavo z določeno povratno dobo.
- **Načrtovanje ukrepov v kriznih situacijah** (emergency action planning). Tovrstne aktivnosti so navadno domena državnih služb (civilna zaščita), ki pa jim je treba zagotoviti ustrezne informacije za pripravo ukrepov.
- **Načrtovanje reševanja v primeru porušitve** (dam-break flood rescue action planning). Aktivnosti potekajo v fazah pripravljenost – preprečevanje – odgovor – sanacija, pri katerih je zelo pomemben element načrtovanje časovnih okvirov za odločanje.

- **Ocena tveganja za porušitev** (dam-break risk evaluation). Pregrade so izpostavljene tveganjem naravnega in antropogenega izvora in končna ocena tveganja predstavlja matematično izračunano skupno tveganje. Pri kvantificiranju tveganj imajo ključni pomen pravilni vhodni podatki oz. ocene. Ocene tveganja so danes izredno aktualno področje, ki sega daleč prek okvirov varnosti pregrad in vedno večkrat povezuje različna področja, npr. v smislu optimizacije obratovanja kompleksnih sistemov akumulacij ob izrednih hidroloških dogodkih (Satrapa, 2005).
- **Druge uporabe modelov porušitve.** Ker so modeli porušitve le posebne oblike nestacionarnih modelov vodnega toka, imajo lahko tudi številne druge možnosti uporabe, na primer za napovedi poplav v realnem času, za vrednotenje transporta plavin ali kakovosti vodotoka, za načrtovanje poplavnih zaščit ali celo za vrednotenje obratovalnih valov hidroelektrarn.
- **Zakonodaja.** V primeru obstoja zakonodaje za področje varnosti pregrad je običajna zahteva, da se za pregrade, ki pomenijo večjo grožnjo za okolje, pripravi tudi ocena posledic porušitve. Tehnične zahteve za takšne ocene navadno niso predmet zakona, temveč ustreznih standardov ali smernic, ki jih izda za varnost pregrad pristojen organ (agencija ali ministrstvo) ali strokovne organizacije (npr. SLOCOLD). V primeru, da zakonodaja ne obstaja ali je predmet diskusije, je priporočljivo zakonodajni organ seznaniti z rezultati analiz porušitve, s čemer se najučinkoviteje prikaže potreba po zakonski ureditvi področja.

Metodologija ocene ogroženosti zaradi porušitve pregrad definira informacije, ki jih mora vsebovati končni izdelek, in postopke, ki do njega pripeljejo. Ocena ogroženosti se izdelava v štirih glavnih korakih:

1. **Definicija (statistična) in simulacija (modelna) primera porušitve**, ki predstavlja robni pogoj za račun posledic dolvodno od pregrade.
2. **Račun ali fizično modeliranje širjenja porušitvenega vala** na podlagi robnega pogoja iz točke 1. V zadnjem desetletju se je večinoma uveljavil pristop z matematičnim modeliranjem. Glede na značilnosti dolvodnega področja je treba uporabiti modele ustrezne kompleksnosti (1D ali 2D).
3. Na podlagi rezultatov iz točke 2 se napravi **kartiranje obsega poplave**, vrednotenje ogroženosti in načrtovanje reševanja v primeru porušitve.
4. **Presoja različnih kombinacij kritičnih dogodkov** in račun verjetnosti njihovega sočasnega nastopa. Na podlagi najkritičnejših

kombinacij se nato pripravi še ocena tveganja (risk analysis).

5. OSNOVE ZA PRIPRAVO SLOVENSKE ZAKONODAJE

5.4 Priporočila ICOLD (1998)

Po ugotovitvi, da številne države, kot so Finska, Francija, Švica, Kitajska, Italija, Južna Afrika in Španija, v določeni meri pa tudi ZDA, že imajo zakonske zahteve po izvedbi analiz porušitve, nekaj držav pa se na ta korak pripravlja, je ICOLD na podlagi pregleda nacionalnih dokumentov in dela stalnega Komiteja za hidravliko pregrad (1976-1996) leta 1998 za izdelavo tovrstnih ocen pripravil ustrezne smernice (ICOLD, 1998). Izhodišče zanje je bil zgoščen povzetek glavnih ciljev analiz porušitev, ki morajo zagotoviti potrebne podatke za:

1. Načrtovanje ukrepov v kriznih razmerah (Emergency Action Plans), ki temelji predvsem na obsegu in hitrosti širjenja poplave.
2. Določitev stopnje ogroženosti (Dam Hazard Classification), ki jo povzroča pregrada.
3. Oceno ogroženosti morebitnih pomembnih objektov, ki bi bili lahko prizadeti ob porušitvi, npr. nuklearnih elektrarn, kemičnih tovarn, rafinerij itd.

Smernice obravnavajo naslednje splošne vidike izdelave analiz porušitev:

- **Način porušitve** ter oblika in razvoj poškodbe pregrade so odvisni od tipa pregrade. Splošno uveljavljena hipoteza je, da je pri betonskih pregradah porušitev trenutna, lahko pa je delna (težnostne in olajšane težnostne pregrade) ali popolna (ločne pregrade). Pri nasutih pregradah je porušitev navadno postopna, ker nastane zaradi prelivanja ali hidravličnega zloma. Nekatere države kljub temu tudi za te primere upoštevajo trenutno porušitev. V Sloveniji je v tem smislu odprto vprašanje upoštevanja ameriških predpisov v zvezi s porušitvijo pregrad, pri katerih bi porušitveni val lahko vplival na NEK »domino effect« porušitve savske verige HE s trenutnimi popolnimi porušitvami).
- **Nivo akumulacije** pred začetkom poškodbe je navadno najvišji nivo polnega bazena, ki naj upošteva vsaj situaciji porušitve na »sončen dan« (zaradi konstrukcijske napake ali potresne poškodbe) in v času ekstremne poplave (zaradi prelitja).
- **Hidrogram** na lokaciji porušene pregrade se določi z matematičnimi modeli na podlagi (empiričnih) hidravličnih enačb ter po možnosti z upoštevanjem rezultatov fizičnih modelov in statistike zgodovinskih primerov. V primerih zapo-

rednih pregrad v verigi se po presoji uporabi tudi princip progresivnega rušenja (domino effect). Za pripravo ukrepov v primerih porušitev v splošnem ni predvideno upoštevanje učinkov sočasne porušitve objektov na različnih vodotokih.

- **Geometrija** pregrade in dolvodnega območja se povzame iz obstoječih podlag ali zagotovi z dodatnimi snemanji, pri čemer je bistveno upoštevanje morebitnih kritičnih lokacij s pomembnejšimi objekti ali infrastrukturo.
- **Račun porušitvenega vala** se tipično izdelava z 1D-matematičnimi modeli, za širjenje prek poplavnih področij ali nepravilnih geometrij pa se uporabijo 2D-matematične ali fizične modele. V računih se upoštevajo konzervativne vrednosti koeficientov hrapavosti, ki se določijo empirično na podlagi literature ali kalibracije z realnimi (visokovodnimi) primeri. Priporočljiva je priprava analiz občutljivosti na vhodne parametre.
- Priporočljiva je uporaba **koeficientov varnosti** tako pri računih najvišjih doseženih gladin kot tudi pri napovedih hitrosti potovanja vala.

5.5 Stanje v Evropi

V Evropi se tako modeliranju same porušitve kot posledic posveča izredna pozornost, saj so že od konca 90-ih let tekli obsežni skupni projekti različnih ustanov in laboratorijev, večinoma znotraj Okvirnih programov (4., 5. in 6.), od katerih naj jih omenimo le nekaj:

- **CADAM** – EU Concerted Action on Dam Break Modelling (v okviru 4. okvirnega programa, 1998-2000); <http://www.hrwallingford.co.uk/projects/CADAM/CADAM/index.html>
- **IMPACT** – Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty (v okviru 5. okvirnega programa, 2002-2004); <http://eprints.hrwallingford.co.uk/189/>
- **FLOODsite** – Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies (v okviru 6. okvirnega programa, 2002-2006) <http://www.floodsite.net/>

Medtem ko navedeni projekti v veliki meri temeljijo na delu raziskovalnih ustanov, je bil z vidika neposredne uporabe v praksi pregradnega inženirstva na konferenci Hydro 2005 v Beljaku podan predlog za vzpostavitev svetovne baze podatkov o nesrečah pregrad (Kreuzer, 2005). Potreba po takšni podatkovni zbirki je bila utemeljena tudi z analogijo s področji graditve naftnih ploščadi, nuklearnih energetskih objektov in letalsko industrijo, ki imajo vsa vzpostavljen sistem poročanja o napakah in nesrečah. Na konferenci in v diskusiji je bil navzoč tudi takratni predsednik ICOLD Viotti, ki je pozdravil evropsko pobudo in zagotovil, da tovrstne aktivnosti tečejo tudi v okviru ICOLD.

5.6 Stanje v Sloveniji

V Sloveniji je bil v letu 1994 pripravljen predlog navodil z naslovom »Navodilo za izdelavo ocen ogroženosti zaradi porušitev pregrad«. Pripravila ga je raziskovalna skupina prof. Rajarja s Hidrotehnične smeri FG ob sodelovanju strokovnjakov IBE in ZRMK. V predlogu so bile upoštevane tudi številne spremembe in dopolnila starejšega dokumenta bivše SFRJ »Uputstvo o izradi dokumentacije za odredjivanje posledica usled iznenadnog rušenja ili prelivanja visokih brana«, ki so se pokazale za nujne ali racionalne na podlagi dolgotrajnih izkušenj možnih porušitev ter na osnovi različnih domačih in mednarodnih sodelovanj. Predlog navodil je bil usklajen v okviru stroke, pravniško ustrezno formuliran in predan naročniku, Republiški upravi za zaščito in reševanje (RUZR), vendar zaradi neusklajenosti glede pristojnosti med takratnimi ministrstvi za obrambo, za gospodarske dejavnosti ter za okolje in prostor ni prišel v fazo formalnega potrjevanja. Predlog se je v zadnjem desetletju kljub temu uporabljal kot neuradna in strokovno splošno priznana podlaga za izračun posledic porušitev več pregrad, med katerimi je treba omeniti vsaj Vrhovo, Moste, Drtijiščica, Avče in celotna veriga HE na spodnji Savi.

V času od priprave predloga Navodil so minile tudi vojne na območju nekdanje SFRJ, ki so bile zaradi posredne ogroženosti Slovenije eden izmed vzrokov za njegovo pripravo, vendar potreba po takšnem dokumentu še vedno obstaja. Pravzaprav postaja vedno večja nujna v času, ko se po vsej Sloveniji gradijo in načrtujejo nove velike pregrade, hkrati pa se zanje postavljajo vse ostrejša prostorska omejitve. Med najaktualnejšimi tovrstnimi projekti je treba omeniti vsaj približevanje graditve spodnjiesavskih stopenj lokaciji Nuklearne elektrarne Krško, ravnokar zgrajeno ČHE Avče ter načrtovanje ČHE Kozjak in pregrade Padež.

Viri:

- **ASCE/USCOLD** (1975), Lessons from Dam Incidents.
- **Bechteler, W., Kulisch, H., Nujić, M.** (1992), 2D dam-break flooding waves – Comparison between experimental and calculated results. Proceedings, 3rd International conference on flood and flood management, Florence, Italy.
- **Budweg, F.M.G.** (1997), General Report, Question 75, Incidents and Failures of Dams. Transactions, Vol.4, Q75, XIX Congress ICOLD, Florence, Italy, p.751-819.
- **Costa, J. E.** (1985), Floods from Dam Failures, U. S. Geological Survey, Report 85-560.
- **Četina, M.** (1995), Hidravlični izračuni valov vsled porušitev pregrad. Zbornik, 2. posvetovanje SLOCOLD, Ljubljana.
- **Četina, M., Rajar, R.** (1993), Mathematical simulation of flow in a kayak racing channel. Proceedings of the Conference Refined flow modelling and turbulence measurements, pp. 637-644, Pariz.
- **Četina, M., Krzyk, M.** (2005), Možne rešitve za izboljšavo zaščite NEK pred poplavami. B – Analiza obstoječega stanja – hidravlika. Študija, naročnik IBE, Ljubljana.

- **Četina, M., Krzyk, M., Zakrajšek, M., Žagar, D.** (2004), Hidravlična študija 2D hidravlični model območja Malega Grabna od Dolgega mostu do križanja z južno obvoznicno vključno z razbremenjevanjem visokih vod proti Ljubljanskemu barju, naročnik MOP, Ljubljana.
- **Četina, M., Rajar, R., Zakrajšek, M.** (1996), Recent development in dam-break flow computations in Slovenia. Schutz- und Baumaßnahmen – neue Entwicklungen, Bd.5, Beiträge zu Themenkreis 4, Internationales Symposium Interpraevent, Klagenfurt, str. 89-98.
- **Četina, M., Zakrajšek, M., Rajar, R., Džebo, E., Krzyk, M., Žagar, D., Avbreht, A., Širca, A., Rodič, B., Zadnik, B., Josipovič, Z., Kvaternik, K.** (2008), Medsebojni vplivi infrastrukturnih in energetskih ureditev na spodnji Savi v času izrednih hidroloških dogodkov – Model Save – Porušitveni valovi. Študija, naročnik MG – Direktorat za energijo.
- **Četina, M., Zakrajšek, M., Krzyk, M., Rajar, R.** (2009), HE Učja – izračun hidravličnih posledic morebitne porušitve pregrade – I. faza. Študija, naročnik SENG.
- **FGG, IBE, ZRMK** (1994), Navodilo za izdelavo ocen ogroženosti zaradi porušitev pregrad, osutek.
- **Goubet, A.** (1979), Risques associés aux barrages, La Houille Blanche, No.8, p.35.
- **Hughes, A.** et al. (2000), Risk management for UK dams; Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C 542.
- **ICOLD** (1974), Lessons from dam incidents.
- **ICOLD** (1982), Dams – Risks to third parties. ICOLD Bulletin 29, Paris.
- **ICOLD** (1982), Automated observation for the safety control of dams. ICOLD Bulletin 41, Paris.
- **ICOLD** (1983), Deterioration of dams and reservoirs.
- **ICOLD** (1987), Safety of Dams – Recommendations. ICOLD Bulletin 59, Paris.
- **ICOLD** (1995), Dam failures – Statistical analysis, ICOLD Bulletin 99, Paris.
- **ICOLD** (1997), Transactions, Vol.4, Q75: Incidents and Failures of Dams, XIX Congress ICOLD, Florence, Italy.
- **ICOLD** (1998), Dam-break flood analysis – Review and recommendations, ICOLD Bulletin 111, Paris.
- **ICOLD** (2003), Dams and floods – Guidelines and Case Histories, ICOLD Bulletin 125, Paris.
- **Johnston, T.A., Millmore, J.P., Charles, J.A., Tedd, P.** (1999), An engineering guide to the safety of embankment dams in the United Kingdom. Building Research Establishment's (BRE) data storage, BRE Report 363.
- **Johnson, F.A., Illes, P.** (1976), A classification of dam failures, Water Power and Dam Construction, p.35.
- **Kreuzer, H.** (2005), Comprehensive database for dam incidents and failures. Proceedings, Hydro 2005 – Policy into practice, 17.-20.10.2005, Villach, Austria. Session 5, Safety and risk assesment.
- **Krzyk, M.** (2004), Dvodimenzijsko matematično modeliranje toka v strmih strugah. Doktorska disertacija, UL FGG, Ljubljana.
- **Liem, R., Koengeter, J.** (1999), The influence of initial flow conditions on the propagation of dam break waves, Proceedings, XXVIII IAHR Biennial Congress, 22-27 August 1999 in Graz, Austria.
- **Molinaro, P.** (1990), Statistical Methods for the Estimate of the Peak Discharge Following the Breach of an Earth Dam, Internal Report ENEL-CRIS, Milan, Italy.
- **Muškatirović, J., Kapor, R.** (1997), Public protection in case of a dam failure – Reality or not? Transactions, Question 75, Incidents and Failures of Dams. Transactions, Vol.4, Q75, XIX Congress ICOLD, Florence, Italy, p.349-357.
- **Nonveiller, E.** (1983) Nasute brane – Projektiranje i građenje, Školska knjiga, Zagreb.
- **Patankar, S. V.** (1980), Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGraw-Hill B. C.
- **Peyraz, L., Royet, P.** (2003), Diagnosis and Risk Analysis of Dam Ageing – Development of methods to support expertise. CEMAGREF publication. paul.royet@cemagref.fr, laurent.peyraz@cemagref.fr na www.aix.cemagref.fr
- **Rajar, R.** (1978), Mathematical Simulation of Dam-Break Flow, Journal of the Hydraulics Division, HY7, pp. 1011-1026.
- **Rajar, R., Kryžanowski, A.** (1994), Self – induced opening of spillway gates on the Mavčiče dam - Slovenia, Transactions, Vol.1, Question 68, XVIII Congress on large dams, Durban, South Africa.
- **Rajar, R., Zakrajšek, M.** (1991), Modelling a Real Case of a Landslide-Created Dam Collapse, 24th AIRH Congress, Tokyo, Japan, Proceedings, B-4-1, pp. 109-116.
- **Rajar, R., Zakrajšek, M.** (1993), Modeliranje poplavnega vala pri prelivanju plazu na Lučnici, Ujma, št.7, str. 77-80.
- **Rupčić, J.** (1997), Damage and remediation of Peruća dam. Transactions, Question 75, Incidents and Failures of Dams. Transactions, Vol.4, Q75, XIX Congress ICOLD, Florence, Italy, p.93-112.
- **Satrapa, L.** (2005), New methods for a strategic management of multipurpose water management systems with reservoirs, Hydro 2005 – Policy into practice, 17.-20.10.2005, Villach, Austria. Session 5, Safety and risk assesment.
- **Xanthopoulos, T., Koutitas, C.** (1976): Numerical Simulation of a Two-dimensional Flood Wave Propagation Due to Dam Failure. Journal of Hydraulic Research 14, No. 4.
- **Vogel, A.** (1985), »Bibliography of History of Dam Failures« (1985), Data station for dam failures, Vienna. <http://www.risk-assessment.at/bhdf-demo/> (stran v pripravi).
- **Zakrajšek, M., Krzyk, M.** (1997), Preračun posledic morebitne porušitve jezovne zgradbe HE Vrhovo in račun poplavnih valov, naročnik Savske elektrarne, Ljubljana.
- **Zakrajšek, M., Rajar, R.** (1996), 2D modelling of flood waves : a case study, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Bd.9, str. B-153 - B-158, Institut für Hydromechanik, Hydraulik und Hydrologie, Graz, Austria (predstavljeno na XVIII. Konferenz der Donauländer über Hydrologische Vorhersagen und Hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen).

PORUŠITEV PREGRADE ZA ZAČETNIKE

dr. Andrej ŠIRCA

IBE d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring

POVZETEK

V prispevku je poljudno opisan preprost fizični model nasute zemeljske pregrade z glinenim jedrom in s fotografijami kvalitativno prikazan proces rušenja zaradi notranje erozije (hidravličnega zloma). Faze rušenja modelne pregrade so primerjane z dejanskim rušenjem pregrade Teton v letu 1976.

1. UVOD

Rušenje nasutih pregrad zaradi **prelivanja** je pogosto predmet laboratorijskih hidravlično-geomehaniških modelov (npr. Širca in Četina, 2005), medtem ko je modeliranje **hidravličnega zloma** oz. notranje erozije precej zahtevnejše. Zaradi tega so glavni vir podatkov o tem pojavu analize dejanskih poškodb ali porušitev, do katerih je prišlo na pregradah. V nadaljevanju prikazani primer rušenja nasute zemeljske pregrade z glinenim jedrom je zgolj rezultat počitniške zabave hidrotehničnega inženirja, vendar dobro ilustrira mehanizem in potek rušenja takšnega objekta. Dokaz za to so vzporedno prikazane in komentirane faze rušenja velike zemeljske pregrade Teton (Sylvester, 2005; Nonveiller, 1983).

2. PODATKI O MODELU IN NJEGOVI GRADITVI

Ime pregrade:	Privlaka pri Zadru (Hrvaška)
Višina:	30 cm
Dolžina krone:	65 cm
Tip pregrade:	nasuta z glinenim jedrom
Namen:	igrača in poučni model (opazovanje rušenja nasute pregrade)
Material telesa:	mivka in pesek iz peskovnika
Material jedra:	plast gline debeline 1-5 cm, uporabljeno črno »zdravilno« blato iz bližnjega zaliva
Prostornina akumulacije:	0,15 m ³
Površina akumulacije:	2 m ²
Leto izgradnje:	1999



Slika 1: Modelna pregrada (v ozadju) in akumulacija Privlaka (1999)

Opisana pregrada je zelo uspešno zadrževala akumulirano sladko vodo (voda iz prh na plaži), glavne izgube iz akumulacije so bile skozi dno in skozi oba bočna nasipa, ki sta bila brez jedra. Velikostni red izgub skozi levi bok je razviden iz potočka v zgornjem levem vogalu slike 1.

3. POTEK RUŠENJA IN PRIMERJAVA S PREGRADO TETON

Zaradi izgub, omenjenih v uvodnem poglavju, ki bi sicer v nekaj deset minutah lahko spraznili akumulacijo, smo morali erozijo modelne pregrade v začetnem obdobju pospešiti s spodkopavanjem osrednjega dela. S tem smo povečali gradient tlakov in skrajšali strujno pot, kar sta dva izmed pogojev za nastop hidravličnega zloma. Rušenje pregrade Teton je potekalo brez človeške pomoči, celoten proces od pojava prvih izvirov na dolvodni strani do zrušenja krone je trajal 15 ur. Prikaz in primerjava procesov sta podana v sedmih korakih.



Slika 2: Erozijska znotraj pregrade se na površini kaže kot lomljenje kosov pregradnega telesa, dolvodno od pregrade pa narašča količina pronikle vode, ki teče v obliki murastega toka. Slika pregrade Teton je nastala približno 2 minuti pred zrušitvijo krone. Pika med koncem erozijskega jarka in krono (na desni fotografiji) označuje mesto novega udara.



Slika 3: Erozijska napreduje proti kroni, odlomljeni kosi telesa so vedno večji, prav tako hitro narašča količina pronikle vode. Očividci rušenja pregrade Teton so 15 minut pred zrušitvijo krone govorili o odlomih »velikosti viličarja«, 30 sekund pred zrušitvijo krone o »velikosti manjšega tovornjaka«, tik pred zrušenjem pa že o »velikosti hiše«.



Slika 4: Erozijski kanal notranje erozije je dosegel krono, začenja se rušenje krone in prelivanje, ki je veliko hitrejši proces od notranje erozije.



Slika 5: Pregrada oziroma krona je prebita, voda začneja v veliki količini iztekati iz akumulacije. Dolvodno od pregrade nastaja porušitveni val, ki bo še naraščal, dokler ne bo erozija v profilu pregrade dosegla dna doline (matične hribine), oziroma dokler se bo iztočna odprtina širila v globino in/ali v širino.



Slika 6: Odprtina na mestu preboja se širi, na modelni pregradi je na levi strani prebojne odprtine vidna črna barva jedra. Pregrada Teton je bila tesnjena s širokim glinenim jedrom in je imela praktično značaj homogene nasute pregrade.



Slika 7: Odprtina na mestu preboja je skoraj že dosegla končne dimenzije, voda odteka z velikim hidravličnim padcem in tvori vodni skok, ki še dodatno krepi erozijo. V tej fazi začne gladina v akumulaciji hitreje upadati in porušitveni val se začne v profilu pregrade zmanjševati.



Slika 8: Odprtina ima končno dimenzijo, nivo akumulacije je že bistveno nižji kot ob nastopu preboja, kar pa je odvisno od dimenzij in oblike akumulacije. Akumulacija Teton se je spraznila v približno 5 urah.

Faze rušenja obeh pregrad so primerljive, ker je šlo v obeh primerih za enak vzrok: notranjo erozijo. Pri modelni pregradi je do nje prišlo zaradi nedoslednega vgrajevanja glinenega jedra in drugih nepravilnosti graditve (močno prepustna tla, enakomerno granulirani materiali brez filtrov itd), pri pregradi Teton pa zaradi neustrezno napravljenega stika med jedrom in temeljno hribino desnega boka. Za modelno pregrado podrobnejše poročilo ne obstaja (ker je bil zvečer na dan rušenja v vasi koncert Severine), komentar za pregrado Teton pa je izvrsten v knjigi »Nasute brane – projektiranje i građenje« (Nonveiller, 1983) ter na spletni strani, ki je navedena v Virih (Sylvester, 2005).

Viri:

- **Nonveiller, E.** (1983). Nasute brane – Projektiranje i građenje, Školska knjiga, Zagreb.
- **Širca, A. in Četina, M.** (2005). Varnost velikih pregrad – Porušitve pregrad. Zbornik, Problemska konferenca o vodah 2005, 15. november, Sevnica (v pripravi).
- **Sylvester, A.G.** (2005). Teton Dam Failure, spletna stran na naslovu:
- http://www.geol.ucsb.edu/faculty/sylvester/Teton_Dam/welcome_dam.html

ORIS ŽIVLJENJA OSKARJA SMREKERJA (1854 – 1935), PROJEKTANTA VODOVODOV IN RAZISKOVALCA PODZEMNE VODE

dr. Mihael BRENČIČ

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo

V vsakdanjem življenju se nenehno srečujemo z vodo, bodisi z njeno vlogo dobrine, ki je neizogibna za življenje, bodisi z njeno okoljsko komponento, ki vpliva na poselitev in človekove dejavnosti v prostoru. Zgodovina nam odkriva številne človekove posege, s katerimi jo je skušal obvladati in si jo podrediti. Sodobno upravljanje z vodami velikokrat pozablja na zgodovinski vidik vplivov na vodni krog in se vse prepogosto ne zaveda, da je današnje stanje vode in vodnega okolja rezultat interakcije človeka z naravo skozi celotno zgodovino. Pri teh posegih so sodelovali številni izjemni posamezniki. Čeprav je bilo njihovo delo temelj današnjega razvoja in znanja, s katerim se spopadamo z današnjimi izzivi, je spomin na te raziskovalce in načrtovalce pogosto povsem zbledele. Tak izjemen posameznik, ki je v zavesti sodobnih strok s področja raziskav in upravljanja z vodami skorajda pozabljen, je Oskar Smreker. Načrtovalec in graditelj številnih vodovodov po celotni Evropi in Bližnjem vzhodu ter zelo ploden pisec znanstvenih in strokovnih člankov s področja načrtovanja vodovodov in kanalizacije ter raziskav podzemne vode je danes skorajda pozabljen, pa čeprav je bil glavni projektant vodovoda v Ljubljani, ki glavnemu mestu po več kot sto letih še vedno zagotavlja zdravo in čisto pitno vodo. Namen članka je prikazati Smrekerjevo življenje in delo, hkrati s tem pa tudi spodbuditi nadaljnjo razpravo in raziskave zgodovinskega razvoja znanja o vodi na Slovenskem.



Slika 1. Portret Oskarja Smrekerja

Oskar Smreker se je rodil v dvorcu Gorica - Görtzhof v Kaplji vasi pri Polzeli. Dvorec, ki je bil v listinah prvič omenjen leta 1406, je bil v drugi polovici 20. stoletja porušen, ohranili so se le še ostanki nekdanjega parka. Na terasi, dvignjeni nad desni breg Bolske, stoji danes družinska hiša, o nekdanjem dvorcu pa priča le še spominska tabla. V zapisniku duš iz leta 1869, ki ga hranijo v župnišču Polzela, so na naslovu Kaplja vas 43 dvorec Gorica vpisani Franz Smreker, rojen leta 1801, in njegova žena Josefa z dekliškim priimkom Schmiedl, rojena leta 1821. Poleg drugih stanovalcev z različnimi priimki, verjetno služabniki na posestvu, so v knjigo vpisani še njuni otroci: Franziska, rojena 3. decembra 1851, Josefa Aloisia, rojena 31. oktobra 1856, in Oskar Ludwig, rojen 21. avgusta 1854. Žal je ohranjeni zapis zelo nečitljiv in celotnega zapisa ni mogoče prebrati. Smrekerjeve biografije navajajo materin dekliški priimek kot Schmidt in ime kot Josephine, kot njegovo drugo ime pa Maria in ne Ludwig. Prav tako je zanimivo dejstvo, da literatura, a tudi on sam, kot rojstni datum navajajo 19. avgust in ne 21. Avgust, kot je zapisano v dokumentu iz župnišča v Polzeli. Literatura navaja dva zapisa njegovega imena: Oscar in Oskar.

Njegov oče Franc Smreker je v Gradcu študiral pravo, kjer je tudi spoznal svojo bodočo ženo. Zanimivo je, da dostopna literatura med lastniki dvorca Smrekerjev ne navaja. Prva leta svojega življenja je Oskar Smreker preživel v podeželskem okolju. Gimnazijo je dokončal v Gradcu z maturo. Po opravljenih sprejemnih izpitih je bil oktobra 1870 sprejet v prvi letnik strojništva na Tehniški visoki šoli ETH v Zürichu, ki ga je z diplomskim izpitom opravil v zimskem semestru šolskega leta 1873/74.



