





# Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774  
Ljubljana, maj 2009, letnik 58, str. 113-144

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
**Jakob Presečnik**  
MSG IZS: **Gorazd Humar**  
**mag. Črtomir Remec**  
**doc. dr. Branko Zadnik**  
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**  
FG Maribor: **Milan Kuhta**  
ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Sodelavec pri MSG IZS:

**Jan Kristjan Juteršek**

Lektor:

**Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:

**Darja Okorn**

Tajnica:

**Anka Holobar**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

**3000 izvodov**

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:  
SI56020170015398955

## Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo.
6. Besedilo člankov mora obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; imena in priimke avtorjev; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (**priimek prvega avtorja, leto objave**). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA, ki se je ne oštevilčuje, so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko krajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani *od do*; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Pod črto na prvi strani – pri prispevkih, krajših od ene strani, pa na koncu prispevka – morajo biti navedeni podrobnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
15. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, oziroma po e-pošti: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

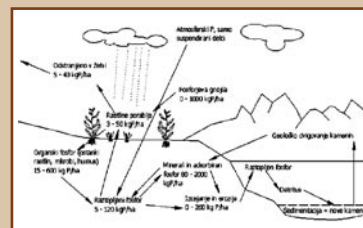
# Vsebina • Contents

## Članki • Papers

stran **114**

doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem. teh.  
Marko Kovač, univ. dipl. inž. vki.  
izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

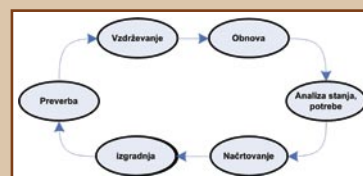
### **OCENA MASNIH OBREMENITEV CERKNIŠKEGA JEZERA S HRANILI** ASSESSMENT MASS LOAD WITH NUTRIENTS IN LAKE CERKNICA



stran **123**

Tomaž Ervin Schwarzbartl, univ. dipl. inž. stroj.  
izr. prof. dr. Albin Rakar, univ. dipl. inž. grad.  
izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

### **DOLOČANJE PRIORITET OBNOVE KANALIZACIJSKEGA OMREŽJA** PO METODI MINIMALNEGA TVEGANJA DETERMINING REHABILITATION PRIORITIES OF SEWER SYSTEMS USING MINIMUM RISK METHOD



stran **132**

### **REŠITEV PRESKRBE S PITNO VODO OBALE IN ZALEDNA KRASA** Z AKUMULACIJO MOLE IN KLIVNIKA SO POTRDILI MEDNARODNI IZVEDENCI

SOLUTION OF WATER SUPPLY FOR COASTAL AND KARST REGION  
WITH RESERVOIRS MOLA AND KLIVNIK WAS CONFIRMED  
BY INTERNATIONAL EXPERTS



## Razpis za mesto poslovnega sekretarja ZDGITS

stran **144**

### Novi diplomanti

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

### Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Most čez Ljubljanico v Vevčah, foto: Janez Duhovnik

# OCENA MASNIH OBREMENITEV CERKNIŠKEGA JEZERA S HRANILI

## ASSESSMENT MASS LOAD WITH NUTRIENTS IN LAKE CERKNICA

**doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem. teh.**

darko.drev@izvrs.si

IZVRS, Hajdrihova 28 c, 1000 Ljubljana

**Marko Kovač, univ. dipl. inž. vki.**

Diplomant UL FGG, Jamova 2, 1000 Ljubljana

**izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.**

joze.panjan@ul-fgg.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

**Znanstveni članek**

UDK: 504.4:556.55

**Povzetek** | V članku so izračunane povprečne letne masne obremenitve Cerkniška jezera s hranili, kot sta dušik (N) in fosfor (P). Cerkniško jezero je presihajoče jezero. V »namočeni« polovici leta je največje slovensko jezero, ki meri okoli 26 km<sup>2</sup>, doseže pa prostornino 80 km<sup>3</sup>. Prispevno področje znaša 270 km<sup>2</sup> in na njem živi 15.000 prebivalcev. Onesnaženje, ki je naravno in antropogeno, izvira iz točkovnih in razpršenih virov onesnaženja. Zato smo najprej izračunali količine masne obremenitve z N in P iz prispevnega področja jezera. Na podlagi večletnih meritev kvalitete jezerske vode in voda v pritokih jezera pa so obdelane povprečne letne masne količine hranil. Izvedena je primerjava koncentracij fosforja in dušika, izračunanih iz obremenitev prispevnih površin z izmerjenimi koncentracijami na pritokih in v jezeru.

Ugotovili smo, da največjo obremenitev za jezero predstavlja kmetijstvo, ki prispeva 66,1 % fosforja in 52,6 % dušika, obremenitev iz naselij in čistilnih naprav je 33,3 % fosforja in 43,6 % dušika, delež industrije pa je majhen in znaša okoli ca. 1 % fosforja in 3,8 % dušika.

**Summary** | In this paper, the average annual mass load Lake Cerknica with nutrients such as nitrogen N and phosphorus P, are calculated. Lake Cerknica is a periodic lake and in its »flooded« period can reach the surface of 26 km<sup>2</sup> and the volume of 80 km<sup>3</sup>. Its catchment area is approximately 270 km<sup>2</sup> with 15000 inhabitants. Natural and anthropogenic loading of nitrogen and phosphorus in Lake Cerknica are discussed in the paper. Nitrogen and phosphorus are basic nutrients, which increase primary production of algae in aquatic ecosystems. Most of pollution results from point and nonpoint sources – diffused pollution activities. Ten year measurements of water quality and its inflows are gathered and analysed. A comparison is made between the concentration of nitrogen and phosphorus calculated from the impact of catchment area and measurements of concentration in inflows of the lake.

The results indicate that the greatest load of the lake is caused by agriculture, which produces 66,1 % of phosphorus and 52.6 % of nitrogen, another important part of load comes from urban areas, which produce 33.3 % of phosphorus and 43.6 % of nitrogen. Industry produces the smallest part for the loading of the lake with 1 % of phosphorus and 3.8 % nitrogen.

## 1 • UVOD

Glavna povzročitelja slabšanja kakovosti voda sta danes predvsem intenzivno kmetijstvo in urbanizacija. V članku sta predvsem preučevani hranili dušik in fosfor kot glavna polutanta Cerkniškega jezera. Cerkniško jezero je presihajoče jezero. V »namočeni« polovici leta je največje slovensko jezero, ki meri okoli 26 km<sup>2</sup>, doseže pa prostornino 80 km<sup>3</sup>. Osnovni fenomen tudi z ekološkega vidika je, da ima jezero veliko nihanje vodne gladine, vključno s presahnitvijo, in s tem tudi spreminjanje poplavljenе površine. Cerkniščica je edini površinski pritok na Cerkniškem polju. Voda priteka v jezero iz kraških izvirov, razporejenih ob robu, odteka samo podzemeljsko, skozi ponore v dnu ter jame ob robu. Ob močnem deževju se jezero napolni v nekaj dneh. Voda ostaja v njem povprečno 7 mesecev na leto, v glavnem od konca marca do junija in od oktobra do konca januarja, 5 mesecev pa je »suho«. Pri poplavih znaša maksimalni dotok 210–240 m<sup>3</sup>/s, srednji letni pretok je 16,4 m<sup>3</sup>/s, minimalni dotok pa 2 m<sup>3</sup>/s. Pretočna sposobnost ponikov in požiralnikov, ki odvajajo vodo proti Rakovemu Škocjanu in nato naprej proti Planinskemu polju, znaša maksimalno 74 m<sup>3</sup>/s, odtok proti



Slika 1 • Lega Cerkniškega jezera v Republiki Sloveniji in pogled na Cerknico (Cerkniško jezero – spletne strani)

Ljubljanskemu barju pa 16,1 m<sup>3</sup>/s (Gaberščik, 2002). Poglavitna posebnost, ki ima največji vpliv na razvoj rastlin in živali presihajočega jezera, je,

da je dno izmenoma suho in poplavljeno – mokro. Opisane in analizirane so pripadajoče prispevne površine jezera in procesi gibanja hranil v samem jezeru.



Slika 2 • Pogled na Cerkniško jezero jeseni in poleti ((Panjan, 2004), ((Kovač, 2004))



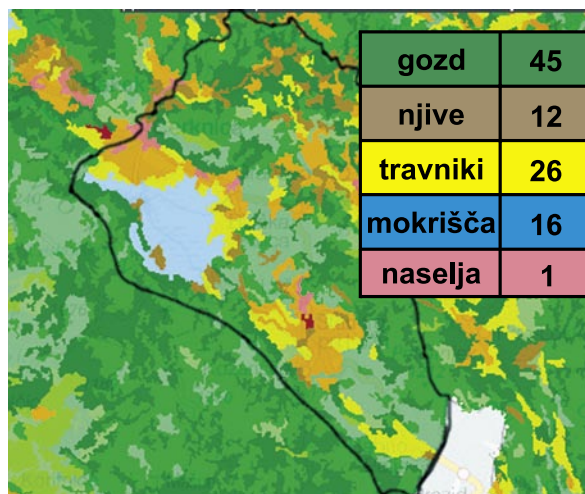
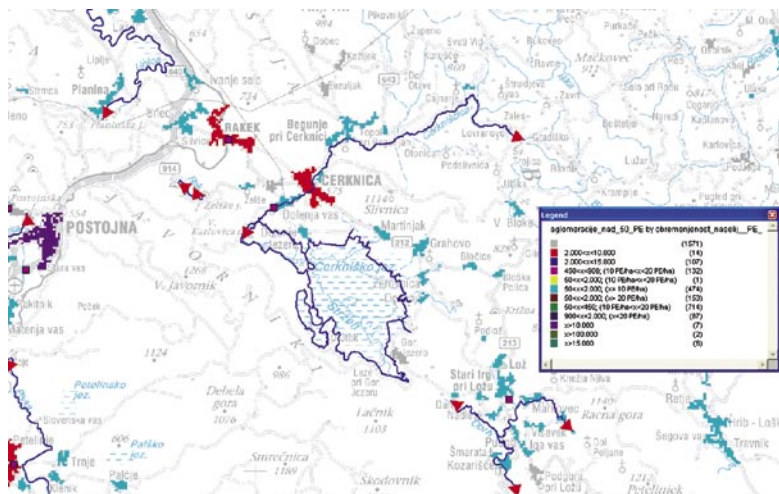
## 2 • MATERIALI IN METODE

Na masno obremenitev s hranili vplivajo tako naravni kot antropogeni vplivi. Pomembno

je, da ocenimo vpliv enega in drugega. Antropogeni vpliv je nekoliko lažje določljiv

in ga ocenimo na podlagi obremenitev iz urbanega dela vključno z industrijo in obrtjo ter vpliva kmetijstva ((Panjan, 2004), (Ilič, 2008)).

Naravni delež je težje določljiv, ker so meritve obremenjevanja praviloma večletne in zelo

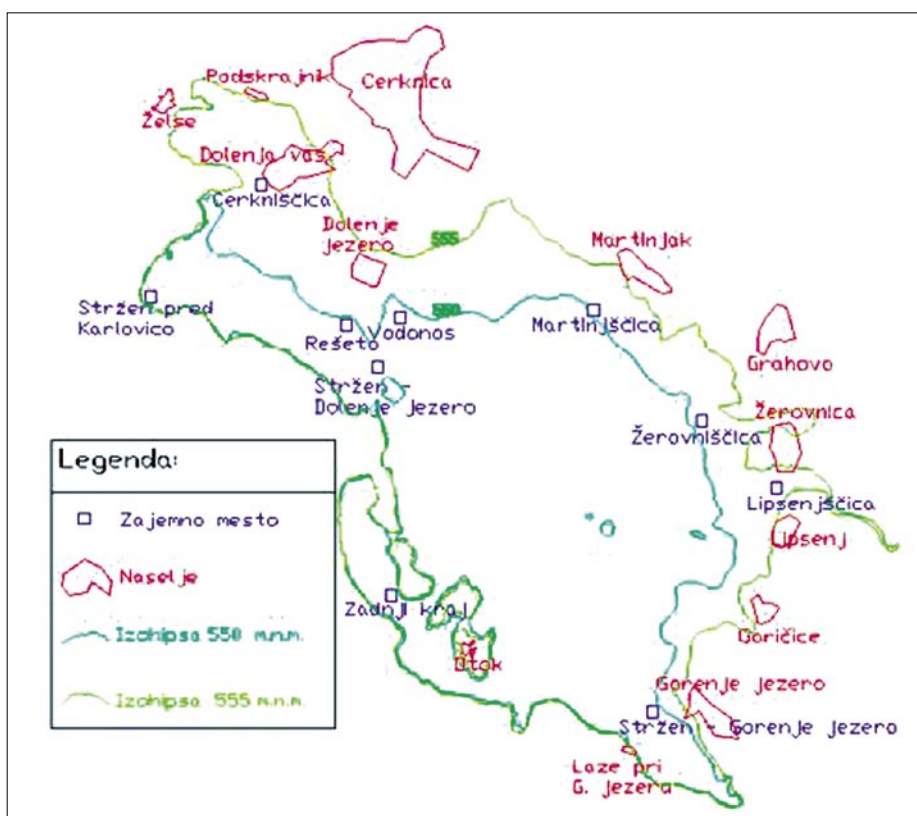


Slika 3 • Aglomeracije na širšem območju Cerknškega jezera in prikaz velikosti in vrste prispevnih površin Cerknškega jezera ((Drev, 2008), (Kovač, 2004))

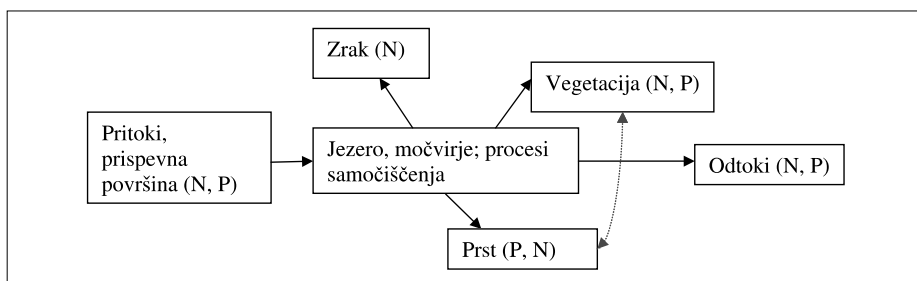
zahtevne zaradi naravnih pogojev, kot so količina padavin, erozija, ponikanja idr. Povodje cerknškega jezera je težko natančno določljivo, saj leži na dinarsko-kraškem območju s še neraziskanimi podzemnimi vodnimi povezavami. Na območju, velikem 270 km<sup>2</sup>, živi približno 15.000 prebivalcev. Približno polovica prispevne površine je prekrita z gozdom, vsa občasno poplavljen polja so skoraj brez gozda.

Meritve onesnaženja Cerknškega jezera potekajo v okviru programa monitoringa kakovosti jezer pod okriljem Agencije republike Slovenije za okolje – ARSO. Meritve na jezeru in njegovih pritokih so izvedene 4- do 6-krat letno. Iz tako redkih meritev se lahko izvedejo le nekatere približne ocene. Za natančnejše določitve bi bilo treba izvajati kontinuirano merjenje. Zanesljivost se sicer poveča z večletnimi zaporednimi meritvami. Monitoring Cerknškega jezera se izvaja na lokacijah Stržen–Gorenje Jezero, Stržen–Dolenje Jezero, Karlovica, Rešeto in Zadnji kraj ter pritokih Martinščica, Žerovniščica, Lipsenjščica in Cerknjščica (slika 5). Zaradi vplivov na izvir v Malnih sta v monitoring vključeni tudi merilni mesti na Raku pod Velikim in Malim naravnim mostom.

Dušik se iz prsti izluži večinoma kot raztopljen nitrat skozi podtalje. Dušikove spojine kažejo na organsko onesnaženje vode in na čas, kdaj je to nastopilo. Tako je amonijak značilen za sveže onesnaženje, nitriti za bližnje in nitriti za že dlje časa onesnaženo vodno okolje. Glavne poti vstopa dušika v vodna telesa so komunalne in industrijske odpadne vode, izcedek iz pognojnih kmetijskih površin, greznice, živalski odpadki in izpust strojev z notranjim izgorevanjem (Valsami-Jones, 2004). Glavni



Slika 4 • Naselja na Cerknškem polju in lokacije zajemnih mest (Kovač, 2004)

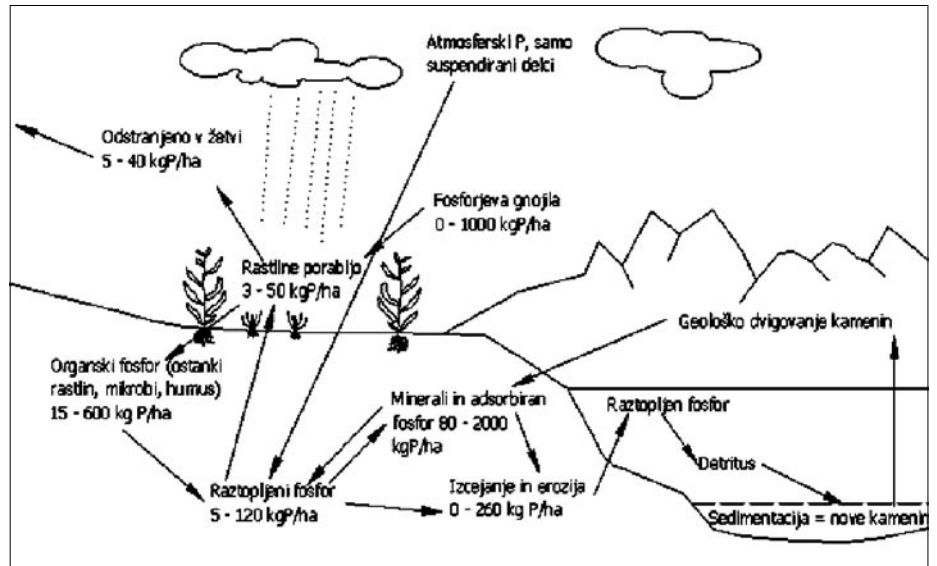


Slika 5 • Osnovna shema kroženja dušika in fosforja v jezeru (Valsami-Jones, 2004)

vir fosforja so odpadne vode iz gospodinjstev ter mineralna gnojila in gnojevka na kmetijskih površinah. Prst uspešno zadržuje fosfor v sebi in ga reciklira (Wilson, 1999). Čeprav so fosfati iz urbanih in kmetijskih območij prisotni v dotokih jezera, to ne vodi vedno k višjim koncentracijam fosforja v vodi, kar je del, odstranjen v procesu obarjanja in usedanja.

Vir organskih gnojil/odpadkov so živalski gnoj, ostanki rastlin ter komunalni in industrijski odpadki. V tleh potekajo številni procesi s fosforjem, ki omogočajo dostopnost fosforja rastlinam in možnost prehoda v površinske vode.

Vir fosforja v tleh predstavljajo ostanki talnih mineralov gnojil (organskih in mineralnih). V prsti je najdenih več kot 200 oblik mineralov, ki vsebujejo fosfor, najpogostejša sta: apatit (kalcijev fosfat) in železov in aluminijev fosfat. Surovina za komercialna fosforjeva gnojila je apatit, ki ga obdelajo z žveplovo ali fosforno kislino in tako dosežejo boljše topnost fosforja.



Slika 6 • Kroženje fosforja v naravi (Moss, 1998)

### 3 • BILANCI HRANIL

Letni vnosi fosforjevih in dušikovih spojin v Cerknško jezero so izračunani na dva načina. Prvi račun upošteva podatke o rabi tal na prispevni površini, padavin, padavinske odtokne koeficiente in koeficiente za izpiranje hranil iz tal. Drugi račun pa upošteva koncentracije hranil na pritokih Cerknškega jezera in povprečni letni pretok ter koncentracij ob določenem vodostaju v jezeru.

#### Vnos iz urbanih površin (naselja)

Med območja, za katera lahko rečemo, da so izrazito urbana ali delno urbanizirana, spadajo naselje Cerknica, Dolenja vas, Begunje, Lož in Stari trg. Obremenitev je odvisna od: količine padavin, gostote poselitve, števila prebivalstva, koeficienta odtoka in velikosti površin naselij. Padavinske onesnažene vode iz utrjenih površin po vsebujejo za vaško naselje 0,2 mg/l ( $N_{celokupni}$ ) in 0,1 mg/l ( $P_{celokupni}$ ) koncentracije onesnažil, za stanovanjsko naselje z nizko gostoto prebivalstva (Cerknica in Stari trg) pa 1,2 mg/l ( $N_{celokupni}$ ) ter 0,7 mg/l ( $P_{celokupni}$ ) ((Panjan, 2004), (Ilič, 2008), (Drev, 2008)). Preglednica 1 prikazuje za posamezno naselje izračunane vnose dušika in fosforja, pri tem pa ni vključena padavinska voda, ki v Cerknici odteče z javno kanalizacijo na čistilno napravo.

Naselje	Vnos fosforja (kg/leto)	Vnos dušika (kg/leto)
Cerknica	84	144
Begunje	11	22
Dolenja vas	7	15
Lož	20	53
Stari trg	60	104
Skupaj	182	338

Preglednica 1 • Vnos fosforja in dušika iz urbanih (utrjenih) površin

Odpadne vode iz gospodinjstev vsebujejo (Panjan, 2004) naslednje koncentracije onesnažil: 5–20 mg/l ( $P_{celi}$ ) in 15–90 mg/l ( $N_{celi}$ ). Del prebivalstva v Cerknici, Dolenji vasi, Ložu in Starem trgu, ki so priključeni na javno kanalizacijo in čistilne naprave, se upošteva v podatkih o iztoku iz javnih čistilnih naprav. V preglednici 2 so prikazani vnosi dušika in fosforja iz gospodinjstev posameznih naselij brez javne kanalizacije.

Občina	Št. preb. (P)	Dušik (kg/leto)	Fosfor (kg/leto)
Cerknica	4117	19534	3007
Loška dolina	2528	16790	1845
Bloke	962	4564	703
drugo	1457	6913	1064
Skupaj	7607	47801	6619

Preglednica 2 • Vnos fosforja in dušika z odpadno vodo iz gospodinjstev

#### Promet

Promet ima značilnosti tako točkovnega kot razpršenega onesnaženja. Predvsem v primeru avtoceste je odvodnjavanje urejeno na način, da se voda zbira in delno prečiščena točkovno kontrolirano odteka v okolje. Ceste nižjega ranga ter železnice imajo značilnosti razpršenega onesnaženja.

