



1. HRVATSKA
KONFERENCIJA O VODAMA
1st CROATIAN CONFERENCE ON WATERS

ODRŽIVI RAZVOJ I
UPRAVLJANJE VODAMA
SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND
WATER MANAGEMENT

ZBORNİK RADOVA 1 PROCEEDINGS



DUBROVNIK - HRVATSKA 24.-27. svibnja 1995.
DUBROVNIK - CROATIA, May 24.-27. 1995

ZBORNİK RADOVA 1. HRVATSKE KONFERENCIJE O VODAMA

Izdavač
JVP "HRVATSKA VODOPRIVREDA"
Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Glavni i odgovorni urednik
dr. sc. Dragutin Gereš, dipl.inž.grad.

Zamjenik glavnog urednika
Ljudevit Tropan, dipl.inž.grad.

Lektor
Ljiljana Šarić

Prijevod sažetaka na engleski
Sabina Ekinović
Dubravko Dosegović

Likovno rješenje omota
Antun Paunović

Priprema referata za tisak
Ramon Mavar
Franjo Vančina

Tisak
TOPGRAF – Velika Gorica

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i sveučilišna biblioteka, Zagreb

628.1 (497.5) (063) (082)

556 (497.5) (063) (082)

HRVATSKA konferencija o vodama (1 ; 1995 ; Dubrovnik)

Održivi razvoj i upravljanje vodama : zbornik radova /
1. hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, 1995. :
<glavni i odgovorni urednik Dragutin Gereš>. - Zagreb :
Hrvatska vodoprivreda, 1995. - 2 sv. : ilustr. ; 24 cm

Tekst na hrv. ili engl. jeziku.

- Bibliografija uz svaki rad.

- Summaries.

ISBN 953-96455-0-6 (cjelina)

Knj. 1 . - 576 str.

ISBN 953-96455-1-4

950517094

ISBN 953-96455-1-4

Organizatori Prve konferencije o vodama, Znanstveni i Organizacijski odbor i glavni i odgovorni urednik Zbornika radova ne snose odgovornost za iznesene stavove i zemljovide uključene u ovaj Zbornik. Autori su u potpunosti odgovorni za sadržaj i oblik svojih referata.

HRVATSKA VODOPRIVREDA – ZAGREB

1. HRVATSKA
KONFERENCIJA
O VODAMA

ODRŽIVI RAZVOJ
I UPRAVLJANJE VODAMA

ZBORNİK RADOVA
KNJIGA 1

DUBROVNIK, 1995.

KAZALO

Knjiga 1.

Predgovor	13
<i>Forward</i>	15

REFERATI PO POZIVU

P 0-01	Nestroy, O. On the Question of Soil Water Balance in the Leibnitz Area (Styria)	19
P 0-02	Sevruk, B., Napor, V., Zahlavova, L. IAHS/WMO Precipitation Project for GEWEX: Swiss Experience	31

Tema 1. INTEGRALNI RAZVOJ I VODOPRIVREDA

R 1-01	Gereš, D. Održivi razvoj i integralno upravljanje vodama	49
R 1-02	Marušić, J., Šturlan, S., Kolovrat, I. Značenje, ratne štete i obnova vodoprivrednih objekata	59
R 1-03	Margeta, J., Kuzmanić, V. Održivi razvoj obalnih područja i gospodarenje vodama	75
R 1-04	Kritovac, F., Tropan, Lj. Interakcije vodnogospodarskih sustava sa socijalnim okruženjem	85
R 1-05	Beraković, B. Gospodarenje vodama	95
R 1-06	Tomičić, B. SP 226 - Europski projekt za RTC u urbanoj odvodnji	103
R 1-07	Gereš, D. Putevi razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj	111
R 1-08	Mihelčić, D., Gereš, D., Petrović, M., Urumović, K. Specifičnosti razvitka vodoopskrbnog sustava Slavonske Podravine	123
R 1-09	Mihelčić, D., Petković, A. Aktualni problemi opskrbe vodom Zadarsko-Biogradskog područja	135
R 1-10	Šiljković, Ž. Korištenje voda u industriji Hrvatske	147
R 1-11	Milanović, Z. Tehnoekonomske osnove razvoja cjelovitog sustava gospodarenja vodama	157

R 1-12	Petraš, J. Rizik od štetnoga djelovanja voda kao ekonomska kategorija	165
R 1-13	Ravlić, N., Bošković, D., Deduš, B. Planiranje i upravljanje akvatorijem Riječkog zaljeva	179
R 1-14	Bojanić, F. Odvodnja otpadnih voda s područja oko Kaštelanskoga zaljeva	189
R 1-15	Lipnjak, G. Voda i otpadna voda elektroničke industrije	203
R 1-16	Čiček, J. Kriteriji kvalitete rekreacijskih voda	215
R 1-17	Hrustić, S. Neravnomjernosti dnevne potrošnje u vodovodnoj mreži	225
R 1-18	Seletković, Z., Tikvić, I., Ivančev Šumska vegetacija kao regulator optimalnih vodnih odnosa sliva	231
R 1-19	Hromatko, I., Steinbauer, M. Projekt hitne obnove u vodoprivredi Hrvatske	239
Tema 2. PROSTORNO UREĐENJE I GOSPODARENJE VODAMA		
R 2-01	Bonacci, O. Primjena koncepta determinističkoga kaosa prilikom analize vodnih resursa	253
R 2-02	Gabrić, M., Tedeschi, S. Prostorno uređenje i gospodarenje vodama u kršu	267
R 2-03	Lozić, I. Planiranje i projektiranje autocesta u ekološki osjetljivim područjima	273
R 2-04	Tušar, B. Planski razvoj područja i zaštita okoliša	281
R 2-05	Barbalić, S., Švonja, M. Pristup izradi vodnogospodarskoga rješenja Donje Neretve	289
R 2-06	Mikoš, M. Utvrđivanje vodnog prostora u Republici Sloveniji	297
R 2-07	Romić, D., Tomić, F., Romić, M. Dinamika i porijeklo soli u vodama Vranskog jezera	303
R 2-08	Vrdoljak, S., Šimunović, I., Bojanić, F. Prostorno-ekološka valorizacija područja zona sanitarne zaštite izvorišta Jadro	311
R 2-09	Beraković, M. Hidrološke osnove gospodarenja vodama na području grada Zagreba	321
R 2-10	Fritz, F., Ivančić, B. Mogućnosti smještaja otpadnih tvari u Dalmaciji	327

R 2-11	Nikolić, S., Švel, B. Preventivne mjere zaštite okoliša – Jadranski naftovod – dionica Omišalj-Sisak	335
R 2-12	Herenda, J. Gospodarenje otpadom u funkciji zaštite podzemnih voda	343
R 2-13	Mihaljević, M., Gucunski, D., Novoselić, D. Prilog restauraciji vode stajačice u Osijeku	353
R 2-14	Haničar, D., Đuroković, Z. Mjerenje opasnih tvari u rijeci Dravi	361
R 2-15	Obranić, A., Telišman, Ž. Raspršeni (r) i točkasti (t) izvori onečišćenja voda rijeka Drave i Save	373
R 2-16	Cesar, D., Franić, Z., Kovač, J., Maračić, M., Stampf, Đ. Radioaktivnost riječnih i vodovodnih voda u Republici Hrvatskoj	387
R 2-17	Franić, Z., Maračić, M. Radioaktivna kontaminacija cisternskih voda ⁹⁰Sr	395
R 2-18	Čiček, J. Javno-zdravstveni i zdravstveno-higijenski aspekti zaštite vodotoka	401
R 2-19	Gereš, D. Ekološko i zdravstveno značenje aluminija u prirodnoj i pitkoj vodi	409
R 2-20	Vodopija, M., Ćosić-Flajsig, G. Kanalizacijski sustav i funkcija uređaja za pročišćavanje	415
R 2-21	Zmaić, B. Odvodni sustav kao fizikalni, kemijski i biološki reaktor	423
R 2-22	Lalić, O., Kordek, S. Sustavna sanacija distribucijskih vodovodnih mreža	431
R 2-23	Tusić, V., Filipović, B. Analiza vodonosnika Brodske Posavine s obzirom na koncentraciju željeza u vodi	439
R 2-24	Marušić, J. Potreba i značenje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj	449
R 2-25	Vranješ, M., Vidoš, D. Dimenzioniranje melioracijskih sustava u Donjoj Neretvi	463
R 2-26	Kos, Z. Natapanje i održivi razvoj	473
R 2-27	Tadić, L., Vidaček, Ž., Kadić, Đ., Tadić, Z. Prilog racionalnom projektiranju natapanja na primjeru objekta Žestilje u Slavoniji	481
R 2-28	Šimunić, I., Tomić, F., Stipić, N., Redžepović, S. Koncentracija NO₃-N i NH₄-N u drenažnim vodama pri različitim sustavima detaljne odvodnje	487

Tema 3. VRIJEME, KLIMA, RELJEF I HIDROLOŠKE PRILIKE

R 3-01	Gajić-Čapka, M. Klimatološki podaci i upravljanje vodama	499
R 3-02	Mileta, M. Oborina od magle na Velebitu	513
R 3-03	Juras, J., Juras, V., Zaninović, K. Praćenje anomalija količina oborina	521
R 3-04	Penzar, I., Pandžić, K., Penzar, B. Odnos oborinske i isparene vode	529
R 3-05	Kisegi, M., Trninić, D., Pandžić, K., Glasnović, D., Slamar, T. Povezanost oborina i protoka u sjevernoj Hrvatskoj	535
R 3-06	Pandžić, K., Cesarec, K., Grgić, B. Analiza oborina i protoka na rijeci Cetini	545
R 3-07	Orlić, M. Vodostaj Jadranskoga mora i klima	553
R 3-08	Šojat, V., Borovečki, D. Kemijski sastav i svojstva oborina na meteorološkim postajama Rijeka, Senj i Šibenik	561

KNJGA 2.

Tema 4. GOSPODARENJE PODZEMNIM VODAMA HRVATSKE

- R 4-01 *Božičević, S.*
Neiskorištena pitka voda u speleološkim objektima
- R 4-02 *Pavičić, A., Renić A.*
Utjecaj ličkih ponornih voda na priobalne izvore
- R 4-03 *Biondić, B., Dukarić, F., Biondić, R.*
Utjecaj mora na priobalne krške vodonosnike
- R 4-04 *Slišković, I.*
Hidrogeologija Hercegovine i utjecaj akumulacija na režim izvora
- R 4-05 *Hlevnjak, B., Magdalenić, A., Vazdar, T.,
Urumović, K., Dragičević, I.*
Uloga izvora Tombazin u regulaciji izvora Sv. Ivañ u Istri
- R 4-06 *Stojić, P.*
Akumulacija Lar – Iran, ispitivanje kaverne br. 2 vodom pod tlakom
- R 4-07 *Britvić, V., Perica, R., Krištofek, B.*
Utjecaj karstifikacije na mogućnost bočne i dubinske komunikacije voda Jadranskog priobalja
- R 4-08 *Borović, D., Kereković, A., Jović, V.*
Matematičko modeliranje utjecaja akumulacije u aluvijalnoj dolini na promjenu razine podzemne vode u zaobalju
- R 4-09 *Režek, T., Šobot, S.*
Sustavna kontrola zdravstvene ispravnosti voda bunara vodocrpilišta Nedelišće
- R 4-10 *Marović, G., Senčar, J.*
Prirodna radioaktivnost ²²⁶Ra u podzemnim vodama
- R 4-11 *Roje-Bonacci, T.*
Piezometarski pritisci, efektivna naprezanja, inducirani potresi
- R 4-12 *Kolbach, S., Čubrić, S., Šćurić, S., Šego, B.*
Prilog korištenju hidrogeotermalnih resursa Hrvatske

Tema 5. EKSTREMNE HIDROLOŠKE PRILIKE

- R 5-01 *Vranješ, M., Vidoš, D.*
Obrana od poplava područja Jerkovac
- R 5-02 *Lalić, B.*
Utjecaj klimatskih faktora na porast poplavnih valova
- R 5-03 *Rubinić, J., Ožanić, N.*
Hidrološki aspekti gospodarenja akumulacijom Botonega u Istri
- R 5-04 *Ožanić, N., Rubinić, J.*
Hidrološki koncept funkcioniranja Vranskog jezera na otoku Cresu
- R 5-05 *Biondić, D.*
Morfološke prognoze korita Save kod Zagreba

- R 5-06 *Plantić, K., Pavić, I., Penavić, J.*
Iskustva, stanje i razvoj baza podataka za područje vodnih resursa u Republici Hrvatskoj
- R 5-07 *Brilly, M., Vidmar, A.*
Vodoprivredni informacijski sistem Slovenije
- R 5-08 *Mayer, B.*
Opseg i značenje monitoringa podzemnih i površinskih voda za nizinske šume u Hrvatskoj

Tema 6. VIŠENAMJENSKO KORIŠTENJE AKUMULACIJSKIH JEZERA I NJIHOV UTJECAJ NA OKOLIŠ

- R 6-01 *Franković, B., Marušić, J., Mišetić, S., Tedeschi, S.*
Višenamjenska umjetna jezera i okoliš
- R 6-02 *Beraković, B.*
Mogućnosti uređenja i korištenja voda rijeke Drave neposredno uzvodno od Osijeka
- R 6-03 *Petričec, M., Grgić, B., Švonja, M.*
Pristup uređenju, korištenju i zaštiti voda sliva rijeke Cetine
- R 6-04 *Vidaček, Ž., Sečen, V., Husnjak, S., Sraka, M.*
Utjecaj hidroenergetskoga sustava Kosinj na poljoprivredu Lipovoga polja u Lici
- R 6-05 *Mišetić, S., Šurmanović, D., Mrakovčić, M., Tomašković, N.*
Promjene postojećega biološkog stanja dijela rijeke Drave nakon izgradnje hidroenergetskoga sustava HE Dubrava
- R 6-06 *Guštin, A.*
Male hidroelektrane u višenamjenskom korištenju voda
- R 6-07 *Habeković, D.*
Ribarstvene mogućnosti hidroakumulacije Peruća
- R 6-08 *Šurmanović, D., Mišetić, S., Tomašković, N., Mrakovčić, M., Matijević-Kušter, V.*
Biološke značajke obodnih kanala hidroenergetskoga sustava HE Dubrava
- R 6-09 *Đuroković, Z., Brnić-Levada, D., Tadić, Z.*
Utjecaj izgradnje vodnih stuba na pronos nanosa
- R 6-10 *Hrelja, H.*
Uloga akumulacija u vodoprivrednom razvoju Bosne i Hercegovine
- R 6-11 *Bjedov, T.*
Višenamjensko korištenje akumulacijskih jezera rijeke Zrmanje
- R 6-12 *Goluža, M., Čović, V.*
Višenamjensko korištenje akumulacija u slivu Trebižata
- R 6-13 *Smoljo, A.*
Analiza mogućnosti akumulacije "Bregana" u osiguranju potrebnih voda
- R 6-14 *Predovan, N.*
Supstitucija Novigradskog mora akumulacijom rijeke Zrmanje

Tema 7. HIDRAULIČKA ISTRAŽIVANJA

- R 7-01 *Ilić, S., Axe, P., Chadwick, A., Davidson, M., Bird, P., Bullock, G., Pope, D.*
Uloga valobrana u zaštiti obale
- R 7-02 *Bojanić, D., Jović, V.*
Hidraulički proračuni kolektora luke Split
- R 7-03 *Kuspilić, N., Pršić, M.*
Zaštita marina plutajućim lukobranima
- R 7-04 *Filipović, M.*
Analiza efekata izvedenih radova u Srednjem Posavlju
- R 7-05 *Mijušković-Svetinović, T.*
Mjerni objekt u kanalu trapeznog poprečnog presjeka
- R 7-06 *Krzyk, M., Premič, A.*
Primjena vrtložnog prigušivača u hidrotehničkim sustavima pod tlakom
- R 7-07 *Četina, M., Krzyk, M.*
Primjena kombinacije 1D i 2D matematičkog modela na simulaciji toka u prirodnim vodotocima
- R 7-08 *Rajar, R., Četina, M., Žagar, D., Širca, A.*
3D matematički model za simulaciju razlijevanja nafte u moru
- R 7-09 *Jović, V., Jurić, V.*
Prostorni model procjeđivanja sa samoizljevniim zdencima
- R 7-10 *Vukelić, Z.*
Ocjena unosa lebdećeg nanosa u akumulaciji
- R 7-11 *Miler, Č.*
Izrada, uvođenje i korištenje matematičkih modela vodoopskrbnog sustava otoka Krka
- R 7-12 *Gjetvaj, G.*
Primjer povećanja učinkovitosti izgrađene horizontalne taložnice

Tema 8. KOMPLEKSNA ISTRAŽIVANJA POPLAVA U HRVATSKOJ

- R 8-01 *Čapka, B., Sijerković, M.*
Procjena i upravljanje rizicima od prirodnih katastrofa
- R 8-02 *Riđanović, J., Šimunović, V.*
Geografski aspekt poplave s primjerima iz Hrvatske i Hercegovine
- R 8-03 *Bognar, A.*
Regulacije i njihov utjecaj na geomorfološko oblikovanje korita Drave i Dunava u Hrvatskoj
- R 8-04 *Curić, Z.*
Hidrogeografske značajke Donjoneeretvanskoga kraja
- R 8-05 *Smirčić, A., Glavaš, B., Švonja, M.*
Neke hidrološke i batimetrijske značajke Baćinskih jezera

Tema 9. ISTRAŽIVANJE I MJERE ISTRAŽIVANJA NA JADRANU

- R 9-01 *Leder, N., Smirčić, A., Gržetić, Z.*
Istraživanje morskih struja i optimalno lociranje podmorskog ispusta otpadnih voda u području ušća rijeke Cetine
- R 9-02 *Viličić, D., Jasprica, N., Carić, M.*
Estuarij rijeke Omble: "cvjetanje" fitoplanktona, eutrofikacija i zaštita
- R 9-03 *Čiček, J.*
Zdravlje i okolina u Mediteranskom području
- R 9-04 *Čiček, J.*
Prosudba rizika po zdravlje od zagađenja mora

Indeks autora

PREDGOVOR

Prva hrvatska konferencija o vodama je mjesto izmjena znanstvenih i stručnih dostignuća o održivom razvoju i upravljanju vodama. Ovo je prva konferencija i zacijelo je to početak tradicije redovitog održavanja konferencija.

Cilj je konferencije multidisciplinarno i interdisciplinarno sagledavanje te definiranje kriterija i mjerila za rješavanje problema u vezi s vodama i održivim razvojem. Namjera inicijatora i organizatora konferencije je okupljanje svih znanstvenih i stručnih djelatnika koji sudjeluju u procesu rješavanja problema i zadataka: zaštite od štetnog djelovanja voda, korištenja voda te zaštite voda i mora.

Temama konferencije i odazivom autora koji se bave problemima viška, manjka i kvalitete voda potvrđeno je i ostvarenje njezina cilja u sagledavanju značenja i mogućnosti održivog razvoja u vezi s vodama kao i gospodarskog razvoja Republike Hrvatske.

Vodoprivredne djelatnosti imaju osobito gospodarstveno, infrastrukturno i društveno značenje, što uvjetuje i ekonomski položaj vodoprivrede u cjelini. Društveno-ekonomski odnosi u vodoprivredi i njezin položaj planira se u stalnome procesu uzajamnog djelovanja i prilagođavanja svih čimbenika društvenog i gospodarskog života.

Zbog toga je osnovna zadaća u planiranju i razvoju vodoprivrednih djelatnosti zadovoljiti načelo "optimaliteta", vodeći računa o sadašnjim i budućim uvjetima. Iskustva potvrđuju da se samo ispravna vodoprivredna rješenja mogu usavršavati i prilagođavati promjenama - ovisno o realnim uvjetima i potrebama. Za uspješan razvoj vodoprivrede u cjelini, bitno je imati na umu osnovne, a istodobno i univerzalne vodoprivredne postulate, na kojima se temelje aktivnosti o vodama: *voda je nezamjenjiva materija; voda je dobro od općeg interesa; vodama se raspolaže demokratski; vodama se upravlja integralno; vodama se upravlja stalno; vodoprivreda je kompleksna akcija; upotrebjiva voda je proizvod ljudskog rada; vodoprivreda je dinamična, adaptivna kategorija; da bi se voda koristila u budućnosti, mora se u nju ulagati već sada i vodoprivredna planiranja moraju prethoditi svim drugim društvenim planiranjima.*

Suvremeni model organizacije vodoprivrede treba biti spoj između društvenog utjecaja korisnika i čvrstog hijerarhijskog upravljanja u vodoprivrednoj instituciji i poduzeću. Zbog toga je važna i dosljedna primjena Zakona o vodama kao i efikasna organizacija djelovanja i rada vodoprivrednih službi Hrvatske. Za sagledavanje problema u vezi viška, manjka i kvalitete voda važno je imati na umu potrebu timskog rada stručnjaka raznih profila u procesu iznalaženja optimalnih rješenja zadataka iz područja svih vodoprivrednih djelatnosti.

S obzirom na dostignuti stupanj razvoja i mogućnosti znanosti i tehnologije, budućí planovi razvoja vodoprivrede moraju biti višenamjenski, kompleksni i integralni. Pri razmatranju potreba za plansko razdoblje treba utvrditi bilancu potreba i mogućnosti na razini sliva, odnosno vodnog područja. Bilanca budućih potreba mora se temeljiti na utvrđivanju potreba, a na osnovu vrsta i porijekla voda.

Osnovni je cilj u rješavanju problema u području voda trajno uspostavljanje i održavanje ravnoteže odnosa čovjeka i prirode. Zadovoljenje ljudskih i gospodarskih potreba moguće je ostvariti razumnim korištenjem voda i zaštitom od voda. Istodobno je potrebna provedba mjera za očuvanje odnosno zaštitu vodnih resursa. Područje gospodarenja vodama moguće je definirati sa stajališta prostora, vremena i znanja. Gospodarenje vodama je dinamičan proces uravnoteživanja odnosa čovjeka i prirode, odnosno vode.

Znanstveni odbor prihvatio je 112 referata za prezentaciju na konferenciji i objavljivanje u Zborniku radova. Referati su podijeljeni u 9 tema:

- 1: Integralni razvoj i vodoprivreda - 19 referata
 - 2: Prostorno uređenje i gospodarenje vodama - 28 referata
 - 3: Vrijeme, klima, reljef i hidrološke prilike - 8 referata
 - 4: Gospodarenje podzemnim vodama Hrvatske - 12 referata
 - 5: Ekstremne hidrološke prilike - 8 referata
 - 6: Višenamjensko korištenje akumulacijskih jezera i njihov utjecaj na okoliš - 14 referata
 - 7: Hidraulička istraživanja - 12 referata
 - 8: Kompleksna istraživanja poplava u Hrvatskoj - 5 referata
 - 9: Istraživanja i mjere istraživanja na Jadranu - 4 referata
- * i referati po pozivu - 2 referata.

Izjavitelji po temama pripremili su izvješća, koja su podnijeta konferenciji i tiskana u znanstvenom časopisu "Hrvatske vode", 3(1995), 10.

Zbornik radova 1. hrvatske konferencije o vodama ima dvije knjige i sadrži 2 referata po pozivu i 110 prihvaćenih referata. Ukupno je 190 autora sudjelovalo u pripremi referata.

Sve aktivnosti čovjeka kao i njegov odnos s prirodom neotuđivo su i direktno vezani s vodom. Voda je početak života, ali danas mnoge činjenice ukazuju da bi upravo preko nje moglo doći do alarmantnog narušavanja sklada koji omogućava taj isti život. Uloga čovjeka i njegovih djelatnosti u tom je procesu ključna. Svijet je uočio mnoge svoje velike greške u odnosu na gospodarenje vodom. Hrvatska, kao mala zemlja bogata vodom, do sada nije učinila mnogo takvih grešaka, prvenstveno zbog toga jer nije snažno razvila svoju "vodnu" infrastrukturu niti je pretjerano zagadila svoje goleme vodne resursa. Mi kao društvo imamo, barem što se vode tiče, velike mogućnosti. Na nama je da je iskoristimo. Svrha je ove prve konferencije, kao, nadamo se, i svih ostalih koje će ju slijediti, omogućavanje održivog razvoja vodnog gospodarstva Hrvatske na načelima modernog socio-ekonomskog gospodarenja vodama.

Organizatori 1. hrvatske konferencije o vodama zahvaljuju JVP "Hrvatska vodoprivreda", Državnoj upravi za vode, Ministarstvu znanosti i tehnologije, UNESCO-u i Državnoj upravi za zaštitu okoliša, što su se odazvali pozivu da budu pokrovitelji konferencije. Organizatori se zahvaljuju cijenjenim autorima i izjaviteljima, koji su svojim referatima doprinijeli kvaliteti konferencije.

Dubrovnik, 24.-27. svibnja 1995.

Predsjednik Konferencije: prof.dr.sc. Ognjen Bonacci
Predsjednik Znanstvenog odbora: prof.dr.sc. Josip Marušić
Glavni i odgovorni urednik: dr.sc. Dragutin Gereš

FOREWORD

The First Croatian Conference on Water is a place of exchange of scientific and professional experience regarding sustainable development and water management. This is the first conference and, no doubt, the beginning of the tradition of regular conferences on the subject.

The objective of the Conference is multidisciplinary and interdisciplinary consideration and defining of the criteria and standards for solving of problems related to water and sustainable development. It is the intention of the organizers and initiators of the Conference to assemble all scientists and professionals participating in solving the problems and tasks related to protection from destructive effects of water, water use, and protection of water and sea from pollution.

The subjects of the Conference, and the response of authors dealing with problems of water excess, water shortage and water quality, confirm the realization of its objectives regarding understanding of the significance and possibilities of sustainable development in connection with water, as well as the economic development of the Republic of Croatia.

Water management activities are of a particular economic, infrastructural and social importance, which determines the economic position of water management as a whole. The social and economic relations in water management and its position are planned in the constant process of mutual influence and adjustment of all factors of social and economic life.

Therefore, the principal task in planning and development of water management activities is to meet the "optimum" principle, keeping in mind both the present and the future conditions. The experience shows that only correct water management solutions may be improved and adjusted to changes - depending on the real conditions and requirements. For successful development of water management as a whole, it is essential to keep in mind the fundamental and, at the same time the universal postulates governing all water-related activities: water is an irreplaceable substance; water is a resource of general interest; water should be used in a democratic manner; water should be managed in an integrated manner; water should be managed constantly; water management is a complex activity; usable water is a product of human labour; water management is a dynamic, adaptable category; in order to be able to use water in future, investments must be made now, and water management planning must precede all other social plans.

The modern concept of water management organization must be a combination of the social influence of users and strong administrative hierarchy in a water management institution or enterprise. Therefore, consequential application of the Water Act, as well as efficient organization of the activities of water management services in Croatia are of utmost importance. To realize the problems of excess, shortage and quality of water it is important to keep in mind the team work of professionals of various profiles in the process of finding of optimum solutions in all fields of water management activities.

With respect to the achieved level of development and possibilities of science and technology, the future water management development plans must be multipurpose, complex, and integrated. In considering the needs for the given planning period it is necessary to define the balance of requirements and possibilities at the level of the catchment area, or river basin. The balance of future requirements must be based on the defined needs, the kind and origin of water.

The fundamental objective in solving of the water-related problems is to establish and to maintain continuously the balance of relations between man and nature. It is possible to satisfy the human and economic requirements by rational water use and protection from

water. At the same time, it is necessary to apply adequate measures in order to protect and conserve the water resources. The field of water management may be defined from the standpoint of area, time and knowledge. Water management is a dynamic process of balancing of relations between man and nature, or more precisely, water.

The Scientific Committee has accepted 112 papers to be presented at the Conference and published in the Conference Miscellany. The papers are divided into 9 subjects, as follows:

- 1. Integral development and water management - 19 papers*
- 2. Physical planning and water management - 28 papers*
- 3. Weather, climate, relief, and hydrological circumstances - 8 papers*
- 4. Ground water management in Croatia - 12 papers*
- 5. Extreme hydrological conditions - 8 papers*
- 6. Multipurpose use of storage reservoirs and their environmental impact - 14 papers*
- 7. Hydraulic research - 12 papers*
- 8. Complex flood research in Croatia - 5 papers*
- 9. Research and utilization measures on the Adriatic - 4 papers*

** Papers by invited lecturers - 2 papers*

The reporters on separate subjects have prepared their accounts, submitted to the Conference and published in the periodical "Hrvatske vode", 3(1995), 10.

The Miscellany of the First Croatian Conference on Water consists of two volumes, containing 2 papers by the invited lecturers, and 110 accepted papers. The total of 190 authors have participated in preparing of the papers.

All human activities as well as his relation to nature are inseparably and directly connected with water. Water is the source of life; however, at present many facts indicate that water may become the medium leading to alarming disturbance of the harmony making this life possible. In this process, the man and his activities are playing the key role. The world has already realised the great mistakes made in relation to water management. Croatia, as a small country rich in water, has so far not made many such mistakes, primarily due to the fact that it has not greatly developed its water-related infrastructure, nor excessively polluted its vast water resources. We as a society have, at least as far as water is concerned, large potentials. It is our task to make good use of them. The purpose of this first Conference, as well as, we hope, of those which are to follow, is to assist in achieving the sustainable development of water management in Croatia on the principles of modern social and economic conduct.

The organizers of 1st Croatian Conference on Water express their thanks to the Public Water Management Enterprise "Hrvatska vodoprivreda", the State Water Directorate, the Ministry of Science and Technology, UNESCO, and the State Directorate for Environmental Protection, for their consent to sponsor the Conference. Thanks are also expressed to the authors and reporters, who have contributed to the quality of this Conference by submitting their papers.

Dubrovnik, May 24 - 27, 1995

Chairman of the Conference: Prof. Josip Marušić, Ph.D.

President of the Scientific Committee: Prof. Ognjen Bonacci, Ph.D.

Editor – in chief: Dragutin Gereš, Ph.D.

REFERATI PO POZIVU





1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Othmar Nestroy

R 0-01

On the Question of Soil Water Balance in the Leibnitz Area (Styria)

SUMMARY: *The Leibnitzer Feld, an area south of Graz that is used intensively for agricultural purposes, is described in its morphological and pedological features, with special emphasis on soil-water balance in respect of groundwater recharge.*

Based on the problem of nitrate it is being shown that, in spite of intensive agricultural use, a solution of the problem and thus rehabilitation is possible by legal provision in cooperation with the farmers concerned.

KEY WORDS: *Leibnitz area, soil moisture regime, strategy against water pollution by nitrate, nitrat content in well waters.*

O pitanju vodnog balansa u području Leibnitza (Štajerska)

SAŽETAK: *Opisane su morfološke i pedološke osobitosti Lajbniškog polja, područja južno od Graza koje se intenzivno koristi za poljoprivredu, s posebnim naglaskom na ravnotežu tlo-voda vezano uz prihranjivanje podzemnih voda.*

Na osnovi problema dušika pokazano je da se usprkos intenzivnom poljoprivrednom korištenju može naći rješenje problema i time postići oporavak tla, uz uvjet da postoje odgovarajuće pravne osnove i u suradnji s poljoprivrednicima.

KLJUČNE RIJEČI: *područje Leibnitza, režim vlažnosti tla, strategija za sprečavanje zagađenja tla dušikom, sadržina dušika na vodocrpilištima*

1. Introduction and problem

In our industrialized societies many of us are nor longer able to understand the role and impact of the activities carried out by farmers. As in the past, farmers still produce biomass on areas cultivated by man, but, via soil, also groundwater. Substances which, knowingly or unknowingly, find their way into precipitation water or soil may be stored, used up by vegetation, accumulate on the surface, or seep into groundwater. This paper describes the path taken by water, from rain via soil (in a biogenic sense) and the unsaturated zone on soil (= seepage water zone: area between land surface and the capillary fringe of the groundwater) to the groundwater. However, the main focus is on processes in the unsaturated zone, which are discussed based on practical work carried out in a selected part of the Leibnitz Area.

2. Location and geological situation of the area studied (cp. Map 1)

The area in question ("Leibnitzer Feld") has a size of about 105 km², and extends about 35 km south of the capital city of Graz on both sides of the river Mur from the narrow of the valley near the town of Wildon to the sharp bend of the river at Gabersdorf-Retznei. The area is bordered by rocks that lithologically are greatly varied in their composition, and it owes its today's morphological features to pre-glacial interactions during the last cold-warm period. Above tertiary material, the older terrace (Riss), the low terrace (Würm), and the alluvial plain were molded, with the low terrace giving the area its distinctive shape. (cp. map 2).

While the alluvial plain consists mainly of a basal gravel layer of 3 to 7 m in thickness and sandy and sandy-silty top layers of 0.3 to 2 m thickness, the low terrace lies 1 to 2 m above the alluvial plain, and its gravel layer is covered by a 0.2 to 1 m top layer. On the older terrace the gravel layer is covered mostly by thick layers of loam (M. Eisenhut, 1991).

Although, at first glance, the area appears rather uniform, this geological situation already suggests a most heterogeneous soil cover.

3. Climatic conditions

Due to usually plentiful precipitations of 900 to 1000 mm, with a pronounced maximum in summer (H. Wakonigg, 1978), and a very long vegetation period of 230 to 240 days, this area is most favorable for agricultural production - unfortunately, also with negative consequences.

In soils of medium to high water retention capacity seepage mostly occurs in late autumn, in winter, and in early spring; the quantities taken up range from 50 to 150 mm. At shallow sites with low retention capacity, on the other hand, seepage is possible throughout the year; it is estimated to amount to approx. 250 mm.

Thus, groundwater recharge does not only depend on the total of precipitations over the year including their quantity and distribution, but also on the thickness and the physical properties of soils, especially in the unsaturated zone, as well as on the kind and intensity of agricultural use.

But before these aspects are discussed, the pedological situation of this area shall be described briefly.

4. Soils and their properties

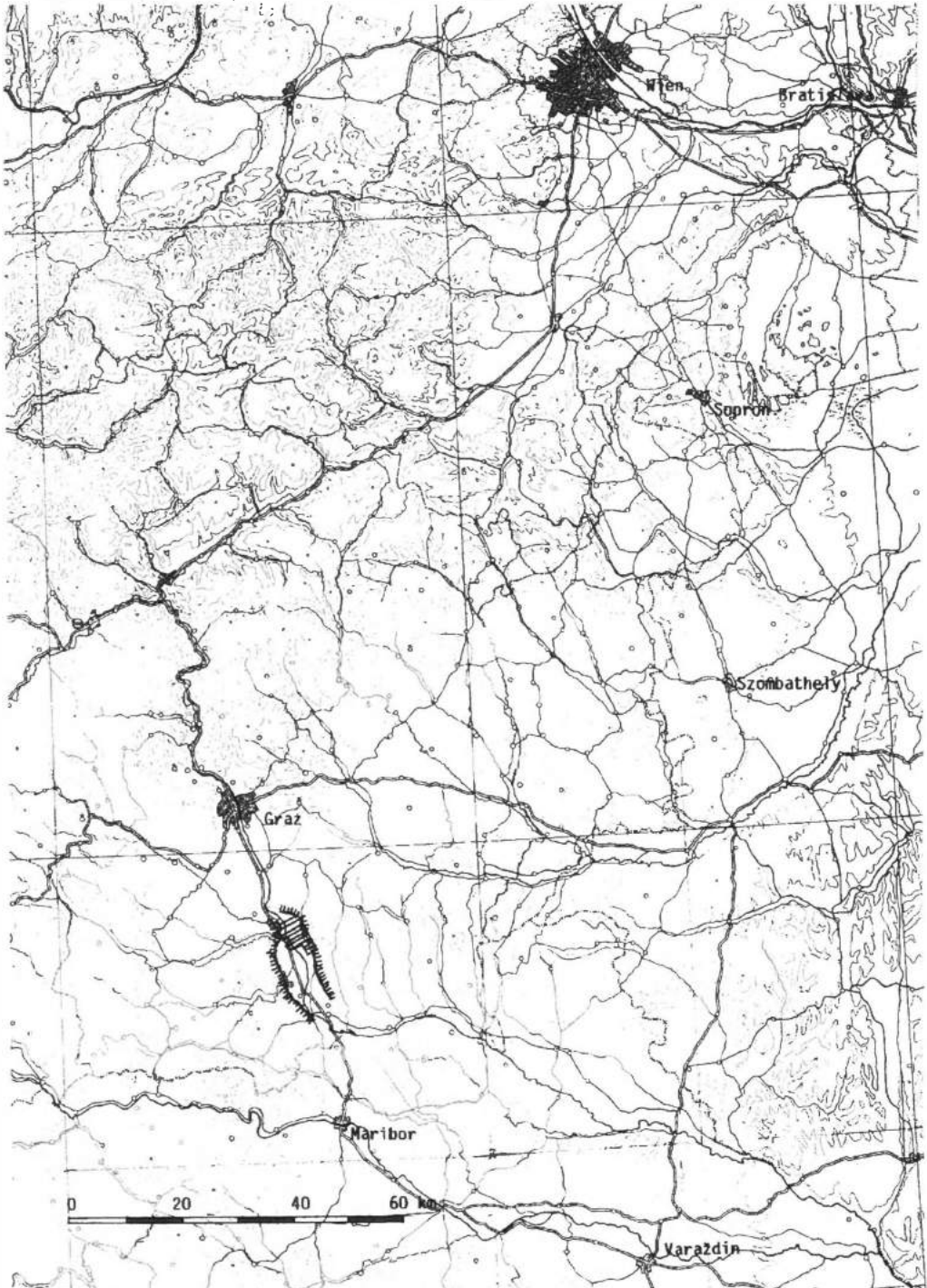
As briefly mentioned in the chapter on geology, the area investigated presents three morphological entities: the alluvial plain, the low terrace and the older terrace.

The alluvial plain is characterized by a water table of 3 to 4 m below ground level and significant seasonal groundwater fluctuations. The soil cover is composed of fluvisols of different maturity and thus also of different filter strength (cp. map 3).

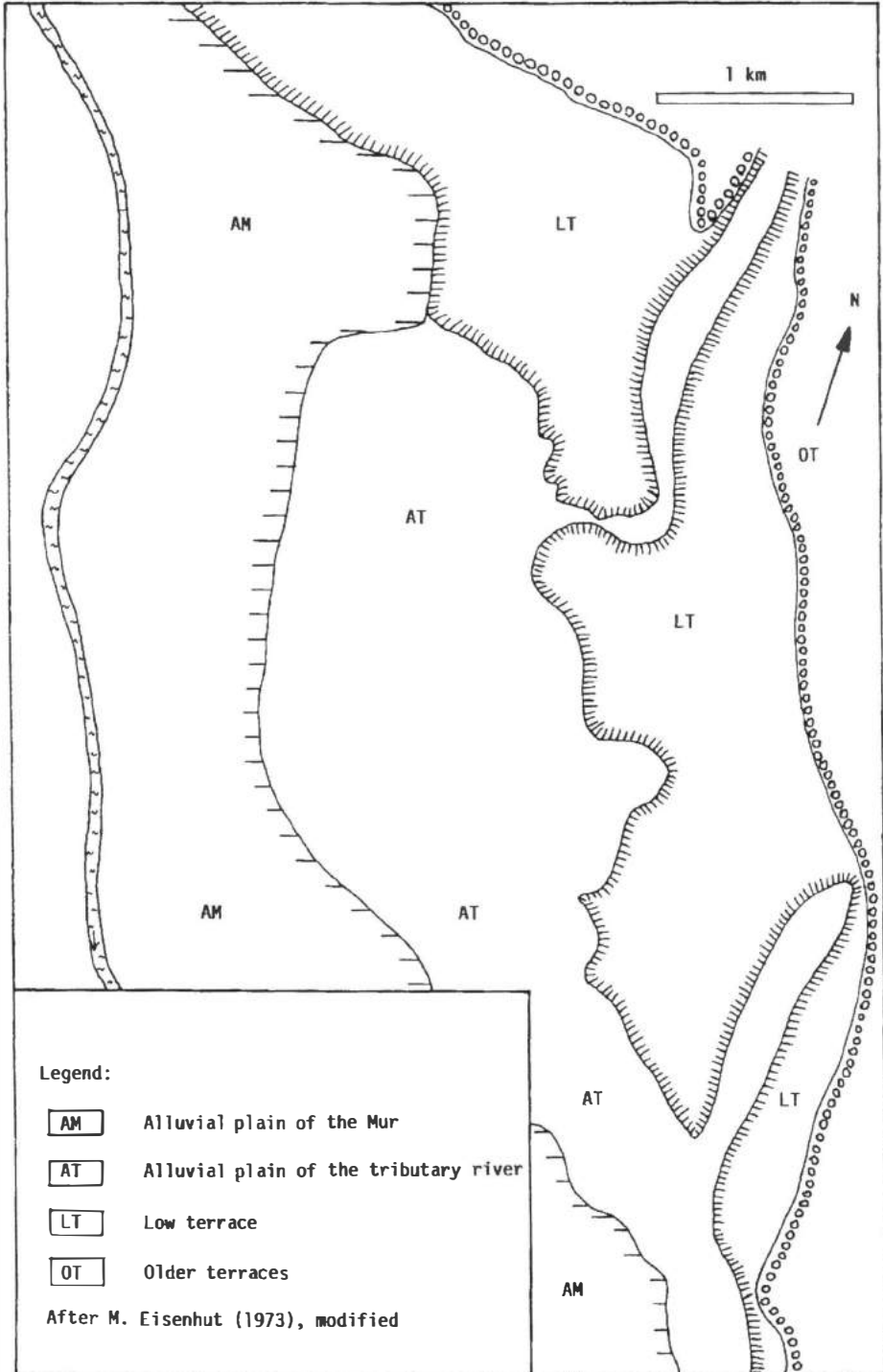
On the low terrace, the top layers of 20 to 80 cm on average have developed primarily acidic cambisols that provide favorable conditions for intensive agricultural use. It is, however, worth mentioning that these top layers, whose mean coefficient of per-

1 The typological classification of the soil was made acc.to P.M. Driessen and R. Dudal, 1991

Map 1: Geographical position of the Leibnitz area



Map 2: Morphological situation in the NE part of the Leibnitz area



meability is 5.10^{-3} , may be problematic as regards the quick discharge of nitrate and pollutants into groundwater. Studies have proved seepage speeds of about 0.5 m/a in these top layers (J. Fank et al., 1989); naturally, in the gravel layer these speeds must be expected to be significantly higher.

On the older terrace, planosols have developed from the above-mentioned thick and hardly permeable dust loam cover, in which silt is the predominant type on soil. Due to their water-logging propensity, planosols are regarded as difficult soils in terms of agriculture. Little groundwater recharge takes place below such sites.

5. Emitters responsible for the discharge of nitrate into soil and groundwater

By way of introduction to this chapter it should be mentioned that there are a number of emitters, and that agriculture is not the only polluter.

It has already been mentioned that large parts of the Leibnitz Area consist of light and highly permeable soils, whose retention and filter capacity is often overstrained. In the past 30 years, economic necessities have resulted in increasingly intensive agricultural use, which is characterized by the intensified production of corn (in some communities up to 80% of the farmland), increased spreading of liquid manure on areas without hardy vegetation cover and by intensified pig production (hence the large quantities of liquid manure).

But this intensive agricultural production is not the only emitter of nitrate. It must not be forgotten that this area is densely populated (185 inhabitants per km², the Austrian average is 84) and that leaking cesspits of individual houses and domestic and industrial sewage can also contribute to the nitrate in groundwater.

Another nitrate source are gravel pits which, were recultivated after excavating and then used for agricultural purposes or as landfill for refuse, earth and building debris. Here, too, nitrate may easily seep into groundwater due to the very thin and light filter layer.

Untreated waste water from traffic areas may further contribute to groundwater contamination.

Last but not least natural mineralization in the soil must be mentioned in this context. According to E. Klaghofer (1991), about 150 kg N are produced per ha in the form of nitrate from nitrogen that is organically bound in humus-containing soils by mineralization; this value does not include mineralization of crop residues.

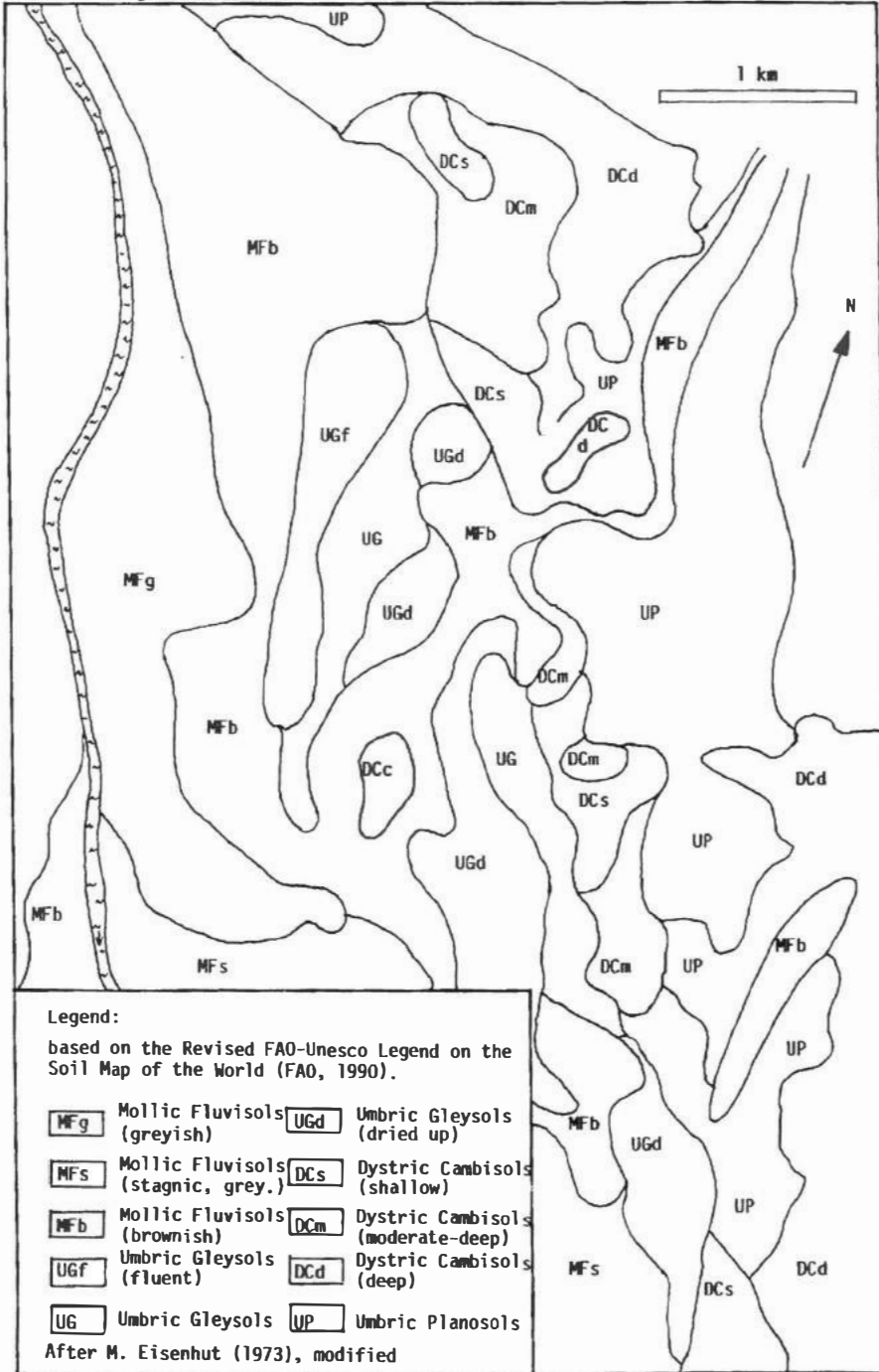
Fig.1 shows the relationship between seepage water quantity and nitrate eluviation based specifically on estimates of seepage water quantity in this particular region.