Slika 2. Območje s spominsko tablo, kjer je nekoč stal dvorec Gorica pri Kaplji vasi

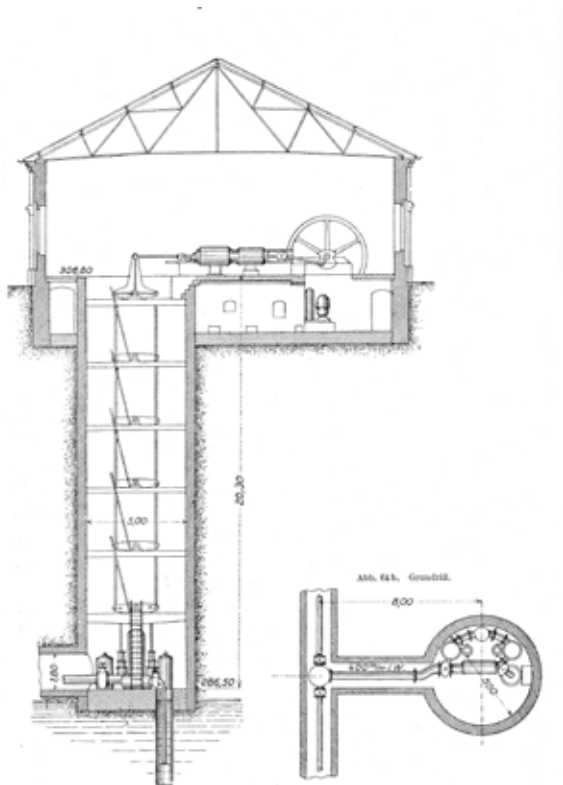
Aprila 1874 se je zaposlil na uradu Kraljeve pruske železniške direkcije v Saarbrücknu, kjer se je konec leta 1875 specializiral v graditvi železniških konstrukcij. Z delom je nadaljeval pri graditvi Moselske železnice. V začetku leta 1876 je zamenjal svoje delovno torišče, zaposlil se je kot projektant na področju oskrbe z vodo in kanalizacije pri gradbenem inženirju Grunerju v Regensburgu. Leta 1878 je ponovno zamenjal delodajalca, preselil se je v Bologno in se zaposlil kot višji inženir pri Società nazionale per gasometri ed aquedotti. V letih od 1880 do marca 1882 pa je bil zaposlen kot višji inženir pri podjetju J. Aird & Marc v Berlinu. S tem podjetjem je sodeloval pri graditvi vodovoda v Darmstadtu. Podjetje je zapustil zaradi velikih notranjih nasprotij med sodelavci in umika enega izmed lastnikov podjetja. V tem času je dobil naročilo za projektiranje vodovoda v Mannheimu, kar mu je omogočilo, da je julija 1882 odprl samostojno tehniško pisarno. Sprva je deloval v zelo skromnih razmerah, kmalu pa mu je uspelo pridobiti številne projekte, ki so omogočili razcvet njegove dejavnosti. Za dolgo vrsto let je Mannheim postal oporišče njegove poslovne dejavnosti, vse do let po prvi svetovni vojni, ko je zaradi težavnih povojnih razmer mesto zapustil. Leta 1897 je spoznal Dunajčanko Melanie Fuchs, operno pevko z umetniškim imenom Mella Fiora, ki je pela v Mannheimskem dvornem opernem gledališču. Po razpadu svojega prvega zakona se je leta 1902 poročila z Oskarjem Smrekerjem in se umaknila z odrskih desk. Kmalu po tem je Smreker svojo dejavnost še razširil. Leta 1903 je ustanovil podjetje Wasserwerks- und Kanalisationsbaute Oskar Smreker G.m.b.H. s sedežem v Mannheimu, nekaj več kot leto dni kasneje pa še podružnico podjetja v Berlinu, istočasno je začel tudi sodelovati s podjetjem Continentalen Wasserverkersgesellschaft v Berlinu. Leta 1909 je Smreker prevzel avstrijski konzulat v Mannheimu, leto dni kasneje pa je dobil še naziv generalnega konzula. Par se je preselil v vilo, sezidano v florentinskem slogu, v južnem delu mesta. Hiša je postala pomembno kulturno in družabno stičišče mestne noblesse, zakonca pa sta sodelovala pri številnih dobrodelnih in kulturnih dejavnostih. Po prvi svetovni vojni se je preselil v Lucern v Švici. Pridobil je švicarsko kot tudi jugoslovansko državljanstvo.

Na Dunaju je Smreker leta 1921 ustanovil podjetje Aktiengesellschaft für Montanbedarf, okrepil pa je tudi svoj položaj v podjetju Continentalen Wasserverkersgesellschaft, v katerem je kmalu postal glavni lastnik in v letih 1925 do 1930 tudi predsednik njegovega upravnega odbora. Navkljub visoki starosti je bil še vedno zelo aktiven. Veliko je potoval po Evropi in tudi na Bližnji vzhod. Kmalu po svojem 80. rojstnem dnevu se je preselil v Pariz, kjer je ustanovil podjetje, katerega namen je bil graditi vodovodno in kanalizacijsko omrežje v Maroku. Pozimi leta 1935 je zbolel za hudo gripo, ki ga je po 12 dneh tudi pokosila. Umrli je 19. februarja 1935 v Parizu. Skupaj s svojo ženo je pokopan v družinski grobnici v Reichenau v Spodnji Avstriji, kjer je imel svoje posestvo.



Slika 3. Naslovnica Smrekerjeve doktorske disertacije

Smreker je po vsej Evropi pa tudi v Turčiji in na Bližnjem vzhodu projektiral ali svetoval pri graditvi prek 100 vodovodov. Nekatere vodovode so njegova podjetja tudi gradila ali pa je pri njih sodeloval kot vodja nadzora. Prvi samostojni projekt vodovoda je izdelal za mesto Mannheim. Tukaj je vodil celoten projekt od začetka pa do konca, ko je bil objekt predan v uporabo. Sodeloval je tudi pri postavitvi vodnega stolpa, ki je še danes mestna znamenitost. Iz Mannheima je svojo dejavnost postopoma širil po celotni tedanji Nemčiji in tudi drugod, predvsem po nemškem govornem področju. Natančnega seznama vseh njegovih projektov ne poznamo. Na osnovi njegovih projektov so bili izdelani vodovodi v mestih: Mainz, Ludwigshafen, Rüdeshheim, Boppard Feudenheim, Käfertal, Pankow, Brandenburg, Worms, Berlin, Ostvorte in Magdeburg, zunaj Nemčije pa v današnjem Lvovu v Ukrajini in današnjem Kaliningradu v Rusiji, v Pragi in Ostrowu na Češkem, v Vilni in Rigi, v Trstu in Bologni, v Ljubljani in v Beogradu. Večina njegovih vodovodov temelji na izkoriščanju podzemne vode ali pa na kombinaciji podzemne in površinske vode. Nekateri med njimi so pomembni tehnični dosežki. V Beogradu je vodovod zasnoval tako, da je del filtrske konstrukcije speljal pod strugo reke Save. V Lvovu je zgradil za takratne čase zelo dolg cevovod. Tudi vodovod v Trstu, ki zajema nekatere izvire Timava, je nekaj posebnega.



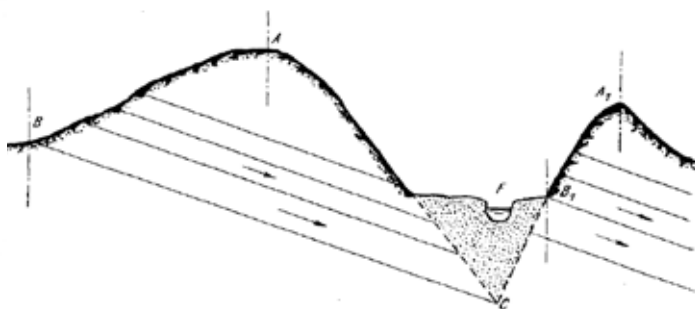
Slika 4. Skica enega izmed vodnjakov Ljubljanskega vodovoda iz Smrekerjeve knjige Oskrba mest z vodo

Hkrati z obsežnim projektantskim in načrtovalskim delom velja omeniti tudi njegov prispevek k razvoju tehnologije. Kot šolan strojnik je prijavil številne patente. Pregled pokaže, da so nekateri njegovi patentni še vedno veljavni (npr. za batne črpalke in betonske železniške pragove).

Poleg tega, da je bil Smreker rojen v okolici Celja, pa je njegovo delo pomembno tudi za oskrbo s pitno vodo na območju Ljubljane. Smreker je bil projektant vodovoda v Ljubljani. Poleg župana Ivana Hribarja, Dionizija Štura in Jana Vladimirja Hraskega ima Oskar Smreker zasluge za to, da ima Ljubljana še danes kvalitno pitno vodo. V Ljubljano je Smrekerja pripeljal takratni vodja vodovodnega odseka in kasnejši župan Hribar. Z današnje perspektive preseneča, da je projekt vodovoda temeljil na izrisu kart gladine podzemne vode in na bilančnih izračunih toka podzemne vode. Ali je Smreker sodeloval tudi pri graditvi drugih vodovodov v Sloveniji, ni znano. Sledi njegovega dela zasledimo le še pri graditvi vodovoda za Kranj, kjer se avtor knjižice z naslovom »Vodovod mesta Kranja in nekaterih vasij občin Predoslje, Šenčur in Voglje« pogosto sklicuje na njegove razlage.

Pomembno je tudi Smrekerjevo znanstveno raziskovalno delo. Čeprav so se nekatere njegove teorije o toku podzemne vode kasneje izkazale za napačne, velja za začetnika teorije nelinearnega toka vode skozi porozni medij. Do svojih spoznanj je prišel na

podlagi izkušenj pri graditvi in testiranju vodnjakov, kjer se v njihovi neposredni okolici ustvarijo nestacionarne razmere in turbulentni tok. V nekaterih delih, ki obravnavajo tok podzemne vode proti vodnjakom, avtorji enačbo, ki podaja odnos med gradientom gladine podzemne vode v okolici vodnjaka in pretokom podzemne vode, imenujejo tudi Smrekerjeva enačba.



Slika 5. Eden izmed hidrogeoloških profilov iz Smrekerjeve doktorske disertacije

Smreker je bil izredno plodovit pisec, ki je objavljajal v večini takratne strokovne literature s področja vodnega in komunalnega gospodarstva na nemškem govornem področju. V okviru svojega obsežnega projektantskega dela je o svojem delu poročal v periodiki, ki je danes pomemben vir za opis njegovega dela. Poleg številnih periodičnih objav je objavil tudi nekaj samostojnih del. Prvo knjigo z naslovom »Učbenik tehnične mehanike« je leta 1886 objavil skupaj s Lebrecht Hennebergom v Darmstadt. Naslednji dve samostojni objavi segata šele v leto 1914. Prva je njegov doktorat s področja tehniških znanosti, ki ga je zagovarjal na ETH v Zürichu. Delo z naslovom »Podzemna voda, njeno pojavljanje, gibanje in količine« (Das Grundwasser, seine Erscheinungsformen, Bewegungsgesetze und Mengenbestimmung) je objavil tudi kot samostojno knjigo. Istega leta je objavil tudi svoje monumentalno delo »Oskrba mest z vodo« (Die Wasserfersorgung der Städte), ki zbuja navdušenje še danes. Obsežna, kar 522 strani debela knjiga vsebuje poglavja o pomenu pitne vode, o pojavljanju vode v naravi, o teoriji toka vode v poroznem mediju, o teoriji toka vode v ceveh in kanalih, o projektiranju vodovoda in njegovi ekonomiki.



Slika 6. Naslovnica Smrekerjeve knjige Oskrba mest z vodo

Njegov doktorat je zanimiv tudi zaradi okoliščin, v katerih je nastal. Že bežen pregled dela pokaže, da je v sicer vsebinsko zaključenem delu zbral teorijo in dognanja, ki jih je že objavil v številnih člankih. Prav tako opazimo, da so v doktoratu objavljeni posamezni deli teksta, ki so skoraj identični nekaterim drugim objavam. Tako je doktorat predvsem nekakšen pregled njegovega dela. Tudi okolje in ljudje, ki so bili udeleženi pri njegovem doktoratu, so zelo zanimivi. Glavni poročevalec pri doktoratu je bil Gabriel Narutowicz (1865 – 1922), svetovno znani profesor hidrotehnike na ETH, kjer je poučeval v letih od 1908 do 1919. Bil je projektant številnih hidroelektrarn po Evropi, znan pa je tudi po svojem obsežnem poznavanju geologije. Po prvi svetovni vojni, ko se je Poljska osamosvojila in postala republika, je postal minister za javna dela in minister za zunanje zadeve ter nato prvi predsednik Poljske republike. Žal se je njegova politična kariera tragično končala, po enem tednu je umrl kot žrtev atentata. Soporčevalec je bil Hans Schardt (1858 – 1931), prav tako profesor na ETH. Po svoji osnovni izobrazbi je bil geolog, ki se je ukvarjal s hidrogeologijo in inženirsko geologijo. Smrekerjeve zadnje objave segajo v leto 1919, v čas, ko se umakne iz Mannheima.

Čeprav Smreker ni bil nikoli imenovan za profesorja in je deloval predvsem kot praktik, je občasno tudi predaval. Kraljevi urad za preiskovanje in preizkušanje oskrbe z vodo in odvodnjavanje odplak v Berlinu ga je imenoval za svojega znanstvenega sodelavca. V okviru Inštituta za higieno vode, ki je deloval v okviru Pruskega ministrstva za javna dela in notranje zadeve, pa je od leta 1904 do 1914 vsako leto vodil tečaje s področja oskrbe s pitno vodo, kanalizacije in odvodnjevanja. Ti tečaji so bili namenjeni višjim tehničnim uradnikom ministrstva.

Slovenija je bogata s številnimi viri pitne vode, ki zajemajo podzemno vodo. Nekatera zajetja so zelo stara. Njihov razvoj in načrtovanje segata v devetnajsto stoletje, v čas, ko se je v Evropi pričela sanitarna revolucija. Tak primer je tudi vodovod v Ljubljani in njegovo najstarejše črpališče v Klečah. Glavni projektant tega vodovoda Oskar Smreker je bil v svojem času eden najbolj znanih načrtovalcev in graditeljev vodovodov v Evropi in pomemben raziskovalec podzemne vode. Čeprav je večji del svoje kariere preživel v državah nemškega govornega območja, je bil povezan tudi s svojo rojstno domovino. Njegovo delo je danes skorajda neznano, slovenska stroka o njem ne ve veliko, čeprav se njegovo ime in nekatera njegova dognanja ter teorije v svetovni literaturi pojavljajo še danes, več kot sto let po prvih objavah. Smrekerjevo delo nas napeljuje na misel, da je bil na prehodu iz devetnajstega v dvajseto stoletje slovenski prostor prek njega v stiku z aktualnim razvojem hidrologije in hidrotehničnega projektiranja.

Opomba

Bralcu, ki bi se boljše želel seznaniti z znanstvenim in strokovnim delom Oskarja Smrekerja in nekaterimi referencami o njegovem življenju in delu, v branje priporočamo članek Brenčič, M., 2008: Zgodovina hidrogeologije – Kratek oris življenja in dela Oskarja Smrekerja. Geologija 51/2, 141-146.

POROČILO O POSLEDICAH VISOKIH VODA DNE 5.9.2009 V POVODJIH SAVE DOLINKE NAD JESENICAMI, BELCE V BOHINJSKI BISTRICI IN TRŽIŠKE BISTRICE NAD TRŽIČEM

Jure BOGATAJ, Pavel DEBELJAK, Aleš KLABUS, Dora RUDOF, Urška PETJE
VGP Kranj d.o.o.

1. UVOD

Dne 5.9.2009 so dele Gorenjske zajele zelo močne padavine, katerih posledice so bile dokaj izjemne visoke vode. Podatki (povzeti iz poročila Državne meteorološke službe ARSO z dne 8.9.2009) kažejo, da so bile padavine ponekod zares izjemne. Največ jih je padlo v Julijskih Alpah in deloma Karavankah. V Kranjski Gori je bil izmerjen nov padavinski rekord, in sicer 207 mm v 24 urah (> 100-letne padavine), prav tako v Ratečah, 180 mm (100-letne padavine), v Jelendolu pa so bile izmerjene 25-letne padavine (138 mm). Vode so bile izjemno visoke predvsem v glavni strugi Save Dolinke do Jesenic ter v strugah v povodju Pišnice. V povodnjih Tržiške Bistrice in Belce v Bohinju so bile visoke vode izjemnejše le v nekaterih hudourniških pritokih.

Izvajalci javne službe gorenjskega vodnogospodarskega območja (VGP Kranj d.d.) smo v dneh po visokih vodah od 7. do 9. septembra napravili popis stanja in poškodb ter ocenili škodo na vodotokih in objektih vodnogospodarske infrastrukture. Najbolj poškodovani oz. kritični odseki vodotokov so opisani v nadaljevanju, podana je tudi groba ocena škode. Upoštewane so nove poškodbe in povečanje starih poškodb, ki so jih povzročile pretekle visoke vode in ki zaradi pomanjkanja sredstev (še) niso bile sanirane.

2. POVODJE SAVE DOLINKE

Izjemne padavine so zajele del Julijskih Alp od doline Vrat prek Martuljske skupine, doline Pišnice in Vršiča do Tamarja. Na karavanški strani je bilo padavin precej manj. Visoke vode za prizadele predvsem glavno strugo Save Dolinke ter njenih desnih pritokov. Glavna škoda je nastala zaradi izredno obilnih plavin, ki so jih prinesli pritoki Nadiža, Pišnica, Tofov graben, Martuljek, Beli potok in še nekaj manjših. Nanosi so povzročili zatrpavanje strug, mašenje prepustov, dvig dna in širitev prodišč ter meandriranje visoke vode po njih.

V celotnem povodju je ocenjena škoda na vodotokih in vodni infrastrukturi preseгла 4.500.000 €.



Območje Save Dolinke

SAVA DOLINKA - glavna struga od Martuljka do izliva Pišnice:

Na celotnem odseku je zaradi obilnega dotoka plavin prišlo do zasipavanja pretočnega profila in dviga dna oz. nivelete struge ter širjenja prodišč. Visoka voda je zato meandrirala po prodiščih ter predvsem v konkah močno bočno erodirala. Nastalo je več obsežnih zajed, zabeleženi pa so bili tudi daljši odseki srednje do močno erodiranih brežin (poškodovana obrežna vegetacija, podrto drevje, zajede). Kritični sta zlasti dve zajedi, kjer je razgalilo kanalizacijsko cev (v Logu in v Martuljku). Kritično poškodovan je most za pešce v Martuljku. Nastalo je nekaj manjših poškodb na obstoječih vodnogospodarskih objektih (poškodbe jezbic, zavarovanj in podslapij pragov).

Ocena škode: 600.000 €



Sava Dolinka – močno poškodovan most za pešce v Gozd Martuljku



Sava Dolinka - velika zajeda (razgaljena kanalizacijska cev) v Gozd Martuljku

SAVA DOLINKA - glavna struga od Martuljka do prodnega zadrževalnika Hrušica:

Tudi na tem odseku je zaradi obilnega dotoka plavin prišlo do zasipavanja pretočnega profila ter širjenja prodišča, napredovanja bočne erozije že poškodovanih brežin, nastalo pa je tudi več novih zajed in poškodb na vodni infrastrukturi. Najbolj kritičen je odsek gorvodno od sotočja z Bistrico do mostu v Mojstrani, kjer je visoka voda ekstremno bočno erodirala, tako da je nastala velika levoobrežna zajeda na dolžini cca 120 m in s širino do 20 m. Odnoslo je cesto, kritično ogrožen je bil stanovanjski objekt, ki pa je bil že v času visoke vode intervencijsko zaščiteno s skalometom. Kritičen je tudi odsek dolvodno od mostnega opornika v Gozd Martuljku - močno erodirana leva brežina, odneseno obrežno zavarovanje, povsem odneslo je dostopno pot do objekta in travnika. Zaradi ekstremnega dotoka plavin je prodni zadrževalnik na Hrušici popolnoma zapolnjen in ob morebitnem dotoku novih plavin obstaja nevarnost zaprojevanja struge skozi Jesenice. Nastalo je tudi nekaj manjših poškodb na obstoječih vodnogospodarskih objektih (poškodbe jezbic, zavarovanj in pragov).

Ocena škode: 500.000 €



Sava Dolinka – bočna erozija desne brežine in odlaganje plavin dolvodno od izliva Belega potoka



Sava Dolinka – levoobrežna zajeda in odnesena pot dolvodno od mostnega opornika v Gozd Martuljku

TREBIŽA in pritoki pri smučišču Rateče:

Zaradi obilnega dotoka plavin je prišlo do zasipavanja struge dolvodno od nove regulacije pod pokopališčem v Ratečah in pod prepustom reg. ceste do izliva na Ledinah. Precejšnje količine naplavin so odložene tudi na izlivnih delih hudournikov pod smučiščem Rateče - na območju žičnice (tudi poškodovana oz. erodirana pot), zasut je del dovozne poti proti smučišču. Več poškodb je nastalo tudi v zaledju omenjenih pritokov (močno erodirane gozdne vlake in cesta, poškodovano prečkanje itd.).

Ocena škode: 80.000 €

NADIŽA:

V zalednih pritokih Nadiže je prišlo do intenzivnega sproščanja plavin, ki so jih visoke vode odlagale na vršajih. Cesta v Tamar je na številnih odsekih zasuta ali pa erodirana, prav tako so močno erodirane gozdne vlake, poti in trasa smučarske tekaške proge. Pretežni del plavin, ki so jih prinesli Nadiža, Ciprnik in Beli potok, je zaustavila velika zaplavna pregrada gorvodno od skakalnic v Planici (katere zaplavni prostor je bil prej prazen), zato so regulirani odseki pod skakalnicami solidno funkcionirali brez hujših poškodb. Na Ciprniku so se povečale poškodbe usmerjevalnega objekta na vrhu vršaja, na Belem potoku je zasulo in poškodovalo dovozno pot. Dolvodno od prepusta gl. ceste na začetku Planiškega športnega centra so se močno povečale stare poškodbe (zajede, spodkopani prepusti itd.). Poln je tudi zaplavec pregrade pri kolesarski cesti, na odseku gorvodno so se povečale zajede (pospešeno širjenje prodišča). Poškodbe so nastale tudi na hudourniku pri Domu v Planici (uničeno prečkanje gozdne poti, erodirana leva brežina, zasut travnik).

Ocena škode: 200.000 €

Pritoki Zelencev:

Gre za štiri desne pritoke Zelencev med podkorenski smučišči, ki so vsi prinesli plavine, zamašili poddimenzionirane prepuste ter preplavili kolesarsko cesto. Prepust na Joškovem grabnu je tudi poškodovan, v njegovem zaledju pa so se povečale stare poškodbe sistema ustalitenih pragov (ekstremna bočna in glo-

binska erozija ter sproščanje plavin).
Ocena škode: 150.000 €

KLEMUCOV GRABEN:

V zaledju se je sprostilo veliko plavin, ki jih je večinoma zaustavila zaplavna pregrada na izteku grape (poln zaplavni prostor), del jih je odneslo naprej in so zastale v strugi nad kolesarsko cesto in v prepustu.
Ocena škode: 15.000 €

SUHELJ:

Nadaljevalo se je premeščanje obilnih plavin iz zaledja, tako da so zaplavni prostori vseh 4 spodnjih pregrad spet čisto polni, povečale pa so se tudi poškodbe pregrad in podslapij.
Ocena škode: 150.000 €

RUTIČ in sosednji mali pritoki:

Na Rutiču so plavine ponovno zasule zaplavni objekt nad reg. cesto, prav tako prepust (ki je tudi poškodovan). Erozija v zaledju se je še intenzivirala. Poškodbe so nastale tudi na dveh sosednjih desnih pritokih Save. Na manjšem je zasuta kolesarska cesta, poškodovan iztok prepusta, poškodovana drča med vtokom v prepust in uničenim prehodom opuščene gozdne poti ter razgaljena elektro-kabelska kanalizacija. Na večjem je zatrpan manjši zaplavni objekt, tako da so plavine zamašile prepust in zasule kolesarsko stezo, voda je tekla ob glavni cesti proti bencinski črpalki, zasut je tudi iztočni del struge dolvodno od iztoka prepusta. Ocena škode: 80.000 €

KRIŽNICA:

Plavine so zasule zaplavni objekt med reg. in kolesarsko cesto ter prepust pod kolesarsko cesto vse do uvajalnega praga. Kolesarska cesta je bila preplavljena.
Ocena škode: 20.000 €

PIŠNICA:

Glede na posledice na terenu so (verjetno) najintenzivnejše padavine in zatem tudi visoke vode zajele zlasti povodje Pišnice, predvsem njen vzhodni del. V zaledjih pritokov izpod Špika ter v zaledju doline Krnica se je sprostilo izjemno veliko plavin, prišlo je do intenzivnega premeščanja nanosov ter odlaganja na vseh prodiščih oz. razširitvah od spodnjega dela Krnice, v Klinu, pri Kačjem grabnu, pri Ruševem grabnu, na sotočju z malo Pišnico v Jasni in pri hotelu Lek – vsa prodišča in zaplavni prostori so povsem polni, na sipinah je tudi veliko naplavljenega drevja. Zasuto je bilo zajetje HE Jasna (voda je tekla čez cesto). Zelo veliko plavin je prinesla tudi Mala Pišnica. Zaradi dviga sipin (tudi prek 3.0 m) je voda širše in močnejše meandriral ter v konkavah erodiral brežine (zajede, podrto drevje). Na odseku od mostu pod Eriko do Klina so nastale zelo velike in globoke zajede (tudi usadi) v obe brežini, na 12 odsekih je odneslo in/ali zasulo gozdno cesto. Ponovno je razgalilo krilo zaplavne

pregrade pod Ruševim grabnom. Vsi pritoki izpod Špika so zasuli in razdejali vršaje, na več odsekih je prišlo do obsežnih preusmeritev struge na vršajih itd. Skoraj popolnoma je zasuta desnoobrežna lesena kašta pri Kačjem grabnu, kar pomeni, da je na tem prodišču debelina nastalih nanosov 1.5 do 3 m. V zaledju Pišnice pod Vrščem so se povečale stare poškodbe sistemov pregrad pri Erjavčevi koči in pod Rusko kapelico. Pritok izpod Vratc nad Vrščem je zasul in preplaval reg. cesto, prav tako pritok pri Ruski kapelici.

Dolvodno od Jasne je regulacija Pišnice zadovoljivo funkcionirala, poškodovanih je le nekaj jezbic ter pešpot nasproti hotela Lek. Urejena struga dolvodno od pregrade pri hotelu Lek do mostu bivše železnice je nepoškodovana. Izredno močno pa so napredovale poškodbe neurejene struge na odseku skozi golfišče, kjer se je nadaljevalo poglobljanje dna ter zajedanje v obe brežini. Neprekinjene zajede se nadaljujejo vse do izliva v Savo.

Ocena škode: 2.000.000 €



Pišnica – orjaška zajeda oz. usad, odnesena cesta v Krnico

GRABEN NA PRUHU:

Visoka voda je iz zaledja prinesla ogromno plavin in jih odložila v zaplavku zaplavne pregrade, dolvodno pa je razbremenjena voda zato močnejše erodirala daljši neurejen odsek (spodkopana pregrada, zajede, podrto drevje itd.). Urejen odsek struge ob novih

apartmajskih hišah je zadovoljivo funkcioniral, drobnejše plavine pa so zamašile prepust in zasule del struge, voda je tekla čez reg. cesto.

Ocena škode: 120.000 €

TARMANOV GRABEN:

Visoka voda je iz zaledja prinesla veliko plavin in jih odložila v zaplavku zaplavne pregrade, dolvodno pa je na nekaj odsekih močneje erodirala (zajede) ter poplavlila gozdno cesto in travnike.

Ocena škode: 60.000 €

TOFOV GRABEN:

Visoka voda je iz zaledja prinesla zelo veliko plavin in jih odložila v zaplavku zaplavne pregrade, dolvodno pa je razbremenjena voda ekstremno erodirala daljši neurejeni odsek (močno poglobljena struga, erodirane brežine, velike zajede, podrto drevje itd.). Spodnji zaplavni odseki struge so popolnoma zasuti, zato je voda prebila levoobrežni nasip ter zasula in poplavlila travnik. Dva prepusta sta zamašena.

Ocena škode: 200.000 €

MARTULJEK:

Visoka voda je iz zaledja prinesla zelo veliko plavin, jih deloma odložila v zaplavkih dveh zaplavnih pregrad ter na obsežnih prodiščih izlivnega odseka, velik del plavin je odplavilo v recipient. Prodišča izlivnega odseka se stalno dvigajo in širijo (zajede, podrto drevje), prehodi dveh gozdnih poti so odplavljeni. V zaledni grapi je na več mestih poškodovana ali ogrožena pešpot.

Ocena škode: 150.000 €

BELI GRABEN:

Hudournik je zasul vršajni odsek (aktiviranje zgornjega dela vršaja) ter reg. cesto. Prepust je popolnoma neustrezen.

Ocena škode: 100.000 €

BISTRICA s pritoki:

Regulacija Bistrice skozi Mojstrano je zadovoljivo funkcionirala, povečale pa so se poškodbe na izlivu v Savo in na odseku gorvodno od naselja (tudi nove zajede). Intenzivni erozijski procesi so potekali v zaledju, predvsem širjenje obstoječih prodišč in napredovanje zajedanja v brežine. Levi pritok Črlovec je povzročil veliko razdejanje, zasulo je gozd na vršaju in cesto v Vrata, ki je tudi poškodovana. Poškodovan je tudi odsek Bistrice pri helioportu pod Aljaževim domom.

Ocena škode: 100.000 €

3. POVODJE BELCE V BOHINJSKI BISTRICI

Na bohinjskem koncu so dokaj močne padavine zajele del spodnjih bohinjskih gora od Črne prsti prek Koble do Jelovice. Glavnina škod na vodotokih je nastala zaradi zasipavanja nanosov in posledičnih preplavitev ter erodiranja. Najbolj prizadeto je bilo povodje Belce v

Boh. Bistrici, nekaj škode pa je nastalo tudi zaradi plavin, ki so jih prinesli hudourniki v Soteski izpod Jelovice in ki so zasule reg. cesto.

V povodju Save Bohinjke oz. predvsem v povodju Belce je bila škoda na vodotokih in vodni infrastrukturi ocenjena na 150.000 €.



Območje Belce v Bohinjski Bistrici

BELCA – glavna struga:

Zaradi obilnega dotoka plavin je tu in tam prišlo do zasipavanja pretočnega profila in dviga dna oz. nivelete struge ter širjenja prodišč. Nastalo je nekaj sipin, ki jih bo na nekaj odsekih treba odstraniti.

Ocena škode: 15.000 €



Zastajanje nanosov v strugi Belce skozi Bohinjsko Bistrico

BUTANICA - desni pritok Belce pri Lipu v Bohinjski Bistrici:

Visoke vode so poškodovale odsek Butanice od prepusta pod cesto Bohinjska Bistrica – Sorica do ustalitveno zaplavne pregrade. Pregrada ima poškodovano podslapje, njen zaplavni prostor ter struga gorvodno sta zasuta z nanosi, leva konkavna brežina je močno erodirana. Poškodovan je tudi iztočni del levega pritoka Butanice (poškodovana stara kineta, deloma zamašen prepust), v letu 2008 zgrajena ureditev struge prek vršaja pa se je izkazala za zelo učinkovito, pregrada je zadržala obilne plavine (70 % zapolnjenost), ki bi sicer

zasule več objektov in cesto.
Ocena škode: 80.000 €

LEVI PRITOK BELCE:

Največ težav je povzročil manjši desni pritok levega pritoka Belce, ki je s plavinami zatrpal strugo (vzrok je neustrezen prepust), tako da je voda preplavila okoličeno, ogroženo je bilo več hiš. Nastalo je tudi nekaj poškodb na obstoječih vodnogospodarskih objektih (poškodovana kineta).
Ocena škode: 50.000 €

4. POVODJE TRŽIŠKE BISTRICE IN MOŠENIKA

Na Trziškem so močne padavine zajele predvsem pobočja Karavank od Zelenice do Košute. Glavnina škode je nastala zaradi izredno obilnih plavin, ki so jih prinesli Zeleniški potok ter njegovi pritoki izpod grebena nad Ljubeljem. Na glavnih strugah Mošenika in Tržiške Bistrice večjih poškodb sicer ni bilo, kljub zelo povečani višini vode. Nekaj poškodb je nastalo tudi v zaledju Tržiške Bistrice nad Jelendolom (nastanek novih in povečanje obstoječih zajed). Obilne plavine iz zaledja so se odlagale v spodnjem toku Tržiške Bistrice dolvodno od Tržiča.