V urbanem in industrializiranem območju ima velik vpliv atmosfersko onesnaženje. Niso zanemarljivi tudi deleži namernega onesnaževanja z nesnago voznikov (predvsem organsko) ter blato kmetijskih strojev iz obdelovalnih površin. Najbolj obremenjene so vode ob prvem deževju po dolgotrajni suši. Padavinske vode kontrolirano spuščamo v odvodnike, delno pa jih očistimo, za velika

parkirišča se gradijo lovilci olj in maščob. Za obravnavano območje, ki nima avtocest, je onesnaženja iz prometa zanemarljivo oziroma je delno zajeto v urbanem področju naselja Cerknica pri vnosu v čistilno napravo.

#### Vnos iz javnih čistilnih naprav

V javno kanalizacijo in na čistilno napravo so na tem področju priključena samo naselja Cerknica, Dolenja vas, Lož in Stari trg. Na javno kanalizacijo je v Cerknici in Dolenji vasi priključenih okrog 700 gospodinjstev, to je približno 2200 ljudi. Na celotnem obravnavanem območju je na sistem javne kanalizacije in čistilnih naprav priključenih le okrog 20 % prebivalstva. Čistilna naprava v Dolenji vasi ima kapaciteto 2500 PE, ki je danes že presežena. ČN Stari trg pa ima kapaciteto 2000 PE. Od vseh oblik dušika pa je bil merjen le amonijev dušik. Iz obeh čistilnih naprav (Panjan, 2004) pridobi jezero letno 1872 kg fosforja in 7812 kg dušika. Preglednica 3 prikazuje rezultate izračuna.

#### Vnos industrije

Podatkov o industrijskih odpadnih vodah skoraj ni. Večkrat so manjši obrati priključeni na javno kanalizacijo, ne da bi bila znana kvaliteta teh voda. Znani so podatki za podjetje Kovinoplastika Lož, ki ima svojo čistilno napravo, in sicer znaša celoletni vnos amonijevega dušika 4820 kg. Večja podjetja, kot so Novolit Nova vas, Martinjak Masiva, Jera mix Begunje, niso povezana z javno kanalizacijo in javnimi čistilnimi napravami. Odpadno vodo neprečiščeno spuščajo v bližnje potočke ali neposredno v podtalje. Te vode niso upoštevane v izračunih.

#### Vnos iz kmetijskih zemljišč

Za izračun vnosa fosforja in dušika iz kmetijskih zemljišč potrebujemo: površine določenih tipov zemljišča, srednje koncentracije padavinskih voda s kmetijskih površin, podatke o količinah padavin in koeficient odtoka ( $\varphi = 0,125$ ). Izključno s kmetijstvom se na področju ukvarja le manjši del prebivalstva.

Uporaba agrokemikalij je verjetno nekoliko pod slovenskim povprečjem, toda škodljivi učinki na podzemne vode so zaradi prepustnih kraških tal lahko precej veliki. Preglednica 5 prikazuje deleže zemljišč po krajevnih skupnostih za različne kategorije kmetijskih zemljišč.

Iz celotnega vodozbirnega področja smo izračunali, da pridejo v Cerkniško jezero naslednje količine fosforja:

Čistilna naprava	Količina prečiščene vode (m <sup>3</sup> /leto)	Izmerjene koncentracije		Vnos	Vnos
		fosfor (mg/l)	dušik (mg/l)	fosforja (kg/l)	dušika (kg/l)
Dolenja vas	124 000	14	63	1 736	7 812
Stari trg	8 500	1.6	*	136	*

Preglednica 3 • Vnos fosforja in dušika iz čistilnih naprav

Vrsta pridelka	pesek	ilovica
	kg/(ha.leto)	kg/(ha.leto)
spomladanske žitarice	65	55
oljna repica	50	40
grah	75	60
krmna pesa	45	30
sladkorna pesa	40	25
krompir	45	30
travniki v kolobarju	40	25
trajni travnik	25	15

Preglednica 4 • Izcedek dušika ob standardni stopnji gnojenja (Merrington, 2002)

Občina	njive, travniki (ha)	pašniki, trstičja (ha)	gozd (ha)	nerodovito (ha)	padavine (mm)
Loška dolina	1350	580	1000	120	1500
Bloke	2050	1000	1270	90	1580
Cerknica	2960	1710	2890	170	1600
Postojna			1010		1650
Σ	6360	3290	6170	380	

Preglednica 5 • Kmetijska zemljišča po hektarjih v različnih občinah

- njivske in travniške površine – 13.120 kg/leto,
  - pašniki – 3180 kg/leto,
  - gozdovi – 617 kg/leto.
- Skupni povprečni vnos fosforja znaša 16.917 kg/leto. Največji delež, skoraj 78 %, predstavlja vnos iz njivskih in travniških površin, pašniki prispevajo 19 %, ostalo priteče s padavinsko vodo iz gozdov (Kovač, 2004).
- Količine dušika so razporejene takole:
- njivske in travniške površine – 32.517 kg/leto,
  - pašniki – 11.024 kg/leto,
  - gozdovi – 24.063 kg/leto.
- Celotni letni vnos dušika znaša 67.604 kg. Dušik iz njiv in travnikov predstavlja 48 % celotnih količin, delež pašnikov je dobrih 16 %, gozdovi pa predstavljajo 36 %.

#### Celotne količine fosforja in dušika

Pri skupnih količinah je treba poudariti, da so podatki in s tem tudi rezultati za onesnaževanje industrije zelo pomanjkljivi. Največja obremenitev s hranili pride iz naslo-



va kmetijskih zemljišč. Vnos dušika iz kmetijskih zemljišč je skoraj 53 %, medtem ko je pri fosforju ta delež 2/3 skupnih količin. To je posledica velikega vodozbirnega območja. Velik delež fosforja in dušika prispevajo tudi gospodinjstva, ki niso priključena na javno čistilno napravo. Preglednica 6 prikazuje deleže vnosa fosforjevih in dušikovih spojin iz različnih virov in površin.

Iz preglednice 6 je razvidno, da največjo obremenitev za jezero predstavlja kmetijstvo, ki prispeva 66,1 % fosforja in 52,6 % dušika, obremenitev iz naselij in čistilnih naprav je 33,3 % fosforja in 43,6 % dušika, delež industrije pa je majhen in znaša okoli 1 % fosforja in 33,8 % dušika.

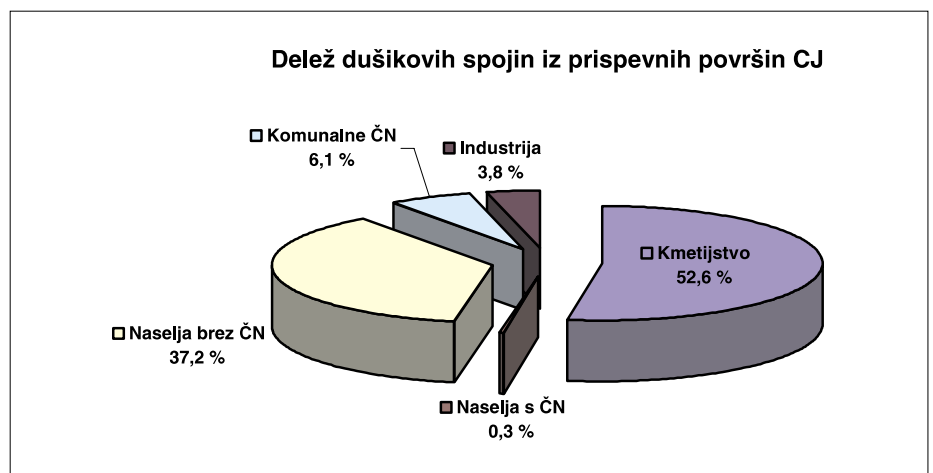
Pri masnih izračunih obremenitev na podlagi izmerjenih koncentracij in povprečnih pretokov in volumnov smo ugotovili, da meritve kažejo znatno večje onesnaženje s hranili na pritokih kot v samem jezeru. Pritoki, ki se zlivajo na Cerkniško polje, so obremenjeni z odpadno vodo iz industrijskih obratov in iz naselij. Najbolj onesnaženi pritoki so Cerkniščica, ki je poleti uvrščena v IV. kakovostni razred, Martinjščica in Žerovniščica. Najmanj onesnažena voda je v Zadnjem kraju, kjer se voda zadržuje skozi večji del leta in so pritoki iz Javornikov. Tu je voda onesnažena predvsem z nitrati. Manj obremenjena sta pritok Lipsenjščica, ki priteče z Bloške planote, ter Obrh, ki priteče z območja Loškega in Babnega polja. Ob nizkem vodostaju so vode, ki iztekajo v podzemlje, bolj onesnažene kot takrat, ko je polje poplavljenno.

Za primerjavo smo izbrali merilno mesto v samem jezeru Stržen–Dolenje Jezero ter merilno postajo na pritoku Cerkniščica–Dolenja vas. Podane so povprečne letne vrednosti celokupnega fosforja ter dušikovih spojin. Izkaže se, da so vrednosti fosforja v Cerkniščici v povprečju za desetkrat večje kot v samem jezeru.

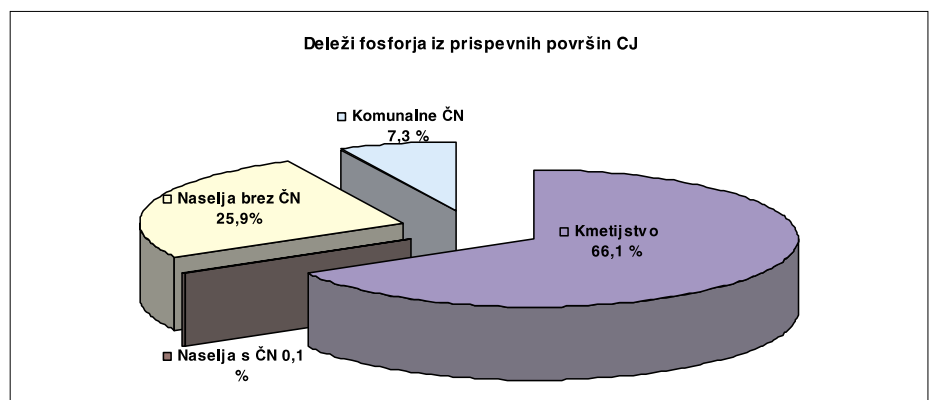
V Cerkniščico se namreč iztekajo odpadne vode iz komunalne čistilne naprave v Dolenji vasi. Prav tako so vrednosti amonijevega iona za približno 15-krat višje kot v jezeru. To se sklada s teorijo, po kateri amonijevi ioni kažejo na sveže onesnaženje, nitrati na kasnejše, nitrati pa na že dlje prisotno onesnaženje. Tako so koncentracije nitratov približno 4,5-krat višje v Cerkniščici kot v jezeru ter koncentracije nitratov 1,2-krat višje v Cerkniščici kot v jezeru. Izkazane meritve kažejo, da ima Cerkniško jezero čistilne sposobnosti ter da so vode na iztoku čistejše kot na dotoku.

	FOSFOR (kg/leto)	delež (%)	DUŠIK (kg/leto)	delež (%)
vnos s kmetijskih zemljišč	16.917	66,1	67.604	52,6
vnos iz urbanih površin s ČN	182	0,1	338	0,3
vnos iz gospodinjstev brez ČN	6619	25,9	47.801	37,2
vnos iz čistilne naprave	1872	7,3	7812	6,1
vnos iz industrije	*	*	4820	3,8
	<b>25.590</b>	100	<b>123.555</b>	100

Preglednica 6 • Vnos fosforja in dušika v kg/leto iz različnih virov in površin



Slika 8 • Deleži dušika s prispevnih površin Cerkniškega jezera



Slika 7 • Deleži fosforja s prispevnih površin Cerkniškega jezera

V vseh pritokih je opazna večja obremenitev predvsem v poletnem času pri nizkem vodostaju. Glede na to, da imajo vsi pritoki višjo vsebnost fosforja, kot je značilno za jezero, lahko smatramo, da je Cerkniško jezero ponor za fosfor. Verjetno se večji del usede ali pa vgradi v biomaso. Tudi za dušikove spojine velja, da so koncentracije amonijevega iona

višje na pritokih kot v jezeru, za nitrate pa je to manj izrazito.

Drugi način izračuna daje ca. 10–40 % večje masne količine, vendar primerljive vrednosti glede na prvi način izračuna.

Dušikove snovi se večinoma odstranijo s pomočjo mikroorganizmov in gredo v atmosfero, preostali del pa se vgradi v rastline in se

kot organski dušik usede na dno. Fosfor, ki se usede na dno v partikulirani obliki, se povečini odstrani iz vodnega telesa z obarjanjem z magnezijevimi, železovimi in kalcijevimi ioni. Preostali del se vgradi v rastline.

Znane so izračunane letne količine fosforja in dušika. Poznamo koncentracije dušikovih in fosforjevih spojin v jezerski vodi ter pritokih. S pomočjo volumna jezera ter povprečnega nihanja jezerske gladine lahko izračunamo, kakšne naj bi bile koncentracije fosforjevih in dušikovih spojin v jezerski vodi glede na izračunane letne količine fosforja in dušika. Povprečni srednji vodostaj med letoma 1989 in 1999 znaša 548,1 m n.m., na tej višini jezerske gladine je volumen 10.793.447 m<sup>3</sup>. Koncentracije hranil v jezerski vodi glede na letni vnos v prispevni površini znašajo: fosfor 2,4 mg/l, za dušik pa 11,4 mg/l. Tako dobimo:

- povprečno letno količino fosforja: 25.590 kg
- povprečno letno količino dušika: 123.555 kg

Tako izračunane koncentracije so za totalni fosfor kar 60-krat višje od meritev koncentracij v samem jezeru, ki znašajo v povprečju okoli 0,04 mg/l P<sub>tot</sub> na merilni postaji Stržen–Dolenje Jezero. Prav tako so izračunane koncentracije za totalni dušik 14-krat višje od meritev koncentracij v jezeru, ki znašajo okoli 0,8 mg/l P<sub>tot</sub> (preglednica 9).

Razlogi, da so koncentracije izračunane iz letne obremenitve s fosforjem in dušikom nekajkrat večje od izmerjenih v jezeru, so po naši oceni naslednji:

- Čas zadrževanja vode v jezeru ni eno leto, torej se hranilne snovi sproti izplaknejo in se ne nahajajo hkrati v jezeru.
- Velika samočistilna sposobnost jezera. Torej denitrifikacija dušika, vgradnja fosforja v rastlinje in sedimentacija zmanjšujejo koncentracije hranil. Samočistilno sposobnost jezera bomo obravnavali v posebnem drugem članku.
- Dušik in fosfor se ne izcejata enakomerno, temveč sorazmerno z intenzivnostjo padavin. Merodajne meritve bi tako morale upoštevati tudi maksimalne vrednosti po padavinah.

Izkaže se tudi, da so izračunane koncentracije fosforja glede na dušik višje od dejanskih izmerjenih. To je lahko posledica pomanjkljivega zajema podatkov ali pa povečane retenzije fosforja v flih.

leto	P-tot	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Vsota N-spojnin
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1993	0,07	0,12	0,02	2,85	2,99
1994	0,02	0,22	0,03	1,9	2,15
1995	0,039	0,18	0,02	1,4	1,6
1996	0,019	0,07	0,01	1,8	1,88
1997	0,008	0,4	0,05	2,4	2,85
1999	0,02	0,01	0,01	1,8	1,82
2000	0,06	0,05	0,02	2,2	2,27
2001	0,04	0,05	0,01	2,4	2,46
2002	0,06	0,09	0,016	1,6	1,706
Povprečje	<b>0,037</b>	<b>0,132</b>	<b>0,021</b>	<b>2,039</b>	<b>2,192</b>

Preglednica 7 • Stržen–Dolenje Jezero

leto	P-tot	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	vsota N-spojnin
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1993	0,41	2,32	0,1	2,76	5,18
1994	0,284	6,05	0,09	2,5	8,64
1995	0,081	0,63	0,05	2,4	3,08
1996	0,13	0,96	0,1	2,1	3,16
1997	0,139	3,0	0,13	2,5	5,63
1998		7,16	0,07	2,4	9,63
1999	0,52	0,48	0,05	2,8	3,33
2000	1,09	1,95	0,11	3	5,06
2001	0,34	0,77	0,12	2,2	3,09
2002	0,58	0,96	0,1	2,3	3,36
Povprečje	<b>0,397</b>	<b>2,428</b>	<b>0,092</b>	<b>2,496</b>	<b>5,016</b>

Preglednica 8 • Cerknjišča–Dolenja vas

Vodostaj (m.n.m.)	546	547	548	549	550	551	552
Volumen jezera (m <sup>3</sup> )	3943857	6830887	9717918	20473214	38195458	41501588	83606359
Fosfor							
Izrač. koncentracije (mg/l)	6,49	3,75	2,63	1,25	0,67	0,62	0,31
Konc. P <sub>tot</sub> v jezeru (mg/l)	0,04						
Večkratnik*	162,2	93,7	65,8	31,2	16,7	15,4	7,7
Dušik							
Izrač. koncentracije (mg/l)	31,33	18,09	12,71	6,03	3,23	2,98	1,48
Konc. N <sub>tot</sub> v jezeru (mg/l)	0,8						
Večkratnik*	39,2	22,6	15,9	7,5	4,0	3,7	1,8

Preglednica 9 • Primerjava koncentracij totalnega fosforja, izmerjenih v vodotokih, in izračunanih koncentracij glede na vodostaj jezera

$$* \text{ Večkratnik} = \frac{\text{izrač. koncentracije}}{\text{izmerjene koncentracije}}$$

#### 4 • SKLEP

Primer Cerkniškega jezera je zahteven za raziskave, predvsem zaradi kraškega presihajočega značaja, ki onemogoča natančno določanje prispevne površine, dotoka in odтока. Kakovost površinskih voda in njihova eutrofikacija sta odvisni predvsem od stanja prispevne površine in dejavnosti, ki potekajo na njej. Nadzorovanje in upravljanje s prispevnimi površinami pa zahteva medobčinsko in regionalno sodelovanje. Glavni dejavniki, ki določajo vpliv prispevne površine na kakovost voda, so kmetijstvo, gozdarstvo, industrija, komunalna infrastruktura, klima, geologija, poselitev in promet. Pri tem bi radi poudarili, da so najvidnejši in najbolj raziskani učinki hranil dušikovih in fosforjevih spojin na vodni ekosistem – eutrofikacija,

endar vplivajo na ekosistem tudi druge manj raziskane snovi, kot so težke kovine in agrokemikalije.

Značilnost Cerkniškega jezera in pritokov je sezonsko spreminjanje njihove kakovosti in eutrofosti. Na te spremembe pa v veliki meri vplivajo naslednji dejavniki: vodostaj (količina vode), vnos snovi iz zaledja in primarna produkcija (prisotnost organizmov). Nekateri pritoki so ob nizkem vodostaju zelo onesnaženi. V vodi so ugotovljene visoke koncentracije skupnega fosforja in dušika, predvsem v površinskih pritokih. V Cerkniščici povprečne koncentracije celotnega fosforja presegajo vrednost 0,3 mg/l, medtem ko so koncentracije celotnega dušika več kot desetkrat večje. Stanje je nekoliko boljše na

samem jezeru in v kraških podzemnih pritokih. Pri analizah izstopajo vode iz Zadnjega kraja, kjer je onesnaženje najmanjše, saj vode pritekajo s področja Javornikov.

Največje obremenitve prispeva razpršeno onesnaženje. Pri obremenitvah s fosforjem kmetijske površine prispevajo 66 % celotnega onesnaženja in nekoliko manj pri dušiku (53 % celotnega onesnaženja). Razpršena poselitev z neurejenim odvajanjem odpadnih voda prispeva 26 % oziroma 37 % celotne obremenitve s fosforjem oziroma dušikom. Obremenitve iz točkovnih virov, torej čistilnih naprav in industrije, predstavljajo manjši delež celotnega onesnaženja (skupaj največ 10 %). Znatno del industrije še vedno izpušča odpadne vode nekontrolirano v vodotoke brez predhodnega čiščenja.

Glede na izračune smo ugotovili, da v in skozi Cerkniško jezero letno potuje ca. 300–600 t dušika in ca. 40–80 t fosforja.

#### 5 • LITERATURA

Cerkniško jezero – spletne strani.

Drev, D., Slane, M., Panjan, J., Die Untersuchung über die ländlichen Badegewässer und entsprechenden Massnahmen zu deren Verbesserung in Slowenien, Wasser-wirtschaft 98, 12/2008.

Gaberščik, A., Jezero, ki izginja.; Monografija o Cerkniškem jezeru, Društvo ekologov Slovenije, Ljubljana, 2002.

Ilič, D., Panjan, J., Ocena vplivnosti fosforja iz kmetijstva na eutrofikacijo površinskih voda v krajinskem parku Goričko, GV, letnik 57, 2008.

IWA Specialized Conference Nutrient Mangement Wastewater Treatment Processes and Reycle Streamers, Krakow, 19.–21. sep. 2005.

- Kovač, M., Vpliv naravnih in antropogenih dejavnikov na kakovost površinskih voda, Principi določevanja količin fosforja in dušika, UL FGG, 2004.
- Merrington, G., Winder, L., Parkinson, R., Redman, M., Agricultural pollution, Environmental problems and practical solutions., Spon press., 2002.
- Moss, B., Ecology of fresh waters, Blackwell Science, 1998.
- Panjan, J., Osnove zaščite voda, UL FGG, 2004.
- Valsami-Jones, E., Phosphorus in Environmental Technologies, IWA Publishing, Cornwall, UK, 2004.
- Wilson, W. S., Ball, A. S., Hinton, R. H., Managing risk of nitrates to humans an the Environment, The Royal Society of Chemistry, 1999.

# DOLOČANJE PRIORITET OBNOVE KANALIZACIJSKEGA OMREŽJA PO METODI MINIMALNEGA TVEGANJA

## DETERMINING REHABILITATION PRIORITIES OF SEWER SYSTEMS USING MINIMUM RISK METHOD

**Tomaž Ervin Schwarzbartl, univ. dipl. inž. stroj.**

tschwartzbartl@vo-ka.si  
JP Vodovod kanalizacija Ljubljana  
Vodovodna 90, 1000 Ljubljana

**Izr. prof. dr. Albin Rakar, univ. dipl. inž. grad.**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova 2, 1000 Ljubljana

**Izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.**

joze.panjan@ul-fgg.si  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova 2, 1000 Ljubljana

**Znanstveni članek**

UDK 004.6:338.465:628.2:659.2

**Povzetek** | Kanalski sistem predstavlja veliko infrastrukturno vrednost, ustrezno so visoka tudi porabljena finančna sredstva za njegovo vzdrževanje in obnovo. Razpoložljiva, praviloma omejena sredstva je zato treba kar najbolj optimalno porabiti. Pri tem si pomagamo z različnimi metodami določanja prioritete obnove. V svetu in tudi pri nas je danes GIS podprto načrtovanje rehabilitacije kanalizacijskega omrežja že standard. Za optimalno uporabo baze podatkov GIS so potrebne sistematične in celostne metode analize in vrednotenja podatkov. Za potrebe določanja prioritete obnove s pomočjo GIS smo razvili metodo minimalnega tveganja, ki jo na kratko predstavljamo v pričujočem članku.