6. Strategy for rehabilitation

Based on the limits recommended by law of a maximum of 100 mg nitrate per liter as of 1 July 1990, and 50 mg nitrate per liter as of 1 July 1994, - by 1999 this value is to be reduced to 30 mg - a number of measures have been taken to achieve this goal. Whether it will be possible to achieve a reduction to 30 mg appears questionable from a scientific point of view.

What measures have already been taken and resulted in a reduction of nitrate in groundwater (cp. Fig.2)?

Map 3: Pedological situation



Logically and correctly all potential nitrate emitters were examined closely in order to take the proper measures. As of 7 December 1987, all inner and outer well protective areas have been specifically declared, contaminated sites examined and the quarrying of gravel and sand monitored (H. Zetinigg, 1991). It should also be mentioned that 81% of all households have been connected to the sewer system.

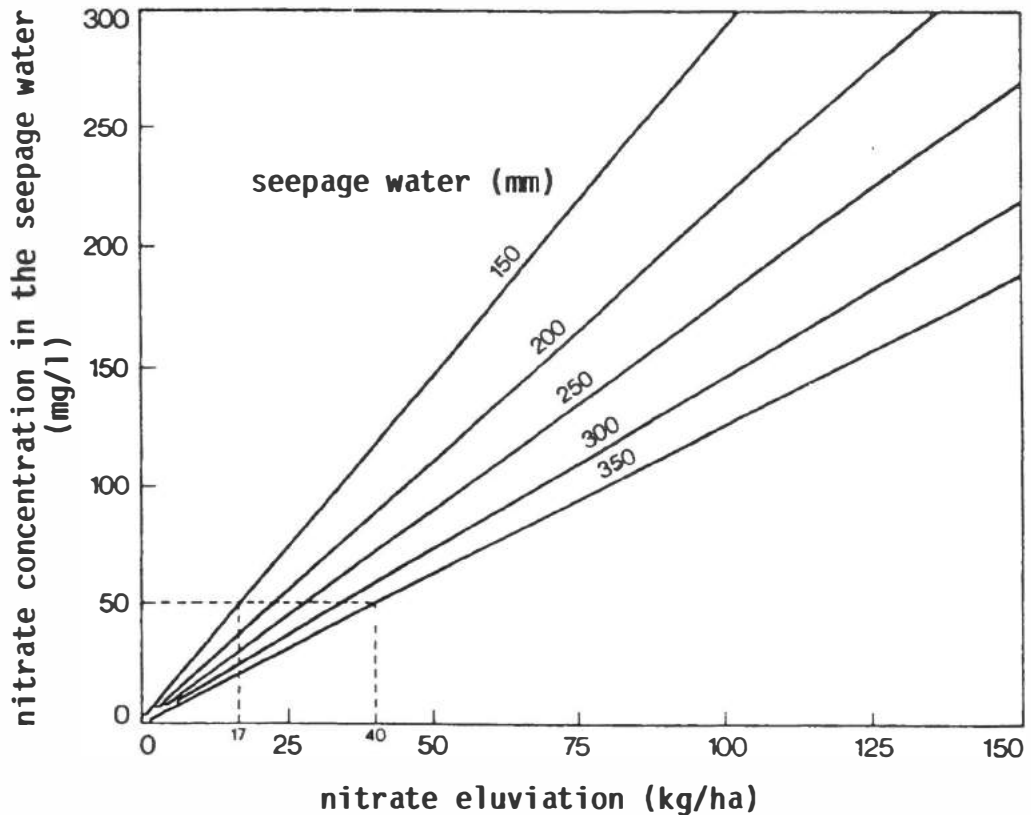
However, the main focus has been on agricultural activities: this is why the strategies in this area are more strongly emphasized.

According to D. Patter (1991), the groundwater situation can be relieved by extensifying farming practices, by introducing crop rotation systems, by reducing the use of fertilizers and herbicides to the actual demand and by adjusting the stocks of animals to the given area used for agricultural purposes.

According to the Water Act, a special approval is required if more than 175 kg of pure nitrogen per culture and with vegetation cover more than 210 kg of pure nitrogen are spread per hectare and year. An approval is equally required for keeping animals producing manure equivalent to more than 3.5 large animal units per hectare.

According to the regulations for outer protective zones as of 1 January 1991, the following measures and activities are prohibited:

- The spreading of slurry and liquid manure on areas without hardy vegetation cover from 15 October until tillage next spring.
- The spreading of herbicides containing the agents atrazine, alachlor, cyanacine, dicamba, clopyralid, bromacil, amitrol and propacine.
- The spreading of nitrogen fertilizers on corn fields in fewer than two dosages.



Map 4: Nitrate retention capacity

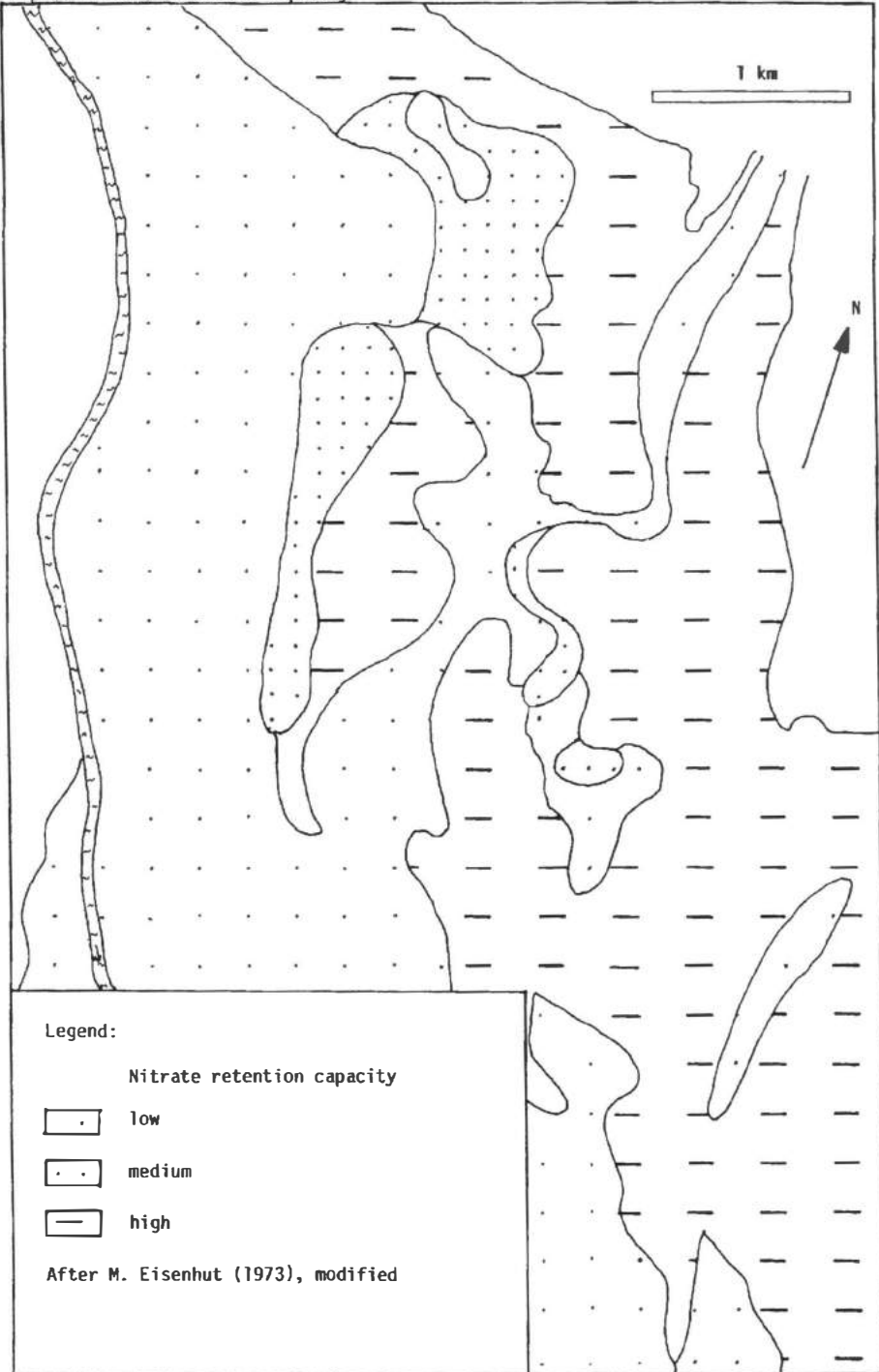
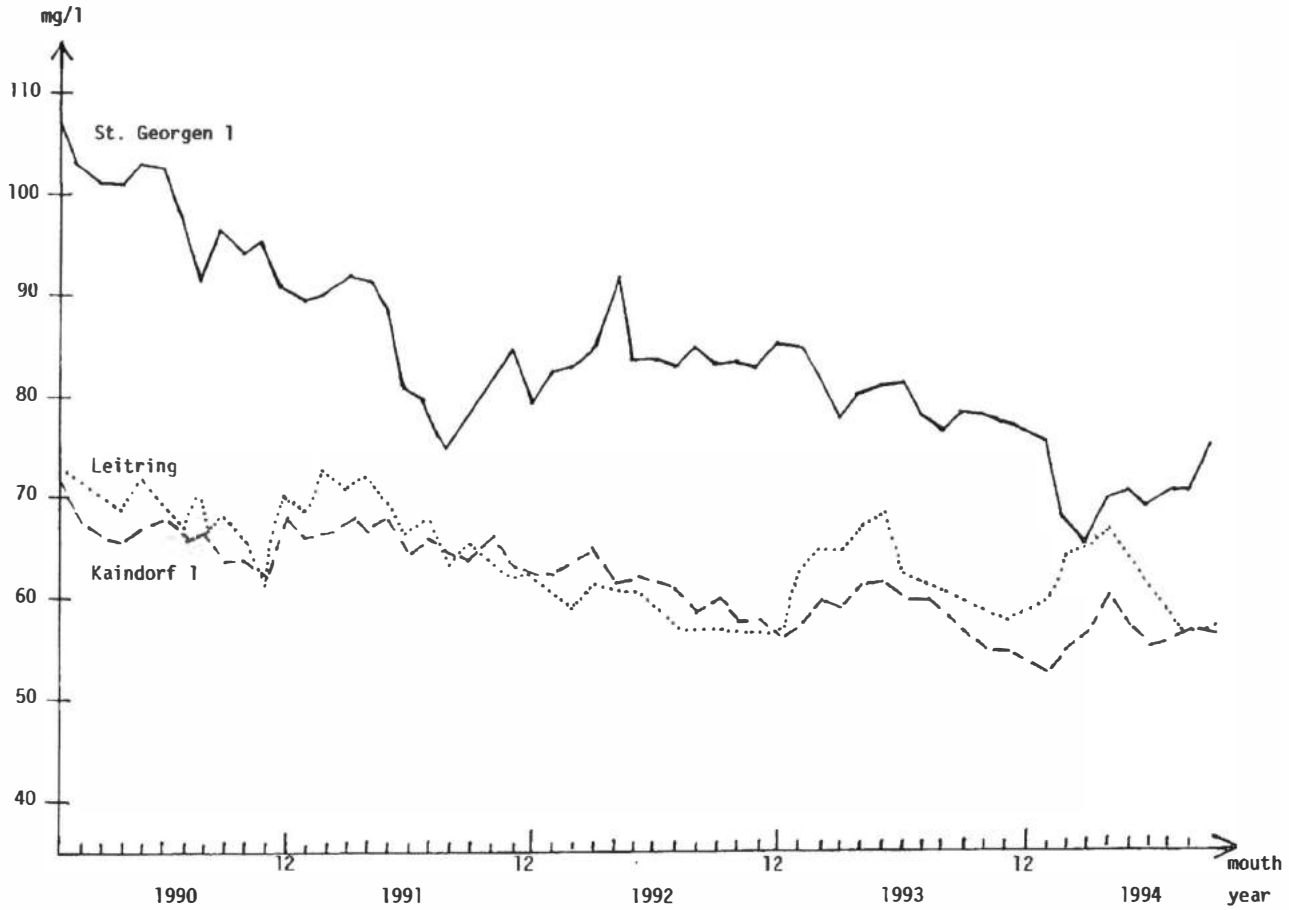


Diagram 2: Nitrate content in well-waters in Leibnitz area (Styria)



After D. Patter, 1995

- The spreading of sewage sludge and refuse compost except compost from bio-composters.
- The keeping of economically useful animals without sufficient farm manure storage capacity.
- The keeping of economically useful animals producing manure equivalent to more than 2.7 large animal units per hectare of land available for agriculture without keeping a liquid manure logbook.

Additional measures are more frequent N_{min} studies, bonuses of AS 4,000 per year and hectare of green fallow and energy grass areas as well as subsidies for hardy vegetation (at least for the period between 1 November and 15 March). In the winter months 1989/90, the latter together with green fallow and energy grass areas already accounted for 89.5% of arable land. (D. Patter, 1991).

To complete this chapter and the whole question of soil-water balance including the possibility of better evaluating the filter effect of a site, a study carried out by M. Eisenhut (1993) shall be briefly referred to.

The potential of nitrate eluviation via soil into groundwater is determined by a combination and weighting of soil structure, coarse fraction, organic matter, structure and stratification. In addition, the water retention capacity of the soil, water conductivity, the thickness of the top layers (distance between groundwater and land surface) and the climatic water balance are used in order to assess and describe, based on existing soil maps, the potential risk of a site. One such description attempted by the author is shown in Map 4, with the mosaic-like structure of the soil cover being clearly visible.

Whether and to what extent the above-cited measures have been effective can be easily seen from Fig.2. Water measurements performed at three wells clearly show a slightly falling tendency. This success should be an encouragement to intensify the measures already taken.

7. Conclusions

The above-mentioned figure in particular proves that basically the policy adopted by us has been correct, and that by fruitful cooperation between practice and science sound groundwater can be produced also in areas of intensive agricultural use. However, farmers should be cautioned to strictly avoid over-fertilization, i.e. not more than is necessary to achieve an adequate yield, to take into account nitrogen mineralization, and they should be requested to provide for a continuous hardy vegetation cover, while scientists are expected to advise them, based on soil assessments and soil maps, in questions of fertilization and crop rotation.

In addition, greater awareness should to be created in the public at large about the value of sound water, something that is not available without sacrifice.

References

- Driessen, P. M. und R. Dudal (1991): *The Major Soils of the World*. Agricult. University Wageningen and Katholieke Universiteit Leuven.
- Eisenhut, M. (1973): *Die Böden des nordöstlichen Leibnitzer-Feldes*. Berichte d. wasserwirtsch. Rahmenplanung, Bd. 23/1973. Amt d. Steiermärk. Landesreg. Graz, S. 215-233.

- Eisenhut, M. (1991): die Nitratbelastung des Grundwassers im leibnitzer Feld. Arb. aus d. Inst. f. Geographie d. Karl-Franzens-Univ. Graz, Bd. 30, S. 107-122.
- Eisenhut, M. (1993): Die Österreichische Bodenkarte - ein Beitrag zum Schutz der Umwelt. Mitt d. Österr. Geogr. Ges., 135 Jg., Wien, S, 175-190.
- Fank, J., T. Harum, H.-P. Leditzky, B. Stromberger und H. Zojer (1989): Nitratbelastung des Grundwassers im nordöstlichen Leibnitzer Feld. Steir. Beiträge zur Hydrologie, H. 40, Graz, S. 5-48.
- Klaghofer, E, (1991): Grundwasserbelastung durch flächenhafte Nitrateinträge. Wasserwirtschaftliche Fachtage 1991. Sonderausgabe d. Zeitschr. "Förderungsdienst", Wien, S, 29-42.
- Patter, D. (1991): Sanierungsstrategien im Leibnitzer Feld aus landwirtschaftlicher Sicht. Wasserwirtschaftliche Fachtage 1991. Sonderausgabe d. Zeitschr. "Förderungsdienst", Wien, S. 149-160.
- Rohmann, U. und H. Sontheimer (1985): Nitrat im Grundwasser. DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut d. Univ. Karlsruhe.
- Wakonigg, H. (1978): Witterung und Klima in der Steiermark. Arb. aus dem Inst. f. Geographie d. Univ. Grzk, Verl. f. d. TU Graz, Graz.
- Zetinigg, H. (1991): Sanierungsstrategien im Leibnitzer Feld aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Wasserwirtschaftl. Fachtage 1991, Sonderausgabe d. Zeitschr. "Förderungsdienst", Wien, S. 137-148.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

**Boris Sevruk, Vlado Nespör
and Lubica Zahlavova**

R 0-02

IAHS/WMO precipitation project for GEWEX: Swiss experience

Abstract: The systematic error of precipitation measurement, particularly the wind-induced error reduces the accuracy of hydrological, meteorological and climatological studies. To meet this problem, and in support of GEWEX, IAHS initiated a project specifically dealing with precipitation measurement. Its aim is to develop a methodology for harmonizing precipitation data as measured in different countries using different types of precipitation gauges to obtain a global ground-truth data set against which radar and satellite observations, as well as these of the GCMs could be compared. The first results of the Swiss investigations in this domain are reviewed. The use of computational fluid dynamics to compute the flow around the precipitation gauge and simulation of rain drop movement through the wind-field to derive correction procedures is also discussed.

Projekt mjerenja padavina IAHS/WMO za GEWEX: švicarsko iskustvo

SAŽETAK: *Sustavne pogreške kod mjerenja padavina, posebno pogreške izazvane djelovanjem vjetrova, smanjuju točnost hidroloških, meteoroloških i klimatoloških obrada. Da bi se riješio ovaj problem, i kao pomoć GEWEX-u, IAHS pokreće projekt koji se posebno bavi mjerenjima padavina. Cilj je razrada metoda koje će omogućiti usklađenje podataka izmjerenih u različitim zemljama pomoću različitih tipova kišomjera, s ciljem dobivanja skupine općih zemaljskih podataka za usporedbu s radarskim i satelitskim promatranjima, kao i s podacima GCM. Daje se pregled prvih podataka švicarskih istraživanja u ovom području. Raspravlja se o primjeni računske dinamike fluida u izračunavanje strujanja oko kišomjerne stanice i oponašanje kretanja kišnih kapljica kroz polje vjetrova s ciljem izvođenja korektivnih postupaka.*

Boris Sevruk, Vlado Nespör, Swiss Federal Institute of Technology,
Zurich, Switzerland
Lubica Zahlavova, Slovak Technical University, Bratislava, Slovakia

Introduction

Precipitation is one of the principal water fluxes linking the climate and hydrological systems and yet the knowledge of point and hence areal precipitation is very poor. The observed precipitation is much less than the »true precipitation«. The deficit depends on the type of precipitation gauge and meteorological conditions and it shows a considerable spatial and temporal variability. The reason is the systematic error of precipitation measurement. The body of a free exposed precipitation gauge systematically distorts the wind field, causing an increase in wind speed above the gauge orifice and forcing the development of eddies in and around the gauge. As shown in Figure 1, the wind speed increase over the English Mk2 gauge is between 20 and 30%. This prevents the smaller precipitation particles from entering the gauge. They are carried to beyond the lee of the gauge orifice. In this way, losses of precipitation gauge catch arise, amounting to 3 to 25% for rain and up to 20 to 100% for snow. In addition, some losses occur due to wetting of inner walls of precipitation gauges and due to evaporation occurring between the end of a precipitation event and the measurement of water accumulated in the gauge.

Figure 2 shows that the wind-induced error of solid precipitation measurement depends on wind speed and the type of precipitation gauge used in a particular country. For instance, this error amounts up to 80% for snow using the Slovak gauge, and roughly 20% for the Finnish gauge if the wind speed is 5 m s⁻¹. It is clear that due to the systematic error of precipitation measurement, precipitation values as measured between the two countries are not compatible. Moreover, these values are smaller than the »true precipitation«. This is the global situation. While the systematic error of precipitation measurement is generally not considered in hydrological, meteorological and climatological studies, it affects the accuracy of water balance estimations and climate change analysis, as well as the GCMs calibration.

With this in mind, the IAHS/WMO GEWEX Committee launched a precipitation measurement project with the objectives as follows:

1. To analyze the problem of ground precipitation measurement in all aspects relevant to measurement accuracy, representativeness, standardization, as well as spatial and temporal homogenization of historic precipitation records.
2. To propose specific measures towards a reliable global precipitation data set representing the ground truth for the calibration of data obtained by remote sensing techniques, and serving as input for climate related studies.

The project will include the results from the WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison, applications of corrections of systematic error of precipitation measurement to global and national data sets and precipitation maps, as well as the results of computational fluid dynamics and wind tunnel experiments of wind-induced error. Furthermore, methods of analysis of changes in precipitation measurement techniques and exposure of gauge sites with regard to inhomogeneities in precipitation time series will be reviewed.

The paper presents the first results from the project as obtained in Switzerland. They include a study of variability of wind-induced error, the effect of the exposure of gauge site and the methodology of correction procedures, particularly numerical simulation of wind-induced error with examples. Some of the above-mentioned issues have already been discussed during the Joint Scientific Assembly of IAMAP and IAHS in Yokohama in July 1993 and the Eleventh Session of the Commission for Instruments and Methods of Observation of the WMO in Geneva in February 1994 and are mentioned in the Abridged Final Report (WMO, 1994).

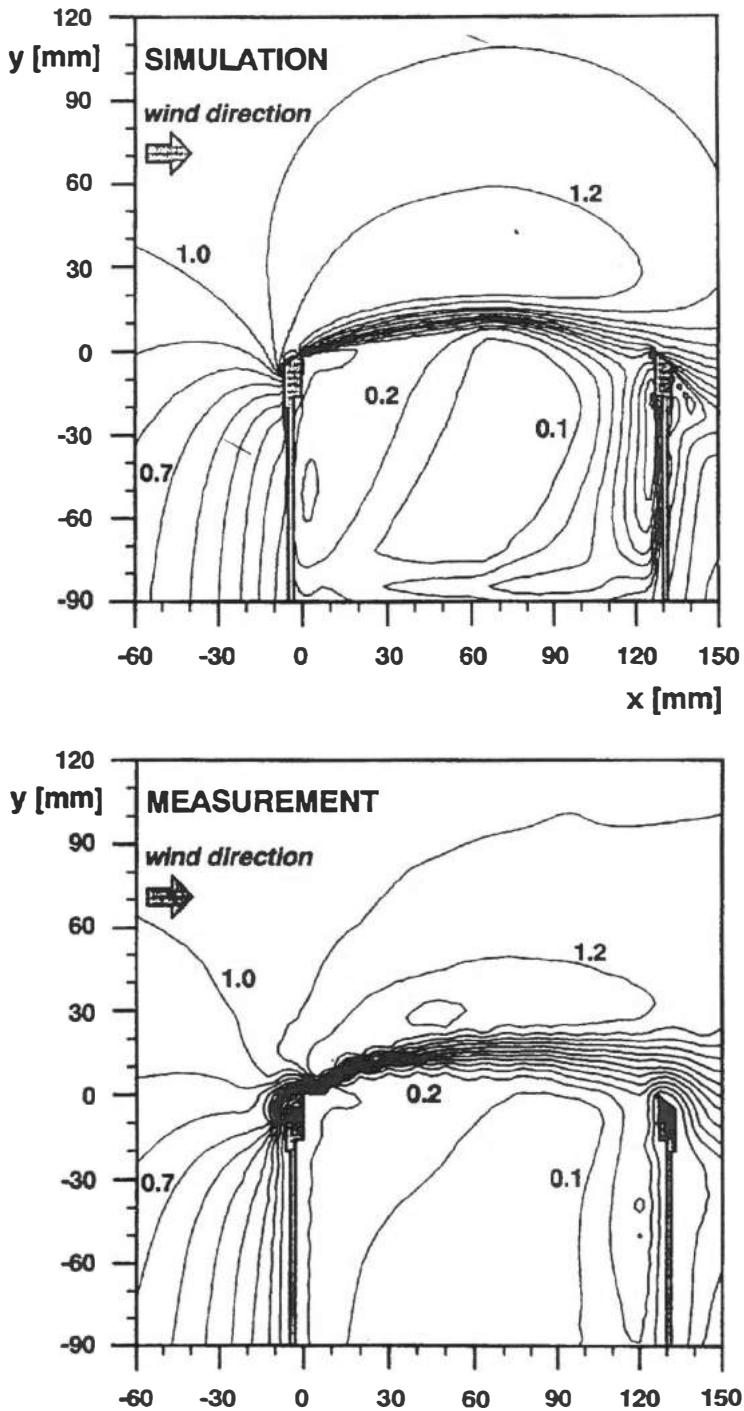


Fig. 1 Contour lines of normalized wind speed in and around the Mk2 precipitation gauge (British Meteorological Office) based on flow simulation using the Phoenix computer programme (top) and on profile measurements in the wind tunnel (bottom). According to Nesor et al. (1993).

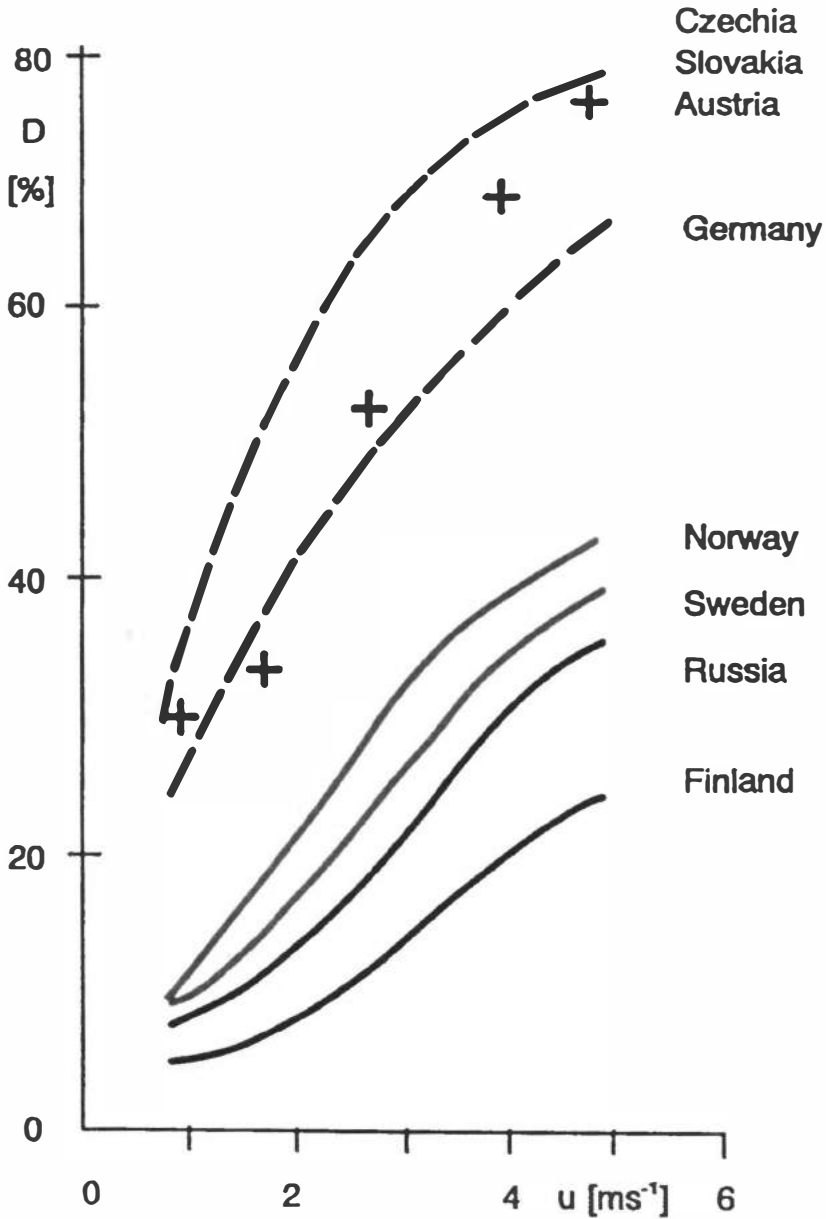


Fig. 2 Wind-induced losses, D , for snow, as a function of wind speed, u , and different types of national standard gauges. Preliminary results from the WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison.

The results of wind-tunnel investigations will be not specially dealt with further. They indicate the effect of type of gauge and gauge construction parameters, particularly the orifice rim thickness on the wind-field deformation above the gauge orifice as shown by Sevruc et al., (1989, 1991 and 1994) and in addition, can be used also to control the results of numerical simulation of the wind-field around the gauge (Nesper et al., 1993).

Variability of the wind-induced error

In addition to the type of gauge and its aerodynamic properties, the wind-induced error depends on variables showing a distinct spatial and temporal variability. These variables include wind speed and the degree of the gauge site exposure, the weight of precipitation particles, and the altitude and the latitude of gauge sites.

Since the gauge site exposure in a network varies from exposed to protected, as shown in Figure 3, the wind-induced losses vary not only between countries but also from site to site, causing the precipitation data to be spatially inhomogeneous even in the small,

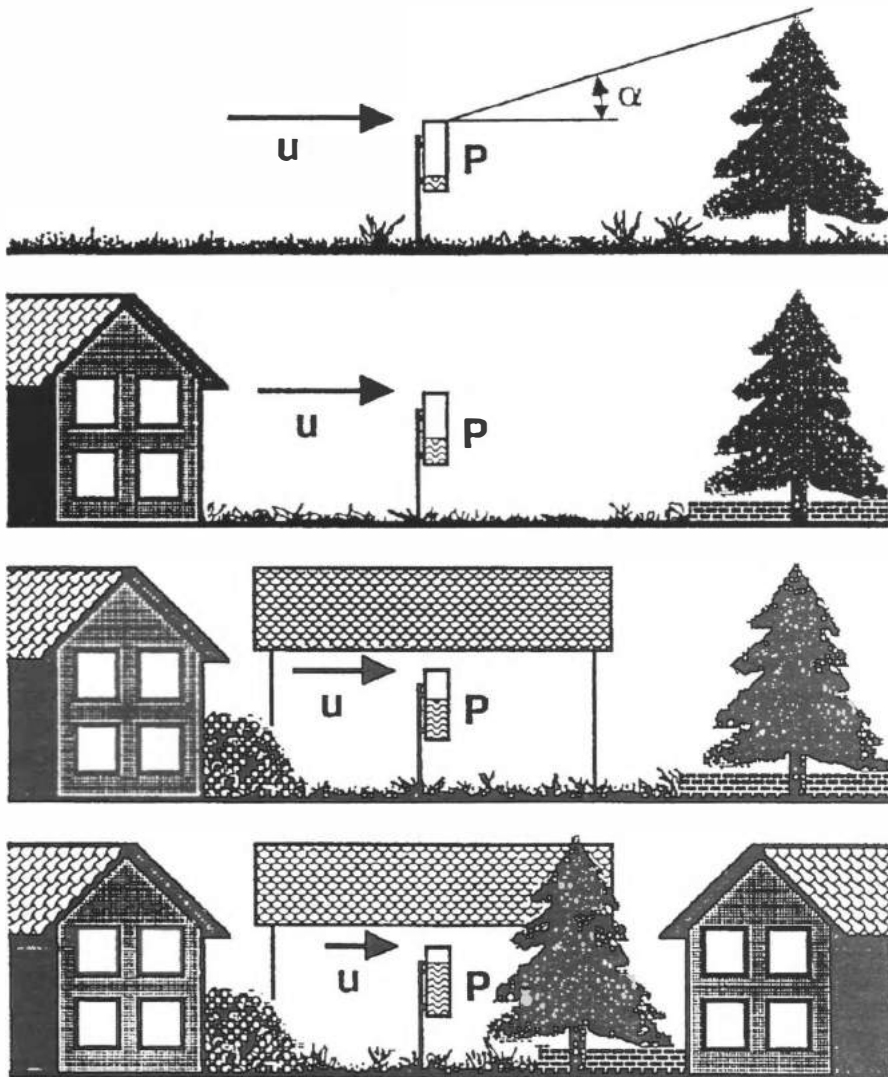


Fig. 3 Precipitation gauge site exposure and the respective wind speed at the level of the gauge orifice, as indicated by the length of arrow, and the measured precipitation amount. P. From the top: exposed site, mainly exposed and mainly protected site and protected site, α indicates the vertical angle of obstacles.

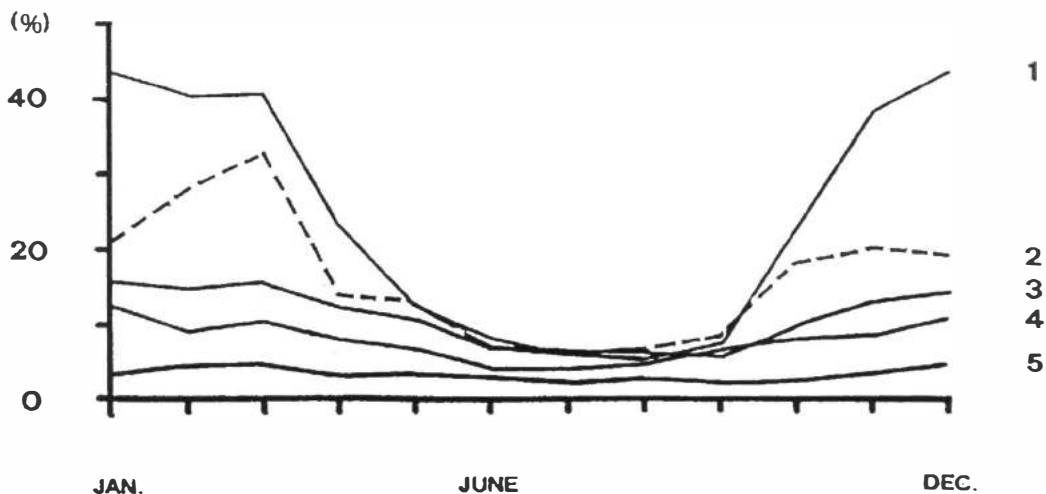


Fig. 4 Seasonal pattern of wind-induced losses and wetting losses of precipitation measurement in per cent for five Swiss stations: 1 - San Bernardino (1628 m asl); 2 - Davos (1580 m asl); 3 - Geneva (416 m asl); 4 - Zurich (556 m asl) and 5 - Locarno (336 m asl).

local networks. For example, Figure 4 shows wind-induced error estimates for five Swiss stations instrumented with the Hellmann gauge. It illustrates a distinct seasonal and regional pattern. The station of Locarno, situated in a valley in the southern part of Switzerland, shows low estimates due to prevailing heavy rainfalls in summer and generally infrequent snowfall in winter. In contrast, the estimates for the stations of Davos and San Bernardino, situated in the Alps at altitudes above 1500 m a.s.l., are large mainly due to frequent snowfalls even during the summer. Here, the effect of altitude is obvious. Moreover, the station of San Bernardino is exposed and the error estimates in winter are greater than those for the relatively protected station of Davos. The larger error in Geneva than in Zurich is due to generally stronger winds in the West Switzerland as compared with the East Switzerland. The temporal variation is documented by the seasonal pattern with generally low error estimates in the summer and larger ones in the winter. This is due to seasonally changing portions of snow and heavy rains with large drops in total precipitation.

Effect of the exposure of gauge site

In addition to the spatial inhomogeneity as imposed on precipitation data by wind-induced error, a temporal one exists as well owing either to changes of gauge types or exposure during the observation period. The adjustment of time series for this kind of inhomogeneity using statistical methods does not eliminate the spatial inhomogeneity. It can be eliminated only by applying the correction procedures for the wind-induced losses. To this end the classification of gauge site exposure is necessary as suggested by Sevruc and Zahlavova (1992 and 1994). It includes at least four classes distinguished by the average value of the vertical angle α of obstacles around the gauge. This angle is measured from the level of precipitation gauge orifice in eight directions of the wind rose as shown in Figure 3, on the top, or it can be assessed using metadata including photos, sketches and written reports of gauge sites as found in the archives of national meteorological services. The classes are as follows:

Exposed site	small or no obstacles at all (bushes, group of trees, a house)
Mainly exposed site	small groups of trees or bushes or max. two small houses
Mainly protected site	parks, forest edges, village centres, farms, houses, buildings
Protected site	young forest, small forest clearing, parks with big trees, city centres, closed deep valleys, strongly rugged terrain, leeward of big hills

The respective values of the vertical angle α of obstacles are (in degrees 360): 0-5; 6-12; 13-19 and 20-26.

Changes from one exposure class to another can cause inhomogeneities of precipitation time series. As an example, Figure 5 shows the double-mass curve of annual precipitation for the gauge site of Hallau (450 m a.s.l.) in the North Switzerland, with a distinct break in 1953 after the gauge was moved from the mainly exposed site to the mainly protected one. In 1973, the gauge was moved once more again but the old and the new gauge site exposure was the same and no break occurs in the double-mass curve.

The resulting wind-induced error before and after the change of gauge site exposure can differ considerably. In the above-mentioned case-in Figure 5, the average wind speed at the level of 19 m above ground in Hallau was 2.2 ms⁻¹ and the difference in

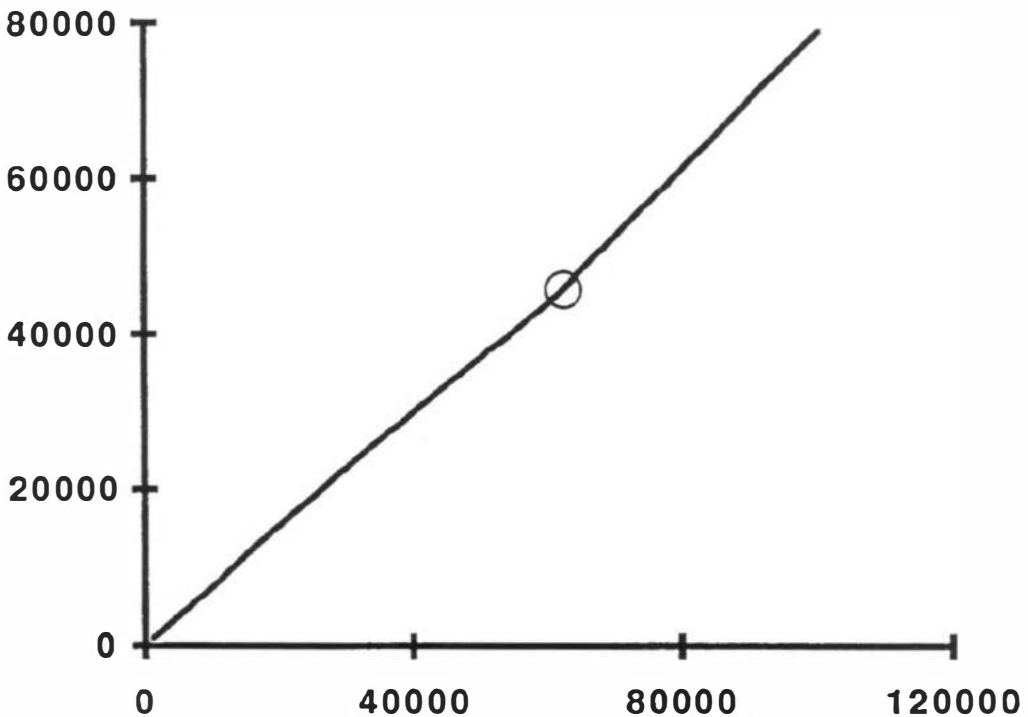


Fig. 5 Double-mass curve of annual precipitation for the station of Hallau (450 m asl) in Switzerland. The ring indicates the break which occurred in 1953 when the gauge was moved from mainly exposed to mainly protected site.

measured precipitation totals between mainly exposed and protected gauge site was 5% per year. As shown in Figure 6, the wind-induced error in Switzerland amounts on average to 2% for a protected site and to 5% for an exposed one in the summer at the altitude of 600 m a.s.l. and under moderate wind speeds. The respective figures for the winter are 7% vs. 18%. At higher altitudes or for stronger winds the differences are considerably greater.

In this context Sevruk and Zahlavova (1992) established the chronology of changes of the exposure classes for 398 Swiss precipitation time-series. The average record length was 80 years, spanning 10 to 173 years. The results showed (i) that there is on average one change of exposure class per 27 years, (ii) that the number of changes increases with the observation period length, and (iii) that the increase accelerates for periods longer than 100 years, as shown in Figure 7. The most frequent exposure change was one class and more (130 out of 398). For 90 sites there resulted a change of one-half of a class. A minimum two-class jump occurred for 23 sites. The total number of gauge sites where no change occurred was 69. The analysis showed further that below 2000 m a.s.l. the most common classes are mainly exposed and mainly protected but the

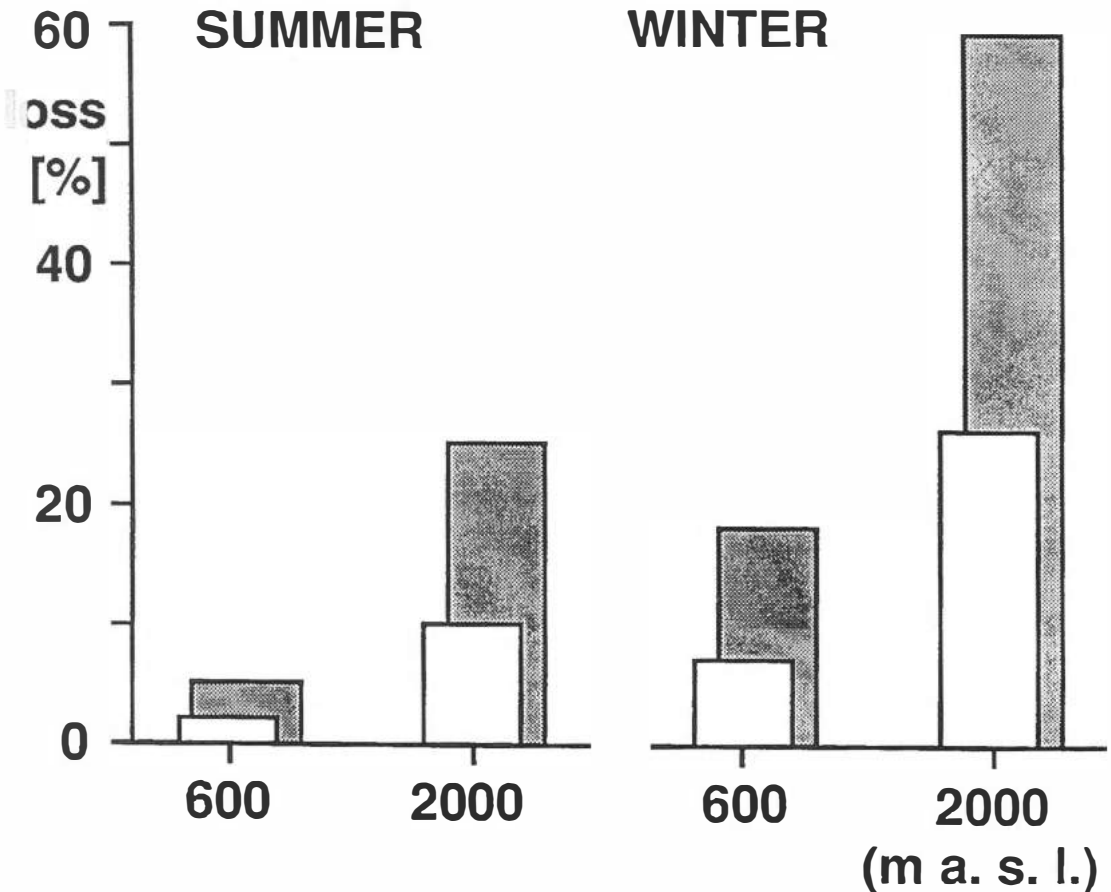


Fig. 6 Comparison of the mean seasonal wind-induced error for exposed (hatched) and protected (void) gauge sites at altitudes of 600 m a.s.l. and 2000 m a.s.l. in Switzerland for the Hellmann precipitation gauge. The summer season is from April to September and the winter season from October to March.

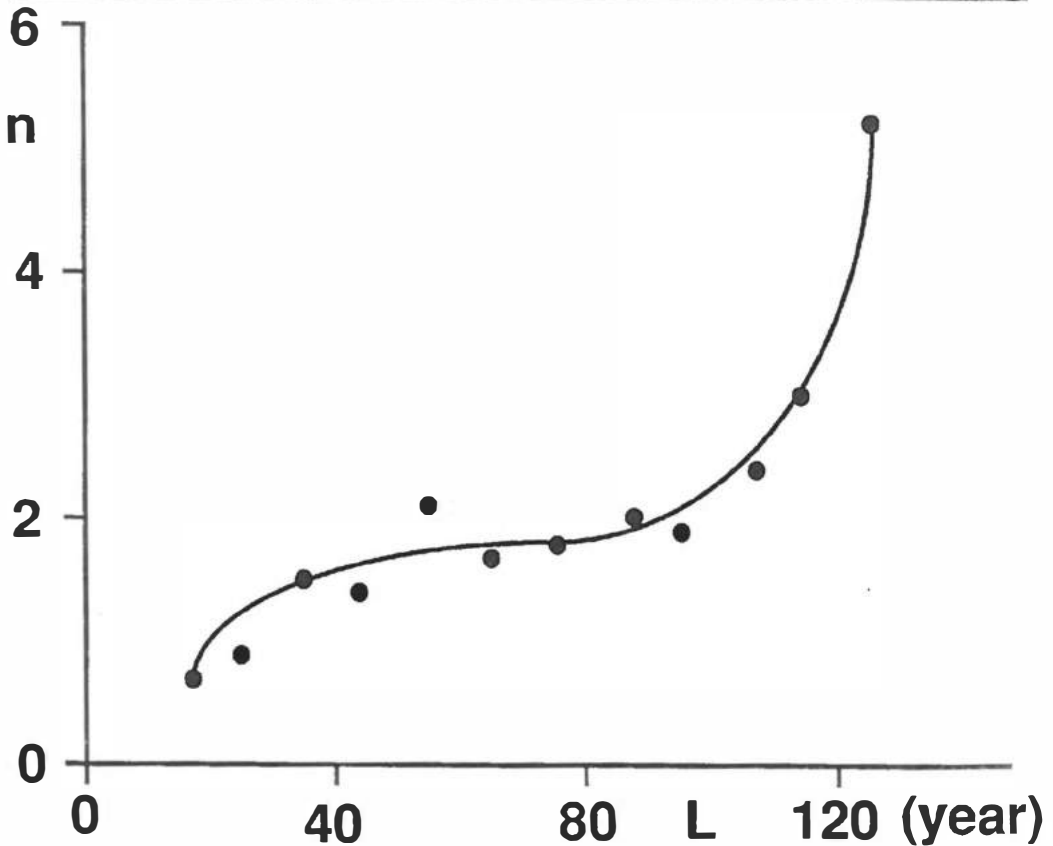


Fig. 7 The number of changes of the gauge site exposure as a function of the length of the observation period. Average values, 398 gauge sites.

portion of exposed sites increases rapidly with increasing altitude, so that above 2000 m a.s.l. almost all gauge sites are exposed. The continuous increase in the number of exposed sites throughout this century was also obvious. Between 1920 and 1980 they increased from 10% to 25%. It is probably due to the fact that some of the new gauge sites were situated out of villages and at higher altitudes, and some gauges were moved from the protected city centres to open places such as airfields, agricultural research stations, power stations, ski regions, etc.

Correction procedures

Correction procedures should be developed for each type of gauge having different construction parameters. From the point of view of fluid dynamics, the details of the shape and dimensions of a precipitation gauge, including the wind shield are important variables responsible for the magnitude of the wind-induced error (Sevruk, 1993). Correction procedures exist at present only for a few types of national precipitation gauges (e. g., for the German Hellmann gauge and the Russian Tretyakov gauge). They are based on time-consuming field intercomparison measurements using special gauges as reference (e. g., pit gauge or snow fences). However, there are more than 50 national types of precipitation gauges worldwide as pointed out by Sevruk and Klemm (1989). Therefore, the WMO organized two international intercomparison measurements of precipitation with the aim to derive correction procedures for more types of

national standard gauges. One intercomparison was for rain measurement using the pit gauge as international reference (Sevruk and Hamon, 1984) and other was for snowfall measurement using the double fence gauge as a reference (Goodison et al., 1989 and Yang et al., 1994). The latter will be finished in 1995, and will considerably increase the number of gauge types for which the correction procedures will be available. In this context it was suggested that Regional Precipitation Centres should be established all around the world (WMO, 1994). Their aim should be to evaluate the accuracy and performance of precipitation gauges against WMO reference standards, to test all precipitation correction procedures available and to develop new ones.