V povodju Tržiške Bistrice je bila škoda na vodotokih in vodni infrastrukturi ocenjena na 450.000 €.



Povodje Mošenika in zaledja Tržiške Bistrice

LEVI PRITOK ZELENISKEGA POTOKA V KM 1,40:

Plavine so zasule zaplavec pregrade, voda je obšla njeno desno krilo ter s plavinami zasula smučišče. Odnoslo je tudi spodnji del kinete oz. mulde prek smučišča.

Ocena škode cca 80.000 €.

LEVI PRITOK ZELENISKEGA POTOKA V KM 0,85:

Visoka voda je s plavinami zapolnila prepust pod staro cesto na Ljubelj, tako da je voda tekla po cesti in s seboj nosila material ter ga odložila na asfaltnih površinah mejnega prehoda Ljubelj. Dolvodno od prepusta je vodno zajetje, pod katerim je popolnoma



Slika 1: Zapolnjen zaplavec pregrade



Slika 2: Poln zaplavni prostor pregrade

uničena stara kašna pregrada, ki zato skoraj ni več funkcionalna. Tik nad mejnim platojem je pregrada, katere zaplavec je poln, zato je voda plavine odnašala dolvodno. Nad zaplaskom je poškodovana grabljasta pregrada. Ocena škode cca 90.000 €.

ZELENISKI POTOK – glavna struga:

Visoka voda je s plavinami zapolnila most stare ceste pod mejnim platojem, nad mostom pa je zasulo podslapje pregrade prek njenega preliva. Delno poškodovana je tudi dolvodna pregrada, prav tako njeno podslapje. Močna erozija v glavni strugi je očitno prešla v napredujočo fazo na celotnem odseku dolvodno od zgoraj opisanih pregrad, prav tako je v strugi obilo nanosov. Ocena škode cca 50.000 €.

PRITOK ZELENISKEGA POTOKA V KM 0,28:

Visoka voda je iz zaledja prinesla zelo veliko plavin, tako da je zaplavni prostor ustalitevno zaplavne pregrade popolnoma poln. Material je zato nosilo dolvodno po kineti, odložilo pa ga je pri prepustu, posledica je bila zamašen prepust ter preplavljena cesta. Ocena škode 80.000 €.

KOFARJEVEC:

Zelo so napredovale stare poškodbe sistema 13 ustalitenih pragov ob zadnji serpentin regionalne ceste,

tako da so nekateri že v kritičnem stanju. Že prej skoraj poln zaplavek velike zaplavne pregrade na vrhu vršaja je povsem poln, tako da plavine že nosi dolvodno, obstaja nevarnost, da bo naslednja višja voda obšla preliv. Poškodovano in spodkopano je tudi podslapje pregrade, struga prek vršaja je močno erodirana in/ali zasuta. Obilne plavine negativno vplivajo na vodni režim recipienta Mošenika. Tudi dovozna cesta do pregrade je močno erodirana.

Ocena škode: 150.000 €

TRŽIŠKA BISTRICA – glavna struga:

Obilne plavine iz zaledja so na številnih lokacijah glavne struge zastale, tako da je zmanjšan pretočni profil. Na nekaj odsekih je voda poglobila dno struge - predvsem na odsekih, kjer so zadnje mesece opravljali sanacijska dela in je bilo dno struge razrahljano zaradi opravljenih izkopov in nato zasipov. Vodna infrastruktura še ni ogrožena.

PROBLEMATIKA NIZKIH PRETOKOV KAMNIŠKE BISTRICE MED KAMNIKOM IN DOMŽALAMI

Jure BOGATAJ, dr. Mitja BRILLY

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Še posebno pereč problem je odsek struge Kamniške Bistrice med jezo v Volčjem Potoku in sotočjem z Račo pri Domžalah. Na tem odseku sta bila opravljena dva odvzema vode za mlinščici (Radomeljska in Homška mlinščica), ki levo- in desnoobrežno alocirata vodo iz glavne struge. Poleg obeh odvzemov pa na tem delu voda zateka v podtalje in tako bogati podtalnico. Glede na to, da dolvodno od obeh zajemov ob nizki višini vode tečejo zelo majhne količine vode, delež, ki pronica v podtalnico, ni zanemarljiv. Za ugotovitev glavnih vzrokov za nizke pretoke Kamniške Bistrice na odseku med Kamnikom in Domžalami je bilo treba analizirati količine odvzemov obeh največjih mlinščic (Radomeljske in Homške) in količino vode, ki se na tem odseku infiltrira v podtalnico.



Slika 1: Trasa struge Kamniške Bistrice in obravnavani odsek struge med Kamnikom in Domžalami (označeno rdeče) (vir: Atlas okolja)

SISTEMA RADOMELJSKE IN HOMŠKE MLINŠČICE

Zajem za Radomeljsko mlinščico je bil opravljen na dvostopenjskem jezu Volčji Potok, ki je lociran na glavni strugi Kamniške Bistrice, med naseljema Volčji Potok in Šmarca. Voda teče v mlinščico prek dveh vzporednih lesenih zapornic ob levi brežini. Večina se uporablja le leva zapornica, ki že sama zadostno napolni mlinščico.

V Homško mlinščico se steka voda iz zajema na jezu Homec, tik pod Homškim hribom pri naselju Hudo. Za odvzem vode je bila ob desni brežini postavljena večja lesena tablasta zapornica z ročnim mehanizmom za njeno odpiranje in zapiranje.



Slika 2: Radomeljski jezu z levoobrežnim odvzemom v času nizke višine vode (foto: Bogataj, 28. 8. 2009)



Slika 3: Preliv Homškega jezu z zapornico za talni izpus na sredini v času nizke višine vode dne 21. 8. 2009, (levo) in zapornica, ki regulira količino odvzete vode za mlinščico (desno) (foto: Bogataj, 2009)

Iz Radomeljske mlinščice se na poti do izliva odcepita dva razbremenilna kanala visokih voda, prvi pred naseljem Hudo in drugi pred vtokom v pokriti kanal nad papirnico v Količevem. Mlinščica se izliva v reko Račo dolvodno od naselja Podrečje.

Homška mlinščica ima zgolj en razbremenilni kanal, in sicer gorvodno od križanja z razbremenilnim kanalom Pšate (slika 4).



Slika 4: Razbremenilni kanal Pšate na mestu prečkanja struge Homške mlinščice (foto: Bogataj, 13. 6. 2009)

Nadzor nad rabo vode ima Ministrstvo za okolje in prostor (MOP) ali Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) s podeljevanjem koncesij (na primer za male hidroelektrarne) in vodnih dovoljenj (na primer za odvzem tehnološke vode). V vodnem dovoljenju oziroma koncesiji je določena tudi največja dovoljena količina odvzema. Na Radomeljski mlinščici imajo največji dovoljeni odvzem vode lastniki malih hidroelektrarn. Ker je poraba tehnološke vode zanemarljivo majhna proti dovoljeni količini odvzema za elektrarne in ker se voda na elektrarni ne porabi, temveč v celoti odteče do dolvodnega uporabnika, je največji dovoljeni odvzem Radomeljske mlinščice 1,8 m³/s.

Podobna situacija kot na Radomeljski je tudi na Homški mlinščici, kjer pa je že na odvzemu mlinščice podeljena koncesija za rabo vode podjetju Avto-phone d.o.o., ki ima omejen odvzem na 1,3 m³/s.



Slika 5: Potek obeh mlinščic ter prikaz lokacij, kjer so bila podeljena vodna dovoljenja in koncesije za zajem vode na obeh mlinščicah

PROBLEMATIKA ODVZEMOV OBEH MLINŠČIC

Kot opisano pod prejšnjo točko, imata mlinščici dovoljenje za maksimalni odvzem 1,8 oziroma 1,3 m³/s, skupno torej 3,1 m³/s vode. Na vodomerni postaji Kamnik I je v povprečnem letu kar 180 dni s pretokom prek 5,9 m³/s. Torej kljub polnemu odvzemu obeh mlinščic v strugi večino leta ostaja vsaj prek 2,8 m³/s pretoka, kar je zadovoljivo.

Problem nastane, ko pretoki Kamniške Bistrice padejo. V sušnih mesecih, kot so januar in februar ter avgust in september, lahko pretoki Kamniške Bistrice skozi Kamnik padejo tudi pod 2 m³/s. V povprečnem letu se to dogaja kar 20 dni v letu. V sedanjí situaciji so problematični že pretoki, nižji od 3 m³/s. Z zapornicami namreč manevrirata lastnika malih hidroelektrarn. Njun cilj je zgolj čim večji odvzem, torej večja ekonomska korist s pridobljeno večjo količino električne energije. Posebej kritičen je odvzem za Radomeljsko mlinščico na jezu Volčji Potok. Tu so zapornice redko priprte in količina odvzete vode le občasno pade pod 1,2 m³/s. Običajno je v sušnem obdobju odvzem med 1,3 in 1,6 m³/s. Torej že na tem odvzemnem mestu pri pretokih Kamniške Bistrice pod 3 m³/s odvzeta količina vode presega količino preostale vode v strugi. Kot dokaz o razsipnem odvzemanju vode sta tudi dva razbremenilna kanala Radomeljske mlinščice, po katerih teče voda tudi v zelo sušnem obdobju (kot na primer dne 28. avgusta 2009). Zaradi visokih temperatur in izsušenosti terena večji del te vode ponikne, še preden priteče v glavno strugo.

Na že tako oslavljenem pretoku pa je bil pri Homcu napravljen še drugi odvzem vode. Tu so upravljavci zapornic prisiljeni upoštevati preostali pretok v strugi. Ob nizkih pretokih je preliv Homškega jezu povsem

suh, celotna količina preostale vode pa teče v glavno strugo prek sredinsko nameščene lesene zapornice, za katero skrbi isti upravljavec kot za zapornice na mlinščici. Količina odvzete vode za Homško mlinščico se ob nizki višini vode giblje med 0,4 in 0,8 m³/s. Tudi tu ni količina odvzete vode strogo odvisna od pretokov v strugi Kamniške Bistrice. Torej po drugem odvzemu na jezu Homec ob nizkih pretokih v strugi ostaja velikokrat manj kot 1 m³/s vode, večjih pritokov pa do sotočja z Račo ni. V glavno strugo se na tem odseku v sušnem obdobju izlivajo dva razbremenilnika Radomeljske mlinščice, iztok iz tovarne kartona v Količevem (z nekaj litri na sekundo) in voda iz razbremenilnega kanala Pšate. Vsi ti pritoki pa imajo zanemarljiv pretok, ki se hitro porazgubi v tako široki strugi, kakršna je struga Kamniške Bistrice. Poleg obeh odvzemov nizke pretoke Kamniške Bistrice zmanjšuje še pronicanje v podtalnico. Tudi to pronicanje vode v podtalje ima pomembno vlogo pri zmanjšanju že tako majhnih pretokov, zato popolne presušitve struge, kot so bile zabeležene v dneh 28. septembra ter 10. in 25. oktobra 2008, niso le ekstremi, ampak vse pogostejši pojav.



Slika 6: Struga Kamniške Bistrice pri merilni postaji Kamnik (levo) in struga Kamniške Bistrice po obeh odvzemih nad sotočjem z Račo (desno) v času nizke višine vode (foto: Bogataj, 28. 8. 2009)

PRIMERJAVA GLADIN PODTALNICE IN KAMNIŠKE BISTRICE

Z vzporedno primerjavo gladin Kamniške Bistrice in podtalnice in območju merilnih mest je bilo ugotovljeno, da na problematičnem odseku, torej med jezo Volčji Potok in sotočjem Kamniške Bistrice z Račo, gladine podtalnice v nobenem primeru ne dosežajo nivoja dna struge. V primerjavo so bile vključene največje, najmanjše in povprečne izmerjene gladine podtalnice od leta 1990 naprej. Šele pod Domžalami se podtalnica ob visokih nivojih gladine prične približevati nivoju dna struge in jo dolvodno najverjetneje začne tudi napajati.

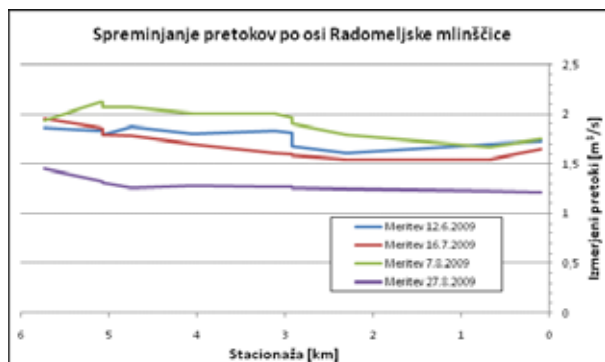
MERITVE PRETOKOV

Za natančnejšo analizo nizkih pretokov oziroma vodno bilanco v strugi Kamniške Bistrice obstoječa stalna mreža merjenja pretokov ne zadostuje, zato je bilo treba opraviti dodatne meritve. Pretoki so bili merjeni z Dopplerjevim profilnim merilcem pretočnih hitrosti. Ker so bile vse meritve opravljene le v krajšem časovnem obdobju leta 2009 (junij, julij in avgust), tudi ti podatki ne prikazujejo popolne slike, vendar se z rezultati teh meritev vendarle lahko ustvari pregled dogajanja in problematike.

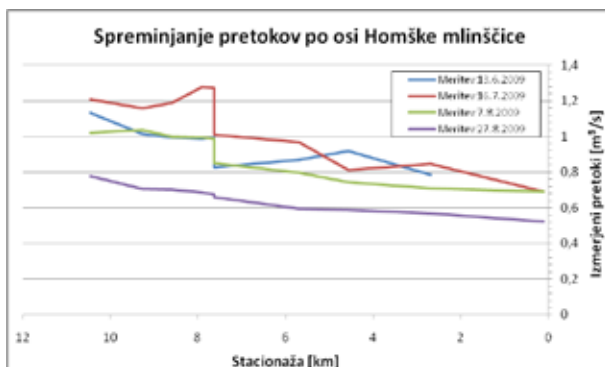
Opravljenih je bilo več meritev pretokov Kamniške Bistrice in mlinščic (Radomeljske in Homške) na odseku med Kamnikom in Domžalami, in sicer na vseh večjih vtokih oziroma iztokih (lokalna sprememba pretoka na slikah 7, 8 in 9) ter na vmesnih lokacijah. Tako smo dobili pregledno bilanco pretokov in razlik v pretokih na posameznem odseku glavne struge in obeh mlinščic.



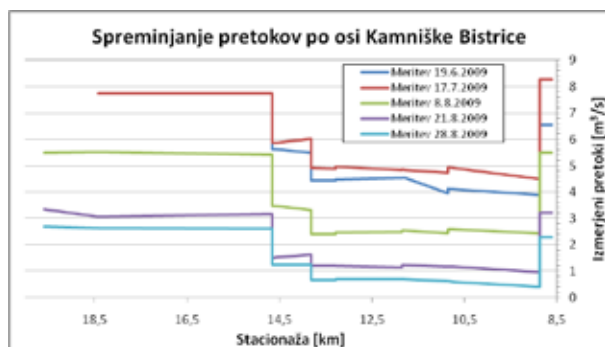
Slika 7: Meritev pretokov na Kamniški Bistrici (foto: Lunka, 6. 2009)



Slika 8: Spreminjanje merjenih pretokov po osi struge Radomeljske mlinščice



Slika 9: Spreminjanje merjenih pretokov po osi struge Homške mlinščice



Slika 10: Spreminjanje merjenih pretokov po osi struge Kamniške Bistrice

Na Sliki 10 je prikazano spreminjanje pretokov vzdolž osi Kamniške Bistrice od avtomatske merilne postaje Kamnik I do sotočja z Račo. Najvišji pretoki so bili izmerjeni med meritvami dne 17. julija, najnižji pa 28. avgusta. Pri vseh meritvah se, razen lokalnih anomalij, pojavljajo enaki trendi. Glede na intenziteto infiltracije bi lahko merjeni odsek razdelili na tri pododseke. Na prvem pododseku, od merilne postaje v Kamniku do jezua Volčji Potok, je infiltracija zanemarljivo majhna. Na drugem, od jezua Volčji Potok do pritoka razbremenilnika Radomeljske mlinščice pri tovarni kartona v Količevem, je zaznati rahlo infiltracijo. Lokalne anomalije na tem odseku najverjetneje pomenijo manipuliranje z zapornicami na enem ali drugem jezua v času meritev. Na tretjem pododseku, od tovarne kartona oziroma železniškega mostu do sotočja z Račo, pa je pri vseh meritvah opaziti veliko znižanje pretokov, kar pomeni, da se na tem delu izgublja največje količine vode.

Na obeh mlinščicah so izmerjene izgube precej konstantne z izjemo prvega kilometra struge Radomeljske mlinščice, kjer so izgube nekoliko večje.

MERITVE INFILTRACIJE

Tudi meritve infiltracije z minidisk infiltrimetrom so pokazale visok koeficient filtracije na tem območju. Povprečni koeficient filtracije na območju med Homškim jezom in sotočjem Kamniške Bistrice z Račo je v strugi Kamniške Bistrice znašal kar $1,8 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

ZAKLJUČEK

Na podlagi opravljenih meritev lahko sklepamo na naslednje ugotovitve:

Glavni problem nizkih pretokov je predvsem velik in precej konstanten odvzem Radomeljske mlinščice, ki velikokrat odvzema večji del vode iz glavne struge. Skupno tako obe mlinščici ob nizkih višinah vode Kamniške Bistrice odvzemata tudi prek 80 % vode iz glavne struge.

Ključne izgube pretoka na glavni strugi so na območju med Količevim in pritokom Rače. Na tem odseku se v času nizke višine vode izgublja tudi prek 270 l/s oziroma 40 % pretoka v času meritev. Meritve infiltracije izločujejo možnost večjih razlik infiltriranja zaradi karakteristik podlage, zato za povečano infiltracijo na tem območju verjetno obstajata dva vzroka. Na tem odseku je namreč veliko stopenjskih pragov (kar 18 na 2,8 km struge), z nezavarovanim poslapjem ali z zavarovanjem podslapja iz kamnite zložbe v suho, kjer se mulj ne more usedati, pa prihaja do povečane infiltracije. Drugi verjetni vzrok je tudi regulirana ravna in zelo široka struga na delu nad sotočjem z Račo. Voda je tudi v času nizkih pretokov razporejena prek celotnega profila in ima tako veliko površino infiltriranja.

Na podlagi ugotovitev je mogoče podati nekatere potencialne rešitve problematike nizkih pretokov Kamniške Bistrice. Najpomembnejši ukrep je omejiti odvzem obeh mlinščic v času nizkih pretokov Kamniške Bistrice. Pri določitvi najmanjšega ekološko sprejemljivega pretoka po obeh odvzemih je treba upoštevati tudi izgube vode zaradi infiltracije v podtalnico do sotočja z Račo. Uradno je treba določiti upravljalca zapornic, ki bo z njimi tudi dejansko upravljal. Opravljati je treba stalni nadzor nad odvzemih obeh mlinščic in v primeru kršitve določil ustrezno kazensko ukrepati. Za preprečitev podobnih katastrof, kakršne so bile lansko jesen, bi bilo smiselno postaviti sistem za obveščanje o nizkih višinah vode tik nad sotočjem z Račo.

Za natančnejše določevanje izgub vode zaradi infiltracije in količine odvzemov prek celega leta je že postavljena mreža stalnega spremljanja pretokov tako na glavni strugi kot na obeh mlinščicah.

Vir:

Bogataj, J. 2009. Problematika nizkih pretokov Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva: 123 f.

STANJE VODOTOKOV V MESTNI OBČINI LJUBLJANA

Gregor KOLMAN, dr. Aleš BIZJAK, Maja KREGAR
Inštitut za vode Republike Slovenije
dr. Matjaž MIKOŠ
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Raba prostora, predvsem urbanizacija, značilno vpliva na stanje rečnih koridorjev. Vplivi urbanizacije se kažejo predvsem v spremenjenosti hidromorfoloških struktur rečnih koridorjev. Poleg hidromorfološke spremenjenosti so za mestne vodotoke značilne tudi povečane kemijske in biološke obremenitve. S podobnimi problemi se srečujemo tudi z vodotoki v Mestni občini Ljubljana. Degradacija vodnega okolja pomeni slabšanje hidrološke, ekološke, estetske, socialne funkcije, ki jo vodotoki opravljajo. Cilj sodobne družbe je, da skladno z veljavno okoljsko zakonodajo izboljša stanje vseh vodotokov. Prvi rezultati bodo vidni v prihodnjih letih, ko se bo s predhodno presojanimi ukrepi izboljšalo stanje vodotokov. Obenem pa se pri ukrepih za izboljšanje stanja, ponuja priložnost za ureditev rečnih koridorjev še iz različnih vidikov, ki ponujajo priložnost za zadovoljitev potreb mestnega prebivalstva.

1. UVOD

Pomemben del zelenega sistema Mestne občine Ljubljane predstavljajo med drugimi tudi rečni koridorji, ki zajemajo strugo vodotoka in območje vzdolž obeh bregov vodotoka, v katerem najdemo hidromorfološke pojave in druge sledi delovanja hidromorfoloških procesov (Bizjak, 2003). Z vidika sonaravnega in trajnostnega razvoja mesta ima zeleni sistem kulturni, družbeni, ekološki in gospodarski pomen. Vsi našteti pomeni združeni v celoto, predstavljajo sistem, s katerim se zagotavlja javni interes, pri čemer se izboljša kvaliteta bivalnega okolja in s tem estetske, funkcionalne in socialne potrebe. Pomembna je javnost sistema in s tem dostopnost vsem prebivalcem, da uporabljajo in doživljajo zelene površine. V mnogih večjih in manjših mestih po Evropi predstavlja narava v mestu posebno vrednoto za preživljanje prostega časa, zato je potrebno zagotoviti zadostne pogoje za razvoj in preživetje vodne in obvodne favne in flore. Ljubljana kot glavno mesto Slovenije se srečuje s podobnimi okoljskimi problemi, kot jih imajo druga evropska mesta. V preteklosti so vodotoki predstavljali na eni strani potencial za preživetje, na drugi strani pa so ljudi poplavno ogrožali. Prav takšnega značaja so tudi vodotoki v Mestni občini Ljubljana. Kljub protipoplavnemu urejanju vodotokov se problem ni popolnoma rešil (slika 1). Del vodotokov je urejen tako, da je pojav poplavljanja preprečen ali pa vsaj v največji možni meri omejen.



Slika 1. Vodotoki in poplavna območja v MO Ljubljana (vir: IzVRS, 2008b)

S prvimi hidrotehničnimi posegi so na Ljubljani začeli Rimljani, predvsem zato, da bi izboljšali njeno plovnost. Pomembno prelomnico predstavlja leto 1780, ko je bil zgrajen Gruberjev prekop s katerim je bila izboljšana protipoplavna varnost Ljubljane. Leta 1825 je bila struga Ljubljanice večkrat poglabljena, odkopani material pa so uporabili za zasipavanje obrežja. Tako je nastal Krakovski in Poljanski nasip. Leta 1913 je avstrijski arhitekt Alfred Keller izdelal načrte za obzidavo korita. Nekatere njegove projekte so izvedli v času med prvo svetovno vojno (Ljubljanski urbanistični zavod, 1997). Drug pomemben mož, ki je zaznamoval Ljubljano je arhitekt Jože Plečnik. Podoba mesta Ljubljane je skušal oblikovati po vzoru Aten. Plečnikova najpomembnejša dela, ki dajejo podobo Ljubljani, na drugi strani pa so povezana z vodnim okoljem so Tromostovje, Čevlarski most, Trnovski most, zapornice na Ljubljani in ureditve nabrežij Ljubljanice. Na koncu Ljubljanice je oblikoval simbolni slavolok, posvečen vodi, ki zapušča mesto (internet 2). Vse takšne ureditve, ki danes tvorijo podobo mesta, so privedle do tega, da so rečni koridorji počasi začeli izgubljati funkcijo habitata za vodne organizme in potencialnega habitata za vse druge obvodne organizme. Na eni strani poglabljene in obzidane struge zmanjšujejo kvaliteto in možnost doživljanja vode v mestnem okolju, na drugi strani, ki pa je odločilnega pomena, pa vodotoki ne opravljajo funkcije, ki so jo imeli v preteklosti, ko ni bil moten hidromorfološki proces in edinstveni življenjski pogoji za pripadajočo favno in floro.

2. SODOBNA DOKTRINA VODNEGA NAČRTOVANJA

Spoznanje, da je potrebno stvari spremeniti z vidika varstva, urejanja in rabe vodotokov, je vodilo k sprejetju evropske vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES). Glavni namen vodne direktive je določiti varstveni okvir za vse stoječe in tekoče vode na površju kopnega, somornico, obalno morje in podzemne vode. Preprečiti je potrebno nadaljnje slabšanje stanja voda oziroma varovati in izboljšati stanje vodnih ekosistemov. Z vodno direktivo naj bi zagotovili tudi zadostne zaloge kakovostne površinske in podzemne vode (Bizjak in Mikoš, 2003). V prvem koraku so bila v Sloveniji v skladu z določili vodne direktive leta 2005 določena vodna telesa površinskih voda (VTPV), ki predstavljajo administrativne enote za upravljanje voda (VTPV za Mestno občino Ljubljana so prikazane v preglednici 1). Določena so bila na osnovi tipizacije površinskih voda, hidromorfoloških sprememb, presihanja, antropogenih fizičnih sprememb hidromorfoloških značilnosti in glede na različno stanje površinske vode ali njenega dela (IzVRS, 2008a). Na VTPV se analizirajo antropogene obremenitve (fizične spremembe vodnih teles) in njihovi vplivi na vodno okolje z namenom, da se določi stroškovno učinkovite programe ukrepov za doseganje dobrega stanja. Prvi rezultati izboljšanja stanja voda bodo lahko vidni že leta 2015, zadnji časovni okvir za izboljšanje kvalitete vodotokov oziroma ekološkega stanja pa je leto 2027.

3. VODOTOKI V MO LJUBLJANA

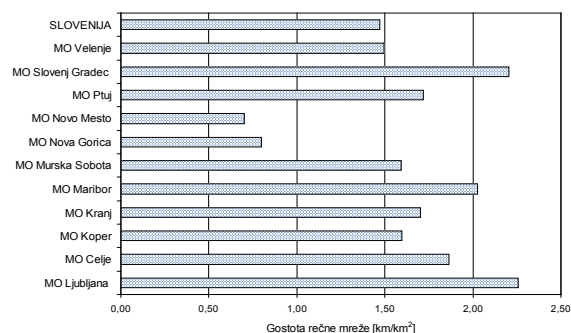
Sedanjo hidrografska mreža Mestne občine Ljubljana sestavljajo Sava in Ljubljanica in vodotoki manjših redov in prispevnih območij kot so Glinščica, Gradaščica, Pržanec, Horjulka, Gradaščica, Mali graben, Mestna Gradaščica, Mestna Ljubljanica in Gruberjev prekop, barjanski odvodniki, Veliki Galjevec, Dolgi potok, Bizoviški potok, Rastučnik, Breska, Gobovšek, Dobrunjščica, Betežica, Šivnik, Besnica s pritoki, Bajer, Stara voda, Črnušnjica in Gameljšica in nekateri manjši potoki (Bizjak in Mikoš, 2001). Skladno z zakonom o vodah (Zakon o vodah, Ur. l. RS, št. 67/2002) se vodotoki delijo na vodotoke 1. reda in vodotoke 2. reda. Zakon o vodah določa 34 vodotokov 1. reda h katerim spadajo še ostale celinske vode, ki tvorijo ali prečkajo državno mejo. Vsi ostali vodotoki so vodotoki 2. reda. Oba reda vodotokov imata različno definirano zunanjo mejo priobalnih zemljišč. Pri vodotokih 1. reda je ta meja 15 metrov od meje vodnega zemljišča, zunaj območij naselij pa je meja najmanj 40 metrov od meje vodnega zemljišča. Izjema so ostale celinske vode, ki tvorijo ali prečkajo državno mejo na katerih je prav tako kot na vodah 2. reda zunanja meja priobalnih zemljišč 5 metrov od meje vodnega zemljišča. Z naravovarstvenega vidika je pomembno, da na vodnih in priobalnih zemljiščih ni dovoljeno posegati v prostor, razen v primerih, ko gre za gradnjo objektov javnega dobra, izboljšanje hidromorfologije in biologije vodotokov, ukrepov za

ohranjanje narave, objektov za rabo in varstvo pred onesnaženjem voda ter gradnjo drugih pomembnih objektov.

Hidrografska mreža Mestne občine Ljubljana tvori 44,2 kilometrov vodotokov 1. reda, v katerega spadata Sava in Ljubljanica ter 565,2 kilometrov vodotokov 2. reda, v katerem so vsi ostali vodotoki, ki niso v 1. redu (slika 3). Na podlagi skupne dolžine vodotokov 1. in 2. reda ter površine, je gostota rečne mreže Mestne občine Ljubljana 2,26 km/km² s čimer je preseženo slovensko povprečje katerega gostota rečne mreže je 1,47 km/km². Prav tako ima Mestna občina Ljubljana najbolj gosto rečno mrežo med vsemi mestnimi občinami v Sloveniji (slika 4).



Slika 3. Hidrografska mreža Mestne občine Ljubljana (vir: IzVRS, 2008b)



Slika 4. Gostota rečne mreže po posameznih mestnih občinah v Sloveniji (vir: IzVRS, 2008c)

Vodotoki v Mestni občini Ljubljana so del podporečja srednje Save, ki obsega 23 VTPV (v Sloveniji je določenih 155 VTPV), v sami občini pa jih je 8 med katerimi so 3 zastopana v celotni dolžini (MPVT Mestna Ljubljana, UVT Gruberjev prekop in VT Ljubljana Moste – Podgrad) (preglednica 1). VTPV so določena po pravilniku o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda Ur. l. RS, št. 63/2005.