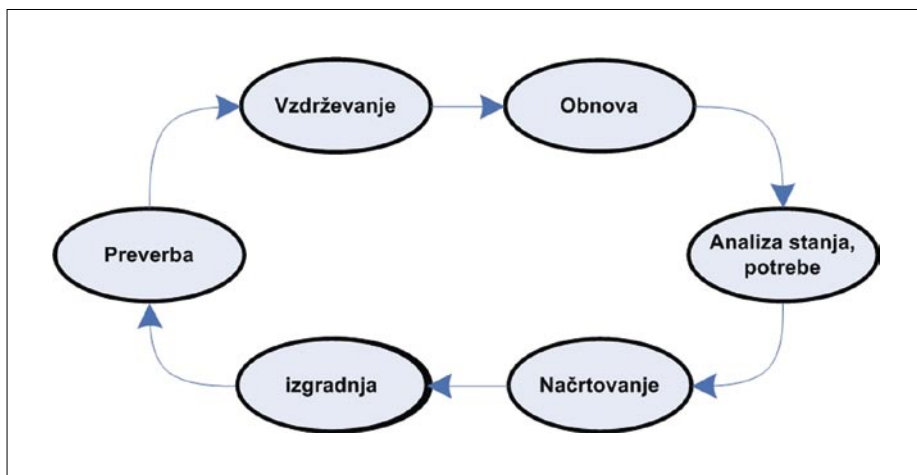
**Summary** | Sewer systems represent a big asset value and the corresponding costs for their maintenance and rehabilitation are adequately high. The available (limited) funds are supposed to be spent optimally with the help of different decision making methods for determining rehabilitation priorities. GIS supported planning of rehabilitation of sewer systems is nowadays an usual approach that needs adequate sustainable methods for analysing and evaluating of data. A minimum risk assesment method was developed for this purpose and is presented in this paper.

### 1 • UVOD

V Sloveniji se zadnje desetletje veliko dela na izgradnji manjkajočega kanalizacijskega omrežja, izgradnji čistilnih naprav v skladu z Operativnim programom za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode, ki izhaja iz Nacionalnega programa varstva okolja na

področju politike varstva voda. S kanalizacijskim sistemom (KS) moramo zagotoviti, da bo zbrana onesnažena voda tudi res prišla do mesta čiščenja. Vzdrževanje in rehabilitacija omrežja pa se zato z izgradnjo šele začneta. Za pravilno in uspešno načrtovanje

rehabilitacije KS je treba upoštevati vse korake življenjskega kroga cevovoda (slika 1). Vse faze v delovanju kanalizacijskega sistema so med seboj povezane in se logično dopolnjujejo. Vsaka faza ima dolgoročen vpliv na to, kdaj in kako bo treba kanal obnoviti, kdaj in kako bo njegova tehnična življenjska doba potekla, kakšna bo predvidena življenjska doba in kakšni bodo celotni stroški v času njegovega delovanja.



Slika 1 • Življenjski krog kanalizacijskega sistema

Kanalni sistem kot vsak drugi, čeprav je zgrajen dobro, zapade sistemu staranja in prenehanja delovanja. Določen del kanalizacijskega omrežja vsako leto propade do stopnje, ko funkcionalno ni več sposoben opravljati svoje funkcije, del omrežja je ekonomsko neupravičeno popravljati zaradi predvidenih ponovnih poškodb in zmanjševanja zanesljivosti omrežja ter s tem povečanimi stroški točkovnih sanacij, v najslabšem primeru pa ima lahko zelo življenje ogrožajoče posledice, katerih reševanje je vedno zelo neprijetno in drago.

## 2 • METODE IN MATERIALI

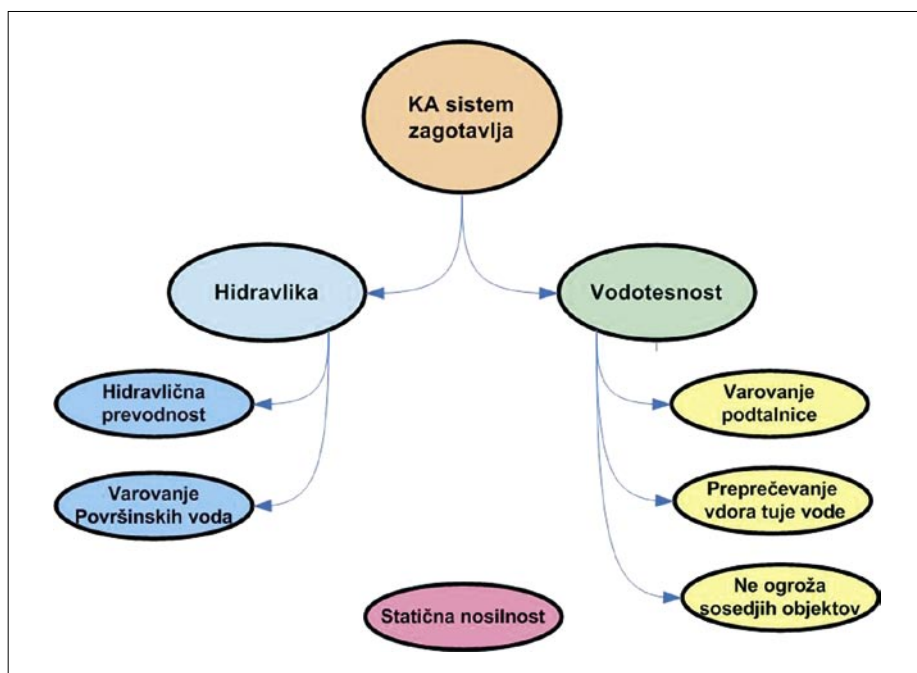
### 2.1 Pogoji za delovanje kanalizacijskega sistema

Sam kanalizacijski sistem mora zadostiti nekaterim pogojem delovanja, da lahko trdimo, da deluje v skladu s pričakovanji (slika 2).

Pri tem imamo v mislih javne KS in interne KS z objekti na KS, kot so hišni priključki, jaški, revizijski objekti, razbremenilniki, zadrževalniki (tu pa niso mišljeni objekti s strojno opremo – ČN, ČP idr.). Vsak posamezni del mora delovati v skladu s predpisi in standardi in zato mora biti njihovo stanje ustrezno pregledovano in vzdrževano.

Poškodovano kanalizacijsko omrežje ima lahko za posledice:

- posedanje, porušitev (intenzivnost, bližina ogroženih objektov);
- prelivanje (kje se nahaja, kje se razliva, uporaba prelitega zemljišča, čas trajanja preplavitve);
- onesnaženje podzemne vode in zemlje (prepustnost zemljine, oddaljenost od drugih podzemnih vodov, sposobnost filtracije zemljine, vrste in sestave odpadne vode);
- onesnaženje površinskih voda (kvaliteta površinskih voda, onesnaženost odpadne vode, pretoki in čas trajanja onesnaževanja);
- zmanjšano stopnjo čiščenja (neprimerna sestava odpadne vode – nedovoljene substance, ali preveč razredčena voda na dotoku v ČN);
- neposredne stroške (npr. stroški za sanacijo ali povečani stroški energije (črpalke) zaradi infiltracije);



Slika 2 • Osnovni pogoji delovanja kanalizacijskega sistema

- posredne stroške (npr. škode na objekti in inventarju);
- socialno nezadovoljstvo;
- za javno zdravstvo in varnost;
- drugo škodo za okolico (npr. smrad, hrup ali poškodbe).

Vsem tem neželenim dogodkom se lahko izognemo s pravilno projektiranim omrežjem, dobro in kvalitetno izvedbo izgradnje (kjer

so pomembni nadzor in kvalitetni izvajalci), s primerno zasnovanim in izvajanim monitoringom, s preventivnim vzdrževanjem in sprotimi popravili ter sistematičnim načrtovanjem rehabilitacije omrežja na osnovi poznavanja stanja sistema.

Sistem načrtovanja mora omogočati in zagotavljati, **da bodo ob pravem času zamenjani pravi kanalski odseki z uporabo pravilne metode obnove ob minimalnih celotnih stroških**

– še preden se pojavi kritična napaka na sistemu, kot je zapisano v uvodnem pojasnilu evropskega projekta CARE – S. Z drugimi besedami: kanalski odsek mora biti zamenjan, preden nastopi nedopustna stopnja tveganja zaradi možnosti njegovega nepravilnega delovanja. Določeni morajo biti kanalski odseki, ki so potrebni obnove, časovni roki izvedbe obnove posameznega odseka na osnovi poznanih enotnih prioritete in stroški, ki bodo ob tem nastali (COST Action 19).

Na ta način se izognemo prehitrim obnovam, ki še niso potrebne (dodatni stroški neizkoriščene infrastrukture), in s pravočasno obnovo ali zamenjavo preprečimo pojavljanje poškodb na sistemu, posledično preprečimo stroške popravil, odškodnin in odpravljanja tako nastale škode ter onesnaženje okolja.

Zakonodaja že v osnovi zahteva in opredeljuje obveznosti, osnovne principe in način dela upravljavca z javnim kanalizacijskim omrežjem z vrsto zakonov, predpisov, pravilnikov, odlokov in standardov. Za nas je zanimiva shema načrtovanja obnove kanalizacijskega odseka po standardu EN 752, ki loči hidravlične, okoljevarstvene in gradbene vidike.

Pri načrtovanju rehabilitacije omrežja je treba poleg tehničnih in strokovnih rešitev upoštevati tudi širši vidik upravljanja z javno infrastrukturo.

Prisotnih je namreč veliko različnih interesov in želja, ki so si med seboj nasprotujoči in je težko vsem hkrati zadostiti, kot npr. varovanje okolja in podtalnice, ter čim nižji stroški s strani uporabnikov ...

Poleg vseh interesnih skupin ne moremo mimo osnovnih karakteristik kanalizacijskega sistema samega, ki jih lahko opredelimo tako (Maurer, 2007):

- kanalizacijski sistem je neviden (pod zemljo),
- ima dolgo življenjsko dobo (30–100 in več let),
- močno medsebojno odvisnost – drevesna struktura,
- sistem je neobčutljiv – robusten – z visoko toleranco za napake,
- napake so zelo redko katastrofalne (v primerjavi z npr. plinom) in njihov vpliv težko nadzorovan,
- nepravilno delovanje ima lahko dolgoročne in obsežne posledice (onesnaženje).

Te karakteristike puščajo precej veliko fleksibilnost pri odločanju o potrebnosti rehabilitacije, še posebej, če podatki niso transparentno urejeni in enostavno dostopni. Upravljavci javne komunalne infrastrukture običajno zbirajo velike količine podatkov o omrežju (digitalni kataster, pregledi in ocene stanja,

podatki o uporabnikih, o drugih komunalnih vodih, podatki o nivojih in gibanju podtalnice, geološka sestava tal, poseljenost, vodotoki, večji točkovni potencialni onesnaževalci, relief terena ...), analiza in obdelava vseh teh podatkov pa je lahko šibka točka, še posebej za manjše upravljavce, ki nimajo na voljo dovolj specializiranih kadrov (čas in usposobljenost) ali ustrezne programske opreme.

## 2.2. Baza podatkov GIS

Pri računalniški analizi, vrednotenju in uporabi podatkov je posebno poglavje zasnovane baze podatkov. Katere podatke potrebujemo, v kakšni obliki jih moramo zbrati, kako zanesljivi morajo biti viri podatkov itd., se določi že pri zasnovi baze podatkov, predvsem pa je pomembno, za kaj in s kakšnim namenom jih bomo uporabili ((Stein, 2005), (Panjan, 1998)).

Baza podatkov GIS o stanju sistema je osnova za vse analize in vsako dobro načrtovanje rehabilitacije omrežja s poudarkom na določanju prioritete obnove posameznih kanalizacijskih odsekov na osnovi ocene stanja. Zasnovane baze podatkov GIS je vsekakor zamudna in relativno draga, predvsem pa jo je treba stalno vzdrževati. Toda brez nje si danes nobenega resnega načrtovanja omrežja ne moremo več zamisliti.

potek prehoda stanj, kot je ugotovljen pri pregledu s TV-kamero:

$$1 - F(t \leq c) = 1$$

$$1 - F(t > c) = \frac{(a+1)}{(a + \exp[b \cdot (t-c)])} \quad (1)$$

$$1 - F(t = \infty) = 0$$

Ocenjena vrednost prehoda stanj je določena na osnovi pregledanega vzorca istih kanalskih odsekov v različnih obdobjih njihovega življenjskega cikla. Ker smo na ljubljanskem kanalizacijskem sistemu do sedaj izvedli le en pregled celotnega kanalizacijskega omrežja za posamezen kanalizacijski odsek in se bo naslednji krog pregledov začel izvajati šele v naslednjih letih, ne moremo izhajati iz dejanskih podatkov o spremembah na omrežju. Zato smo za oceno krivulje staranja (slika 3) uporabili podatke, pridobljene pri nemških raziskovalcih, in jih glede na leto pregleda in za naše vzorčno območje primerjali in prilagodili vrednosti ((Herz, 1999), (Stein, 2005), (Baur, 2005)).

Ob predpostavki, da se bo kanal staral v skladu z do sedaj zabeleženo hitrostjo staranja, lahko

## 3 • MODELIRANJE STARANJA SISTEMA

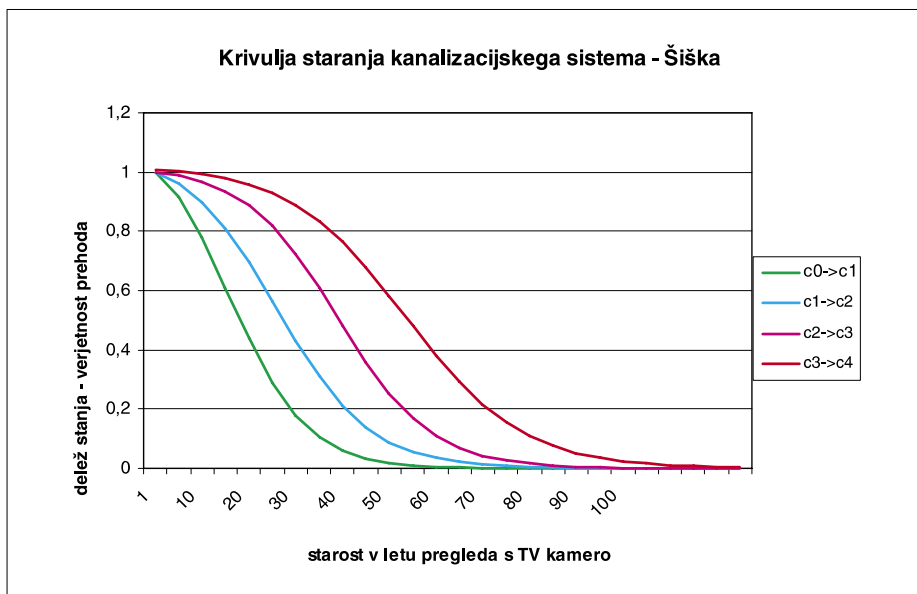
### 3.1 Staranje in življenjska doba kanalizacijskega omrežja – analiza trendov

Stanje kanalizacijskega omrežja želimo določiti iz podatkov. Za pridobivanje podatkov je vzpostavljen sistem nadzora in pregledov. V skladu z EN 752-5 je treba za ugotavljanje stanja oziroma izpolnjevanje zahtevanih pogojev delovanja kanalizacijskega sistema uporabiti vse dostopne informacije. Stanje sistema se nato določi na osnovi zbranih podatkov (običajno ciklični pregledi s TV-kamero na vsakih 10 let in interventni po potrebi), kjer podatkov ni, se lahko pristopi k modeliranju in simulaciji dogajanja v kanalizacijskem sistemu, vendar je tu natančnost ocene manjša. Hitrost staranja je pogojena z materialom cevovoda in pogoji vgradnje in obremenitve, pri tem je pomembno poznati predvideno življenjsko dobo kanalizacijskega odseka.

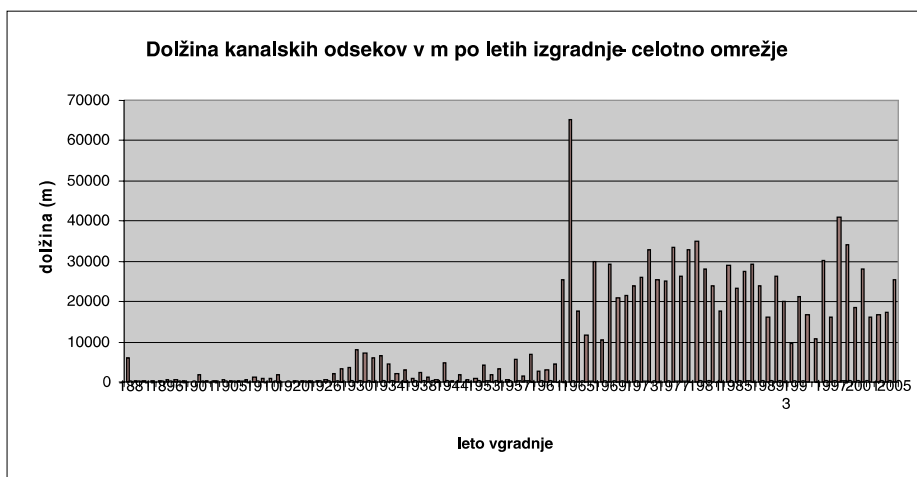
Določanje poteka staranja omrežja oziroma prehajanja iz posameznega razreda stan-

ja v drugega (klasifikacija ATV 143) lahko določimo s statističnim ovrednotenjem sprememb v obstoječem poznanim sistemu in z upoštevanjem verjetnosti, da se bodo drugi kanalski odseki v bodočnosti enako starali. Matematično lahko to popišemo z uporabo tako imenovanih funkcij staranja, ki jih je prvi predstavil in uporabil Herz (Herz, 1995). V konkretni uporabi za opis staranja uporabimo tako imenovano funkcijo prehoda razreda (FPR). FPR nam za posamezni kanalski odsek na osnovi njegovega razreda stanja dejansko da funkcijo staranja odseka glede na prehajanje iz enega razreda stanja (ATV 143) v drugega.

Funkcija staranja (preživetja) prikazuje, kakšen delež kanalov v določenem razredu stanja je glede na začetno stanje v določenem trenutku še prisoten v kanalizacijskem omrežju – je razlika med začetnim stanjem (1 oziroma 100 %) in časovnim integralom funkcije staranja (enačba 1), ki matematično popisuje



Slika 3 • Krivulje staranja za betonske cevi, DN < 600, vgrajene po letu 1960 – testni model, Šiška 2008



Slika 4 • Dolžina kanalskih odsekov glede na leto vgradnje



Slika 5 • Kumulativna dolžina vseh kanalov glede na leto izgradnje

napovemo obnašanje kanalskega odseka tudi v prihodnosti oziroma določimo lahko predvideno življenjsko dobo kanala. Seveda so posamezne karakteristike funkcije prehoda podobne le za enake cevne materiale in enake pogoje vgradnje. Tako tvorimo skupine podobnih cevodov, katerih lastnosti lahko popišemo z enako krivuljo staranja. Z metodo staranja sistema ne moremo določevati točne prioritete obnove za točno določen odsek. Rezultati analize nam le v določeni stopnji statistične zanesljivosti omogočajo napoved trendov obnašanja sistema v prihodnosti in splošno oceno stanja cevodov.

### 3.2 Analiza obstoječega stanja

Iz osnovnih podatkov digitalnega katastra kanalizacijskega sistema lahko določimo dolžine vseh kanalskih odsekov določene starosti (obdobje od 1881 do 2007), ki so v upravljanju JP VO-KA Ljubljana, kot je prikazano na sliki 4.

Prikaz vseh obstoječih kanalskih odsekov po starosti nam pokaže trend izgradnje kanalizacije v preteklosti in omogoča grobo oceno trendov staranja omrežja v prihodnje.

Na sliki 5 je prikazan kumulativni diagram obsega (dolžine) kanalizacijskega omrežja Ljubljane. Iz grafa je razvidno, da se je gradnja kanalizacije začela pospešeno izvajati po letu 1965 in se nato približno v enaki vrednosti nadaljevala vse do leta 2000. Na sliki 6 je prikazana predvidena dolžina kanalov, potrebnih obnove, za ljubljansko kanalizacijsko omrežje – varianta z upoštevanjem predvidene povprečne življenjske dobe kanala 60 let, upoštevanjem zahtevane tesnosti in srednjega tveganja za okolje.

Iz natančnejše analize podatkov, razvrščenih po materialu cevodov, DN itd., lahko določimo obseg potrebne obnove sistema in planiramo potrebna sredstva za rehabilitacijo omrežja v skladu z, recimo, strategijo ohranjanja vrednosti omrežja. Znano je, da se obseg rehabilitacije zaradi premajhnih razpoložljivih finančnih sredstev prelaga v breme okolja (povečanega tveganja) in v zadolževanje naslednjih generacij prebivalcev Slovenije. Povečano tveganje pa ni edini problem takšnega odnosa do te družbene dobrine. Obnova kanalizacije je namreč zahteven poseg, saj za izvedbo potrebujemo veliko usklajevanja, sredstev in časa. Vsega omrežja ni mogoče obnoviti v, recimo, petih letih. Zato niso zaman svarila, da od določene točke postaranja sistema ni več mogoče preprečiti npr. ekološke katastrofe. Ti splošni trendi stanja omrežja pa nam ne odgovorijo



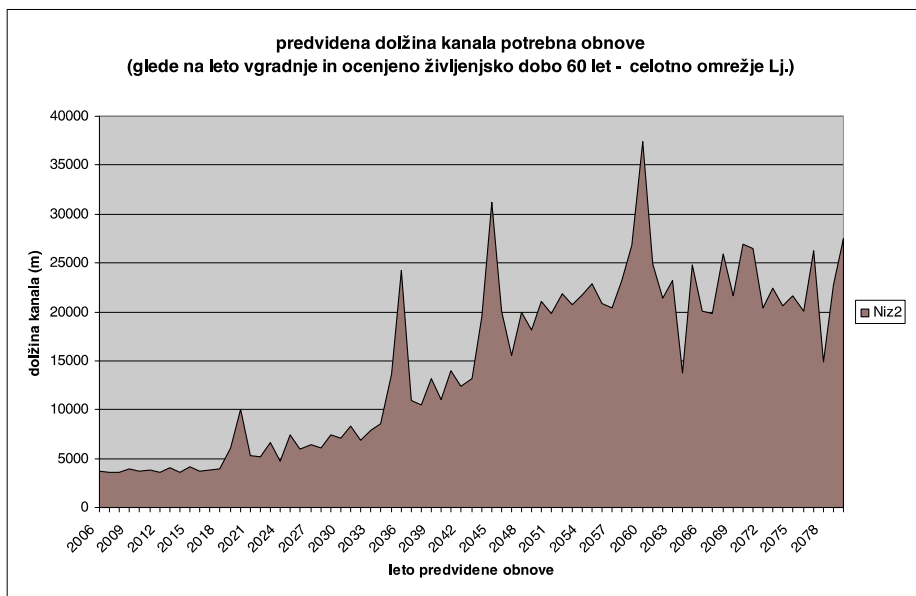
na vprašanje, kateri kanalizacijski odsek je treba najprej obnoviti, čeprav so osnova tudi takšnemu odločanju.