However, estimation of wind-induced error using numerical simulation of the flow around the gauge with subsequent computation of the particles movement through the simulated wind field seems to be a more convenient alternative at least to complete the results of field and wind tunnel experiments. In relatively short time it is possible to obtain reasonable results for different types of gauges, taking into account important gauge construction parameters. Consequently, it is to be expected that in

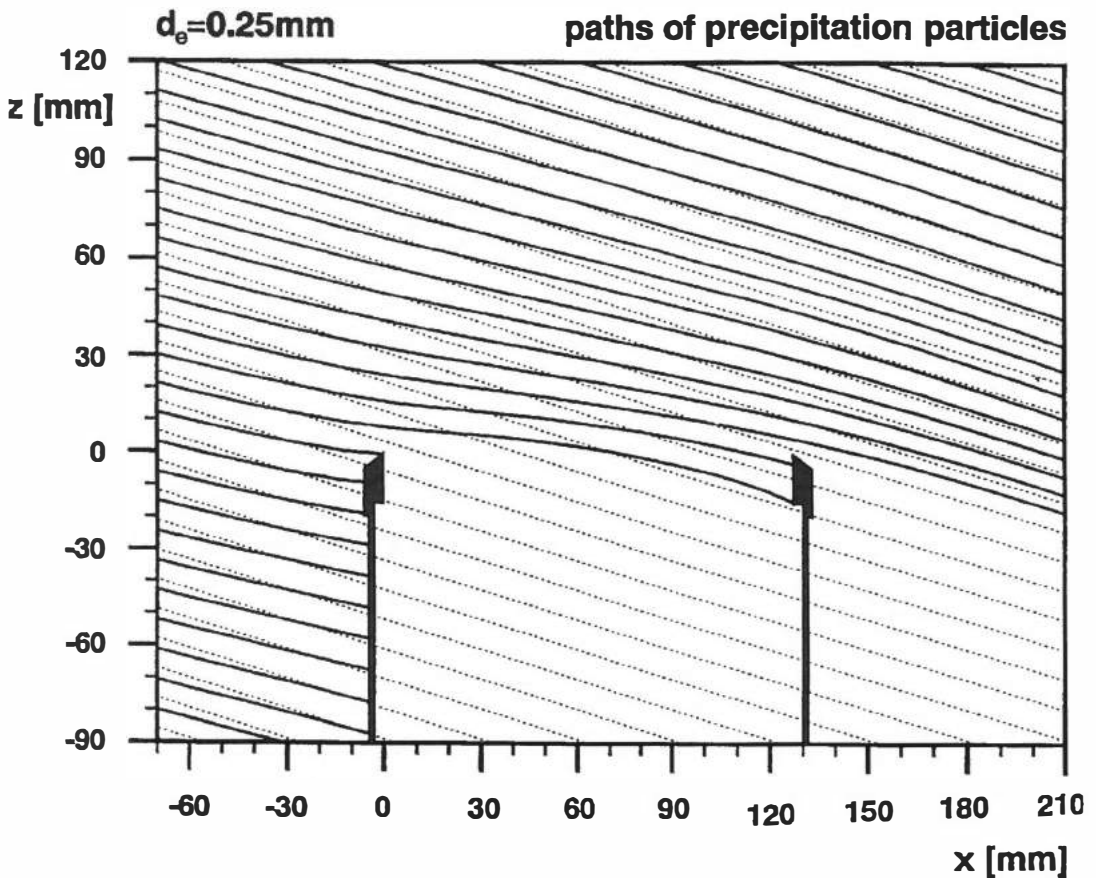


Fig. 8 Deviations of computed paths of precipitation particles (solid lines) from original paths (dashed lines) over the Mk2 gauge, in the plane parallel to the direction of wind. The effective drop diameter, d_e is 0.25 mm and the free stream velocity is 3 ms⁻¹. According to Nesper (1993).

the near future, correction procedures could be derived for any type of gauge using adapted, commercially available software and no field tests would be needed. As shown by Nespor (1994), the first results of such investigations are promising.

For instance, according to Nespor et al., (1993), the wind field above the Mk2 gauge obtained using computational fluid dynamics agrees fairly well with the results obtained in the wind-tunnel, as shown in Figure 1. Hence, the detailed knowledge of wind speed vectors from the numerical simulation can really be used for the computation of the wind-induced error. Of course, this includes, as an important step, a simulation of the paths of precipitation particles through the wind field. Generally, the particles are deviated from their original paths as they approach the gauge orifice, as shown in Figure 8. This results in different densities of particles at the level of the gauge orifice as compared with the free air stream. Such an example is shown in Figure 9. The relative density, as indicated in Figure 9 by contour lines and numbers in frame (e. g. 0.30 and 0.50) means that only 30% or 50%, respectively of the total number of drops in undisturbed flow, having the diameter equal to 0.25 mm reach a certain part of the Mk2 gauge orifice area if the free wind speed is 3 ms⁻¹. The rest is shifted to the parts showing larger densities whereas the largest densities over 1.0 occur behind the gauge (see Fig. 9). On average only one half of the total number of drops which would fall to the same area on the ground in the absence of the gauge would theoretically go through the gauge orifice and can be measured in this case. The relative density for a given type of gauge depends strongly on the effective drop diameter and wind speed. For instance, the relative density for the drop size of 0.35 and 0.50 mm amounts to 0.90 and 0.98, respectively if wind speed is 3 ms⁻¹. Generally, it tends to be lower in the windward part of the gauge orifice and greater in the lee, as shown in Figure 9.

The mean relative density over the gauge orifice area equals, in fact, to the catch efficiency for a particular wind speed and the drop size. Combining relative densities of drop sizes according to a particular drop size distribution and wind speeds, the wind-induced error can be computed for any type of gauge. A diagram of the computed wind-induced error from rate of rainfall and the wind speed at the level of the gauge orifice for a given drop size distribution for the Hellmann gauge is presented in Figure 10.

A comparison of the diagram in Figure 10 with the empirically derived diagrams, as for instance presented by Sevruk (1989) for the same type of gauge (Hellmann) shows that the computed values of wind-induced error in Figure 10 are too small. Sevruk (1989) derived such an empirical diagram using daily field data of paired elevated and ground level gauges (pit gauges) subdivided according to the rate of rainfall and wind speed intervals. In other respects, however, the results of computed and empirical diagrams are similar, particularly the shape of curves indicating the effect of different wind speeds, as shown by numbers in squares in Figure 10, agrees fairly well. Starting with a certain threshold value of the rate of rainfall and despite the unchanged wind speed the wind-induced error increases rapidly with decreasing rainfall rate. Above the threshold value there is only a small effect of rate of rainfall and all three curves appear to run almost parallel. The threshold value increases with increasing wind speed.

The too small values of computed wind-induced error are due to the fact that the turbulence has not been accounted for by computations in this case. The reason is that the turbulence was difficult to be computed using the commercial software programs and a further adaptation of program has to be made. Nevertheless, due to the absence of the turbulence term in the computations, the computed terminal velocities of the drops approaching the gauge orifice are, in fact, too large as compared with the »true

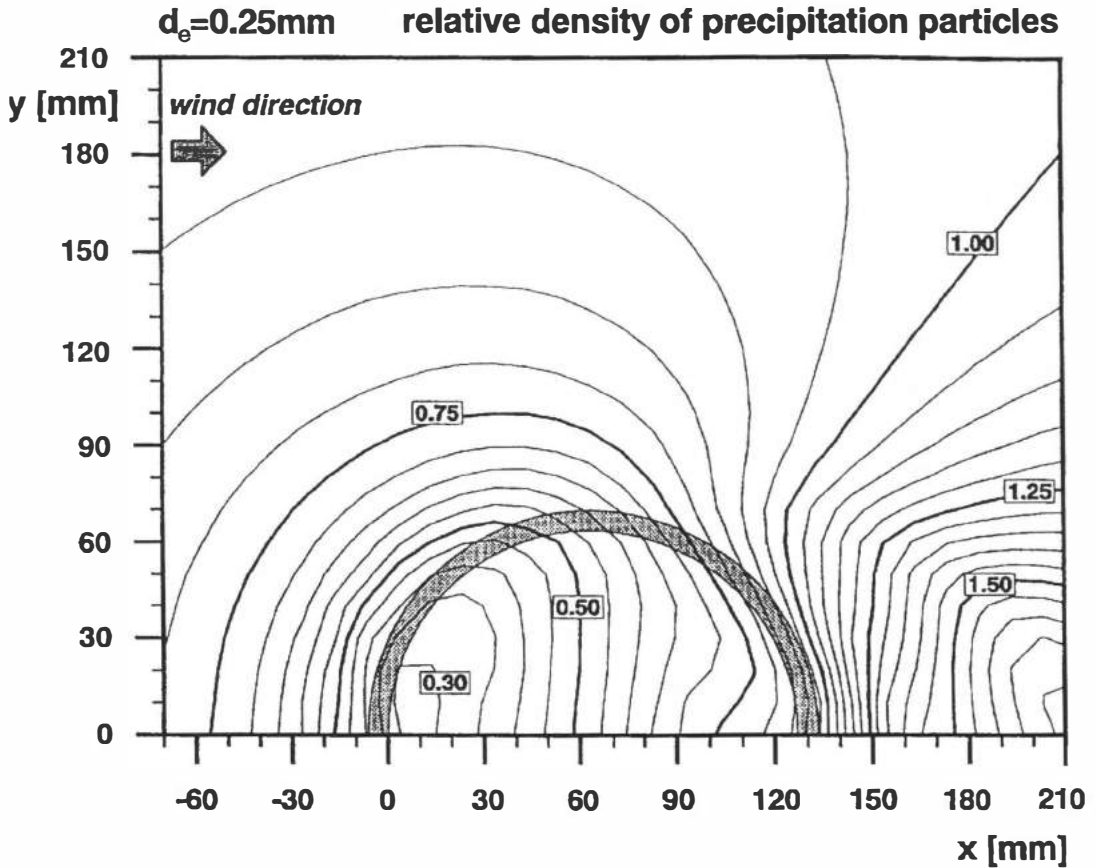


Fig. 9 Contour lines of computed relative density of precipitation particles (in frame) in the horizontal plane, in the level of the orifice rim of the Mk2 gauge. The half circle enhanced by shadow indicates one half of the precipitation gauge orifice area. The inner diameter of the orifice rim is 127 mm. The effective drop diameter, d_e is 0.25 mm and the free stream velocity is 3 ms⁻¹. According to Nespor (1993).

velocities» and consequently, the values of the computed wind-induced error are too small. The considerably large differences between the empirical and computed values of the error (With and without the turbulence) indicate that the turbulence is really very important variable and should be accounted for. Such diagrams can be used to correct precipitation data if at least two variables, wind speed and rate of rainfall are available. At present only empirical diagrams are used for this aim (Sevruk, 1986).

Swiss precipitation map

As one example of the problem solution, the Swiss map of corrected precipitation (Kirchhofer and Sevruk, 1992) and of corrections was presented (Sevruk and Kirchhofer, 1992). The aim was to compute the wind-induced losses and to map them

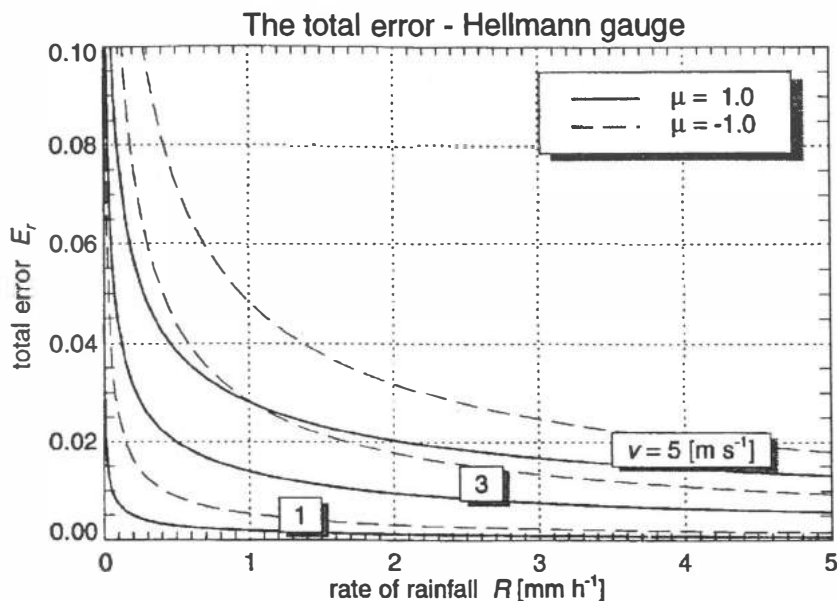


Fig. 10 The simulated wind-induced error, E_r , of the Hellmann precipitation gauge as a function of rate of rainfall, R , wind speed, v , and parameter, μ , of the Ulbricht's drop size distribution. The effect of turbulence on drop movements was not considered by the computation. According to Nesor (1994).

together with wetting losses over the territory of Switzerland, in the scale of 1:500,000. To this end a correction procedure for monthly precipitation totals, based on the field and laboratory experiments on the one hand, and on extensive meteorological data analysis to derive supporting relationships on the other hand has been developed. The input variables included only three variables, wind speed, air temperature and gauge site exposure class. All in all, 340 gauge sites including the shielded and non-shielded Hellmann gauge and the shielded Swiss storage gauge were taken into consideration. The altitude range was from 198 to 3900 m a.s.l. As an illustration, a map of corrections as based on data from 60 selected gauge sites is shown in Figure 11. At each selected site all variables needed for corrections were measured. The map indicates the spatial and temporal distribution of corrections over the territory of Switzerland.

However, wind speed and temperature measurements were missing for most gauge sites. Using the similarity principle, the average annual wind speed was transferred from measured to unmeasured sites, taking into consideration the regional wind fields. The missing values of temperature have been derived from temperature gradients and the exposure class was assessed from gauge site metadata as stored in the archive of the Swiss Meteorological Institute in Zurich (Sevruc and Zahlavova, 1994).

The corrections were calculated from the difference between corrected and uncorrected values of precipitation and interpolated on a grid of 1 km x 1 km using kriging.

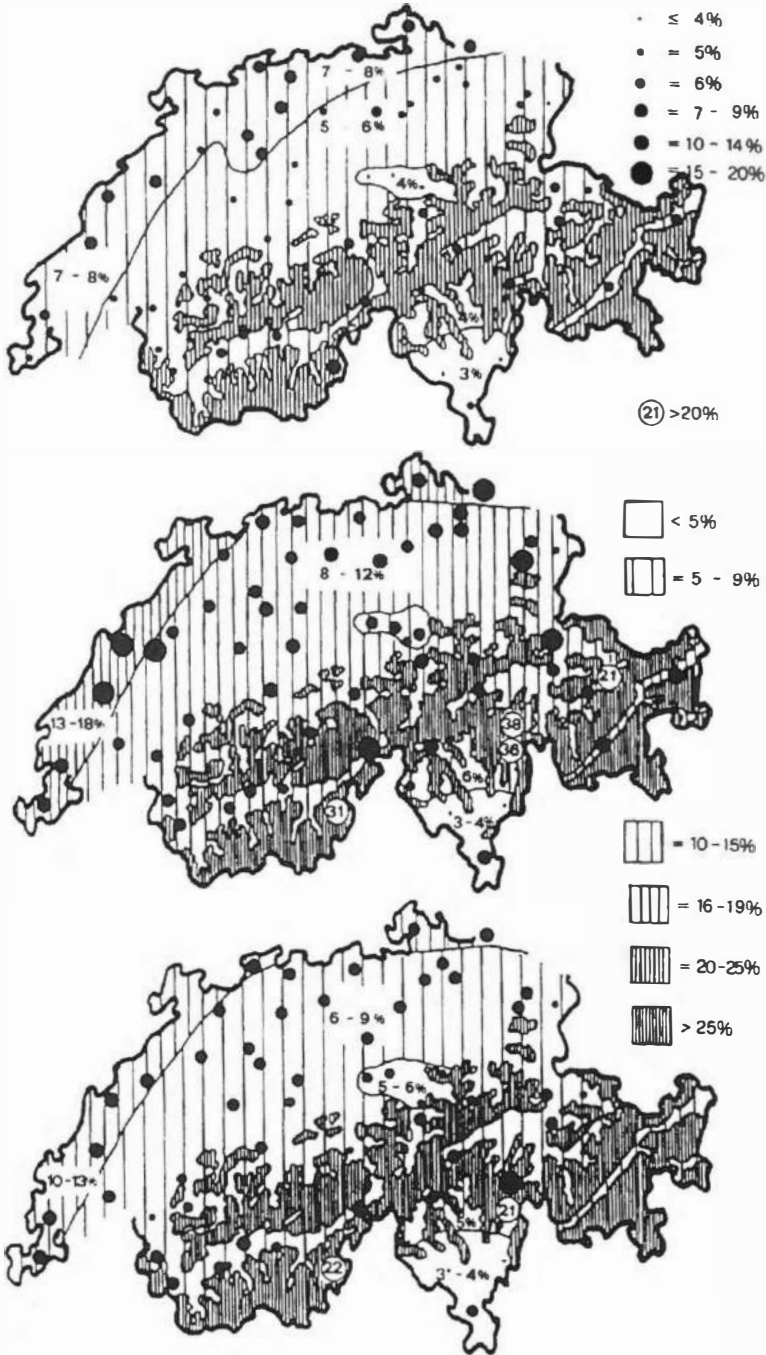


Fig. 11 Spatial distribution of corrections over the territory of Switzerland. From the top: summer, winter half year and annual corrections. Smaller values in the legend are valid for mainly protected gauge sites and larger values are valid for exposed gauge sites. According to Sevruc (1986).

They increase absolutely and relatively with increasing altitude, from approximately 100 mm to 800 mm; this corresponds to 5 to 30% of the measured values. Correction values are subject to the influence not only of the altitude but also of regional differences. They are the result of differentiated wind speeds and precipitation intensities. For stations in the Swiss midlands and in the valleys of Ticino and Valais, only small corrections need to be made, as shown in Figure 4. Greater corrections are required for stations in northern and western Switzerland, the Jura and the lower alpine regions, and major corrections are necessary for the stations in high alpine regions. Based on such material a new precipitation map of Switzerland for the period 1951-1980 was drawn up (Kirchhofer and Sevruk, 1992). It is the first map with corrected annual precipitation amounts.

Conclusions and recommendations

The first results of the IAHS/WMO GEVEX project on methodology of precipitation measurements obtained in Switzerland indicate that the wind-induced error of precipitation measurement shows a distinct spatial and temporal variability. It depends considerably on the exposure of precipitation gauge site. The exposure can be estimated fairly well using metadata. Corrections procedures of the wind-induced error can be developed using intercomparison field measurements or computational fluid dynamics. The corrections can be applied to precipitation measurements.

Through the corrections of suitable precipitation data worldwide, the homogeneous global precipitation data set for the analysis of climate change effects and water balance studies as well as for the calibration of GCMs can be obtained. To meet this aim it is recommended that the national meteorological services worldwide start (i) to classify the exposure of precipitation gauge sites, (ii) to establish National and Regional Precipitation Centres and (iii) to correct precipitation measurements for systematic error.

References

- Goodison, B., B. Sevruk and S. Klemm, 1989 WMO solid precipitation measurement intercomparison: Objectives, methodology, analysis. In: J. W. Delleur (Ed.): Atmospheric deposition. Internat. Assoc. Hydrol. Sci., IAHS, No. 179, 57-64.
- Kirchhofer, W. and B. Sevruk, 1992 Mean annual corrected precipitation amounts 1951-1980. In: M. Spreafico R. Weingartner and Ch. Leibundgut (Editors). Hydrological Atlas of Switzerland, Part 2.2, Eidgenössische Drucksachen und Materialzentrale Bern 1992.
- Nespor, V., 1993 Numerical simulation and wind tunnel measurements: Aerodynamics of precipitation gauges. In: B. Sevruk and M. Lapin (Eds.) Precipitation measurements and quality control. Proc. International Symposium on Precipitation and Evaporation. Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava and Department of Geography, ETH Zurich, Vol. 1, 127-134.
- Nespor, V., 1994 A new method to estimate the wind-induced error of precipitation measurement. In: J. Niemczynowicz (Ed.) Proc. International Workshop on Closing the Gap between Theory and Practice in Urban Rainfall Applications., St. Moritz, Switzerland, 30. November - 4. December, University of Lund, Sweden, 51-55.
- Nespor, V., B. Sevruk, R. Spiess and J.-Ah. Hertig, 1993 Modelling of wind tunnel measurements of precipitation gauges. Atmosp. Envir., 28(11), 1945-1949.

- Sevruk, B., 1986 Correction of precipitation measurements: Swiss experience. In: B. Sevruk (Ed.) Proc Workshop on the Correction of Precipitation Measurements. Zurcher Geographische Schriften, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, No. 23, p. 81-88.
- Sevruk, B., 1989 Wind-induced measurement error for high-intensity rain. In: B. Sevruk (Ed.) Precipitation Measurement. Proc. International Workshop on Precipitation Measurement. St. Moritz, Switzerland, 3.-7. December, 1989. Institute of Geography, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, p. 199-204.
- Sevruk, B., 1991. Accuracy of climatological precipitation data. In: D. E. Parker (Ed.): Observed climate variations and change: Contributions in support of section of the 1990 IPCC scientific assessment. Meteorological Office, Bracknell, UK, XXIII.1-XXIII.12.
- Sevruk, B., 1993 Physics of precipitation gauges. In: B. Sevruk and M. Lapin (Eds.) Precipitation measurements and quality control. Proc. International Symposium on Precipitation and Evaporation. Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, and Institute of Geography, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, Vol. 1, 135-142.
- Sevruk, B., J.-A. Hertig and R. Spiess, 1989 Wind field deformation above precipitation gauge orifices. In: J.W. Delleur (Editor): Atmospheric deposition. Internat. Assoc. Hydrol. Scie., IAHS, No. 179, 65-70.
- Sevruk, B., J. A. Hertig and R. Spiess, 1991 The effect of a precipitation gauge orifice rim on the wind field deformation as investigated in a wind tunnel. *Atmosph. Envir.*, 25 A, (7), 1173-1179.
- Sevruk, B., J.-A. Hertig and R. Tettamanti, 1994 The effect of orifice rim thickness on the wind field above precipitation gauges. *Atmosph. Envir.*, 28(11), 1939-1944.
- Sevruk, B. and W. Kirchhofer, 1992 Mean annual corrections of measured precipitation amounts 1951-1980. In: M. Spreafico, R. Weingartner and Ch. Leibundgut (Eds.) Hydrological Atlas of Switzerland, Part 2.3, Landestopographie Bern.
- Sevruk, B. and S. Klemm 1989 Types of standard precipitation gauges. In: B. Sevruk (Ed.) Precipitation Measurement. Proc. International Workshop on Precipitation Measurement, St. Moritz, Switzerland, 3-7 December, 1989. Institute of Geography, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, 227-232.
- Sevruk, B. and L. Zahlavova, 1992 Statistics for precipitation gauge site exposure changes. In: F. Zwiers (Ed.) Proc. 5th International Meeting on Statistical Climatology, Canadian Climate Centre, Toronto, 383-386.
- Sevruk, B. and L. Zahlavova, 1994 Classification system of precipitation gauge site exposure: Evaluation and application. *Internat. J. Climatol*, 14(6), 681-689.
- WMO. 1994 Agenda item 7.7 and Annex II. Commission for Instruments and Methods of Observations, Abridged Final Report of the Eleven Session, Geneva, 21 February-4 March 1994. World Meteorological Organization, WMO-No. 807.
- Yang, J. E., Elomaa, V., Golubev, B. Goodison, Th. Günther and B. Sevruk, 1994 Wind-induced error on snow measurement: WMO intercomparison results. In: Proc. 23th International Conference on Alpine Meteorology, German Weather Service, *Annalen der Meteorologie*, No. 30, 61-64, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach am Main.

Tema 1.
INTEGRALNI RAZVOJ
I VODOPRIVREDA



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Dragutin Gereš

R 1-01

Održivi razvoj i integralno upravljanje vodama

SAŽETAK: *Globalni program očuvanja okoliša i okviri održivoga razvoja u devedesetim godinama ovoga stoljeća i u dvadesetprvom stoljeću definirani su na Konferenciji Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju i dokumentu konerencije pod naslovom Agenda 21. Temeljem dokumenata i zaključaka konferencije koje je prihvatila Republika Hrvatska, u referatu se daju definicije održivoga razvoja i integralnoga upravljanja vodama, diskutira se o elementima strateškoga planiranja u vodoprivredi. Posebno se analizira održivi razvoj vodnih resursa. Globalni ciljevi integralnoga upravljanja vodama jesu poboljšanje kvalitete vode, osiguranje tehničkih i organizacijskih sredstava i mjera za ostvarenje ciljeva upravljanja vodama te udruživanje svih koji su uključeni u rješavanje pitanja okoliša, vode i održivoga razvoja.*

KLJUČNE RIJEČI: *voda, okoliš, održivi razvoj, upravljanje vodama.*

Sustainable Development and Integrated Water Resources Management

ABSTRACT: *Global environmental protection program and the framework for sustainable development in the nineties and on into the twenty-first century have been defined during the United Nations Conference on environment and development in Rio de Janeiro and its Agenda 21. Based on the Conference documents and conclusions, which have been accepted by the Republic of Croatia, the paper offers a definition of sustainable development and integrated water resources management, and elaborates the elements of strategic planning in water resources management. Special attention is paid to sustainable development of water resources. The global objectives of the integrated water resources management are improvement of water quality, provision of technical and organizational means and measures for realization of water resources management objectives, and gathering of all those involved in resolving of environmental, water and sustainable development issues.*

KEY WORDS: *water, environment, sustainable development, water resources management*

1. Uvod

Voda je nezamjenljiv, a obnovljiv prirodni resurs, bitan za život ljudi uopće, za proizvodnju hrane, gospodarski razvoj i za okoliš.

U današnje je vrijeme rasprava o integralnome upravljanju i gospodarenju vodama - IUV razumljiva jer vode sve češće nedostaje na mjestima i u doba kad je potrebna.

Takvo će stanje postajati sve češće na mnogim područjima svijeta. Tijekom većega dijela povijesti čovječanstva vodne su rezerve bile dovoljne za potrebe ljudi i za održanje cjeline i biološke različitosti globalnog ekosistema. Kako se populacija neprestano eksponencijalno povećava, vode sve češće nedostaje. U hidrološki ciklus našega planeta čovjek je duboko prodro u dvadesetom stoljeću svojim sve većim potrebama za vodom. Proizvodnja sve većih količina hrane vezana je uz vodu. Zbog toga znatno raste potražnja za vodom u smislu količine i kvalitete. U pojedinim dijelovima svijeta, npr. u Africi ili na Srednjem Istoku ljudi su od davnine suočeni s nedostatkom vode. Ali i u područjima s povoljnijom klimom, počinju se doživljavati iskustva učinaka nestašice vode. Suša je jedan od najvećih problema okoliša koji traži rješenja. Može se govoriti i o nedostatku vode primjerene kvalitete.

Dovoljne količine vode i vode primjerene kvalitete gospodarska su povoljnost. Uobičajeno, potrebe vode premašuju raspoložive količine u prirodi. Potrebe vode za razne oblike korištenja često su insuficijantne. Poljoprivreda iziskuje dobru odvodnju tla i različite razine vode u otvorenim kanalima i različite razine podzemne vode u zimskome i ljetnome razdoblju. Prirodni rezervati često imaju koristi od visokih razina voda. Rekreacija i ribolov iziskuju različite kvalitete vode. Opskrba vodom za piće i industriju ima također različite zahtjeve u pogledu kvalitete. U pojedinim zemljama borba protiv vode pretvorena je u borbu za vodu.

Integralno gospodarenje vodama uvijek mora nastojati uravnotežiti različite potrebe i interese za vodom i osigurati da se raspoloživa količina vode optimalno koristi. To je veliki izazov za godine koje dolaze.

Želi li se postići dobro integralno planiranje, od vitalnoga su značenja tri područja:

1. razvoj znanja (knowhow)
2. zakonodavna aktivnost
3. organizacija

Dalji razvoj znanja bitno je potreban da bi se postigao bolji uvid u površinske i podzemne vode u pogledu količina i kvalitete. Na osnovi toga se mogu razvijati novi putevi za održivo gospodarenje vodama. Novi vidovi ne sastoje se samo od tehničkih rješenja, kao što su procesi proizvodnje koji zahtijevaju manje vode, ponovnu upotrebu vode, alternativno osiguranje vode i tehnike pročišćavanja vode ili sofisticirano projektiranje. Ti pristupi održivome gospodarenju vodama sadrže i nestrukturalna rješenja upravljanja vodama, kao što su gospodarenje akvatičnim ekosistemom, poboljšanje kvalitete vode mjerama upravljanja ili obranu od poplava pomoću akumulacije itd. Zakonodavno je važno da bi zaštitilo različite, često suprotne interese na uravnoteženi način. Pitanja organizacije odlučna su za dobro i opravdano integralno vodno gospodarenje.

Gospodarenje vodama iziskuje ulaganje napora stručnjaka iz većega broja disciplina. Rješenja problema različitih vidova moraju se razvijati, uspoređivati i uravnotežiti. To znači da moraju zajedno raditi i surađivati ne samo ekolozi, hidrobiolozi, ekohidrolozi, ihtiolozi, hidrolozi, hidrogeolozi i morfolozi već i procesni inženjeri, hidrauličari, stručnjaci za vodovod i kanalizaciju itd. To se odnosi na istraživački rad, na organizaciju, na biološke ili tehničke aspekte, na građevine ili na kontrolu a još više na međusobnu aktivnost i interakciju.

2. Voda, okoliš i održivi razvoj

Međunarodna konferencija o vodi i okolišu koja je održana u Dublinu u siječnju 1992. usredotočila se na pitanja održivoga razvoja, upravljanja i iskorištavanja vodnih resursa u harmoniji sa zaštitom okoliša. Identificirani su prioriteti okoliša i razvoja.

Konferencija ujedinjenih naroda u okolišu i razvoju - UNCED održana je u Rio de Janeiru u lipnju 1992. godine. Dokument Konferencije, AGENDA 21 predviđa okvir održivoga razvoja u 21. stoljeću. Agenda 21 akcijski je plan očuvanja okoliša.

Temeljna načela Agende 21 govore da su razvoj i održivi okoliš nedjeljivo povezani i da je čovjek centar brige održivoga razvoja. Predmet glave 18 Agende 21 zaštita je i korištenje vodnih resursa.

Obje navedene konferencije dale su snažnu međunarodnu potporu konceptu integralnoga upravljanja vodama - IUV. Principi IUV uključuju opći analitički okvir povezan s decentraliziranim upravljanjem vodnim resursima i aktivno sudjelovanje korisnika vode. Analitički okvir djelovanja traži istraživanja vodnih resursa uzimajući u obzir potencijalno korištenje vode i moguće učinke, posebno učinke na okoliš. Zaštita, povećanje i obnova kvalitete vode načela su, koja mora zadovoljiti svaki od aspekata integralnoga upravljanja vodama. Načela IUV počivaju na temeljima zaštite svjetskoga okoliša i resursa. To je osnova održivoga razvoja u godinama koje su pred nama.

Ne tako davno počelo se uvidati kako je nemoguće imati zdravo društvo i kvalitetno gospodarstvo u svijetu u kojem postoji siromaštvo i narušavanje okoliša. Gospodarski se razvoj ne može zaustaviti, no treba mu promijeniti smjer kako bi postao manje ekološki poguban. Prijelaz na održive oblike razvoja i načine života izazov je današnjemu razdoblju.

Naziv "održivi razvoj" može se definirati na više načina. Predlaže se prilagođena definicija FAO (1989): "Održivi razvoj je upravljanje i očuvanje (konzervacija) prirodnih resursa i orijentacija tehnoloških i institucionalnih promjena na način da se osigura postizavanje i održa zadovoljenje čovjekovih potreba u današnjem i budućem vremenu. Takav održivi razvoj čuva tlo, vodu, biljni i životinjski svijet, zdrav je za okoliš, tehnički adekvatan, ekonomski ostvarljiv i socijalno prihvatljiv".

Integralno upravljanje vodama može se definirati na sljedeći način: IUV znači omogućiti djelovanje ili funkcioniranje vode kao sustava, uzimajući u obzir sve složene interese. Uz razmatranje količinskih i kvalitativnih elemenata vode, treba promatrati prostorne aspekte kao i odnose između vode, tla i zraka, fizikalne odnose i organizacijske vidove upravljanja vodama.

3. Integralno upravljanje vodama

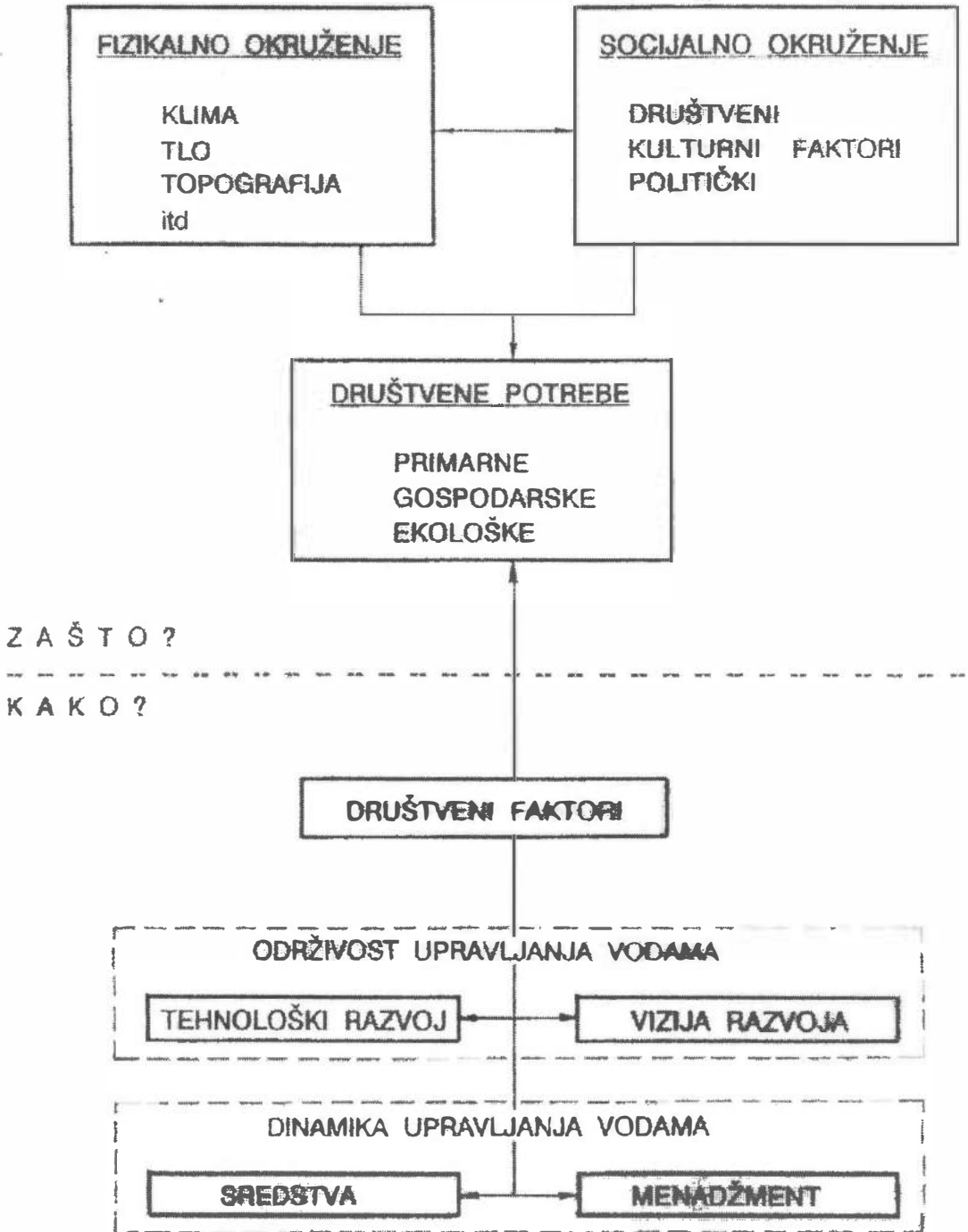
Postoje razni sustavi upravljanja vodama. Ovdje se prikazuje model upravljanja vodama, koji pokazuje međusobni odnos čimbenika na jednome višemu stupnju apstrakcije.

Upravljanje vodama određuju ovi ključni čimbenici:

- a/ fizikalno okruženje
- b/ socijalno okruženje
- c/ društvene (socijalne) potrebe, i
- d/ društveni faktori

Fizikalno okruženje uključuje klimu, tlo, topografiju itd. Ti elementi određuju ili sudjeluju u određivanju pitanja - koja se postavljaju na pojedinom području. Elementi fizikalnog okruženja obično nisu pod utjecajem upravljanja vodama.

Socijalno okruženje sadrži društvene, kulturne i političke čimbenike koji određuju način kako čovjek shvaća svoju okolinu. Elementi su socijalnoga okruženja stabilnost, stupanj organiziranosti, institucionalni razvoj i ravnoteža snaga. Socijalno okruženje od bitne je važnosti za upravljanje vodama. Također postoji utjecaj upravljanja vodama na socijalno okruženje, ali ti utjecaji dolaze do izražaja u dužem razdoblju.



Slika 1: Model upravljanja vodama

Figure 1: The model for water management

Društvene potrebe elementi su koji određuju zašto se događa razvoj. Te potrebe u gospodarenju vodama jesu: sigurnost od poplava, poljoprivrede, priroda (rezervati), rekreacija, opskrba vodom za piće i industriju, zdravlje, ribarstvo itd. Može se govoriti o prirodnim potrebama (obrana od poplava), gospodarskim potrebama (natapanje u poljoprivredi) i ekološkim potrebama.

Društveni faktori daju odgovor kako će razvoj teći i mogu se podijeliti u nekoliko skupina: tehnološki razvoj, raspoloživa sredstva; kapital, rad, sirovine; vizija razvoja, entuzijizam za razvoj, društvena osnova razvoja itd; struktura upravljanja i vođenja.

Ta četiri socijalna čimbenika zajedno određuju kako se razvija upravljanje vodom. Ispravnom kombinacijom može se postići ravnoteža. Ako jedan od čimbenika nije u suglasnosti s ostalima, razvoj je neuravnotežen. Kombinacija sredstava i menadžmenta određuje dinamiku, a kombinacija vizije i tehnologije određuje održivost upravljanja vodama.

4. Održivi razvoj vodnih resursa

Gospodarenje vodama razvilo se iz borbe protiv poplava i onečišćenja voda u specifičnu kontrolu vodnih sustava s obizrom na količinu, kvalitetu i na iskorištavanje. Sofisticirano upravljanje dovodi do optimalnoga i održivoga iskorištavanja vode.

Danas se mogu kontrolirati kvaliteta, količina i iskorištavanje vode pa zato raste potreba za utvrđivanjem ciljeva upravljanja vodama. Ti su ciljevi široko povezani funkcijama koje ima sustav voda. S tim funkcijama voda potrebno je izraditi bilancu koja će pokazati koje korištenje vode može biti odijeljeno ili integrirano na pojedinome području.

Tradicionalni ciljevi su funkcionalni, usmjereni na ljudsku potrošnju, npr. proizvodnja vode za piće, za bazene itd. Od sredine osamdesetih postavljaju se i ciljevi vodnoga sustava kao dijela ekosistema. Tako je nastao termin održivi (engl. sustainable). To je postao centralni cilj u raznim planovima zaštite okoliša i vodnog gospodrenja. Počelo se na taj način, da su se postavili ekološki ciljevi za vode. Često se postavlja ravnoteža između potrošnje vode čovjeka i ekološkog funkcioniranja. Ali ni danas još nema solidnoga znanja (know-how) o djelovanju vodnog ekosistema na buduće procese i ostvarenje tako postavljenih ciljeva. Slično se može zaključiti pri usporedbi s upravljanjem prirodnim rezervatima.

Prikupljeno znanje o ekološkoj funkciji vode i bolje poznavanje ciklusa i procesa u prirodi mogu se primijeniti u organizaciji i iskorištavanju vodnog ekosistema tako da koncept održivi dobije svoje pravo značenje. Pri planiranju ciljeva politike i upravljanja veoma je važno upotrijebiti pravu jedinicu upravljanja vodnoga ekosistema.

Razdjelnu liniju između hidroloških i ekoloških procesa teško je povući, pogotovo što svoje mjesto mora naći i iskorištavanje vode za ljudske potrebe. Ako se odnosu između upravljanja prirodom i urbanih i ruralnih planiranja dađe šire značenje, jedinica upravljanja vjerojatno postaje daleko većom.

4.1. Kvaliteta površinskih voda

Utjecaj čovjeka na prirodu znatno je porastao u poljednjim decenijama zbog urbanizacije i rasta populacije. Jedan je od tih utjecaja onečišćenje površinskih voda koje dostiže tolike razmjere da kapacitet samopročišćavanja površinskih voda postaje nedovoljan.

Sve razvijenija ekološka svijest iziskuje sve vrste mjera za kontrolu onečišćenja vodotoka, kako bi se spriječilo opterećenje okoliša. Porasla je potreba za instrumentima, koji mogu mjeriti učinke onečišćenja. Za razvoj instrumenata potrebno je imati dobar uvid u fizikalno-kemijske i biološke procese, njegovu međusobnu interakciju te reakciju ekosistema na utjecaje. Potrebno je opisati kvantitativne procese, npr. sustav prijema vode, gibanja vode u koritima, zatim kvalitativne procese, kao opterećenja bilo koje vrste, transport vodom i kinetiku reakcije mase vode. Specifični problemi jesu eutrofikacija i ekotoksikologija. Kratkoročni procesi učinci su otpadne vode na koncentraciju kisika u vodi. U dugoročne procese spada npr. pitanje fosfora, teških metala ili organskih mikropolutanata na dnu vodotoka.

Poznavanje stanje u prirodi može omogućiti prognozu budućeg stanja. Učinci kontrolnih mjera na sustav površinskih voda mogu se na taj način ostvariti veoma brzo. Primjeri: učinci redukcije polutanata, npr. otklanjanje fosfora u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, ili interferencija s ekosistemom npr. uzgoj riba i reduciranje algi.

4.2. Regionalno upravljanje podzemnom vodom

Nužna je briga o bilanci podzemne vode, koja se mijenja u posljednje doba. Očita je posljedica poremećene bilance pojava suše; održivo korištenje podzemne vode postaje imperativ vremena.

Današnje promjene u načinu mišljenja koje će značajno utjecati na gospodarenje podzemnim vodama u sljedećih nekoliko desetljeća, mogu se tumačiti u svjetlu razvoja gospodarenja vodama u prošlosti. Ranije je naglasak bio na zaštiti od voda. Slijedilo je razdoblje distribucije raspoložive vode te izgradnja potrebne infrastrukture. Zatim u prvi plan dolazi pitanje kvalitete vode. Danas se govori o početku dugoročnoga integralnoga gospodarenja vodama. Ističe se veza između različitih aspekata gospodarenja vodama.

Posljedica je naznačenih promjena u idejama i prijelazu gospodarenju vodama planiranje trendova razvoja u sljedećem stoljeću. Za gospodarenje je podzemnim vodama od životne važnosti da novi prilaz promatra ukupne količine iskoristive podzemne vode. Tada i koncept "održivo korištenje podzemne vode" dobija smisao i mjesto. Podzemna voda se zbog toga mora kontrolirati do te mjere da se može jamčiti održivo korištenje podzemne vode i održivi razvoj prirode, šuma i okoliša.

Naravno prednost u korištenju ima crpljenje podzemne vode za proizvodnju pitke vode. Potrošnja vode u industriji koja se osigurava iz zaliha podzemne vode morat će se smanjivati. Potrebno je zamjenjivati potrošnju podzemne s površinskom vodom ili eventualno prijeći na druge tehnologije (hlađenje vodom zamijeniti s hlađenjem zrakom i sl.).

U postavljanju izvodljivosti (feasibility) privremenoga ili trajnoga crpljenja podzemne vode postat će važne i studije alternativnih rješenja. U konačnoj ravnoteži moraju se uzeti u obzir lokalni učinci crpljenja i regionalna optimalizacija. Djelovanje hidrogeologa, suglasno tome, mijenjat će se s lokalnoga na regionalni sustav podzemne vode. Dakle, osnovni je zadatak ustanovljenje regionalne ravnoteže sustava podzemne vode.

Mjeriti parametre koji definiraju sustav podzemne vode znači upoznati sustav. Iz velikih podataka mjerenja razine plitke podzemne vode može se zaključiti da je došlo do spuštanja te razine za nekoliko decimetara u razdoblju od nekoliko desetljeća.

Posljedica toga je dehidracija područja. U dubljim slojevima tla dolazi također do spuštavanja razine podzemne vode. Takav je razvojni alarmantan.

Da se osigura mogućnost promatranja (monitoringa) učinaka različitih interakcija i promjena stanja nužan je adekvatan ustroj sustava monitoringa i alarma. Treba postaviti regionalnu mrežu za mjerenje parametara podzemne vode.

4.3. Vodoopskrba

Organizacije za vodoopskrbu moraju posvetiti posebnu pažnju posljedicama svojega rada na okoliš. Među ostalim, to se odnosi na produkciju mulja u postupku pročišćavanja vode, potrošnju energije i kemikalija, kao i na posljedice sakupljanja sirove vode. Komunalna poduzeća za vodovod u naporima za očuvanje okoliša trebaju povećati podučavanje potrošača vode o vrijednosti dobre pitke vode i potrebu da se voda troši ekonomično.

Mjere zaštite okoliša imaju dva središta djelovanja. Prvi je smanjenje i obrada mulja iz procesa pročišćavanja vode. Drugi je reorganizacija procesa dobivanja sirove vode. Obrada mulja integralni je dio procesa obrade vode i treba biti tako organiziran da je proizvodnja mulja ograničena ili da se mulj može dehidrirati. Način dobave sirove vode pretrpjet će velike promjene. Prekomjerno crpljenje podzemne vode očito doprinosi suši. Upotreba podzemne vode za piće ima značajne prednosti u odnosu na površinske vode što se tiče kvalitete i rizika upravljanja. Podzemnu vodu treba koristiti optimalno da bi se minimizirale posljedice na okoliš. Filtracija vode uz obalu, kao duboka infiltracija postat će potreba u većini slučajeva.

Primjena novih oblika tehnologije i tehnoloških koncepata mora naći svoje mjesto. Prioritet ima adekvatna dezinfekcija pitke vode. Kloridi će, iako vrlo učinkoviti kao dezinfekti, postupno izlaziti iz upotrebe, jer imaju štetne nusprodukte. Umjesto njih valja težiti primjeni ozona i ultravioletnih zraka - UV. Glavna je preokupacija proizvoditi vodu sa što manje biorazgradljivih supstanci, tako da nema rasta bakterija u vodovodnoj mreži (biološki stabilna voda). Pojavom jeftinih tipova membrana na tržištu postaje atraktivno primijeniti tehnologiju membrana u proizvodnji pitke vode.