Preglednica 1. Seznam VTPV na območju Mestne občine Ljubljana (IzVRS, 2007a)

Šifra VTPV	Ime VTPV	Tip VTPV	Vrsta VTPV	Dolžina VTPV (km)	Dolžina VTPV v MOL (km)	Površina zaledja VTPV (km ²)
SI1476VT	VT Iščica	VT	V	10,25	4,52	100,6
SI148VT5	VT Mali Graben z Gradaščico	VT	V	12,76	6,76	70,9
SI14912VT	UVT Gruberjev prekop	UVT	V	3,22	3,22	4,8
SI14VT77	VT Ljubljana povirje – Ljubljana	VT	V	23,13	9,63	366,5
SI14VT93	MPVT Mestna Ljubljana	MPVT	V	4,56	4,56	30,3
SI14VT97	VT Ljubljana Moste – Podgrad	VT	V	12,32	12,32	123,9
SI1VT310	VT Sava Medvode – Podgrad	VT	V	22,13	16,03	118,1
SI1VT519	VT Sava Podgrad – Litija	VT	V	25,73	1,70	115,3

Legenda:

VTPV	vodno telo površinske vode
UVT	umetno vodno telo
MPVT	močno preoblikovano vodno telo
V	vodotok

4. HIDROMORFOLOŠKO STANJE REČNIH KORIDORJEV V MO LJUBLJANA

Največji vpliv na hidromorfološko strukturo rečnih koridorjev v Mestni občini Ljubljana ima urbani sistem. Kompleksnost sistema se odraža v spreminjanju odzivnosti rečnih koridorjev na padavine, poplave, obrežne in priobalne habitate. Iz leta v leto se v Ljubljani povečuje obseg prometnic in pozidanih površin s katerih voda pospešeno odteka, s čimer se povečuje poplavna ogroženost mesta. Vpliv različnih hidrotehničnih regulacij na hidromorfološko strukturo se kaže tudi v zmanjšani samoobnovitveni sposobnosti rečnih koridorjev. Nagel urbani razvoj je terjal svoj davek tudi v tem, da so se vodotoki z rastjo mesta vse bolj kanalizirali, zaradi česar je danes nemogoče odkriti nekdanje pritoke Ljubljanice in Gradaščice. Z izgradnjo Gruberjevega prekopa in po regulaciji Ljubljanice se je hidromorfološko stanje površinskih vodotokov precej spremenilo (Preglednica 2). Ker so možnosti za ureditev izgubljenih odvodnikov v MOL zelo majhne, je treba pozornost posvetiti obstoječim vodotokom, katerim je potrebno do leta 2015 izboljšati ekološko stanje oziroma ga ohraniti, v kolikor je dobro. Izboljšanje ekološkega stanja se doseže z izboljšanjem hidromorfoloških kakovostnih elementov, ki so sledeči:

- hidrološki režim (količina in dinamika vodnega toka, povezava s telesi podzemne vode),
- kontinuiteta toka in
- morfološke razmere (spreminjanje globine in

širine reke, struktura in substrat rečne struge, struktura obrežnega pasu) (Direktiva 2000/60/ES).

Hidromorfološke obremenitve na VTPV so prisotne povsod tam, kjer gre za ohranjanje in uravnavanje vodnih količin, zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda (poplave in erozija), vzdrževanje vodnih in priobalnih zemljišč ter rabe voda. Podrobneje so bili obravnavani ukrepi za zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda na podlagi katerih je nastala ocena morfološke spremenjenosti struge in priobalnega pasu (Slika 6). Značilnost hidromorfološko obremenjenih VTPV je njihova slabša hidromorfološka struktura oziroma ekološka kakovost.

Preglednica 2. Ocena hidromorfološkega stanja VTPV na območju MOL (IzVRS, 2007a)

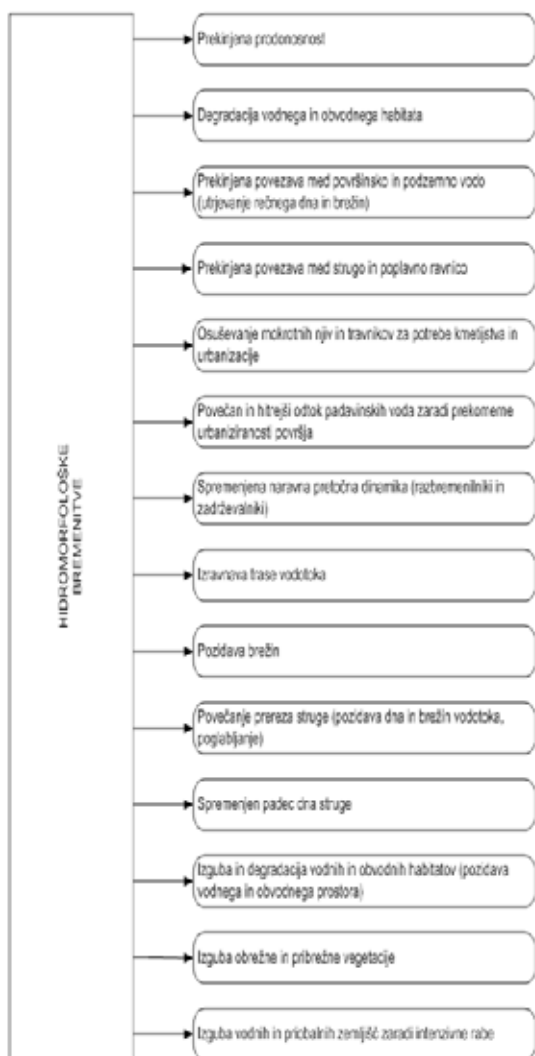
Ime VTPV	Hidromorfološko stanje
VT Iščica	1
VT Mali Graben z Gradaščico	2
UVT Gruberjev prekop	4
VT Ljubljana povirje – Ljubljana	2
kMPVT Mestna Ljubljana	4
VT Ljubljana Moste – Podgrad	2
VT Sava Medvode – Podgrad	3
VT Sava Podgrad – Litija	2

Legenda:

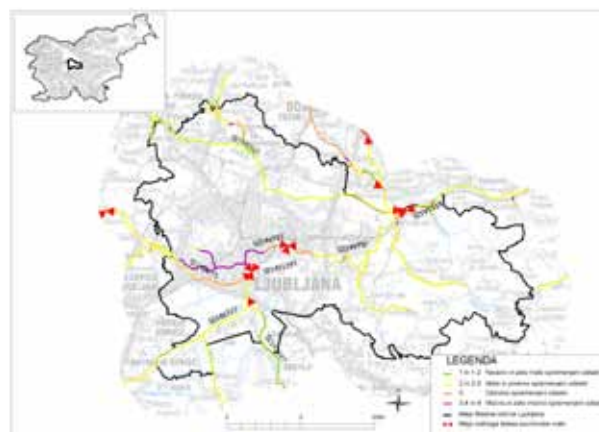
- 1 - hidromorfološko stanje je naravno do malo spremenjeno
- 2 - hidromorfološko stanje je zmerno spremenjeno
- 3 - hidromorfološko stanje je občutno spremenjeno
- 4 - hidromorfološko stanje je močno spremenjeno

Hidromorfološko stanje je občutno in močno spremenjeno na 3 od skupno 8 VTPV, ki so del Mestne občine Ljubljana (preglednica 2). Prevladujoči sektor v Ljubljani, ki povzroča hidromorfološke obremenitve in negativne vplive na rečne koridorje je urbanizacija. Poseben primer sta Mestna Ljubljana, ki je določena kot močno preoblikovano vodno telo (MPVT) in Gruberjev prekop, ki je umetno vodno telo (UVT). kMPVT Mestna Ljubljana je VTPV, ki ima zaradi človekovih antropogenih fizičnih sprememb znatno spremenjene hidromorfološke lastnosti, zaradi katerih se na takšnih VTPV ne bo moglo doseči dobrega ekološkega stanja (DES) (Kampa in Hansen, 2004). Urbanizacija in z njo povezane hidrotehnične regulacije se odražajo v ireverzibilnih spremembah tal in odtočnega sistema. Spremembe povzročajo večanje neprepustnih površin in posledično manjšanje zelenih retencijskih površin, nekontrolirano upravljanje s površinskim odtokom in izravnavanje ter zacementiranje strug vodotokov (Larson in dr., 2001). Omenjeni vplivi urbanizacije so vzrok, da se je na MPVT Mestna Ljubljana spremenil hidrološki in hidravlični režim, režim prodonosnosti, zamuljevanje in zaprojevanje. Glavni razlog za nedoseganje DES je

spremenjena morfološka struktura rečnega koridorja (betonske brežine, enolična globina in širina vodotoka), ki direktno vpliva na biološke elemente in s tem na nedoseganje DES. Skladno z vodno direktivo je na takšnih vodotokih kot je Mestna Ljubljanka potrebno doseči manj strog okoljski cilj dober ekološki potencial (DEP). UVT Gruberjev prekop predstavlja umetno vodno telo, kar pomeni, da ga je ustvaril človek na mestu, kjer pred posegom vode ni bilo. Cilj na omenjenem vodnem telesu bo prav tako DEP. Na ostalih 6 VTPV, ki so del Mestne občine Ljubljana bo potrebno do leta 2015 doseči DES. VT Išica je glede na hidromorfološko stanje naravno do malo spremenjeno, kar pomeni, da bo potrebno z minimalnimi ukrepi doseči DES. VT Mali Graben z Gradaščico, VT Ljubljanka povirje – Ljubljana, VT Ljubljanka Moste – Podgrad in VT Sava Podgrad – Litija spadajo v hidromorfološko stanje 2, kar pomeni, da so občutno spremenjeni. Na takšnih VT bo potrebno s pravnimi kombinacijami ukrepov doseči DES. Enako velja tudi za VT Sava Podgrad – Litija, kjer je hidromorfološko stanje občutno spremenjeno.



Slika 5. Hidromorfološke obremenitve vodotokov v MOL



Slika 6. Morfološke spremenjenost VTPV na območju MOL (IzVRS, 2008b)

V kolikor se bo izkazalo, da se na omenjenih in vseh ostalih VTPV, MPVT in UVT ne bo doseglo predpisanih okoljskih ciljev, bo potrebno za takšne primere določiti kombinacije ukrepov, s katerimi se bo doseglo ali izboljšalo DES ali DEP. Predhodno presojeane kombinacije ukrepov bodo določene na osnovi doprinosa k izboljšanju ekološkega stanja, analize stroškov in koristi ter tehnične izvedljivosti posameznega ukrepa. Izdelane bodo v sodelovanju z deležniki posebnih rab. Obnova urbanih vodotokov bo v naslednjem koraku zelo težka naloga, zaradi medsebojnih interakcij med fizičnimi, kemičnimi in biološkimi komponentami vodotoka. Obnova samo ene komponente lahko negativno vpliva na ekološko stanje vodotoka, zato je potrebno kompleksnost problemov reševati sistematično in premišljeno (Murdock in dr., 2004). Ključnega pomena bodo kombinacije ukrepov, s katerimi se bo izboljšalo hidromorfološko stanje vodotokov, ki bo vplivalo na izboljšanje bioloških elementov. Pri končni izvedbi posameznih ukrepov se lahko z interdisciplinarnem pristopom zagotovi hidrotehnični vidik urejanja rečnih koridorjev, ekološki vidik, varovalni vidik, socialni vidik in krajinski vidik. Primarna naloga je, da se s kombinacijami ukrepov doseže ali ohrani v kolikor je že doseženo DES oziroma DEP vodotokov. Glavni hidromorfološki elementi, ki bi jih bilo potrebno izboljšati na rečnih koridorjih v MOL so izboljšanje dna struge, brežin in pribrežnega pasu. Na drugi strani pa je potrebno zagotoviti še sekundarne funkcije vodnega in obvodnega prostora kot so sprehajalne poti ob vodotoku, kolesarske poti, posebni prostori za oddih itd. Hidromorfološke izboljšave rečnih koridorjev omogočajo mestnemu prebivalstvu doživeti naravo v svoji bližini ter s tem ponujajo priložnost za gibanje, počitek in oddih.

Preglednica 3. Ukrepi za izboljšanje ekološkega stanja na VTPV v MOL

Ukrep	Opis ukrepa
Zagotovitev zadostnih količin vode in izboljšana dinamika vodnega toka	Zagotovitev ekološko sprejemljivega pretoka (Q_{es}), zadrževanje padavin na mestu nastanka, omejitev pozidave tal.
Povezava VTPV s telesi podzemne vode	Vzpostavitev naravnega dna v strugi vodotokov.
Omogočanje premeščanja proda, sedimenta in migracije vodnih organizmov	Odstranitev ali rekonstrukcija prečne zgradbe. Gradnja obtoka ali ribje steze.
Izboljšanje dinamike struge vodotokov	Vzpostavitev prvotne rečne trase in prečnega profila. Nadomestitev togih ureditev s sonaravnimi. Rekonstrukcija prepustov in zacevljenih vodotokov.
Izboljšanje strukture in substrata rečne struge	Ustrezno ravnanje z naplavinami. Sanacija erozijskih središč (zmanjša se vnos sedimenta v vodotok). Čiščenje zamuljenih in zaprojenih strug. Ustvarjanje umetnih prodišč, brzic, itd.
Ureditev obrežnega pasu	Odkup zemljišč. Omogočiti naraven in postopen razvoj obrežne in pribrežne vegetacije. Zasaditev tipične obrežne in pribrežne vegetacije. Vzpostavitev obtokov, mrtvih rokavov, zadrževalnih površin in mokrišč.

5. KAKOVOST VODOTOKOV V MO LJUBLJANA

Glavni vzroki za onesnaženja rečnih koridorjev v Mestni občini Ljubljana so neurejeno čiščenje odpadnih voda (neurejene greznice, pomanjkanje in neustrezne komunalne čistilne naprave, dotrajana kanalizacija, izcedne vode iz odlagališč), kmetijstvo (časovno in količinsko neustrezno gnojenje, uporaba zaščitnih sredstev za varstvo rastlin, izpiranje hranil s kmetijskih površin), industrija (industrijske odpadne vode) in divja odlagališča odpadkov (Regionalna razvojna agencija – Ljubljanske urbane regije, 2002). Posledica je, da so vodotoki onesnaženi z lahko razgradljivimi organskimi snovmi, hranili, onesnaževali in prednostnimi snovmi. Poleg naštetih obremenitev so za rečne koridore pomembne še biološke obremenitve med katere spada vnos tujerodnih vrst in podnebne spremembe, ki vplivajo na hidrološki režim vodotokov.

Preglednica 4. Točkovni in razpršeni viri onesnaženja površinskih voda (IzVRS, 2007b)

	Točkovni viri onesnaženja	Razpršeni viri onesnaženja
Organsko onesnaženje		Onesnaževanje voda iz razpršenih virov na območjih naselij, ki niso vključene v operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.
Hranila		- Onesnaževanje voda iz razpršenih virov na območjih naselij, ki niso vključene v operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. - Vnosi hranil v površinske vode iz kmetijskih virov.
Onesnaževala	- Prekomerno obremenjevanje voda v času nizkih pretokov (industrija, kmetijstvo, poselitev). - Preseganje zakonsko določenih emisijskih vrednosti.	- Onesnaževanje voda iz razpršenih virov na območjih naselij, ki niso vključene v operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. - Vnosi fitofarmaceutskih sredstev v površinske vode iz kmetijskih virov - Onesnaženje iz pomorskega prometa in drugih plovil.
Prednostne snovi		- Onesnaževanje voda iz razpršenih virov na območjih naselij, ki niso vključene v operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. - Vnosi fitofarmaceutskih sredstev (prednostna lista) v površinske vode iz kmetijskih virov. - Onesnaženje iz pomorskega prometa in drugih plovil.

Glavni identificirani problemi organskega onesnaženja vodotokov v Mestni občini Ljubljana na nivoju VT podporečja srednje Save so na Iščici in na Ljubljanici Moste – Podgrad, kjer je prevelika obremenjenost glede na biokemijsko potrebo po kisiku (BPK5). Onesnaženje s hranili je prisotno na Iščici (amonij), Ljubljanica povirje – Ljubljana (amonij) in na Ljubljanici Moste – Podgrad (amonij in fosfor). Problematičen sektor za onesnaževanje vodotokov v Mestni občini Ljubljana so predvsem komunalne čistilne naprave (KČN). Prekomerno onesnažena z onesnaževali (cianid) je Iščica predvsem zaradi proizvodnje kovin in kovinskih izdelkov (Inštitut za vode Republike Slovenije, 2007b).

Kakovost površinskih voda je odvisna od hidroloških razmer in od količine padavin. V Mestni občini Ljubljana se kakovost površinske vode spremlja na vodotokih Curnovec, Bezlanov graben, Mali graben, Gradaščica, Iščica (Ižica), Ljubljanica in Sava. V naštetih vodotokih je vsebnost hranilnih snovi (dušikovih in fosforjevih spojin) še vedno visoka. Vrste makrofytov, ki so v Ljubljanici najbolj pogoste in najštevilč-

nejše, uspevajo v srednje obremenjenih vodotokih. Prisotnost zelenih alg v Ljubljanici kaže visoko vsebnost hranil (Urbanc-Berčič in dr., 2005). S hranilnimi snovmi je povezana tudi vsebnost kisika v vodotokih in s tem rast in razpadanje alg. Obremenitve z dušikovimi in fosforjevimi spojinami so posledica pritekanja odpadnih voda iz komunalne infrastrukture, ki vplivajo tudi na mikrobiološke razmere zaradi katerih so vsi vodotoki v Mestni občini Ljubljana neprimerni za kopanje. Najbolj obremenjen vodotok s težkimi kovinami je Ljubljana kateri sledita še Curnovec in Bezlanov Graben.

Povišane vrednosti amonija, nitrata in fosfatov na omejenih vodotokih ne ustrezajo kriterijem voda opredeljenih za življenje sladkovodnih vrst rib. V Ljubljanici prevladujejo predvsem ciprinidne vrste rib. Z raznimi regulacijami rečnih koridorjev so se spremenile tudi velikosti posameznih ribjih vrst. Večina rib je reofilnih, torej takšnih, ki za drstenje potrebujejo prodnato podlago oziroma prodišča, ki jih na obravnavanem predelu ni dovolj (Urbanc-Berčič in dr., 2005). Ustvarjanje prodišč se torej pokaže kot eden potencialnih ukrepov, v prvi fazi za izboljšanje ekološkega stanja, na drugi strani pa se s tem izboljša estetski videz krajine, ki nudi možnosti za dodatne ureditve za oddih in rekreacijo.

Ukrepi za izboljšanje kakovosti vodotokov bodo pripomogli k doseganju skupnega končnega cilja, to je doseči dobro ekološko in kemijsko stanje vodnih teles površinskih voda do leta 2015. Ekološko stanje se vrednoti z elementi kot so biološki elementi (ribe, bentoški nevretenčarji, fitoplankton, fitobentos in makrofiti), podporni fizikalno kemijski elementi, hidromorfološki elementi in sintetična ter nesintetična onesnaževala. Kemijsko stanje površinskih voda pa določa 33 prednostnih snovi.

Slika 7. Vpliv na ekološko stanje vodnih teles površinskih voda (IzVRS, 2008b)



Skladno s projektom URBEM (Urban River Basin Enhancement Methods) so se rehabilitirale nekatere evropske reke, pri čemer je bil cilj tudi vzgajanje javnosti. Projekt je potekal tudi na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo na Katedri za splošno hidrotehniko, kjer so na voljo različne aplikacije in podatki o monitoringu na vodotokih v Mestni občini Ljubljana (vsi podatki so dostopni na <http://ksh.fgg.uni-lj.si/urbemdatasi/>) (Internet 1).

6. ZAKLJUČKI

Zacevljeni vodotoki, pozidane brežine in korita vodotokov, onesnažena voda ter še mnogi drugi dejavniki so dejstva, s katerimi se danes srečuje Ljubljana. Napak, ki so bile narejene v preteklosti, se nikoli ne bo dalo v celoti odpraviti, lahko jih bomo le v določeni meri omilili oziroma rehabilitirali. Dandanes urejanje rečnih koridorjev nebi smelo biti usmerjeno zgolj v strogo, klasično gradbeniško urejanje brez pridiha naravnih elementov. Hidrotehnični posegi so v prvi fazi naravnani tako, da se zagotovi poplavna varnost, njihova sekundarna vloga pa je zagotovitev krajinskega videza urejenega vodotoka, pri čemer se zanemarjajo poglobitveni deli vodotoka, ki vplivajo na izboljšanje hidromorfološke strukture in dobrega ekološkega stanja. Sprememba načina mišljenja in navad pri urejanju vodotokov, bo doprinesla k izboljšanju dejanskega ekološkega stanja vodotokov s sonaravnim urejanjem in ukrepi v zaledju rečnih koridorjev. Smernice za izboljšanje hidromorfološkega, kemijskega in biološkega stanja vodotokov so podane v zakonu o vodah in vodni direktivi, naloga strokovnjakov pa je, da se jih upošteva. Ključ do skupnega cilja je v sodelovanju in medsebojnem dopolnjevanju posameznih strok in sektorjev ter navsezadnje še izobraževanje prebivalstva. Sodelovanje strok pri načrtovanju ukrepov za izboljšanje ekološkega stanja vodotokov lahko omogoča dodatne ureditve ob rečnih koridorjih, kot so kolesarske in pešpoti, prostori za oddih, rekreativne površine, ki ob visokih vodah služijo kot zadrževalniki itd. Na koncu pride mo do sklepa, da obstaja vrsta alternativ, s katerimi bi zadovoljili potrebe hidrotehnikov, biologov, krajinskih arhitektov in navsezadnje še najbolj pomembnega člena, mestnega prebivalstva, katerim vodotoki in obvodni prostor pomeni posebne življenjske vrednote.

Viri:

- Bizjak, A., Mikoš, M. (2001): Obnova ali rehabilitacija koridorjev mestnih vodotokov. *Urbani izziv*, 12(2), str. 51 - 57.
- Bizjak, A. (2003): Sintezni postopek ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, razvit z analizo stanja na reki Dragonji: doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

- Bizjak, A., Mikoš, M. (2003): Slovenska in evropska pravna določila varstva in obnove rečnih koridorjev. *Urbani izziv*, 14(1), str. 41 - 50.
- Bizjak, A., Dodič, J. (2005): Močno preoblikovana vodna telesa : določitveni test 2005-2009. *Mari-bor*, 16. Mišičev vodarski dan, Zbornik referatov, str. 169-184.
- Direktiva 2000/60/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. Bruselj.
- Internet 1: <http://ksh.fgg.uni-lj.si/urbemdatasi/> (sneto 14.08.2008).
- Internet 2: http://www.ljubljana.si/si/turizem/znamenitosti/plecnikova_ljubljana/default.html (sneto 15.11.2008)
- Inštitut za vode Republike Slovenije (2008b): Kartografski arhiv.
- Inštitut za vode Republike Slovenije (2008c). Raziskava gostote rečne mreže vodotokov 1. in 2. reda.
- Inštitut za vode Republike Slovenije, Geološki zavod Slovenije (2007a): Problematika vodnega okolja na porečjih in povodjih v Sloveniji, Srednja Sava : delovno gradivo za 1. delavnico z deležniki.
- Inštitut za vode Republike Slovenije (2007b): Strokovni predlog vmesnega poročila o pomembnih zadevah upravljanja voda – površinske vode.
- Kampa, E., Hansen, W. (2004). *Heavily Modified Water Bodies, Synthesis of 34 Case Studies in Europe*. Berlin Heidelberg, Springer.
- Larson, G. M., Booth B. D., Morley, A. S., (2001). Effectiveness of large woody debris in stream rehabilitation projects in urban basins. *Ecological Engineering* 18, str. 211-226.
- Ljubljanski urbanistični zavod, (1997) Ureditev rečnega prostora Ljubljane od Barja do Izliva v Savo.
- Murdock, J., Roelke, D. Gelwick, F. (2004): Interactions between flow, periphyton, and nutrients in a heavily impacted urban stream: implications for stream restoration effectiveness. *Ecological Engineering* 22, str. 197-207.
- Pravilnik o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda. Uradni list RS št. 63/2005. Ljubljana.
- Regionalna razvojna agencija – ljubljanske urbane regije (2002): Regionalni razvojni program Ljubljanske urbane regije za obdobje 2002-2006. Dostopno na: <http://www.ruralur.si/> (sneto 23.07.2008).
- Urbanc-Berčič, O., Germ, M., Povž, M., Šumer, S. (2005): Ocena ekološkega stanja reke Ljubljane: makrofiti gradivo. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.
- Zakon o vodah (ZV-1): Uradni list RS št. 67/2002

EKOLOŠKA OBNOVA REKE Z VODARSKIMI UKREPI - REKA MURA V SLOVENIJI (BUNČANI - VERŽEJ)

Dr. Lidija GLOBEVNIK in mag. Sonja ŠIŠKO NOVAK
Inštitut za vode Republike Slovenije

1. Uvod

Namen projekta **Varstvo biodiverzitete reke Mure v Sloveniji (Conservation of biodiversity of the Mura river in Slovenia - BIOMURA)** je varstvo ogroženih živalskih in rastlinskih vrst območja Natura 2000 na Muri v Sloveniji. Območje projekta se razprostira na poplavnem območju reke Mure med visokovodnimi nasipi med vasi Bunčani – Dokležovje – Ižakovci – Krapje-Melinci (slika 1).



Slika 1: Območje projekta BIOMURA

Območje projekta leži na delu območja Natura 2000: SPA Mura (SI 5000010) in pSCI Mura (SI3000215). Kvalifikacijskih vrst je 30 vrst ptic iz seznama Ptičje direktive in 20 živalskih vrst ter 8 habitatnih tipov iz seznama Habitatne direktive. Območje projekta je prikazano na sliki 1.

Z vodarskimi ukrepi se vzpostavljajo boljši ekološki dejavniki za obstoj mokrišč in razgibane habitatne strukture rečnega območja. Projekt je osredotočen na varstvo 4 habitatnih tipov, ki so na seznamu Habitatne direktive (Annex I: 91E0 – Poplavni gozd *Alnus glutinosa* in *Fraxinus excelsior*), ene prioritete vrste iz Annexa II (metulj: *Callimorpha quadripunctaria*) in drugih ciljnih vrst (1 vrsta dvoživke, 5 vrst rib, 1 vrsta kačjega pastirja) Habitatne direktive. Poleg tega je projekt namenjen tudi varstvu 10 vrst ptic, ki so na seznamu Ptičje direktive.

Uresničujejo se naslednji vodarski ukrepi:

- C1: Razširitve struge;
- C2: Stabilizacija dna in vzpostavitev razmer za vtok vode v stranske rokave z drčami (nizkimi pragovi);
- C3: Povezava rokavov z reko Muro - odpiranje vtokov v rokave in vzpostavitev pretočnosti.

Poleg akcij tipa C vodarskih ukrepov se opravljajo vzdrževalna dela na izbranih mrtvicah in stranskih rokavih ter ustrezna gozdno gojitvena dela v poplavnem gozdu (akcije tipa D).

2. Hidrološko hidravlične razmere v glavni strugi

Hidrološko hidravlične razmere so proučene na podlagi geodetskih meritev struge reke Mure in rečnih rokavov. Postavljeni sta dve hidrološki postaji, v.p. Bakovci in v.p. Veržej, skupaj s 5 piezometri za meritev gladin podzemne vode v območju projekta. Na izbranih lokacijah so bili odvzeti vzorci odloženih plavin, narejena je analiza zrnastostne sestave plavin, določena je premetitvena sposobnost reke. Za ta namen so bile opravljene hidrološko hidravlične meritve, s katerimi se je določilo pretočne krivulje in umerilo modela računa gladin toka vode. Uporabljen je program HEC-RAS (1-D hidravlični model). Upoštevani so tudi obstoječi hidrološki podatki nacionalnega hidrološkega monitoringa.

V biotopih, potrebnih za ohranitev ugodnega stanja habitatov in vrst, morajo obstajati določeni hidrološki pogoji. Ti so izpolnjeni, če je omogočen vtok rečne vode v rokave vsaj v dveh tretjinah leta. V mrtvicah in rokavih, ki se napajajo z rečno vodo prek pretočnih rokavov, sami pa nimajo neposrednega stika z rečno vodo na gorvodni strani, morajo imeti vodo v mesecih od marca do junija.

Pretok, pri katerem je zadovoljen prvi pogoj, je bil določen s pomočjo krivulje trajanja pretokov v v.p. Petanjci. Izpolnitev drugega pogoja je odvisen od hidravličnih razmer v rokavih in mrtvicah (povezave, pretočnost). Značilni pretoki reke Mure so podani v preglednicah 1 in 2.

Preglednica 1: Pretoki za različne dobe trajanja

Povprečna pogostost pojavljanja pretoka v povprečnem letu	Pretok (m ³ /s)	Metoda
40%	157	Izračun iz v.p. Petanjci (1965-2005)*
60%	119	
70%	102	
80%	89	
90%	75	

*podatki pridobljeni od ARSO

Preglednica 2: Karakteristične vrednosti pretokov za v.p. Petanjci, obdobje 1961-2000

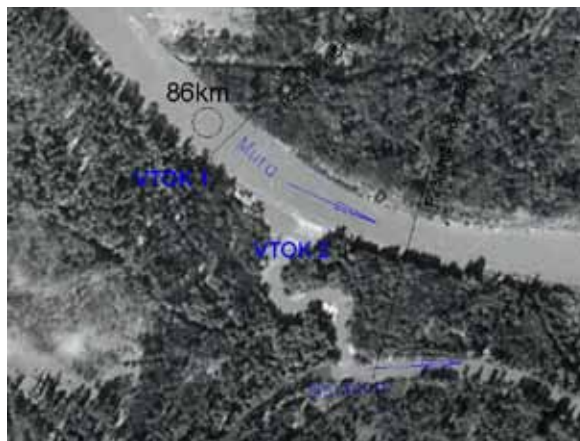
v.p. Petanjci 1961-2000	Srednja vrednost najmanjših izmerjenih pretokov	Srednja vrednost pretokov	Srednja vrednost največjih izmerjenih pretokov
	SrQmin [m ³ /s]	Qsr [m ³ /s]	srQmak [m ³ /s]
Jan	74	92	138
Feb	73	96	157
Mar	85	134	249
Apr	130	192	332
Maj	173	255	394
Jun	170	237	410
Jul	136	211	421
Avg	119	179	355
Sep	105	155	322
Okt	98	146	285
Nov	97	135	242
Dec	83	113	194
Povprežje vrednosti	112	162	292
Opomba	Konica pod 60 m ³ /s je bila zabeležena 16-krat (januar, februar, december)		Konica nad 1000 m ³ /s je bila v obdobju zabeležena 6-krat (junij, julij)

3. Izhodišča za vodarske ukrepe na območju Bunčani

V desni brežini na območju Bunčani (med km 83 in km 86) sta nekdanj obstajala dva vtoka rečne vode v rokav Besnica (slika 2). Besnica je razvejen desni rokav reke Mure na odseku med vasicama Hrastje Mota in Mota. Zgornji vtok je bil že pred letom 1954 prekinjen, medtem ko je bil spodnji vtok še povezan z rečno vodo (slika 3, aerofoto iz leta 1954: oznaka cone št. 1). S topografskih kart iz leta 1962 razberemo, da je bil tedaj zaprt tudi ta vtok. Rokava obeh vtokov sta prikazana na sliki 3 (topografska karta iz leta 1962).



Slika 2: Topografska karta reke Mure in rokavov iz leta 1962 (vir GURS) na območju Bunčani. Reka Mura je bila nekdanj na tem območju z Besnico povezana z dvema rokavoma (VTOK 1 in VTOK 2).