### 3.3 Določanje prioritete obnove

Da lahko odgovorimo na to vprašanje, smo razvili model določanja prioritete obnove na osnovi ugotovljenega stanja kanalizacijskih odsekov, ki predstavljajo največje skupno tveganje tako glede delovanja kanalskega sistema kot vplivov na okolje in človeka. Uporabili smo metodo najmanjšega tveganja, ki se v različnih drugačnih oblikah uporablja že nekaj desetletij v panogi varovanja podtalnice, varovanja ljudi pred naravnimi katastrofami, v preventivnem vzdrževanju strojne opreme, računalništvu itd., v zadnjih letih pa se je začela testno uporabljati tudi pri načrtovanju obnov vodovodnih sistemov (Tuhovčák, 2007). Metoda še ni razvita za kanalizacijske sisteme, čeprav se že pojavljajo prve napovedi za njeno implementacijo tudi za kanalizacijski sistem, zato smo jo razvili in dopolnili ter uporabili na lastnem modelu kanalizacijskega omrežja.

Običajni kriteriji za določanje prioritete obnove za srednjeročno plansko obdobje so pogojeni:

- z ustrezno hidravlično prevodnostjo odseka,
- z vrsto odpadne vode – padavinska, stopnja onesnaženosti komunalne vode,
- s starostjo odseka,
- z razredom stanja kanalskega odseka,
- s številom in velikostjo poškodb glede na klasifikacijo po ATV 143 (razred stanja) oziroma SIST EN 13508,
- z lego v vodovarstvenem območju,
- z območjem z visoko podtalnico,



Slika 6 • Predvidena dolžina kanalov, potrebnih obnove, ob upoštevanju predvidene povprečne življenjske dobe 60 let – ljubljansko kanalizacijsko omrežje

- s številom oskrbovanih strank,
- z evidentiranimi preplavitvami, zastoji,
- s preliv v vodotoke (zadrževanje, samočiščenje),
- z ocenjeno količino infiltrirane oziroma ekfiltrirane vode (in opisom poškodbe),
- z zunanjimi naročniki (investitorji), ki zaradi novogradnje menjavajo obstoječe starejše omrežje,
- z možnostjo pridobitve vseh potrebnih soglasij, služnosti oziroma gradbenega dovoljenja,
- s pobudami strank, občin in večjih predvidenih porabnikov,
- z nadaljevanjem že začelih gradenj v predhodnem obdobju,
- s časovnimi uskladitvami izvajanja obnov dotrajanih odsekov vodovoda in kanalizacije z drugimi komunalnimi vodi in ureditvami cestnišč ter gradbenimi posegi,
- z dokončanjem nalog, za katere so že zagotovljena finančna sredstva.

Posamezni kriteriji se uporabljajo v skladu z obstoječo zakonodajo, tehničnim pravilnikom in konkretno situacijo na terenu – komu in čemu je kanal namenjen, kje se nahaja, predvideni stroški izgradnje in vzdrževanja ter kdo bo zagotovil finančna sredstva. Ti kriteriji so načeloma enaki tudi pri podprtem načrtovanju obnove GIS, le da so tu podatki sistematično zbrani, analizirani in ovrednoteni (v našem primeru s strani tveganja).

## 4 • OPIS METODE NAJMANJŠEGA TVEGANJA – MNT

### 4.1 Opis zasnove MNT

Samo ime nekoliko zavaja, saj na stopnjo tveganja lahko vplivamo glede na svoje želje, potrebe in zmožnosti, če tveganje poznamo, in se na osnovi tega odločamo o ukrepih. Pri zasnovi metodologije načrtovanja rehabilitacije sistema smo upoštevali naslednja dejstva iz prakse:

Glavne omejitve za dobro izvedbo projektov v praksi so običajno:

- obstoječi podatki so zbrani iz različnih virov in baz podatkov (ATV-M 143-2, SIST

EN 13508, poročila ...), ki niso med seboj združljivi,

- čas (dodatno opravilo, problem organizacije dela in sodelovanja služb),
- pomanjkanje razpoložljive delovne sile (motivacija, plačilo, kadri in usposobljenost).

Zato je morala biti metoda zasnovana kot časovno čim manj potratna, enostavna za uporabo, razumljiva, ravno tako pa je morala omogočati zajem in vrednotenje podatkov iz različnih virov.

Določitev parametrov tveganja lahko enostavno predstavimo kot presek med nevarnostnim in škodnim potencialom (slika 7):

Določitev prioritete obnove poteka po osnovni shemi določanja največjega tveganja, ki potrebne podatke zajema v skupni bazi podatkov o elementih sistema in potencialnih nevarnostih ter njihovemu vrednotenju (slika 8).

Ovrednotenje tveganja, ki ga iz pridobljenih podatkov dobimo, je pogojeno s politiko določanja državnih in lokalnih prioritete glede standarda ohranjanja okolja in varnosti prebivalcev. Na osnovi določitve tveganja se določi **ukrepe** za zniževanje tveganja in vzpostavljajna zelenega stanja sistema.

Višjo prioriteto obnove imajo tisti kanalizacijski odseki, ki predstavljajo največje skupno tveganje in jih je zato najhitreje treba obnoviti (popraviti).

Zahteve za predvideno rehabilitacijo izhajajo iz zahtev zakonodaje, kot je:

- tesnost kanalizacijskega sistema,
- hidravlična prevodnost,
- okoljsko nevtralen sistem,
- nikakršen vpliv na okoliške objekte.

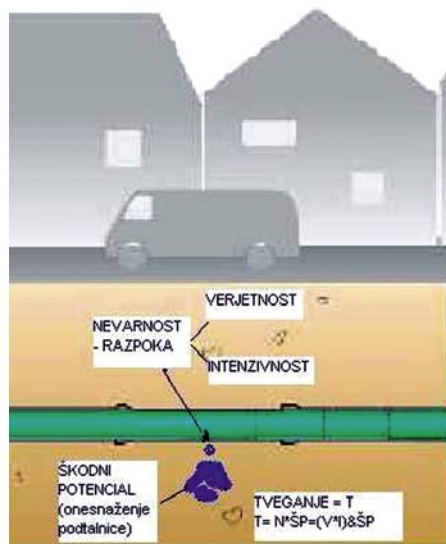
Nevarnosti smo razdelili na tri sklope skladno s standardom EN 752-5:

- **netesnost** (razpoke, premiki cevi, napačni priključki ...) – ogrožanje (onesnaženje) podtalnice – ekfiltracija, infiltracija (ČN);
- **slabo stanje sistema** (korozija, porušitev, staranje ...) – porušitev – trendi obnove;
- **nedelovanje** (blokada, sifoni, posedanje, sedimenti, korenine, preplavitve, prelivanje ...) – neželeni dogodki.

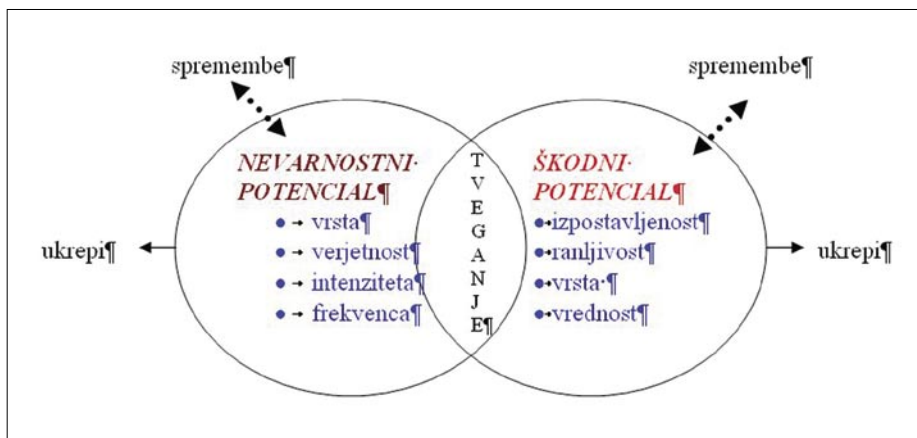
Posledice izhajajo neposredno iz nevarnosti in so lahko v grobem:

- onesnaženje – ekfiltracija onesnažene vode (netesnost),
- prelivanje in razlivanje onesnažene vode (blokada, zamašitve),
- poškodovanje ljudi in okoliških objektov (porušitev ...),
- infiltracija – vdor tuje vode v kanalizacijski sistem (netesnost),

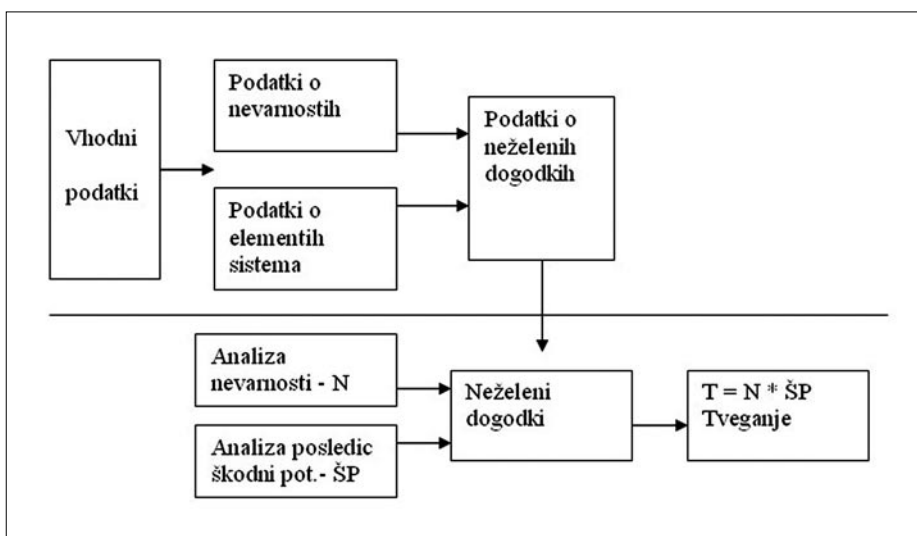
Kot je razvidno že iz sheme določitve tveganja, so posamezni sklopi nevarnosti in posledic opredeljeni še z njihovo frekvenco pojavljanja in možno oziroma izkazano intenziteto na določeni točki v sistemu.



Slika 9 • Primer onesnaženja okoliške zemljine



Slika 7 • Parametri določitve tveganja, prirejeno po ((Đurovič in Mikoš, 2004), (Romang, 2004))



Slika 8 • Določanje tveganja in zajem podatkov, prirejeno po (Tuhovčák, 2007)

Onesnaženje okoliške zemljine in posredno podtalnice je odvisno od dejanske količine iztečene vode (Wolf, 2008), od stopnje onesnaženosti odpadne vode in od frekvence pojavljanja iztekanja (lega poškodbe in nivo napolnjenosti kanala), od okoliške zemljine (prepustnost – glina – prod), od nivoja podtalnice (globina pod/nad nivojem kanala) in dejanske koriščenosti podtalnice (vodovarstveni pasovi, zajetje pitne vode ...). Za vsako nevarnost mora zato biti izdelana strokovna ocena tveganja, ki pa je vedno odvisna od strokovne usposobljenosti in izkušenj ocenjevalca in je zato vsaj nekoliko subjektivna in podvržena napakam.

Verjetnost nastopa poškodbe določamo na dva načina: ugotovljeno stanje nam da sliko o dejanskem trenutnem stanju (verjetnost = 1), z ugotavljanjem predvidenega stanja v prihodnosti na osnovi krivulj staranja (Hertz, 1995)

pa določamo verjetnost nastajanja poškodb v prihodnje in predvideno tveganje v naslednjem srednjeročnem obdobju (glavni spremenljivki sta starost in vrsta cevododa).

#### 4.2 Vrednotenje in določitve normiranih vrednosti tveganja za kanalski odsek

Določitev tveganja za skupno ugotovljeno nevarnost na kanalskem odseku določimo po formuli:

$$T_{k=1-3}(j) = \sum_{i=1}^n N_i(j) * \dot{S}P_i(j) \quad (2)$$

$T_k = 1-3$  – tveganje

1-3 – sklopi nevarnosti – k:

- 1 – ekfiltracija, infiltracija
- 2 – porušitev, statična nosilnost (korozija, starost)
- 3 – neželeni dogodki, nedelovanje

N – evidentirana nevarnost † na odseku j  
 ŠP – določen škodni potencial na območju nahajanja odseka j za napako †

Na sliki 10 so prikazane vrednosti evidentiranih točk tveganja po metodi minimalnega tveganja na osnovi evidentiranih nevarnosti pri pregledu s TV-kamero in neželenih dogodkov na območju modela dela kanalizacijskega omrežja Ljubljana Šiška.

Dejanske vrednosti, ki so bile izračunane ali ocenjene in uporabljene pri analizi poškodb, stopnji infiltracije, resnosti ovire itd., so zaradi omogočanja primerljivosti posameznih sklopov nevarnosti med seboj normirane na maksimalno vrednost 10 točk, razlike v pomembnosti med posameznimi sklopi nevarnosti pa so upoštevane z utežjo U (slika 11).

$$TOC(j) = \sum_{k=1}^3 U_k(j) * T_k(j) \quad (3)$$

TOC – skupna vrednost tveganja za kanalski odsek j

U – utež za posamezno vrsto nevarnosti k na območju nahajanja cevovoda j

T – skupno tveganje, določeno iz predhodnih izračunov, glede vseh evidentiranih nevarnosti n in škodnega potenciala na kanalskem odseku j

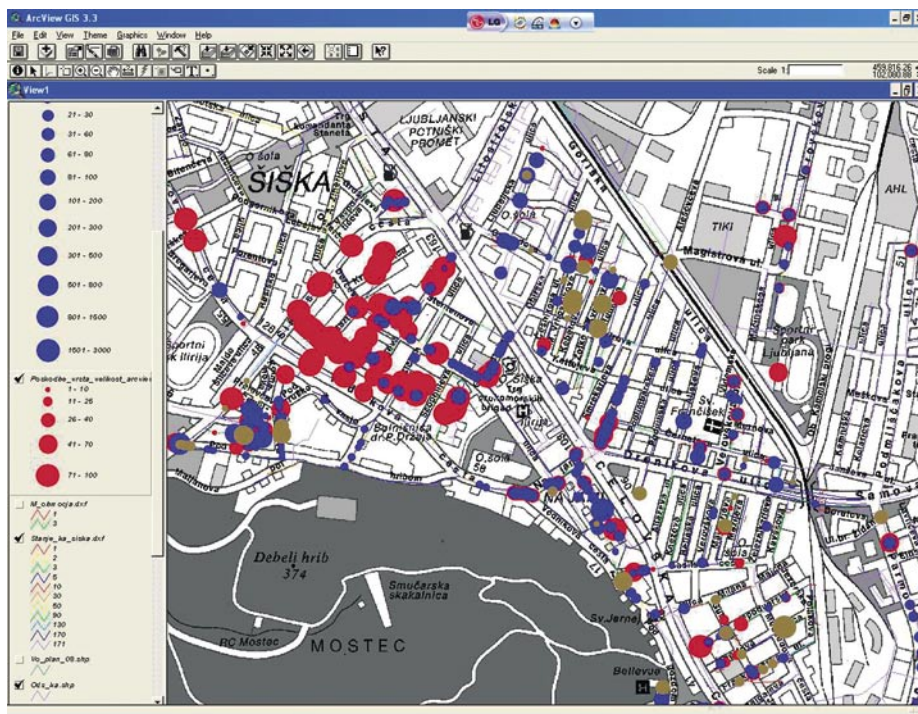
Uteži se določajo prostorsko (GIS) ali glede na vrsto poškodbe.

Vodovarstveno območje	Utež U <sub>1</sub> – tesnost
VVO 1	3
VVO II A	1,8
VVO II B	1,4
VVO III	1,2

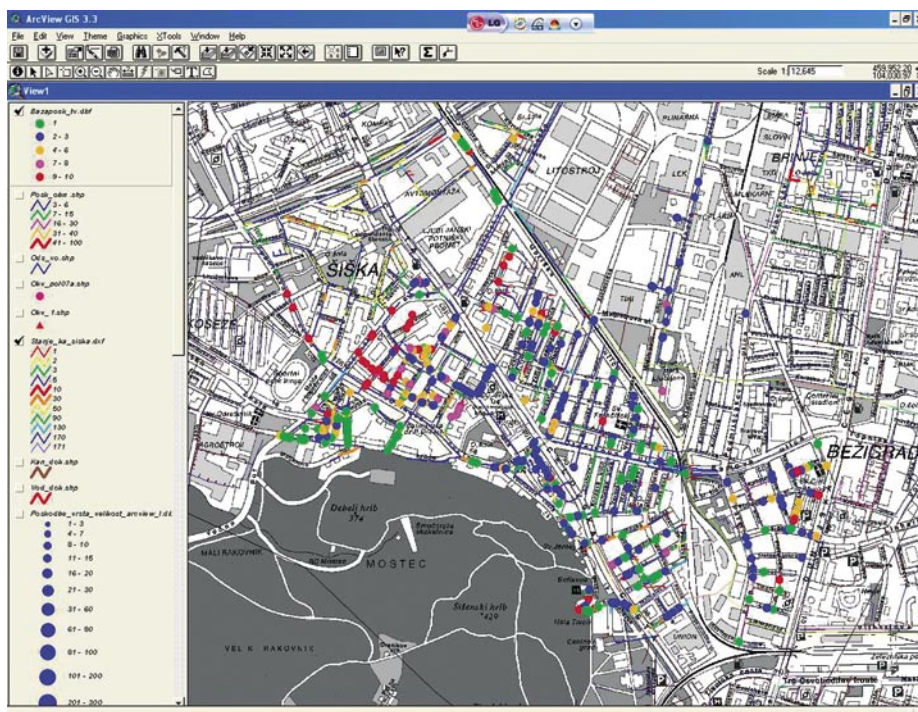
Preglednica 1 • Primer Uteži U1 za vodovarstvena območja za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja

Dolžina kanalskega odseka določa tveganje na tekoči meter (m) kanala – normirano veličino, ki jo lahko med posameznimi kanalskimi odseki primerjamo. Kanalske odseke določimo običajno v dolžini 25–50 m (razdalja med dvema revizijskima jaškoma).

Ocenjeno skupno vrednost tveganja smo pripisali posameznim kanalskim odsekom s pomočjo programskega orodja GIS ArcView. Primerljivost podatkov, zajetih v različnih časovnih obdobjih (zajem s TV-kamero vsakih ca. 10 let), se simulira in popravlja z uporabo



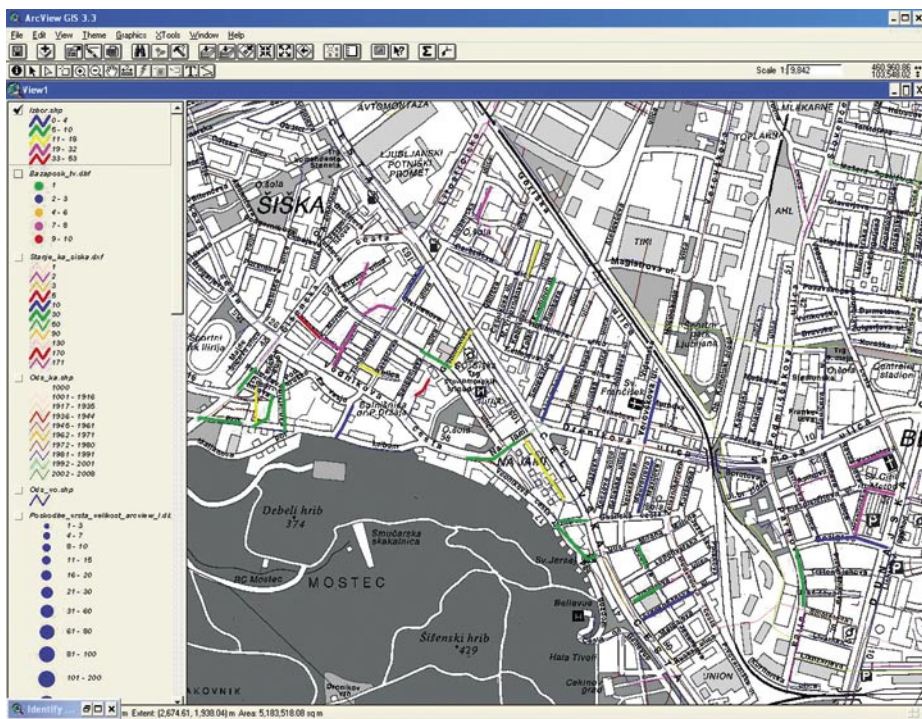
Slika 10 • Vrednotenje tveganja glede na vplivne faktorje izkazanih nevarnosti (še ni normiranih vrednosti)



Slika 11 • Normirane vrednosti za izkazana tveganja na kanalizacijskem sistemu – model Šiška

krivulj staranja (točka 3.1), kjer se običajno upošteva povečanje tveganja za 2 do 3 % na leto.