4.4. Navodnjavanje

Sadašnji načini korištenja vode u poljoprivredi za natapanje svjedoče da se voda upotrebljava nekontrolirano i neracionalno. Primjenjujući principe integralnoga upravljanja vodama i održivoga razvoja dolazi se do glavnih izazova u navodnjavanju a to su: unapređenje zaštite i očuvanja vode tehnološkim intervencijama i poboljšanje upravljanja sustava za natapanje.

Najvažnija bi područja aktivnosti bila:

- ispravan pogon i održavanje postojećih sustava
- kontrola potrebne i potrošene vode putem učinkovitoga sustava cijene vode, kontrolnoga sustava u distribuciji vode i izobrazbu osoblja
- decentralizacija, tj. uključivanje korisnika natapanja u sve faze, od planiranja do realizacije, pogona i održavanja sustava
- prihvaćanje odgovarajućih koraka i pojačanje mjera za očuvanje kvalitete vode i tla: procjena utjecaja na okoliš, ponovno korištenje vode i mjere kontrole kvalitete
- prihvaćanje usavršene tehnologije natapanja koja učinkovito koristi vodu.

4.5. Zaštita voda

Odvodenje otpadnih voda nezaobilazan je dio infrastrukture i od vitalnoga je značenja za zdravlje ljudi i okoliš. Održavanje i poboljšanje je skupo. Ispravno planiranje važno je za nalaženje najboljih mogućih tehničkih i financijskih rješenja.

Komunalna poduzeća za odvodnju trebala bi imati potpuni pregled stanja svih kanalizacijskih objekata i posljedica za okoliš (u slučaju njihove neispravnosti). Posebno je osjetljivo pitanje poplava kanalizacijskih voda. Pred nama se nalazi zadatak optimalne redukcije ispuštanja otpadnih voda. Neka izvješća u najrazvijenijim zemljama ukazuju da su kanalizacijski sustavi veliki difuzni izvori onečišćenja voda. Nastoji se reducirati emisija otpadne vode koliko je to moguće, uz prihvatljivu cijenu. Pročišćavanje otpadnih voda postaje sve rafiniranije. Očekuje se čišćenje vode do te mjere da se više ne bi govorilo o otpadnome proizvodu, već o vrijednoj sirovini, i kao mogućem odgovoru stvarnim problemima suše kao i mogućem rješenju za prihranjivanje podzemne vode. Danas se pročišćavanje otpadnih voda obavlja tako da se usavršava proces eliminacije sve većega broja supstanci i složenih elemenata. Slično, postoji potreba uklanjanja dušika i fosfata iz otpadne vode u cilju sprečavanja problema eksczesnoga gnojenja i eutrofikacije. Shvatljivo je da će u budućnosti osnovna načela, kao fizikalno-kemijska obrada zajedno s procesom aktivnoga mulja, biti dopunjeno novim procesima i tehnologijama.

Svi ti procesi vode do visoke kvalitete pročišćavanja otpadne vode i pružaju realne izgled primjene pročišćene vode u navodnjavanju, za kontrolu suše, dopunu podzemne vode, korištenje industrijske vode kao procesne ili čak kao alternativa za proizvodnju pitke vode. Kad se jednom dostignu takve tehnike, pročišćavanja otpadne će se vode transformirati iz otpadnoga produkta u vrijednu sirovinu. Tada ćemo moći govoriti "biološka voda" umjesto "pročišćena otpadna voda".

4.6. Oporavljanje prirodnih procesa

Stoljećima ljudi koriste površinsku i podzemnu vodu za različite potrebe kao pitku vodu, plovne puteve, poljoprivreda i industrija. Da zadovolje svoje potrebe i da spriječe nesreće, kao što su nekontrolirane poplave, ljudi su razvili vodni kontrolni sustav, kao npr. izgradnju nasipa, ustava, crpnih stanica, umjetnih kanala itd. Posljedica je tih mjera opadanje "prirodnosti" vodnih tokova. Pored ovakvoga razvoja kontrole dinamike vode od sedamdesetih godina pogoršava se kvaliteta vode zbog porasta sadržaja nutrijenata (fosfat, dušik). Promjene se uočavaju na jezerima, zbog procesa eutrofikacije i mjera kontrolnoga sustava. Visoki trofični status i gubitak originalne vodne dinamike i prostorne heterogenosti dovode do jakoga smanjenja faune i flore.

Pojavljuje se potreba ekološke restauracije (oporavljanja) vodnoga sustava. Počinje se s unapređenjem kvalitete vode putem redukcije fosfora i dušika, P i N i onečišćenja teškim metalima i otrovima. Te mjere nisu dovoljne, nužan je integralan prilaz upravljanju vodama koji uključuje vodni sustav per se (ekološko funkcioniranje vode).

Opći se cilj razvoja prirode može prikazati kao udruživanje napora za zaštitu ili konzervaciju, oporavljanje ili restauraciju i razvoj vrsta, ekosistema ili okoliša. Prethodni uvjeti i prirodni potencijali za razvoj u vodnome sustavu vezani su uz glavne funkcije dodijeljene vodi. "Priroda" je najzahtjevnija što se tiče svih uloga koje voda može imati u osiguravanju kvalitete okoliša.

Smjernica za željeni razvoj prirodnih akvatičkih sustava jest uspostava ekoloških procesa koji oblikuju originalni ekosistem. Osnovno polazište obnova je prirodnoga vodnog režima i površina plavljenih zimi i u proljeće, poboljšanje kvalitete vode i obnova prirodne vodne vegetacije i njezine prostorne heterogenosti.

5. Vodnogospodarske organizacije i integralno gospodarenje vodama

Integralno gospodarenje vodama mora pratiti pripadna organizacija vodnoga gospodarstva na svim razinama. Karakteristična su pitanja: koje su granice integralnoga upravljanja vodama i kako one mogu biti osnova vodnogospodarskih organizacija?

S razvojem pogleda o integralnom gospodarenju vodama uz tehnička pitanja dolaze i pitanja kakve treba da budu vodnogospodarske organizacije u budućnosti. Problemi razvoja dijelova integralnoga gospodarenja ili upravljanja vodama već se naziru: između upravljanja podzemnom i površinskom vodom, vodoopskrbom, kanalizacijom itd. Ciljevi i zadaci vodoprivrednih organizacija moraju biti jasno definirani. Poželjno je i da korisnicima vode stanje bude jasno.

Kad se upravljanje količinom i kvalitetom voda združi, može se pojaviti problem mjerila područja upravljanja. U načelu, nema granica združivanju. Uvijek postoji rizik da je previše uključeno u integralno gospodarenje vodama, tako da je premalo razlikovanja između politike okoliša i urbanoga i ruralnoga planiranja. Slijedi da je integracija definirana "upravljivošću" vodnim sustavom. Činjenica je da integralno gospodarenje vodama postaje prevladavajući koncept, ali potreba združivanja varira od slučaja do slučaja. Integralno gospodarenje vodama ostaje stvar funkcionalne administracije.

Literatura

1. FAO: The State of Food and Agriculture 1989: World and Regional Reviews; Sustainable Development and Natural Resources Management FAO, UN, Rome 1989.
2. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO: International Action Programme on Water and Sustainable Agricultural Development. FAO, Rome, 1989.
3. GEREŠ, D.: Ciljevi i značenje integralnog gospodarenja vodama. Zbornik znanstvenog savjetovanja "Poljoprivreda i gospodarenje vodama", str. 19-29. Bizovac, 1994.
4. IBRD: World Development 1992: Development and the Environment. The World Bank, Oxford University Press, New York, 1992.
5. ICWE: International Conference on Water and the Environment. Development Issues for the 21 st Century, 26-31 January 1992, Dublin. ICWE Sec. and WMO, Switzerland, 1992.
6. PATIJN, S.: Development Strategy towards Integrated Water Management. Proceedings of the 15 th Congress ICID. The Hague, 1993.
7. POSTEL, S.: Last Oasis: Facing Water Scarcity. W.W. Norton, New York, 1992.
8. Proceedings of the 15 the Congress ICID. The Hague, 1993.
9. UNCED: UN Conference on Environment and Development: Agenda 21: Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources. UN Switzerland, 1992.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Marušić, Stjepan Šturlan, Ivan Kolovrat

R 1-02

Značenje, ratne štete i obnova vodoprivrednih objekata

SAŽETAK: *Vodoprivredne djelatnosti imaju veliko gospodarstveno, infrastrukturno i društveno značenje - što uvjetuje i ekonomski položaj vodoprivrede u razvoju svake države. Realizacija programa zaštite od štetnoga djelovanja voda, korištenja voda i zaštita voda su preduvjeti za gospodarski i za urbani razvoj - s velikim ekološkim značenjem za cjelokupno područje svake države. Uz nedovoljan stupanj razvoja vodoprivrednih djelatnosti do 1990. g. - u 1991. i 1992. g. ratnim djelovanjem učinjene su velike ratne štete na vodoprivrednim objektima Hrvatske. Zbog pogoršanja cjelokupne situacije, smanjena su i sredstva za redovne vodoprivredne programe. Velikim naporima JVP "Hrvatska vodoprivreda" te JVP slivnih područja kao i JP komunalnih djelatnosti u 1992, 1993. i 1994. g. - saniran je dio ratnih oštećenja te obnovljen dio vodoprivrednih objekata. Znatan je doprinos u realizaciji programa obnove i Hrvatske kreditne banke te ino-kredita dobavljača opreme iz Njemačke, i to posebno za programe vodoopskrbe. Paralelno s programima obnove realizira se i dio razvojnih programa vodoprivrednih djelatnosti u Hrvatskoj.*

KLJUČNE RIJEČI: *značenje, vodoprivredne djelatnosti, stupanj, izgrađenosti, ratne štete, vodoopskrba, zaštita, vode, objekti, obnova, Hrvatska.*

Croatian Water Management Facilities Significance, War Damage And Reconstruction

ABSTRACT: *The activities related to the water resources management have large economic, infrastructural and social significance which, consequently, results in the economic position the water management has in the development of any country. Implementation of the water control programs, water utilization and water protection is the precondition for economic and urban development which has an environmental effect on the entire region of any country. In addition to insufficient development level of the water resources management activities until 1990, the war operations in 1991 and 1992 caused excessive war damage on the water management facilities throughout Croatia. Due to deterioration of a complete situation, the funds for regular water management programs were reduced. The Public Water Management Enterprise "Hrvatska vodoprivreda", and the water management enterprises in particular catchment areas, together with the municipal utilities, focused their efforts and succeeded in repair of the war damage on some water management facilities in 1992, 1993 and 1994. Contribution of the Croatian Credit Bank and foreign loans granted by the German equipment suppliers was considerable, particularly in realization of the water supply programs. Some of the water resources development programs are implemented in parallel with the Croatian reconstruction programs.*

KEY WORDS: *significance, water resources management activities, level of construction, war damage, water supply, water protection, facilities, reconstruction, Croatia*

Prof. dr. Josip Marušić, Građevinski fakultet, Zagreb
Stjepan Šturlan, dipl. inž. građ., JVP »Hrvatska vodoprivreda« Zagreb
Ivan Kolovrat, dipl. inž. građ., JVP »Hrvatska vodoprivreda« Zagreb

1. Uvod

Svestrana potreba i prisutnost vode u gotovo svim ljudskim djelatnostima uz istodobnu ograničenost vode po količini, kvaliteti i lokaciji potvrđuje višenamjensko značenje vodoprivrednih objekata i djelatnosti. U razvijenim zemljama potvrđena je tehničko-tehnološka i društveno-ekonomska povezanost pojedinih vodoprivrednih djelatnosti i drugih gospodarskih djelatnosti, a prvenstveno: energetike, većine industrijskih djelatnosti, poljoprivrede, prometa, turizma te urbanoga i komunalnoga razvoja. Posebno valja imati na umu ekološko značenje vodoprivrednih djelatnosti te nužnost vode u sprečavanju ili smanjivanju šteta od požara ljudskih i prirodnih dobara.

Nasuprot iskustvima i rezultatima razvijenih zemalja, kod nas vodoprivreda nije shvaćena, a dosad ni vrednovana, kao posebna gospodarska djelatnost veoma značajna za cjelovit razvoj Hrvatske. Nisu se dovoljno uvažavali ni dokumentirani pokazatelji o direktnoj ovisnosti nedovoljnoga razvoja vodoprivrednih djelatnosti i stagnirajućega "razvoja" većine gospodarskih djelatnosti te nedovoljnoga komunalnoga i urbanoga razvoja naselja.

Nažalost, i (do)sadašnji nedovoljni stupanj izgrađenosti vodoprivrednih objekata i sustava u Hrvatskoj doživio je u 1991. i 1992. godini velika oštećenja i razaranja od ratnoga djelovanja neprijatelja - bivše "JNA" i raznih srbočetničkih vojnih formacija. Međutim i u otežanim uvjetima a u 1992. 1993. i 1994. g. izvršeni su znatni radovi na obnovi oštećenih i razorenih, kao i na izgradnji novih vodoprivrednih objekata i sustava u Hrvatskoj.

2. Vodoprivredne djelatnosti

Vodoprivredne djelatnosti imaju veliko gospodarstveno, infrastrukturno i društveno značenje što uvjetuje i ekonomski položaj vodoprivrede u razvoju svake države. Zbog toga je neophodno posebno vrednovati sve vodoprivredne djelatnosti, a to su:

2.1. Zaštita od štetnog djelovanja voda

1. Regulacija i uređenje vodotoka s izgradnjom nasipa za obranu od poplava
2. Izgradnja retencija i akumulacija - za obranu od poplava ili kao višenamjenskih vodoprivrednih objekata
3. Uređenje bujičnih vodotoka i zaštita od štetnoga djelovanja erozije
4. Odvodnja površinskih i podzemnih voda - kao sastavni dio hidrotehničkih melioracija
5. Odvodnja otpadnih voda naselja i industrije - kanalizacija naselja
6. Uređenje vodotoka za plovidbu (i eksploatacija šljunka).

2.2. Korištenje voda

1. Korištenje voda za naselja - vodoopskrba stanovništva
2. korištenje voda za industriju (i rudarstvo)
3. Korištenje voda za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta i ribogojstvo - kao sastavni dio hidrotehničkih melioracija
4. Korištenje voda za hidroenergiju
5. Korištenje voda za sport i rekreaciju.

2.3. Zaštita voda

1. Sprečavanje zagađivanja voda - s katastrom zagađivača voda na slivnim područjima pojedinih vodotoka, jezera, akumulacija i retencija
2. Sprečavanje zagađivanja voda Jadranskog mora - s katastrom zagađivača voda
3. Pročišćavanje otpadnih voda naselja, industrije i poljoprivrede (posebno stočarstva)
4. Oplemenjivanje malih voda vodotoka, retencija i akumulacija
5. Ekološko značenje zaštite voda (vodotoka, mora, jezera, retencija, akumulacija).

3. Zadaci javnih vodoprivrednih poduzeća i izgrađenost vodoprivrednih objekata i sustava Hrvatske u 1990. g.

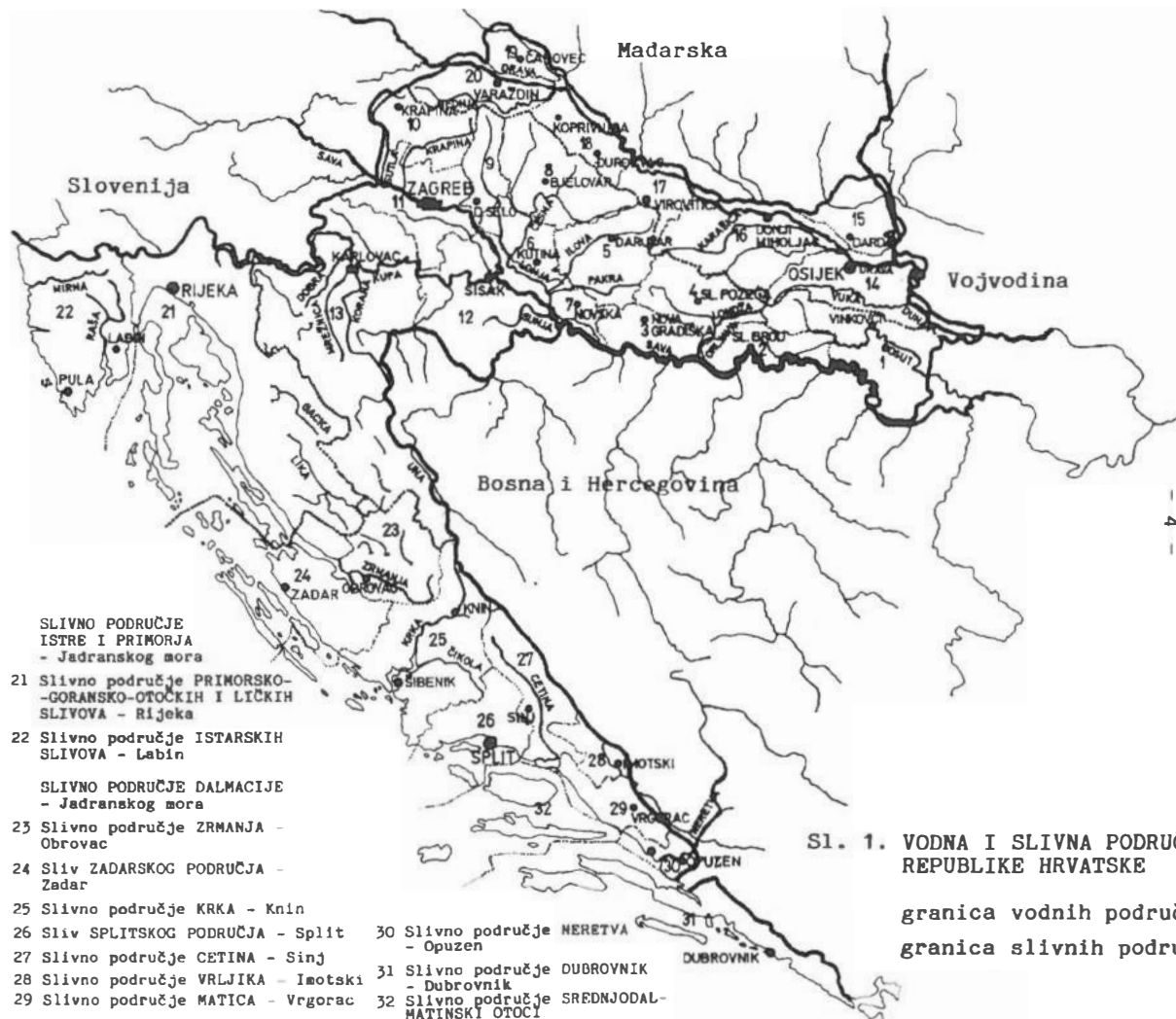
Prije sagledavanja podataka o ratnim štetama, potrebno je imati na umu zadatke javnih vodoprivrednih poduzeća i podatke o stupnju izgrađenosti vodoprivrednih objekata i sustava u 1990. god. U sklopu toga dana je na slici 1. i hidrografska karta Hrvatske s popisom slivnih područja i sjedištima Javnih vodoprivrednih poduzeća čiji su osnovni zadaci sljedeći:

- priprema vodoprivrednih osnova i planova
- sudjelovanje u provođenju zaštite od poplava i leda, zaštite od erozije i bujica
- redovno održavanje, obnavljanje izgradnja i čuvanje hidromelioracijskih objekata i zaštitnih vodoprivrednih objekata značajnih za slivno područje
- organiziranje vodoistražnih i drugih radova potrebnih radi osiguravanja zaliha voda
- upravljanje uređajima za pročišćavanje voda za naselja - kad to povjeri društveno-politička zajednica
- organiziranje i vođenje vodoprivredne dokumentacije od značenja za slivno područje.

Javno vodoprivredno poduzeće "Hrvatska vodoprivreda" obavlja poslove za rješavanje sljedećih zadataka:

- studijsko-razvojni programi u vodoprivredi, priprema vodoprivredne osnove i vodoprivredne planove
- organizira i vodi jedinstveni informatički sustav vodoprivrede i vodoprivrednu dokumentaciju
- zaštite od štetnoga djelovanja voda: kontrola, prognoziranje i obavještanje o stanju voda, uređivanje i održavanje vodotoka, obranu od poplava i leda, redovno održavanje obnavljanje i izgradnju zaštitnih vodoprivrednih objekata i druge poslove zaštite od štetnoga djelovanja voda
- zaštite voda od zagađivanja: praćenja stanja i kvalitativnih promjena voda, pripremu i provođenje planova za zaštitu voda
- osiguravanja zaliha voda: utvrđivanja i praćenja stanja zaliha voda za potrebe stanovništva, privredne i druge namjene, planiranje razvoja vodoopskrbe, kontrola korištenja voda i drugi poslovi osiguravanja zaliha voda
- upravlja zaštitnim vodoprivrednim objektima od značenja za Republiku Hrvatsku
- izvršavanje javnih ovlaštenja u vodoprivredi u skladu sa Zakonom o vodama.

- SLIVNO PODRUČJE SAVE
- 1 Slivno područje BIDJ-BOSUT Vinkovci
 - 2 Slivno područje BRODSKA POSAVINA - Slavonski Brod
 - 3 Slivno područje CRNAC POLJE - Nova Gradiška
 - 4 Slivno područje ORLJAVA - LONDŽA - Slavonska Požega
 - 5 Slivno područje ILOVA - PAKRA - Daruvar
 - 6 Slivno područje LONJA - Kutina
 - 7 Slivno područje NOVSKE - Novska
 - 8 Slivno područje ČESMA - GLOGOVNICA - Bjelovar
 - 9 Slivno područje LONJA - ZELINA - Dugo Selo
 - 10 Slivno područje KRAPINA - SUTLA - Zagreb
 - 11 Slivno područje GRADA ZAGREBA - Zagreb
 - 12 Slivno područje SISACKO-BANIJSKE REGIJE - Sisak
 - 13 Slivno područje RIJEKE KUPE I IZVORIŠTE UNE - Karlovac
- SLIVNO PODRUČJE DRAVE I DUNAVA
- 14 Slivno područje VUKA - Osijek
 - 15 Slivno područje BARANJA - Darda
 - 16 Slivno područje KARAŠICA - VUČICA - Donji Miholjac
 - 17 Slivno područje BRANA VIROVITICA - Virovitica
 - 18 Slivno područje BISTRA DJURDJEVAC - Džurdjevac
 - 19 Slivno područje MEDJIMURJE - Čakovec
 - 20 Slivno područje PLITVICA BEDNJA - Varaždin



SLIVNO PODRUČJE
ISTRE I PRIMORJA
- Jadranskog mora

21 Slivno područje PRIMORSKO-GORANSKO-OTOČKIH I LIČKIH SLIVOVA - Rijeka

22 Slivno područje ISTARSKIH SLIVOVA - Labin

SLIVNO PODRUČJE DALMACIJE
- Jadranskog mora

23 Slivno područje ZRMANJA - Obrovac

24 Slivno područje ZADARSKOG PODRUČJA - Zadar

25 Slivno područje KRKA - Knin

26 Slivno područje SPLITSKOG PODRUČJA - Split

27 Slivno područje CETINA - Sinj

28 Slivno područje VRLJIKA - Imotski

29 Slivno područje MATICA - Vrgorac

30 Slivno područje NERETVA - Opuzen

31 Slivno područje DUBROVNIK - Dubrovnik

32 Slivno područje SREDNJODALMATINSKI OTOCI

Sl. 1. VODNA I SLIVNA PODRUČJA, REPUBLIKE HRVATSKE

granica vodnih područja;
granica slivnih područja;

Osnovni je zadatak svih poslova u upravljanju vodoprivrednim sustavom i izvršavanju drugih poslova kojima se osigurava jedinstveni vodni režim Republike Hrvatske.

I uz nedostatna sredstva, Javna vodoprivredna poduzeća slivnih područja i JVP "Hrvatska vodoprivreda" (kao i njihovih prethodnih organizacijskih oblika) te Javna poduzeća za obavljanje poslova korištenja i zaštite voda (vodoopskrbe i kanalizacije) ulagala su velike napore za obavljanje redovnih vodoprivrednih djelatnosti - od interesa za gospodarski i urbani razvoj Hrvatske. Sumarni numerički i grafički pokazatelji za 1990. g. prikazani su prema glavnim vodoprivrednim djelatnostima, i to:

Tablica 1. Zaštitni i odvodni vodoprivredni objekti u Hrvatskoj u 1990. g.

Slika 2. Osnovni pokazatelji o poljoprivrednim površinama i stupnju odvodnje na melioracijskim područjima Save, Drave i Dunava, Dalmacije, Istre i Primorja u 1990. g.

Tablica 2. Osnovni podaci o potrošnji vode stanovnika i industrije iz javnih vodoopskrbnih sustava u 1990. g.

Tablica 3. Osnovni podaci o otpadnim vodama u Hrvatskoj u 1990. g.

Odgovarajući pokazatelji dani su za 1990. godinu kao mjerodavni za sagledavanje njihova stupnja izgrađenosti i procjene ratnih šteta na vodoprivrednim objektima Hrvatske u 1991. i 1992. g. A zbog pogoršane situacije koja je nastala sredinom 1991. g. - u Hrvatskoj su znatno smanjene aktivnosti na dogradnji postojećih i izgradnji novih vodoprivrednih objekata u 1991, 1992. i 1993. godini.

4. Izgrađenost vodoprivrednih objekata Hrvatske u 1991. g.

4.1. Vodoprivredni objekti za zaštitu od štetnoga djelovanja voda i odvodnju prirodnih voda

Osnovni podaci dani su u tablici 1. i na slici 2, a najvažnije konstatacije su sljedeće:

A.

- 1) U Hrvatskoj postoji 29 rijeka čija je pojedinačna dužina veća od 50 km - s ukupnom dužinom 3487 km.
- 2) Za zaštitu od štetnoga djelovanja njihovih velikih voda, neophodna je izvedba regulacijskih radova s odgovarajućim hidrotehničkim građevinama. Do kraja su 1990. g.:
 - potpuno regulirani vodotoci na 1175 km (31,0%)
 - djelomično regulirani vodotoci na 1394 km (36,7%)
 Znači da na 1226 km (32,3%) nisu uopće izvođeni regulacijski radovi.
- 3) Nasipi za zaštitu od štetnoga djelovanja poplavnih voda rijeka su izgrađeni u dužini 2733 km - što je 62,5% od ukupnih potreba. U sklopu toga bitan je i podatak da su nasipi izgrađeni za različite povratne periode velikih voda (od 5 do 1000 godina).
- 4) Oteretni i obodni kanali izgrađeni su u dužini 780 km - što je 39,6% od ukupnih potreba.
- 5) U 39 akumulacija moguće je zadržavanje $284.700.000 \text{ m}^3$ vode - što ima višenamjensko značenje.
- 6) U 36 retencija moguće je zadržavanje $1.442.900.000 \text{ m}^3$ - što također ima višenamjensko značenje.

B. Izgrađenim hidromelioracijskim objektima riješena je:

- potpuna površinska odvodnja na 600.054 ha - 33,5%
- djelomična površinska odvodnja na 518.830 ha - 29,0%
- nije uopće riješena površinska odvodnja na 670.186 ha - 37,5%.

Od ukupnih hidromelioracijskih površina višak je podzemnih voda na 822.350 ha, a do kraja 1990. g. je:

- potpuno riješena podzemna odvodnja na 161.530 ha - 19,6%.

Preostala je potreba izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje na 660.820 ha - 80,4%.

Tablica 1. Zaštitni i odvodni vodoprivredni objekti u Hrvatskoj - u 1990. g.

Red. broj	Vrsta vodoprivrednih objekata	Jed. mj.	Vodno područje				Ukupno
			Sava	Drava i Dunav	Istra i Primor.	Dalmacija	
A. Regulacijski objekti							
1.	Dužina glavnih prirodnih vodotoka	km	3.710	2.381	218	311	6.620
2.1.	Potpuno regulirani vodotoci (31,0%)	km	564	398	78	135	1.175
2.2.	Djelomično regulirani vodotoci (36,7%)	km	774	519	4	97	1.394
3.	Nasipi za zaštitu od poplavnih voda (62,5%)	km	1.966	412	166	189	2.733
4.	Oteretni i obodni kanali (39,6%)	km	482	130	91	77	780
5.	Akumulacije (30,8%)	br.	12	8	8	1	39
6.	Retencije (32,8%)	br.	18	13	2	3	36
7.	Brane i ustave (31,4%)	br	39	17	9	12	77
8.	Sifoni - bez crp. st.	br.	7	7	6	5	25
9.	Odvodni tuneli	br.	-	-	1	7	8
B. Hidromelioracijski objekti							
1.	Melioracijski kanali III. i IV reda	km	14.862	0.608	282	605	26.357
2.	Betonski cijevni propusti	km	11.137	10.042	156	324	21.659
3.	Betonski pločasti propusti	km	987	418	51	39	1.486
4.	Betonske i kamene stepenice	br.	616	268	119	82	1.085
5.	Čepovi - od bet. cijevi	br.	124	309	26	47	506
6.	Ostali objekti	br.	785	576	62	43	1.466
7.	Crpne stanice	br.	38	26	4	14	82
	- kapacitet	m ³ /s	194,2	60,5	10,2	59,8	324,7
	- snaga crpnih st.	kw	14.530	4.797	585	4.356	24.345

U zagradi su postoci u odnosu na ukupne potrebe izgradnje. - za potpunu zaštitu od štetnog djelovanja voda kao i potpunu odvodnju suvišnih površinskih voda s 1.789.090 ha slivnih melioracijskih područja. Posebno je potrebna izvedba radova na uređenju bujičnih vodotoka, kao i provođenju mjera i radova na zaštiti zemljišta od erozije.

4.2. Objekti za vodoopskrbu stanovništva i industrije u 1990. g.

U tablici 2. dani su osnovni podaci o potrošnji vode stanovnika i industrije iz javnih vodoopskrbnih sustava u 1990. godini. Jasno je da je za funkcioniranje tih sustava trebalo izgraditi vrlo veliki broj hidrotehničkih objekata i to prvenstveno: zahvati vode (površinskih i podzemnih voda), crpna postrojenja, tlačne i gravitacijske dovodne cjevovode, vodospreme, uređaje za proizvodnju pitke vode, razvodna cjevovodna mreža i ostali objekti. S obzirom na raznovrsnost i velik broj objekata, u ovom radu nije ih moguće sve prikazati, ali je bitno imati na umu da je s njima omogućeno snabdijevanje 63% stanovnika Hrvatske vodom iz javnih vodoopskrbnih sustava.

Tablica 2. Osnovni podaci o potrošnji vode stanovnika i industrije iz javnih vodoopskrbnih sustava Hrvatske u 1990. godini

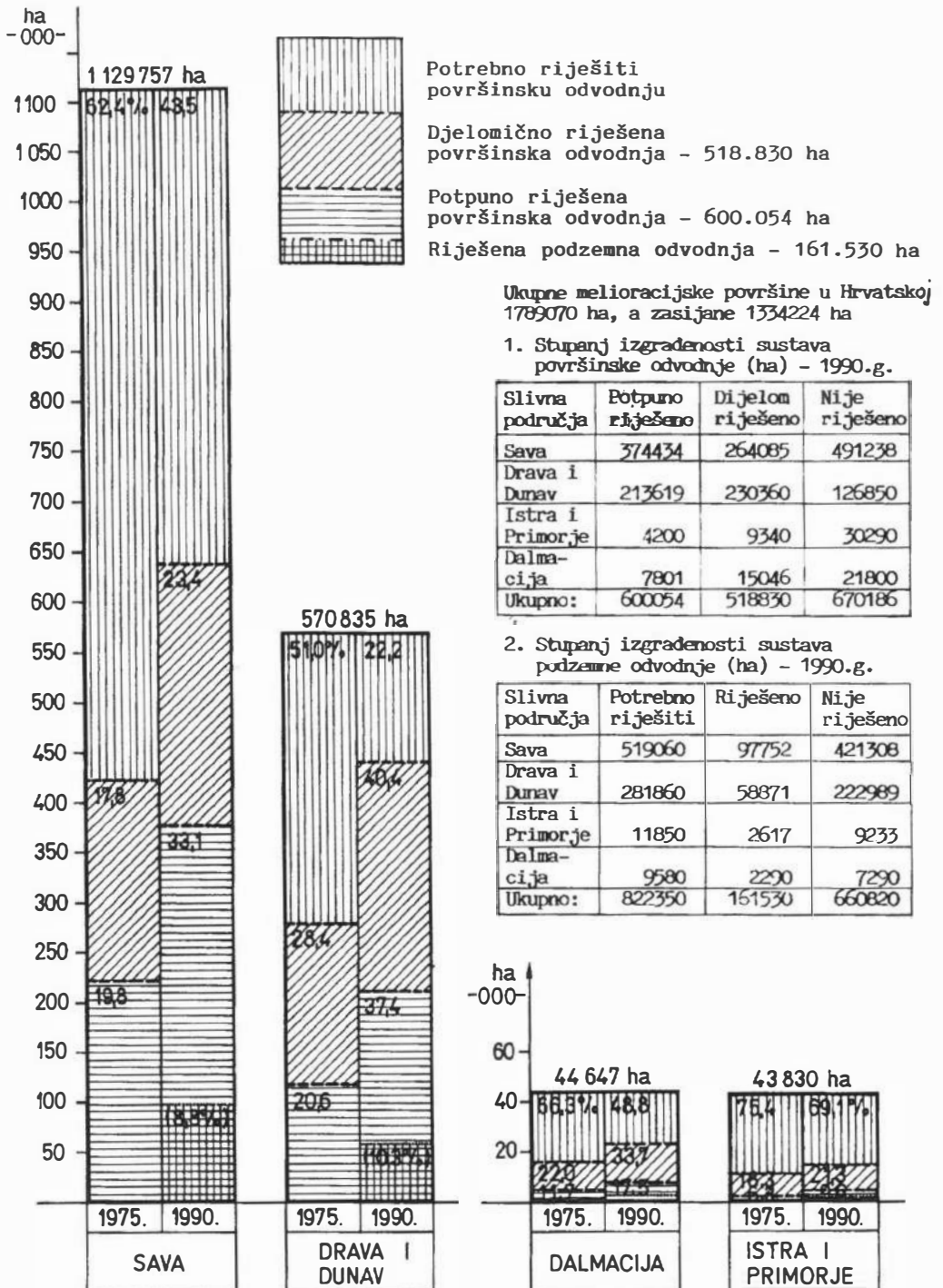
Red. broj	Opis - osnovni podaci za potrošnju vode	Glavna slivna područja				Ukupno Hrvatska
		Sava	Drava i Dunav	Istra i Primorje	Dalmacija	
1.	Ukupno stanovnika	48,75	19,23	12,13	19,89	100
		2320646	915424	577251	947023	4760344
2.	Vodoopskrba stanovnika iz javnih sustava	55,79	55,98	84,80	74,16	63,0
		1294710	512464	489519	702327	2999020
3.	Potrošnja vode stanovnika x 1000 m ³	37,94	14,53	25,66	21,87	100
		76124	29154	51493	43894	200665
4.	Prosječna potrošnja litara/stanovnik/dan	161	156	288	171	183
5.	Potrošnja vode industrijskih djelatnosti x 1000 m ³	55,80	12,10	10,60	21,50	100
		160809	34852	30552	61952	288165
6.	Ukupna potrošnja vode stanovnika i industrije x 1000 m ³	48,46	13,11	16,78	21,65	100
		236933	64006	82045	105846	488830
7.	Površina područja km ²	29395	9775	10078	12290	56538

U tablici prvi red označava postotak.

Posebno je važno imati na umu stalnu potrebu provedbe mjera i radova na zaštiti izvorišta, i to kako površinskih, tako i podzemnih voda - a to nije zadatak samo vodoprivrede, već svih korisnika voda i prostora.

4.3. Objekti za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda u 1990. g.

S povećanje potrošnje vode za potrebe stanovnika te industrijskih i ostalih djelatnosti, rastu i problemi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Nažalost, do kraja 1990. godine samo je 31,0% stanovnika Hrvatske imalo riješenu odvodnju otpadnih voda s priključkom na javne sustave kanalizacije. Još veći je problem s otpadnim vodama raznih industrijskih djelatnosti. Zbog neprovođenja odredbi Zakona o vodama od



Sl. 2. OSNOVNI PODACI O POLJOPRIVREDNIM POVRŠINAMA I STUPNJU ODVODNJE NA MELIORACIJSKIM PODRUČJIMA SLIVA SAVE, DRAVE I DUNAVA, DALMACIJE, ISTRE I PRIMORJA U 1975. I 1990 GODINI.

strane velikog broja zagađivača voda, sve je niži stupanj zaštite, kako površinskih, tako i podzemnih voda. Nedovoljan je broj izgrađenih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (ukupnog kapaciteta 333762000 m³ - što odgovara 2143000 ES) kao i samih kolektora za njihovu odvodnju do odgovarajućih recipijenata. U sklopu postojećega (iako nedovoljnoga) stupnja rješenja odvodnje i pročišćavanje otpadnih voda, treba imati posebno na umu vrste te složenosti, kako samih objekata, tako i odgovarajuće opreme za funkcioniranje kanalizacijskih sustava.

Za potrebe rješavanja problema otpadnih voda bitno je sagledati podatke u tablici 3.

Tablica 3. Osnovni podaci o otpadnim vodama u Hrvatskoj - 1990. godina

Red. broj	Opis - osnovni podaci o otpadnim vodama	Glavna slivna područja				Ukupno Hrvatska
		Sava	Drava i Dunav	Istra i Primorje	Dalmacija	
1.	Broj stanovnika priključenih na javne sustave kanalizacije	29,46	31,31	42,81	27,27	31,00
		683760	286592	247090	258265	1475707
2.	Količina otpadne vode stanovnika x 1000 m ³ /g	36,87	9,91	32,70	20,52	100
		60805	16344	53945	33836	264930
3.	Količina otpadne vode industrije x 1000 m ³ /g	61,55	17,70	5,14	15,61	100
		204375	58784	17070	51845	332074
4.	Ukupna količina otpadne vode x 1000 m ³ /god	53,35	15,12	14,29	17,24	100
		265180	75128	71015	85681	497004
5.	Kapaciteti uređaja za pročišćavanje otpadne vode, ES	17,34	41,63	19,33	21,70	100
		376950	905100	420325	471925	2174300

U tablici prvi red označava postotak.

Ne postoje pouzdani podaci za otpadne vode za dio industrijskih postrojenja, kao i za potrebe dijela poljoprivrednih djelatnosti (stočarstvo).

5. Ratne štete na vodoprivrednim objektima Hrvatske u 1991. i 1992. godini

Prema Uputi za primjenu Zakona o utvrđivanju ratne štete (NN broj 54/93.), posebna komisija JVP "Hrvatska vodoprivreda" izvršila je popis i procjenu ratnih šteta na vodoprivrednim objektima i sustavima Hrvatske. Odgovarajući podaci sistematizirani su i iskazani za direktne štete na vodoprivrednim objektima kojima upravljaju JVP "Hrvatska vodoprivreda" i Javna vodoprivredna poduzeća slivnih područja (po popisu na slici 1). Posebno su obrađeni podaci za objekte kojima upravljaju Javna poduzeća za korištenje i zaštitu voda, odnosno za vodoopskrbu i kanalizaciju (pročišćavanje i odvodnja otpadnih voda). Pregled stanja i popis vodoprivrednih objekata izvršen je na dostupnim područjima Hrvatske (bez privremeno okupiranoga područja). Procjena šteta prikazana je po slivnim područjima i po županijama Hrvatske. Iznos ratnih šteta utvrđen je po cijenama 31. prosinca 1990. g. (u DEM, HRD, KN). U procesu procjena šteta po troškovničkom principu korištena je standardan kalkulacija radova u vodo-

gradnji - odobrena od nadležne republičke komisije. Verifikaciju šteta obavio je Institut graditeljstva Hrvatske iz Zagreba - prema odredbi članka 8. Zakona o utvrđivanju ratne štete, koji je donesen u Ministarstvu financija Republike Hrvatske (NN broj 54/93). Iznosi su dati za direktne štete, dok posebno treba imati na umu i izvršiti procjenu indirektnih šteta na vodoprivrednim objektima Hrvatske koji su prisutni kako u 1991. i 1992. godini tako i u 1993. i 1994. g.

Procijenjene i iskazane ratne štete osnovica su za planiranje obnove i razvitka vodoprivredne infrastrukture Hrvatske. To je temelj za dodjelu kreditnih sredstava, kao i osnova za postavljanje zahtjeva agresoru za nadoknadu ratne štete prema odredbama međunarodnoga prava. Posebno treba imati na umu iznos indirektnih šteta koje su prisutne od početka ratnoga djelovanja raznih neprijateljskih formacija. To zahtijeva posebnu analizu šteta zbog smanjenja stupnja ili prestanka funkcioniranja raznih vrsta vodoprivrednih objekata, i to kako za zaštitu od štetnoga djelovanja, tako i korištenja te odvodnje prirodnih i otpadnih voda.

5.1. Direktne štete na zaštitnim i odvodnim vodoprivrednim objektima Hrvatske u 1991. i 1992. g.

U tablici 1. i na slici 2. dani su osnovni podaci za stupanj izgrađenosti zaštitnih i odvodnih vodoprivrednih objekata u Hrvatskoj - zaključno s 1990. godinom. Realizacija projekta zaštite od poplava određenoga područja (i cijele države) skup je, kompleksan i dugotrajan proces koji traje desetljećima. Njihov osnovni zadatak zaštita je kako prirodnih tako i ljudskih dobara. Nažalost, u 1991. i 1992. godini ratnim djelovanjem učinjene su velike ratne štete na zaštitnim vodoprivrednim objektima, a posljedice toga su sljedeće:

- smanjenje prirodnoga, reguliranoga proticajnoga profila rijeka i glavnih vodotoka (prouzrokovanim rušenjem mostova),
- oštećenja i smanjenje stupnja sigurnosti nasipa zbog ukopavanja tenkovva i ostalih ratnih djelovanja,
- oštećenja i razaranja brana i ustava - za reguliranje vodnih količina na prirodnim i umjetnim vodotocima,
- nemogućnost pristupa i kontrole na privremeno okupiranom području.

Velike ratne štete učinjene su i na hidromelioracijskim objektima za površinsku odvodnju, a osnovni pokazatelji su sljedeći:

- oštećeno ili razoreno 18 crpnih stanica ukupnoga kapaciteta 96,9 m³/s (od ukupno 82 kapaciteta 324,65 m³/s),
- oštećen i razoren veliki broj tipskih cijevnih i pločastih propusta na melioracijskim kanalima,
- smanjeni proticajni profili melioracijskih kanala zbog prijelaza ratnih strojeva i vozila.

Najveći je problem u privremenoj okupaciji 296510 na hidromelioriranih, odnosno oraničnih zasijanih površina (22,6% od ukupnih) od čega su na 62380 ha izgrađeni hidromelioracijski sustavi za podzemnu odvodnju (38,6% od ukupnih površina). Iznos direktnih ratnih šteta na zaštitnim vodoprivrednim objektima po županijama prikazan je u tablici 4, pa nisu potrebna posebna objašnjenja.

Tablica 4. Direktna ratna šteta na zaštitnim i odvodnim vodoprivrednim objektima Hrvatske u 1991. i 1992. g.

U skladu sa r.b. 2.1. i podacima na slici 2. i 3. sumarni iznosi šteta na zaštitnim i odvodnim vodoprivrednim objektima daju se u tabličnom prikazu za 13 županija (dok na preostalim 7 nije bilo ratnih šteta).

Red. broj	Područje i sjedište županije	Iznos direktne štete - 000 kn			% RH
		oštećeno	uništeno	ukupno	
1.	Osječko-baranjska, Osijek	2.581	5.311	7.892	4,19
2.	Vukovarsko-srijemska, Vinkovci	24.068	16.889	40.957	21,75
3.	Brodsko-posavska, Slavonski Brod	21.429	4.165	25.594	13,59
4.	Bjelovarsko-bilogorska, Bjelovar	1.055	3.263	4.318	2,29
5.	Sisačko-moslavačka, Sisak	5.519	14.432	19.951	10,59
6.	Karlovačka, Karlovac	3.004	4.508	7.512	3,99
7.	Ličko-senjska, Gospić	164	91	255	0,14
8.	Primorssko-goranska, Rijeka	18	281	299	0,16
9.	Zadarsko-kninska, Zadar	-	135	135	0,07
10.	Šibenska, Šibenik	-	84	84	0,05
11.	Splitsko-dalmatinska, Split	5.953	4.157	10.110	5,37
12.	Dubrovačko-neretvanska, Dubrovnik	35.036	102	35.138	18,66
13.	Zagrebačka, Zagreb	40	36.040	36.080	19,15
Ukupno 1-13:		98.867	89.458	188.325	100

S obzirom da je iznos ratnih šteta određen po tečaju DEM = 7,00 HRD (31. 12. 1990. g.), treba imati na umu da su navedeni iznosi u kunama dani po tečaju DEM = 3,65 kuna. Znači da je ukupan iznos direktnih ratnih šteta 51.596.000 DEM.

5.2. Direktna ratna šteta na objektima vodoopskrbe i za odvodnju otpadnih voda u 1991. i 1992. godini

Objekti vodoopskrbe i za odvodnju te za pročišćavanje otpadnih voda u nadležnosti su javnih poduzeća za komunalne djelatnosti, odnosno za vodovod i kanalizaciju. Na privremeno okupiranom području nalaze se i izvorišta za snabdijevanje vodom slobodnih područja Hrvatske - zbog čega je oko 290.000 stanovnika izravno pogodeno nestašicom pitke vode. U najvećoj mjeri je to izraženo na području sljedećih županija: Zadarska, Požeška (Pakrac, Lipik), Sisačko-moslavačka, Dubrovačka, Karlovačka.

Međutim direktne ratne štete na objektima vodoopskrbe i za odvodnju otpadnih voda učinjene su i na području 11 županija - što je vidljivo u podacima tablica 5.

Ratna oštećenja i razaranja učinjena su na sljedećim objektima: - izvorišta sa zahvatima vode, glavnim - magistralnim cjevovodima, vodospremama, vodotornjevima, trafo-stanicama, objektima i uređajima za pročišćavanje otpadne vode, razvodnoj mreži za vodoopskrbu i kanalizaciju u naseljima.

Posebno su evidentne ratne štete na objektima za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda za dio industrijskih djelatnosti te za potrebe poljoprivrede (farme, navodnjavanje). Zbog ratnoga djelovanja pogoršana je i zaštita izvorišta, i to kako površinskih, tako i podzemnih voda. Detaljniji podaci o iznosima direktnih ratnih šteta za objekte vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda prikazani su u tablici 5, pa nisu potrebna detaljnija objašnjenja.

Uz probleme direktnih ratnih šteta, posebno treba imati na umu pogoršanje situacije sa zaštitom izvorišta, odnosno zahvata površinskih i podzemnih voda. Ratnim djelovanjem povećana je nesigurnost vodoopskrbe i na dijelu slobodnih područja Hrvatske. Ujedno je potrebna provedba i višega stupnja kontrole kvalitete vode, i to kako za potrebe stanovnika, tako i tehnološke vode za odgovarajuće industrijske i ostale procese proizvodnje.