Slika 3: Reka Mura na območju Bunčani (km 86) leta 1954 (zračni posnetek iz leta 1954, arhiv GURS). Vrisan je nekdanji vtok v rokav Besnica (VTOK 1) in še odprti »VTOK 2«. Leta 1962 je bil ta vtok že zaprt (slika 2).

S projektom BIOMURA se bo ponovno zagotovil vtok rečne vode v Besnico. Na novo bo usposobljen rokav vtoka št. 1 (VTOK 1). Rokav št. 2 (VTOK 2) ima namreč veliko naravovarstveno vrednost (značaj mrtvice). Z odprtjem še starejšega rokava gorvodno od »VTOKA 2« bo namreč v prostor lahko rečna voda dotekala višje in prej »polnila« vodni sistem rokavov.

4. Hidravlični in tehnični elementi vodarskih ukrepov

Za zagotovitev ustrezne višine vode v strugi pri pretoku 110 m³/s bo v km 85+996 zgrajena drča z višino krone 184.00 m n.v. Gorvodno od njega na desnem bregu Mure se uredi vtok v rokav Besnice. Vtok leži v rahlo konveksnem delu struge reke Mure, kot med tangento konveksnega dela reke Mure v km 86+006 in srednjo linijo vtoka v rokav je 80°. Od mesta odpiranja rokava do Besnice se oblikuje novo korito v dolžini 555 m. Korito je označeno kot struga »Rokav

R0'«. Na začetni dolžini 176 m ima korito dvojni profil z vmesnim otokom.

- Tehnični podatki:
- kota preliva pri vtoku v rokav je 185.10 m n.v.,
- kota dna vtočnega dela pri vtoku je 184.80 m n.v.,
- padec dna struge je 0,09 %,
- pretočna sposobnost korita je 19 m³/s.

V preglednici 3 so prikazane višine vode reke Mure ob različnih pretokih in pretok, ki se v dani situaciji preliva v »Rokav R0'«.

Preglednica 3: Hidravlično možni pretoki v Rokavu R0' ob različnih pretokih reke Mure

	Pretok v Muri	Višina vode v reki Muri brez drče	Višina vode v reki Muri z drčo	Pretok, ki lahko teče v Rokav R0' (če je omogočen vtok)
	[m ³ /s]	[m n.v.]	[m n.v.]	[m ³ /s]
Višina vode v km 86+006	100	184.87	185.05	0
	110	184.96	185.13	0.24
	150	185.27	185.42	0.91
	200	185.60	185.72	2.45
	300	186.18	186.23	5.44
	400	186.69	186.72	19.0
>400	Prelivanje brežin, razlivanje vode po poplavnem območju			

5. Tehnični podatki za drčo in situacija

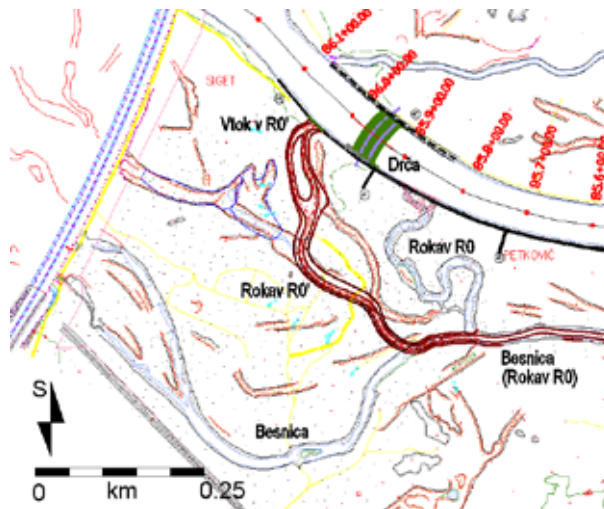
Drča je iz lomljenca širine od 0,50 do 1 m, pri čemer so večji kamni v zgornji plasti. Brežine v območju drče so zavarovane z lomljencem manjšega premera (dsr = 0,30-0,50 m), nožica pa s kamnom premera d = 0,80 m. Naklon praga na gorvodni strani je 1:5, naklon na dolvodni strani 1:10. Širina krone je 4 metre. Za zmanjšanje energije je zgrajeno podslapje, ki se na dolvodnem odseku priključi na obstoječo niveleto dna. Drča mora biti čimbolj hrapava.

V peti in v kroni drče so predvideni jekleni piloti dolžine 5 m na medsebojni razdalji 1 m (svetla odprtina). Sidranje krone poteka v raščen teren na dolžini 10 m od levega in desnega brega, peta drče oz. podslapja pa je sidrana v raščen teren na dolžini 5 m. Krona drče je zakrivljena proti sredini, da se manjši pretoki koncentrirajo proti sredini toka. Kota drče v osi je 30 cm nižja od kote drče ob brežini, kota krone na začetku praga pa je za 5 cm višja. S tako oblikovanim koritastim dnom je zmanjšana možnost poškodbe brežin v območju drče.

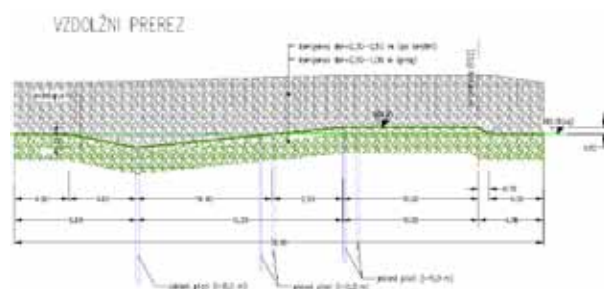
Naklon brežin je prilagojen obstoječi brežini in je velik 1:2. Brežina je zavarovana tudi gorvodno in dolvodno od drče v dolžini 10 m. Peta brežine je zavarovana z vznožnim kamnom d = 0,80 m,

brežina pa z lomljencem dsr = 0,30-0,50 m. Na gorvodnem in dolvodnem odseku se to zavarovanje priključi na obstoječe zavarovanje.

Situacija drče in Rokava R0' je prikazana na sliki 4, vzdolžni prerez drče pa na sliki 5.



Slika 4: Situacija drče in Rokava R0'. Na sliki so vrisani sedanji vodni objekti na desni brežini (št. 46, 47, 48).



Slika 5: Vzdolžni prerez drče

6. Zaključek

Dela se bodo začela opravljati v zimskem obdobju 2009/2010. Dostop do območja del bo omogočen po sedanjih, a začasno utrjenih javnih poteh. Izkopani material bo sortiran. Peski in prodniki bodo spuščeni v reko Muro in bodo vir novih plavin za spodnji rečni odsek. Pokrovni sloj zemljine bo odstranjen iz območja. Razplaniranje ob izkopanem rokavu ni mogoče zaradi naravovarstvenih zahtev. V rokav bo pri visokih vodah reke Mure (do 400 m³/s) vtekalo do 15m³/s vode. V sedanjih razmerah pri pretoku reke Mure med 110 m³/s in 300 m³/s po rokavu R0 teče med 0,05 in 5 m³/s. Tako bo z odprtjem rokava po njem teklo med 0,200 in 20 m³/s. Ker je pretočna sposobnost dolvodnega odseka med 25 in 30 m³/s, to v tem razmiku Murinih pretokov ne bo povzročalo preplavitve brežin rokava.

Viri:

- GLOBEVNIK, Lidija, KOSMAČ, Dušan, MAZI, Tina. Varstvo biodiverzitete reke Mure v Sloveniji =

Conservation of biodiversity of the Mura river in Slovenia: izdelava projektnih podlog: geodetski načrt: A1. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, 2007. IV, 1 f., pril., ilustr.

- GLOBEVNIK, Lidija, ŠIŠKO-NOVAK, Sonja. Varstvo biodiverzitete reke Mure v Sloveniji = Conservation of biodiversity of the Mura river in Slovenia: idejni načrt ureditev vtočno iztočnih mest na rokavih: A1. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, 2007. III, 3 f., pril., ilustr
- GLOBEVNIK, Lidija, KOVAČIČ, Igor, ŠIŠKO-NOVAK, Sonja, MAZI, Tina, VOGRIN, Milan, KOSMAČ, Dušan. Varstvo biodiverzitete reke Mure v Sloveniji = Conservation of biodiversity of the Mura river in Slovenia: ukrepi za doseg ciljev »C«: idejna zasnova: C1, C2, C3. zv. 1, tekstualni del. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, 2008. 45 f., pril., ilustr.
- GLOBEVNIK, Lidija, KOVAČIČ, Igor, ŠIŠKO-NOVAK, Sonja, MAZI, Tina, VOGRIN, Milan, KOSMAČ, Dušan, DAMJANOVIČ, Branko. Varstvo biodiverzitete reke Mure v Sloveniji = Conservation of biodiversity of the Mura river in Slovenia: ukrepi za doseg ciljev »C«. Zv. 2, Grafične priloge. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, 2008. 1 mapa, ilustr.
- GLOBEVNIK, Lidija, ŠIŠKO-NOVAK, Sonja. Varstvo biodiverzitete reke Mure v Sloveniji = Conservation of biodiversity of the Mura river in Slovenia: projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja. Drča 1 in drča 2. Grafične priloge. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, 2009. 1 mapa, ilustr.

POVODJE SELŠKE SORE

DVE LETI PO VISOKIH VODAH

Aleš KLABUS
VGP Kranj d.o.o.

1. UVOD

Dne 18. septembra 2009 je minilo dve leti od ene najhujših hudourniških poplav v novejši zgodovini Slovenije. Takrat so izjemno visoke vode prizadele velik del Slovenije, na Gorenjskem pa so bila najbolj prizadeta povodja Selške Sore, Save Bohinjke, Lipnice in Tržiške Bistrice.

Za nami, vodarji in hudourničarji, sta dve leti strokovno in terminsko zelo zahtevnega dela, saj smo poleg rednih vzdrževalnih del ter del, pridobljenih na trgu, morali realizirati tudi izjemno obsežne sanacijske ukrepe. Po prvih tednih intervencijskih ukrepov, popisovanja in kartiranja škod ter sestavljanja prioritarnih planov smo že jeseni 2007 pričeli z intenzivnim uresničevanjem triletnega programa sanacije. Vzporedno z izdelovanjem idejnih zasnov ter projektne dokumentacije so potekala sanacijska dela na zelo številnih odsekih v vseh prizadetih povodjih. Sprva zelo ambiciozno finančno zastavljeni program je bil v letu 2009 zaradi recesije precej zmanjšan, vendar se bo po zatrdilih ministrstva nadaljeval tudi v letu 2010. Kljub zmanjšanju razpoložljivih sredstev je bilo narejenega zelo veliko. Sanirani so bili številni odseki strug v vseh štirih prizadetih gorenjskih povodjih. Večino del v okviru sanacijskega programa je opravilo podjetje VGP d.d. Kranj, ki je koncesionar na gorenjskem območju, v letu 2008 pa so mu na nekaterih odsekih pomagala še nekatera druga vodarska podjetja - PUH d.d. Ljubljana, Nivo d.d. Celje, VGP Hidrotehnik d.d. Ljubljana in VGP Drava d.d. Ptuj.

Zaradi obilice gradiva smo se v tem prispevku odločili le za prikaz izbranih odsekov saniranih strug v povodju Selške Sore, čeprav je bilo zelo veliko napravljenega tudi v preostalih treh povodjih.

2. SELŠKA SORA DVE LETI PO VISOKIH VODAH

V povodju Selške Sore je bilo za zmanjšanje poplavne in erozijske ogroženosti v dveh letih narejenega več kot v zadnjih trideset letih skupaj. Danes v mestu Železniki skoraj ni več opaziti sledi septembrskih poplav. Hiše in infrastruktura so obnovljene ali očiščene, struga Selške Sore je sanirana, vegetacija je zarasla rane na brežinah. Kljub temu se lahko še dobro spomnimo prizorov blatnih cest, nakopičenega lesa, zmečkanih avtomobilov, hiš s črtami nad pritličnimi okni, do koder je segala visoka voda, pretresenih obrazov, razdejanih cest in strug vodotokov. Poplavna varnost mesta Železniki danes sicer še ni rešena, čeprav vodarji in občina intenzivno delujemo v smeri uresničitve zgraditve suhega zadrževalnika ter rekonstrukcije struge skozi mesto. Zato pa je bilo zelo veliko narejenega v zaledju Selške Sore in njenih pritokov. Ustalitveni, zaplavni, zavarovalni in umirjevalni ukrepi in objekti bodo imeli velik vpliv na vodni režim hudournikov Davščica, Dašnica, Češnjica, Pruharica, Nidrska grapa itd., občuten umirjevalni vpliv pa bodo imeli tudi na vodni režim Selške Sore in s tem tudi na poplavno varnost Železnikov.

3. SLIKOVNI PRIKAZ

V tem prispevku smo se omejili na slikovni prikaz izbranih in uresničenih ukrepov v povodju Selške Sore, in sicer v obliki primerjave fotografij stanja pred sanacijo (ki so bile posnete v dneh in tednih po visokih vodah) s fotografijami stanja po sanaciji (ki so bile posnete eno do dve leti po njej). Pri fotografiranju smo poiskali čim bolj identične zorne pozicije, tako da je primerjava učinkovitejša. Pri vseh posnetkih so navedeni: lokacija oz. vodotok, časi posnetkov, poškodbe in uresničeni sanacijski ukrepi.

SELŠKA SORA pri športnem parku Rovn pri Selcah



September 2007: močno erodirane brežine, odnešeno zavarovanje in jez, zajede v dovozno cesto, spodkopan most, poplavljen športni park



September 2009: struga sanirana z desnoobrežnim zavarovanjem in ustalitvenimi prago-vi

SELŠKA SORA pri zdravstvenem domu v Železnikih



September 2007: zasut pretočni profil, erodirana desna brežina, poplavljeno mesto, uničen zdravstveni dom



Oktober 2009: očiščena struga, nov db zid ter protipoplavna zidana ograja ob ZD

SELŠKA SORA v Železnikih (Trnje)



September 2007: zasut pretočni profil, erodirana desna brežina, poplavljeno naselje



Oktober 2009: očiščena struga, nov desnoobrežni zid

SELŠKA SORA pod Zalim Logom



September 2007: popolnoma razdejana struga, odnešen ustalitveni prag in prečkanje kanalizacije, uničeno obrežno zavarovanje



Junij 2008: sanirani obrežni zidovi in zavarovanja, ustalitevna drča varuje prečkanje kanalizacije

SELŠKA SORA v Zalem Logu



September 2007: močno erodirana levoobrežna konkava, poplavljeni in erozijsko ogroženi objekti, zastajanje nanosov v strugi



Junij 2008: sanirano levoobrežno zavarovanje – obloga s krilnimi pragovi

SELŠKA SORA v Zalem Logu



September 2007: razdejana struga, močno erodirane brežine, poplavljeni in erozijsko ogroženi objekti



September 2009: sanirano levoobrežno zavarovanje, protipoplavni nasip

Hudournik PRUHARICA nad Zalem Logom



September 2007: močna erozija v zaledju, obilne grobe plavine so zasule vas, ki se nahaja na vršaju



Oktober 2009: zaplavna pregrada na vrhu vršaja nad vasjo

Hudournik DAVŠČICA pri Rantu



September 2007: popolnoma razdejana struga in okolica, uničena cesta in most



September 2008: sanirani obrežni zidovi in za-varovanja ter mostni oporniki, dno ustaljeno z drčami

Pritok Davščice pri Rantu



Oktober 2007: z nanosi zasut vršaj in erodirana struga, odnešen mostiček



September 2008: urejena struga preko vršaja, manjša zaplavna pregrada na vrhu vršaja, urejeni prehodi preko struge

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti v Zgornji Davči



Oktober 2007: močno poglobljena struga in velika zajeda v levoobrežni konkavi, odnešena cesta



Oktober 2008: sanirana levoobrežna zajeda, ustaljena struga s pragom, ki umirja hudourni vodo

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti v Zgornji Davči



Oktober 2007: močno poglabljena struga in velika zajeda v levoobrežni konkavi, odnešena cesta (pogled dolvodno)



Oktober 2008: sanirana levoobrežna zajeda, ustaljena struga z ustalitveno zaplavnim pragom, ki umirja hudourni vodo (pogled dolvodno)

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti v Davči



Oktober 2007: zasuta struga in okolica, usad v desni konkavi, poplavljen in poškodovana cesta



September 2009: sanirana struga in desnoobrežni usad

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti v Davči



Oktober 2007: velika zajeda v cesto, zastajanje plavin v strugi



September 2009: sanirana zajeda z levoobrežnim zavarovanjem, uvajalno zaplavni prag na začetku odseka, ki tudi umirja hudourni vodo

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti pri orodjarni v Davči



Oktober 2007: velika zajeda v cesto, močno poglobljena struga (pogled dolvodno)



Oktober 2009: sanirana leva brežina, zaplavno ustalitvena pregrada na dolvodnem koncu (pogled dolvodno)

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti gorvodno od orodjarne v Davči



Oktober 2007: velike zajede v cesto, močno poglobljena struga (pogled dolvodno)



Oktober 2009: sanirana leva brežina, struga ustaljena z ustalitvenimi pragovi (pogled dolvodno)

Hudournik DAVŠČICA ob lokalni cesti gorvodno od orodjarne v Davči



Oktober 2007: velika zajeda v cesto, močno poglobljena struga (pogled dolvodno)



Oktober 2009: sanirana leva brežina, struga ustaljena z ustalitvenim pragom, ki tudi umirja hudournu vodo (pogled dolvodno)

Hudournik DAVŠČICA ob reg. cesti v Spodnji Davči



November 2007: spodkopani podporni zidovi reg. ceste, močno poglabljena struga, desno pobočje plazi v strugo (pogled dolvodno)



Oktober 2009: zaplavno ustalitvena pregrada na dolvodnem koncu odseka (zaplavek je še prazen), sanirani podporni zidovi reg. ceste (pogled dolvodno)

Hudournik DAVŠČICA ob reg. cesti v Zaliloški Davči



November 2007: spodkopani podporni zidovi reg. ceste, odsek struge zelo primeren za zaplavno pregrado



September 2009: zaplavna pregrada in ustaljitveni predrag

Hudournik ČEŠNJICA v zaledju nad Rudnim



Oktober 2007: poglabljena in razširjena struga, dva večja usada v levi konkavi, obilne plavine ogrožajo dolvodne odseke skozi vas Rudno



Avgust 2008: Ustaljena struga in sanirana usada z dvema ustaljitveno zaplavnima pregradama, ki tudi umirjata hudournou vodo

Hudournik ČEŠNJICA v Rudnem



Oktober 2007: poglobljena struga, kritično spodkopani in deloma podrti obrežni zidovi, erodirane brežine, sprožil se je manjši usad



Marec 2008: sanirani in dopolnjeni obrežni zidovi, saniran desnoobrežni usad, struga je ustaljena s pragovi

Hudournik ČEŠNJICA nad Rudnem



September 2007: razdejana struga gorvodno od obstoječe kinete, poškodovano ali odnešeno obrežno zavarovanje, zajede (pogled dolvodno)



Julij 2009: sanirana in ustaljena struga s tristo-penjskim ustaljitveno umirjevalnim pragom (pogled dolvodno)

Hudournik ČEŠNJICA pod ribiškim domom



December 2007: Razdejana struga, poškodovano ali odnešeno obrežno zavarovanje, zajede, poškodovan most (pogled dolvodno)



September 2009: Sanirane brežine in mostni oporniki (pogled dolvodno)

Pritok Češnjice v Rudnem



September 2007: razdejanje na vršaju - zamašen prepust, poplavljena in zasuta hiša in cesta, močno erodirana zaledna grapa



Avrust 2009: zaplavna pregrada na vrhu vršaja, urejena struga do novega prepusta

Hudournik DAŠNICA pred Podlonkom



Oktober 2007: na vršaju zasuta cesta in zamašen prepust, močno erodirana zaledna grapa, sproščanje velikih količin plavin



Oktober 2009: zaplavna pregrada na izteku grape, utrjena struga do prepusta

Hudournik DAŠNICA pred Podlonkom



Oktober 2007: poglobljena in razdejana struga, plazenje pobočij z obeh strani, sproščanje plavin



Oktober 2009: struga ustaljena z nizom ustaljenih kašnih pragov

Hudournik DAŠNICA pred Podlonkom



Oktober 2007: razdejana struga dolvodno od prepusta, sproščanje plavin



Oktober 2009: sanirana struga in prepust, ustalitveni prag

ZADNJA SORA v zaselku Pri Matiji



September 2007: erodirane brežine, odnešen most, poplavljen hiša



September 2008: sanirani obrežni zidovi in zavarovanja, ustaljeno dno z drčo, saniran usad

ZADNJA SORA v zaselku Pri Matiji



September 2007: erodirane brežine, poplavljen hiša, usad na desni brežini



September 2009: sanirana obrežna zavarovanja, saniran usad

Hudournik ŠTULČEV GRABEN v zaselku Pri Zgagi



September 2007: popolnoma zasut in razdejan izlivni odsek struge, usad zdrsnil v strugo, velike količine nanosov iz zaledja



Avgust 2008: sanirana in nadvišana pregrada, očiščena struga in zaplavni prostor

Hudournik NIDRARSKA GRAPA pod vasjo Sorica



September 2007: močno erodirana struga, odnešeno zavarovanje



September 2008: sanirano zavarovanje struge in ustalitveni pragovi

Hudournik NIDRARSKA GRAPA nad zaselkom Področ



September 2007: z nanosi zasut izlivni odsek in sotočje s Štajnpohom, ogromne količine plavin iz zaledja



September 2008: zaplavna pregrada pod sotočjem s Štajnpohom

Hudournik NIDRARSKA GRAPA nad zaselkom Podrošt



September 2007: z nanosi zasut izlivni odsek, preplavljeni in zasuti vrtovi, dvorišča in dovozna cesta



Oktober 2008: sanirano desnoobrežno zavarovanje in ustalitveni pragovi

Hudournik DANJARSKA GRAPA pri sotočju z Nidrarsko grapo



Oktober 2007: z nanosi zasut izlivni odsek, odnešena gozdna cesta, ogromne količine plavin iz zaledja



Oktober 2008: zaplavna pregrada in gozdna cesta preko krila, saniran prehod ceste preko struge

NEURJE SEPTEMBER 2009 - GOZD MARTULJEK

Darko BURJA, Tina MAZI, Ljiljana SMILJIĆ
Inštitut za vode Republike Slovenije
Franci ROJNIK
Inženiring za vode d.o.o.

Zgornjesavsko dolino je v petek, 4. septembra 2009, in v noči s petka na soboto, 5. septembra 2009, zajelo močno neurje. Količine padavin so bile izjemno visoke. Na meteorološki postaji Kranjska Gora je bila 5. septembra 2009 ob 8.00 uri izmerjena dnevna (24-urna) višina padavin 207 mm, kar pomeni več kot 100-letno povratno dobo. Na samodejni postaji Rateče so 4.9.2009 ob 17:55 zabeležili najmočnejši naliv, ki je trajal 90 min. Izmerjena višina padavin je znašala 67 mm (povratna doba 100 let). Najvišji pretok Save Dolinke pri tem dogodku je bil na vodomerni postaji Jesenice 144 m³/s (povratna doba cca. 10-20 let) in na vodomerni postaji Blejski most 204 m³/s (povratna doba cca. 5 let). Najvišji pretok na vodomerni postaji Blejski most je bil zabeležen 5.9.2009 ob 0:00. Višina vode pri tem pretoku je znašala 256 cm. Naj kot zanimivost navedemo, da so 24 ur prej, to je 4.9.2009 ob 0:00, zabeležili pretok 15,1 m³/s in višino vode 57 cm, 4.9.2009 ob 20:30 pretok 46,2 m³/s in višino 104 cm, ter dve uri kasneje, ob 22:30, pretok 146 m³/s ter višino 209 cm.

Intenzivne padavine, stekajoče se v hudourniških grapah v zgornjih povirjih, so povzročile sproščanje in odplavljanje velikih količin hudourniških nanosov, ki so potovali skupaj z visokimi vodami proti Pišnici in Savi Dolinki. Zaradi obilnih padavin se je sprožilo več plazov (pobočnih zdrsov drobirskega materiala, prepojenega z vodo). Zato sta bili zaprti cesti Kranjska Gora – Vršič in Mojstrana – Vrata. Visoke vode Pišnice in Save Dolinke so lokalno erodirale brežine, kar je posledično povzročalo sproščanje velikih količin prodnih materialov in rušenje obrežne vegetacije. Tako so ob tem neurju potovale po strugah velike količine plavin in plavja, ki je ob premostitvah, predvsem ob opornikih v koritu, povzročalo velike težave. Zaradi erozijskih procesov so nastale poškodbe na vodni in tudi drugi javni infrastrukturi.

Na območju Pišnice dolvodno od opuščenega železniškega mosta v Kranjski Gori do sotočja s Savo Dolinko in naprej mimo Srenškega mosta do cestnega mosta prek Save v Martuljku je v času divjanja neurja nastalo več kritičnih lokacij. Dolvodno od stabilizacijskih pregrad pod opuščenim železniškim mostom je bila že pred zadnjim neurjem na desnem bregu obsežna erozijska zajeda, ki se je še močno povečala (slika 11 in slika 12). Tako lahko pričakujemo, da se bo ob vsakih naslednjih visokih vodah rob zajede še bolj približeval naselju. Poleg tega je nastala velika zajeda tudi na na-

sprotnem bregu gorvodno od MHE.

Na območju sotočja Save Dolinke in Pišnice je bilo v preteklosti obsežno prodišče, kjer se je po naravni poti izravnavala prodonosnost reke. Zaradi daljše prekinitve dotokov prodnih nanosov v preteklosti je prišlo do poglobljanja in vijuganja struge znotraj območja prodišča. Zaradi bolj koncentriranega odtoka visokih vod po teh strugah se pojavlja predvsem bočna erozija na konkavnih bregovih, kar povzroča še ostrejše krivine in posledično še izrazitejše zajedanje v bregove. Tako je med omenjenim neurjem nastala tudi kritična zajeda desne brežine gorvodno od Srenškega mosta (slika 9). Tu lahko pride ob naslednjih, morda še višjih vodah do preboja desne brežine mimo premostitve.

Podobno prodišče je bilo v preteklosti tudi dolvodno od Srenškega mosta, kjer je zaradi enakih razmer kot na prejšnjem odseku prišlo do poglobljene vijugaste struge. Vsaka naslednja visoka voda povečuje obrežne zajede, ki ogrožajo komunalno infrastrukturo (kanalizacijski kolektor, vzdrževalne poti ob strugi) in odnaša priobalna zemljišča. Tako se je na območju začetka Martuljka povečala zajeda za cca 8m (slika 10), naslednja visoka voda pa tako lahko ogrozi vzdrževalno pot in nato še kanalizacijski kolektor.

Zaradi visoke vode in plavja je bila močno poškodovana tudi brv čez Savo Dolinko v naselju Gozd Martuljek. Brv povezuje jedro naselja s hotelom Špik. Prek brvi je bil pritrjen tudi vaški vodovod, ki je bil prav tako onespособljen. V noči s petka na soboto je zaradi velike količine plavja, ki se je zaustavilo ob srednjem oporniku, le-tega odneslo (slika 7 in slika 8). Zaradi zmanjšanja pretočne odprtine brvi in sorazmerno nizkega levega brega gorvodno je bil preplavljen tudi travnik na levem bregu gorvodno in dolvodno od brvi (shematsko označeno na karti, slika 4). Tudi naprej dolvodno so nastale lokalno večje erozijske zajede in ogrozile kanalizacijski kolektor, ki poteka vzporedno s strugo Save Dolinke.

Za območje Pišnice in Save Dolinke od Kranjske gore do pritoka Martuljek sta bila pred časom izdelana idejna projekta ureditve in stabilizacije strug, vključno z ohranjanjem obeh prodišč in sicer: Ureditveni načrt sotočja Save Dolinke in Pišnice (VGI Ljubljana, C-490, maj 1997) in Sava Dolinka v območju Gozd Martuljka od km 35,5 do km 38,1 (IZVO d.o.o., Ljubljana, januar

2003). Načrta sta bila zasnovana tako, da se struge postopno stabilizirajo, tokovi visokih vod pa usmerjajo z jezbicami in usmerjevalnimi krilnimi pragovi. Predvidena je bila uporaba naravnih materialov, predvsem kamna, lesa in čim več biotehničnih zavarovanj (živi vrbovi tepihi, potaknjenci, vrbovi popleti ...). Dokumentacija je bila pripravljena kot celostna

osnova za izdelavo izvedbenih načrtov posameznih pododsekov za postopno urejanje kritičnih lokacij.

Žal pa je ostalo le pri načrtih. Tako so razmere po vsakih visokih vodah še bolj nepredvidljive in nevarne.



Karta 1: Gozd Martuljek, označena je lokacija v neurju poškodovane brvi in območje, do katerega se je razlivala voda



Slika 1: Dolvodno od brvi pred neurjem (avtor: Franci Rojnik).



Slika 2: Dolvodno od brvi med neurjem septembra 2009 (avtor: Katarina Črv), 4.9.2009 ob 19.30



Slika 3: Gorvodno od brvi pred neurjem (avtor: Franci Rojnik).



Slika 4: Gorvodno od brvi med neurjem septembra 2009 (avtor: Katarina Črv), 4.9.2009 ob 19.30



Slika 5: Brv-pogled gorvodno pred neurjem (avtor: Franci Rojnik).



Slika 6: Brv iz gorvodne strani med neurjem septembra 2009 (avtor: Katarina Črv), 4.9.2009 ob 19.30



Slika 7: Brv, poškodovana v neurju septembra 2009 (avtor: Benjamin Črv) 5.9.2009



Slika 8: Naplavljen material, ki je povzročil poškodbo brvi, septembra 2009 (avtor: Ljiljana Smiljić), 11.9.2009



Slika 9: Erodირana desna brežina nad Srenškim mostom, november 2009 (avtor: Franci Rojnik)



Slika 10: Erodირana desna brežina na območju G. Martuljka, november 2009



Slika 11: Erodირana desna brežina dolvodno od žel. mosta v Kranjski gori, julij 2005



Slika 12: Erodირani obe brežini dolvodno od železnškega mosta v Kranjski gori, september 2009

Viri:

- Poročilo o obilnih padavinah od 3. do 5. septembra 2009, ARSO, september 2009 .
- Sava Dolinka v območju Gozd Martuljka km 35.5 do km 38.1, RF-62-02, IZVO d.o.o., januar 2003.
- Hidrološka študija Sava Dolinka, C-159, VGI, december 1995.
- www.arso.gov.si, oktober 2009

SANACIJSKA DELA NA HUDOURNIKU ČERINŠČICA, KI JIH JE V LETU 2009 OPRAVILO PODJETJE ZA UREJANJE HUDOURNIKOV D.D.

Aleš ZALETEL, Robert KREFT
PUH d.d.