Posamezne barve (slika 11) predstavljajo skupno doseženo stopnjo tveganja evidentirane poškodbe in ne več vrste nevarnosti kot



Slika 12 • Predlog prioritetne obnove omrežja na osnovi izkazanega skupnega tveganja za posamezne kanalizacijske odseke

v sliki 10. Iz vsote vseh evidentiranih tveganj, ki predstavlja skupno tveganje za kanalski odsek (tveganje/m), določimo v naslednjem koraku rang kanalskih odsekov, potrebnih obnove. Kanalizacijskih odsekov, ki glede na izbrane kriterije dosegajo vrednosti tveganja 0–0,2 točke/m, v bližnji prihodnosti še ne bo smotno obnoviti, čeprav že predstavljajo tveganja za okolje in človeka. Odseke, ki so zbrali od 0,2 do 0,28 točke/m cevovoda, pa bo treba čim prej obnoviti. Za odseke, ki so dosegli nad 0,3 točke/m, je optimalni čas za obnovo že potekel in jih je treba nujno takoj obnoviti. Na podlagi navedenih ugotovitev smo izdelali predlog obnove kanalizacijskega omrežja z vidika stanja sistema in okoljskega tveganja (slika 12), v katerem smo najkritičnejše odseke smiselno povezali za potrebe predvidene obnove. Ob upoštevanju hidravličnih zahtev in drugih omenjenih kriterijev (točka 5) lahko sedaj določimo prioritete obnove kanalizacijskih odsekov.

## 5 • SKLEP

Na kratko smo predstavili osnovna izhodišča rehabilitacije kanalizacijskega sistema, osnovno staranja in trendov stanja kanalizacijskega sistema ter metodo določanja prioritete obnove na osnovi minimalnega tveganja. Metoda minimalnega tveganja je dovolj objektivna, natančna in enostavna ter kot taka domača inženirski pra-

ksi. Pri tej metodi, ki izhaja iz poznavanja stanja sistema, je mogoče uporabiti vse obstoječe podatke o sistemu in jih vključiti v oceno stanja kanalizacijskega odseka, odseke med seboj primerjati in določiti prioriteto obnove na osnovi ugotovljenega tveganja, ki ga kanalski odsek predstavlja za okolje in človeka.

Tako smo za območje testnega modela KS v Šiški določili prioritete obnove kanalskih odsekov, ki pa jih še ne moremo ovrednotiti oziroma primerjati glede na celotno omrežje in nam trenutno kažejo le delno sliko dejanskega stanja omrežja. Stroški izvedbe (kriterij – vodotesna kanalizacija) sedaj potrebne rehabilitacije KS tega območja, ki predstavlja 4,7 % celotnega omrežja, je ovrednotena na 1.172.000 evrov.

## 6 • LITERATURA

- AISUWRS, Assessing and Improving the Sustainability of Urban Water Resources and Systems – Ocenitev in izboljšanje trajnostnega/celostnega upravljanja z zalogami pitne vode in sistemi za oskrbo s pitno vodo, evropski raziskovalni projekt, [http://cordis.europa.eu/data/PROJ\\_FP5](http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5).
- Baur, R., Statistical Analysis of Inspection Data for the Asset Management of Sewer Networks, Technische Universität Dresden, Wojciech Zielichowski – Haber, Politehnika Wroclawska, Krupp Ingo, EU project – CARE-S, 2005.
- CARE, S, Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks, računalniško podprto načrtovanje rehabilitacije kanalizacijskega omrežja, evropski raziskovalni projekt, <http://care-s.unife.it>.
- COST Action 19, Proactive Crisis Management of Urban Infrastructure, proaktivno krizno upravljanje z javno infrastrukturo, evropski raziskovalni projekt, [http://simba.ifak-md.de/cost\\_c19](http://simba.ifak-md.de/cost_c19).
- Đurović, B., Mikoš, M., Preventivno obvladovanje tveganj zaradi naravnih, nevarnosti – postopki v alpskih državah in Sloveniji, Acta hydrotechnica 22/36, Ljubljana, 2004.
- Herz, R., Alterung und Erneuerung von Infrastrukturbeständen, Ein Kohortenüberlebensmodell, Erschienen in Jahrbuch für Regionalwissenschaft, Band 14/15, 1995.

- Maurer, M., *Water Infrastructure Management*, ETH- FS08, Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2006.
- Panjan, J., *Temelji geografskega informacijskega sistema za vodovode in kanale v Sloveniji (za varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami)*, Ujma (Ljubljana), št. 12, str. 133–135, 1998.
- Romang, H., *Wirksamkeit und Kosten von Wildbach-Schutzmassnahmen*, Geographica, bernensia G 73, Geographisches Institut der Universität Bern. 211 p., 2004.
- Stein, R., Trujillo A., *Analysis of long-term effects of maintenance strategies*, Stein & Partners GmbH, 2005.
- Stein, R., Trujillo A., Shuan G., *Qualitätssicherung der Inspektions und Bestandsdaten von Entwässerungssystemen durch analytische Plausibilitätssprüfungen*, 2005.
- Tuhovčák, L., Ručka, J., *Hazard identification and risk analysis of water supply systems*, LESAM 2007, IWA 2nd Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, Lisbon, Portugal, 17.–19. oktober, 2007.
- Wolf, L., *Leaking sewers as a long term test case for wastewater infiltration*, Combining screening programs for micropollutants and integrated model systems, CSIRO, Land & Water Seminar Series, Perth, 8. 4. 2008.
- Woodhouse, J., *PAS-55, Asset Management: concepts & practices* by John Woodhouse, Managing Director, TWPL IMC-2006, December 5-8, 2006, in Daytona Beach Florida, 2006.

# REŠITEV PRESKRBE S PITNO VODO OBALE IN ZALEDNEGA KRASA Z AKUMULACIJO MOLE IN KLIVNIKA SO POTRDILI MEDNARODNI IZVEDENCI

## SOLUTION OF WATER SUPPLY FOR COASTAL AND KARST REGION WITH RESERVOIRS MOLA AND KLIVNIK WAS CONFIRMED BY INTERNATIONAL EXPERTS

prof. dr. Mitja Rismal  
Barjanska c. 68, Ljubljana

Strokovni članek  
UDK: 556.15:628.1

**Povzetek** | Prispevek je odgovor na nedokazane in strokovno napačne trditve avtorjev članka in projektantov obravnavanega vodovoda z vodno akumulacijo Suhorka. Nasprotno od trditve projektantov imata obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik dovolj vode za dolgoročne potrebe vodovoda tudi brez novih akumulacij Suhorka ali Padeža, kar sedaj predlagajo za najboljšo rešitev. Tuji izvedenci so uporabo Mole in Klivnika podprli kot ekonomsko in ekološko skladno in do leta 2062 dolgoročno rešitev preskrbe s pitno vodo celotnega območja Obale s pripadajočim delom slovenske Istre in zalednim Krasom. Graditev nove akumulacije pa so ocenili kot ekonomsko in ekološko neproduktivno. Prispevek je nadaljevanje razprave o tej temi v Gradbenem vestniku.

**Summary** | The paper is an answer to the unproved and false statements of the authors of the corresponding paper and of the water supply project with the proposed water reservoir Suhorka. Contrary to the statements of the authors, the volume of both already existent reservoirs Mola and Klivnik is sufficient to cover the long term drinking water demand until 2062 of the Slovenian coast with its part of Istra and the Karst hinterland. The foreign experts wholly supported the use of the existent reservoirs as an economically and ecologically favourable solution. Contrary to the authors, they assessed the construction of the new reservoir Suhorka as an unproductive solution from both points of view.

### 1 • UVOD

Na Mišičevih dnevih 2008 so prof. dr. Mitja Brilly, prof. dr. Boris Kompare, mag. Andrej Kryžanowski in dr. Simon Rusjan predstavili svoj projekt »Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega kraškega območja« kot odgovor na moja opozorila in dokaze v Gradbenem vestniku,

da ta njihov projekt vodovoda z novo akumulacijo Suhorka (sedaj predlagajo akumulacijo Padež) – namesto da bi izkoristili že obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik – vodnogospodarsko in naravovarstveno ni utemeljen. Svoj prispevek zaključujejo z naslednjimi trditvami (glej preglednico 1):

Citirano: »Varianta A (z akumulacijo Suhorka, op. pisca) je investicijsko dražja od variante B (brez akumulacije Suhorka, op. pisca) samo v pogledu izgradnje akumulacije. Če se upoštevajo vsi investicijski stroški in vsi obratovalni stroški v dobi trajanja oziroma do leta 2062, je varianta B za malenkost ugodnejša od variante A samo v primeru, da se voda iz akumulacije Klivnik oziroma Mola transportira po cevi, kar pa je ekološko manj sprejemljivo (osiromašen pretok v Reki od Mole navzdol).

Varianta C ohranja vse prednosti variante A ter jih še bolj optimira, predvsem glede ukrepov v vodovarstvenih pasovih, in je tudi v ekonomskem pogledu najcenejša. V pogledu varnosti vodooskrbe pred onesnaženjem pa je sploh varianta C najbolj optimalna. Varianta B je, glede na njen opis s strani avtorja Rismala, navidezno privlačna iz naslednjih razlogov:

- nudi dovolj vode za oskrbo s pitno vodo Obale in zalednega kraškega območja;
- naj bi bila bistveno cenejša (za 40 mio. evrov, kolikor stane akumulacija Padež/Suhorka).

Seveda pa nobena od teh trditev ne vzdrži natančne preveritve (tabela 2), saj:

- varianta B ne zagotavlja dovolj vode za vse hidrološke razmere, čeprav je najprej prof. Rismal zagotavljal, da sta že obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik dovolj, se je na

koncu pojavila varianta s povečanjem potrebne prostornine obeh akumulacij na  $9,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Pa tudi v primeru spremembe sedaj zahtevanega ekološko sprejemljivega pretoka in v primeru povečanja prostornine akumulacije tuji recenzenti ugotavljajo, da bo v ekstremno sušnih letih treba pridobiti dodatne količine vode.

- Varianta B **ni** bistveno cenejša od variante A in je dražja od variante C. Pri varianti B je treba:
  - sanirati deponijo Globovnik,
  - izpeljati izgradnjo potrebnih kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, kar ima bistveno večji vpliv na končno ceno, kot ga predvideva prof. Rismal,
  - bistveno večji so stroški ukrepov v kmetijstvu,
  - varnostni bazen predstavlja občuten strošek,

- zelo velik strošek je nadgradnja akumulacije Mola za dodatnih  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , ki ga prof. Rismal v svojih prvotnih ocenah o prednosti svoje variante ne navaja.

Varianta B bo zrela za konkretno primerjavo z variantama A in C samo v primeru, da investitor naroči dokumentacijo in pridobi vsa potrebna soglasja soglasodajalcev za posege v prostor. Ocenjujemo, da je potreben čas, da se dokumentacija za varianto B izdela do iste stopnje obdelave kot za varianti A in C, ranga treh let. Do takrat variante B ne moremo povsem relevantno in enakopravno primerjati z izvedljivima variantama A in C. Postavlja pa se vprašanje neposrednih in posrednih (npr. izpad turizma) stroškov in odgovornosti zanje, če varianta B ne bo pridobila soglasja soglasodajalcev za posege v prostor, v tem času pa bodo ustavljena dela na izvedbi variante A in C.« (Konec citata.)



Slika 1 • Nepotreben izpust vode iz Klivnika 6. 8. 2008 ob 8. uri pri pretoku Reke  $2,08 \text{ m}^3/\text{s}$  pri Cerkenikovem mlinu pomeni zbiranje lažnih dokazov, da akumulaciji nimata dovolj vode



Slika 2 • Nepotreben izpust vode iz Mole 6. 8. 2008

## 2 • NAVEDBE PROJEKTANTOV NE USTREZAJO RESNICI IN NE VZDRŽIJO STROKOVNE PRESOJE

Žal – niti v strokovnem niti v finančnem pogledu – nobena od navedenih trditev projektantov, da akumulaciji Mola in Klivnik za Rižanski vodovod nimata dovolj vode, ne ustreza resnici – tuji izvedenci (Remmler, 2007) so v svoji ekspertizi v celoti potrdili pravilnost dokazov v Gradbenem vestniku (Rismal 2003, 2007, 2008), da imata obe akumulaciji s koristno prostornino  $6,44 \text{ mio. m}^3$  do leta 2042 in do leta 2062 dovolj vode ne le za Rižanski vodovod, ampak za vse tri vodovode skupaj,

in da za to obdobje graditev nove akumulacije Suhorka ni potrebna.

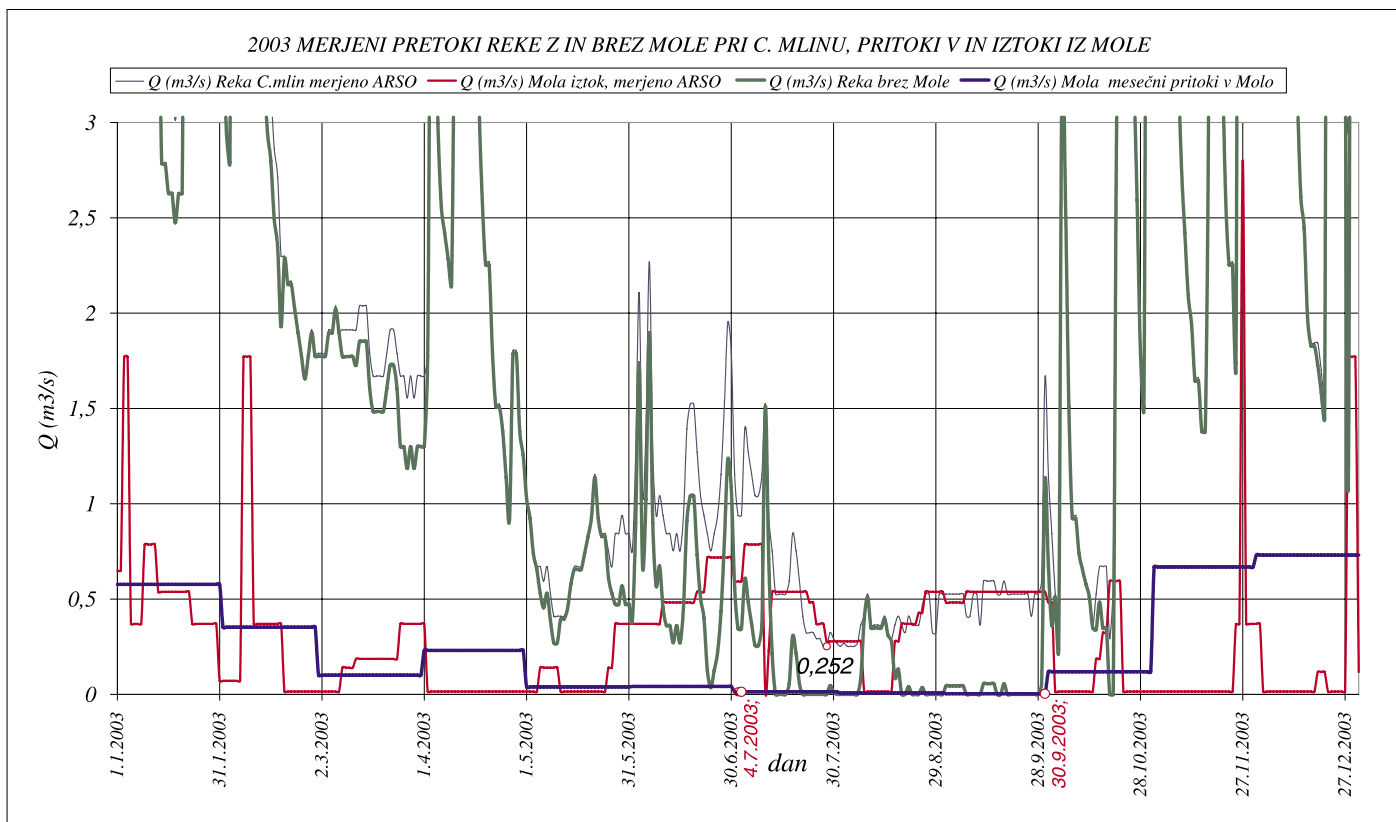
Izvedenci v poglavju 4.2.2 na strani 15/47 (Remmler, 2007) ugotavljajo (prevod):

**»Obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik lahko v celoti pokrijeta načrtovano porabo vode Rižanskega vodovoda do leta 2042 in 2062 tudi pri upadu vodnih virov zaradi klimatskih sprememb.«**

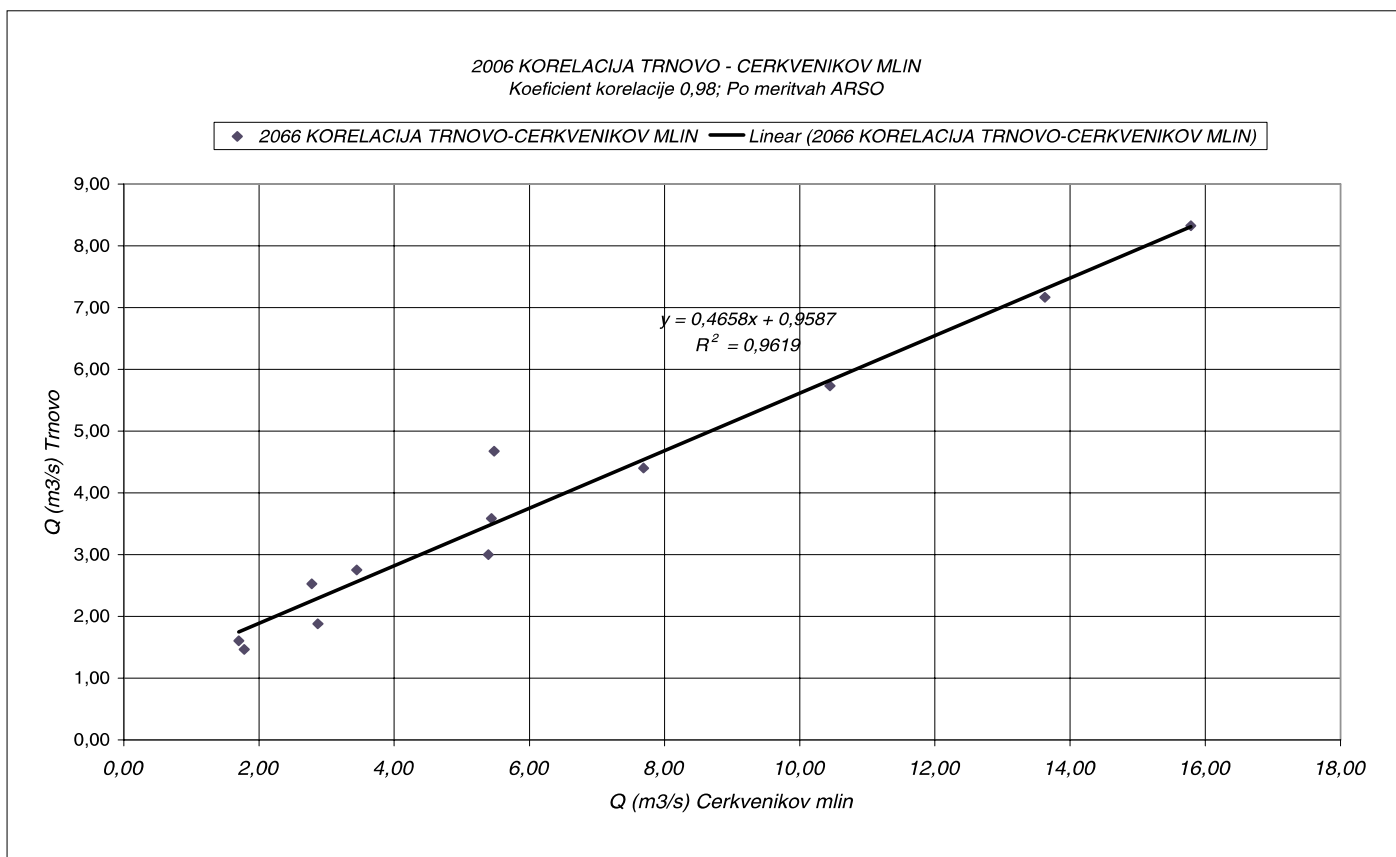
**»Takšna poraba je zagotovljena tudi, odvisno od izbranega  $Q_{\text{Rižana min bio}}$   $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  ali  $Q_{\text{Rižana min bio}}$   $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  in  $Q_{\text{Reka min bio}}$  najmanj  $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$  ali  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , če se ponovi zelo sušno leto, primerljivo z letom 2003.«**

Histogrami na sliki 3. in korelacija med pretoki Reke v Trnovem in pri Cerkenikovem mlinu na sliki 4 pa dokazujejo, da se voda na tem odseku ne izgublja.

V akumulacijah s prostornino  $6,44 \text{ mio. m}^3$  ostane za načrtovano obdobje do 2042 še dovolj vode za bogatenje naravnih sušnih pretokov Reke, z izjemo sušnega leta, kot je bilo 2003, ko pa ostane v akumulacijah, po pokritju potreb vodovoda, za bogatenje Reke, ki bi sama, brez akumulacij, sicer presušila, še vedno  $200 \text{ l/s}$  razpoložljivega pretoka (slika 5).



Slika 3 • Histogrami Reke z in brez bogatenja iz Mole in histogram izpustov vode iz Mole



Slika 4 • Visoka korelacija mesečnih pretokov Reke pri Cerkevnikovem mlinu in Trnovem



To ugotovitev so zaradi preglednosti ponazorili (slika 5) s priloženimi, zaradi klimatskih sprememb reduciranimi histogrami vodne bilance za preteklo 50-letno obdobje od 1955 do 2004.