Tablica 5. Direktne ratne štete na objektima vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda

U skladu s rednim brojem 2.2. i 2.3. i podacima na slici 4. izvršena je sistematizacija podataka o procjeni direktnih šteta na objektima vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda. Sumarni podaci dani su u tablici

Red. broj	Područje i sjedište županije	Iznos direktne štete -000- kn			% RH
		oštećeno	uništeno	ukupno	
1.	Osječko-baranjska, Osijek	1.307.	33.708	35.015	20,48
2.	Vukovarsko-srijemska Vinkovci	5.048	3.519	8.567	5,01
3.	Brodsko-posavska Slavonski Brod	2.938	7.833	10.771	6,30
4.	Virovitičko-podravska Virovitica	3.055	-	3.055	1,79
5.	Sisačko-moslavačka Sisak	6.899	3.300	10.199	5,97
6.	Karlovačka - Karlovac	18.553	14.921	33.474	19,58
7.	Ličko-senjska, Gospić	7.592	3.913	11.505	6,73
8.	Zadarsko-kninska Zadar	17.137	11.410	28.547	16,69
9.	Šibenska, Šibenik	1.201	-	1.201	0,70
10.	Splitsko-dalmatinska Split	-	16.210	16.210	9,48
11.	Dubrovačko-neretvanska Dubrovnik	5.132	7.318	12.450	7,28
Ukupno 1-11:		68.862	102.132	170.094	100

Objektima za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda upravljaju Javna poduzeća za vodovod i kanalizaciju odnosno za komunalne djelatnosti. Ukupan je iznos direktnih ratnih šteta 170.994.000 kuna - što odgovara iznosu 46.847.000 DEM (po prosječnom tečaju DEM = 3,65 kn). Potrebna je posebna procjena indirektnih troškova zbog smanjenja stupnja ili potpunoga prestanka funkcioniranja dijela vodoopskrbnih objekata i sustava - i kako s posljedicama za stanovništvo tako i za turizam i industrijske djelatnosti.

6. Obnova vodoprivrednih objekata i sustava Hrvatske u 1992, 1993. i 1994. godini

I uz nedostatne izvore za financiranje, kako redovne tako i interventne vodoprivredne programe od sredine 1992. g. do kraja 1994. godine, učinjeni su veliki napor i u znatnoj mjeri sanirana ratna oštećenja, te izvršen dio programa obnove i to prvenstveno na objektima vodoopskrbe naselja. Odgovarajuće aktivnosti bile su od rješavanja izvorišta i zahvata vode, izgradnje magistralnih cjevovoda te odgovarajućih objekata (vodospreme, crpna postrojenja, objekti i uređaji za proizvodnju pitke vode) i dijela razvodne mreže. Istodobno su započeti i dijelom izvršeni programi razvoja vodoopskrbe na područjima sa najlošijim stanjem vodoopskrbe stanovništva.

Iz sredstava naknade za korištenje voda (izvorna sredstva JVP "Hrvatska vodoprivreda" za razvoj vodoopskrbe) od 1991. do 1994. godine u programe obnove i razvoja vodoopskrbe uloženo je 247.105.000 kuna što odgovara 67.700.000 DEM. U tablici 6. su dani iznosi i za učešće Hrvatske kreditne banke (70% od ukupnog iznosa) za programe vodoopskrbe u 1992, 1993. i 1994. g. - u ukupnom iznosu od 11.329.288 kuna (sve osim r.b. 3.2. i r.b. 4.2.), odnosno 32.692.955 DEM. Iz proračuna vlade Republike Hrvatske za programe vodoopskrbe u 1993. i 1994. g. su izdvojena sredstva u iznosu 18.250.000 kn odnosno 5.000.000 DEM. Iz navedenih podataka vidljivo je da su u 1992, 1993. i 1994. god. u programe obnove i dijela razvoja programa vodoopskrbe uložena sredstva u ukupnom iznosu od 348.885.502 kuna odnosno 95.585.070 DEM. Posebno treba imati na umu i vrednovati doprinos Javnih poduzeća komunalnih djelatnosti u otklanjanju ratnih šteta na razvodnoj mreži i ostalim objektima vodoopskrbe, kako gradskih, tako i ostalih naselja. To se očitovalo i u najtežim ratnim događanjima kad su bili ugroženi i životi djelatnika tih poduzeća (Biograd, Dubrovnik, Gospić, Karlovac, Našice, Novska, Osijek, Otočac, Pakrac, Sisak, Slavonski Brod, Šibenik, Vinkovci, Zadar, Županija).

I uz niži stupanj izgrađenosti, na objektima za zaštitu od voda učinjene su velike, kako direktne, tako i indirektno ratne štete. Oštećeni su uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, kolektori za odvodnju otpadnih voda i glavni recipijenti za prihvatanje otpadnih voda naselja i dijela industrijskih postrojenja. U obnovu i dovođenje u funkcionalno stanje uložena su velika financijska sredstva, i to kako JVP "Hrvatska vodoprivreda", tako i posebna sredstva JP komunalnih poduzeća, odnosno gradova u kojima ta poduzeća djeluju.

Na sanaciji objekata za zaštitu voda iz sredstava JVP "Hrvatska vodoprivreda" sufinancirani su na području sljedećih gradova: Daruvar, Dubrovnik, Gospić, Karlovac, Nova Gradiška, Novska, Osijek, Otočac, Pakrac, Sisak, Slavonski Brod, Šibenik, Vinkovci, Zadar i Županija - s iznosom 37.616.900 kuna (odnosno 10.306.000 DEM). U dijelu sanacije ratnih šteta sudjelovali su s posebnim izvorima i navedeni gradovi putem Javnih poduzeća za komunalne djelatnosti. Radovi su izvođeni u vrlo teškim uvjetima i s velikim angažiranjem djelatnika komunalnih i vodoprivrednih poduzeća.

Tabela 6.

Specifikacija isporučenih vodovodnih cijevi firme Thyssen-Guss-AG iz Gelsenkirchena od 1992. do 5.4.1995.

Red. broj	Lokacija vodovoda	Promjer vodovodnih cijevi - mm; dužina - m												Ukupno m
		80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	
1.	Zadar - Golubinka I	-	-	-	96	-	-	-	-	9130	648	-	-	9874
2.	Šibenik I	-	-	-	-	-	-	180	25	7505	2045	-	-	9755
3.	Šibenik II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	-	-	1000
4.	Osiijek	-	-	2000	950	-	-	-	612	862	1009	740	8159	14332
5.	Čakovec	-	-	-	-	-	740	-	7500	-	-	-	-	8240
6.	Ogulin	-	-	-	-	-	-	-	2500	-	-	-	-	2500
7.	Zadar - Jezerce	-	-	-	-	-	-	-	-	5364	-	-	-	5364
8.	Zadar - Pudarica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3084	-	3084
9.	Konavle	-	-	-	5064	4872	2005	-	668	-	-	-	-	12609
10.	Skradin	-	12	1000	1383	2380	-	-	936	-	-	-	-	5711
11.	Šibenik - III	-	-	-	-	-	-	-	210	-	-	702	-	912
12.	Slavonski Brod	-	-	-	372	-	-	-	3696	-	-	-	-	4068
13.	Vinkovci	-	-	455	1737	-	-	100	-	930	-	-	-	3222
14.	Požega	-	-	-	-	-	2004	-	-	-	-	-	-	2004
15.	Primorski	905	8275	-	800	-	-	-	-	-	-	-	-	9980
16.	Zabok	-	-	-	-	-	-	750	-	-	-	-	-	750
17.	Vrbosko	-	-	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
18.	Bicine	-	1600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1600
19.	Drniš - Unešić	-	-	-	-	-	-	4176	-	-	-	-	-	4176
20.	Donji Miholjac	-	-	-	-	-	840	2094	-	-	-	-	-	2934
21.	Lozovac	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	150
22.	Pakoštane	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	21350	-	21362
23.	Lozovac - Okno	-	-	-	-	-	-	-	72	30	-	9996	-	10098
24.	Pakoštane, Filip-Jakov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9300	-	-	9300
25.	Vodice - Pirovac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8000	-	-	8000
Ukupno m, 1-25:		905	9887	5455	10402	7252	5589	7300	16381	23821	22002	35872	8159	153025
Ukupno %:		0,59	6,46	3,57	6,80	4,74	3,65	4,77	10,70	15,57	14,39	23,43	5,33	100

Ukupna vrijednost isporučenih vodovodnih cijevi je 33,527.034 DEM.

Učešće korisnika kod isporuke cijevi je 15 %, a 85 % iznosa su kreditna sredstva proizvođača opreme putem "Hermes" kredita.

U otklanjanju šteta i u obnovi objekata za zaštitu od štetnog djelovanja voda uz značajna sredstva JVP "Hrvatska vodoprivreda", svoj su doprinos dala i JVP slivnih područja i uz pogoršanu financijsku situaciju i probleme s radnim kapacitetima. Saniran je dio oštećenja na regulacijskim kao i hidromelioracijskim objektima. Međutim, i nadalje je smanjen stupanj zaštite od poplavnih voda na dionicama koje graniče s privremeno okupiranim područjima. Također je i nadalje pogoršano stanje sa odvodnjom površinskih voda na većem dijelu sliva Bida i Bosuta (zbog razaranja ustave na Bosutu kod Vinkovaca), Vuke (zbog razaranja crpne stanice Dvor), dijela Lonjskoga polja (posebno ustava Trebež - područja Sisačko-moslavačke, te Brodsko-posavske županije). Zbog ograničenih financijskih mogućnosti i ugroženosti ljudskih života nije bilo moguće izvršiti sve neophodne radove za potrebe minimalnog funkcioniranja zaštitnih i odvodnih vodoprivrednih objekata, pa se to planira realizirati u narednim godinama.

7. Zaključak

Svestrana potreba i prisustvo vode u gotovo svim ljudskim djelatnostima uz istodobnu ograničenost vode po količini, kvaliteti i lokaciji, potvrđuju višenamjensko značenje vodoprivrednih objekata i sustava. Vodoprivredne djelatnosti imaju veliko gospodarstveno, infrastrukturno i društveno značenje - što uvjetuje i ekonomski položaj vodoprivrede u razvoju svake države. Nažalost, i pored argumentiranih pokazatelje do 1990. godine vodoprivredne djelatnosti u Hrvatskoj nisu vrednovane u dovoljnoj mjeri što je dovelo i do nedovoljnog razvoja dijela gosodarskih djelatnosti. Stanje je pogoršano ratnim djelovanjem u 1991. i 1992. godini - kada je oštećen i razoren, a i okupiran dio vodoprivrednih objekata i sustava u Hrvatskoj. Direktna ratna šteta iznose 358,419.000 kuna odnosno 98,443.000 DEM. Znatno su veće indirektna šteta - i to kako u 1991. i 1992. godini, tako i u 1993. 1994. godini.

I pored otežanih uvjeta, JVP "Hrvatska vodoprivreda" je od sredine 1992. godine učinila velike napore u obnovi oštećenih i razorenih vodoprivrednih objekata i sustava - zajedno s J.P. komunalnih djelatnosti. Pored redovnih vodoprivrednih sredstava, angažirana su odgovarajuća sredstva po odluci Vlade Republike Hrvatske i Hrvatske kreditne banke, te inozemnih kredita, a posebno "Hermes" - kredita za nabavu 153 025 m vodovodnih cijevi. Poseban problem je stanje vodoprivrednih objekata na privremeno okupiranim područjima Hrvatske čija obnova i kontrola funkcioniranja je moguća nakon oslobođenja Hrvatske u njenim međunarodno priznatim granicama.

Literatura

1. Dugoročni plan razvoja vodoprivrede Hrvatske od 1986. do 2005. g.; Građevinski institut; SOUR »Vodoprivreda Hrvatske«; Republička vodoprivredna interesna zajednica; Zagreb; 1986-1988. g.
2. Zakon o vodama Hrvatske, Narodne novine, 53, Zagreb, 1990. g.
3. Marušić, J.: Vodoprivreda - zanemaren društveni interes, Hrvatsko gospodarstvo, II/19; Zagreb, 1992. g.; str. 21-23.
4. Marušić, J.; Petrović, M.; Tadić, Z.: Učešće vodoprivrede u obnovi i razvoju Istočne Hrvatske, HAZU i Sveučilište u Osijeku, str. 1-14.
5. Marušić, J.; Gereš, D.; Kolovrat, I.: Ratne štete u vodoprivredi Hrvatske, Građevinar, 11/1992, Zagreb, 731-740.
6. Margeta, J.: Osnove gospodarenja vodama, Građevinski fakultet Split, 1992. g.

7. Marušić, J.; Šturlan, S.: Obnova vodoprivrednih objekata i sustava - preduvjet gospodarskog razvoja Hrvatske, Zbornik radova, Simpozij »Organizacija i management u graditeljstvu, Zagreb, 1993., str. 64-74.
8. Marušić, J.: Značenje vodoprivrednih djelatnosti za obnovu i razvoj Hrvatske, Hrvatske vode, 1, 1, Zagreb, 1993. g., str. 1-12.
9. Marušić, J.: Ratne štete, obnova i održavanje hidromelioracijskih sustava za odvodnju, Zbornik radova, Znanstveno savjetovanje »Poljoprivreda i gospodarenje vodama«, Bizovačke Toplice, 1994. g.
10. Gereš, D.: Vodoopskrba u Republici Hrvatskoj, jučer, danas, sutra. Hrvatska vodoprivreda, 27; 1994. g., str. 7-11.
11. Marušić, J.: Gospodarenje i upravljanje vodama Hrvatske. Tehnički dokument za međunarodni projekt Vlade Republike Hrvatske »Agricultural Sector Review«, Program FAO, 1993. i 1994. g.
12. Programi obnove vodoprivrednih objekata i sustava Hrvatske. JVP »Hrvatska vodoprivreda«, 1992, 1993. i 1994. g.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Jure Margeta, Vedrana Kuzmanić

R 1-03

Održivi razvoj obalnih područja i gospodarenje vodama

SAŽETAK: *Povećanje broja stanovnika i turista, kao i standarda življenja, rezultira sve većim zauzimanjem zemljišta i iskorištavanjem prirodnih resursa što za posljedicu ima zagađenje okoliša. Kao posljedica ovog trenda sve je manje kvalitetnog zemljišta, sirovina i dostupne vode, a cijeli se eko-sustavi uništavaju. Rješenje za takve probleme svodi se na hitno zadovoljenje današnjih izazova razvoja, čišćenje zagađenja iz prošlosti kroz investiranje u budućnost, to jest primjenu koncepta održivog razvoja. Cilj se postiže primjenom sustavne analize na ekonomska i razvojna planiranja, te gospodarenje prirodnim resursima primjenom integralnog planiranja. Međusobni odnos "vode" i "ljudskih aktivnosti" važan je element u socio-ekonomskom razvoju neke sredine, tako da se održivi razvitak ne može provoditi bez odgovarajućeg plana gospodarenja vodnim resursima. To posebno dolazi do izražaja u priobalnim područjima koja imaju specifične hidrološke, ekološke i socio-ekonomske karakteristike naglašene osjetljivosti i važnosti.*

KLJUČNE RIJEČI: *održivi razvitak, integralno planiranje, vodoprivredna osnova, ekologija, planiranje, turizam.*

Sustainable Development of Coastal Areas and Water Resources Management

ABSTRACT: *Increased number of population and tourists, as well as higher levels of living standard, inevitably cause a great land occupation and exploitation of resources, followed by environmental pollution. As a consequence of this trend, there is ever less space, raw materials and water available, and entire eco-systems are being destroyed. The solution of the problem is thus reduced to the urgent need to meet today's challenges and clean up past environmental problems through investments in the future, namely the concept of sustainable development. Interdependence of "water" and "human activities" is an important element of socio-economic development of a certain region so that concept of sustainable development cannot be implemented without appropriate water resources management plan. It is especially important for Croatian coastal area which has specific hydrological and socio-economic characteristics and a very vulnerable environment.*

KEY WORDS: *sustainable development, integrated planning, water resources management plan, ecology, planning, tourism*

Uvod

Poslije II. svjetskoga rata, znanje i tehnika se intenzivno razvijaju u cijelome svijetu, jednako kao i u Hrvatskoj. Broj stanovnika raste, formiraju se veći industrijski centri i gradovi ubrzano rastu. Broj stanovnika u svijetu je 1965. g. bio 2.8 milijarde, 1990. g. 5.3 milijarde, a projekcije su za 2025. g. između 7.9 i 9.1 milijarde stanovnika. Isti trend povećanja broja stanovnika zapažen je i u mediteranskom području, a u Hrvatskoj je umjeren i kreće se po stopi od oko 0.5% godišnje. Hrvatska je 1953. g. imala 3.936 milijuna stanovnika, a 1991. g. 4.784 milijuna. U mediteranskom području, pa i u Hrvatskoj porast je stanovništva značajan u obalnom području. Približno 60% svjetskoga stanovništva živi u obalnome području, a 60% od njih živi u gradovima. Situacija je, u smislu koncentracije stanovništva u obalnim područjima i njihovim gradovima, u mediteranskom području još drastičnija: 80% živi u obalnom području, a 70% od njih u gradovima. U Hrvatskoj je sličan trend jer su se u zadnjih 50 godina najintenzivnije razvijali gradovi, tako da 1991. u njima živi 54% ukupnog stanovništva. U obalnim zonama situacija je još izraženija jer više od 70% ukupnog stanovništva Dalmacije, Hrvatskog primorja, Istre i Kvarnera živi na samom obalnom području, i to više od 80% u obalnim gradovima. Od 1948. do 1991. broj stanovnika Zadra povećao se za oko 5 puta, Splita 4 puta, Rijeke 2.4 puta, Pule 3.1 put, Dubrovnika 3 puta, iako se broj ukupnoga stanovništva Republike povećao za samo 0.21 put.

Iznimke su otoci kod kojih na Mediteranu, ali i kod nas broj stalnih stanovnika opada. Trend opadanja izrazitiji je što je otok manji. Jedino veći otoci bilježe u zadnjem desetljeću umjereni rast ili vrlo blago opadanje.

U budućnosti se u svijetu očekuje i dalje izraženiji rast broja stanovnika u obalnom pojasu i njihova koncentracija u većim gradovima, tako da se predviđa da će tri četvrtine ukupnoga svjetskog stanovništva živjeti u obalnome pojasu širine do 100km (UN, 1992). U Mediteranu taj će trend biti izraženiji, a za očekivati je i u Hrvatskoj (Grenon and Batisse, 1989).

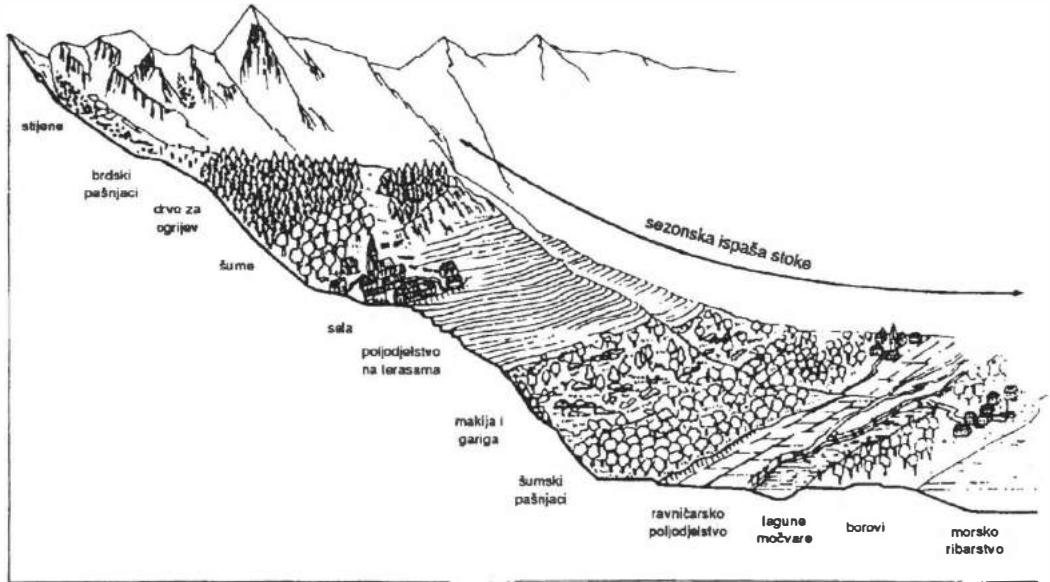
Kad se govori o obalnom pojasu tada se ne smije zaboraviti turizam i broj turista koji borave u tim područjima za vrijeme ljeta. U ponekim područjima, a naročito u manjim mjestima broj turista u ljetnim mjesecima premašuje višestruko broj stalnog stanovništva.

Zbog svega ovoga, obalna područja su veliki korisnici resursa, uključujući dva fundamentalna: vodu (slatku i slanu) i tlo. Lako je zaključiti da je stanje obalnih resursa, njihovo korištenje i gospodarenje od izuzetne važnosti za Hrvatsku, a biti će i daleko važnije u budućnosti.

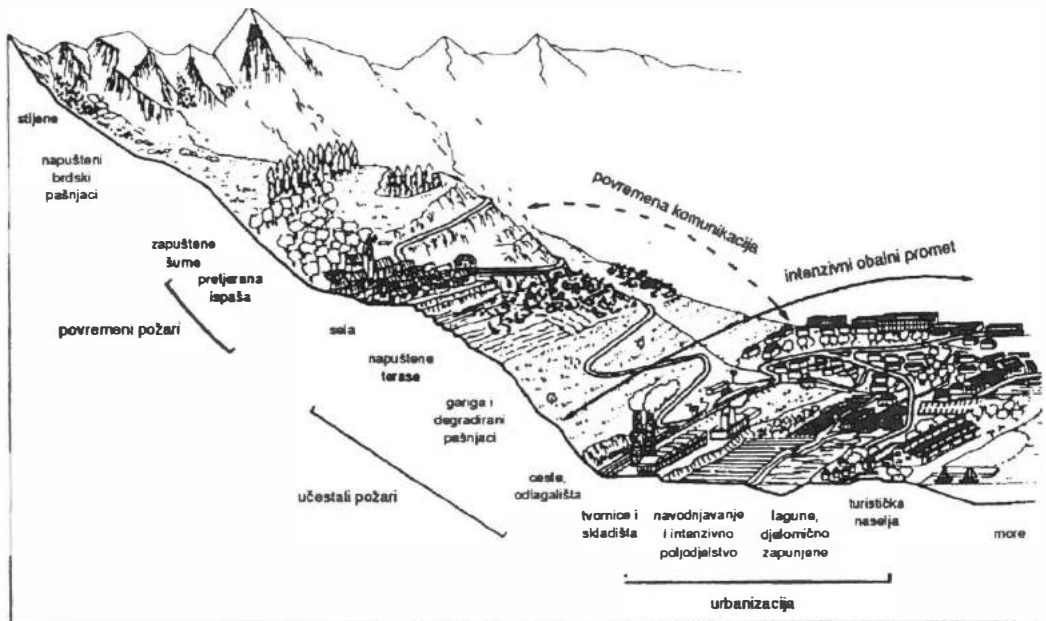
Vodni i kopneni resursi priobalja

Zemljišni i vodni resursi priobalnih područja Hrvatske ograničeni su i vrlo osjetljivi. Različiti su od jednoga dijela do drugog, a njihove posebne karakteristike su rezultat klimatskih, geoloških, hidrogeoloških i topografskih karakteristika područja. Ovo područje pripada mediteranskoj klimi koja je karakteristična s toplim i sušnim ljetima, te vlažnim i hladnim zimama. Razlike u padalinama variraju od juga prema sjeveru i od vanjskih otoka preme kopnu, sa znatnim lokalnim razlikama. Razlike su značajne i u geološkim i pedološkim karakteristikama, iako je cjelokupno područje izrazito krško, ali s manjim značajnim i vrlo vrijednim odstupanjima u odnosu na bogatstvo tala (Ravni kotari, dolina Neretve i slično). Ta područja nisu karakteristična bogatom vegetacijom i prije bi se reklo da su pretežno ogoljena.

Na tim prostorima u prošlosti se odvijao tradicionalni način življenja i korištenja prirodnih resursa, vrlo racionalan i skroman, kakvi su i sami prirodni resursi (Slika 1a).



Slika 1a. Tradicionalno hrvatsko priobalje



Slika 1b. Hrvatsko priobalje kao rezultat obalne urbanizacije

Intenzivnom urbanizacijom, kojoj su slijedili industrijalizacija, turizam, transport i druge prateće aktivnosti, došlo je do zauzimanja značajnih priobalnih površina i to najčešće onih produktivnih i vrijednih, a time dolazi i do značajnih promjena prirodnih resursa. Stalno povećani zahtjevi za hranom rezultiraju intenzivnijim korištenjem poljoprivrednih površina, upotrebom umjetnih gnojiva i zaštitnih sredstava. Požari postaju redovita pojava, a posljedica njih je uništavanje oskudnoga raslinja i intenzivna erozija tla sa dugoročnim ekološkim i ekonomskim posljedicama (Slika 1b).

Ovo je područje u odnosu na Mediteran relativno bogato oborinama (oko 950 mm). Međutim, geološke i hidrogeološke karakteristike takve su da su prirodni kapaciteti relativno mali, a posebno u ljetnom periodu kad su zahtjevi najveći. Sreća je da se na ovom području formira nekoliko značajnih vodotoka koji crpe svoje kapacitete iz zaleđa, tako da postoje značajne količine voda. Te vode su vodotoci i lokalno su raspoređene, tako da je njihovo korištenje otežano, odnosno zahtijeva izvedbu regionalnih vodoopskrbnih sustava. Današnja je njihova iskorištenost značajna, s iznimkom većih rijeka (Neretva, Cetina, Zrmanja), tako da ne postoje velike rezerve za buduća korištenja. Poznato je da su vodni resursi na području Istre uglavnom kompletno iskorišteni, da nije puno bolja situacija ni u Hrvatskom primorju, a ni na području od Paga do Šibenika. Rijeka Jadro je također u najvećoj mjeri iskorištena, kao i većina otočnih vodnih resursa koji su ionako vrlo ograničeni.

Da bi se zadovoljile potrebe za vodom rade se veliki i skupi vodoopskrbni sustavi kojima se voda prostorno i vremenski distribuira. U budućnosti, porastom urbanizacije i broja stanovnika, standarda življenja, turizma i korištenja vode za navodnjavanje, situacija će biti sve teža, složenija, a rješenja sve skuplja. Nedostatak vode bit će značajan i uzrokovat će značajne probleme između različitih ekonomskih sektora, kao i između seoskih i gradskih područja. Gospodarenje vodama bit će vrlo teško, zahtijevati će dosta sredstava i znanja, te primjenu kreativnih i inventivnih rješenja.

Posljedice i problemi

Povećanje broja stanovnika i turista u priobalnim područjima, te povećanje standarda življenja neminovno rezultira sve većim okupiranjem zemljišta, većim korištenjem resursa i zagađenjem okoliša. Veći broj stanovnika i veći standard življenja zahtijeva više prostora za izgradnju kuća i prometnica, više radnih mjesta u industriji i servisima, više hrane i vode. To znači da će povećanje u odnosu na stambeni i drugi društveni prostor, prometnice, proizvodnju hrane i drugo za posljedicu imati sve veću eksploataciju sirovina, energije i vode. Posljedica će biti sve manje prostora, sirovina i vode i uništeni ekosustavi (Slika 1b).

Povećanje zagađenja zraka, tla i vode rezultira negativnim efektima na čovjeka, ekosustav i u konačnosti smanjenjem kapaciteta prirodnih resursa, uključujući vodne resurse.

Na žalost, ne postoji cjelovita analiza posljedica poslijeratnog intenzivnog razvoja do današnjih dana na stanje resursa, kao ni ocjene kretanja u budućnosti, tako da se ne može sustavno obraditi ovaj problem. Međutim, pojedinačni dobro poznati slučajevi, kao: kaštelanski zaljev i šire splitsko područje, riječki zaljev i šire riječko područje, plominski zaljev, bakarski zaljev, šibensko područje i drugi, nedvojbeno ukazuju da su prije izneseni procesi nastupili u svim svojim elementima, s najvećim posljedicama na obalno more kao jedno od najvažnijih prirodnih resursa ovih područja. (Slika 2).

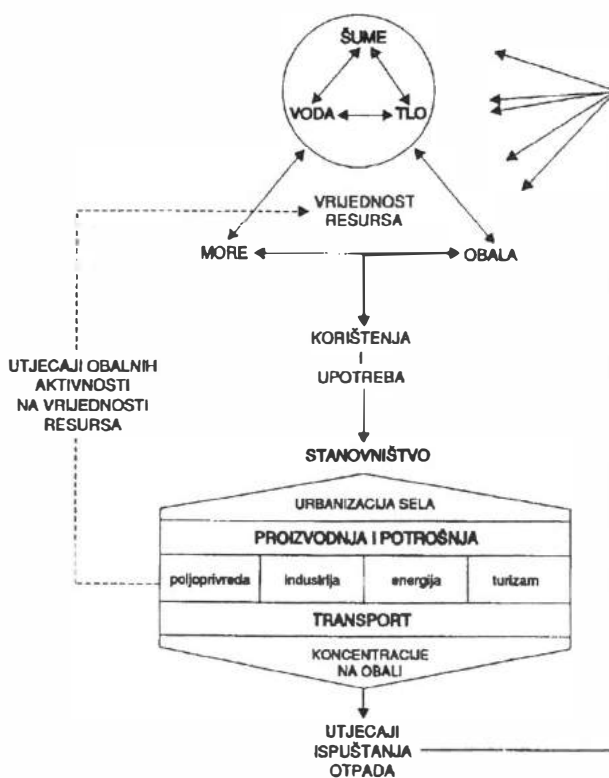
Međuodnos između korištenja zemljišta i vodnih resursa je od posebne važnosti u razumijevanju ovih procesa (Slika 3). Voda je osnovni transporter svih zagađenja i

sedimenata, a more je njihov konačni recipijent. S druge strane, korištenje zemljišta i korisnici zemljišta su glavni proizvođači zagađenja, dijelom i prijemnici na njihovom putu do mora.

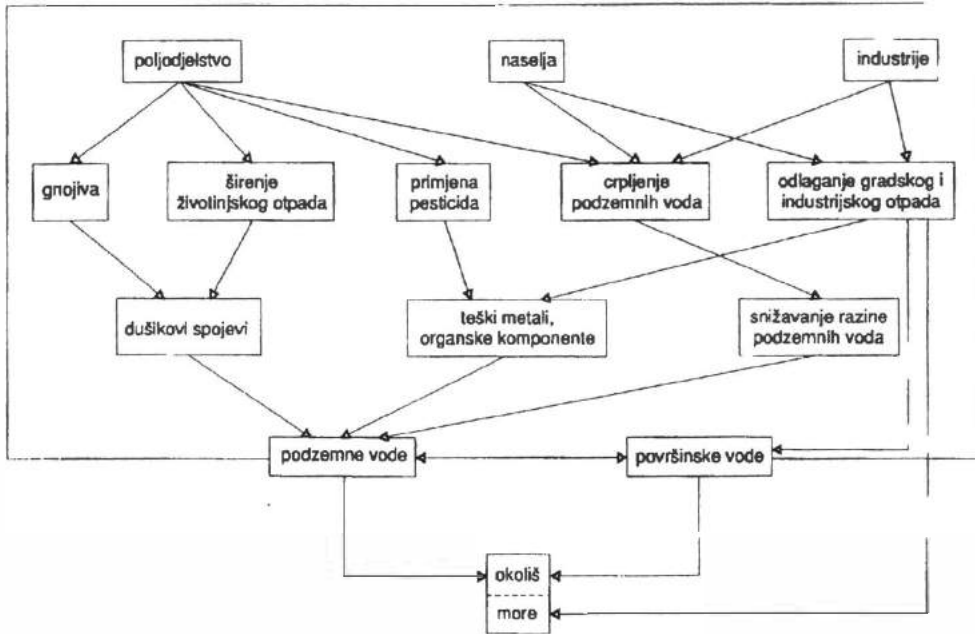
Sve te promjene koje se dešavaju u okolišu neminovno dovode do promjena karakteristika tla i vode. Voda je u stalnom kontaktu s tlom, njegov je sastavni dio, tako da sve promjene na tlu i u tlu rezultiraju promjenama karakteristika vode i obrnuto.

Nastavak takvoga trenda će rezultirati smanjenjem produktivnosti poljoprivredne proizvodnje i smanjenjem standarda življenja. Zdravstveni i socijalni problemi narastat će, a socijalne razlike bit će sve očitije, širiti će se oboljenja i osjećaj opće nesigurnosti.

Kada se rješavaju ti problemi, tada treba poći od koncepta da je voda prirodno obnovljiv resurs koji ima svoj prirodni, teoretski, tehnički i ekonomski kapacitet. Ako se voda zagađi tako da nije pogodna za određene upotrebe, njen se kapacitet automatski reducira (posebno tehnički i ekonomski kapacitet). S druge strane, resursi tla nisu prirodno obnovljivi ili su vrlo sporo obnovljivi, tako da svako njihovo iskorištavanje neminovno dovodi do smanjenja njihova kapaciteta.



Slika 2. Međutjecaji ekoloških komponenti i razvojnih aktivnosti



Slika 3. Međutjecaji korištenja zemljišta i vodnih resursa

Rješenja kroz koncept održivoga razvoja

U cilju okretanja navedenih negativnih trendova, očuvanja prirode, zaštite zdravlja stanovništva, osiguranja stabilnoga i trajnoga razvoja i visokoga standarda življenja, biti će potrebno poduzeti značajne i brojne aktivnosti.

Rješenja za navedene probleme mogu se sažeti kao: hitna potreba za zadovoljenjem današnjih izazova razvoja, čišćenje ekoloških problema iz prošlosti, a kroz investiranje za budućnost, to jest kroz primjenu koncepta "održivoga razvoja". To znači da je potrebno upravljati potrebama za industrijalizacijom i porastom standarda življenja, tako da se ne šteti okolišu i ne iskorištava prirodne resurse i neobnovljive energetske resurse na štetu budućih pokoljenja.

Već 80-tih godina jak je naglasak stavljen na čestitost ekonomskog razvoja, zaštitu okoliša i razumno korištenje prirodnih resursa, dok je izraz "ekonomski rast" zamijenjen izrazom "ekonomski razvoj". Izraz "održivi razvoj" prvi je put spomenut 1980. u dokumentu "Global Conservation Strategy", pripremljenim od strane Međunarodne zajednice za očuvanje prirode (IUCN). Ova strategija bila je značajan korak naprijed, jer su prvi put okoliš i razumno korištenje prirodnih resursa tretirani ne kao ograničavajući faktor već kao osnova za razvoj (Archer i Healy, 1990.). Taj koncept dobio je svoju službenu potvrdu 1987. u dokumentu "Our Common Future" Svjetske komisije za okoliš i razvoj (WCED, 1987). Isti je konačno prihvaćen i na Konferenciji Ujedinjenih Naroda o Okolišu i Razvoju (UNCED, 1992).

Postoji cijeli niz definicija "održivoga razvoja". Definicija od WCED glasi: "razvoj koji zadovoljava današnje potrebe, a da ne ugrožava potrebe budućih generacija". Kad se govori o prirodnim resursima, tada je definicija konkretnija i glasi: "suština održivoga razvoja u odnosu na prirodne resurse je da isti moraju biti korišteni na način da se ne ugrožava i ograničava njihovo korištenje i za buduća pokoljenja". Održivi razvoj vodnih resursa zahtijeva da se poštuje hidrološki ciklus, koristeći obnovljive vodne

resurse tako da ne umanjuje njihove kapacitete u duljem vremenskom periodu tim istim korištenjem (Engelman i LeRoy, 1993.).

Hidrotehnički inženjeri i znanstvenici moraju prihvatiti izazove takvoga pristupa, prevesti isto i primjeniti u odgovarajući koncept projektiranja, upravljanja i održavanja vodnih resursa.

Na inženjerskoj razini rješavanja problema koncept održivoga razvoja tradicionalno se primjenjivao, ali u drugačijoj terminologiji, tako da sama primjena ovoga koncepta nije nova. Problemi nastaju kad se koncept želi primijeniti u planiranju razvoja i prostornom planiranju, kao i na političkoj razini rješavanja problema. U takvim situacijama, ciljevi se mogu postići primjenom sustavne analize u ekonomskom i prostornom planiranju, razvoju i gospodarenju. Osnovni preduvjet za racionalno gospodarenje resursima njihovo je integralno planiranje i godpodarenje.

Integralno planiranje i gospodarenje može se odrediti kao kontinuiran proces razvoja gospodarenja u cilju jednakoga tretiranja ekonomskoga rasta i socijalnih ciljeva zajedno sa zaštitom i očuvanjem okoliša, to jest osiguravajući "održivi razvoj". Suštinska komponenta planske procedure je integracija gospodarenja okolišom u razvojnom procesu.

Integralni pristup ostvaruje-materijalizira se kroz izradu odgovarajućih razvojnih planova, a za vodne resurse kroz izradu vodoprivredne osnove kao osnovnoga plana korištenja i zaštite voda, uključujući i priobalno more. Dobro planiranje i usklađivanje prirodnih mogućnosti priobalnih područja je osnovni preduvjet da se velika financijska sredstva uložena u razvoje isplate, ali ne na štetu budućih pokoljenja, a to znači jedino vodeći računa o održivome razvoju.

Planiranje u vodnim resursima može biti na različitim razinama rješavanja problema, počevši od najopćenitije razine "strategijskoga planiranja", pa preko "okvirnog regionalnog planiranja", do "projektiranja". Bez razlike na kojoj se razini plan radi, on se uvijek sastoji od četiri osnovna koraka:

1. Utvrđivanje, prognoza i analiza dostupnih vodnih resursa
2. Utvrđivanje, prognoza i analiza potreba za vodom, zaštite voda i zaštite od voda
3. Formuliranje alternativnih rješenja za:
 - zadovoljenje potreba za vodom iz dostupnih resursa
 - zaštita vodnih resursa
 - zaštita od negativnih djelovanja vodnih resursa

4. Uspoređivanje i rangiranje alternativnih planova

Osnovni preduvjet uspješnomu planiranju je jasno i nedvojbeno određivanje ciljeva planiranja. Ciljevi mogu biti različiti shodno razini plana i lokalnim karakteristikama, a obično se definiraju kao unapređenje cjelokupne kvalitete življenja, kroz doprinose:

- razvoju nacionalne ekonomije,
- kvaliteti okoline,
- regionalnomu ekonomskom razvoju, i
- drugim socijalnim efektima.

Unutar ovih ciljeva danas se posebno naglašuje koncept održivoga razvoja koji polazi od iskoristivih obnovljivih resursa tako da se njihovi kapacitete u budućnosti ne umanjuju. To znači da se naglašava novi cilj koji se želi ostvariti, a to nije bilo kakav razvoj već održivi razvoj. Ovaj je cilj zapravo ograničenje korištenja prirodnih resursa, a time i voda.

Jedan od ključnih elemenata planiranja u vodnim resursima direktno je vezan za razvojne planove dotičnoga područja. To znači da se vodni resursi planiraju zajedno s

razvojnim planovima određene zajednice jer oni u potpunosti moraju biti usuglašeni, a time se postiže puna integracija razvoja resursa i zaštite okoliša. To posebno vrijedi za koncept održivoga razvoja koji polazi od racionalnoga korištenja prirodnih resursa. Kod nas se vodoprivredni planovi svode na izradu vodoprivredne osnove određenog područja. To je dugoročni planski dokument kojim se definira upravljanje razvojem vodnih resursa nekoga određenog prostora.

Gospodarenje vodama u konceptu održivog razvoja

U tradicionalnom pristupu plan se inicira radi zadovoljenja političkih i drugih potreba u određenom vremenskom periodu ciljem mu je izrada odgovarajućega vodoprivrednoga sustava. Planiranje se provodi u skladu s uobičajenim koracima: od predstavljanja postojećeg stanja vodnih resursa i njima pripadajućih objekata, te analize osnovnih elementa uključujući i bilans voda, kroz formulaciju i kvantifikaciju alternativnih rješenja sustava, do odabira rješenja kroz odgovarajući politički proces odlučivanja. Mogući konfliktne ciljevi s drugim planovima (prostornim, ekonomskim i drugim) unose se u plan kao ograničenja.

Postavlja se pitanje razlikuje li se planiranje za održivi razvoj od tog tradicionalnoga pristupa? Odgovor je ne, ako se gleda proces planiranja kao cjelina, međutim, postoje određene razlike koje se javljaju u izradi pojedinih planskih koraka.

Gospodarenje vodama sustav je za redistribuciju vode u prostoru i vremenu radi zadovoljenja društvenih potreba. Ovo je koncept koji je oduvijek postojao. Međutim, u današnje se vrijeme sve veći značaj daje kakvoći vode, očuvanju integriteta i raznolikosti prirode. Postignuće ovoga cilja svodi se na primjenu koncepta "održivosti" i davanje većega značaja vodi kao osnovnome egzistencijalnomu elementu prirode.

Osim navedenoga, bitna je razlika između tradicionalnoga pristupa rješavanju problema gospodarenja vodama i "održivog razvoja" uvođenje je koncepta promjenjivosti u prirodnome sustavu, vodnomu sustavu, potrebama društva za vodom, vodoopskrbi i drugom. Znači, kada se planira sa stanovišta održivoga razvoja, tada se moraju uzeti u obzir svi utjecaji na prirodu i društvo u odnosu na sadašnje stanje i u odnosu na moguće promjene. Ovo se mora uzeti u obzir u svim etapama realizacije projekta: od planiranja do upravljanja i održavanja, s tim da se u odnosu na klasičan pristup moraju uzeti u obzir neki novi kriteriji, ograničenja i pristupi.

Posljedica toga je zahtjev da se svi podaci potrebni za gospodarenje vodama moraju stalno prikupljati i poboljšavati kako bi se promjene mogle kontinuirano unositi u sustav upravljanja.

S druge strane, "održivost" u odnosu na objekte znači da projektni period mora biti dug, te da se uvijek moraju osigurati financijska i tehnička sredstva za zamjenu objekata na kraju planskoga perioda. U pravilu, u ovom periodu njihov aktivni kapacitet ne bi se smio mijenjati (npr. kapacitet rezervara).

Kod planiranja se mora voditi računa i o očekivanim promjenama u korištenju zemljišta, te o klimatskim promjenama. Održivost podrazumijeva i prilagođavanje sustava predvidljivim promjenama u korištenju zemljišta i drugim odgovarajućim rješenjima bez značajnijih troškova.

Kako se u pravilu radi o vrlo složenoj problematici, problem se može uspješno riješiti jedino primjenom teorije sustavne analize.

Ovdje treba naglasiti da sa stanovišta sustavnoga pristupa problematika održivoga razvoja vodi korištenju sljedećih osnovnih operacijskih principa:

- višekriterijalna analiza,
- analiza rizika, uključujući i analizu rizika ekstremnih događanja,

- analiza utjecaja,
- uvažavanje grupnoga odlučivanja i odlučivanja različitih upravnih razina i cjelina,
- analiza interakcija između komponenti sustava i njegove okoline.

Kad se govori o višekriterijalnoj analizi, u konceptu se održivoga razvoja nijedan od dva osnovna cilja ekonomski razvoj i zaštita okoliša, ne smije zanemariti. Usto, mora se postići zadovoljavajući ravnoteža, odnos između njih, te treba uzeti u obzir sve specifične ciljeve koji proizlaze iz ovih općih, kao i drugi društveni i socio-ekonomski ciljevi.

Ekonomski razvoj nosi u sebi i odgovarajuće rizike za okoliš zbog čega je potrebno utvrditi prihvatljivu razinu zaštite okoliša, odnosno ekonomskoga razvoja. To znači da koncept održivoga razvoja mora sadržavati i analizu rizika na okoliš.

Odnos između ekonomskoga razvoja i pripadajućega rizika za okoliš mora biti prihvatljiv za današnju situaciju, ali i za buduće generacije. To znači da se odgovarajuće analize utjecaja moraju provesti u odnosu na današnja stanja, ali i očekivana stanja u budućnosti. Također je potrebno provesti analizu utjecaja današnjih odluka na buduće mogućnosti. Iz ovoga proizlazi da za održivi razvoj pored upravljačkih i taktičkih planova svakako treba provesti i strategijsko planiranje, kako bi se utvrdili navedeni utjecaji, posljedice, potrebe, varijante i drugo.

Logički se postavlja pitanje tko će donijeti odluke o tome što je prihvatljivo sa stanovišta održivog razvoja, i koji je to odnos između ekonomskoga razvoja i rizika za okoliš, pogotovo jer se moraju uzeti u obzir potrebe i stanja u budućnosti. Budući da se radi o temeljnim egzistencijalnim pitanjima koja se prožimaju od pojedinca, lokalnih i regionalnih interesa, državnih interesa do međunarodnih interesa, očito je da je donošenje odluka složeno i teško. Analize koje prethode donošenju odluka stoga trebaju uključiti različite lokalne, regionalne i državne sektore i političke interese i brige. Ovaj problem još uvijek nije uspješno riješen i jedan je od glavnih ograničenja u provođenju planova održivoga razvoja. To je i jedan od uzroka sadašnjega stanja okoliša.

Budući da se radi o složenome sustavu koji u sebi sadržava prirodni, socio-ekonomski i infrastrukturni sustav sa svim komponentama, očito je da se može uspješno rješavati ako se sagleda cjelovito iz svih perspektiva, dimenzija i elemenata. To podrazumijeva poznavanje svih ključnih komponenti sustava (granice, ulazi, izlazi), svih procesa u sustavu, njihovih odnosa, hijerarhije odlučivanja u sustavu i hijerarhije funkcioniranja sustava, a posebno odnosa s okolinom.

Kod svega toga ne treba zaboraviti na sadašnjost i realnost realizacije održivoga razvoja vodeći računa o financijskim mogućnostima, vremenskim ograničenjima, potrebnim kadrovima i drugim potrebnim resursima.

Garancija, odnosno ograničenje uspješnosti koncepta održivoga razvoja prije svega su ljudi. To se prvenstveno odnosi na stručnjake koji su jedini sposobni da shvate problem i sustav, prepoznaju i predlože rješenja, te ista realiziraju. Obrazovani, dobro istrenirani i motivirani kadrovi su kičma održivoga razvoja, zato se ovom problemu mora posvetiti potrebna pažnja. S druge strane, ljudi za koje se sve ovo radi i gradi također moraju biti odgovarajuće uključeni u cjelokupan proces jer će jedino njihovom podrškom biti moguće realizirati predviđena rješenja.

Zaključak

Vodu je teško pročišćavati, skupo transportirati i nemoguće zamijeniti. Voda je osnova proizvodnje hrane, ekonomski razvoj i život u suštini. Voda je od izuzetne važnosti za zdravlje čovjeka i prirode u cjelini, tako da je njena dobrobit danas u potpunosti shvaćena.

Zemljište i voda ne mogu se tretirati odvojeno kad se govori o njihovom korištenju i gospodarenju. Oni su međusobno povezani brojnim prirodnim procesima, kao i ekonomskim interesima, tako da se uvijek moraju tretirati zajedno. Š obzirom da su ta dva resursa osnova za razvoj nekoga područja neminovno je da dolazi do konflikata u njihovu korištenju. Zbog toga jedino integralni pristup može pomoći da se riješe ovi problemi i omogućiti primjena koncepta održivoga razvoja.

Dobra volja sama za sebe neće pomoći da se riješe sadašnji i budući problemi, ukoliko se ne osigura potrebna razina informacija i znanja, a što traži dosta vremena, rada i sredstava. Uspješno gospodarenje prirodnim resursima zahtijeva prije svega dobro poznavanje njihovih karakteristika i kapaciteta. To posebno vrijedi za koncept održivoga razvoja koji se u biti bazira na veličini obnovljivih kapaciteta prirodnih resursa. Zbog toga će biti teško osigurati potrebne informacije, te će značajne investicije trebati uložiti prije svega u školovanje stručnjaka i prikupljanje podataka.

Uspjeh se može postići i:

- dobrim i trajnim planiranjem u skladu s metodologijom održivoga razvoja i svim prirodnim i socio-ekonomskim specifičnostima priobalja,
- rješenjima koja se baziraju na tradiciji i kulturi stanovništva ovih prostora i njihovom odnosu prema vodama, ali i nekonvencionalnim rješenjima,
- dobrim gospodarenjem na osnovi stvarnih troškova i profita,
- velikim ulaganjima u izgradnju objekata, pogon, održavanje i kadrove,
- provedbom sveobuhvatnih mjera štednje i racionalnoga korištenja voda od obrazovanja stanovnika do primjene tehničkih mjera za racionalnu potrošnju,
- zaštitom vodnih resursa spriječavanjem zagađenja,
- povećanjem individualne i kolektivne odgovornosti za vodne resurse,
- trajnim monitoringom svih promjena stanja okoliša i potreba.