1. Uvod

Čerinščica je večji desni pritok Cerknice v njenem zgornjem teku in ga lahko obravnavamo kot erozijsko zelo aktiven in nevaren hudournik. Njegovo zlivno območje je pahljačasto oblikovano in obsega v srednjem teku strmo grapo, ki se nad območjem Velikega Njivča razcepi v številne strme pritoke.

Vodozbirno območja tvorijo kmetijske površine, travniki in pašniki, katerih velik delež leži na strmih pobočjih in grebenih, okoli zaselkov in kmetij v Gorenjih Novakih.

Geološko podlago obravnavanega zgornjega dela območja tvori primarna preperina psevdozilijske formacije (skrilavi glinavci, črn skrilavec, peščenjaki). Vmes so posamezni vložki črnega skrilavega glinavca in kremenovega peščenjaka ter posamezni bloki apnenca. S stališča hudourniške erozije je taka geološka podlaga zelo neugodna, saj je neprepustna (hitro in obilno površinsko odtekanje), razpadljiva oz. izpostavljena eroziji (močno sproščanje plavin, obilni nanosi) ter plazovita (usadi, plazovi).

Dne 18.9.2007 so se izredno intenzivne padavine, ki so zajele širšo območje Porezna, s svojo rušilno močjo znesle nad celotnim območjem hudournika Čerinščica in Gorenjih Novakov. Ekstremna količina vode je v zadnjem hudourniku povzročila močno bočno in globinsko erozijo struge ter sprožila številne večje in manjše zemeljske plazove. Ves erodirani material se je kot drobno murasti tok valil po strugi Čerinščice navzdol in pred seboj uničeval vse, kar je dosegel. Poškodoval je lokalne ceste in priobrežna zemljišča. Na srečo stanovalskih in gospodarskih objektov ob sami strugi na območju Gorenjih Novakov ni. Če pa bi bili, bi nastala ogromna gospodarska škoda. Rušilna pot se je nadaljevala skozi kanjon Pasice, v katerem so do tega usednega dne stali objekti partizanske bolnišnice Franja. Mali pretočni profil struge, vrezan v skalo, se je zasul s delom transportiranega materiala, druge plavine in vode pa so se razlile po celotni širini kanjona in porušile vse objekte bolnišnice ter jih odnesle s seboj. Drobno murasti tok z razvalinami bolnišničnih objektov je nadaljeval svojo rušilno pot naprej. Na iztoku iz soteske Pasica je popolnoma uničil strugo vodotoka, porušil lesen most na poti proti Podnjivču ter se zlil

v hudournik Cerknica. Količina prispelih plavin je bila tudi za Cerknico vse prevelika, zato se je rušilna pot plavin Čerinščice, razvalin objektov partizanske bolnišnice Franja, erodiranega materiala iz struge Cerknice in vode nadaljevala po strugi Cerknice proti Cerknemu. Na srečo je bila tako močna intenzivnost padavin zelo kratkotrajna in so se plavine zaradi zmanjševanja količine vode odložile v strugi Cerknice nekaj kilometrov pred Cerknim. Kaj bi se zgodilo v Cerknem, če bi tako intenzivne padavine trajale 15 ali celo 30 minut dlje, pa bolje, da ne pomislimo, saj bi bila tragedija neizogibna. Za celostno sanacijo in stabilizacijo hudournika Čerinščica in dolgoročno zagotovitev varnosti Gorenjih Novakov, partizanske bolnišnice Franja in Cerknega so se kmalu po končanih najnujnejših interventnih delih lotili izdelave potrebne projektne dokumentacije. V maju letošnjega leta pa je Podjetje za urejanje hudournikov d.d. začelo graditi prve objekte sistema, ki bo zagotavljal maksimalno možno varnost bolnišnici Franja in Cerknemu. Dela so bila razdeljena in opravljena v dveh sklopih.

2. I. SKLOP: SANACIJA PLAZU ZA MALIM NJIVČEM IN ZAPLAVNA PREGRADA NA ČERINŠČICI

Stabilizacijsko podporna pregrada na vtoku v kanjon Pasice

- Za preprečitev ponovnega zasutja kanjona Pasica in s tem za zavarovanje bolnišnice Franja je na samem vtoku v kanjon zgrajena lovilno stabilizacijska pregrada skupne višine 10 m. Ko bo njen zaplavni prostor poln, bo podprla tudi peto plazu na levi brežini tik nad vtokom v sotesko. Spodnji del pregrade je do višine 3m zgrajen iz kamnja v betonu. Zgornji del, višine 6m, pa je zgrajen iz specialnega globoko sidranega žičnega pletiva visoke natezne trdnosti. Ta tip objekta, ki je po svetu znan kot »Sistem za zadrževanje drobirskega toka« (debris flow barrier), je postavljen prvič v Sloveniji.



Slika 1: Stabilizacijska podporna pregrada na vtoku v kanjon Pasice (avtor Polona Avanzo)

Za izvedbo tega tipa objekta smo se namesto armirano betonske pregrade, kot je bilo prvotno predvideno v projektu, odločili zaradi naslednjih prednosti:

- Tako zgrajen objekt omogoča, ob demontaži mrežne konstrukcije, kontrolirano praznjenje zaplavnega prostora pregrade, kar je pri armirano betonski pregradi zaradi nedostopnosti terena skoraj nemogoče.
- Zaradi bočnega sidranja v stene kanjona je kasneje možno objekt nadvišati oziroma zgraditi še en tak objekt tik za prvim. Pri armirano betonski pregradi to zaradi stabilnosti objekta ni možno.
- Ves material, potreben za graditev, se je v sotesko preko zamočvirjenega terena in plazu ob vodotoku v kanjon transportiral z goseničnim transporterjem – demperjem in žičnico. Pri postavitvi armirano betonske pregrade bi bilo skoraj nemogoče zagotoviti ustrezno kakovost betona.

Zaplavno lovilna pregrada v km 1,5

Pregrada je zgrajena kot težnostna kamnito betonska pregrada z armirano zadnjo stranjo. Dolga je 35 m in na prelivu visoka 4 m. Za zaščito temelja ima izdelano podslapje z vodno blazino višine 70 cm, ki se končuje z zaključnim pragom iz kamnja v betonu in zavarovanjem pragu s kamnito zložbo v suho. Stoji na zadnjem mestu pred kanjonom Pasica, do katerega je še mogoče priti s tovornimi vozili in gradbeno mehanizacijo. Namenjena je zadrževanju plavin, ki se ob visokih vodah transportirajo po tem odseku hudournika Čerenščica, in njihovemu kontroliranemu odstranjevanju. Njen zaplavni prostor omogoča zaustavitev od 2400 do 3300 m³ plavin. Količina zadržanih plavin je odvisna od vrste plavin, saj so na ustju pregrade postavljene grablje iz jeklenih profilov, ki bodo preprečevale nadaljnji transport večjega materiala. Do pregrade smo zgradili tudi dostopno cesto, ki jo bodo vzdrževalci uporabljali za čiščenje in odvoz materiala, nanesenega iz zaplavka.



Slika 2: Zaplavno lovilna pregrada v km 1,5 (avtor Polona Avanzo)

Sanacijska dela na plazju in plazovitem terenu za Malim Njivčem

Na levi strani Čerinščice je na območju od vtoka v kanjon Pasice do zaplavne pregrade v km 1,5 in do lokalne ceste ves svet v labilnem stanju, preprečen z vodnimi izviri in jarki. Na samem vtoku v kanjon se je 18.9.2007 na površini ca. 14.500 m² aktiviral plaz, ki pritiska in se pomika v strugo. Za preprečitev zatekanja vode v plaz se je nad plazom zgradil uvajalni objekt iz kamnja v betonu, ki zbrano vodo iz dveh strug usmerja v PEHD-ceveh Ø 600 mm. Te so obešene na skalnato brežino Malega Njivča in prek plazu odvajajo vodo v strugo Čerinščice.

Podzemne vode smo iz terena odvedli s sistemom drenaž, katerih lokacijo in globino smo določali na podlagi projekta sanacije, sondiranja ter usklajevanja z geologom in projektantom.

Jarki prek plazovitega območja so bili zaščiteni z velikimi hudourniškimi kanaletami ter prečnimi objekti, izvedenimi kot lesene kašte ali kamnito betonski pragovi. Tip stabilizacijskega objekta sta narekovali geološka podlaga in stabilnost terena, na katerem je bil zgrajen.

Po končanih delih se je vse površine splaniralo in zatravilo.



Slika 3: Ureditev jarka s hudourniškimi kanaletami in lesenimi kaštami (avtor Polona Avanzo)

3. II. SKLOP: SANACIJA ČERENŠČICE – I. PRIORITETA

Sanacija Čerenščice ob cesti pod Kozincem – na km 2,60 do km 2,75

Omenjeni odsek je bil močno poškodovan, očitno je bilo delovanje intenzivne bočne erozije, aktiviralo se je več manjših usadov na obrežnih površinah. Labilnost brežin je ogrožala lokalno cestno povezavo (do Kazinca), obstajala pa je tudi možnost splavitve posameznih brežin v sam pretočni profil in s tem nastanek hidravličnih zajezeb.

Za stabilizacijo nivelete struge ter labilnih usadnih brežin, ki so neposredno ogrožale cestne objekte, sta bili zgrajeni dve zaplavno – ustaliteni pregradi iz kamna v betonu višine 3,50 m oziroma 3,00 m ter šest ustalitenih pragov s pripadajočimi obrežnimi zavarovanji.

Sanacija izlivnega odseka pritoka Čerinščice v km 2,62 – pod Kozincem

Odsek je bil močno razdejan, aktiviranih je bilo več lokalnih usadov brežin, ki so povzročili zamašitev pretočnega profila. Ekstremna in napredujoča erozija v zaledju je sprostila veliko plavin, ki so zasule izlivni odsek, zamašile prepust na lokalni cesti in ogrožile njeno prevoznost.

V sklopu sanacije je bilo poskrbljeno za ureditev odseka s stabilizacijo nivelete dna struge, rekonstrukcijo prepusta ter podporo labilnih brežin na skupni dolžini 90,00 m. Na spodnjem delu odseka sta bila za preprečevanje poglobljanja dna struge postavljena dva praga iz kamna v betonu stopnje 1,70 m. Više v strugi je bila sezidana težnostna zaplavna pregrada višine 4,50 m, in sicer iz kamna v betonu, tako da bo kontrolirano zadrževala hudourniške plavine in podprla spodjedene bregove gorvodno.

Sanacija Čerenščice nad mostom pri Brejcu od km 2,37 do km 2,47

Visoke vode so iz zaledja transportirale velike količine plavin ter zasule pretočni profil pred premostitvijo pri Brejcu.

Za preprečevanje poglobljanja struge so bili sezidani trije ustaliteni pragovi iz kamna v betonu s stopnjo $h=0,50-0,70$ m. Med pragovi je bila zavarovana brežina z zložbo iz lomljenca v suho oziroma, kjer je bilo potrebno, v kombinaciji z betonom.

Sanacija Čerenščice od km 2,75 do km 2,95

Obravnani odsek hudournika Čerenščica je bilo treba ustaliti ter ga zaščititi pred erozijskimi procesi. Tako je bilo za prekinjanje masovnega transporta plavin ter ustalitev nivelete in brežin postavljenih pet zaplavno ustalitenih pregrad. Prva pregrada, na koncu odseka, je izdelana kot težnostni objekt iz grobega kamna v betonu. V območju desnega krila je sidrana na veliko in stabilno skalno samico, prav tako pa so v primarno hribino sidrani tudi temelji in levo krilo pregrade. Za-

plavek pregrade se ne bo čistil in bo višinsko segal do podslapja višje ležeče pregrade. Funkcija omenjenega zaplavka je podpreti peto nestabilne in plazljive brežine ter preprečiti njeno nadaljnje plazenje v strugo.

Nad omenjenim zaplavkom je bila leva brežina plazljiva, zato je bil ta del saniran s tremi ustalitenimi pregradami iz dvostenskih lesenih kašt, polnjenih z lomljenjem. Zaradi plazljivega in nestabilnega pobočja oz. brežine so pregrade iz lesenih kašt na tem odseku primernejše od togih kamnito betonskih objektov.

Nad prečkanjem ceste čez hudournik stoji pregrada, ki je podobna pregradi na koncu odseka. Kapaciteta zaplavnega prostora za pregrado je ocenjena na okoli 400 m³ in ga bo možno prazniti. Dostop do njega bo med praznjenjem mogoč v območju levega krila pregrade.

Niveleta struge bo na odseku med omenjeno pregrado in lesenimi dvostenskimi kaštami zavarovana s petimi pragovi stopnje $h=0,80-1,00$ m. Brežine struge med ustalitenimi pragovi in pregrado na koncu odseka pa so zavarovane s kineto iz kamnite zložbe v betonu oz. v suho.



Sanacija razdejanega in plazovitega odseka pritoka Čerinščice v km 2,62 – pod Kozincem

Omenjena sanacija zajema manjši levi pritok Čerinščice s sotočjem v km 2,62. Gre za ca. 120-metrski naravni odsek hudourniške struge (neposredno pod domačijo Kozinc) brez obstoječih vodarskih objektov. Struga je bila močno razdejana, aktivirala sta se večji usad (levi breg) in manjši plaz (desni breg), neposredno pod domačijo Kozinc. Nad hišo je odneslo dostopno pot, v območju prečkanja pa je bil zasut in odnesen prepust. Nad prepustom je bila struga ekstremno erodirana, v strugi pa so bili zagozdeni čepi plavja in naplavin, formirane so bile naravne stopnje (do $h=2,0$ m) brez ustrezne konstrukcijske stabilnosti. Ogroženi so bili stanovanjski objekti, gospodarski objekti, gozdna dostopna pot ter elektroenergetska infrastruktura.

Za stabilizacijo plazu in usada je bilo tako napravljenih 5 ustalitenih pragov. Spodnja ustalitvena pragova ležita že zunaj območja delovanja plazu in sta izdelana kot težnostni kamnitobetonski pregradi stopnje 2,50 oz. 3,00 m. Sledi niz treh ustalitenih pragov iz dvo-

stenskih lesenih kašt, polnjenih s kamnom, s katerimi se je podprlo območje plazu na DB ter usada na LB. Kaštna izvedba je bila izbrana zaradi precejnosti same kaštne konstrukcije (dreniranje talne vode) ter zaradi večje podajnosti (v primerjavi s kamnitobetonskimi). Prav tako je bilo poskrbljeno za (stopničast) izkop plazljive preperine ter zasip brežine z ustreznim nekoherentnim materialom, ki je bil plastno utrjen. Zaradi posameznih izvirov v območju plazu pa je bilo poskrbljeno tudi za odvodnavanje talne vode z vzdolžno drenažo, ki je prek jaška speljana v strugo pritoka.

Na začetku odseka je bil za zaustavitev grobega plavja zgrajen lovilno-ustalitveni prag iz kamna v betonu stopnje 0,8 m z grabljastim prelivom iz jeklenih tirnic. Dno in obrežje struge med pragovi in pregradami je zavarovano s kineto iz večjih kamnitih blokov oz. v kombinaciji s betonom, kjer je to potrebno.

ZAKLJUČEK

Na koncu pa moramo opozoriti, da bosta popolna sanacija povirja Čerinščice in predvidena varnost Gorenjih Novakov, Partizanske bolnišnice Franja in tudi samega mesta Cerkno zagotovljeni šele po dokončanju objektov, ki so uvrščeni v II. prioriteto in se bodo gradili predvidoma v letu 2010 ter ob ustreznem spremljanju in vzdrževanju celotnega povirja hudo-urnika Čerinščica od vtoka v kanjon Pasica gorvodno. Če pa do realizacije ne bo prišlo, se bo zopet ponovila že uveljavljena praksa delnega – pomanjkljivega odpravljanja posledic neurij in čakanje na naslednje »ekstremno« visoke vode.

EKONOMSKE ANALIZE V SODOBNEM VODNEM NAČRTOVANJU TER V PROCESU PRIPRAVE NAČRTOV UPRAVLJANJA VODA V REPUBLIKI SLOVENIJI

Janez DODIČ, Špela PETELIN, dr. Aleš BIZJAK
Inštitut za vode Republike Slovenije

IZVLEČEK

V skladu z določili Direktive 2000/60/EC Evropskega parlamenta in sveta, ki določa okvir za delovanje Skupnosti na področju vodne politike in katere cilj je ohraniti in izboljšati vodno okolje (v nadaljevanju: vodna direktiva), je treba napraviti ekonomsko analizo storitev, povezanih z obremenjevanjem voda. Glavni namen ekonomske analize storitev, povezanih z obremenjevanjem voda, je pregled rabe vode po gospodarskih dejavnostih in vpliv teh dejavnosti na socialno-ekonomske kazalce ter posamezne vrste obremenitev. Hkrati mora ekonomska analiza vsebovati dovolj informacij za določitev, kateri ukrepi lahko ob upoštevanju njihovih stroškov najučinkoviteje izboljšajo stanje vodnega telesa.

Uvod

1. Namen prispevka

Glavni namen prispevka je predstavitev ekonomskih analiz v sodobnem vodnem načrtovanju ter v procesu priprave načrtov upravljanja voda v Republiki Sloveniji. Ekonomske analize in metode so v sodobnem vodnem načrtovanju novost v evropskem merilu. Treba jih je vključiti v celostni proces načrtovanja programov ukrepov, saj je vrednotenje stroškov ukrepov in njihova primerjava z učinkovitostjo eden ključnih korakov pri pripravi programov ukrepov in načrtov upravljanja voda. V nadaljevanju bodo podrobneje predstavljene glavne vrste ekonomskih analiz in njihova umeščenost v postopke sodobnega vodnega načrtovanja ter metodologija dela in vključitev ekonomskih analiz v proces priprave načrtov upravljanja voda v Republiki Sloveniji.

Ekonomske analize so pomembna podpora pri sprejemanju odločitev na področju upravljanja voda in pri pripravi načrtov upravljanja voda. Načrt upravljanja voda se na podlagi določb vodne direktive in Uredbe o podrobnejši vsebini in načinu priprave načrta upravljanja voda (Uradni list RS, št. 26/06, 5/09) sprejema za obdobje od leta 2009 do leta 2015 in pripravi za vodno območje Donave in vodno območje Jadranskega morja. S sprejetjem načrta upravljanja voda na obeh vodnih območjih delovanje na področju ekonomskih analiz ne bo zaključeno.

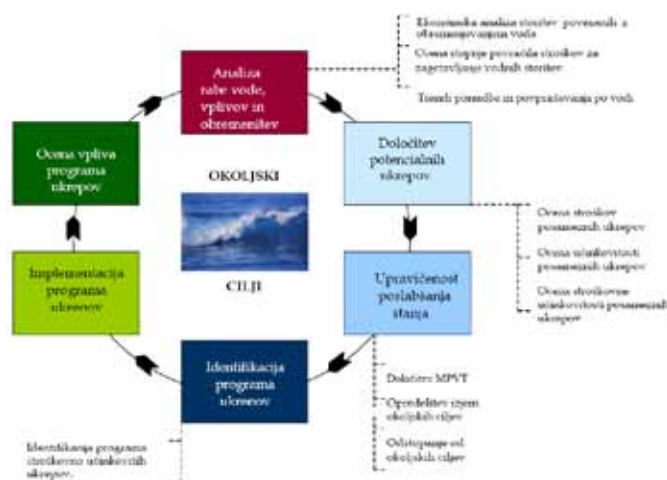
Ekonomske analize bodo imele pomembno vlogo tudi v naslednjih načrtovalskih obdobjih, saj bo treba določena področja analiz natančneje preučiti, hkrati pa bo potrebna nadgradnja že obstoječih vsebin.

2. Umeščenost ekonomskih analiz v postopke sodobnega vodnega načrtovanja

V Evropski skupnosti se z vodno direktivo ekonomija z ekonomskimi analizami jasno vključi na področje upravljanja voda in oblikovanje politike (Dodič, Bizjak, 2007). Za čim bolj učinkovito doseganje okoljskih ciljev poziva vodna direktiva k:

- uporabi ekonomskih načel (npr. načelo plača povzročitelj obremenitve);
- uporabi ekonomski pristopov in orodij (npr. analiza stroškovne učinkovitosti);
- uporabi ekonomskih instrumentov (npr. cenovna politika za vodo).

Slika 1 nazorno prikazuje umeščenost ekonomskih analiz v postopke sodobnega vodnega načrtovanja.



Slika 1: Umeščenost ekonomskih analiz v postopek sodobnega vodnega načrtovanja. Vir: Prirejeno po (CIS, 2003).

V nadaljevanju bodo podrobneje predstavljeni posamezni sklopi ekonomskih analiz, in sicer:

- ekonomska analiza storitev, povezanih z obremenjevanjem voda, in
- analiza stroškovne učinkovitosti z utemeljitvijo izjem okoljskih ciljev na podlagi ustreznih kriterijev.

3. Ekonomska analiza storitev, povezanih z obremenjevanjem voda

Površinska in podzemna voda se uporablja za širok spekter najrazličnejših gospodarskih dejavnosti. To so na primer pridobivanje energije, oskrba s pitno vodo, izpusti odpadne vode, ribištvo, ribogojstvo, kmetijstvo, predelovalne dejavnosti, turizem, plovba, naplavine so vir gradbenega materiala itd. Takšna uporaba lahko s posrednimi ali neposrednimi vplivi povzroči pomembno škodo za okolje, ki je pogosto ugotovljena šele zelo pozno. Zaradi tega imajo socialnoekonomski dejavniki pomembno vlogo na področju upravljanja voda in jih je treba upoštevati pri načrtovanju. Vodna direktiva v 5. členu poleg analize značilnosti vodnih območij in pregleda vplivov človekovega delovanja na stanje voda zahteva tudi, da se za vsako vodno območje napravi ekonomska analiza rabe vode. Prav tako tudi 17. člen Uredbe o podrobnejši vsebini in načinu priprave načrta upravljanja voda (Uradni list RS, št. 26/06, 5/09) določa izdelavo ekonomske analize storitev, povezanih z obremenjevanjem voda za vsako vodno območje in bolj natančno predpisuje njeno vsebino.

Glavne sestavine ekonomske analize storitev, povezanih z obremenjevanjem voda, so naslednje:

- Analiza gospodarskega pomena posamezne vrste storitve, povezane z obremenjevanjem voda

Namen analize je prikazati, kako pomembna je voda za gospodarstvo in socialnoekonomski razvoj na vodnem območju, in s tem upravičiti potrebe po večjem varovanju vode kot osnove za trajnostni razvoj. Pomen posameznih sektorjev v gospodarstvu ter njihovo obremenjevanje voda in potrebe na področju rabe vode je možno analizirati s pomočjo izbranih kazalcev.

SOCIALNOEKONOMSKI KAZALCI	KAZALCI S PODROČJA OBREMENJEVANJA VODA	
	ONESNAŽEVANJE	RABA
Število prebivalcev	Delež izpustov posameznega sektorja, ki presegajo mejne vrednosti	Odvzem vode posameznega sektorja
Bruto dodana vrednost posameznega sektorja		Raba vode za pridobivanje energije posameznega sektorja
Zaposlenost v posameznem sektorju		Raba naplavin posameznega sektorja Raba morskega dobra in vodnih zemljišč posameznega sektorja

Preglednica 1: Primer izbranih kazalcev za pripravo ekonomske analize storitev, povezanih z obremenjevanjem voda

Vir: (IzVRS, 2009a; IzVRS, 2009b).

- Analiza povračila stroškov posameznih vrst storitev, povezanih z obremenjevanjem voda

Povračilo stroškov storitev, povezanih z obremenjevanjem voda, je nujno za trajnostno rabo vodnih virov, ki omogoča dolgoročno razpoložljivost opravljanja storitev rabe vode. Zato 9. člen vodne direktive določa, da morajo države članice upoštevati načelo povračila stroškov storitev za rabo vode, vključno z okoljskimi stroški in stroški virov, v skladu z načelom „plača povzročitelj obremenitve“. Upoštevanje načela povrnitve stroškov, povezanih z obremenjevanjem voda, je predpisano tudi s 3. členom Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 110/02-ZGO-1, 2/04-ZZdl-A, 41/04-ZVO-1, 57/08).

- Analiza trendov posameznih vrst storitev, povezanih z obremenjevanjem voda

S pomočjo analize trendov je mogoče predvideti glavne gonile sile gospodarstva, ki bodo najverjetneje vplivale na rabo vode in njihovo obremenjevanje.

4. Analiza stroškovne učinkovitosti ter utemeljitev izjem okoljskih ciljev na podlagi ustreznih kriterijev

Kot že samo ime pove, se analiza stroškovne učinkovitosti (v nadaljevanju: ASU) ukvarja s presojo stroškov ukrepov za izboljšanje ekološkega stanja voda ter njihovo učinkovitostjo. Vodna direktiva določa, da mora ekonomska analiza vsebovati dovolj informacij za določitev, kateri ukrepi lahko ob upoštevanju njihovih stroškov najučinkoviteje izboljšajo stanje vodnega telesa.

Ukrepe delimo na osnovne in dopolnilne, ki jih v načrtovalskem procesu presojamo tudi z ekonomskega vidika in z vidika podnebne odpornosti. Osnovni ukrepi so predvideni z zakonskimi predpisi in podzakonskimi akti s področja voda ter predvsem operativnimi programi s področja upravljanja voda. Če tehnične analize pokažejo, da osnovni ukrepi ne bodo zadostovali za doseganje okoljskih ciljev na vodah, so potrebni dopolnilni ukrepi (Bizjak, Prestor, 2009).

Glavni namen ASU je presoja dopolnilnih ukrepov za izboljšanje trenutnega stanja voda in doseganje dobrega ekološkega stanja voda. Hkrati je osnova za odločanje o stroškovno najbolj učinkovitem programu ukrepov, ki bo pripeljal do izboljšanja stanja voda ter zapolnitve vrzeli med trenutnim stanjem in cilji vodne direktive (Dodič, Bizjak, 2009). Enotne metodologije v evropskem prostoru za ASU še ni. Osnove metodologije za ASU so bile izdelane v okviru pro-

jekta tesnega medinstitucionalnega sodelovanja med državami EU, z naslovom: »Razvoj finančnih instrumentov za upravljanje z vodami na podlagi Okvirne direktive o vodah 2000/60/EC, SI06/IB/EN/01«, ki se je uresničil v letu 2008.

V naslednjem koraku so bili stroškovno učinkoviti ukrepi presojani s strani tehnične izvedljivosti ukrepov do leta 2015. V primeru, da ukrepi do leta 2015 niso tehnično izvedljivi, se po določbah vodne direktive lahko uveljavljajo izjeme okoljskih ciljev. Izjeme teh ciljev se lahko uveljavljajo v obliki podaljšanja rokov za doseg okoljskih ciljev (2021, 2027). Če okoljskih ciljev vodne direktive s podaljšanjem rokov ni moč doseči, se lahko izjeme okoljskih ciljev uveljavljajo v obliki manj strogih okoljskih ciljev (IzVRS, 2009a; IzVRS, 2009b).

Naslednji kriterij za uveljavljanje izjem okoljskih ciljev je analiza nesorazmernosti stroškov. Nesorazmernost stroškov je lahko razlog za uveljavljanje izjem okoljskih ciljev v obliki podaljšanja rokov oziroma v obliki določitve manj strogih okoljskih ciljev (Wahliss et al., 2008). Stroški dopolnilnih ukrepov so nesorazmerni, če nimajo enakega socialno-ekonomskega vpliva na določene institucije, skupine ali ljudi. Na podlagi kriterijev za analizo nesorazmernosti stroškov sta bila za opredelitev izjem okoljskih ciljev na obeh vodnih območjih upoštevana naslednja kriterija (IzVRS, 2009a; IzVRS, 2009b):

primerjava stroškov programov ukrepov z izdatki za upravljanje voda in
višina stroškov glede na BDP (bruto domači proizvod).

Na podlagi analize nesorazmernosti stroškov je bilo ugotovljeno, da bo treba na obeh vodnih območjih za doseganje okoljskih ciljev uveljavljati izjeme okoljskih ciljev.

5. Zaključki

Ekonomske analize dobivajo v sodobnem vodnem načrtovanju vse večji pomen. Države članice EU se pri pripravi načrtov upravljanja z vodami srečujejo s številnimi problemi, kako vključiti ekonomske analize v sam načrtovalski proces. Vodna direktiva nas s svojimi zahtevami usmerja na pravo pot, težave pa ponavadi pokažejo v praksi. Slovenijo čaka na področju vodnega načrtovanja in ekonomskih analiz še veliko dela. Zatrđimo lahko, da so temelji za nadaljnje delo dobro postavljeni in da smo na pravi poti. Ne pozabimo, da ekonomska analiza ni tista, ki odloča, pa naj temelji na stroškovni učinkovitosti ali kateri drugi ekonomski metodi, podobno kot druge discipline in strokovna področja pomagajo pri sprejemanju boljših odločitev, saj ocenijo njihove ekonomske razsežnosti in vplive. Zato je zelo pomembno, da so ekonomska analiza in njeni rezultati tesno povezani z drugimi analizami in ocenami, ki podpirajo politične in upravne odločitve, ki so v sodobnem vodnem načrtovanju ključnega pomena.

Viri:

Bizjak, Aleš, Prestor, Joerg (2009). Kako do ciljev, zastavljenih do leta 2015? : sodobno vodno načrtovanje v Sloveniji. *Delo (Ljubl.)*, 19. mar. 2009, leto 51, št. 65, str. 18.

- CIS (2003). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) - Guidance document n.o 1 Economics and the environment The implementation challenge of the Water Framework Directive.
- Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. Oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike.
- Dodič, Janez, Bizjak, Aleš (2007). Ekonomske analize v sodobnem vodnem načrtovanju. V: *Zbornik referatov*, (Mišičev vodarski dan, št. 18). Maribor: Vodnogospodarski biro, 2007, str. 137-144, ilustr.
- Dodič, Janez, Bizjak, Aleš (2008). Ekonomske analize v procesu priprave načrtov upravljanja voda v Republiki Sloveniji: Pilotna študija v porečju reke Drave. V: 19. Mišičev vodarski dan 2008, Maribor, 8. december. *Zbornik referatov*, (Mišičev vodarski dan). Maribor: Vodnogospodarski biro, 2008, str. 134-139, ilustr.
- Dodič, Janez, Bizjak, Aleš (2009). Economic analysis in the process of the preparation of river basin management plans in Slovenia: the Drava River Basin pilot study. *Water sci. technol.*, 2009, vol. 59, no. 2, str. 353-358, ilustr.
- IzVRS (2009a). Strokovne podlage za pripravo načrta upravljanja voda na vodnem območju Donave. Inštitut za vode Republike Slovenije, 2009.
- IzVRS (2009b). Strokovne podlage za pripravo načrta upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja. Inštitut za vode Republike Slovenije, 2009.
- Uredba o podrobnejši vsebini in načinu priprave načrta upravljanja voda (Uradni list RS, št. 26/06, 5/09).
- Zakon o vodah (ZV-1) (Uradni list RS, št. 67-3237/02, 110/02-ZGO-1, 2/04, 41/04-ZVO-1, 57/08).
- Wahliss, Werner, et al. (2008). Economic guidelines for planning a programme of measures: Strategies for the implementation of the European Water Framework Directive. Ljubljana: s. n., 2008. 86 str., ilustr.
- Wahliss, Werner, et al. (2008). Economic guidelines for planning a programme of measures: Strategies for the implementation of the European Water Framework Directive. Ljubljana: s. n., 2008. 86 str., ilustr.