V točki 6 na strani 29/47 (Remmler, 2007) ugotavljajo enako, za obdobje do leta 2042 tudi za vse tri vodovode (prevod):

**»V naslednjih 30 letih, do 2042, lahko obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik pokrijeta načrtovano porabo vode vseh treh vodovodov pri zagotovitvi  $Q_{Reka\ min\ bio} = 0,07\ m^3/s$  oziroma  $0,14\ m^3/s$ , in  $Q_{Rižana\ min\ bio} = 0,2\ m^3/s$  oziroma  $0,1\ m^3/s$ .«**

In v tretjem odstavku poglavja 4.2.3 na strani 16/47 (Remmler, 2007) za vse tri vodovode do leta 2062 (prevod):

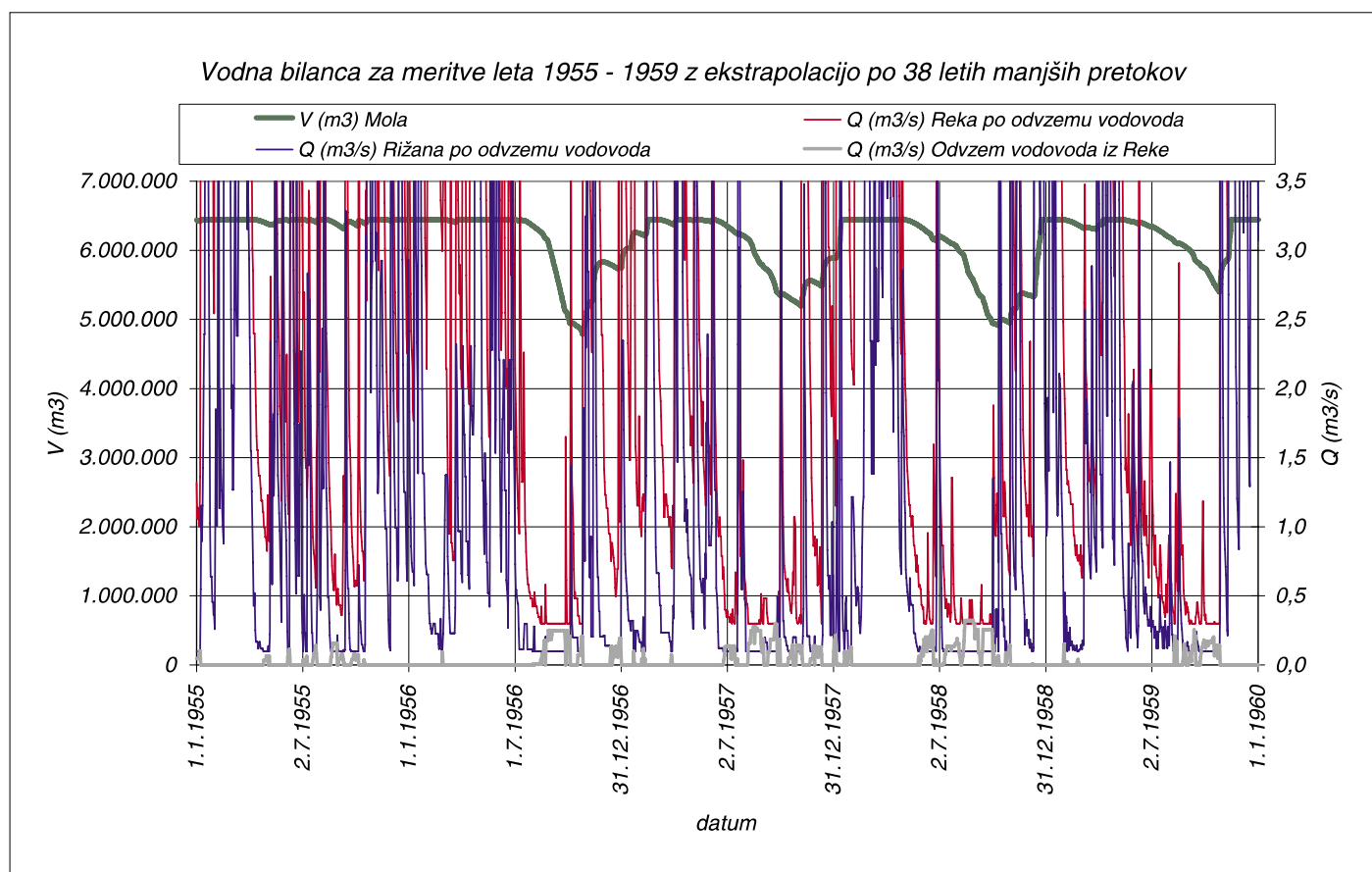
**»Pri dodatni ekstrapolaciji (upada vodnih virov, op. pisca) v naslednjih 20 letih, do 2062, bi akumulaciji Mola in Klivnik lahko pokrili nadaljnje povečanje porabe vode iz porečja Reke, z izjemo podobno sušnega leta, kot je bilo 2003, če se  $Q_{Rižana\ min\ bio}$  zniža na  $0,05\ m^3/s$  oziroma  $0,03\ m^3/s$ , v Reki pa le na  $0,01\ m^3/s$  ali  $0,03\ m^3/s$ .«**

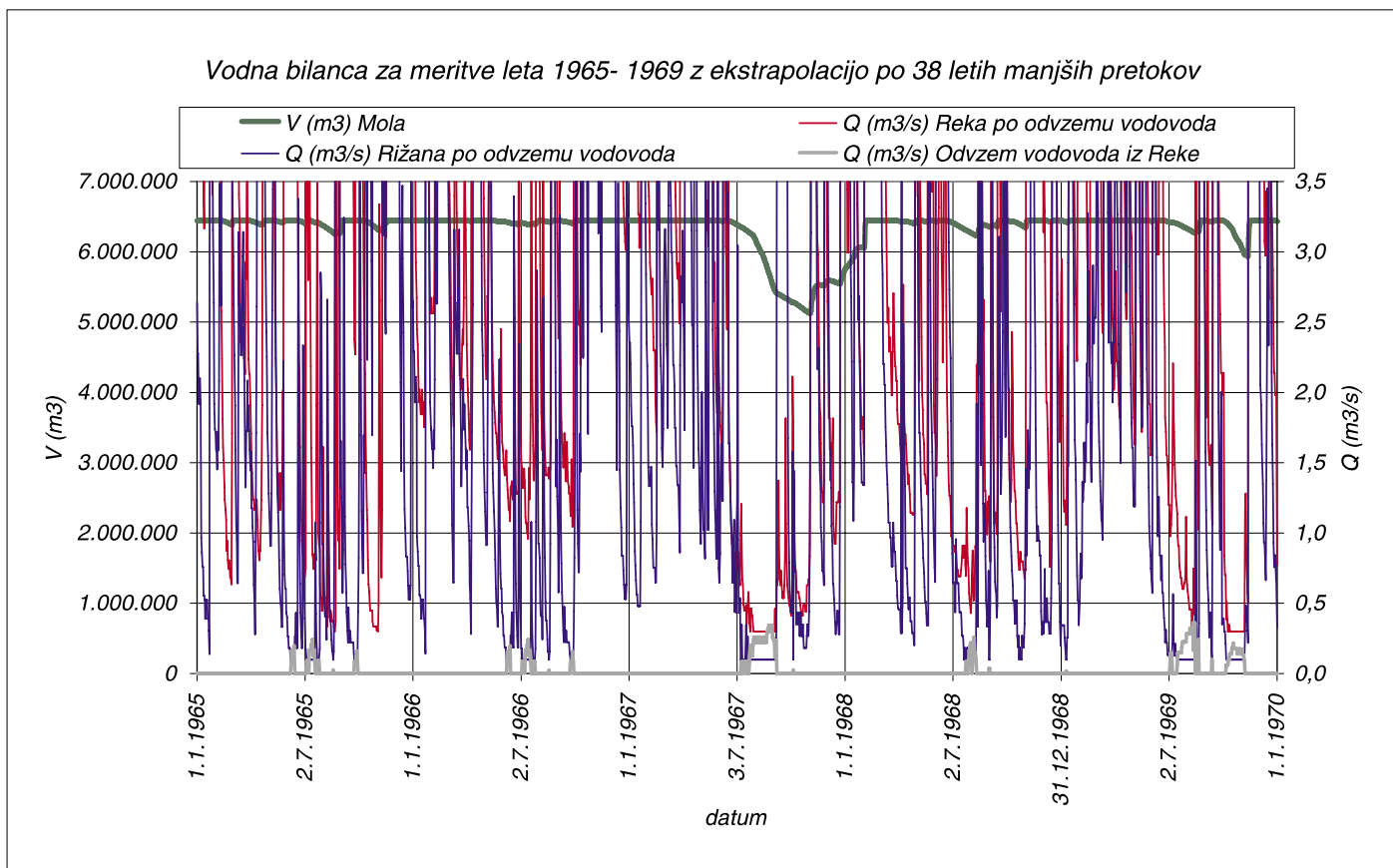
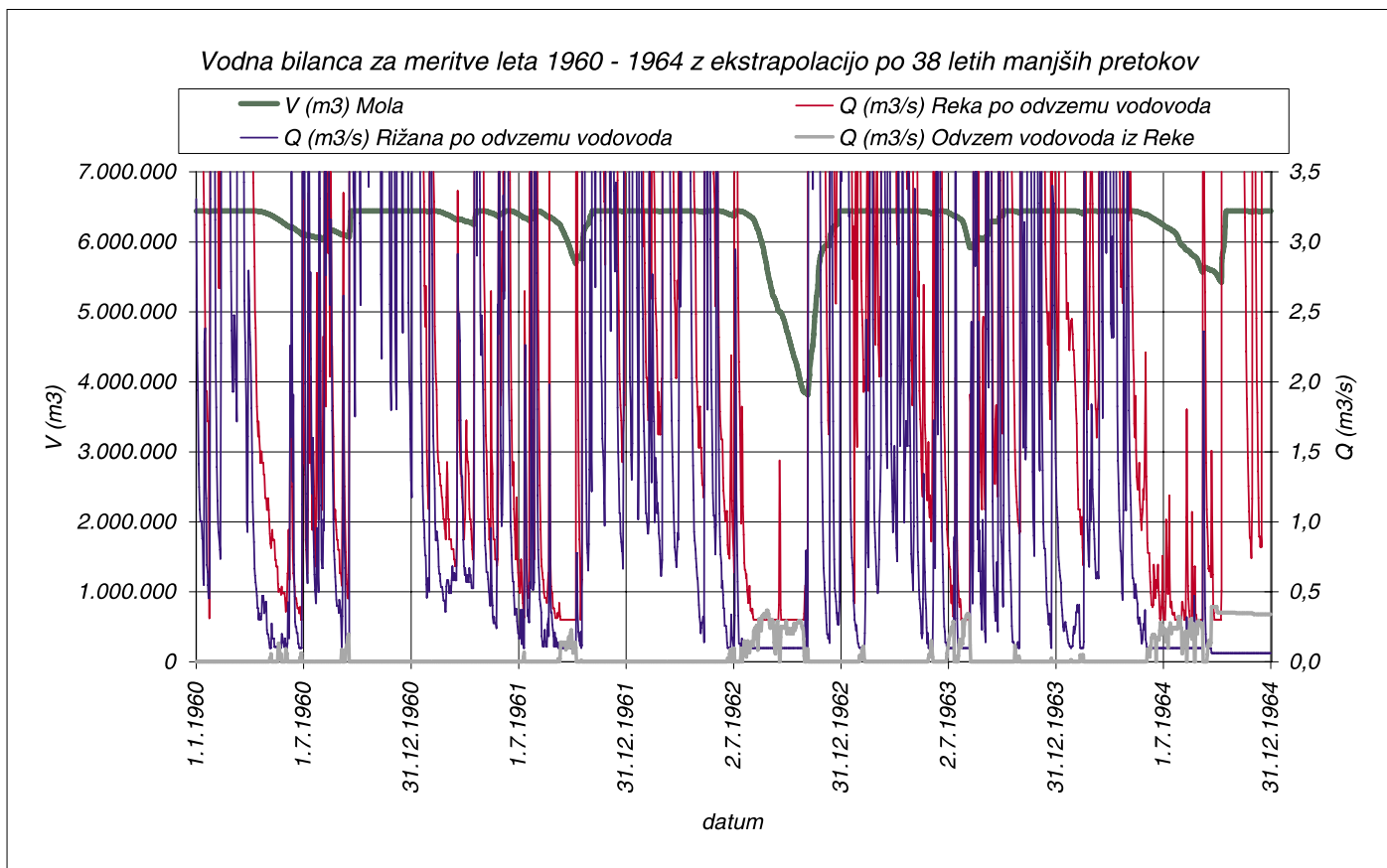
Naj poudarim, da vse obravnavane bilance izvedencev vključujejo le vode Rižane in Reke z Molo in Klivnikom brez  $0,350\ m^3/s$  lastnih vodnih virov Kraškega in Ilirskobistriškega vodovoda, ki pomenijo v obravnavani bilanci kar **56 %** rezervo v za leto 2062 načrtovani porabi vode  $19.709.568\ m^3/leto$  za vse tri vodovode skupaj!

Ob vključitvi te rezerve bodo zgoraj navedeni

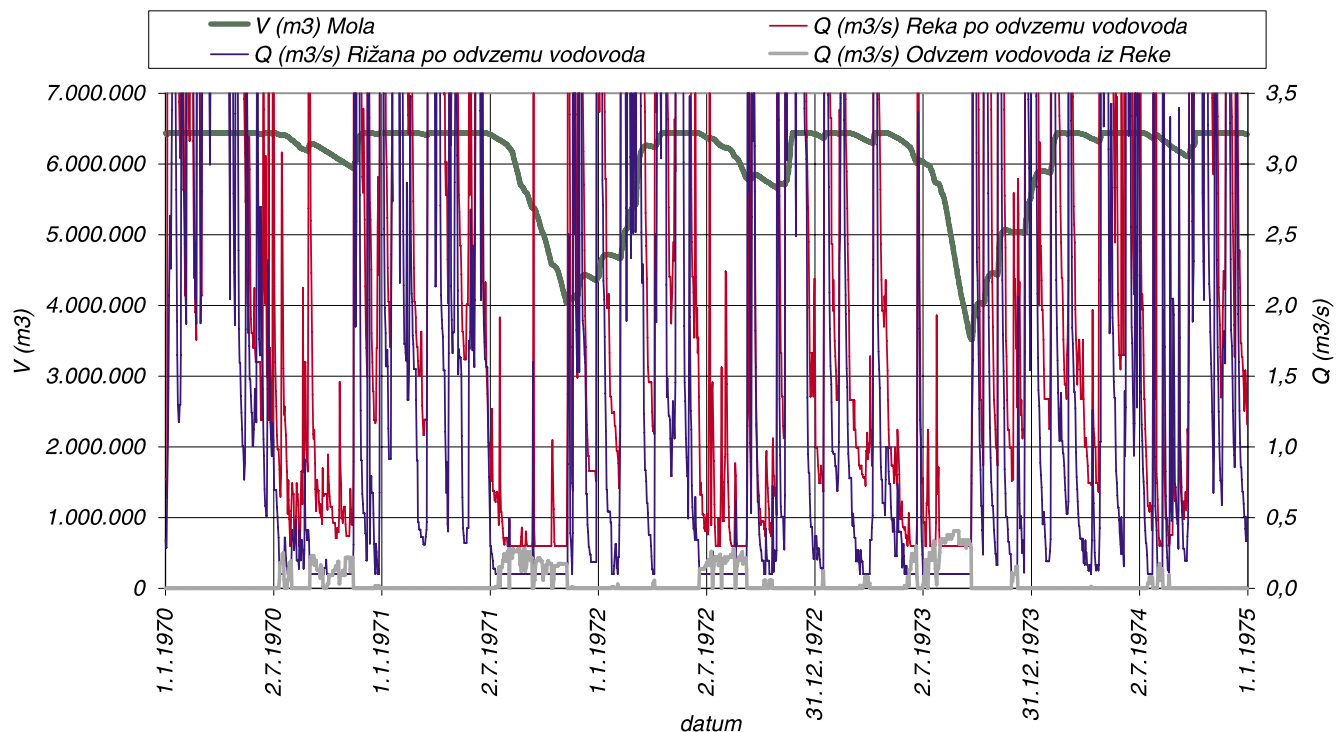
minimalni pretoki Reke za  $0,350\ m^3/s$  večji. Tudi v najkriticnejšem sušnem letu (kot 2003) bo torej več kot dovolj vode za vodovod in za bogatenje naravnih pretokov Reke, ki bi sicer v tako sušnem letu, po meritvah ARSO, tudi brez vodovoda kar za 48 dni presušila (Rismal, 2008d).

To je tudi razumljivo. V mokrem obdobju se obe akumulaciji polnita brez praktično opaznega zmanjšanja pretokov Reke. Kljub odvzemu vodovoda pa preprečujeta sicer naravno presušitev Reke tudi v najkriticnejšem sušnem obdobju. Histogrami na sliki 5 to tudi nazorno pokažejo.

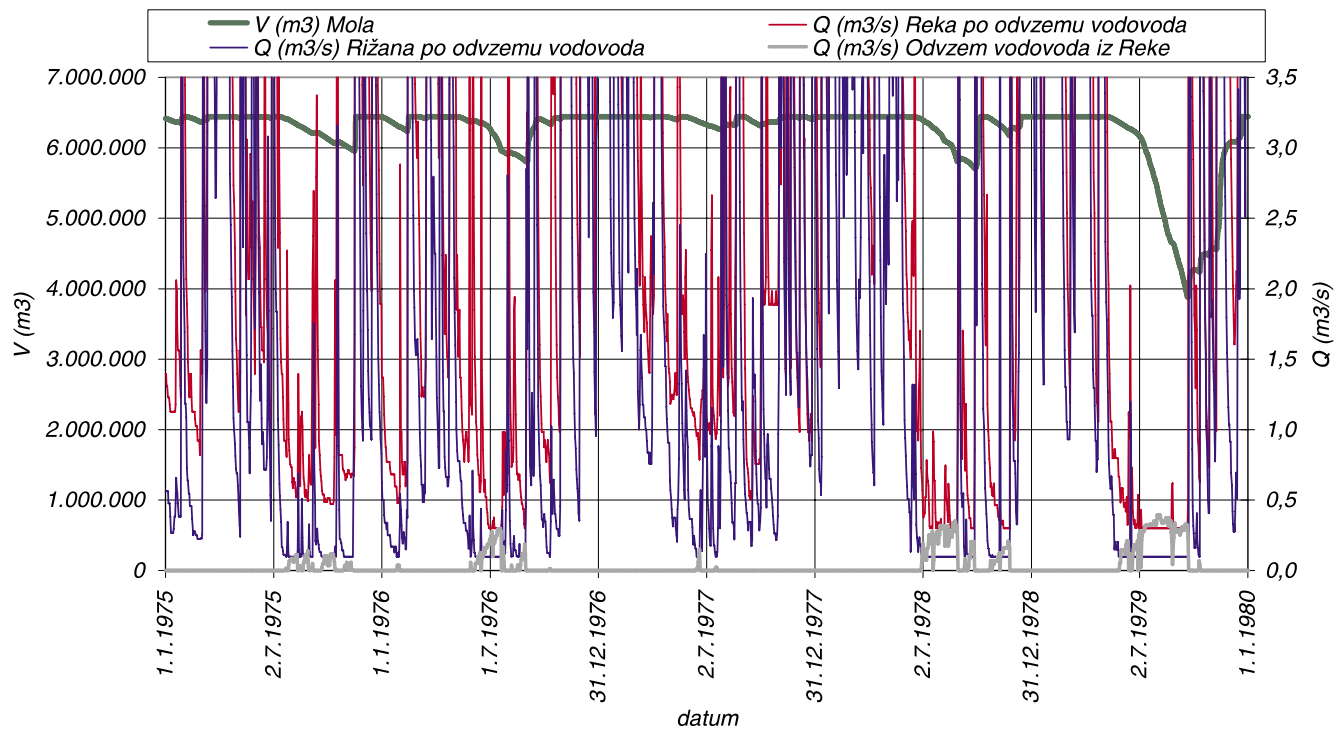




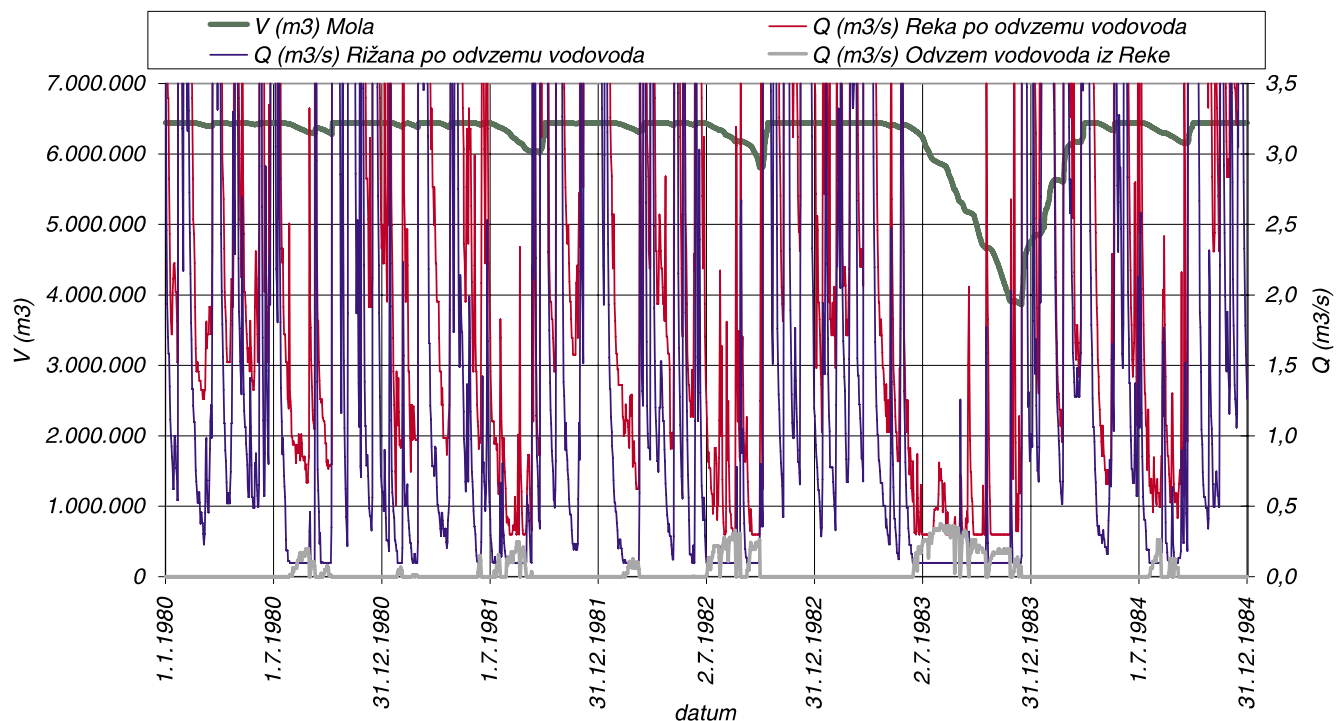
Vodna bilanca za meritve leta 1970- 1974 z ekstrapolacijo po 38 letih manjših pretokov