Što je najbolje rješenje za pojedino područje stvar je rezultata projekta koji treba provesti u skladu s regionalnim specifičnostima, uz puno uvažavanje koncepta održivoga razvoja.

Literatura

- Achear W. i Healy R., *Natural Resources Policy Making in the Developing Countries: Environmental, Economic Growth, and Income Distribution*, Durham and London, Duke University Press, 1990.
- Dyck S., *Integrated and Management of Water Resources*, International Hydrological programme, Unesco, Paris, 1990.
- Engelman, R. i P. LeRoy, *Sustaining Water, Population and Environmental Program*, Population Action International, Washington, 1993.
- Erich J. Plate, *Sustainable Development of Water Resources: a Challenge to Science and Engineering*, Water International 18, No. 2, 1983.
- Grenon M. i Batisse M., *Futures of the Mediterranean Basin: the Blue Plan*, Oxford University Press, Oxford, 1989.
- Margeta J., *Content and Elements of the Typical Water Resources Master Plan*, UNEP-MAP/PAP, Split, 1992.
- Margeta J., *Osnove gospodarenja vodama*, Građevinski fakultet, Split, 1992.
- Yacov Y. Haimes, *Sustainable Development: a Holistic Approach to natural resources Management*, Water International 17, No. 4, 1992.
- UNEP-IE/PAC, *Sustainable tourism development, Industry and Environment*, Vol. 15, No. 3-4, 1992.
- WCED, *Our Common Future*, Oxford University Press, London, 1987.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Fedor Kritovac, Ljudevit Tropan

R 1-04

Interakcije vodnogospodarskih sustava sa socijalnim okruženjem

SAŽETAK: *Vodnogospodarski sustavi opisuju se u odnosu prema svojim ciljevima i složenosti. Opisuju se također i moguće konfliktne i neizvjesne situacije u socijalnim determinantama, te raspravlja o potrebi socioloških aktivnosti (istraživanja, analiza i komuniciranja), nužnih za rješavanje navedenih situacija u odnosu prema vodnogospodarskim sustavima.*

Analizom relevantnih zakonskih propisa i primjera iz prakse upozorava se na potrebu sveobuhvatnog, interdisciplinarnog pristupa vodnogospodarskim sustavima. Radom se želi potaknuti rasprava i kvalitativna dogradnja vodnogospodarskih sustava u izradi koncepata i u praksi.

KLJUČNE RIJEČI: *vodnogospodarski sustavi, sociološki orijentirane aktivnosti, interdisciplinarnost*

Interactions of the Water Resources Management System with the Social Environment

ABSTRACT: *The water resources management systems are described with respect to their objectives and complexity. The possible conflict and unpredictable situations within the social determinants are described, as well as the need for the social activities (research, analyses and communication) aimed at resolving of such situations with respect to the water resources management systems.*

The analysis of relevant applicable regulations and of the examples from practice shows that the comprehensive, interdisciplinary approach is necessary in the domain of the water resources management systems. The paper wishes to stimulate the discussion and quality upgrading of the water resources management systems both in their conceptualization and practice.

KEY WORDS: *water management systems, socially oriented activities, interdisciplinary approach*

1. Vodnogospodarski sustavi i njihova svojstva

Voda je prirodni resurs kojega karakteriziraju osnovna svojstva:

- nezamjenjiva je životna namirnica,
- najrasprostranjeniji je biotop,
- u brojnim proizvodnim procesima služi kao sirovina i/ili sredstvo za rad,
- vodne pojave mogu biti vrlo razorne; mogu ugroziti ljudske živote i tečevine, kao i cjelokupnu prirodu,

Ekološka svojstva, potencijalne opasnosti, ali naročito zahtjevi za raspoloživošću vodnih resursa za socijalne potrebe i gospodarske svrhe zahtijevaju da se uspostavi i funkcionira vodnogospodarski sustav.

Vodnogospodarski sustavi (u daljnjem tekstu: VS) predstavljaju prirodne vodne sustave i skupove svih umjetnih, u prvom redu (hidrotehničkih) vodnih građevina i mjera na njima i na njihovoj okolini, s kojima se postiže manje ili više uspješno gospodarenje vodama. Pod prirodnim vodnim sustavima podrazumijevaju se konstitutivni dijelovi prirode (orografski i podzemni slivovi i hidrografska mreža na njima) u sklopu kojih se po prirodnim zakonima odvija hidrološki ciklus kao dio ekosistema (Petraš, Tropan, Trninić, 1992.).

Vodnogospodarski sustavi se koncipiraju kao modeli, a realiziraju kroz različite konkretne realizacije tehničkih zahvata (građevina i postupaka) u prirodnim vodnim potencijalima, ovisno o povjesnim, gospodarskim, socijalnim i kulturnim određenjima pojedinih sredina. Ukoliko VS nisu konceptijski konzistentni ili ako nisu cjeloviti u svojim realizacijama, mogu se dogoditi različiti poremećaji koji se očituju u kvaliteti funkcioniranja i rezultatima aktivnosti sustava. Ako VS shvatimo u prvom redu kao tehničko-tehnološke sustave, onda se takvi sustavi, i kao modeli, i kao konkretne realizacije, nalaze u interakcijama s relevantnim socijalnim okruženjem. Nedostaci i poremećaji u tim interakcijama javljaju se tada kao različiti nesporazumi, neusklađenosti privatnih i javnih interesa, te čak i kao konflikti pri pripremi planiranja i projektiranja, pri izvedbi, a i pri samom korištenju i održavanju VS¹.

Vodne građevine su građevinski objekti ili skup takvih objekata zajedno s pripadajućim uređajima, koji čine tehničku odnosno tehnološku cjelinu, a služe za uređenje vodotoka i drugih voda, zaštitu od štetnog djelovanja voda, zahvaćanje voda radi njihova namjenskog korištenja i za zaštitu voda. Prirodni vodni sustavi i izgradnja vodnih građevina na njima u fizičkom su smislu osnova VS, a procesi, koji se izražavaju kao poduzimanje različitih mjera na njima, tiču se u prvom redu potrebnog upravljanja i svrhovitog gospodarenja.

Promatrajući VS tijekom povijesti možemo razlikovati tri faze s obzirom na raspoloživost kvalitete i količina voda. Prva faza je dostatna raspoloživost voda za uglavnom jednonamjenske svrhe, druga faza je doba porasta potrošnje, ali istodobno i smanjivanja raspoloživih količina kvalitetne vode i to za višenamjenske potrebe, a u trećoj se fazi nastoje racionalno zadovoljiti potrebe za vodom, uz istodobnu zaštitu samih voda i mogućih njihovih štetnih djelovanja. Ta treća faza traži uravnoteživanje i

1 U pozitivnoj zakonskoj regulativi (Zakon o vodama - u prvom redu), susrećemo se s terminima kao što su: vodni režim, optimalno gospodarenje vodama, vodoprivredna djelatnost, vodoprivredni objekti i dr. O vodoprivrednim sustavima najcjelovitije piše B. Đorđević u knjizi: Vodoprivredni sustavi, Beograd, 1990. Autori se svjesno odlučuju na termin vodnogospodarski sustavi smatrajući da je bolji u semantičkom smislu.

optimalizaciju uvjeta i zahtjeva pa se ovdje traže preduvjeti za integralno upravljanje VS, na što većim dijelovima slivova bez obzira na granice (B. Đorđević, 1990.).

U nastojanju da se usklade potrebe za vodom jednoga društva s raspoloživim vodnim resursima, a bez štetnih utjecaja i posljedica na okoliš i ljude, realizira se gospodarenje vodama. To znači stalnu brigu za vode, bilo da su one dio prirodnih vodnih sustava ili da su u umjetnim vodnim sustavima.

S razvitkom pojedinog društva zaoštavaju se sukobi interesa u području voda, rastu zahtjevi da se poveća efikasnost VS, zbog čega je nužno stalno podešavati i dograđivati sustav.

U ovom radu posebno želimo istaknuti dio onih osobitosti VS koje su, kad povijesno gledamo, u prošlosti često bile izostavljane u razmišljanju, projektiranju i izvedbi sustava. Tek su naknadno, u tijeku iskorištavanja sustava, pokazale svoj značaj i vrijednost. To su ekonomski, sociološki i efekti zaštite okoliša.

Razmatranju ekonomskih efekata često se pristupalo tako da se tražilo neto ekonomske efekte ili da se vrijednost pojedinog VS ocjenjivala prema visini samo investicijske veličine. U današnjim uvjetima i u naprednim sredinama - u tržišno orijentiranom društvu - teži se postizanju što povoljnijeg odnosa troškova i koristi (cost/benefit ratio). Pri tome se široko razmatraju sve moguće vrste troškova i koristi koje mogu nastati tijekom planiranog vodnogospodarskog projekta. Problemima zaštite životnog okoliša također se predviđa vrlo široki pristup s obzirom na karakter promjena koje mogu nastati u okolišu, a koje može izazvati izgradnja VS. Teži se racionalnom pristupu i kompromisu budući da jednostrani pristupi, bilo "graditelja", bilo "zaštitara", ne smiju biti dominantni.

Nositelji ideja o VS mogu biti pojedinci ili skupine ljudi koji uvijek s određenim interesom pokreću ideju/projekt. Često te ideje/projekti zbog svoje dugoročnosti, ne realiziraju za života pokretača, pa ostaju nedovršeni. Poznato je da su davno potaknute ideje hidromelioracijskih radova u dolini rijeke Neretve kao i ideja plovnog kanala Dunav-Sava.

Prve pisane natuknice u potrebi melioracije neretvanske delte potječu iz kraja 17. stoljeća, a temelje je melioracijama u tom području dao svojim istraživanjima i projektima Domenico Mateis. Po njegovim projektima, 1845. godine počela je izgradnja obrambenog nasipa od Vida do Metkovića. Mateis je umro od malarije, pa je tek 1881. godine, nakon dugih rasprava, melioracija nastavljena s regulacijom korita rijeke Neretve i s ispuštima kroz riječnu obalu za zamuljivanje zaobalja. Radovi su završeni krajem 1888. godine, a službeno prihvaćeni polovicom 1889., te je tako Neretva postala plovnom od ušća do Metkovića za brodove do 2.000 brt nosivosti.

S obzirom na izuzetan prirodno-proizvodni potencijal, koji je integriran u posebnim mogućnostima klime, vode i zemljišta, 1953. godine začinje se ideja o stvarnoj melioraciji delte. Od 1954. do 1962. godine izrađena su tri projekta hidromelioracija i jedan iscrpan tehnički i ekonomski prijedlog. Konačno su stručnjaci Ujedinjenih naroda (FAO) počeli izradu novoga projekta melioracije 1962. i predali ga nosiocu PIK "Neretva" 1964. godine. Melioracijom je na spomenutom području do 1981. dobiveno 4.442 ha neto površine sposobne za obradu (Crkvenčić et al, 1989.). Sa sigurnošću možemo reći da u delti Neretve hidromelioracije nisu dovršene.

Prvi pisani dokumenti o potrebi izgradnje kanala Dunav-Sava datiraju iz 1777. godine a prvi nacrti iz 1795. godine. U raspoloživim podacima iz 1879., 1889., 1907., 1918., 1938., 1947., 1952., 1957. i 1961. godine u prvom redu se upozorava na značenje kanala za skraćenje plovnoga puta na relaciji između Vukovara, Beograda, Šamca i jadrana-

skih luka. U idejnom projektu iz 1965. godine također je težišno značenje kanala za plovidbu, iako se upozorava i na utjecaj, odnosno poboljšanje odvodnjavanja i mogućnost navodnjavanja zemljišta. U studiji iz 1977. godine rješenje kanala je usklađeno s rješenjem regulirane Save i predviđenih protočnih hidroelektrana, ali je zapostavljeno značenje kanala za odvodnjavanje (RVIZ 1987.). Kanal Dunav-Sava predstavlja i dalje projekt koji će se tek realizirati kao jedan od strateških projekata hrvatske države.

2. O sociološkom okruženju

Unatoč izraženoj želji da se zadovolje potrebe za vodom, da se osigura zaštita od vode i zaštita okoliša, bilo je i ima slučajeva da se izgrađene vodnogospodarske objekte nerado prihvaća ili se trpe različite posljedice izmijenjenih prilika nastalih nakon izgradnje VS. Raspoloženja, stajališta i ponašanja, koja se na to odnose, izražavaju se kao relevantno socijalno okruženje VS.

U vezi s uspostavom, ostvarivanjem i funkcioniranjem VS, koje u najširem smislu svrstavamo u infrastrukturno-prostorna i građevno-prostorna uređenja i intervencije u okolišu, razmatrat ćemo sociološko orijentirane aktivnosti. Navedene aktivnosti ne poistovjećujemo sa sociološkim istraživanjima, iako su ta istraživanja nužna u konkretnim slučajevima. Sociološko orijentirane aktivnosti su po rasponu znatno šire od samih socioloških istraživanja. Te se aktivnosti - kao interakcije sa socijalnim okruženjem - tiču zadataka na identifikaciji i dijagnozi stanja u sklopu sociološki relevantnih kategorija i kriterija, a odnose se na utvrđivanje i određivanje mogućnosti rješavanja problema nastalih u vezi s VS. Takve aktivnosti promatramo kao skup komunikativnih procesa (informativnih, edukativnih i promotivnih) u javnosti i to u široj i posebno u stručnoj javnosti. U tom smislu takve su aktivnosti izraz interdisciplinarnog pristupa u cjelovitom pristupu VS i nužan uvjet suvremenih koncepcija managementa i marketinga. U strateškom razvoju društva, na razini države, lokalne uprave i samouprave, posebno u upravljanju okolišem (environmental management) imperativno se nameće potreba komunikacije s javnošću. Danas više nije upitno, a nije bilo ni prije dvadesetak godina (Ekonomska zajednica za suradnju i za razvoj, 1982.) da socijalne aspekte treba uključiti u programe i projekte zahvata u okolišu gdje su izričito istaknuti hidrološki, hidrogeološki, geotehnički, hidraulički i drugi aspekti VS. Važno je napomenuti da se u tom smislu osim teoretskih pristupa predlažu i sasvim praktične metode primjene specifičnih sociološki orijentiranih aktivnosti. No, spoznaja, sama po sebi, kao i raspoloživost praktičnih znanja, sama po sebi, još ne stvaraju promjene.

Vjerojatno ipak ne postoji konsenzus o tome treba li, u kojoj mjeri i na koji način, interpretirati u sustavima (pa tako i u VS) sociološke ciljeve, kriterije i aspekte. To više što se pojedini sustavi međusobno razlikuju i predočuju se kao specifični. To vrijedi i za vodnogospodarski sustav. Iako se interdisciplinarnost prihvaća u profesionalnim i znanstveno-obrazovnim krugovima kao "conditio sine qua non", ipak je još snažna tradicijski utemeljena razdioba između pojedinih područja i disciplina. Posebno se to primjećuje u društvenim, prirodnim i tehničkim sferama. Nisu rijetke polemike u kojima se spori o autonomnosti pojedine sfere/discipline, što u ekstremnim slučajevima uzrokuje isključivanje sociološki usmjerenih aktivnosti iz pretežito tehnicističkih ili ekonomističkih razmatranja sustava.

U osnovi mogu se i moraju razlikovati dvije skupine radi kojih su potrebne sociološko-komunikacijski usmjerene aktivnosti:

1. Javnost - bez obzira na neposredne interese mora biti obaviještavana o svim bitnim postojećim i predvidivim kvalitativnim promjenama u okolišu - u lokalnim i svjetskim

razmjerima. Nije dostatno očekivati upite, primjedbe ili proteste iz javnosti, već se kontinuirano treba pratiti obavještenost, raspoloženje i ponašanje javnosti prema pojavama i sadržajima u okolišu. To više, što javnost nije više samo pasivni promatrač, koji odobrava ili ne odobrava pojedine programe i postupke, nego je pomoću različitih oblika participacije (političke stranke ili nevladine organizacije) aktivni sudionik.

2. Interesne grupe se u svojim interesima prema pojedinim pojavama, i prema svemu što im slijedi kao njihova operacionalizacija, mogu razlikovati, te biti i u konfliktu. No, ako i nema razlika, ni konflikata, potrebno je komunikacijsko usklađenje, suočavanje različitih interesa i sudjelovanja na realizaciji istog posla ili projekta. Naime, i sama informacijsko-komunikacijska neusklađenost može postati izvorom konflikata.

3. Zakonski aspekti

Cjelokupno zakonodavstvo u pojedinoj državi mora osiguravati ostvarivanje i zadovoljavanje prethodno spomenutih subjekata - javnosti i interesnih grupa. Osim zakonskih pretpostavki osiguranje uspješnog funkcioniranja jednoga društva događa se i slijedom kulturno-gospodarskih zrelosti jedne sredine i vremena. Kada se određena aktivnost izvršava i bez izričite zakonske prisile, ali, zapravo, pod posrednim pritiskom tržišnih regulacija, može se govoriti o postignuću kvalitete življenja. Primjer predstavljaju normativi i smjernice za osiguravanje kvalitete, poznatije pod nazivom ISO 9000. Običajno usvojeni civilizacijsko-kulturni standardi i načini ponašanja u jednoj zajednici mogu biti i snažniji nego zakonske prisile. Iluzija je stoga vjerovati da se optimalno rješenje može postići isključivo na temelju zakonskih propisa i njihovim striktnim pridržavanjem, uz oštre sankcije.

U kontekstu ove rasprave u prvom redu nas zanimaju postojeći zakonski aspekti u našoj sredini i to upravo oni zakoni koji reguliraju prostor i okoliš u cjelini. To su sljedeći osnovni zakoni:

- Zakon o prostornom uređenju,
- Zakon o zaštiti okoliša,
- Zakon o vodama i
- Zakon o građenju.

Od zakona čije se donošenje uskoro očekuje, za ovu problematiku bit će važni Zakon o komunalnom gospodarstvu i Zakon o otpadu. Od zakonskih odredbi niže razine tu je još Pravilnik o izradi studije o utjecaju na okolinu, koji još uvijek vrijedi.

Zakon o prostornom uređenju uvjetuje sadržaj i obuhvat raznih kategorija prostornih planova i konkretnih uvjeta izgradnje, odnosno uređenja (lokacijski uvjeti), također zastupajući i osnovna načela. Iz općenitih odredbi toga zakona možemo pretpostaviti da su uključene i sociološko-komunikacijske aktivnosti, iako se o njima eksplicite ne govori. Naime, u članku 2. navodi se integralni pristup u planiranju prostora, što pretpostavlja poznavanje, provjeru i procjenu mogućnosti razvoja u prostoru. U članku 3. ističe se, između ostalog, i načelo "osiguranja boljih uvjeta života", te "usaglašavanje interesa korisnika prostora i prioriteta djelovanja u prostoru". U poglavlju DOKUMENTI PROSTORNOG RAZVOJA za kategoriju prostornog plana uređenja općine ili grada traži se da se povede i javna rasprava o prijedlogu plana, a isto to se traži i za prostorni plan županije (članak 19.). U oba slučaja se način i postupak provođenja rasprave utvrđuju statutom županije, grada odnosno općine. Ostaje upitno na koji način se osigurava potreban jedinstveni stručni metodološki pristup organiziranja takve rasprave, da ona ne bi bila samo formalni čin.

U **Zakonu o zaštiti okoliša** već se uvodno ističu ciljevi koji, premda načelno, neposredno izražavaju opći i socijalni interes u osiguravanju i poboljšanju kvalitete življenja za dobrobit sadašnjih i budućih generacija. Uvažavanje je socijalnih aspekata u tome zakonu vidljivo i na drugim mjestima. Tako se u članku 14. zastupa načelo cjelovitosti, kojim se traži zajedničko djelovanje i suradnja državne uprave s lokalnom upravom i samoupravom, te posebno načelo poštivanja prava građana na zdravlje i čist okoliš. U članku 26. određuje se, između ostalog, rok i način sudjelovanja javnosti u proceduri izrade studije o utjecaju na okoliš i donošenju konačne odluke o zahvatu u okoliš. Prema tome to se odnosi i na bilo koji vodnogospodarski projekt/sistem. Važno je istaknuti i odredbu članka 49. gdje se traži javnost podataka o stanju u okolišu što je preduvjet uspješnom rješavanju pojedinačnih problema. Odgovornost se, međutim, (članci 50.-59.) poistovjećuje s odgovornošću za fizičko onečišćenje okoliša, kojim može nastati i šteta. Izostavljena je kategorija odgovornosti u širem smislu (npr. za krivo ili nepravovremeno obavještanje, za nepoduzimanje potrebnih edukativnih aktivnosti, pa i za nepoduzimanje potrebnih sociološki usmjerenih istraživanja). Smatramo konceptijskim nedostatkom što u dijelu odredbi o nadzoru nad primjenom zakona nije predviđeno praćenje pokazatelja stanja u okolišu koji imaju socijalni karakter. Trebalo bi osigurati sustavno praćenje i "stanja svijesti", znanja i ponašanja javnosti i korisnika prostora koji su povezani s djelovanjem nekog podsustava, u našem slučaju vodnogospodarskog. Navedeni zakon u svojoj ukupnosti respektira socijalne aspekte, što je i razumljivo budući da se u njemu reflektiraju međunarodna iskustva i brojne konvencije čiji je potpisnik Republika Hrvatska.

U **Zakonu o vodama** prepoznajemo sociološke uvide u općim određenjima koja se odnose na vodoprivredne grane: gospodarenje vodama, utvrđivanje uvjeta i mjera za zaštitu od štetnog djelovanja voda, zaštitu voda od zagađivanja, te korištenje voda. Odredbe u članku 15., u vezi s donošenjem vodoprivredne osnove, ostavljaju mogućnost realizacije sociološki orijentiranih aktivnosti budući da se na sam postupak pripreme i donošenja primjenjuju propisi koji se odnose na prostorne planove. U praksi je zabilježena uspješna javna rasprava kada se donosila Vodoprivredna osnova Grada Zagreba u razdoblju od 15. travnja do 15. srpnja 1982.godine (3 mjeseca).

U članku 30. navode se djelatnosti koje mogu stvarati izrazite razlike u interesima i stvoriti proturječne, odnosno konfliktnu situacije (izvorišta za javnu vodoopskrbu, korištenje voda u energetske i pogonske svrhe, ispuštanje otpadnih voda). Pripremanje i izdavanje vodoprivrednih suglasnosti i dozvola postavljeno je kao organizacijsko-administrativni i tehnički proces i procedura.

Članci 45.-50. Zakona odnose se na važna vlasnička, posjedovna i ekonomsko-gospodarska pitanja u vezi s izgradnjom vodnogospodarskih objekata i s upravljanjem zemljištem. Osim što traže pravnu promjenu (napuštanje kategorije društvenog vlasništva), oni u vezi s planerskim građevnim ostvarenjem potiču na sociološka istraživanja i komuniciranja o kojima se prethodno govorilo. Posebice se to odnosi na zaštitu od poplava, te zaštitu od leda, erozija i bujica. Nedovoljno je učinkovito, svladavanje opasnih stanja, uvjetovati samo zakonski (što se tiče građana), a da se ne uoči kako su glavni pokretači ponašanja - vlastito znanje i motivacija da se sudjeluje u zaštiti. Tu se nužno javljaju bitne sociološke kategorije - solidarnost, interes za užu i širu zajednicu, shvaćanje javnog dobra i privatnog vlasništva itd. To se odnosi i na pitanje u okviru poglavlja ZAŠTITA MORA I VODA OD ZAGAĐIVANJA.

Zakon o građenju, osim što pretežno određuje tehnička svojstva građevine implicira ipak i sociološko okruženje i moguće interakcije svojim posebnim poglavljem SUDI-ONICI U GRAĐENJU, a također i poglavljem KORIŠTENJE I ODRŽAVANJE

GRAĐEVINE. U člancima 55. i 56., koji se odnose na inspekcijski nadzor, budući se poremećaji, zbog kojih treba izvršiti nadzor i propisati mjere sređivanja, mogu odnositi ne samo na građevinu nego i na same sudionike.

Naša zainteresiranost ima jasan cilj u ostvarivanju pretpostavki za proširenje socioloških aktivnosti u kompleksnom području VS. Ako se jednostavnom nadopunom zakonodavne aktivnosti, pomoću donošenja pratećih propisa, može ostvariti uvjete za provođenje tih aktivnosti-tim bolje. Nadalje, institucionalne, strukturne i upravljačke mjere daljne su pretpostavke za osiguravanje:

- socioloških ispitivanja u pripremi projekata VS - takozvano ustanovljavanje nultog stanja,
- socioloških praćenja - monitoringa u tijeku izvođenja i posebno važno - u tijeku korištenja VS,
- komuniciranja i kontakata s javnošću tijekom korištenja VS, uz kontinuirane edukativne aktivnosti.

Monitoring socioloških odnosa, koje uzrokuju VS, može i treba biti pretpostavka za povratnu vezu (feed-back) u procesu donošenja odluka kod uspješnog gospodarenja VS. Sociološki monitoring možemo usporediti s tehničkim mjerenjima koja se obvezno obavljaju na VS.

VS su dinamički i moraju biti adaptivni sustavi (IX. vodnogospodarski postulat: vodnogospodarstvo je dinamička, adaptivna kategorija - B.Đorđević, 1990.) i upravo zbog toga nužno je pomoću sustavnog pristupa osigurati mogućnosti za onakvo strukturiranje i primjenu VS koji će smanjiti ili potpuno spriječiti nastale konfliktne situacije.

Kontrolne mjere i sankcije predviđene su tako da se, nakon utvrđivanja odstupanja od zakona, primjenjuju potrebne sankcije. Pri tome mogu sasvim nepoznate ostati pobude koje su ljude navele na određene postupke. Ne zna se koliko su čvrsta stajališta kojima su se ljudi rukovodili, koliki je značaj u tome imalo znanje ili neznanje o ekološkim aspektima i o pravnim aspektima itd. O svemu tome uvide nam mogu dati određena sociološki usmjerena istraživanja i aktivnosti. One su nužno komplementarne zakonskim propisima bilo da ih zakon neposredno zahtijeva ili na njih upućuje. Dati ocjenu je li dovoljno da zakon samo upućuje ili je nužno da on izričito i zahtijeva - pitanje je na koje bi valjalo znanstveno odgovoriti.

4. PRIMJERI

4.1. Delta Neretve

Idejni začetnik i nositelj provedenih melioracijskih zahvata, s promjenama strukture proizvodnje u delti, bio je PIK "Neretva" iz Opuzena, uz velik osobni doprinos njegova dugogodišnjeg direktora Stanka Parmača. PIK "Neretva" oformljen je 1959. godine gotovo bez proizvodnog zemljišta. Provedenom melioracijom PIK je dobio više od 2.300 ha proizvodnih površina, koje se još uvijek pretežito koriste za povrtlarsko-ratarsku proizvodnju. Taj kombinat je imao 1982. godine 580 ha voćnjaka, od čega su na 65,5 posto površine bile mandarine.

Suvremenom agromelioracijom i promjenom strukture poljoprivredne proizvodnje, delta Neretve izbila je u prvi plan u proizvodnji mandarina. U obje općinske zajednice u delti - u Metkoviću i Pločama - voćarstvo u sklopu poljoprivredne proizvodnje ostvaruje najveći dio dohotka (Ploče 36,6 posto, Metković 46,6 posto u 1983. godini).

Provedeno osuvremenjivanje poljoprivredne proizvodnje izazvalo je ogromne promjene u načinu života i ponašanju stanovništva - posebice u odnosu prema proizvodnji na zemlji. Zemlja je danas u delti Neretve neusporedivo vrednija nego prije melioracija, a nastoji se kvalitetno obraditi svaki pedalj obradiva tla, jer se tako ostvaruju visoke zarade. Na zemlji rade i zarađuju svi slojevi stanovništva - od poljoprivrednika, preko industrijskih radnika do činovnika u upravi i društveno-političkim organizacijama. Tim više brine neodgovarajući odnos pojedinaca, društvenih institucija i privrednih organizacija prema nastavku melioracijskih radova u delti, koji kao da su izgubili dah. Ogroman napredak postignut u proizvodnji, kao svojevrsni odraz provedene melioracije u području "Opuzen-ušće", koja je išla i preko interesa pojedinaca i pored grupnovlasničke opstrukcije, pojedinačnih i grupnih barbarskih i obračunskih nastupa, nedvojbeni je zalag boljem životu koji se može ostvariti provedbom melioracija delte Neretve u cjelini. Melioracijom i ostatka od dvije trećine zemljišta delte, "Kuti" i "Vid-Norin", bilo bi moguće dosegnuti, od stručnjaka FAO-a prognozirani cilj - da se područje bivše Jugoslavije oslobodi barem uvoza agruma i to vlastitom proizvodnjom kvalitetnih mandarina i limuna u neretvanskoj dolini.

Suvremeni transformacijski procesi, koji se u osnovi temelje na melioraciji neretvanske blatije (i transformaciji poljoprivrede) i na procesima industrijalizacije, kao i na novom prometnom valoriziranju prostora uz tok Neretve i obale, postali su čimbenik nezaustavljivih vitalnih promjena u prostornom rasporedu stanovništva. U delti se ne radi samo o sve intenzivnijem pomicanju stanovništva iz ruralnih naselja u urbane centre, već o izrazitoj depopulaciji cjelokupnog vapnenačkog okriva i naseljavanja, ne samo gradskih središta, već i agrarno atraktivnih dijelova delte (melioriranih i onih koji će se meliorirati). Taj eksodus, donedavno razmjerno dosta gusto naseljenog vapnenačkog okriva, toliko je intenzivan, da su tradicionalna ruralna naselja u tom području praktički potpuno nestala sa zemljovidima. Preseljavanje u samu deltu, odnosno uz Neretvu i uz morsku obalu (ili manjim dijelom u područje Jezera, koja su prekopavanjem tunela - kanala učinjene plodnim poljem), postaje tako određenim "zaštitnim znakom" suvremene transformacije te "obećane zemlje". Dakako, u području vapnenačkog okvira izrazito brzo napreduju ne samo procesi depopulacije, nego i osobito senilizacije (pa i feminizacije), tako da okvir Zagore ima i najmanje zaposlenih u društvenom sektoru: tu je tek jedna trećina od aktivnog stanovništva zaposleno, dok taj postotak na užem metkovićkom području iznosi blizu 70 posto, a na opuzenskom području gotovo 60 posto (Crkvenčić et al, 1989.).

Današnje stanje u delti Neretve karakteriziraju nedovršene demokratske promjene (privatizacija i denacionalizacija - u prvom redu) koje je grubo i neposredno ugrozila agresija na Hrvatsku i na Bosnu i Hercegovinu. Nedostaju istraživanja, ali se sa sigurnošću može reći da su novonastale prilike znatno ugrozile sve aktivnosti u delti. Tako na primjer opseg prometa u luci Ploče iznosi svega 4% od prometa prije ove agresije. Unatoč tomu Neretvane ne napušta nada.

4.2. Nimby-sindrom

U Americi i Kanadi došlo je osamdesetih godina do niza reakcija građana na predložene projekte za preradbu i odlaganje otpada. Te su se reakcije uglavnom svodile na to da nitko nije htio primiti u svoje mjesto ili gradsku četvrt bilo kakav objekt povezan s otpadom (spalionicu, kompostanu, smetlište). Takva reakcija građana, koja je zapravo kombinacija različitih čimbenika - socijalnih, psiholoških i ekonomskih - dobila je popularni naziv NIMBY-sindrom (*Non-in-my-BackYard*)² ili NIMBY-reakcija³ Pokazalo se da je ova NIMBY-reakcija prisutna i u drugim situacijama, a ne samo kada je riječ o projektima za otpad. Većina građana želi da se smetlišta odmaknu što dalje.

Oni u svojoj blizini ne žele ni tvornicu, ni cestu, a kamoli postrojenje za preradbu otpada. Sadašnje društvo potiče brz razvoj i promjenu, ali potiče i NIMBY-reakcije. Kako sveprisutnost medija ne karakterizira cjelovitost i jasnost, nego fragmentarnost i kontradiktornost informacija, to građani nisu često spremni na novine. Izlaz se traži u promjeni stajališta i ponašanja ljudi, vlada, poduzeća itd. No svodenje NIMBY-sindroma na problem brzih promjena u informatičkom društvu, pa čak i kada je riječ samo o uvođenju novih tehnologija ili energija, osvjetljuje samo jednu stranu nastajanja NIMBY-stajališta, a zapostavlja čitav niz drugih faktora. (Z. Šučur, 1992.)

Autor Z. Šučur analizira slučaj smetlišta u Mraclinu (selo u općini Velika Gorica) i neprimjeran odnos prema javnosti u rješavanju toga slučaja, nastalog zbog odlaganja komunalnog otpada. Kako se u rješavanju VS susrećemo i s potrebom odlaganja svih vrsta otpadne vode, uključujući i mulj s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, taj primjer i sam NIMBY-sindrom smatramo dovoljno zanimljivima za našu temu.

5. Umjesto zaključaka

Cjelokupnu aktivnost na gospodarenju i upravljanju VS treba podrediti sustavnim procesima - današnjoj i budućoj dobrobiti ljudi. U tom smislu, sudjelovanje javnosti treba osigurati na pogodan način, kao preduvjet uspješnosti dobrog gospodarenja. Zakonodavne, institucijske, strukturne i upravljačke mjere pretpostavka su za realizaciju osnovnoga cilja.

Sociološko usmjerene aktivnosti moraju imati svoje mjesto u cijelom procesu - od ideje do realizacije i tijekom trajanja pojedinog VS. Profesionalnost njihova obavljanja bit će preduvjet za kvalitetnu povratnu vezu (feed-back) u procesu upravljanja VS. Sociološki monitoring uvelike može smanjiti neželjene efekte - konfliktne situacije.

Brojne i burne promjene u Republici Hrvatskoj nastale demokratskim promjenama i posebno agresijom na Hrvatsku zahtijevaju puno napora u usklađivanju pretpostavki, htijenja i stvarnosti. U Hrvatskoj je u tijeku proces stvaranja novih odnosa u društvu, stvaranja i usklađivanja interesa, propisa i stručnih smjernica. To je prava prilika za kvalitetne promjene shvaćanja i same prakse. Vodnogospodarski sustavi - postojeći i budući - omogućuju društveni opstanak i razvoj, ali ga mogu činiti i složenijim. Radi toga nužno je voditi brigu o poštivanju profesionalnih spoznaja i onih zakonskih odredbi koje su stečene u dosadašnjem razdoblju, a tiču se opisanih i analiziranih socioloških aktivnosti.

Pozivom na međunarodno iskustvo i praksu ovdje je relevantno upozoriti na Strateški plan dunavske regije 1995.-2005. (6.) u kojem sudjeluje i Republika Hrvatska. U nedavno objavljenom izvještaju može se naći, osim podataka i zaključaka koji se odnose na sam zadatak, dobar pregled kriterija i postupaka koji su se upotrijebili na tom zadatku. Za temu na primjer je važno sljedeće: BAT/BEP kriterij (Best Available Techniques / Best Environmental Practice) gdje je BAT u prvom redu tehnički, a BEP kontrolno-regulacijski postupak. Teži se optimalizaciji suodnosa BAT/BEP. Među sudionicima (Actors) posebno se ističu javnost i nevladine organizacije (The General Public and Non-governmental Organizations).

2 "Ne u mojem dvorištu".

3 Neki autori (vidi: Sauriol, 1990) misle da termin NIMBY-sindrom nije prikladan i da treba govoriti o NIMBY-reakciji ili NIMBY-refleksu. Ovaj refleks je socijalni fenomen koji sasvim realno odražava strahove i strepnje ljudi u pogledu anticipiranog pogoršanja kvalitete života.

Već ovih nekoliko natuknica pokazuje da se u međunarodnim razmjerima razvijenoga svijeta ne može naći gotovo nijedan priručnik, investicijski program, projektni zadatak, procedura praćenja, korištenja i održavanja urednog i izgrađenog prostora, koji - sa stanovništa integralne kvalitete okoliša - ne bi tražio uvid u "socijalno stanje"/"socijalno okruženje", tj. interese, stajališta i oblike ponašanja neposrednih sudionika konkretnoga zahvata. Zadatak nije više uvjeravanje u potrebitost uključivanja interakcija sa socijalnim okruženjem uz strateške i operativne planove, već teorijsko-metodološko i problemsko produbljivanje, primjena i verifikacija pojedinih tehnika i metoda. Interpretacija i vrednovanje rezultata pojedinačnih istraživanja i stalnog praćenja imaju za cilj optimalizaciju uravnoteženog tehnološkog i društvenog razvitka.

Literatura

1. Petraš, J., Tropan, Lj., Trninić, D.: Primjena automatizacije u upravljanju vodoprivrednim sistemima, Zbornik radova 37. međunarodnog godišnjeg skupa KOREMA, Zagreb, 1992. str. 165-170
2. Đorđević, B.: Vodoprivredni sistemi, Naučna knjiga; Građevinski fakultet, Beograd 1990.
3. Crkvenčić, J., Feletar, D., Malić, A., Počakal, M., Riđanović, J.: Geografske osnove suvremenih društveno-ekonomskih promjena u općini Metković, Geografski glasnik, Zagreb, 51 (51) 1989., str. 29 - 56
4. Republička vodoprivredna interesna zajednica, Zagreb i Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica "Biđ-Bosut", Vinkovci: Kanal Dunav-Sava, 1987.
5. Ekonomska zajednica za suradnju i razvoj: ZAJEDNIČKI AKCIONI PROGRAM - VIŠENAMJENSKI VODOPRIVREDNI PROJEKTI, Njihovo projektovanje i urednovanje sa ekonomskog, društvenog i stanovništva zaštite životne sredine, Priručnik, Pariz 1982.
6. Task force for the programme: Environmental Programme for the Danube River Basin-Strategic Action Plan for the Danube River Basin 1995 - 2005, Bruxelles, 1994.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Boris Beraković

R 1-05

Gospodarenje vodama

SAŽETAK: Planirana konferencija prilika je i mjesto da se u nas u novim uvjetima utvrde osnove gospodarenja vodama, te da se na osnovi utvrđenih osnova ocijeni postojeće stanje i ukaže na smjerove razvoja i djelovanja u području voda.

Postavljanje osnova gospodarenja vodama samo za sebe je vrlo složeno pitanje i moguće je da to čini samostalnu temu konferencije. Prijedlog osnova gospodarenja vodama izložen je u prvom broju "Hrvatskih voda", a ovim se referatom želi na konferenciji još jedanput, ali sada neposredno, potaći rasprava i usvajanje osnova gospodarenja vodama.

Usvajanje osnova polazište je za ocjenu stanja i pronalaženje mogućnosti unapređenja gospodarenja. Dosadašnji rezultati daju naslutiti da je moguće poboljšati gospodarenje vodama, te da je korisno cjelovito sagledati stanje u gospodarenju vodama i na osnovi njega izabrati putove unapređenja gospodarenja vodama.

Ovim materijalom daje se prijedlog osnova, a na konferenciji se očekuje rasprava, usvajanje osnova gospodarenja vodama, naznake ocjene stanja i preporuka za daljnji rad na unapređenju gospodarenja vodama u nas, te dogovor o radu do sljedeće Hrvatske konferencije o vodama.

KLJUČNE RIJEČI: *gospodarenje vodama, raspoloživo blago, potrebe, rješenja, područje rješavanja, kriteriji*

Water Resources Management

ABSTRACT: This Conference is an occasion and the right place to set the water resources management philosophy tailored to the new conditions, and to use it for evaluation of the present status and indicate the directions of development and activities in the field of the water resources management.

Setting the water resources management philosophy is in itself a very complex issue and it could be a separate Conference topic. The outlines of the water resources management philosophy were depicted in the first issue of the Croatian Waters Journal, and this paper is intended to initiate the open discussion and its acceptance during the Conference.

Acceptance of the philosophy would be the starting point for evaluation of the situation and finding the possibilities for management improvement. The results achieved so far have indicated that water resources management improvement is possible, and that it is useful to have an integrated approach which would lead to selection of improvement procedures.

The paper is the basics draft, and the discussion, acceptance of the philosophy, outlines of status evaluation and recommendations for future works on water resources management improvement are expected from this Conference, as well as the agreement on the activities to be conducted until the next Conference.

KEY WORDS: *water resources management, available resources, needs, solutions, problem-solving domain, criteria*

1. Uvod

Otvarajući novu stranicu u povijesti našega gospodarstva nameće se kao potreba određivanje osnova tog gospodarstva u novim uvjetima. Pritom se polazi od postojećih spoznaja u nas i u svijetu.

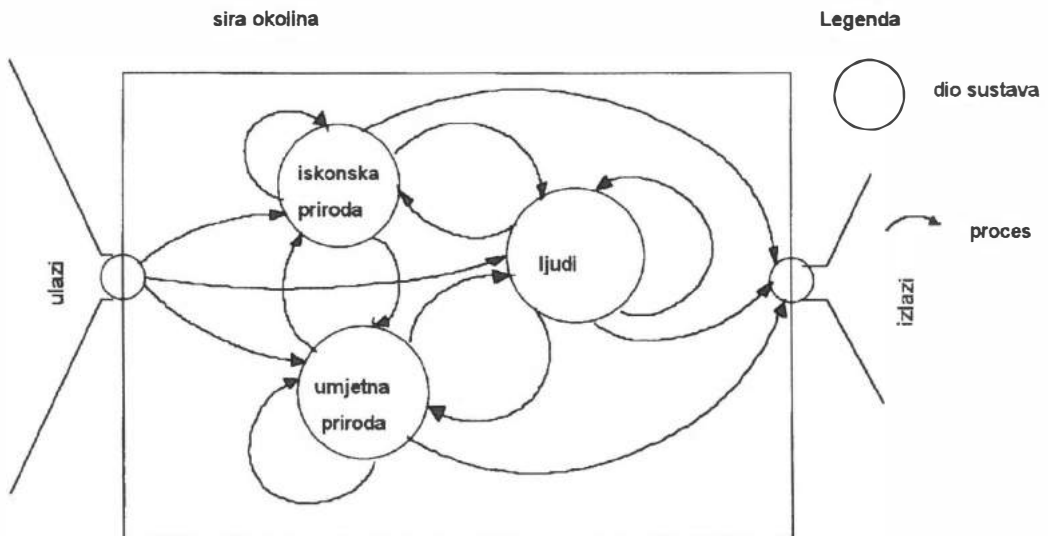
Cilj je ovoga rada da ponudi jednu od osnovica povezivanja djelovanja svih, koji djeluju ili bi trebali djelovati na području gospodarenja vodama, s konačnim ciljem unapređenja gospodarenja vodama.

Očekuje se da će se tijekom konferencije raspraviti i izabrati osnove pristupa gospodarenju vodama, te time uspostaviti sustav vrednovanja djelovanja u području voda.

2. Općenito

Kada se u ovome materijalu govori o gospodarenju vodama, misli se na raspolaganje vodama, brigu o vodama i zadovoljavanje potreba čovjeka (ljudskoga društva) vezanih na vode.

Očigledno je da je gospodarenje vodama vrlo složena ljudska djelatnost. U cilju sagledavanja i proučavanja svojstava djelatnosti u području voda, sagledavanja i proučavanja mogućnosti djelovanja u tom području, te izbora djelovanja pogodno je tu složenu djelatnost razdijeliti na manje složene dijelove te provesti na njima proučavanje i sagledati kako svojstva tih manje složenih dijelova tako i njihovo zajedničko djelovanje.



Slika 1.
Figure 1.

Pokazuje se da je prikladno proučavati građu tih dijelova i zbivanja (procesu), koja se ostvaruju unutar i između tih dijelova. Pri tome se građa dijelova može smatrati postojanom (statička komponenta), dok zbivanja mijenjaju tijekom vremena stanja dijelova i cjeline (dinamička komponenta). U osnovi se građa (struktura) jednostavnije prepoznaje i sagledava u odnosu na zbivanja (procesu) koja se tijekom vremena mijenjaju.

Iz opisa gospodarenja mogu se izdvojiti tri manje složena dijela: raspoloživa dobra, sredstva kojima se ona koriste i ljudi, kao nosioci potreba (ciljeva) koje se ostvaruju gospodarenjem dobrima. Drugim se riječima građa može opisati kroz tri dijela (elementa) - a) iskonsku prirodu (u kojoj se nalaze dobra), b) umjetnu prirodu (koja omogućuje korištenje dobara) i c) ljudsko društvo (koje potiče sve djelatnosti, koje je mjesto nastanka potreba), koji su prikazani na slici 1. Sva zbivanja u opisanim dijelovima, između njih, te zbivanja između izdvojenoga dijela (sustava) i okoline nazivamo procesima.

Ako se izloženo poveže s opisom gospodarenja, može se reći da se gospodarenje ostvaruje djelovanjem na procese (zbivanja, odnose između i unutar elemenata opisanog sustava i sustava i okoline) i građu (strukturu) umjetne prirode.

3. Kratak opis građe sustava i procesa

U cilju boljšega razumijevanja gospodarenja vodama neophodno je poznavanje građe sustava i procesa u tom sustavu, te procesa između sustava i šire okoline. Građa sustava i procesi pojedinačno nisu nepoznanica, međutim vrlo je značajno prepoznati cijeli sustav i njegovo djelovanje, dakle složenost i međusobnu povezanost svih dijelova kako unutar sebe tako i između sebe, jer to omogućuje i bolje gospodarenje samim sustavom.

Najkraće se može reći da kao rezultat procesa u društvu (proces: ljudi - ljudi, slika 1) nastaju (oblikuju se) potrebe, želje i htijenja u odnosu na sva blaga (resurse) pa prema tome i u odnosu na vodu. Te su se potrebe, želje i htijenja u početku razvoja društva sa stajališta voda zadovoljavale neposredno u iskonskoj prirodi (proces: ljudi - iskonska priroda, slika 1), da bi se vremenom sve više zadovoljavale preko umjetne prirode (proces: ljudi - umjetna priroda - iskonska priroda, struktura umjetne prirode, slika 1).

Blago - voda, koja omogućuje život i zadovoljava dio potreba razvoja društva nalazi se u iskonskoj prirodi te je nužno njeno poznavanje. Najgrublje se iskonska priroda može podijeliti na živi i neživi svijet, koji se dalje može podijeliti na vodu, zrak i tlo. Unutar svakoga od ovih dijelova, kao i između njih i okoline iz koje je dio iskonske prirode izdvojen također postoje procesi. Sa stajališta gospodarenja vodama značajni su procesi u kojima sudjeluje voda, odnosno koji imaju odraza na vodu.

Ljudi su dio iskonske prirode, međutim, oni su svojim djelovanjem značajno promijenili mnoge dijelove prirode i još uvijek ih mijenjaju. Obzirom na osobine ljudi i njihovog odnosa prema prirodi, opravdano je ljude izdvojiti kao zaseban element. Kad se govori samo o ljudima mogu se pojednostavnjeno uočiti:

- potrebe u odnosu na vodu, kao pokretač svih djelatnosti ljudi (odnos prema prirodi, vanjski odnos), i
- stanje i razvoj društva (unutarnji odnos) kao sredine koja svojim stanjem i razvojem određuje i ljudske potrebe, pa time i potrebe u odnosu na vodu.

Ljudska zajednica u svojoj cjelokupnosti stvara (generira) određene potrebe, koje se zadovoljavaju u iskonskoj prirodi i/ili unutar same zajednice, bilo neposredno bilo preko nekih posrednika (umjetna priroda, npr. građevine i sl).

U tom smislu potreba postaje mjerilo zadovoljstva stanjem i odnosima. Ako se izloženo poveže s gospodarenjem vodama, onda se može reći da se gospodarenjem vodama, kao trajnom aktivnošću, stalno uspostavljaju takva stanja i odnosi u kojima se ostvaruje zadovoljenje potreba vezanih na vode. S time da gospodarenje nije samo zadovoljavanje potreba, već i izbor potreba koje se trebaju zadovoljiti i izbor kako ih zadovoljiti, a da se ne unište prirodne i stvorene vrijednosti, kao i da se ne naruši stanje i odnosi u prirodi i društvu.