KATALOG DOBRIH PRAKS UREJANJA VODA

Petra REPNIK MAH
Inštitut za vode Republike Slovenije

Med dobre prakse urejanja voda uvrščamo ureditve, ki upoštevajo tako naravovarstvena kot razvojna načela sodobne družbe, hkrati pa udeležajo temeljni cilj sodobnega načrtovanja voda, t.j. preprečitev poslabšanja stanja in varovanje, izboljševanje ter obnove vseh vodnih teles površinske vode (Direktiva 2000/60/ES, § 4).

Dobre prakse urejanja voda pojmuje kot sonaravne ureditve, ki prinašajo številne okoljske, družbene in ekonomske koristi. V splošnem so zahtevnejše od klasičnih ureditev, saj se pri izvedbi intenzivne kažejo stroge zahteve naravovarstvenikov, nerešena zemljiška politika vodnih in priobalnih zemljišč, zahtevnejše načrtovanje in višji stroški izvedbe, predvsem pa vzdrževanja. Kljub navedenim omejitvam pa je treba poudariti številne prednosti, kot so: vplivajo na večjo prožnost ekosistema na zunanje vplive, omogočajo vzpostavitev zaščitne puferske cone pred onesnaženjem ter tako vplivajo na boljšo kvaliteto vode, ohranjajo naravne hidromorfološke procese in habitate, vplivajo na nemoteno bogatenje podzemnih voda idr. Prav tako sonaravne ureditve soustvarjajo privlačnejši bivalni prostor, spodbujajo povezovanje lokalnega prebivalstva ob vodnih površinah in vplivajo na večji socialni kapital, omogočajo kakovostnejše preživljanje prostega časa in vplivajo na višjo družbeno blaginjo, ponujajo možnost za boljšo turistično ponudbo in rekreacijo ter nenazadnje spodbujajo trajnostni razvoj.

Sonaravne ureditve voda v Sloveniji so se uresničevale že pred mnogimi leti – znana je graditev ribjih stez na Dravi, med katerimi je bila prva na hidroelektrarni (HE) Fala leta 1908, kasneje pa so bile številne ribje steze zgrajene tudi na drugih vodotokih (Povž, 2005). Prav tako beležimo primere sonaravnih ureditev na Kamniški Bistrici leta 1937 (slika 1-2), sonaravno ureditev Soče v Trenti leta 1991 (slika 9-12), renaturacijo Jeseniščice pri Mokronogu leta 1994 (slika 6) in številne druge ureditve. Intenzivna raba vodnih in obvodnih zemljišč ter poplavnih območij pa je narekovala številne ureditve, ki so bile opravljene večinoma togo, brez upoštevanja varstvenih vidikov, in tovrstne ureditve se žal prepogosto uresničujejo tudi danes.

V zadnjih letih so bile pri nas opravljene številne manjše sonaravne ureditve, predvsem v sklopu rednega vzdrževanja vodotokov ali novih ureditev. Zgrajeni so bili številni ribji prehodi, med njimi ribji prehod na Radovni v Grabčah, na Meži v Mežici, na Kokri na jezu ob deželni meji v Spodnjem Jezerskem (slika 3), na Savinji na Kolenčevem jezu nad Ljubnim, na Soči pri Doblarju idr., trenutno pa gradijo največji ribji prehod v Sloveniji na HE Blanca. V okviru manjših ureditev beležimo tudi graditev drstišč, npr. na HE Mavčiče (slika 4) in HE Vrhovo, in vrsto drugih sonaravnih ureditev, med njimi sonaravno obrežno zavarovanje Dravinje pri Studenicah (slika 5), sonaravno ureditev Bele pri Brdu pri Kranju (slika 7-8), vzpostavitev rečnega rokava na Dravi dolvodno od Markovcev, sonaravno sanacijo zajed na Branici pri Dolancih in številne druge ureditve, med njimi tudi vrsto manjših v okviru ekoremediacij. Trenutno v Sloveniji potekata tudi dve večji sonaravnih ureditvi vodotokov, in sicer na Muri in vodotokih na Cerkniškem jezeru, ki se uresničujeta v okviru namenskega sklada LIFE.



Slika 1-2: Sonaravna ureditev Kamniške Bistrice v Nožicah leta 1937 (avtor fotografij: neznan, arhiv B. Jenko)



Slika 3-4: Deželni jez na Kokri z ribjo stezo v bližini naselja Spodnje Jezersko leta 2008 (avtor fotografije: A. Bizjak) in drstišče pod HE Mavčiče leta 2005 (avtor fotografije: M. Povž)



Slika 5-6: Sonaravno zavarovanje brežine Dravinje v Studenicah leta 2007 (avtor fotografije: R. Kuzmič) in sonaravna ureditev Jeseniščice pri Mokronogu leta 2006 (avtor fotografije: P. Repnik Mah)



Slika 7-8: Bela pri Brdu pri Kranju pred sonaravno ureditvijo (dolvodno) in po sonaravni ureditvi (gorvodno) leta 2009 (avtor fotografije: Ž. Jeriha)

Z namenom celostnega pregleda nad opravljanjem sonaravnih ureditev na Inštitutu za vode Republike Slovenije pripravljamo katalog dobrih praks urejanja voda. Glede na izkušnje že izdelanih katalogov (A. Bizjak in sod., 2006; RRC, 2008) smo pripravili popisni list, s katerim želimo pridobiti splošne informacije o ureditvah, kot sta vrsta in lokacija ureditev, podrobnejše informacije o stanju pred in po ureditvi, ceni ureditev in viru financiranja ter druge informacije. Kot primer podajamo popisni list za ureditev Soče v Trenti (preglednica 1), kjer je bila prvotno toga regulacija z namenom izboljšanja hidravličnih in hidromorfoloških lastnosti sonaravno urejena.

Katalog dobrih praks bo v prihodnje dostopen prek aplikacije v elektronskem spletu, kjer bo možno pregledovanje kataloga, pridobivanje informacij o posameznih ureditvah, prav tako pa bo možno sprotno nadgrajevanje kataloga z novimi dobrimi praksami. Katalog bo omogočal izmenjavo idej in izkušenj s področja sonaravnega urejanja voda, predstavljal nove tehnike urejanja, omogočal promocijo projektantskega znanja ter nenazadnje pripomogel tudi k širšemu razumevanju pomena sonaravnega urejanja voda.

V katalog želimo zajeti čim več dobrih praks urejanja voda, zato k soustvarjanju kataloga vabimo vse, ki ima-

te kakršnekoli informacije o že opravljenih sonaravnih ureditvah ali ureditvah, ki se trenutno uresničujejo

oziroma so predvidene v prihodnje. Kontaktirajte na e-naslov: katalog@izvrs.si

Preglednica 1: Popisni list s podatki o sonaravni ureditvi Soče v Trenti

Katalog dobrih praks urejanja voda SONARAVNA UREDITEV SOČE V TRENTI	
Vrsta ukrepa: Sonaravno zavarovanje desne brežine Soče in ureditev odseka Ime porečja ali povodja: Soča Ime naselja v bližini: Trenta (744 m n.v.) Dolžina odseka: cca. 1000 m	
Ime in šifra vodnega telesa: VT Soča povirje-Bovec (SI6VT119) Lokacija (gorvodna koordinata): GKY 403651, GKX 140610 Začetek in trajanje izvajanja ukrepa: 1991-1992	
Vir pritiska: Promet Obremenitev: Bližina ceste, regulacija struge - togo zavarovanje brežine Vpliv: Spremenjeni hidromorfološki procesi, povečano erodiranje brežine, degradiran rečni habitat Cilj: Disipacija energije, umiritev bočne erozije, preusmeritev vodnega toka z namenom zavarovanja prometnice, sonaravna ureditev odseka in izboljšanje hidromorfološkega stanja odseka	
Opis stanja pred uresničenjem ukrepa: Toga regulacija struge z visokim zavarovanjem desne brežine, intenzivirana erozija brežine, izprano dno struge brez samic	
Opis ukrepa: Prestavitev posameznih samic v usmerjevalno jezbico na pritoku Soče ter znižanje brežine na pritoku Soče, graditev 6 jezbic na razdalji 15 m, zapolnitev vmesnega prostora s skalami v zamaknjeni liniji, sidranje prve vrste s traverzami, postavitve polovičnega krilnega pragu, sidranega s traverzami, postavitve krilnega pragu iz samic, vkopanih v dno in z dolvodne strani zaščitenih s serijo traverz, ohranitev drčev	
Opis stanja po opravljenem ukrepu: Vzpostavljeni značilni hidromorfološki procesi, učinkovita disipacija energije prek samic in jezbic, zmanjšani bočna in talna erozija, izboljšano hidromorfološko stanje oziroma stanje habitata, z značilno obrežno vegetacijo zaraščen odsek	
Dodatni ukrepi: /	Vpliv na obstoječo rabo: Ni vpliva
Cena ukrepa: cca. 150 mio SIT (4 mio €)* *revalorizirana vrednost z dne 1.1.1992 na dan 1.1.2009	Vir financiranja: Ministrstvo za promet in zveze (danes DRSC)
Projektant: mag. Rok Fazarinc (Inženiring za vode, d.o.o.)	

Slikovno gradivo:



Slika 9-10: Togo regulirani odsek Soče leta 1991 (avtor: R. Fazarinc)



Slika 11-12: Sonaravno urejeni odsek leta 2006 (avtor: R. Fazarinc)

Viri:

- Bizjak, A., Brooke, J., Bunzel, K., Holubová, K., Ionescu, I., Irmer, U., Koller - Kreimel, V., Laguna, M., Marttunen, M., Mohaupt, V., Moroz, S., Muotka, J., Naumann, S., Olsson, H., Pedersen, T.S., Pelikan, B., Piet, O., Pirker, O., Pollard, P., Rast, G., Rawson, J., Steinar, S., Törner, A., Van der Molen, D., Vial, I., Vogel, B., Von Keitz, S. 2006. Good practice in managing the ecological impacts of hydropower schemes, flood protection works and works designed to facilitate navigation under the Water Framework Directive. Version 4.2, case studies potentially relevant to the improvement of ecological status/potential by restoration/mitigation measures. Berlin: Water Framework Directive.
- Povž, M. Presekane tisočletne selitvene poti. <http://www.pozitivke.net/article.php/20050417192607392>.
- River Restoration Centre, 2008. Registering your Project. http://www.therrc.co.uk/rrc_form_proj_reg.php

VZDRŽEVANJE BANKIN

Mag. Tadej MARKIČ

Ministrstvo za promet Republike Slovenije, Prometni inšpektorat

1. Uvod

Po Zakonu o javnih cestah (ZJC - UPB1, Ur. l. RS št. 33/06, 14. člen, točka 23) je cestišče del javne ceste, ki ga sestavljajo vozišče, odstavní, ločilni in robni pasovi, kolesarske steze in pločniki ter bankine in naprave za odvodnjavanje tik ob vozišču ali robnem pasu (segmentni jarki ali mulde, koritnice). Zakon predpisuje v (14. člen, točka 41) za nivo rednega vzdrževanja predpisane enote mere za posamezna dela rednega vzdrževanja javne ceste ter njene zaščite, varstva okolja in varnosti prometa na javnih cestah. Vzdrževanje državnih cest (40. člen) je republiška javna služba. Državne ceste se morajo redno vzdrževati in obnavljati, tako da omogočajo varen promet.

V Pravilniku o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest (Ur. l. RS št. 62/98, 13. člen) spada pod dela rednega vzdrže-

vanja urejanje in vzdrževanje bankin. V 16. členu Pravilnika je natančno opisana oblika bankine. Bankina ne sme biti višja od kote roba vozišča, niti ne nižja za več kot 3 cm. Prečni naklon bankine mora omogočati odtok vode z vozišča in ne sme biti manjši kot 4 % in ne večji kot 10 %. Bankina mora biti poravnana in utrjena. Vidne in dostopne morajo biti prometna signalizacija in oprema ter cestne naprave in ureditve na bankinah.

Redno vzdrževanje cest



2. Urejanje turistične ceste preko Pokljuke RT3- 905



Zaradi previsokega roba bankine voda ni mogla odtekat, temveč je pričela erodirati rob bankine, vedno več dotekajoče vode je izkopal in podkopal asfalt tudi do 80 cm globoko. Po regionalni turistični cesti preko Pokljuke RT3- 905 je potekal ves promet Bled – Bohinj (PLDP), regionalna cesta 1 reda Bled – Bohinj R1- 209 je bila zaprta.



Iztok koritnice nima razpršilnega objekta, ob koncu utrjene koritnice je voda izkopala tolmun. Del vode je tekel dalje ob cesti in ponovno stružil bankino ob robu asfalta.



Pravilno urejen odtok iz koritnice, tudi katastrofalne vode 18.09.2007, ga niso poškodovale. Nagib bankine od vtoka dalje ne omogoča zveznega odtoka vode, že nastaja erozijski žleb ob stiku asfalta s peščeno brežino.



Pravilna oblika bankine, zadosten prečni nagib in ravnost zagotavlja zadostno oporo asfaltnim slojem, cesta je v celoti prestala neurje 18.09.2007 brez poškodb.



Kljub dotrajanemu asfaltu vozišča, cesta ni utrpela poškodb. Pravilno oblikovana bankina in koritnica sta v popolnosti zaščitila cestno telo.



Pravilno vzdrževani odsek ceste ni bil poškodovan, kljub katastrofalnemu deževju 18.09.2007



Priključek lokalne ceste v križišču za Bohinjsko Belo. Potok je naredil pravo razdejanje na lokalni cesti in na državno cesto R1-209 Bled-Bohinj odložil plavine in prod.



Zaradi nepravilnega, pa tudi nevzdrževanega vtoka potoka nad predorom, je del vode odtekal direktno preko portala železniškega predora.



Poplavljen predor Obrne na Bohinjski Beli. Železniška proga je bila v celoti zasuta. Železniški promet je bil nemogoč. Voda, ki je odtekala izven urejene struge, je prebila obok predora in odtekala skozi predor.



K sreči je voda sama naredila »šlic« in odtekla na nižji teren.



Bankine so višje od asfalta vozišča. Voda ni odtekala po vsej dolžini, temveč na določenih mestih koncentrirano, kjer je poškodovala bankino in nasip ceste, ves kamniti drobir pa odložila na kmetijskih površinah.

3. Zaključki

Bankine morajo biti pravilno oblikovane in vzdrževane. V neurju 18.09.2007 so urejene bankine lahko odvedle vso meteorno vodo brez poškodb, ceste so bile prevozne. Nevzdrževane in poškodovane bankine nepravilnih oblik, predvsem višje od asfaltnih slojev, so preprečile odtok vode z vozišča, zbrane večje količine vode pa so povzročile pravo razdejanje in celo neprevoznost posameznih odsekov. Od vzdrževalcev javnih cest je nujno treba zahtevati stalno urejanje bankin.

ODVODNJAVANJE CEST

Dr. Lidija GLOBEVNIK
Inštitut za vode Republike Slovenije

Društvo vodarjev Slovenije tvorno sodeluje z DRC, Družbo za raziskave v cestni in prometni stroki. Tako je DRC na idejno pobudo našega društva organiziralo posvet o odvodnjavanju cest, ki je potekalo 3. novembra 2009 v Ljubljani. Posvet je bil organiziran tudi s sodelovanjem Društva za ceste Ljubljana, Slovenskega geotehničnega društva in Direkcije RS za ceste. Gost srečanja je bilo Hrvaško društvo za ceste VIA VITA. Na posvetu je bilo predstavljenih osem referatov, ki so izdani tudi v tiskanem zborniku.

Vpliv ukrepov za odvodnjavanje na mehansko obnašanje, funkcionalnost in trajnost vozišč je opisala dr. Ana Petkovšek s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Glavno sporočila prispevka je, da je izredno pomembno dobro zasnovati odvodnjavanje že v fazi projektiranja in upoštevati vse geotehnične vidike. Enako je pomembno odvodnjavanje tudi med graditvijo, in to ne le samega cestnega telesa, temveč tudi odvodnjavanje zaledja med graditvijo. Od odvodnjavanja so odvisne tako varnost brežin kot stabilnost in trajnost spodnjega cestnega ustroja in nevezanih nosilnih plasti vozišč. Podani so predlogi ukrepov.

Strokovnjaki iz DVS, dr. Lidija Globevnik, Darko Anzeljc, dr. Monika Peterlin, dr. Boris Kompare in mag. Rok Fazarinc, so pripravili prispevek o medsebojnem vplivu cestnega in hidrografskega omrežja v Sloveniji. Izračunali smo, da sta dolžini mreže vodotokov in cest v Sloveniji skoraj enaki, to je 30.000 km. Nekaj manj kot desetino sestavljajo vodotoki 1. reda oziroma državne ceste. Prepletenost obeh mrež je velika, saj je kar tretjina vseh naših vodotokov od ceste oddaljena manj kot 50 m. Zavedanje, da je treba zmanjševati tveganja za pojave onesnaženja voda s cest, se je v Sloveniji začelo močnejše pojavljati v 80-ih letih prejšnjega stoletja, ko so nekatere prometne nesreče z izlivi nevarnih snovi oz. goriva povzročile akutna onesnaženja in veliko okoljsko škodo. Tako so se začeli uresničevati ukrepi za zadrževanje in delno čiščenje padavinskih voda, ki odtekajo z avtocest. Žal marsikateri obstoječi čistilni in zadrževalni bazeni na AC zaradi neustreznega vzdrževanja delujejo zgolj kot interventni zadrževalniki razlitih hidrofobnih tekočin. Poudarjeno je tudi, da se rekonstrukcije poškodb na cestah zaradi vodne ujme velikokrat ne opravljajo s preverjanjem dejanskega stanja (oziroma z vodnim soglasjem) in žal po starih načrtih, ko so bile prostorske in hidrološke razmere, ki so vladale v času projektiranja objekta, drugačne. Ob tem je treba nujno izdelati tudi karte poplavne in erozijske nevarnosti, saj s pravilnim umeščanjem (poteka) cest v prostor (ali pravilno rekonstrukcijo) lahko zmanjšamo možnost nastanka velikih škod na cestah in drugih

škod, ki nastajajo zunaj cest ob pojavu visokih voda in vodnih ujm.

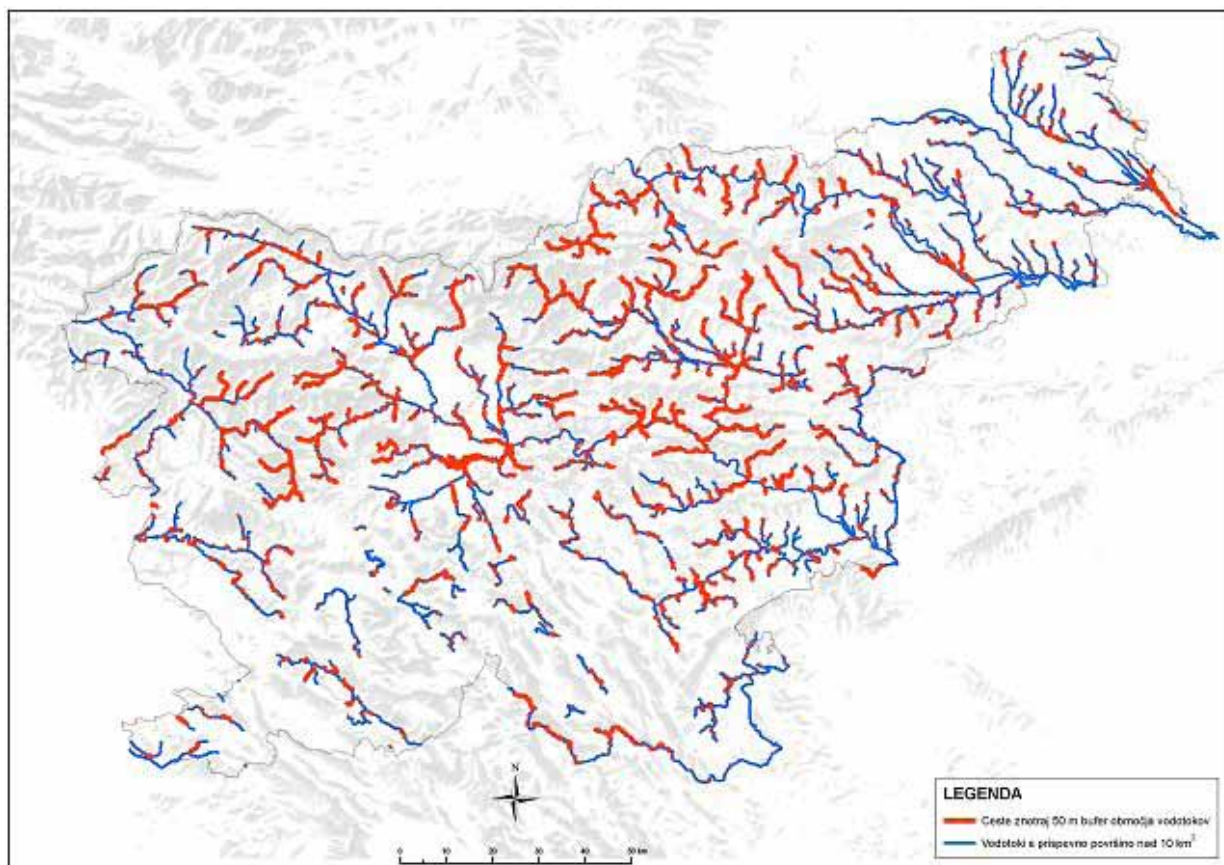
Problem urejanja urbane odvodnje ob intenzivnih nalivih s primerno izbiro jaškov in prostorsko razporeditvijo je obravnaval dr. Jovan Despotović z Gradbene fakultete v Beogradu. Analize so pokazale, da so za sprejemanje odtokov padavinskih voda v mestih izredno pomembni prostorska razporeditev zbirnih jaškov, velikost prečnih in vzdolžnih nagibov cestišča, geometrija cest in vzdrževanje jaškov. Predvsem prvo dejstvo, to je primerna razporeditev jaškov, je v praksi večinoma zanemarjeno. Če bi bili jaški postavljeni na razdalji med 20 in 40 m s primernimi odprtini rešetk, bi bilo sicer njihovo število veliko (in investicija večja), vendar bi se lahko zmanjšala investicija v kanalizacijski sistem. Ta je lahko namreč dimenzioniran na manjše vrednosti pretokov, ker se odtok s površin učinkoviteje razporeja po sistemu.

Odvodnjo padavinskih voda na kraških območjih Hrvaške je predstavil mag. Josip Rubinič z Gradbene fakultete na Reki. Problematika odvodnje s cest je aktualna, saj se je pokazalo, da je imela graditev avtocest in drugih prometnic na padavine s 2000-letno povratno dobo pozitiven učinek na zaščito kakovosti podzemnih voda na krasu. Kljub temu je še veliko odprtih dilem pri načrtovanju nadaljnje gradnje cest na Hrvaškem. Namreč, razmišlja se o drugačnih načinih preprečevanja koncentracij odtokov voda, kot je razporejanje odtokov vzdolž prometnic, zadrževanje vode na zatravljenih površnih, graditev ločilnih bazenov in podobno.

Izkušnje in rezultate spremljanja kakovosti s cest odvedenih padavinskih voda na Hrvaškem je podal gospod Edgard Roudnický iz Inženirskega projektnega zavoda v Zagrebu. Vzorčili so 46 lokacij na sektorju avtoceste Bosiljevo – Sveti Rok in ugotovili, da so obremenitve z organskimi snovmi, skupnimi maščobami in fenoli majhne. Povsod pa je v večjem ali manjšem številu zaslediti skupne koliformne bakterije, ki kažejo na onesnaženje fekalnega izvora.

V vodi so zabeležili tudi kadmij in večje vrednosti kloridov, ki so verjetno povezane s posipavanjem ceste.

Dr. Mihael Brenčič z Naravoslovnotehniške fakultete v Ljubljani je predstavil problematiko zaščite vodnih virov pred negativnimi vplivi s cest. Ceste zaradi številnih onesnaževal in posledično spremenjenih snovnih in energijskih tokov snovi v prostoru pomembno vplivajo na kemijsko, količinsko in ekološko stanje vodnih teles. Avtor je predstavil model širjenja onesnaževal s



Slika 1: Vodotoki s prispevno površino več kot 10 km², ki so od cest oddaljeni manj kot 50 m (GIS-analiza in izdelava karte Dunja Zupan Vrenko, IzVRS, okt. 2009).

strukturo vir – pot – cilj in opisal načrtovalske, projektantske in gradbeno tehnične ukrepe ter prikazal odločitveno drevo za izbiro ustreznih ukrepov.

Dr. Uroš Krajnc z Inštituta za ekološki inženiring je podal analizo projektiranja odvodnje cest v Sloveniji. Predstavil je analizo sedanjega načina projektiranja in opredelil prednosti ter pomanjkljivosti. Največje težave ležijo v določitvi prispevne površine ter izbiri odtočnega koeficienta in merodajnega računskega naliva. Pri odvodnji s cest se velikokrat zgodi, da je iztok iz cestnega kanalizacijskega sistema oviran zaradi visokih voda v odvodniku (prejemniku, to je vodotoku). Sočasnost velikih odtokov s ceste z velikimi pretoki v prejemnikih je odvisna od prostorske razporeditve in velikosti prispevnih površin. Poseben primer je ponikanje padavinske vode s ceste tam, kjer ni površinskih odvodnikov. Ponikanje vode dovoljuje Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (Uradni list RS, št. 47/05) v primerih disperzne odvodnje, manjšega prometa in trase ceste zunaj varovanih območij. Podatek o ponikalni sposobnosti zemljine dajo nalivalni poskusi, za dimenzioniranje ponikalnih polj in vodnjakov pa avtor priporoča uporabo nemškega predpisa ATV-DVWK-A 138.

Boris Strgar iz Biroja za projektiranje in inženiring Maribor je predstavil problem projektiranja odvodnje cest v Sloveniji. Ugotovil je, da dobre projektantske rešitve izhajajo šele iz dobrih predhodnih raziskav in ustreznih tehničnih rešitev. V predhodnih raziskavah se namreč opredelijo načini prečkanja ceste prek vodnih teles in lastnosti ter vplivna območja voda. Za določitev merodajnih odtočnih količin s ceste je treba uporabiti primerno računsko metodo. Delovni osnutek tehnične specifikacije TSC 03.380 podaja več metod, od katerih se najbolj pogosto uporablja racionalna metoda, za katero pa pogoji uporabe niso vedno izpolnjeni. Pri projektiranju je najprej treba uskladiti vzdolžne in prečne nagibe in višine cestišča tako, da voda ne zastaja na cestišču. Preprečiti je treba tudi zastajanje vode v tamponu in posteljici ceste ter ustrezno odvodnjavati pobočja in druge stranske površine ceste.

Tehnični zaključki posveta so naslednji:

Na osnovi prispevkov avtorjev in razprave predlaga Strokovni odbor posvetovanja pri pripravi predloga tehnične specifikacije za javne ceste uveljavitev naslednjih sklepov:

DIMENZIONIRANJE OBJEKTOV:

1. Za dimenzioniranje zbirnih kanalov, prepustov in drugih objektov za ureditev odtokov vode iz cestnega telesa in brežin vkopov je treba upoštevati hidrološke lastnosti območja in določiti merodajne računske nalive. Pri tem se upošteva dejstvo, da se hidrološke razmere glede na klimatske variabilnosti in gorvodne ureditve lahko spreminjajo (povečujejo).
2. Pri projektiranju cest je treba predvideti tudi način odtoka vode in potrebne aktivnosti (potrebne za varnost v cestnem prometu in za varovanje cestnega telesa) v primerih nalivov, ki so večji od računskih.
3. Pri dimenzioniranju je treba upoštevati tudi merodajne visoke gladine voda v rekah/potokih in drugih sprejemnikih (recipientih), ki se lahko pojavijo v času največjih odtokov padavinske vode s cest (visoka voda v reki/potoku preprečuje odtok s cest).
4. Posebno pozornost je treba posvetiti dimenzioniranju takih padcev cestišča in cestne kanalizacije, da bodo upoštevani merodajni računski nalivi in gladine visoke vode v recipientu.

MONITORING

5. Priporoča se opravljanje ciljno usmerjenega monitoringa na manjšem številu objektov, kjer se spremlja več fizikalno kemijskih parametrov in hidravlične parametre. Pokrivati je treba tudi večjo časovno dinamiko. Posebno pozornost je treba posvetiti monitoringu suspendiranih delcev.

GRADITEV in VZDRŽEVANJE

6. V času vgraditve kanalizacijskih cevi je treba paziti, da ne pride do poškodb cevi. Premikanje gradbene mehanizacije nad cevmi, ki so bile ravno vgrajene, lahko povzroči poškodbe in premike, zaradi česar cev kasneje prepušča vodo.

Med graditvijo je treba odvajati vodo iz gradbene jame in urediti odvajanje vode iz brežin vkopov.



Viri:

- Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Društvo za ceste Ljubljana, Društvo vodarjev Slovenije, Slovensko geotehnično društvo »Predlogi in usmeritve – sklepi posvetovanja za nadaljevanje aktivnosti pri pripravi in uveljavitvi tehnične specifikacije za javne ceste TSC – Odvodnjavanje cest«, zapis zaključkov posveta. DRC. 23. novembra 2009.
- DRC. Odvodnjavanje cest. Zbornik referatov strokovnega posvetovanja. Ljubljana, november 2009.

Slika 2: Ob neurju (avgust 2007) je bil cestni prepust premajhen, zato je voda stekla prek leve brežine potoka, se razlila po travniku in si oblikovala nov del struge prek ceste. Tam se je ponovno zlila v obstoječo strugo. Pri tem so se premeščale večje količine plavin in se odložile na travniku. Velik del asfaltne površine ceste je bil dobesedno prestavljen oziroma odrinjen navzdol (na sliki makadam po sanaciji ceste).

PREDSTAVITEV KNJIGE »KANALISANJE KIŠNIH VODA« AVTORJA PROF. DR. JOVANA DESPOTOVIČA

Dr. Uroš KRAJNC
Inštitut za ekološki inženiring d.o.o.