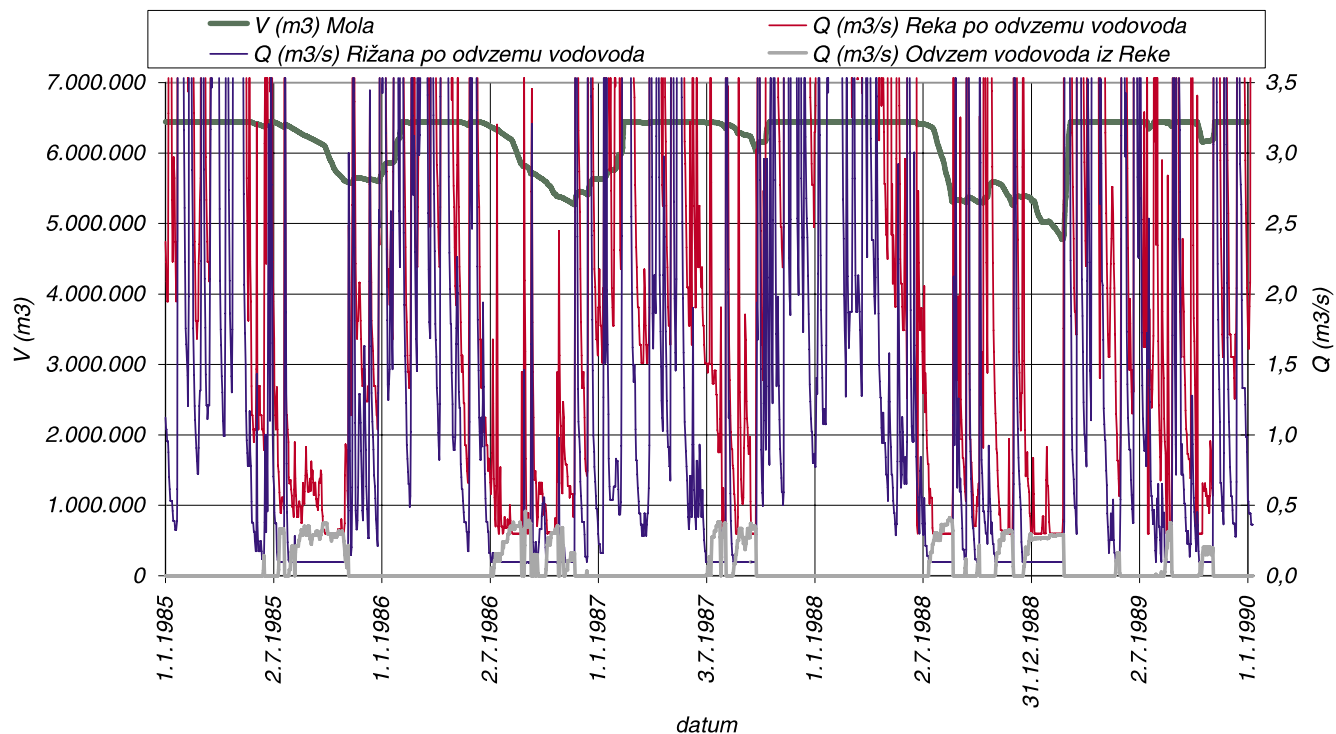
Vodna bilanca za meritve leta 1975- 1979 z ekstrapolacijo po 38 letih manjših pretokov



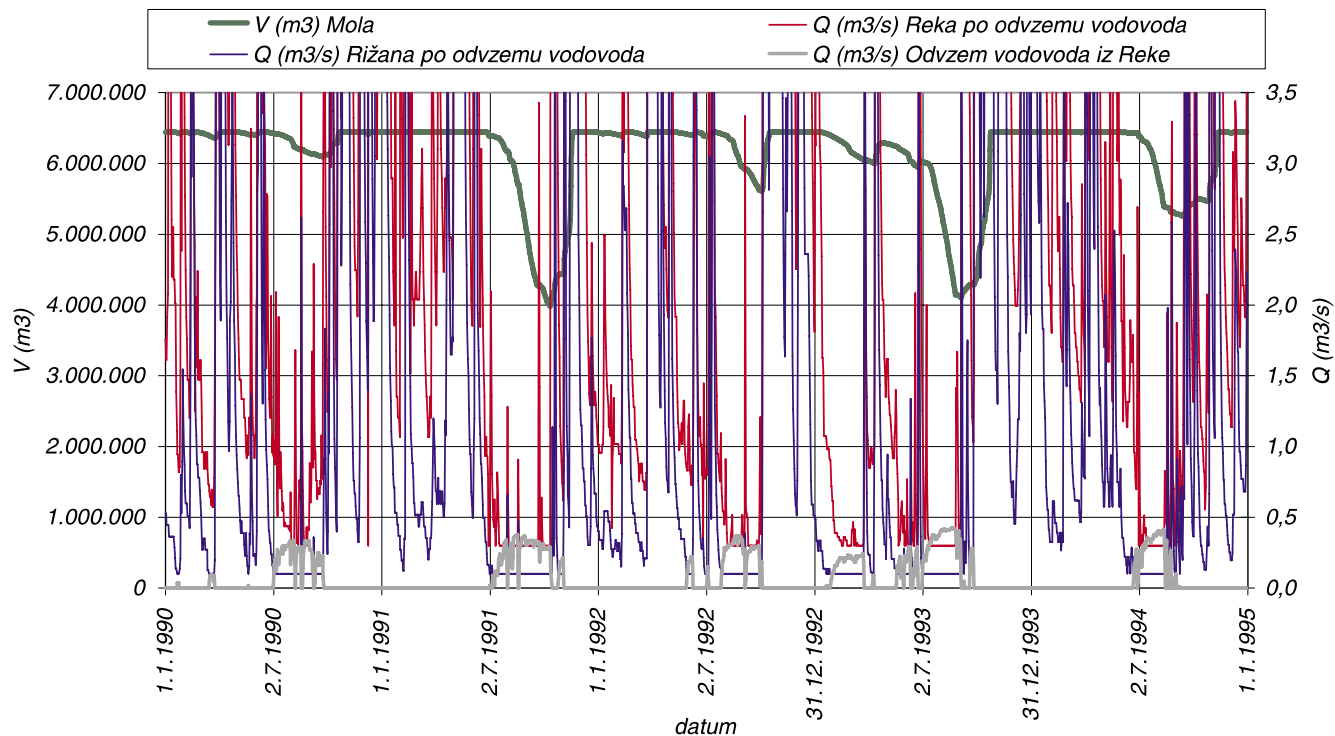
Vodna bilanca za meritve leta 1980- 1984 z ekstrapolacijo po 38 letih manjših pretokov



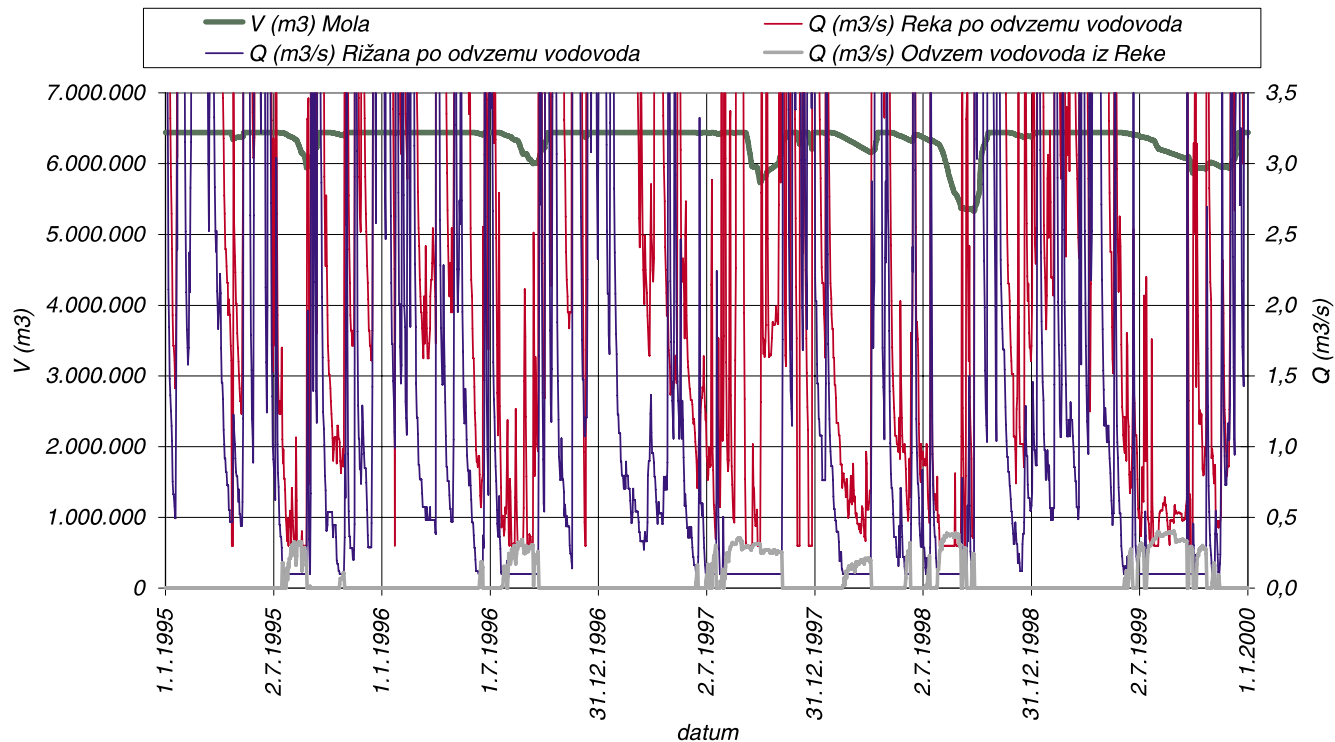
Vodna bilanca za meritve leta 1985- 1989 z ekstrapolacijo po 38 letih manjših pretokov

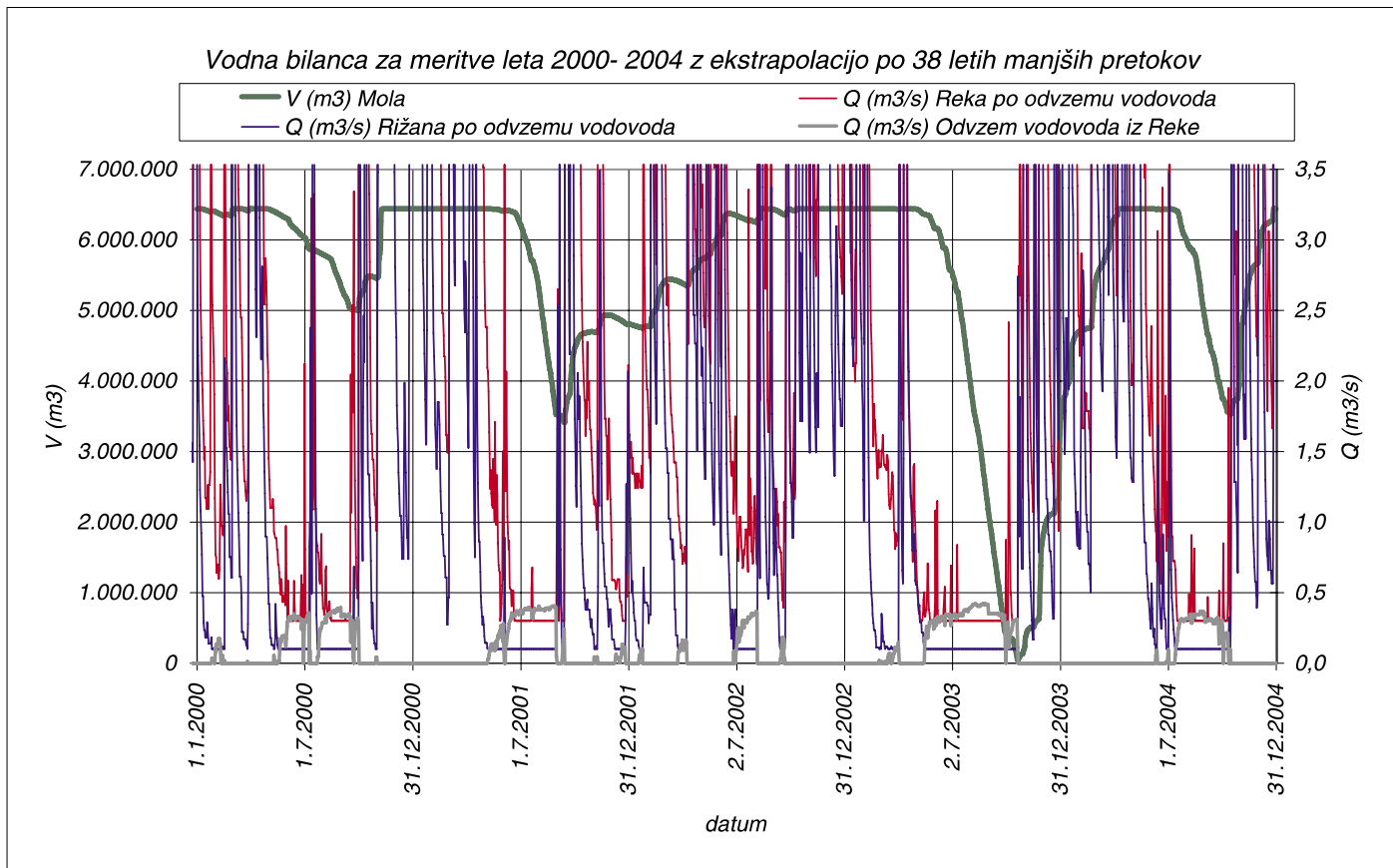


Vodna bilanca za meritve leta 1990- 1994 z ekstrapolacijo po 38 letih manjših pretokov



Vodna bilanca za meritve leta 1995- 1999 z ekstrapolacijo po 38 letih manjših pretokov





Slika 5 • Rezultati vodne bilance tujih izvedencev, prikazani s histogrami Rižane, Reke in Mole s Klivnikom ( $V = 6,44$  mio.  $m^3$ ), in porabe Rižanskega vodovoda za načrtovano obdobje vodovoda do leta 2042. V bilanci je upoštevan možni upad izdatnosti vodnih virov zaradi klimatskih sprememb. Po pokritju potreb vodovoda in minimalnih pretokov Reke v višini  $0,3$   $m^3/s$  in Rižane  $0,1$   $m^3/s$ , kot kažejo histogrami, vodne zaloge v akumulacijah, z izjemo najbolj sušnega leta, sploh niso izkoriščene. S preostankom vodne zaloge pa je mogoče nizke pretoke Reke še povečati.

Za povečanje nizkih pretokov v Reki navajajo izvedenci v točki 8 na strani 30/47 (Remmler, 2007) tri možnosti (prevod):

»Za povečanje  $Q_{Reka\ min\ bio}$  na eni in za najslabši primer (zagotovitev porabe vode 2062 za vse tri vodovode), na drugi strani kaže preveriti 3 opcije:

- namesto povečanja se ohrani sedanji  $Q_{Rižana\ min\ bio} = 0,1$   $m^3/s$ ,
- sedanja prostornina akumulacij se poveča na  $9.400.000$   $m^3$ ,
- pri visokih vodostajih v Reki, ko akumulacija Mola še ni polna, se višek vode iz Reke črpa v Molo. Tako bi, v sušnem obdobju, v Reki lahko povečali nizke pretoke.«

Da izključimo nejasnosti: navedene opcije recenzenti niso nakazali kot potrebo, ampak le kot možnosti za povečanje nizkih pretokov v Reki, če bi se poleg potreb vodovoda pokazale po vodi še druge potrebe, in ko bi izkoristili rezerve  $350$  l/s lastnih virov Kraškega in Ilirskobistriškega vodovoda.

Povečanje prostornine Mole in Klivnika na  $9,4$  mio.  $m^3$ , kot pravijo projektanti, glede na navedbe tujih izvedencev na strani 32/47 (Remmler, 2007), torej ni potrebno. Zagotovljena  $56\%$  rezerva v obsegu  $350$  l/s več kot zadostuje. Tudi brez povečanja obeh akumulacij bodo nizki pretoki Reke višji od naravnih, kar je argumentirano (Rismal 2003, 2007, 2008).

Za projekt oskrbe Obale z vodo pa je pomembno tudi, da so izvedenci v točki 3 na strani 29/47 (Remmler, 2007) pritrdili oceni (Rismal, 2008d), da predpis za  $Q_{es} = 1,388$   $m^3/s$  nima nobene vodnogospodarske niti naravovarstvene podlage (prevod):

»Posledično zahteva za  $Q_{Reka\ min\ bio} = 1,388$   $m^3/s$  sploh ni podprta z naravnimi razmerami in hidrološkimi dejstvi porečja reke Reke.«

Paradoks pa je, kar ugotavljajo tudi recenzenti v točki 11 na strani 31/47 (Remmler, 2007) in je opozorjeno (Rismal, 2007b), da projek-

tanti z načrtom za akumulacijo Suhorke tudi sami ne izpolnjujejo predpisanega za  $Q_{es} = 1,388$   $m^3/s$  (prevod):

»Vendar, kot že povedano, je mogoče v naslednjih 30 letih zagotoviti  $Q_{min\ bio} = 1,388$   $m^3/s$  z novo akumulacijo le brez odvzema vode za vodovod in z reguliranim izpuščanjem vode iz akumulacij Mola in Klivnik ter le, če bo v akumulaciji Suhorka sprejemljiv drastični padec vodne gladine. To pa je v nasprotju s strogimi pogoji, ki so narekovali izgradnjo nove akumulacije.«

V točki 11 je na strani 31/47 (Remmler, 2007), v zaključku hidrološkega dela ekspertize, zapisano tudi (prevod):

»Poglavitna napaka nove akumulacije – razen finančne in ekoloških pomanjklivosti tega projekta z destrukcijo naravnega habitata in krajine – je tvorba nove vodne površine, ki povzroča z izhlapevanjem v vodni bilanci porečja upoštevanja vredno izgubo vode. Posebno zaradi upada zmogljivost vodnih virov v prihodnosti je treba skrbno premisliti, ali si je to mogoče dovoliti.«

Rezultate svoje ekspertize povzemajo izvedenci na strani 32/47 (Remmler,2007) z naslednjimi ugotovitvami:

**»Ob ustreznem upravljanju zagotavljata obe že obstoječi akumulaciji (načrtovano) preskrbo s pitno vodo. Zato gradnje nove akumulacije danes ne moremo priporočiti. Pridobitve z novo akumulacijo ne upravičujejo**

**velikih finančnih in ekološko negativnih posledic takšnega projekta najmanj v naslednjih 30 letih.«**

V zaključku svoje ekspertize na strani 33/47 (Remmler,2007) izvedenci zapišejo:

**»Generalno, ob upoštevanju preskrbe z vodo regije iz raznih virov, bodo reki Rižana in Reka za Kraški vodovod, Ilirskobistriški, Istrski (pravil-**

**no Rižanski, op. pisca) vodovod maksimalni varnost bodoče porabe vode tudi v najslabših scenarijih in ob možnem izpadu katerega od vodovodov (opomba pisca: tukaj gre za omenjeno 56 % rezervo, ki je v lastnih vodnih virih Kraškega in vodovoda Ilirske Bistrice). Za dodatni vir vode, ker se območje nahaja ob morju, priporočamo za zagotovljeno preskrbo v ekstremnih primerih tudi presojo naprave za desalinizacijo. V prihodnjih letih lahko pričakujemo nadaljnji napredek in pocenitev te tehnike.«**

### 3 • PROF. BRILLY SVOJE TRDITVE, DA MOLA IN KLIVNIK NIMATA DOVOLJ VODE, NI Z NIČIMER DOKAZAL

Projektanti in avtorji obravnavanega prispevka na Mišičevih dnevih 2008 v zaključkih pravijo, da naj bi bila »varianta B (uporaba Mole in Klivnika) zrela za konkretno primerjavo z variantama A in C (Suhorka, Padež) samo v primeru, da investitor naroči dokumentacijo in pridobi vsa potrebna soglasja soglasodajalcev za posege v prostor«.

**Res je nasprotno. Prikazane vodne bilance so neizpodbiten dokaz, da imata obe akumulaciji za potrebe Rižanskega vodovoda in Škocjanskih jam več kot dovolj vode.**

**Za uporabo pa žal ni zrel njihov načrt, saj sloni na nedokazani in napačni trditvi, da je izgradnja nove akumulacije Suhorka (Padež) potrebna, ker da akumulaciji Mola in Klivnik nimata dovolj vode.**

**Od leta 2003 prof. dr. Brilly in soavtorji prispevka na Mišičevih dnevih 2008 niso z nobenim verodostojnim dokazom ovrgli rezultatov opisane vodne bilance, ki dokazuje, da imata obstoječi akumulaciji Mola in Klivnik za potrebe vodovodov dovolj vode:**

**1. Za obe akumulaciji, Mola in Klivnik, niso izdelali nobene vodne bilance. Pred za-**

**htevo po izgradnji nove akumulacije za 40 mio. evrov bi pač morali najprej dokazati, da že obstoječi akumulaciji ne zadostujeta. Vodno bilanco IZH z dokazi, da imata akumulaciji dovolj vode, pa so z napačnimi navedbami iz bilance, nasprotno s pravili stroke, enostavno, brez strokovne razprave »avtoritativno« zavrnil.**

**2. Če ne od projektantov, pa bi od univerzitetnih profesorjev pričakovali ugotovitev in zahtevo, da se od MOP predpisani, za projekt pa bazični podatek  $Q_{es} = 1,388 \text{ m}^3/\text{s}$  odpravi, ker je naravovarstveni in hidrološki absurd, saj bi Reka v naravnih pogojih, brez akumulacij, leta 2003 presušila (Rismal, 2008d).**

**3. Zgolj slike praznih akumulacij in nizkih pretokov Reke brez vodne bilance v njihovih prispevkih (Brilly, 2008) o uporabnosti akumulacij za potrebe vodovoda ne povedo ničesar. Enako velja za njihov prikaz in obravnavo nizkih pretokov Reke, saj je vsakemu hidrologu jasno, da za polnitev akumulacij brez upoštevanja celotne vodne bilance niso relevantni (slika 3).**

**4. Reka pa tudi v suši ne izgublja vode, na kar po nepotrebnem opozarjajo (Brilly**

### 4 • INVESTICIJSKA VREDNOST ZA UPORABO MOLE IN KLIVNIKA NI REALNA

Enako kot negativna ocena sposobnosti obstoječih akumulacij Mole in Klivnika je nerealen tudi prikaz cene za njihovo uporabo. V oči pade predvsem močno pretirana cena 28.489.480 evrov za nepotrebno povečanje skupne prostornine obeh akumulacij od 6,44 mio.  $\text{m}^3$  na 9,4 mio.  $\text{m}^3$  in neverjetnih 33.000.000 evrov za odplačila

kmetijstvu. Enako sta nerealna tudi zneska 10.075.000 evrov za izgradnjo kanalizacije in čistilne naprave ter 7.616.820 evrov za ceste.