Izvorne su potrebe korištenje i zaštita od voda, dok se treća grupa, zaštita voda, pojavila kao posljedica promjena u prirodi i životnoj sredini koje je prouzročio čovjek svojim djelovanjem, te se ta grupa zapravo može smatrati problemom poremećenih odnosa čovjeka i prirode (životne sredine). Problem, odnosno potreba zaštite voda, nastaje kao posljedica intenzivnoga razvoja čovjeka, ogromnih količina različitih otpada koji se odlažu neposredno u prostor ili prenose vodom.

Za razliku od iskonske prirode i ljudskog društva umjetnu prirodu stvara sam čovjek prema svojim zamislima, u prvom redu kao posrednika i kao sredstvo za preoblikovanje prirode i njenih procesa svojim potrebama. Sa stajališta zadovoljavanja potreba i odnosa prema vodi, može se uočiti:

- umjetna priroda (građevine) kojima se prilagođuju procesi kretanja vode u iskonskoj prirodi potrebama ljudi (vodoopskrbni sustavi, hidroenergetski sustavi, plovidbeni sustavi, sustavi za obranu od voda, višenamjenski sustavi), i
- umjetna priroda koja nije u funkciji korištenja ili zaštite od voda, ali koja djeluje na procese kretanja vode i koja djeluje na kvalitetu i općenito stanje voda i njenu upotrebljivost.

Ako se promatraju procesi unutar umjetne prirode, može se uočiti da su to planirani, osmišljeni procesi, da se na njih djeluje i može djelovati. Također se uočava da su procesi između čovjeka i umjetne prirode i umjetne prirode i iskonske prirode također osmišljeni i planirani, drugim riječima rezultat su djelovanja čovjeka. Činjenica je da dio procesa izmakne čovjekovoj kontroli, ali i to opet ovisi o samome čovjeku.

Zaključno se može reći, da postoji spoznaja o sva tri dijela sustava u kojem se provodi gospodarenje vodama, kao i o procesima koji se zbivaju unutar pojedinih dijelova i između njih. Nadalje se uočava također da su to složeni procesi, da su još složenije interakcije (međudjelovanje) pojedinih dijelova, te da gospodarenje vodama obuhvaća praktično sve oblike djelovanja čovjeka.

4. Znanja potrebna za gospodarenje vodama

Pristupajući gospodarenju vodama, nakon općih spoznaja o svojstvima gospodarenja vodama, kao sljedeće se pitanje postavlja koja su znanja potrebna kako bi se uspješno ostvarilo gospodarenje vodama.

Pri tome se postavljaju dva pitanja:

- koja znanja zahtijeva samo gospodarenje vodama (odnosno koja su to potrebna znanja sa stajališta samoga gospodarenja koja se mogu prepoznati, tzv problemska orijentacija), i
- s kojim sananjima raspolaže onaj (oni) koji provode gospodarenje vodama (tzv osobna orijentacija).

Na osnovi obavljene problemske i osobne orijentacije, provodi se usporedba (bilanca) potrebnih i raspoloživih znanja, što daje prvu osnovu za izbor načina i plana rada na gospodarenju vodama.

Budući da se gospodarenjem vodama ostvaruju ljudske potrebe u prirodi nužne su dvije grupe znanja:

- znanja koja se bave potrebama (htijenjima, željama), djelovanjem čovjeka, izborom djelovanja, rješenjima i
- znanja o prirodi, životu, životnim uvjetima i procesima u prirodi (posebno o vodi koja je predmet proučavanja).

Prema današnjim spoznajama, jedino timski rad omogućuje korištenje svih potrebnih i raspoloživih znanja kad se radi o tako složenim poslovima, kao što je gospodarenje vodama.

5. Ciljevi

Kao osnovni cilj gospodarenja vodama pokazuje se trajno uspostavljanje i održavanje ravnoteže odnosa čovjeka i prirode na području voda. Tako postavljen cilj je trajnoga karaktera, dakle nije ovisan o tekućim potrebama, što je nužno s obzirom na značaj vode, kako za čovjeka, tako i za život na Zemlji.

Osnovni ciljevi koji se žele ostvariti rješavanjem problema na području voda (složena vodoprivredna rješenja, gospodarenje vodama) mogu se opisati kao:

- razumno korištenje voda i zaštita od voda - zadovoljavanje potreba, i
 - očuvanje prirode, kulturne baštine i ostalih stvorenih vrijednosti - očuvanje prirode.
- Pritom se pod očuvanjem prirode podrazumijeva i zaštita, odnosno očuvanje vode, kao dijela prirode.

6 Kriteriji i mjerila za ocjenu ostvarenih ciljeva

U pripremi rada na gospodarenju vodama neophodno je definirati kriterije i njima odgovarajuća mjerila, što je osnova za izbor dobrog gospodarenja vodama. Kriterij je stanovište s kojega se ocjenjuje dobrota nekoga rješenja, a mjerilo mora biti njemu prilagođeno i stupanj je ostvarivanja kriterija, odnosno mjerilo je kvantifikacija kriterija.

Ovdje je još važno naglasiti da kriteriji i mjerila imaju trostruk zadatak:

- prvo se koriste za ocjenu današnjega stanja
- zatim se koriste kod izbora rješenja (gospodarenja vodama), i
- na kraju se koriste za ocjenu gospodarenja vodama i njegove uspješnosti

Polazeći od svojstava ciljeva čije se zadovoljavanje treba ocijeniti, mogu se istaknuti dvije skupine kriterija:

- kriterij razumnoga ispunjavanja ljudskih potreba, htijenja i djelovanja (zadovoljenja potreba) i
- kriterij uspostavljanja i održavanja prihvatljivih promjena u prirodi (očuvanje prirode, kulturne baštine i ostalih stvorenih vrijednosti).

U razradi kriterija vezanih na ocjenu uspješnosti gospodarenja vodama, mogu se i rastavljaju se složeni kriteriji na jednostavnije kriterije. To je sigurno važno područje, kojemu treba posvetiti više pažnje u odnosu na okvir ovog materijala.

7. Područje gospodarenja vodama

S ciljem ostvarenja prihvatljivoga i provedivoga gospodarenja vodama, mora se odrediti područje gospodarenja vodama. Ono se može definirati sa stajališta prostora, vremena i znanja. Područje istraživanja omeđuje se granicama, te se može govoriti o izboru granica gospodarenja vodama. Pritom se izabiru makro granice kojima se opisuje širina područja u kojem se rješava problem, odnosno zadatak i mikro granice, kojima se određuje dubina (detaljnost) do koje se problem želi rješavati.

Najkraće se može reći da se kao prostorne granice uzima sliv, vremenske se granice određuju u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti, a u znanju, gdje se ne bi trebale postavljati, postavljaju se zbog "ušteda" ili iz neznanja.

8. Zaključak

Završavajući ovaj opis, načinjena je kratka rekapitulacija, u kojoj su istaknute osnovne značajke gospodarenja vodama.

Gospodarenje vodama skup je vrlo složenih aktivnosti kojima se teži ostvariti razumno korištenje i zaštita od voda (zadovoljavanje potreba čovjeka) i pritom očuvati prirodu, kulturnu baštinu kao i ostale stvorene vrijednosti.

Gospodarenje se vodama ostvaruje djelovanjem na složeni sustav koji se može opisati kao sustav sastavljen od ljudskoga društva, iskonske i umjetne prirode unutar kojega postoje procesi (zbivanja), koji stalno mijenjaju stanje tog sustava.

Struktura (sastav) ljudskoga društva i iskonske prirode dani su, te se spomenutim aktivnostima ne mijenja ta struktura. Struktura umjetne prirode rezultat je rada čovjeka, što znači da se ona može oblikovati u funkciji ostvarenja ciljeva gospodarenja vodama.

Procesi u tako opisanu sustavu mogu se podijeliti u procese koji se ostvaruju unutar tri opisana podsustava, između njih, te između tih podsustava i okruženja sustava. Djelovati se može na sve procese, kroz to i na stanje sustava, i konačno na ostvarenje ciljeva gospodarenja vodama. Uspješnost ostvarenja ciljeva gospodarenja vodama ovisi o strukturi umjetne prirode i procesima koji se ostvaruju u promatranome sustavu.

Struktura sustava i procesi koji se ostvaruju u tom sustavu definiraju znanja koja su potrebna za cjelovito i svestrano gospodarenje vodama što je neophodno za ostvarenje ciljeva gospodarenja vodama.

Pojednostavljeno se može reći da se za izabrani sustav (sliv, dio sliva), koristeći potrebna znanja utvrđuje plan aktivnosti, kojima se očekuje ostvariti osnovni cilj gospodarenja vodama, te se te aktivnosti provode u djelo, prati njihov učinak, te po potrebi provode popravke tih aktivnosti.

Iako je to općenito poznato, vrijedi posebno naglasiti da je za dobro gospodarenje vodama neophodno poznavanje cijeloga sustava, kojim se gospodari i to kako poznavanje građe tako i poznavanje svih zbivanja (procesa), dakle poznavanje djelovanja sustava. Također je značajno naglasiti potrebu provođenja svestranoga gospodarenja vodama, što podrazumijeva korištenje svih potrebnih znanja u svrhu ostvarenja osnovnih ciljeva gospodarenja vodama.

U ovom radu nije dan osvrt na stanje gospodarenja vodama u nas, a nisu ni naznačene mogućnosti poboljšanja gospodarenja vodama. Polazi se od toga da je potrebno prvo

raspraviti osnove gospodarenja vodama, a tek je na osnovi toga moguće ocjenjivati stanje i pronalaziti mogućnosti poboljšanja postojećega gospodarenja vodama.

Očekuje se da se na konferenciji povede rasprava o osnovama gospodarenja, te da se utvrde zadaci na kojima će se raditi u razdoblju do sljedeće konferencije.

Literartura:

1. Beraković, B.: Vrednovanje složenih vodoprivrednih rješenja, disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1991,
2. Beraković, B., Fijan, Z.: Stanje operativnog istraživanja danas; EURO VI (VI evropski kongres o operativnim istraživanjima), VII 1983, Beč (kao saopćenje dano na X SYM-OP-IS'83, X 1983, Herceg Novi)
3. Fijan, Z., Beraković, B., Lauc, A.: Uzroci stanja i mogućnosti razvoja operativnog istraživanja; X konferencija IFORS (Međunarodno udruženje društava za operativna istraživanja), VII 1984, Washington, (kao saopćenje dano na XI SYM-OP-IS 84, X 1984, Herceg Novi)
4. Beraković, B.: Stanje i mogućnosti unapređenja u gospodarenju vodama; Drugi kongres o vodama Jugoslavije, Ljubljana, 27-29.10.1986, knjiga II, str. 645-652
5. Fijan, Z.: Bilješke s predavanja "Tehnologija rješavanja problema razvoja", Zagreb, 1989,
6. Beraković, B.: Gospodarenje vodama, Hrvatske vode, Zagreb, br.1, 1993,



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Berislav Tomičić

R 1-06

SP226 - Europski projekt za RTC u urbanoj odvonji

SAŽETAK: *U tijeku je stvaranje zajedničkih europskih standarda za ograničenje emisija zagađenja iz sustava urbane odvodnje. Europa se, suočena sa neizbježnim velikim ulaganjima, okreće potrazi za ekonomičnim rješenjima. SPRINT specifični projekt 226, financijski pomognut od EU, okuplja 18 organizacija različitoga profila u pokušaju da se kroz pilot-projekte i raznovrsne oblike širenja informacija uspostavi, provjeri i rasprostrani generalizirana i efikasna metodologija primjene suvremenih analitičkih inženjerskih alata i tehnologije upravljanja u realnome vremenu (RTC). Krajnji je cilj smanjenje troškova usklađenja funkcionalnosti kombiniranih sustava urbane odvodnje sa zahtjevima novih standarda. Projekt pokazuje različito stanje u pojedinim europskim zemljama, ali i signalizira veliki zamah ulaganja u urbanu odvodnju, proces u koji se Republika Hrvatska treba pravodobno uključiti.*

KLJUČNE RIJEČI: *Urbana odvodnja, SPRINT, kombinirani sustavi, preljevi, modeliranje, upravljanje*

SP226 - European Project for RTC of Municipal Sewage Systems

Abstract: *Preparation of the common European standards for limitation of pollution emissions from the municipal sewage systems is under way. Facing the inevitable large investments, Europe turns to more cost-effective solutions. SPRINT Specific Project 226, financially supported by EU, has gathered 18 organizations of different profile in an attempt to use pilot projects and various forms of information dissemination in order to set, verify and distribute a generalized and efficient methodology for application of modern analytical engineering tools and the Real-Time Control (RTC) technology. The objective is reduction of costs incurred by adapting the functionality of combined municipal sewage systems to the stipulations of new standards. The project shows different situation in different European countries and indicates a momentum in investments in municipal sewage - a process the Republic of Croatia should join on time.*

KEY WORDS: *municipal sewage, SPRINT, combined systems, overflows, modelling, control*

Uvod

Europska unija (EU) kroz svoje izvršne organe - direktorate europske komisije - pokreće i sponzorira niz projektnih programa koji pokrivaju različita zemljopisna, tematska i namjenska područja. Jedan je od takvih programa SPRINT¹ u kojem se financijski i logistički pomažu projekti u sferi novih tehnologija između razvijenih i manje razvijenih zemalja EU, te između "Hi-Tech" organizacija i krajnjih korisnika.

SPRINT specifični projekt SP226 "Upravljanje sustavima urbane odvodnje u realnom vremenu" zapažen je u profesionalnim i znanstvenim krugovima Europe koji se bave urbanom odvodnjom. Znanstvenici i projektanti, a posebno organizacije koje su odgovorne za pogon, održavanje i rukovanje sustavima urbane odvodnje suočeni su s golemim problemima izazvanim rastućim neskladom između sve strožih propisa koji teže ograničenju zagađenja okoliša ljudskim aktivnostima, te stvarnoga, neadekvatnoga stanja postojećih, pretežno kombiniranih sustava odvodnje u europskim gradovima.

U osnovi, projekt je usmjeren na transnacionalan prijenos najsuvremenije tehnologije i "know-how"-a u svezi s upravljanjem u realnom vremenu (RTC²). Međutim, aktivnosti projekta znatno su širega značaja: zahvaćaju čitav kompleks problema urbane odvodnje u suvremenim uvjetima s krajnjim ciljem da se pronađu ekonomična rješenja za poboljšanje funkcionalnosti sustava urbane odvodnje. U tom smislu, potrebno je uspostaviti pravilan odnos nove tehnologije s tradicionalnim pristupima, obično vezanim uz opsežne građevinske radove, te utvrditi metodologiju primjene visoke tehnologije koja će omogućiti efikasnu i trajno održivu funkcionalnost.

Projekt SP226, vrijedan ukupno oko 5 mil. ECU, okupio je 18 partnera iz 10 europskih zemalja. Vodeći je partner i glavni nositelj nove tehnologije Danski hidraulički institut iz Høsholma (Danska). Ostali partneri, uglavnom uvažene konzultantske kuće i krajnji korisnici - javna poduzeća komunalne djelatnosti, okupljeni su oko 9 pilot-projekta rasutih širom Europe. Nekoliko partnera - znanstvenih ustanova - djeluju kao lokalni organizatori seminara i tečajeva za zainteresiranu stručnu javnost.

Razlozi za RTC u urbanoj odvodnji

Projekt je SP226 inspiriran radikalizacijom regulative u sferi zaštite okoliša izazvane rastućom zabrinutošću zbog teških opterećenja emisijama zagađenja različitoga tipa, najčešće koncentriranih u područjima urbanih aglomeracija. Između ostalih relevantnih propisa, rigorozni nacionalni i zajednički europski standardi za ukupan tretman otpadnih i oborinskih voda - prikupljanje, transport i pročišćavanje, a posebno za ograničenje nekontroliranih izljeva iz kombiniranih sustava (CSO³) svakodnevno su na dnevnome rédu relevantnih organizacija. Neke zemlje već su uvele vrlo stroge kriterije, a u tijeku je objavljivanje zajedničkoga standarda EU, zasad u obliku preliminarnoga teksta koji u općem smislu regulira sve aspekte povezane sa urbanom odvodnjom. Kad bude usvojen, zemlje članice morat će usvojiti europski standard kao vlastiti i primjeniti ga bez obzira na specifične lokalne uvjete.

Proces koji je u tijeku izaziva potrebu za ogromnim ulaganjima kako bi se sustavi odvodnje, često zastarjeli i prilagođeni shvaćanjima i zahtjevima prošloga vremena, doveli u stanje zadovoljavajuće funkcionalnosti. Procjena izvršena u Danskoj nakon

1 RTC = Real Time Control

2 SPRINT = Specific Projects for Intra-Community Technology Transfer

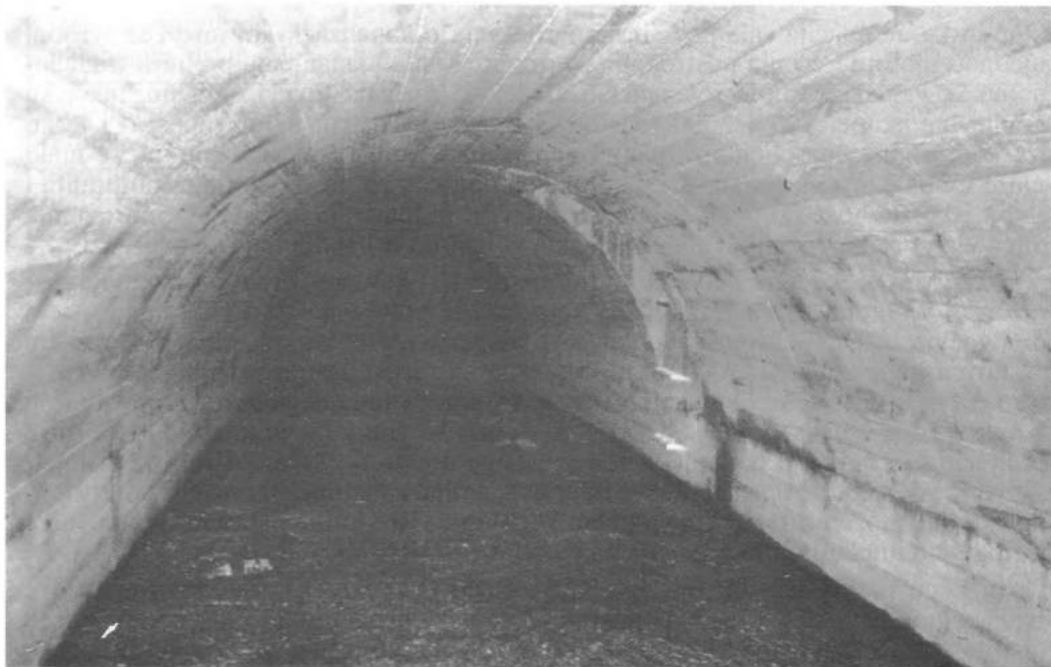
3 CSO = Combined Sewer Overflow

uvođenja strožih propisa 1990. godine, predviđa ukupan potreban trošak od 2×10^9 ECU kako bi se, uz primjenu isključivo tradicionalnih rješenja, stanje uskladilo sa propisima. Ova procjena mjerodavna je u kontekstu relativno visoka stupnja tretmana otpadnih i oborinskih voda postignuta u Danskoj već i prije 1990. Ekstrapolacijom na čitavu Europsku uniju (12 zemalja) ukupni se trošak procjenjuje na 100×10^9 ECU, ne računajući troškove potrebne da se dostigne stanje kao u Danskoj 1990. godine.

Ishodišta problema

Kombinirani su sustavi urbane odvodnje u pravilu heterogeni aglomerati građeni, dograđivani i rekonstruirani u nizu zahvata tokom više desetljeća, a često i više stoljeća. Sve donedavno važeća je premisa u filozofiji urbane odvodnje bila što brža i efikasnija odvodnja otpadnih i oborinskih voda s gradskog područja, ne vodeći računa o prijemniku. Način je na koji je ta ideja ostvarivana ovisio o raspoloživim finansijskim sredstvima, mogućnostima građevinske industrije i o važećim projektnim kriterijima. Rezultat takvoga razvoja jest da u tipičnome slučaju sustav urbane odvodnje djeluje kao neugoden stroj, u mnogim dijelovima preopterećen, dok u drugim postoji višak kapaciteta. Pojedini "dijelovi" zamijenjuju se novima, najčešće skupima, bez pravoga efekta.

Osim razvojnoga puta kanalizacijske mreže i uz to vezanih problema, izvor poteškoća je i u prirodi djelovanja kombiniranih sustava odvodnje. Oborinski događaji na ur-



Slika 1 Kanalizacijski kolektor - potencijalni retencijski prostor
Figure 1 Sewer collector - potential detention storage

banim slivovima, s kratkim vremenom koncentracije i rastućim koeficijentom otjecanja, izazivaju visoko, kratkotrajno hidrauličko opterećenje odvodne mreže sve češće nadmašujući raspoloživi transportni i retencioni kapacitet, izazivajući poplave i nekontrolirane izljeve nepročišćene vode.

Zbog značajnoga volumena kolektora (Sl. 1) ponekad usporediva s ukupnim volumenom otjecanja za uobičajene oborinske događaje, kanalizacijska mreža transformira dotok s urbanih slivova djelujući kao linijska akumulacija. To posebno dolazi do izražaja u sustavima s malim uzdužnim gradijentima. Međutim, zbog nepromjenjivih hidrauličkih karakteristika definiranih projektnim kriterijima za transportni kapacitet, volumen je u gornjim horizontima cjevovoda iskorišten samo za vrijeme maksimalnoga protoka mjerodavnoga ili većega oborinskoga događaja. Za svih ostalih događaja, taj volumen ne sudjeluje u transformaciji vala površinskoga otjecanja, pa dolazi do nepotrebno velike koncentracije dotoka na nizvodnome kraju mreže - kod postrojenja za pročišćavanje otpadnih i oborinskih voda - i za vrijeme relativno slabih oborina. Kapacitet postrojenja često je nadmašen i dolazi do nekontroliranih preljeva.

Izgradnja postrojenja za pročišćavanje kapitalan je zahvat u smislu poboljšanja tretmana otpadnih i oborinskih voda, prisutan gotovo redovito i već davno izvršen u najvećem broju slučajeva. Usprkos neospornom značajnom smanjenju opterećenja prijemnika, nemala su naknadna razočaranja izazvana izljevima nepročišćene vode za vrijeme oborinskih događaja i promjenjive efikasnosti procesa pročišćavanja zbog nepravovremenih reakcija u slučaju nagle promjene dotoka što izaziva akutna zagađenja u prijemniku.

Mjere za smanjenje nekontroliranih preljeva

Dopunska atenuacija vala površinskog otjecanja u kanalizacijskoj mreži sa svrhom ujednačenja opterećenja postrojenja za pročišćavanje i smanjenja preljeva tradicionalno se vrši izgradnjom retencijskih građevina različita tipa. U pravilu, takve su građevine skupe (200 - 1,500 ECU/m³ što ovisi o lokaciji i tipu objekta) i teško izvedive u gusto naseljenim urbanim područjima. Vrlo često nerazmjerno se malo ulaže u analizu funkcionalnosti planiranoga objekta, pa greške u dimenzioniranju i slaba iskorištenost skupoga volumena još više potenciraju visoko plaćenu cijenu. Slično je i s rehabilitacijom kanalizacijskih kolektora te ostalih objekata u mreži.

Alternativni, ili najčešće suplementarni pristup jest automatizirano upravljanje sustavom u realnome vremenu (RTC). Nesporno je potvrđeno da RTC sama po sebi omogućuje značajno povećanje efikasnosti ulaganja u procesu rehabilitacije i razvoja sustava urbane odvodnje. U tom smislu, velike su razlike zbog konfiguracije sustava. Kao primjer navodi se aktivno korištenje volumena tunelnoga sustava odvodnje u Göteborgu (Švedska) s više od 1x10⁶ m³, čime su gotovo u potpunosti izbjegnuti preljevi bez izgradnje dodatnoga retencijskoga prostora. Grad Zagreb na primjer, suočen s problemom potoka Medvednice uvedenih u kanalizacijski sustav, potencijalno rješenje može potražiti kroz aktivno korištenje više stotina tisuća m³ volumena u izgrađenim ili planiranim retencijama.

Osim neposrednih ušteta, značajne su i uštede zbog boljega razumijevanja uloge sustava koje se postiže kroz aktivnosti koje vode ka uvođenju RTC-a - permanentno opažanje procesa u sustavu (oborine, protoci,...), numeričkog modeliranja i systemske analize. Jedan izvor (ADS Environmental Services), navodi više primjera iz vlastitoga iskustva, uspoređujući razlike u planiranim troškovima rehabilitacije kanalizacijskoga sustava prije i poslije uvođenja permanentnoga sustava opažanja i analize mjerenih podataka s troškovima samoga sustava opažanja (Tablica 1).

Tablica 1 Omjer troškova i koristi za sustave permanentnoga opažanja u urbanoj odvodnji**Table 1** *Cost Benefit Analysis for Sewerage Instrumentation Projects*

PROJEKT	Originalna procjena troškova (x 10 ³ £)	Trošak za permanentno opažanje (x10 ³ £)	Ostvarena ušteda (x10 ³ £)	Omjer "COST/BENEFIT"
Houston, Texas (USA) Redukcija preljeva i eliminacija infiltracije	6,000	650	4,000	6:1
Columbus, Ohio (USA) Optimiziranje mreže i smanjenje istjecanja iz 36 preljeva	93,000	1,000	66,000	66:1
Indianapolis, Indiana (USA) Redukcija plavljenja i prelijevanja uklanjanjem "uskih grla", redukcija infiltracije	17,000	2,000	14,000	7:1
Chattanooga, Tennessee (USA) Optimizacija preljeva	73,000	400	40,000	100:1
Charlotte, N.Carolina (USA) Redukcija infiltracije i uklanjanje "uskih grla"	2,300	100	930	9:1
Washington, D.C. (USA) Projektiranje retencija za oborinsku vodu i redukcija infiltracije	2,900	80	1,700	21:1
Sidney (AUS) Analiza kapaciteta, modeliranje	2,700,000	8,800	1,500,000	170:1
Boston, Massachussets (USA) Planiranje/modeliranje preljeva	888,000	3,680	440,000	119:1
Frankfurt (D) Analiza kapaciteta, modeliranje	71,000	2,300	26,000	11:1

Generički put ka unapređenju

Uvođenje RTC sustava nije ultimativan odgovor na sve probleme u sustavima urbane odvodnje. Zapravo, u najvećem broju slučajeva, RTC ne treba i ne može biti prvo unapređenje, jer se RTC može uvesti tek kad je sustav o kojem je riječ prošao kroz niz stupnjeva, više ili manje zasnovanih na tradicionalnim metodama (CCTV⁴ inspekcija,

4 CCTV = Closed Conduit Television

dokumentiranje stanja sustava, poboljšani postupci održavanja, izgradnja postrojenja za pročišćavanje, uklanjanje najvažnijih "uskih grla" itd.). Pomak iz situacije s tradicionalnim načinom gospodarenja sustavom i sa minimalnim ili nepostojećim kapacitetima za pročišćavanje otpadnih voda prema potpuno operativnomu, ekonomičnomu i dobro vođenu sustavu koji zadovoljava i najstrože standarde, dugotrajan je i zahtjevan proces. Procjenjuje se da za veliki ili za srednji grad potpun prijelaz ne može biti izveden za manje od 8-15 godina. Ako ne zbog materijalnih razloga, ono zbog potrebe za istodobnom promjenom ponašanja glavnih zagađivača što je integralan dio prijelaza.

Put od tradicionalnoga k suvremenomu gospodarenju sustavom urbane odvodnje može biti različit, ali mnogi su gradovi koji su danas na relativno visoku razvojnomu stupnju slijedili približno sličan trag, prolazeći kroz karakteristične faze na "generičkome" putu razvoja. Sistematiziran u obliku tablice, tipičan razvojni slijed događaja omogućuje valjanu procjenu o trenutnome stanju za svaki konkretan slučaj, vrednujući ukupno 7 aspekata relevantnih za funkciju sustava urbane odvodnje (Tablica 2). Harmoničan razvoj trebao bi se ocrtavati u približno jednaku napretku u svih sedam elemenata.

Raspoloživa tehnologija i metodologija

Suvremeni se pristup unapređenju sustava urbane odvodnje temelji na intenzivnu korištenju produkata tehnološkoga razvitka u području informatike, automatizacije i procesne tehnike što omogućuje znatno veću efikasnost i pouzdanost ulaganja.

Komercijalni software za urbanu hidrologiju i hidrauliku u neprekidnu je razvitku. Uz proširenje funkcionalnosti softwarea na svekolike procese koji su važni za razumijevanje cjelokupne uloge sustava urbane odvodnje (npr. transport, depozicija i erozija sedimenta u kanalizacijskim kolektorima, transport otopljenih tvari, biološki i kemijski procesi u kanalizacijskoj mreži, infiltracija podzemne vode itd.), software postaje sve pristupačniji i jednostavniji za korištenje, prateći time potrebe sve širega kruga korisnika. Postupno dolazi i do otvaranja analitičkoga softwarea prema GIS-sustavima, što otvara nove horizonte u kombiniranoj primjeni. Može se reći da su dječje bolesti uspješno preboljene i da je simulacijski i analitički software za sustave urbane odvodnje postao pouzdano, snažno i nezamjenjivo pomagalo inženjera.

Paralelno s razvojem software-a, radaju se i razvijaju različite analitičke metodologije zasnovane na njegovu korištenju. Dobre ideje, često uvjetovane porastom kapaciteta računalnog hardwarea, evoluiraju i pretaču se u software kroz tijesnu suradnju specijaliziranih konzultantskih grupa i proizvođača softwarea. Na primjer, na taj način postupno je izgrađen sustav postupaka temeljen na kontinuiranoj simulaciji hidroloških i hidrauličkih procesa tokom višegodišnjih razdoblja, te na naknadnoj statističkoj obradi rezultata. Na taj je način moguće u "laboratorijskim" uvjetima precizno analizirati efekte pojedinih građevinskih zahvata ili kontrolnih strategija i tako optimalizirati ulaganja.

Nadzor je rada sustava i automatizirano upravljanje uređajima za regulaciju protoka, tehnološki složen pothvat. Specijalizirani proizvođači nude zadovoljavajući izbor proizvoda i rješenja, npr. senzora, inteligentnih automata za lokalno upravljanje, sustava za prijenos podataka, kontrolnoga softwarea i sl., često preuzetih iz procesne industrije i prilagođenih teškim pogonskim uvjetima koji vladaju u kanalizacijskoj mreži. U sprezi s ustavama, ventilima, crpkama i računalima u kontrolnome centru, ti elementi omogućuju upravljanje tečenjem u mreži, tako da se retencijski potencijal sustava koristi znatno efikasnije uz postojeću građevinsku infrastrukturu.

		Stupnjevi razvoja - Kombinirani sustavi urbane odvodnje							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Elementi sustava	Postrojenje za pročišćavanje	Ne postoji.	Primarno (mehaničko) pročišćavanje.	Primarno i sekundarno (biološko) pročišćavanje u pogonu - slaba efikasnost.	Primarno i sekundarno (biološko) pročišćavanje u pogonu - projektni kriteriji dostignuti.	Permanentan nadzor nad procesima, ograničenja identificirana.	Tanjnjano pročišćavanje (uklanjanje nutrijenata) u pogonu, "on-line" upotreba modela za prognozu efikasnosti pročišćavanja.	Primarni, sekundarni i tercijarni stupanj pročišćavanja u pogonu, "on-line" nadzor nad procesom pročišćavanja, integrirano modeliranje i optimizirano "on-line" upravljanje kanalizacijskom mrežom i oruđajem za pročišćavanje.	
	Kanalizacijska mreža	Izrasla na osnovi ad-hoc rješenja, ne postoji opći pregled stanja, održavanje i rehabilitacija nesistematični.	Opći pregled stanja u razvoju, održavanje i rehabilitacija u "sterom" stilu, javnost zabrinuta zbog plavljenja i zagađenja.	Opći pregled stanja uspostavljen, najvažnija "uska grla" riješena.	Detaljna baza podataka kanalizacijske mreže uspostavljena. Analiza stanja numeričkim modelima. Kritična mjesta identificirana i rekonstruirana.	Permanentni "on-line" nadzor. Izgradnja retencijskih bazena, identificirani dijelovi mreže sa neiskorištenim kapacitetom.	"On-line" upravljanje sustavom (punjenje i pražnjenje retencijskih bazena, korištenje raspoloživog volumena u cijevima, itd.).		Integrirano gospodarenje, uključujući "on-line" nadzor i modeliranje prijemnih vodotoka.
	Organizacija gospodarenja	Organizacija potpuno neprilagođena integralnom gospodarenju.	Manja specijalizirana grupa za gospodarenje sustavom.	Dvije odvojene grupe - sa postrojenje za pročišćavanje i za kanalizacijsku mrežu, održavanje redovito, manji radovi na rehabilitaciji.	Sistematičan pristup rehabilitaciji kanalizacijske mreže.	Rastući problemi zbog odvojenog gospodarenja postrojenjem za pročišćavanje i kanalizacijskom mrežom.	Postepeno prihvatanje integralnog pristupa gospodarenju.	Potpuno Integrirano.	
	Standardi	Ne postoje standardi u vezi industrijskih i ostalih otpadnih voda.	Ne postoje standardi ili se postojeći standardi ne primjenjuju, javnost nedovoljno obaviještena.	Budnost javnosti u vezi zagađenja ispuština iz kanalizacijske mreže u jakom porastu.	Standardi u primjeni, nadzor zagađenja otežan zbog nedostatka opreme i nedefiniranih postupaka.	Efikasna primjena važećih standarda, nadzor uz upotrebu specijalnih senzora.	Efikasna primjena važećih standarda, komunikacija s javnošću, "on-line" nadzor.	Bezuvjetno postivanje važećih standarda, neprekidna komunikacija s javnošću.	
Efekti	Onečišćenje okoliša	Prijemne vode teško onečišćene.	Stanje prijemnih voda neznatno poboljšano.	U početku slaba efikasnost pročišćavanja, zbog toksičnih industrijskih emisija i učestalih prelijeva nepročišćene vode.	Prijemne vode i dalje onečišćene zbog prelijeva i nepostojanja tercijarnog pročišćavanja.	Učestalost i količina prelijeva smanjeni, povoljan trend u kvaliteti prijemnih voda, problem nutrijenata i povremenih prelijeva još prisutan.	Samo izolirani slučajevi prelijeva nepročišćene vode za vrijeme jakih oborina. Prijemne vode znatno manje onečišćene.	Povećana efikasnost pročišćavanja, ukupna količina zagađenja iz kanalizacijskog sustava malena.	Kvalitet prijemnih voda zadovoljavajući.
	Plavljenje ulica i imovine	Redovito plavljenje za vrijeme intenzivnih oborina.	Redovito plavljenje za vrijeme intenzivnih oborina.	Smanjena učestalost i obim plavljenja.	Daljnje smanjenje učestalosti i obima plavljenja.	Plavljenje ulica i imovine vrlo rijetko i samo mjestimnično.	Plavljenje ulica i imovine vrlo rijetko i samo mjestimnično.	Plavljenje ulica i imovine vrlo rijetko i samo mjestimnično.	Plavljenje ne postoji kao značajan pogonski problem.
	Ekonomičnost	Bez posebnog tretmana.	Bez posebnog tretmana.	U početku velike investicije bez značajnijeg poboljšanja stanja.	Situacija poboljšana zbog bolje efikasnosti pročišćavanja.	Tekući troškovi visoki, potreba za ekonomičnim rješenjima.	Javnost zahtjeva ekonomična rješenja.	Ekonomičnost poboljšana, može se dokumentirati i objaviti.	Permanentan nadzor nad ekonomičnošću, javnost redovito izvještena.

Tablica 2 *Matrica sa tipičnim stupnjevima na generičkom putu razvoja kombiniranih sustava urbane odvodnje*
 Table 2 *Matrix with typical stages of the generic development path for combined urban drainage systems*

Europska praksa i elementi strategije razvoja urbane odvodnje i tretmana otpadnih voda u Republici Hrvatskoj

Unutar EU velike su razlike između pojedinih zemalja u tretmanu otpadnih i oborinskih voda. Skandinavske zemlje (Švedska i Danska) prednjače, što je posljedica izuzetno visokih, višedesetljetnih ulaganja u zaštitu okoliša. Ulaganja se financiraju kroz selektivnu poreznu politiku ili npr. putem naplate realnih visokih troškova odvodnje i pročišćavanja otpadne vode kod individualnih korisnika. U slabije razvijenim zemljama EU (Grčka, Portugal) velik dio darovanih sredstava i jeftinih kredita iz centralnih europskih fondova ulaže se upravo u odvodnju i pročišćavanje. Bez obzira na stupanj razvoja, u svim su zemljama EU ulaganja u sustave urbane odvodnje u zamahu. Potraga se za jeftinijim rješenjima otkriva kroz sve veće okretanje k "inteligentnim" sustavima, uz minimizaciju izuzetno skupih građevinskih zahvata. U veliku broju gradova suvremena tehnologija primjenjuje se u većoj ili manjoj mjeri, a naglo povećanje interesa za takva rješenja ukazuje da su iskustva pozitivna te se može očekivati da će se u idućih nekoliko godina ulaganja u RTC u kombiniranim sustavima urbane odvodnje znatno povećati i u relativnu i u apsolutnu smislu.

U procesu masovnoga usvajanja novih tehnologija, kao što je RTC u urbanoj odvodnji, neizbježno dolazi do integracije iskustava, znanja i tehnologija s područja čitave Europe. To je logičan nastavak temeljne integracije Europe koja se ostvaruje i kroz jedinstvenu europsku politiku na području zaštite okoliša utemeljenu na visokim standardima koji osiguravaju opstanak multimilijunskoj europskoj populaciji na relativno skućenu starome kontinentu, te dugoročnu održivost post-industrijske civilizacije na europskome tlu.

Republika Hrvatska, bez obzira na formalno članstvo u EU ili u nekoj drugoj organizaciji, želi li potvrditi svoju pripadnost europskome civilizacijskom krugu, istinski se uključiti u proces integracije i biti prihvaćena kao ozbiljan partner u zajedničkom korištenju prirodnih resursa, prije svega Jadranskoga mora i rijeka koje otječu izvan granica naše zemlje, mora napregnuti sve raspoložive snage kako bi uhvatila korak sa zahuktalim procesom "čišćenja" Europe, a u tom smislu i tretmana otpadnih i zagađenih oborinskih voda s urbanih slivova. Jaz koji se je stvorio kroz desetljeća nebrige, a vjerojatno i produbio usporenjem aktivnosti uzrokovanim agresijom i ratom, neugodna je stvarnost za koju zasad možda i postoji opravdanje. Međutim, moramo biti svjesni da će Republika Hrvatska već za pet ili deset godina biti prosuđivana isključivo prema onome što može pokazati, bez osvrtnja na prošlost. Koliko će u tome biti uspjeha, odnosno hoće li Hrvatska izboriti časno mjesto na ljestvici europskih zemalja kakvo joj i pripada, ovisi u najvećoj mjeri o nama samima.

Iskoristimo trenutni zaostatak kako bismo učili na greškama drugih. Prionimo ozbiljno i sustavno analizi naših problema u urbanoj odvodnji i onečišćenju prijemnih voda, kako bismo razumjeli što i kako možemo učiniti da racionaliziramo nizmjezne visoke troškove. Ne bojmo se otvorenosti prema svjetskim i europskim iskustvima: oslanjanje isključivo na "vlastite snage" nije uvijek optimalno rješenje.

Učinimo iskorak danas kako se sutra ne bismo stidjeli.

Bibliografija

- SP226: INTERIM REPORT No 1, No 2 i No 3 (DHI, 1993-94, Interna dokumentacija)
European Standard: Drain and Sewer Systems Outside Buildings, draft (Europski komitet za standardizaciju, 1992-94)
- SP226: REVISED FINAL REPORT - Blueprint for Implementation Phase (DHI, 1992, Interna dokumentacija)



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Dragutin Gereš

R 1-07

Putevi razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj

Sažetak: U Republici je Hrvatskoj, prije domovinskoga rata, 63% stanovništva imalo zadovoljavajuću opskrbu pitkom vodom. Ratnim je razaranjima pogoršano stanje vodoopskrbe. U sljedećim godinama mora biti posvećena posebna pozornost osiguranju kvalitetne vodoopskrbe za ukupno stanovništvo Republike Hrvatske. Investicije u programe razvoja vodoopskrbe moraju biti učinkovite, ali je također potrebno unaprijediti pogon i održavanje postojećih sustava. Opskrba vodom ne može se razmatrati izolirano, već kao dio združenoga upravljanja okolišem i razvojem. U referatu se prikazuju prilazi sanaciji i obnovi vodoopskrbe kao i skup mjera i akcija za razvoj vodoopskrbe.

Ključne riječi: vodoopskrba, ratne štete, strategija razvoja, združeno upravljanje.

Water Supply Trends in the Republic of Croatia

Abstract: Before the war, water supply of 63% of Croatian population was satisfactory. The war destruction deteriorated situation in the water supply sector. The activities in the coming years shall have to be focused on providing quality water supply for complete Croatian population. The investments into the water supply development programs must be effective, and the operation and maintenance of the existing systems shall have to be improved. The water supply cannot be considered separately; it is a part of integrated environment and development management. The paper describes an approach to remediation and revitalization of the water supply as a set of measures and activities aimed at water supply development.

Key words: water supply, war damages, development strategy, integrated management.

1. Uvod

Stanje vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj, i bez ratnih razaranja vodovoda i okupiranih izvorišta, ocjenjuje se nezadovoljavajućim. Agresijom na Hrvatsku uništeno je i oštećeno oko 10% raspoloživih kapaciteta vodoopskrbe pa je stanje danas takvo da se žurno moraju poduzeti akcije za poboljšanje vodoopskrbe kako bi se mogle zadovoljiti potrebe stanovništva i gospodarstva.

Gospodarska situacija u proteklom razdoblju utjecala je na nedostatak financijskih sredstava za brži i kvalitetniji razvoj vodoopskrbe u Republici. U posljednjih dvadesetak godina bilo je nastojanja da se angažiraju različiti izvori sredstava za razvoj vodoopskrbe. Te su akcije djelomično bile uspješne.

Unatoč tome, nije postignuta potrebna razina vodoopskrbe u Republici, pa je ostao nesklad između potreba za vodom i mogućnosti vodoopskrbe. Usto, prodajne cijene vode krajnjim potrošačima bile su također veoma niske i nisu omogućivale razvoj vodoopskrbe.

Pitanja nedovoljne razvijenosti vodoopskrbe u Republici potrebno je rješavati sustavno, određenom zakonskom regulativom, kako bi se stvorili nužni uvjeti za skladan razvoj učinkovitoga gospodarstva i kako bi se kvalitetno podmirile potrebe za vodom stanovnika. Najvažnije je pitanje osiguranja financijskih sredstava za razvoj vodoopskrbe.

U radu se prikazuje stanje vodoopskrbe u Republici prije agresije, ratna razaranja i štete na sustavima, i njihova sanacija. Potom se prikazuje stanje vodoopskrbe u 1994. god. po županijama. Slijedi poglavlje o strategiji razvoja vodoopskrbe i prijedlog općega programa razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1995. do 2000. godine.

2. Vodoopskrba u Republici Hrvatskoj prije agresije

JVP Hrvatska vodoprivreda izdala je 1991. godine Dugoročni program opskrbe pitkom vodom Republike Hrvatske (1990.-2015.). U programu je prikazano i ocijenjeno stanje vodoopskrbe u Hrvatskoj, analizirane su potrebe za vodom i izvorišta vode za vodoopskrbu, zatim je prikazan razvitak vodoopskrbe u planskome razdoblju i na kraju prikazana financijska realizacija programa. Priprema i izrada Dugoročnoga programa započela je prije, pa program odražava vodoopskrbno stanje u Hrvatskoj prije agresije.

Neposredno prije agresije na Republiku Hrvatsku sustavima javne vodoopskrbe koristilo se 63% stanovništva. Pritom stupanj opskrbljenosti vodom nije bio ravnomjeran po pojedinim područjima Republike. Opskrbljenost vodom obalnoga prostora Jadrana, uključujući i zaleđe i otoke iznosila je prosječno 75%, a opskrbljenost kontinentalnoga dijela Hrvatske oko 56%.

Dalje u tekstu analiziraju se podaci za Republiku Hrvatsku po vodnim područjima Save, Drave i Dunava, Primorsko-istarskih slivova i Dalmatinskih slivova u skladu s organizacijom vodoprivrede u Republici.

Tablica 1: Stanovništvo Republike Hrvatske i stupanj opskrbljenosti vodom iz javnih sustava - stanje 1991. godine

Table 1: *Population of the Republic of Croatia and the percentage supplied from public water supply system 1991*

Redni broj	VODNO PODRUČJE SLIVA	Površina km ²	Stanovnika		Stupanj opskrbljenosti %
			broj	%	
1	Sava	24.395	2.307.873	48,2	57
2	Drava i Dunav	9.775	923.154	19,3	56
3	Primorsko-istarsko	10.078	591.163	12,4	76
4	Dalmatinsko	12.290	962.075	20,1	75
5	Ukupno Republika Hrvatska	56.538	4.784.265	100	63

Opća obilježja vodoopskrbe na području Republike Hrvatske prije agresije bila su kako slijedi:

- a) Ukupna potrošnja vode u danima najvećega konzuma iznosila je $22 \text{ m}^3/\text{s}$, od čega je 55% ili $12,1 \text{ m}^3/\text{s}$ otpadalo na potrošnju u gospodarstvu, a 45% ili $9,9 \text{ m}^3/\text{s}$ na potrošnju stanovništva;
- b) Prosječna specifična norma potrošnje stanovništva, koje je priključeno na javne sustave, bez industrije i turizma iznosila je oko 170 l/st/dan ;
- c) Potrošnja za turizam (1990.g.) iznosila je oko $5 \text{ m}^3/\text{s}$, iskazano kao dnevni prosjek u danu vršnoga opterećenja;
- d) Godišnja ukupna potrošnja vode u Republici iz javnih vodoopskrbnih sustava iznosila je oko 500 milijuna m^3 vode;
- e) Kritična su stanja opskrbe vodom bila na područjima Republike koja karakterizira siromaštvo stalnih izvorišta vode, i na područjima gdje su naselja raspršena po širem području i na nepogodnu reljefu;
- f) U kritična područja s gledišta vlastitih izvorišta uvrstavaju se jadranski otoci (izuzetak su otoci Cres, Lošinj, Krk i Rab) i unutrašnje područje udaljenije od obalne linije;
- g) Na kontinentalnom području Republike stanje u pogledu izvorišta malo je povoljnije, ali opća opskrbljenost vodom iz javnih sustava ne zadovoljava. Uzrok je tome nedovoljna prostorna razgranatost vodoopskrbne mreže, posebno u manjim naseljima;
- h) U Hrvatskoj ima 6.628 stalno naseljenih mjesta, a od toga 204 naselja imaju obilježja urbane sredine. U tih 204 naselja živi ukupno 58% stanovništva Republike. U dosadašnjem rješavanju vodoopskrbe prednost su imali gradovi, općinska središta i turizam, što ne može opravdati zapostavljanje ostalih naselja i područja u rješavanju pitanja vodoopskrbe;
- i) Zatečena distributivna mreža vodovoda ne zadovoljava tehničke uvjete. Razlogom je dotrajalost i nedovoljan tehnički kapacitet. Posljedica su gubici vode iz sustava koji dosežu do 40%, a u nekim vodovodima i 60%;
- j) Vodoopskrba pojedinih područja osnivala se na iskorištavanju bližih izvorišta vode, a kad su ta bila iscrpljena, došlo je do zastoja u razvoju, te se trebalo orijentirati na udaljene lokacije;
- k) Nije se poklanjala dovoljna pozornost zaštitnim zonama izvorišta.