IZVLEČEK

Predstavljena je knjiga prof. dr. Jovana Despotovića. Knjiga vsebuje poglavja: Uvod v odvodnjavanje padavinskih voda, Odtok padavinske vode in osnove kanaliziranja, Modeliranje odtoka padavinske vode, Analiza podatkov o padavinah za izračune odtoka ter Projektiranje elementov in sistemov. Avtor knjige predava predmeta Hidrologija in Hidrotehnika na dodiplomskem in podiplomskem študiju Beograjske gradbene fakultete. Že več kot petindvajset let sodeluje pri hidravličnih izračunih mariborske kanalizacije.

1. Uvod

Po dolgih letih pričakovanj je prof. dr. Jovan Despotović z Gradbene fakultete Univerze v Beogradu izdal knjigo Kanalisanje kišnih voda (Odvodnja padavinske vode).

Oddelek za hidrotehniko beograjske gradbene fakultete ima že dolgo tradicijo pri preučevanju kanalizacije padavinske vode. V bivši državi sta te dejavnosti vodila prof. Čedo Maksimović, sedaj predavatelj na Imperial Collegu v Londonu, ter pokojni prof. Miša Radojković. Razvili so BEMUS (Beogradski model urbanih slivova) ter imeli status UNESCO-ovega centra za dežno kanalizacijo za države v razvoju. Desetletja pred razpadom Jugoslavije so vsak junij organizirali dobro obiskane mednarodne konference v Dubrovniku. Ekipa je ves čas poudarjala potrebo po meritvah dejanskih razmer v povodju in že pred več kot tridesetimi leti postavila eksperimentalno povodje Miljakovac v Beogradu, kjer so merili elemente hidrološke bilance. V zadnjih letih lahko kot poseben dosežek poudarimo načrt odvodnje letališča v Podgorici ter koncept ureditve potoka Kumodrag na južnem robu Beograda.

S to ekipo, v kateri je ves čas sodeloval tudi avtor knjige, smo začeli sodelovati na konkretnih primerih izračunov mariborske kanalizacije v podjetju Komunalni inženiring Maribor za prispevni območji zbiralnikov Tezno I in Tezno II v Mariboru s programom BEMUS. Zadnja leta pa je ekipa pod vodstvom prof. Despotovića izdelala izračune kanalizacijskega omrežja za celotni Maribor s programom EPA SWMM. Intenzivni nalivi leta 2008 in 2009 s povzročenimi preplavitvami posameznih območij Maribora so v veliki meri potrdili rezultate modelnih izračunov.

V slovenskem jeziku obstaja knjiga s podobno tematiko, ki jo je napisal prof. dr. Boris Kompare: Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodij iz leta 1991. Glede na aktualno problematiko si lahko želimo prevod knjige prof. Despotovića v slovenščino, za starejše generacije pa najbrž prevod ni potreben.

2. Predstavitev knjige

Knjiga vsebuje pet poglavij:

1. Uvod v odvodnjavanje padavinskih voda
2. Odtok padavinske vode in osnove kanaliziranja
3. Modeliranje odtoka padavinske vode
4. Analiza podatkov o padavinah za izračune odtoka
5. Projektiranje elementov in sistemov

2.1. Uvod

Uvod vsebuje poglavja:

- Celota povodja in podpovodij, študije povodja, načrti odvodnje padavinske vode
- Enotno preučevanje vsebuje kvaliteto in količine dežnih voda
- Kompleksna stohastična, hidrološka in hidravlična ter ekološka analiza
- Poleg (ozko) strokovnih pogledov, del in aktivnosti

2.2. Odtok padavinske vode in osnove kanaliziranja

Ta del knjige vsebuje poglavja:

- Hidrološki cikel v mestih
- Razvoj sistemov za kanaliziranje dežnih in uporabljenih voda
- Sistemi za kanaliziranje padavinskih voda
- Kanaliziranje dežnega odtoka v mestnih planih
- Odtok padavinske vode in principi kanaliziranja
- Koncepti kanaliziranja padavinske vode

2.3. Modeliranje odtoka padavinske vode

- Meritve pretokov padavinske vode
- Modeliranje odtoka padavinske vode
- Primeri

2.4. Analiza podatkov o nalivih za izračune odtoka

- Merjenih padavin
- Računski nalivi za izračun odtoka
- Priprava podatkov in analiza karakteristik močnih nalivov
- Neenakomerni nalivi po prostoru in času
- Primeri

2.5. Projektiranje elementov in sistemov

- Objekti in elementi za kanaliziranje padavinske vode
- Požiralniki in površinski dežni odtok
- Linijski objekti – cevi in kanali
- Kratke cevi – prepusti
- Prelivi v kanalizaciji
- Prostorski objekti za ublažitev maksimuma
- Specialni objekti v kanalizaciji
- Primeri projektiranja elementov in sistemov

3. Upravljanje z dežnim odtokom v 7 korakih

Knjigo je predstavil javnosti prof. Dr. Marko Ivetić na posvetovanju Savremena tehnika kanaliziranja 16. septembra 2009 v Beogradu. Prof. Ivetić je povzel vodilo knjige v sedmih korakih:

- Koncept, cilji, standardi in projektna naloga!
- Padavine – občasen, zapleten in naključen proces.
- Meritve zaradi modeliranja procesa padavin - odtok.
- Projektiranje – izračuni in dimenzioniranje.
- Gradnja, vzdrževanje on obratovanje.
- Varnost prometa!
- Vprašanje varstva okolja, čuvanja in recikliranja padavinske vode.

4. Predstavitev prof. Despotovića

Prof. dr. Jovan Despotović, udig, se je rodil leta 1952 v Kragujevcu. Po končani 5. beograjski gimnaziji je študij in doktorat končal na Gradbeni fakulteti v Beogradu. Specializacijo je opravil na Univerzi v Ottawi v Kanadi. Zaposlen je na Gradbeni fakulteti v Beogradu. Dela kot svetovalec v državnih in zasebnih podjetjih v Srbiji. Predava predmeta Hidrologija in Hidrotehnika na dodiplomskem in podiplomskem študiju. Objavil je več znanstvenih del iz stohastične in parametrske hidrologije v tujih strokovnih revijah. Na področju kanalizacije padavinskih voda in obrambe pred poplavami rešuje praktične naloge in sodeluje pri graditvi hidrotehničnih sistemov.



Slika 1: Ovitek knjige Kanaliziranje kišnih voda



Slika 2: prof. Despotović na posvetovanju Inženirske zbornice Srbije 2009 (foto Uroš Krajnc)



Slika 3: prof. Despotović s prof. Brombachom na sejmu IFAT 2007 v Muenchnu 2009 (foto Uroš Krajnc)



Slika 4: prof. Despotović na ogledu zadrževalnika pri novi Mariborski tržnici junij 2008

38. ZIMSKO SREČANJE VODARJEV SLOVENIJE POKLJUKA, 07.02.2009

Organizator: Hidroenžiniring d.o.o.

ZMAGOVALCI POSAMEZNO – VELESLALOM

	+ 60	+ 50	40-50	30-40	- 30
ženske		Ozmec Helena	Kovačič Alenka	Strmšek Sonja	Savnik Polona
moški	Cvahte Mojmir	Karničar Izidor	Polajnar Janez	Ferme Rok	Slemenšek Primož

ZMAGOVALCI POSAMEZNO – TEKI

	+ 60	+ 50	40-50	30-40	- 30
ženske		Ozmec Helena	Fazarinc Nina	Mazi Tina	Lakota Jeriček Špela
moški	Dodig Boško	Karničar Izidor	Ferme Rok	Polajnar Janez	Horvat Mitja

ZMAGOVALCI POSAMEZNO - BORDANJE

ženske	Savnik Polona
moški	Bogataj Jure







EKIPNI ZMAGOVALCI		
2. mesto	1. mesto	3. mesto
Inštitut za vode RS	DRAVA Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.d.	ARSO

Predaja organizacije naslednjemu organizatorju:



Organizator 2010:
Hidrotehnik d.d., Ljubljana
Fotografije Hidroinženiring

SVETOVNI DAN VODA 2009 TISKOVNA KONFERENCA DRUŠTVO VODARJEV SLOVENIJE LUCIJA, 20.03.2009

IZJAVA DRUŠTVA VODARJEV SLOVENIJE OB SVETOVNEM DNEVU VODA 22. MAREC 2009

Več let trajajoče suše na kmetijskih površinah, zaveš o »nižanju podtalnice«, vedno glasnejša opozorila o nevarnostih prekomerne uporabe naravnih in umetnih gnojil ter pesticidov in drugih fitofarmaceutskih sredstev v kmetijstvu, se prebijajo na prve strani medijev in vzbujajo v ljudeh strah. Poplave na Gorenjskem leta 2007, poplave in plazovi v Posavju leta 2004, v Savinjsko Kamniškem koncu leta 1990 in 1995 ter skorajšnja poplava v Pomurju leta 2005 so le še povečale negotovost in jezo v slovenski družbi. Zdi se kot da nam vajeti uhajajo iz rok. Resnici na ljubo, posamezniki, ki se ukvarjamo s problematiko voda in poznamo naravne procese, nismo presenečeni. Poplave so običajen naravni pojav, enako plazovi in suše. Niso pa naraven pojav dejstva, da gradimo objekte tudi na najbolj nevarnih območjih in s tem večamo tveganja. Enako ni naraven pojav, da nevstno prodajamo in uporabljamo okolju in zdravju nevarne snovi. Voda je medij, ki vse te snovi prenaša, akumulira in sprošča. Vodni in obvodni ekosistemi in sploh vsi ekosistemi skladiščijo neizmerne količine človeških odpadkov in nevarnih snovi že najmanj pet desetletij. Pritiski na vode se žal še povečujejo. Zaradi pozidav izginjajo naravne poplavne površine, višine vode v rekah so velike že ob manjšem deževju, saj imajo struge rek vedno manj prostora, vanje pa hitreje kot prej pritečejo vode iz ulic. Energetska politika je vode prepoznala kot obnavljajoči se vir, ki naj bi ga še bolj izkoristili. Kmetijska politika v Evropi se zaradi spreminjajoče klime pripravlja na daljše suše. Namanje vidi kot eno izmed nujnih rešitev zagotavljanja zadostnih količin hrane. Spreminja se slovenska krajina, manjša se biotska pestrost, ogrožena je odpornost naravnih ekosistemov. Vode in njen prostor so še posebej pod velikim udarom.

Na posvetu o »Stanju in perspektivah ravnanja z vodo v Sloveniji«, ki je bilo 13.6.2008 v Portorožu smo ugotovili, da pomen vodnega in obvodnega prostora (vključno z barji, močvirji in poplavnim svetom) ter poznavanje pomena podzemnih vode pri varovanju okolja in gospodarjenju s prostorom v Sloveniji ni dobro. Potrebno je boljše poznavanje ekologije vodnega in obvodnega prostora (strukture in funkcije) ter strokoven interdisciplinarni pristop. Z vodnim in obvodnim prostorom moramo premišljeno gospodariti tako zaradi zaščite okolja nasploh (zmanjše-

vanje erozije, zaščita pred poplavami, zagotavljanje puferske vloge, ohranjanje genske banke vodnih organizmov, zagotavljanje habitatov za drstenje rib in drugih organizmov), kot zaradi produkcije obnovljivih virov hrane (pitna voda je hrana!) in rekreacijskih in estetskih potreb sodobnega človeka. Kljub njegovem velikem pomenu se vodni in obvodni prostor krči in drugače uničuje. Še vedno prekinjamo povezave med površinskimi in podzemnimi vodami. Trajnost vodnih količin, zanesljivost kakovosti in občutek varnosti, da imamo vodo (v tleh ali na površini) je odvisna od dobrih povezav med vodo na površini z vodo v tleh oziroma z vodo v vodonosnikih. Celovitih upravljaljskih pristopov pri upravljanju s podzemno vodo skupaj z upravljanjem površinske vode ne uveljavljamo, saj nimamo dobrega pregleda nad rabo podzemnih virov, kaj šele vzpostavljenih mehanizmov za trajnostno rabo in varstvo podzemnih vodnih zalog. Nič boljši nismo pri upravljanju z vodo na površini. Še vedno radi utrjujemo brežine potokov in rek ob novih nakupovalnih ali obrtno poslovnih središčih in stanovanjskih naseljih. Vseposod utrjujemo površine z asfaltom ali betonom, zacevujemo vodotoke ob širitvah prometnic in gradnjah parkirišč. Če pa v obvodnem prostoru želimo vzpostaviti javno rabo s pomočjo ustanovitve služnostne pravice ali vzpostavitve naravnega javnega vodnega dobra lokalne skupnosti (oziroma pri gradnji posegamo na zemljišča, ki so opredeljena kot javno dobro, vključno z naravnim vodnim javnim dobrom), srečujemo skoraj nepremostljive probleme. Največji problem predstavljajo neurejene evidence nepremičnega premoženja in še manj evidence upravljavca posamezne nepremičnine, ki je v zemljiški knjigi opredeljena kot javno dobro.

Na posvetu smo tudi ugotovili, da lahko s primernim postopkom izvedbe ekološke obnove degradiranih območij dosežemo dobro stanje voda in ugodno stanje habitatov in vrst tudi v območjih, ki so v trenutnem stanju povsem degradirana. Izkušnje v Angliji kažejo, da je za uspešno izvedbo ekološke obnove treba imeti jasno določene in ne previsoke cilje. Posebno pozornost je treba posvetiti geološko-geomorfološki in pedološki osnovi. Največji problem do sedaj izvedenih ekoloških obnov je bil večinoma še vedno prevelika vsebnost hranil, ki so se stekala v vodna in

obvodna območja iz okoliškega terena. Izkušnje v Sloveniji tudi kažejo, da je za ekološke obnove namenjenih premalo denarnih sredstev (za odkup/odškodnino za zemljišče, izvedbo del, predvsem pa za spremljanje stanja in upravljanje z območjem) in da je osveščenost prebivalstva o problemih degradiranih območij in možnosti ekološke obnove, premajhna.

Varovanje vode je v družbi dojet kot pereč okoljski problem, vendar so razlogi za slabo prakso med javnostmi spregledani. Opraviti imamo torej z dokaj značilnim samoslepilnim obrazcem javno-mnenjskega dožemanja neprijetnih dejstev, t.j. nagnjenje k premoščanju ali celo prikrivanju vzročno posledičnih razmerij in iskanje zunanjih od nas neodvisnih vzrokov konkretnih problemov (klimatske spremembe). Pozicija nemočne žrtve, v katero se javnosti postavljajo, se časovno ujema z erozijo zaupanja v strokovne institucije in sisteme, ki so še donedavnega zagotavljali ontološko varnost, t.j. občutek zanesljivosti delovanja sodobnih družb na ravni vsakdanjega življenja. Nizka kredibilnosti pa znižuje operativno sposobnost prav tistih institucij, ki naj bi ponudile konkretne, praktične ukrepe za blažitev in prilagajanje naraščajoči »krizi vode«.

Društvo vodarjev Slovenije zato izraža veliko zaskrbljenost in nezadovoljstvo pri oblikovanju politike upravljanja in gospodarjenja z vodami. Zaskrbljeni smo glede ustreznosti in načina organiziranosti države. Sprašujemo se ali so strokovnjaki različnih strok pripravljeni vstopiti v širok komunikacijski proces in skozi njega oblikovati skupno interdisciplinarno strokovno osnovo za oblikovanje politike do voda v Sloveniji, ki seveda zahteva tudi razmislek in potem spremembo obstoječega komunikacijskega in odločevalskega sistema. Potrebujemo interdisciplinarni strokovni pogled na porečja v Sloveniji in interdisciplinarno komunikacijo, ki presega parcialni pogled posamezne stroke in omogoča skupno strokovno osnovo za oblikovanje sektorskih politik (policy).

Zato pozivamo:

1. Da je ravnanje z vodo in upravljanje na nivoju porečij in podporečij sistematično in dolgoročno naravnano. Prizadevati si moramo, da porečja postanejo prostorska načrtovalska kategorija.
2. Da se izdela strategija upravljanja z vodami.
3. Da prilagodimo organiziranost vodarskega sektorja potrebam učinkovitega medsektorskega povezovanja. Upoštevati je treba izkušnje, tradicijo, obstoječe znanje in obstoječi socialni kapital, kar pomeni tudi zaupanje v lastno delo.
4. Da krepimo vodarsko stroko in usposobljenost vseh strok za komunikacijo z javnostjo. Vzpostavljati in vzpodbujati je treba komunikacijske procese.
5. Da se vzpodbuja soodgovornost javnosti pri ravnanju z vodo.

Predsednica DVS
Dr. Lidija Globevnik

DVS: dr. Lidija Globevnik, Tone Prešeren
Soline d.o.o.: g. Alojz Jurjec (direktor), mag. Andrej Sovinc;
ARSO: ga. Zorka Sotlar;
Fakulteta za družbene vede Ljubljana: Dr. Andrej A. Lukšič



g. Jurjec, dr. Globevnik, dr. Lukšič



mag. Sovinc, ga. Sotlar



STROKOVNA EKSURZIJA SLOVENSKEGA KOMITEJA ZA VELIKE PREGRADE (SLOCOLD) IN DRUŠTVA VODARJEV SLOVENIJE (DVS) 2009 SEVERNA ITALIJA, 15.-17.10. 2009

ŠTEVILO UDELEŽENCEV 47 (SLOCOLD), 53 (DVS)

PROGRAM EKSURZIJE, POT

- Četrtek, 15.10.2009** MARIBOR (LJUBLJANA), HE RAVEDIS, VAJONT (LONGARONE), RIVA DEL GARDA
Po prečkanju meje v Fernetičih pot po Benečiji-Juljski krajini proti mestu Montereale Valcellina v porečju rek Celline in Medune. Strokovni ogled pregrade Ravendis nareki Cellina. Nadaljevanje poti do pregrade Vajont na reki Piave nad vasjo Longarone. Od tod po strokovnem ogledu nadaljevanje do jezera Garda in prenočevanje v mestu Riva del Garda.
- Petek, 16.10.2009** RIVA DEL GARDA, ČRPALNA HE RIVA DEL GARDA, SAN MICHELLE ALL' ADIGE, RIVA DEL GARDA
Dopoldan ogled črpalne HE Riva del Garda, ki izkorišča višinsko razliko med jezeroma Garda in Ledro za pridobivanje električne energije. Črpalke črpajo vodo v času, ko je elektrika cenejša in jo delajo, ko je ta dražja. Po strokovnem ogledu ogled mesta in potem vožnja do kraja San Michelle all'Adige, kjer smo si ogledali Istituto Agrario in poslušali strokovna predavanja mednarodno priznanih predavateljev z Inštituta. Zaradi zanimivosti in količine predavanj smo člani DVS del zamudili ogled kleti penine v kraju Mezzacorona in se brez okusa po penini a ne povsem suhih grl vrnili v Rivo del Gardo na večerjo s plesom.
- Sobota, 17.10.2009** RIVA DEL GARDA, BOLZANO, BRUNECK, LJUBLJANA, MARIBOR
Po odhodu iz Riva del Garde smo se ustavili v središču dežele Trentinsko-Zgornje Poadižje in središču pokrajine Bolzano (ca 460.000 prebivalcev, velikost 7.396 km², 116 občin) Bolzanu in si ga ogledali pod vodstvom lokalnega vodiča. Leta 2007 je imel 100.050 prebivalcev, od tega je 9,0% tujcev. Od mestnih znamenitosti smo si najprej ogledali mogočno gotsko katedralo škofije Bolzano-Bressanone Santa Maria Assunta s 65 m visokim zvonikom, ki jo je zasnoval arhitekt in kipar Hans von Lutz Hohenstaufen Schussenried (1501-1519). Naš drugi cilj je bil ogled Arheološkega muzeja, kjer je v posebni komori shranjena mumija Otzi – človeka iz pradavnine, ki so jo našli visoko v gorah v skupini Texel na meji med Italijo in Avstrijo. Kosili smo v eni od pivnic v Bolzanu, nato pa se odpeljali proti domu in se vmes ustavili še v idiličnem Brunicu.

HE RAVEDIS NA REKI CELLINI

lokacija kraj Montereale, provinca Dell' Aquila, Italija

http://html.vortexhydra.com/hydraulic/ravedis_dam.html
<http://www.malignani.ud.it/WebEnis/NorthWind-SouthSun/power/Hydropower.htm>
http://www.rocksoil.com/pdf/Ravedis1_eng.pdf
http://www.rocksoil.com/pdf/Ravedis2_eng.pdf
<http://www.panoramio.com/photo/7623137>

Tip: težnostna betonska pregrada

Dolžina krone: 170 m

Max. Višina: 95 m

Volumen vode: 26.6 m³

Površina gladine: 445,8 km²



Med gradnjo



Med delovanjem

HE VAJONT NA REKI PIAVE

<http://www.answers.com/topic/vajont-dam>

http://tellnet.jp/resources/it_vajont-dam.html

http://www.semp.us/publications/biot_reader.php?BiotID=373

<http://www.vajont.net/page.php?pageid=SEZIO001>

<http://www.uwsp.edu/geo/projects/geoweb/participants/Dutch/VTrips/Vaiont.HTM>

Leta 1960 končan jez je bil takrat z 267 m najvišji jez na svetu. Še pred dokončanjem jezu, med prvim polnjenjem jezera, so se pojavljali manjši plazovi, a so bili prepričani da bodo ta pojav kontrolirali z spreminjanjem gladine jezera. Kmalu se je na pobočju gore Toc (domačini ji pravijo Gora, ki hodi) pojavila razpoka širine do pol metra in dolžine do 4km, ki se je s časom povečevala. Manjši potresni sunki in razpoke na hišah so bili pokazatelj, da se z goro nekaj dogaja. Vodilni v podjetju S.A.D.E., ki je zgradilo in upravljal z jezom, pa so vse to zamolčali in popravili podatke geologov, saj se je takrat ustanavljalo podjetje ENEL, katero naj bi prevzelo vse posle in seveda jez. Vse to je pripeljalo do tragičnega dogodka 9. oktobra 1963 ob 22:39, ko je plaz dolžine 1.8 km in višine 1.6 km (skupna površina cca. 2.000 m²) zgrmel v jezero. 260 milijonov kubičnih metrov materiala je s hitrostjo 72 – 90 km/h zgrmel v jezero na dolžini cca. 2km, kjer je bila povprečna višina vode 150m. To je povzročilo 200m visok val, ki je dosegel vas Casso (ki je ni huje prizadel, leži pa 250 m nad pregrado), za nekaj metrov zgrešil vas Erto, je pa odnesel vse hiše ki so se nahajale nižje ob jezeru. Voda je nato zgrmela nazaj, se delno razlil navzgor po dolini, glavni val pa pa se je zlil čez jez v dolino, kjer je popolnoma uničil vasi Longarone, Pirago, Rivalta, Faé, Villanova in prizadel občino Castellavazza. V nekaj minutah je umrlo 1909 nič hudega slutečih ljudi. Jez praktično ni utrpel nobenih posledic, plaz pa ni bil nikoli odstranjen.

Več o katastrofi si lahko preberete na:

<http://giam2.zrc-sazu.si/vajont.htm>

Zgodba o Vajontu (...) je zgodba nadzornikov, ki niso nadzorovali, modrih mož, ki niso vedeli, inženirjev brez talenta (...) in številnih mož, ki so zavrnili uporabo zdrave pameti za varovanje človeških življenj« (I. Calvino).



Longarone pred in po poplavi



Pregrada od spodaj

ČRPALNA HE RIVA DEL GARDA

Črpalna hidroelektrarna Riva del Garda stoji tik zra-ven mestnega središča v Rivi del Garda. Objekt izko-rišča višinsko razliko med jezeroma Ledro in Garda, ki v povprečju znaša 575 m in z največjim pretokom 18 m³/s zagotavlja dovolj energije za pogon dveh 59 MW Peltonovih turbin. Črpalna moč elektrarne znaša 48 MW, vendar lahko črpa le do 7.5 m³/s. Elektrarna je bila pred nekaj leti popolnoma obnovljena, obnova pa je vključevala tudi izgradnjo novega, podzemnega, tlačnega cevovoda (stari cevovodi so še vidni na pobočju) z dodatnim servisnim rovom, pri čemer so oba kopali s tehnologijo TBM. Zgradil se je tudi nov vodostan, zamenjala strojna in elektro oprema ter rešil problem hrupa v tako rekoč mestnem središču.



ISTITUTO AGRARIO DI SAN MICHELE ALL'ADIGE (IASMA)

<http://www.ismaa.it/>

Kmetijski inštitut San Michele Adige, od januarja 2008 Fundacija Edmund Mach, izvaja znanstvene raziskave, izobraževanje, usposabljanje, preizkušanje, svetovanje in poslovne storitve v kmetijstvu, kmetijskih dejavnosti in varstvu okolja. Ustanovljen je bil 12. januarja leta 1874 na pobudo regionalne Tirolske agencije za prehrano v Innsbruck-u. Ustanovljena je bila kmetijska šol skupaj z raziskovalno postajo v St. Michaelu. Od 1. januarja 2002 je Inštitut razdeljen na tri različne centre in sicer akademskega, raziskovalnega in tehnično podpora.

V sklopu inštituta je približno 100 hektarjev površin, zasajenih z vinsko trto in jablano, vinska klet in destilarna. Ta del poleg ima poleg proizvodnje in predelave tudi podporno vlogo za eksperimentalno delo, proučevanje in demonstracijske projekte, ki jih izvajajo drugi oddelki inštituta.

ARHEOLOŠKI MUZEJ V BOLZANU

<http://www.archaeologiemuseum.it/>

Iz Wikipedije, proste enciklopedije:

Ötzi (tudi Oetzi) je dobro ohranjena človeška mumija približno iz 34. stoletja pr. n. št., ki so jo našli 19. septembra 1991 v ledeniku v Italiji (Ötztalske Alpe) blizu meje z Avstrijo. Vzdevek Ötzi prihaja od imena doline. Avstrijski uradniki so sprva obravnavali najdbo kot novodobno truplo in ga grobo izklesali iz ledu, pri čemer so ga nekoliko poškodovali. Šele po tistem, ko so ga prepeljali v mrtvašnico v Innsbruck, je bila ugotovljena njegova dejanska starost. Kasnejše meritve so pokazale tudi, da je najdba ležala slabih 100 metrov znotraj ozemlja Italije.

Gre za najstarejšo naravno mumificirano truplo z ozemlja Evrope, ki omogoča dober vpogled v lastnosti bakrenodobnih Evropejcev. Po ocenah je bil Ötzi v času smrti visok približno 1,65 m in star 45 let. Na sebi je imel obleko iz usnja različnih živali in široke, vodoodporne čevlje za hojo po snegu. Med drugimi predmeti, ki so jih našli ob truplu, so bakrena sekira, kremenast nož z lesenim ročajem, nedokončan lok iz tisovega lesa in tok s 14 puščicami.^[2] Sledi na truplu kažejo, da je Ötzi umrl nasilne smrti; imel je luknjo od puščice v rami in resno poškodbo glave, ki je verjetno povzročila smrt.^[3]

Mumijo naj bi našla nemška turista Helmut in Erika Simon, vendar slovenska plezalka Magdalena Mohar Jarc trdi, da jo je našla ona. Odkritje si lasti tudi švicarka Sandra Nemeth. Sodišče v Bolzanu je najdbo prisodilo Simonovima. Hkrati je potekal tudi pravni spor o nagradi za najditelja. Simonova sta zahtevala 300.000€, mnogo več kot so bile pripravljene plačati lokalne oblasti glede na vrednost najdbe. Na koncu so se pogodili za 150.000€. Ötzi je danes na ogled v Južnotirolskem deželnem arheološkem muzeju v Bolzanu.



Arheološki muzej v Bolzanu



Najdišče 3210 m nad morjem, Ötztalske Alpe 20.09.1991



Karta poti

STROKOVNA EKSURZIJA SLOVENSKEGA KOMITEJA ZA VELIKE PREGRADE (SLOCOLD) IN DRUŠTVA VODARJEV SLOVENIJE (DVS) 2009

FOTOGRAFIJE Z EKSURZIJE
severna Italija, 15.-17.10. 2009

Pregrada Ravedis:



Pogled na pregrado



Prihod k pregradi



V pregradi



Dostop v spodnji del pregrade



Dostop v spodnji del pregrade



Dostop v spodnji del pregrade



Galerije za odvodnjavanje bokov pregrade



Na spodnjem delu pregrade



Počitek na poti proti Vajontu



Počitek na poti proti Vajontu

Pregrada Vajont



Pogled na pregrado Vajont in plaz, ki je zgrmel v akumulacijski prostor



Pogled na pregrado Vajont



Dostop na levi bok pregrade



Spominski tabli



Pogled proti mestecu Longarone



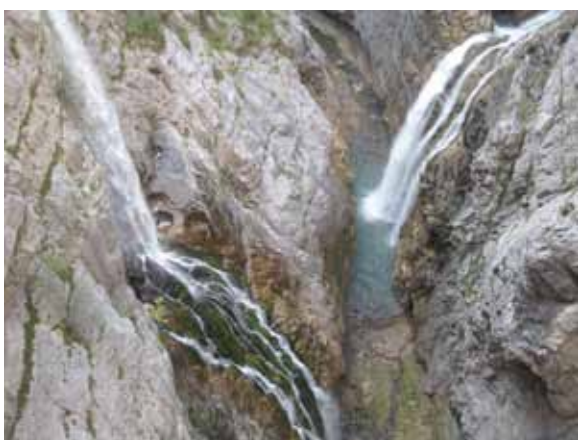
Pogled proti mestecu Longarone



Dostop na spodnji del pregrade



Gasilska slika spodaj



Pogled na talni izpust



V pregradi

ČRPALNA HE RIVA DEL GARDA



Pogled na črpalno postajo Riva del Garda



V črpalni postaji Riva del Garda



V komandnem delu



V komandnem delu



Nov iglasti zasun



Iglasti zasun po abraziji s peskom v vodi



Zunaj



Pred črpalno HE



Utrinki iz Riva del Garde – utrinki iz mesta



Pogled na Riva del Gardo



Pogled z obale z beneško



Beneška trdnjava od blizu
trdnjavo v ozadju

INSTITUTO AGRARIO DI SAN MICHELLE ALL'ADIGE



Instituto Agrario di San Michelle all'Adige



Instituto Agrario di San Michelle all'Adige - predavanje



Instituto Agrario di San Michelle all'Adige - predavanje



Instituto Agrario di San Michelle all'Adige – naša predsednica dr. Lidija Globevnik in dr. Bruno Maiolini

VINOTEKA V KRAJU MEZZACORONA



Od zunaj



Police



Polnilnica

BOLZANO



Še ena od zunaj



Bolzano – karta mesta



Poslušamo



V katedralo



V katedrali



Po mestu





Pred arheološkim muzejem



Pred arheološkim muzejem



Na kosilu



Čakajoč na avtobus



Proti severu domov



Zasneženi vrhovi naznanjajo zimo



Zasneženi vrhovi naznanjajo zimo



Postanek v Brunicu



Postanek v Brunicu



Pogled na grad



Pa gremo proti domu



Pa gremo proti domu