Povečanje prostornine obstoječih akumulacij na 9,4 mio.  $\text{m}^3$ , po rezultatih bilanc, ni potrebno. Vseeno pa preseneča višina za to predvidenih sredstev. Za predlagano 57 m visoko pregrado Suhorka s 13 mio.  $\text{m}^3$  vodne zaloge pred-

2008). **Na sliki 3 so nizki pretoki Reke pri Cerkevnikovem mlinu praktično enaki izpustom iz Mole. Isto pa dokazuje visoka stopnja korelacije med merjenimi povprečnimi mesečnimi pretoki Reke v Trnovem in pri Cerkevnikovem mlinu (slika 4). Porabili so dovolj raziskovalnega denarja, da bi se o tem lahko tudi brez dragih »raziskav« sami prepričali.**

**5. Pritokov v spornih akumulacijah Mola in Klivnik in njune vodne bilance, ki je za uporabnost teh akumulacij odločilna, pa sploh niso določali. Za akumulacijo Suhorka so uporabili prenos padavin iz Trsta, namesto da bi uporabili zanesljivejšo neposredno korelacijo med 50-letnimi meritvami dnevnih pretokov Reke in 15-letnimi meritvami Padeža. To pa so v projektu »avtoritativno« obsodili za napačno.**

**Vse navedeno sodi v abecedo stroke.**

Kljub temu pa skušajo na Mišičevih dnevih 2008 in v Gradbenem vestniku ((Kranjc, 2007), (Brilly, 2008)) – namesto s celotno vodno bilanco vodovoda (ki vsebuje histograme vseh vodnih virov Reke, Rižane in obeh akumulacij na eni in načrtovano porabo vodovoda na drugi strani) – zgolj s histogrami sušnih pretokov Reke in s fotografijami po nepotrebnem praznih akumulacij dokazati, da Mola in Klivnik nimata dovolj vode.

Toliko o dokazih projektantov in avtorjev člankov.

videvajo 40.372.440 evrov. Samo za ca. 1,5 m do 2 m zvišanje krone nižjih, ca. 25 m visokih pregrad Mole in Klivnika, pa kar 28.489.480 evrov. Po ceni za akumulacijo Suhorka bi toliko stala celotna izgradnja obeh pregrad skupaj! Kakovost Reke že danes sodi v prvi kakovostni razred za predelavo v pitno vodo. Uporaba gnoja ali gnojevke v neposredni bližini reke pa ni dopustna v nobenem primeru, če se in tudi če se ne uporablja za pitno vodo. Obsežne analize Reke pa prisotnosti teh onesnažil ne zaznavajo, zato so za zaščito vode v preglednici 1. za varianto B (uporabo obstoječih akumulacij) predvideni realni stroški.

		Cene varianta »A« po projektantih	Cene varianta »B« po projektantih Cene Varianta »B« za IZH		Cene varianta »C« po projektantih
		akumulacija Suhorka	transport vode po reki z novo dodatno cevjo Ø 600 Rodik-Cepke	transport vode po reki brez nove cevi Ø 600 Rodik-Cepke	akumulacija Padež
Objekti vodovoda		€	€	€	€
1	Vodna akumulacija	40.372.440	**28.489.480 1.000.000	**28.489.480 1.000.000	40.574.070
	Zajetje Reka in črpališče	600.000	600.000 1.000.000	600.000 1000.000	0
	Varnostni bazen in predčiščenje		2.200.000	2.200.000	0
	Priprava pitne vode	7.052.245	7.052.245 7.052.245	7.052.245 7.052.245	7.052.245
	Transport Padež–Rižana (Rodik)	17.255.305	17.255.305 17.255.305	0 7.000.000	16.896.659
	Skupaj investicija	65.279.990	53.397031 28.507.550	36.141.725 18.252.245	64.522.974
	Sanacija v zaledju				
2	Kanalizacija in čistilne naprave	1.429.000	***10.075.000 2.000.000	10.075.000 2.000.000	1.429.000
3	Dodatni ukrepi (ceste, deponija)	7.616.820	7.616.820 1.000.000	7.616.820 1.000.000	0
4	Odškodnine za kmetijstvo, 30 let	*7.080.118	****33.000.000 1.500.000	****33.000.000 1.500.000	2.027.850
	Sanacije skupaj	16.125.938	****50.691.820 4.500.000	9.384.000 4.500.000	3.456.850
	Skupaj brez DDV po kalkulaciji Brilly	<b>81.405.928</b>	<b>106.288.850</b> <b>33.007.550</b>	<b>76.011.223</b> <b>22.752.245</b>	<b>67.979.824</b>
5	Izgubljeni denar za neizkoriščena Molo in Klivnik	28.489.480	0	0	28.489.480
6	SKUPAJ	<b>109.895.408</b>	<b>33.007.550</b>	<b>22.752.245</b>	<b>96.469.304</b>
7	Razlika v prid variante z uporabo Mole in Klivnika		<b>76.887.858</b>	<b>87.143.163</b>	

\* Prefirano. \*\* Docela nerealna ocena za povečanje prostornine akumulacij na 9,4 mio. m<sup>3</sup>. Toliko sta največ vredni obe akumulaciji skupaj! \*\*\* Ne sodi k vodovodu. \*\*\*\* Neutemeljeno. \*\*\*\*\* Neutemeljeno.

Preglednica 1

Projektanti so na Mišičevih dnevih 2008 v preglednici 1. podali primerjavo investicijskih stroškov vodovoda za izvedbo projekta vodovoda z akumulacijama Suhorka in Padež in za alternativno rešitev, da se uporabita že obstoječi Mola in Klivnik.

Rdeče označene vrednosti se nanašajo na investicijske vsote projektantov za načrt vodovoda z akumulacijo SUHORKA (PADEŽ) in na cene, ki jih avtorji članka (Brilly, 2008)

prispejujejo uporabi sedaj neizkoriščenih vodnih akumulacij MOLI in KLIVNIKU.

Modro pa so označene realne vrednosti za uporabo MOLE IN KLIVNIKA, ki jih je za dolgoročno pokritje potreb vodovoda potrebno izvesti po rešitvi, ki so jo potrdili tuji izvedenci.

Komentar k posameznim postavkam v preglednici 1 je v nadaljevanju podan po vrstnem redu, kot je v preglednici:

1 Cena **28.489.480 €** za povečanje akumulacij od 6,44 m<sup>3</sup> na 9,6 mio. m<sup>3</sup> je dvakrat neutemeljena: v elaboratih IZH in v poročilu tujih izvedencev je neizpodbitno dokazano, da prostornina 6,44 mio. m<sup>3</sup> akumulacij Mole in Klivnika v celoti zadošča za potrebe vseh vodovodov do leta 2062, tudi ob upoštevanju možnih klimatskih sprememb. Zato akumulacij, kar predvidevajo projektanti, ni potrebno povečati. In drugič, sama



cena za povečanje prostornine akumulacij je nekajkrat previsoka. Analiza pokaže, da je mogoče v prid večje rezerve vodnih količin povečati skupno koristno prostornino akumulacij na 7,5 mio. m<sup>3</sup> zgolj s preureditvijo prelivov na pregradi. Stroški, predvideni za to, so 1.000.000 €.

2 Cena 10.075.000 € za izgradnjo kanalizacij in čistilnih naprav zaradi vodovoda dvakrat ni utemeljena:

a) Glede uporabe za pitno vodo je voda Reke že danes v prvem kakovostnem razredu. Primerna je le dezinfekcija očiščene vode iz čistilne naprave v Ilirski Bistrici, za kar sta v rešitvi IZH predvidena ca. 2.000.000 €.

b) Zaradi vodovoda, ker je Reka že v prvem kakovostnem razredu, takojšnja gradnja kanalizacij s čistilnimi napravami v zalednih naseljih danes ni strokovno obvezna. Sodi pa, brez ozira na vodovod, tudi sicer v okvir celostne zaščite voda, ki bo izvedena v daljšem časovnem obdobju, kot je predvideno v direktivah EU.

3 Vsota 7.616.820 € za dodatne ukrepe (ceste, deponija) ne sodi k investiciji vodovoda. Tudi sanacija deponije, iz istih razlogov kot pod točko 2b, danes zaradi vodovoda ni obvezna. Brez gradnje nove akumulacije pa tudi ni potrebno preložiti nobene ceste.

Na kontaktu cesta – Reka je za vodovod potrebno zgraditi le varnostno obcestno ograjo s posodami za prelita onesnažila. Stroški za to so ocenjeni na ca. 1.000.000 €.

4 Vsota 33.000.000 € za odplačila kmetijstvu je popolnoma nerealna. V ožjem obvodnem pasu je potrebna le omejitev uporabe pesticidov in naravnega gnoja v ca. 25 m pasu ob reki (ca. 100 ha). Pri odškodnini 1.000 €/ha/leto in pri 5 % obrestih zneso v 30 letih 1.537.245 € ≈ 1.500.000 €.

Treba pa je upoštevati, da »gnojenje rek« z naravnim ali umetnim gnojem in onesnaževanje s pesticidi tudi sicer ni dovoljeno. Takšna omejitev je splošno veljavna in se ne nanaša le na interese preskrbe s pitno vodo.

BILANCA 1998–2005: DOBAVE VODE RIŽANSKEGA VODOVODA ZARADI LE 50 % IZKORIŠČENOSTI ČISTILNE NAPRAVE NA CEPKIH			
VODOVOD	pri 50 % izkoriščenosti ČN 200 (l/s)	pri 100 % izkoriščenosti ČN (400 l/s)	Nepotreben uvoz vode (1–2)
	1	2	3
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
RODIK	5.913.871	3.087.742	2.826.129
SEČOVLJE	4.140.989	0	4.140.989
GRADULE	10.264.565	1.138.501	9.126.064
SKUPAJ	<b>20.319.425</b>	<b>4.226.243</b>	<b>16.093.182</b>

Preglednica 2

5 Če izhajamo iz cene 40 mio. evrov za 57 m visoko pregrado (ki akumulira 13 mio. m<sup>3</sup> vode), ki so jo projektanti vodovoda določili za akumulacijo Suhorka (Padež), moramo prišteti še sedanjo izgubljeno vrednost neizkoriščenih akumulacij Mole in Klivnika 28.489.480 evrov.

Takšno ceno obeh pregrad pa so projektanti nerealno predvideli zgolj za povečanje skupne koristne prostornine obeh akumulacij od 6,44 mio. m<sup>3</sup> na 9, 44 mio. m<sup>3</sup>, oziroma za dvig krone obeh pregrad med 1,5 m do 2,0 m. Iz citiranih rezultatov in histogramov vodnih bilanc na sliki 5 pa je razvidno, da povečanje akumulacij ni potrebno.

6 Skupaj z mrtvim državnim denarjem, vloženim v danes popolnoma neizkoriščeni akumulaciji Mola in Klivnik, znaša torej investicija za vodovod z akumulacijo Suhorka po lastnih cenah projektantov 109.895.408 €. Z uporabo obstoječih akumulacij Mole in Klivnika pa znaša investicija le 22.752.245 €. Le če se za večjo izrabo energije ob obstoječi cevi med Rodikom in Čepkami zgradi novi 17 km dolg cevovod Ø 600, znaša skupna investicija 33.007.550 €.

7 Uporaba obeh akumulacij omogoča torej prihranek 87.143.163 €. Če se za boljšo energetske bilanco vodovoda izgradi še

17 km dolg nov cevovod Ø 600 Rodik–Čepke, pa 75.887.858 €. Upravičenost novega cevovoda potrebuje posebno energetske-ekonomsko presojo.

**Rižanski vodovod bi moral skupaj s projektanti, namesto da že 14 let zahteva od DRŽAVE 81.405.928 evrov oziroma, 109.895.408 evrov (glej preglednico 1.) za izgradnjo nove akumulacije Suhorka, najprej počistiti pred svojim pragom:**

**Zaradi napačnih projektov in neproduktivnih »raziskav« za akumulaciji KUBED in SUHORKA, izgradnje 17 km cevovoda Rodik–Čepke, nepravilne dimenzije in nepotrebne uvoza vode iz Hrvaške, zaradi le 50 % izkoriščene kapacitete čistilne naprave za pitno vodo na Čepkah pa je doslej že nastala dodatna nepovratna škoda za ca. 20.000.000 evrov.**

**Rižanski vodovod je namreč med letoma 1988 in 2005 (in verjetno še danes) izkoriščal le 200 l/s ali le 50 % zmogljivosti 400 l/s drage ultrafiltracijske čistilne naprave za pitno vodo na Čepkah! Zato je po nepotrebem iz Hrvaške uvozil 16.093.182 m<sup>3</sup>, to je 6-krat več vode od 1.138.501 m<sup>3</sup>, kot bi bilo sicer – pri 100 % izkoriščenosti čistilne naprave – potrebno! (Preglednica 2) »Vodna kriza« pa bi bila mnogo manjša.**

načrtovanja vodovodnih sistemov in integralnega gospodarjenja in upravljanja z vodnim bogastvom na porečjih (River Basin Management).

Navajanje neresničnih podatkov in napačne interpretacije pa postavljajo vprašanje strokovne etike in odgovornosti projektantov.

## 5 • SKLEP

Nestrokoven pristop k projektu in napačna interpretacija za projektno rešitev relevantnih hidroloških podatkov kažeta, da projek-

tanti SUHORKE in avtorji prispevkov ((Brilly, 2008), (Kranjc, 2007)) ne obvladajo osnov vodnogospodarsko in ekološko skladnega

Za to, da v 14 letih v slovenskem vodarstvu ni mogoče rešiti preskrbe s pitno vodo slovenske Obale in Istre z zalednim krasom, je poleg nestrokovne vodne birokracije na MOP odgovorna tudi hidrotehnična smer na FGG. Na KSH (Katedra za splošno hidrotehniko) – prej, če se ne motim, Katedra za regulacije

in melioracije – se sedaj, namesto s svojim področjem, ukvarjajo s projekti ekološke in zdravstvene hidrotehlike, energetike itd., za kar pa nimajo potrebnega znanja, še manj pa pravih izkušenj. Zaradi tega je, samo v obravnavanem primeru, že nastala nepopravna škoda 20 milijonov evrov.

Izgradnja vodovoda z novo akumulacijo bi po podatkih projektantov stala državo 109.895.408 evrov oziroma 96.469.304 evrov, medtem ko je z uporabo obstoječih akumulacij Mole in Klivnika mogoče rešiti dolgoročno preskrbo s pitno vodo za 22.752.245 ali za 87.143.163 evrov ceneje.

## 6 • LITERATURA

- Brilly, M., Kompare, B., Rusjan, S., Kryžanowski, A., Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo slovenske Istre in zalednega kraškega območja, Mišičevi dnevi, str. 184–195, december 2008.
- Brilly, M., Rusjan, S., Strokovne pripombe na članek prof. Rismala: Hidrologija v funkciji rešitev, Gradbeni vestnik, str. 287–290, oktober 2008.
- Krajnc, U., Ali je akumulacija Suhorka potrebna? Drugo mnenje, Gradbeni vestnik, str. 270–275, oktober 2007.
- Kranjc, U., Kryžanowski, A., Ignjatovič, M., Ekološko sprejemljiva pretoka rek Rižane in Reke – ključni element strategije dolgoročne oskrbe slovenske Obale in zalednega kraškega območja s pitno vodo, Mišičevi dnevi, str. 116–123, december 2007.
- Remmler, F., Skark, C., Grischek, T., Syhre, C., Water Supply for Coastal Region, Institut für Wasserforschung GmbH Dortmund, Schwerte, Zentrum für angewandte Forschung und Technologie, HTW Dresden, junij 2007.
- Rismal, M., Pitna voda iz reke Reke za Slovensko primorje – primer trajnostnega ravnanja z vodami, Gradbeni vestnik, str. 238–251, oktober 2003.
- Rismal, M., Ali je akumulacija Suhorka potrebna?, Gradbeni vestnik, str. 209–216, avgust, 2007.
- Rismal, M., Odgovor Kranjcu na njegove trditve v Gradbenem vestniku, oktober 2007, Gradbeni vestnik, str. 22–28, januar 2008.
- Rismal, M., Hidrologija v funkciji rešitev, Gradbeni vestnik, str. 194–199, julij 2008.
- Rismal, M., Vprašanje ekološko sprejemljivih pretokov Qes, Mišičevi dnevi, str. 66–74, december, 2008.

### Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)

razpisuje prosto delovno mesto

#### POSLOVNEGA SEKRETARJA (M/Ž) na sedežu ZDGITS.

Delovno mesto se razpisuje za nedoločen čas, s polnim delovnim časom in s poskusnim delom treh (3) mesecev. Nastop dela je najkasneje 1. septembra 2009.

Od kandidata pričakujemo:

- najmanj VI. stopnjo izobrazbe gradbeniške/pravne/ekonomske/družboslovne smeri,
- odlično znanje slovenskega jezika (ustno in pisno izražanje),
- aktivno znanje angleškega jezika,
- organizacijske sposobnosti in komunikacijske spretnosti,
- osnovno znanje finančnega poslovanja,
- smisel za delo z ljudmi.

Ker je delo popolnoma samostojno, so zaželeno večletne delovne izkušnje na podobnih delih (društvena dejavnost, založništvo, izobraževanje).

Pisne vloge s krajšim življenjepisom sprejemamo do 30. junija 2009 na naslov:

ZDGITS, Leskoškova 9 E, 1000 Ljubljana, s pripisom »Vloga za razpis«.

# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Damjan Maček**, Sodobna sanacija nestabilnih brežin na regionalnih cestah, mentor mag. Ana-Marija Gaberc

**Marko Berčon**, Ocena delovanja javnega vodovodnega sistema Golišče, mentor prof. dr. Boris Kompare

**Matej Zavasnik**, Toplotno-hidrična kompatibilnost izbranih vrst naravnega kamna in betona za uporabo v gradbeništvu, mentor doc. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor dr. Ana Mladenovič

**Eva Celcer**, Merila za oceno kakovosti poteka prog javnega prometa, mentor doc. dr. Marijan Žura

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Iztok Zajc**, Primerjava programov za analizo in dimenzioniranje konstrukcij, mentor doc. dr. Matjaž Dolšek

**Jernej Mazij**, Hidravlični prehodni pojavi v hidroelektrarnah z vgrajenimi Francis-ovimi turbinami, mentor prof. dr. Matjaž Četina, somentorja asist. dr. Mario Krzyk in doc. dr. Anton Bergant

**Jaka Zevnik**, Primerjava hitrega mestnega avtobusa in lahke železnice, mentor doc. dr. Marijan Žura, somentor asist. mag. Robert Rijavec

**Anja Malovrh**, Prometne obremenitve voziščne konstrukcije, mentor prof. dr. Janez Žmavc, somentor mag. Aleš Žnidarič

**Rok Cunder**, Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, somentor Andrej Jan

### MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Tomaz Černe**, Informacijski sistem za podporo gospodarjenju z javnimi zelenimi površinami v urbanem okolju, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar, somentor doc. dr. Marijan Žura

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Primož Pajk**, Dimenzioniranje cestne konstrukcije armirane z geomrežo, mentor izr. prof. dr. Bojan Žlender, somentor pred. mag. Vlasta Rodošek

**Nina Šumberger**, Metode geodetskega monitoringa v gradbeništvu, mentor doc. dr. Boštjan Kovačič, somentor Rok Kamnik, univ. dipl. inž. geod.

**Rudi Trauner**, Tehnologija izvedbe voziščne konstrukcije na AC Slivnica–Draženci, sklop C, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor dr. Nataša Šuman

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Tomislav Zrinski**, Idejne rešitve decentralnega odvajanja in sonaravno čiščenje odpadnih voda ter biološke čistilne naprave (SBR), mentor izr. prof. dr. Renata Jecl, somentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc, univ. dipl. inž. grad.

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

**Mateja Goljat**, Analiza najgospodarnejše uporabe zemljišča za oceno upravičenosti nakupa zemljišča, mentorja doc. dr. Igor Pšunder – FG in izr. prof. dr. Borut Bratina – EPF

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejema **Gradbeni vestnik** (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: **GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana**; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net).

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

# KOLEDAR PRIREDITEV

19.6.2009

**Stahlbau-Kalender 2009 - "Stabilität"**

Stuttgart, Nemčija  
[www.ernst-und-sohn.de/stahlbaukalendertag/w.fiblondon09.com](http://www.ernst-und-sohn.de/stahlbaukalendertag/w.fiblondon09.com)

22.-24.6.2009

**Concrete: 21st Century Superhero**

London, Anglija  
[www.fiblondon09.com](http://www.fiblondon09.com)

13.-15.7.2009

**FRPRCS-9**

**9th International Symposium on Fibre Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures**

Sidney, Avstralija  
[www.iceaustralia.com/frprcs9](http://www.iceaustralia.com/frprcs9)

26.-29.7.2009

**2nd international conference on Fatigue and Fracture in the Infrastructure Bridges and Structures of the 21st Century**

Philadelphia, Pennsylvania, ZDA  
<http://ffconf.atlss.lehigh.edu/index.html>

16.-21.8.2009

**ICSMA-15**

**15th International Conference on the Strength of Materials**

Dresden, Nemčija  
[www.icsma-15.org](http://www.icsma-15.org)

6.-11.9.2009

**IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium**

**Sustainable Infrastructure – Environment Friendly, Safe and Resource Efficient**

Bangkok, Tajska  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

20.-23.9.2009

**8th International Symposium on Cable Dynamics**

Pariz, Francija  
<http://www.aimontefiore.org/iscd2009>

23.-25.9.2009

**14th European Parking Association Congress**

Dunaj, Avstrija  
[www.europeanparking.eu](http://www.europeanparking.eu)

25.9.2009

**10. jubilejni Šukljetov dan**

Brdo pri Kranju, Slovenija  
[www2.fgg.uni-lj.si](http://www2.fgg.uni-lj.si)

5.-9.10.2009

**17th International Conference for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering**

Alexandria, Egipt  
[www.2009icsmge-egypt.org](http://www.2009icsmge-egypt.org)

14.-16.10.2009

**EVACES'09**

**Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures**

Wroclaw, Poljska  
[www.evaces09.pwr.wroc.pl/index.html](http://www.evaces09.pwr.wroc.pl/index.html)

11.-12.11.2009

**Road Expo Scotland**

Edinburgh, Škotska  
<http://www.road-expo.com/re2008s/landing.html>

3.-5.5.2010

**IABSE Conference**

**International Structural Codes**

Dubrovnik, Hrvaška  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

29.5.-2.6.2010

**The Third International fib Congress and Exhibition "Think Globally, Build Locally"**

Washington D.C., ZDA  
[www.fib2010washington.com](http://www.fib2010washington.com)

20.-23.6.2010

**8th fib International PhD Symposium in Civil Engineering**

Kopenhagen, Danska  
<http://conferences.dtu.dk/conferenceDisplay.py?confId=21>

21.-23.7.2010

**ICSA 2010**

**International Conference on Structures and Architecture**

Guimares, Portugalska  
[www.arquitectura.uminho.pt](http://www.arquitectura.uminho.pt)

22.-24.9.2010

**IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium**

Benetke, Italija  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

20.-23.9.2011

**IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium**

London, Anglija  
[www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents](http://www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents)

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: [msg@izs.si](mailto:msg@izs.si)