3. Ratna razaranja vodoopskrbnih sustava ili dijelova i rješavanje vodoopskrbe na kriznim područjima

Agresija na Republiku Hrvatsku odnijela je i odnosi brojne ljudske živote i izazvala je velika razaranja. Opseg razaranja bio je velik zbog očite namjere agresora da izazove što veće štete na gospodarskom planu. Ratne štete su uništavanje nacionalnoga bogatstva u najširem smislu, od razaranja do pojedinačnih tragedija. Uz uništenja i oštećenja, velike su i neizravne štete na infrastrukturnim objektima, posebno na vodoopskrbnim sustavima.

Zbog ratnih razaranja i prekida dovoda vode iz izvorišta koja se nalaze na okupiranim područjima stanje vodoopskrbe u zonama koje se dodiruju s okupiranim područjima veoma je kritično, i unatoč poduzetim akcijama još nisu zadovoljeni minimalni uvjeti za podmirenje vodoopskrbnih potreba. Okupirana izvorišta imaju kapacitet oko 2,1

m³/s ili oko 10% nekadašnje potrošnje. Na slobodnom prostoru RH izravno je od nestašice vode ugroženo oko 200.000 stanovnika. Time još više ne zadovoljava sadašnje stanje vodoopskrbe, jer je uglavnom riječ o područjima gdje je opskrba vodom bila riješena. To se posebno odnosi na obalno područje sjeverne Dalmacije: Zadar i Biograd na moru; ondje naime nema kvalitetnih izvorišta koja bi mogla u prihvatljivu roku podmiriti minimalne potrebe.

Rješavanje vodoopskrbe na kriznim područjima (Regionalni vodovod sjeverne Dalmacije - Zadar, Biograd na moru; Regionalni vodovod Sisak-Petrinja; Pakrac i Lipik; Gospić, i dr.) teklo je u fazama:

- a) interventni zahvati i obnova ratom razrušenih i oštećenih vodoopskrbnih objekata;
- b) faze razvoja vodoopskrbe na osnovi Dugoročnoga programa razvoja vodoopskrbe iz 1991. godine, uz potrebne strategijske korekcije programa.

4. Vodoopskrba u republici u 1994. godini iskazana po županijama

Podaci o površini i o broju stanovnika po županijama i podaci o opskrbljenosti vodom iz javnih vodovoda i o potrošnji vode u 1994. godini prikazani su u tablici 2.

Izvor podataka za površine županija daje ukupnu površinu Republike nešto manju od stvarne površine, a ne raspolažemo s dovoljno originalnih podataka kako bismo izvršili usuglašavanje vrijednosti površina. Za postotak opskrbljenosti stanovništva iskorišteni su podaci iz Dugoročnoga programa razvoja vodoopskrbe. Procjena je da je razina opskrbljenosti 65,5% u 1994. godini. Potrošnja vode iskazana je na osnovi podataka registriranih veličina na dan 31. 12. 1994. godine.

JVP "Hrvatska vodoprivreda u 1994. god. za program razvoja vodoopskrbe na području Republike Hrvatske planom i rebalansom plana predvidjela je iznos od 235,5 milijuna kuna ili 63,6 milijuna DEM.

Struktura je izvora sredstava sljedeća:

– iz sredstava naknade za korištenje vodama	39,6 mil. DEM
– iz kreditnih sredstava HKBO	12,9 mil. DEM
– iz proračuna vlade Republike Hrvatske	1,0 mil. DEM
– iz kreditnih sredstava inozemnih banaka	10,1 mil. DEM
UKUPNO:	63,6 mil. DEM

Ako raspoloživa sredstva za razvoj vodoopskrbe, tj. sredstva naknade za korištenje vodama, usporedimo s potrebnim sredstvima za razvoj vodoopskrbe iz Dugoročnoga programa razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj, dolazimo do podatka da je to 49% potrebnih sredstava godišnje. Drugim riječima, za dostizanje potrebnoga razvoja vodoopskrbe bila bi potrebna 51 godina, odnosno planirani bi se razvoj postigao 2042. god.

Ta kratka analiza pokazuje nedostatak osnovnih financijskih sredstava potrebnih za razvoj vodoopskrbe u Republici, i da je nužno određenim zakonskim aktima regulirati izvore sredstava za razvoj te grane infrastrukture, koja je temelj razvoja gospodstva i društva.

Tablica 2: Prikaz vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj po županijama za 1994. godinu
Table 2: *Water supply in the Republic of Croatia by counties, 1994.*

BROJ I NAZIV ŽUPANIJE	Površina km ²	Broj stanovnika 000	Opskrbljenost vodom iz javnih vodovoda %	Potrošnja vode ³ 000 m ³
1	2	3	4	5
VODNO PODRUČJE SLIVA SAVE				
I. ZAGREBAČKA	2.500	167,1	44	4.439
II. KRAPINSKO-ZAGORSKA	1.264	149,6	60	5.509
III. SISAČKO-MOSLAVAČKA	5.100	287,0	45	30.748
IV. KARLOVAČKA	3.355	174,1	66	9.114
VI. KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA (dio)	568	39,1	35	709
VII. BJELOVARSKO-BILOGORSKA	2.631	144,1	28	6.074
VIII. PRIMORSKO-GORANSKA (dio)	197	7,5	70	263
XI. POŽEŠKO-SLAVONSKA (dio)	1.575	99,3	41	3.117
XII. BRODSKO-POSAVSKA	2.034	175,0	31	5.360
XIII. ZADARSKO-KNINSKA (dio)	1.226	19,4	40	0
XIV. OSJEČKO-BARANJSKA (dio)	460	41,1	21	1.128
XVI. VUKOVARSKO-SRIJEMSKA (dio)	1.780	136,8	25	4.323
XXI. GRAD ZAGREB	1.705	867,8	81	113.252
UKUPNO VODNO PODRUČJE SLIVA SAVE	24.395	2.307,9	57	184.027
VODNO PODRUČJE SLIVA DRAVE I DUNAVA				
V. VARAŽDINSKA	1.226	187,3	70	13.087
VI. KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA (dio)	1.375	90,8	26	4.411
X. VIROVITIČKO-PODRAVSKA	2.330	104,6	51	4.003
XI. POŽEŠKO-SLAVONSKA (dio)	916	35,2	22	1.163
XIV. OSJEČKO-BARANJSKA (dio)	2.539	290,9	56	20.623
XVI. VUKOVARSKO-SRIJEMSKA (dio)	665	94,4	89	0
XX. MEĐIMURSKA	724	119,9	71	4.434
UKUPNO PODRUČJE DRAVE I DUNAVA	9.775	923,1	56	47.721
VODNO PODRUČJE PRIMORSKO-ISTARSKIH SLIVOVA				
VIII. PRIMORSKO-GORANSKA (dio)	3.405	315,6	82	38.435
IX. LIČKO-SENJSKA	3.734	71,2	59	1.900
XVIII. ISTARSKA	2.820	204,3	74	23.433
UKUPNO VODNO PODRUČJE PRIMORSKO-ISTARSKIH SLIVOVA	9.959	591,1	76	63.768
VODNO PODRUČJE DALMATINSKIH SLIVOVA				
XIII. ZADARSKO-KNINSKA (dio)	3.048	252,6	58	7.830
XV. ŠIBENSKA	1.860	109,2	77	8.700
XVIII. SPLITSKO-DALMATINSKA	4.501	474,0	82	53.730
XIX. DUBROVAČKO-NERETVANSKA	1.816	126,3	83	9.106
UKUPNO VODNO PODRUČJE DALMATINSKIH SLIVOVA	12.225	962,1	75	79.366

REKAPITULACIJA PO VODNIM PODRUČJIMA				
A) SLIV SAVE	24.395	2.307,9	57	184.027
B) SLIV DRAVE I DUNAVA	9.775	923,1	56	47.721
C) PRIMORSKO-ISTARSKI	9.959	591,2	76	63.768
D) DALMATINSKI SLIV OVI	12.225	962,1	75	79.366
UKUPNO PODRUČJE REPUBLIKE HRVATSKE	(56.354) 56.538	4.784,3	63	374.882

5. Obnova i strategija razvoja

Polazni je stav i cilj razvojnoga programa vodoopskrbe da svaki stanovnik Republike Hrvatske treba u doglednoj budućnosti biti opskrbljen dovoljnim količinama kvalitetne pitke vode. Osim toga, vodoopskrbni sustavi imaju podmiriti sve gospodarske potrebe koje proizlaze iz sadašnjih djelatnosti i iz planova razvoja.

Rješavanje vodoopskrbe na kriznim područjima zbivalo se i danas traje u ovim fazama:

1. faza obnove ratom razrušenih i oštećenih vodoopskrbnih zahvata, kojima se osiguravaju minimalni zahtjevi za mogućnost življenja i sanitarni standard i održavanje rada gospodarstva. Cilj je te faze uspostava normalnoga režima vodoopskrbe;
2. faza razvoja vodoopskrbe prema konceptu Dugoročnoga programa, uz uzimanje u obzir prijelaznih rješenja postavljenih u prvoj fazi.

Područja Republike gdje vodoopskrba ne zadovoljava rješavat će se suglasno postavkama Dugoročnoga programa.

U ostvarenju programa razvoja vodoopskrbe u Republici potrebno je napustiti sadašnju praksu da se porast potreba za vodom rješava traženjem i uključivanjem novih kapaciteta izvorišta vode, a da se ne vodi računa o veličini gubitaka vode koji su neprihvatljivo visoki u sadašnjim sustavima. Potrebno je uvesti koncept održivog gospodarenja vodama kao i upravljanja sustavom vodoopskrbe. Zaštitnim zonama izvorišta mora se posvetiti puna pozornost kako bi se očuvala kvaliteta vode. Također je nužno da komunalna poduzeća koja upravljaju vodoopskrbnim sustavima budu osposobljena za pogon i održavanje sustava i da budu kadra dalje razvijati sustave vodoopskrbe.

Opći program razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj temelji se na elementima i ciljevima društvenoga i gospodarskoga razvoja. Uzeti su u obzir elementi planiranja područja vodoprivrede i komunalne infrastrukture. Cilj je programa:

- a/ postizanje skladnijega materijalnoga i društvenoga razvoja svih područja Republike,
- b/ poboljšanje kvalitete življenja i zdravstveno-sanitarnoga standarda, koji neposredno ovisi o podmirenju potreba stanovništva za pitkom vodom,
- c/ stvaranje povoljne osnove za uspješniji razvoj gospodarstva i drugih djelatnosti koje se temelje na načelu tržišnog gospodarstva,
- d/ ostvarenje osnovnih uvjeta za rad i život na prostorima Republike Hrvatske gdje je nedostatak vode bio uzrok gospodarskom nazadovanju i depopulaciji.

Taj opći program razvoja vodoopskrbe sadržava 3 varijante razvoja vodoopskrbe u Hrvatskoj od 1995. do 2000. godine:

I. varijanta razvoja: cilj je dostizanje 90% opskrbljenosti stanovništva javnim vodoopskrbnim sustavima i podmirenje potreba gospodarstva;

II. optimalna i realna varijanta za razvoj vodoopskrbe kojoj je cilj dostizanje 81% opskrbljenosti vodom;

III. varijanta za realizaciju minimalnog razvojnog programa kojom bi se dostigla 72% opskrbljenost vodom.

Tablica 3: Potrebe za vodom u Republici Hrvatskoj po varijantama općega programa razvoja

Table 3: *Water requirements in the Republic of Croatia in different alternatives of general development program*

VODNO PODRUČJE KATEGORIJA POTROŠNJE	Polazno stanje 1991. god.	Potreba za vodom (m ³ /s)		
		Varijante programa razvoja		
		I - 90% opskr.	II - 81% opskr.	III - 72% opskr.
1	2	3	4	5
1. SAVA				
1.1. stanovništvo	-	9,43	7,32	5,64
1.2. industrija	-	10,17	7,99	6,41
1.3. ukupno	8,91	19,60	15,32	12,05
2. DRAVA I DUNAV				
2.1. stanovništvo	-	3,17	2,47	1,50
2.2. industrija		2,25	1,76	1,36
2.3. ukupno	2,11	5,42	4,23	2,86
3. PRIMORSKO-ISTARSKO				
3.1. stanovništvo	-	2,79	2,42	2,21
3.2. industrija	-	1,94	1,68	1,53
3.3. turizam	-	4,76	4,06	3,57
3.4. ukupno	5,24	9,49	8,16	7,31
4. DALMATINSKO				
4.1. stanovništvo	-	4,46	3,69	3,35
4.2. industrija	-	3,23	2,67	2,43
4.3. turizam	-	6,15	4,66	3,19
4.4. ukupno	6,44	13,84	11,02	8,97
5. REPUBLIKA HRVATSKA				
5.1. stanovništvo	-	19,85	15,90	12,70
5.2. industrija	-	17,59	14,10	11,73
5.3. turizam	-	1,91	8,72	6,76
SVEUKUPNO:	22,70	48,35	38,72	31,19

Pri sadašnjemu stanju vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj i uz predložene varijante razvoja u općemu programu razvoja od 1995. do 2000. godine potrebno je definirati pitanja strategije razvoja u tom razdoblju. U prvi plan strategije dolaze pitanja izvorišta vode, kvalitete vode, okoliša i dr.

5.1. Izvorišta vode

Kvaliteta vode i pitanja zaštite okoliša daju novu dimenziju upravljanju vodnim resursima. Utjecaj se osjeća kako pri izboru izvorišta, tako i na pravnu, regulacijsku i strukturalnu stranu kvalitete vode. Najnovije uočene degradacije sadašnjih izvorišta vode upućuju na istraživanje alternativnih izvorišta. Zahtjevi za većom količinom vode upozoravaju da je potrebno obratiti pozornost na učinkovitiju uporabu sadašnjih izvorišta.

5.2. Kvaliteta vode

Kvaliteta vode osnovno je pitanje zdravlja ljudi, dobrih uvjeta za življenje i za rad pojedinaca i društva, a time i za njihovu gospodarstvenu učinkovitost. U pogledu održavanja kvalitete vode pozornost se mora usmjeriti na ove momente: informiranje javnosti o činjenici da je odgovornost za kvalitetu vode opći interes; narušavanje kvalitete vode zbog povećanja upotrebe kemikalija u industriji i u poljoprivredi; monitoring kvalitete vode; kontrolu i automatizaciju, itd.

5.3. Okoliš

Korištenje vodom dio je upravljanja vodnim resursima u ukupnom okolišu. U okviru vodoprivrednoga planiranja vodoopskrba treba naći mjesto koje joj odgovara.

5.4. Načela upravljanja vodoopskrbnim sustavima

Većina zahtjeva upravljanja vodoopskrbnim sustavima ovisi o posebnostima na lokalnoj razini. Razvijeni informacijski sustavi proširuju mogućnosti upravljanja sustavima, pogonom, održavanjem, smanjuju gubitke iz mreže, itd.

5.5. Tehnologija i inženjering

Velik razvoj tehnologije u vodoopskrbi došao je do izražaja u učinkovitosti rada crpnih stanica, u otkrivanju gubitaka u mreži, u monitoringu i u kontrolnim sustavima, u pročišćavanju vode, u distribuciji vode, itd. Potrebno je uvoditi informacijski sustav u sve dijelove vodoopskrbnog sustava.

6. Planovi razvoja vodoopskrbe

Vodoopskrba je dio gospodarenja vodama. Planovi gospodarenja vodama utvrđuju se u više resora, dakle nužan je interdisciplinarni prilaz rješavanju problema. Opskrba vodom ima prioritetno značenje u integralnom prilazu gospodarstvenim aktivnostima koje se koriste prirodnim resursom vodom.

Provođenje razvoja vodoopskrbe ostvaruje se izradom planova i programa, koji sadržavaju:

1. definiranje ciljeva plana/programa za određeno područje i za Republiku Hrvatsku;
2. program ostvarenja ciljeva i primjene načela razvojne strategije;

3. izradu strukturnih programa, koji imaju osigurati primjenu optimalnih tehnologija, standarde i norme, tržišna načela i postupak procjene utjecaja na okoliš;
4. dinamiku realizacije i potrebna investicijska sredstva;
5. organizacijske oblike provođenja planova i programa.

7. Troškovi realizacije programa razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj

Prethodna poglavlja opisuju stanje, probleme i opći program razvoja vodoopskrbe. Vidi se složenost zadatka čije rješenje traži i velika investicijska sredstva. Utvrđeni su troškovi građenja za sve tri varijante programa i to za objekte zahvata vode i pročišćavanja i za objekte crpnih stanica, vodosprema i magistralnih cjevovoda. Vodoopskrbne mreže za distribuciju vode po ulicama nisu uključene u cijenu.

Tablica 4: Planska ulaganja u razvoj vodoopskrbe Republike Hrvatske od 1995. do 2000. godine za tri varijante programa

Table 4: *Planned investments in water supply development in the Republic of Croatia in the 1995-2000. period for three program alternatives*

VODNO PODRUČJE KATEGORIJA POTROŠAČA	Potrebna investicijska sredstva (milijuna DEM) za varijante programa razvoja		
	I - 90% opskr.	II - 81% opskr.	III - 72% opskr.
1	2	3	4
1. SAVA			
1.1. stanovništvo i industrija po stanovniku (DEM)	833,8 360	500,0 210	244,9 105
2. DRAVA I DUNAV			
2.1. stanovništvo i industrija po stanovniku (DEM)	258,2 280	165,4 180	58,5 65
3. PRIMORSKO-ISTARSKO			
3.1. stanovništvo	160,7	111,5	83,5
3.2. turizam	170,8	116,2	78,0
3.3. ukupno po stanovniku (DEM)	331,5 570	227,7 390	161,5 280
4. DALMATINSKO			
4.1. stanovništvo i industrija	292,5	188,8	143,5
4.2. turizam	284,7	168,5	53,8
4.3. ukupno po stanovniku (DEM)	577,2 610	357,3 375	197,3 210
5. REPUBLIKA HRVATSKA			
5.1. stanovništvo i industrija	1.545,2	965,7	530,4
5.2. turizam	455,5	284,7	131,8
5.3. SVEUKUPNO: po stanovniku (DEM)	2.000,7 420	1.250,4 260	662,2 140

Iz podataka iz tablice 4. vidi se da je potrebno ulagati svake godine za razdoblje programa od 1995. do 2000. godine, ukupno 6 godina, ove iznose:

I. varijanta, opskrbljenost 90%	334.000.000 DEM
II. varijanta, opskrbljenost 81%	208.000.000 DEM
III. varijanta, opskrbljenost 72%	110.000.000 DEM

Prema izloženim podacima uočljiv je zastoj razvitka vodoopskrbe na vodnim područjima sliva Save i na slivovima Drave i Dunava. Ako se uzme u obzir da za vodna područja slivova primorsko-istarskih i dalmatinskih od ukupno potrebnih ulaganja u vodoopskrbu oko 50% sredstava otpada na podmirenje potreba turističke privrede, tada je još izraženiji problem vodoopskrbe područja slivova Save, Drave i Dunava.

8. Zaključak

Neposredno prije agresije na Republiku Hrvatsku sustavima javne vodoopskrbe koristilo se 63% stanovništva. Ukupna potrošnja vode iznosila je 22 m³/s, od čega je 55% otpadalo na industriju, a 45% na potrošnju stanovništva. Godišnja ukupna potrošnja iznosila je oko 500 milijuna m³ vode. Vodoopskrbno stanje nije zadovoljavajuće.

Opseg je ratnih razaranja i šteta na objektima vodoopskrbnih sustava velik. Okupirana su izvorišta ukupnog kapaciteta 2,1 m³/s. Izravno je oko 200.000 stanovnika ugroženo od nestašice vode. Rješavanje vodopskrbe u kriznim područjima teklo je u dvije faze: obnova ratom razrušenih i oštećenih objekata i faza razvoja vodoopskrbe na osnovi ranijega programa uz njegove potrebne korekcije.

U 1994. godini u program je razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj uloženo 230 milijuna kuna, a to je oko 49% potrebnih sredstava godišnje prema Dugoročnom programu razvoja vodoopskrbe. Nedostatak financijskih sredstava potrebnih za razvoj vodoopskrbe u Republici ukazuje da je nužno zakonskim aktima regulirati izvore sredstava za razvoj kako se ne bi dogodile neželjene posljedice zbog nedostatka vode.

Predlaže se opći program razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj koji ima za cilj postizanje skladnijega razvoja svih područja Republike, poboljšanje kvalitete življenja, koji neposredno ovisi o podmiranju potreba za vodom, stvaranje povoljne osnove za razvoj gospodarstva, posebno turizma. Program sadržava tri varijante razvoja do 2000. godine: prvom se predviđa dostizanje 90% opskrbljenosti stanovništva vodom, drugom 81% opskrbljenosti i trećom 72% opskrbljenost. Planska ulaganja po varijantama razvoja iznose: za prvu 7.200 milijuna kuna, za drugu 4.500 milijuna kuna i za treću 2.400 milijuna kuna.

U definiranju strategije razvoja vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj moraju se uzeti u obzir pitanja izvorišta vode, kakvoće vode, pitanja vodnih resursa u ukupnom okolišu, upravljanja vodoopskrbnim sustavima, razvoja tehnologije, monitoringa i kontrolnih sustava.

Literatura

1. Gereš, D., Kolovrat, I., Marušić, J.: Stupanj izgrađenosti u 1990. godini i ratne štete na vodoprivrednim objektima u 1991. i 1992. godini. *Gradevinar* 44 (1992) 11, 731-739. Zagreb, 1992.
2. Gereš, D., Vodopija, M.: Vodoopskrba na Jadranskom području Hrvatske. *Zbornik radova*, Gospodarenje vodama i unapređenje turizma na Jadranu, Rovinj, 1993.
3. Gereš, D.: Ciljevi i značenje integralnog gospodarenja vodama. *Zbornik znanstvenog savjetovanja "Poljoprivreda i gospodarenje vodama"*, str. 19-28, Bizovac, 1994.

4. Gereš, D.: Vodoopskrba u Republici Hrvatskoj - jučer, danas, sutra. *Hrvatska vodoprivreda* III/27, 1994.
5. Grupa autora: Vode Hrvatske. Monografija, *Hrvatska vodoprivreda*, Zagreb, 1991.
6. UNCED: Agenda 21, United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janero, 1992.
7. United Nations: Natural Resources, Water Series N^o 3, New York, 1976.
8. Vodopija, M.: Dugoročni program opskrbe pitkom vodom Republike Hrvatske (1990.-2015.). Zagreb, JVP Hrvatska vodoprivreda, 1991.
9. Vodopija, M., Gereš, D.: Vodoopskrba u Republici Hrvatskoj. *Zbornik radova*, Sabor hrvatskih graditelja '93, Crikvenica, 1993.
10. Dokumentacija Sektora za korištenje i gospodarenje vodama JVP Hrvatske vodoprivrede, Zagreb, 1993., 1994., 1995.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

D. Mihelčić, D.Gereš, M.Petrović, K.Urumović

R 1-08

Specifičnosti razvitka vodoopskrbnog sustava Slavonske Podravine

SAŽETAK: *Na području Slavonske Podravine, između Slatine, Orahovice, Donjeg Miholjca i Našice postoje raznolika izvorišta koja se koriste za gradske vodovode. Provedene analize posebnosti zahvaćenih i potencijalnih izvorišta i alternativnih scenarija razvoja distribucijskih sustava tih vodovoda dovele su do zaključka da prirodni uvjeti i realni razvoj u rješavanju potreba vodoopskrbe dovode do povezivanja ovih sustava. Takve okolnosti imaju izravne posljedice na promišljanje razvojnih planova i na projektiranje pojedinih dionica distribucijskog sustava. Okosnica ovoga razvojno formiranoga regionalnoga sustava vodoopskrbe izrast će adekvatnim povezivanjem triju rubnih crpilišta. To su na zapadu Medinci kraj Slatine, na istoku Velimirovac kraj Našice i na sjeveru D. Miholjac.*

KLJUČNE RIJEČI: *vodoopskrbni sustav, izvorišta vode, zalihe podzemne vode, stupanj opskrbljenosti vodom, razvoj*

Specific Characteristics of the Slavenska Podravina Region Water Supply System Development

ABSTRACT: *In the Slavenska Podravina region, including the towns of Slatina, Orahovica, Donji Miholjac and Našice, there are various well-fields used in municipal water supply systems. Based on the conducted analyses of specific characteristics of tapping and potential well fields and alternative scenarios for development of water distribution systems it has been concluded that the natural conditions and the actual developments in resolving of water supply issues lead to interconnecting of these systems. Such circumstances directly affect considerations related to developmental plans and design activities for individual sections of the distribution system. The framework of this regional water supply system shall be formed by adequate connecting of the three peripheral well fields. These are Medinci by Slatina on the west, Velimirovac by Našice on the east, and Donji Miholjac in the north.*

KEY WORDS: *water supply system, well fields, groundwater reserves, water supply level, development*

Dragutin Mihelčić, dipl. ing. grad., "HIDROPROJEKT-ING", Zagreb
Dr. sc. Dragutin Gereš, dipl. ing. grad., JVP "Hrvatska vodoprivreda", Zagreb
Mijo Petrović, dipl. ing. geol., JVP "Hrvatska vodoprivreda", RJ Osijek
Prof. dr Kosta Urumović, dipl. ing. geol., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

1. Uvod

Područje Slavonske Podravine, između Slatine i Našica, obilježavaju brojne posebnosti, kako u odnosu na raspoložive izvore vodoopskrbe, tako i glede razvitka postojećih sustava vodoopskrbe. U ranijemu razdoblju to područje nije integralno obrađivano ni u smislu razvitka vodoopskrbe ni u okviru subregionalnih istraživanja zaliha podzemnih voda.

U ranijim, širim regionalnim istraživanjima zapaženo je da se na tom prostoru mijenjaju hidrogeološke značajke dravskoga vodonosnika, ali detalji tih promjena važni za projektne podloge vodoopskrbnih sustava nisu identificirani. Zadnjih godina prikupljeni su novi podaci, a evoluirale su i spoznaje kako o hidrogeološkim uvjetima, tako i o koncepciji mogućega kompatibilnoga razvitka lokalnih i regionalnih sustava, a s ciljem ubrzanoga poticanja razvoja vodoopskrbe područja bez riješene vodoopskrbe i težnjom ostvarenja optimalizacije ukupnoga sustava.

2. Izvorišta podzemnih voda

Područje Slavonske Podravine obuhvaća sjeverne padine Papuka i Krndije, te stranu dolinu Drave kao dvije morfološke jedinice s raznovrsnim vodnim izvorima.

2.1. Izvori gorskih i prigorskih vodonosnika

Brdski predjeli izgrađeni su pretežno od slabo propusnih i nepropusnih stijena. To su lapori, pješčenjaci, sitnozrnasti pijesci i gline neogena i metamorfne stijene paleozoika. Izuzetak su ovdje karbonatne naslage trijasa koje se pojavljuju u središnjim predjelima Papuka, te miocenske vapnjenjačke i klastične naslage u kojima su formirani gorski i prigorski vodonosnici.

Najznačajniji su izvori iz gorskih vodonosnika Jankovac i Tisovac. Jankovac je tipično krško vrelo u središnjemu dijelu Papuka. Izvor se pojavljuje na oko 500 m n.v., iz dna špilje iz gornjeg ruba krške doline stvarajući tipični krški ugođaj. Najveća izdašnost izvora nije registrirana, a pri niskim vodostajima izdašnost mu opadne ispod 10 l/s. Vrelo Tisovac razbijeno je izvorište iz trijaskih dolomita, pojava kojega je tektonski uvjetovana. Nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Papuka na oko 450 m nadmorske visine. Najznačajnijih devet izvora ovog razbijenog izvorišta kaptirano je za potrebe vodoopskrbe Orahovice. Ukupna izdašnost kaptiranih izvora kreće se u rasponu od 7.6 l/s u sušnom razdoblju do 30 l/s u kišnom razdoblju.

Najznačajniji izvori iz prigorskih vodonosnika nalaze se u Voćinu (Sobunar) i Slatinskom Drenovcu na sjevernim rubovima Papuka, te Seone i G.Motičina na istočnim rubovima Krndije. Izvor Sobunar u Voćinu zahvaćen je za lokalnu vodoopskrbu. Vrelo je izrazito krškoga karaktera, a izljuje se u starom koritu potoka iz miocenskih litavaca. Izdašnost mu koleba od oko 3 l/s u minimumu do oko 30 l/s u ekstremnim kišnim razdobljima kad se intenzivno zamućuje. Drugi značajni izvor također je u koritu potoka u selu Slatinski Drenovac. Izvor nije zahvaćen, niti je vršeno opažanje, a pri povremenim prospekcijama procijenjena je izdašnost oko 10 l/s. Izvorište je razbijeno u nanosu potoka, a prema okolnoj geološkoj građi zaključuje se da je povezano sa strukturu miocenskih klastičnih i vapnenačkih naslaga. Izvor Seona uključen je u vodoopskrbni sustav Našica. Izvire iz miocenskih litavaca i vapnenih pješčenjaka, a izdašnost mu koleba od 3.6 l/s u sušnome razdoblju do 40 l/s u kišnom razdoblju kad se voda intenzivno zamućuje. U isti vodoopskrbni sustav uključen je i

uzlazni izvor G. Motičina, minimalna izdašnost kojega je izvedbom cijevnog zdenca podignuta na 10 l/s.

Osim ovih, postoji vrlo veliki broj izvora manje izdašnosti, od kojih su neki poslužili kao izvorišta obližnjih sela. I pokraj relativno skromne izdašnosti svih tih izvora, dugo je vladalo uvjerenje o gradnji regionalnih vodovoda kojima bi se iz izvora na Papuku osiguravala vodoopskrba pojedinih gradova ili čak regija. Prva je takva inicijativa pokrenuta početkom ovoga stoljeća, kada je Koch (1906) proveo detaljna hidrogeološka istraživanja i hidrotehničke analize mogućnosti zahvaćanja izvora na Papuku za potrebe vodoopskrbe Osijeka. Već tada je uočeno da su raspoložive zalihe premale za tadašnje potrebe Osijeka. Nešto kasnije, 1908. godine, načinjen je zahvat izvora Seona u Krndiji za potrebe vodoopskrbe Našica. Od izvora koje je Koch istraživao za potrebe vodoopskrbe Osijeka, izvor Tisovac je 1971. godine kaptiran za vodoopskrbu Orahovice prema nešto ranije načinjenu projektu (Gereš 1970). Izvori iz gorskih i prigorskih vodonosnika jamačno su zanimljivi izvori lokalne vodoopskrbe, međutim, raspoložive zalihe su nedostatne za podmirivanje regionalnih potreba.

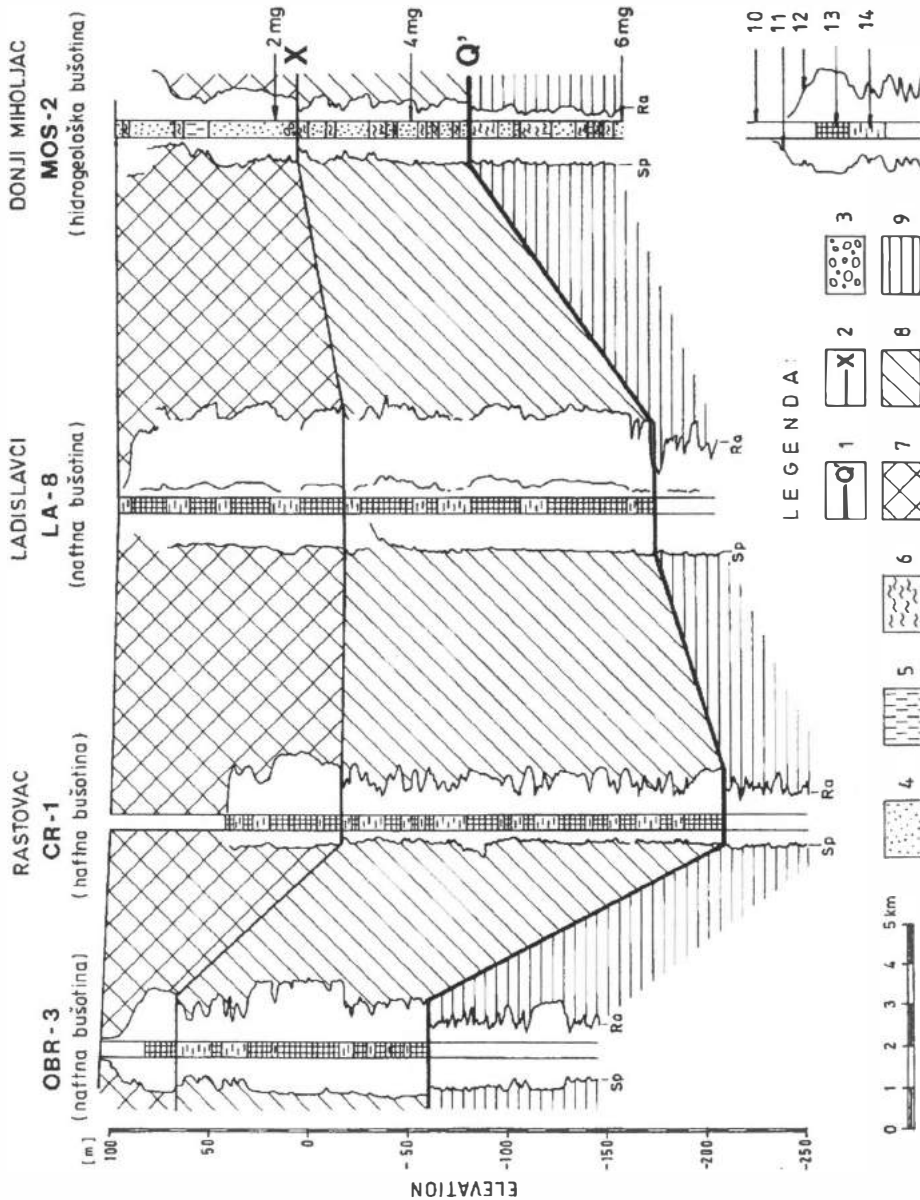
2.2. Kvartarni vodonosnik

Daleko značajnije zalihe podzemnih voda pojavljuju se u širokoj dolini Drave. To su podzemne vode u kvartarnim naslagama kojima se završava ciklus taloženja u Dravskoj depresiji. Ravničarska površina terena prikriva složenu geološku građu za koju se općenito može reći da se u geotektonskome pogledu radi o rubnoj depresiji Panskoga bazena tipa grabe u kojoj su istaložene nekoliko tisuća metara debele naslage tercijara i kvartara. U tercijarnim naslagama nalaze se ležišta ugljikovodika i termomineralnih voda, a kvartarne naslage nosioci su slatkih podzemnih voda. Ranija sustavna regionalna istraživanja dravskoga vodonosnika koja su pokrenuta 70-tih godina (Babić i dr.1978) dala su vrlo malo podataka o tom području. Više podataka nalazi se u istraživanjima izvorišta vodoopskrbe ranijih općinskih središta, Medinci (Slatina), D.Miholjac, Našice i Orahovica i naftnih pogona (Beničanci).

Podaci o izvedenim hidrogeološkim bušotinama i podaci o naftnim istraživačkim bušotinama omogućili su definiranje regionalne podinske granice kvartarnoga vodonosnika (Sl.1 i 2). Donja granica vodonosnoga kompleksa utvrđena je na razini Q (Urumović i dr. 1976, 1984) koji je regionalni diskontinuitet taloženja (Sl.1). Ispod te razine regionalno dominiraju sitnoklastične taložine (prah, glina i lapori) s proslojcima pijeska, a iznad prevladavaju pijesci i šljunci s proslojcima praha i gline. Zapaženi diskontinuitet taloženja nije kronostratigrafski determiniran. Najvjerojatnije djeluju pretpostavke da on nije istodoban u cijelom prostoru, a da se najvećim dijelom odigrava na prijelazu iz donjega u srednji pleistocen. No, u svakom slučaju, vodonosni kompleks u cijelosti pripada kvartaru, pa su uobičajena dva naziva: kvartarni vodonosni kompleks (ističući starost naslaga i složenost građe) i aluvijalni vodonosnik (ističući genezu gruboklastičnih taložina u kojima su akumulirane podzemne vode).

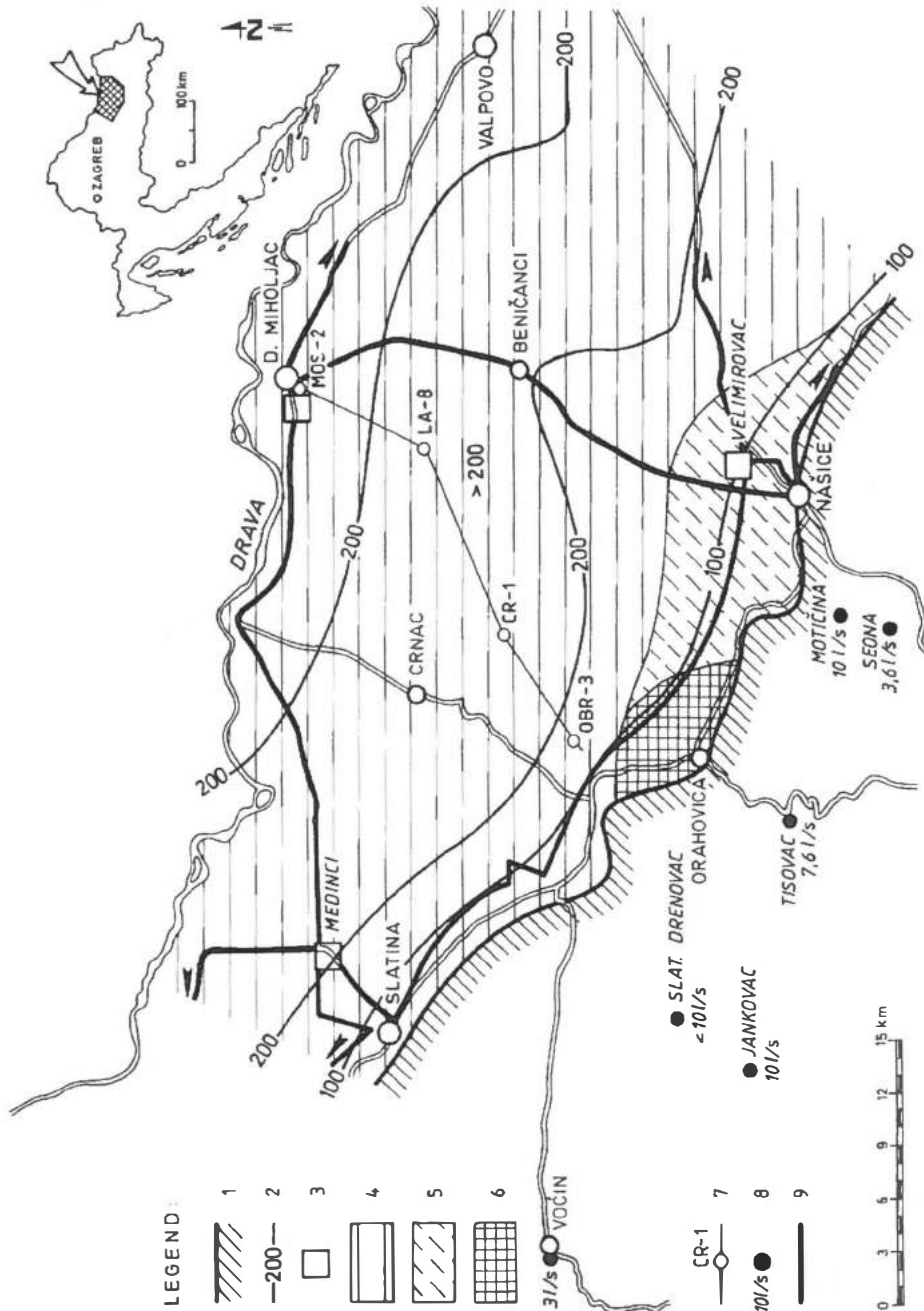
U litološkom razvoju naslaga općenito se zapaža opadanje prosječnoga zrna idući od zapada prema istoku, uz određena lokalna odstupanja, prvenstveno uzrokovana pojavom nanosa bujičnjaka s Papuka. Krajnje zapadne predjele slatinskoga ravničarskoga ozemlja karakterizira pojava šljunka u krupno i srednjeznastim pijescima koji se izmjenjuju sa sitnozrnastim pjeskovitim i glinovito prašinstim proslojcima.

Debljina naslaga vodonosnoga kompleksa naglo se povećava uz južni rub dravske ravnice i u središnjim predjelima doseže najveće iznose. Može se reći da je u svim središnjim predjelima debljina veća od 200 m (sl.2), a prema karotažnim dijagramima



Sl.1. Shematizirani poprečni profil vodonosnika. Oznake: (1) marker Q (podina vodonosnika), (2) marker X, (3) šljunak, (4) pijesak, (5) prah, (6) prašinstva glina, (7) glina, (8) naslage od površine do markera X, (9) naslage između markera X i Q, (10) podinske naslage, (11) bušotina, (12) otpor, (13) SP, (14) propusni slojevi, (15) polupropusni i nepropusni slojevi.

Fig.1 Schematic cross section of the aquifer. Legend: (1) marker horizon Q (substratum of the aquifer), (2) marker horizon X, (3) gravel, (4) sand, (5) silt, (6) silty clay, (7) clay, (8) deposit from surface to Q, (9) deposit from Q-X, (10) substratum deposit, (11) borehole, (12) resistivity log, (13) SP log, (14) pervious layers, (15) semipervious and impervious layers.



Sl.2 Zemljovid debljina vodonosnika i položaja glavnih objekata regionalnog vodoopskrbnoga sustava. Oznake: (1) granica vodonosnika, (2) dubina podine, (3) glavna crpilišta, (4) koncentracija Fe 1-11 mg/l, (5) koncentracija Fe 0.3-1.0 mg/l, (6) koncentracija Fe mg/l, (7) minimalna izdašnost izvora, (8) trasa profila, (9) magistralni cjevovod.

Fig.2 Location map. Legend: (1) aquifer boundary, (2) depth of substratum, (3) well field, (4) Fe concentration 1-11 mg/l, (5) Fe concentration 0.3-1.0 mg/l, (6) Fe concentration mg/l, (7) minimum discharge of spring, (8) trace of profile, (9) magistral hose line.

naftnih bušotina maksimalna debljina procijenjena je na oko 300 m (sl.1). Prema sjeveru, ukupna debljina naslaga postupno se smanjuje i kod Donjeg Miholjca iznosi oko 200 m. Odnos propusnih i relativno nepropusnih slojeva je raznolik u prostoru, no pretežno je veći od 1/1. Srednja hidraulička vodljivost u pravilu je veća u zapadnim predjelima zbog pojave krupnijih frakcija i njena ekvivalentna vrijednost doseže do oko 50 m/dan, a prema istoku opada na oko 15 m/dan. Ovu sliku je donekle poremetila pojava bujičnih nanosa tekućica s Papuka i Krndije koji su formirali šljunčane lepeze u kojima su čisti slojevi manje debljine, ali imaju znatno povišenu propusnost.

Podzemne vode pretežno su kalcijsko-hidrokarbonatnoga facijesa, no uz mjestimice povećanu nazočnost iona magnezija. Tvrdoća podzemnih voda u pravilu se kreće od 11 do 20° dh, a u nekim predjelima doseže i preko 35° dh. Cijelim područjem dominiraju reduktivni uvjeti. Učestala pojava tragova pa i tanjih slojeva treseta u naslagama ukazuje da je to uzrokovano uvjetima taloženja u močvarnoj sredini. Posljedica je toga prevladavanje visokoga sadržaja željeza, prirodnoga amonijaka i pratećih sastojaka. U većem dijelu područja sadržaj željeza otopljenog u vodi kreće se od 2-4 mg/l, a ponegdje doseže i preko 10 mg/l. Tijekom taloženja jamačno se mijenjaju uvjeti, pa se sadržaj otopljenoga željeza razlikuje za pojedine slojeve (sl.1, bušotina MOS-2 u D.Miholjcu). Ovu sliku poremećuje pojava aluvijalnih nanosa tekućica s Papuka u južnim terasastim područjima uz rub ravničarskog područja. U tim naslagama zapažen je relativno nizak sadržaj željeza otopljenog u podzemnoj vodi.

Rubni terasasti predjeli dravske doline rašireni su u širem području Orahovice i Našica. To su istodobno rubni dijelovi dravske depresije, koji su relativno uzdignuti iznad središnjih predjela, pa je dolazilo do povremenog i oksidiranja naslaga uz povremeno intenzivno bujično plavljenje s Papuka i Krndije pri kojemu se donose gruboklastične taložine s oblucima koji u promjeru dosežu nekoliko desetaka cm, a jamačno i relativno obilje kisika u vodi. Šljunčana tijela se u obliku lepeze šire od ruba prema sjeveru i sjeveroistoku, te nestaju u dravskoj dolini. Njih prati i slaba sortiranost materijala pa se uz šljunke pojavljuju prašinaste i glinovite čestice koje umanjuju propusnost naslaga. Oksidiranost naslaga izražena je žućkastom i smeđecrvenkastom bojom koje su na orahovačkoj terasi izražene kako kod krupnoklastičnih, tako i kod sitnoklastičnih taložina. Posljedica je toga niski sadržaj željeza otopljenog u vodi, iznos kojega je u području orahovačke terase u pravilu znatno ispod 0.3 mg/l, a u području našičke terase sadržaj željeza pretežno se kreće od 0.3-0.7 mg/l, a u pravilu manje od 1.0 mg/l (sl.2).

Debljina kvartarnog vodonosnog kompleksa je u terasastim predjelima reducirana, a pijezometarska površina znatno je blaže nagnuta prema nižim predjelima od nagiba terena. Zbog toga je najplići propusni sloj šljunka u orahovačkoj terasi većim dijelom odvodnjen. Relativno niska pijezometarska razina dubljih slojeva upućuje na otjecanje prema nižim predjelima uz relativno visoku transmisivnost vodonosnika u odnosu na specifično napajanje.

Velika debljina propusnih naslaga kvartarnog vodonosnika, prirodno obnavljanje podzemnih voda infiltracijom padalina i mogućnost ostvarenja inducirana napajanja podzemnih voda iz korita Drave čini ovaj složeni vodonosnik osnovicom regionalne i lokalne vodoopskrbe. Postojeći zahvati podzemnih voda u velikoj mjeri ovise o tehničkoj izvedbi zdenaca. Učinkovitost zahvata, kao posljedica distribucije prirodnih uvjeta, može se ilustrirati prema zdencima glavnih crpilišta u karakterističnim hidrogeološkim uvjetima. Najveća specifična izdašnost koja iznosi oko 10 l/s/m postignuta je na crpilištu Medinci gdje je najveća transmisivnost vodonosnika. Nešto niža specifična izdašnost, oko 7 l/s/m, polučena je na crpilištu Velimirovac kod Našica, gdje je

vodonosnik predstavljen šljunčanim slojem visoke propusnosti, ali je debljina vodonosnika znatno manja, a intenzivno crpljenje može dovesti i do odvodnjavanja vodonosnika. Unutarnji predjeli ravničarskog područja izgrađeni su od sitno i srednjezrnastih pijesaka, hidraulička vodljivost u ovim predjelima je znatno niža, pa polučene izdašnosti u velikoj mjeri ovise o debljini zahvaćenih slojeva. Postoje dva crpilišta a s pouzdanijim podacima o realno postignutim crpnim količinama. To su zdenci crpilišta u Beničancima i Donjem Miholjcu, kod kojih se specifična izdašnost kreće oko 5 l/s/m.

3. Vodoopskrbni Sustav Slavonske Podravine

3.1. Postojeće stanje i potrebe za vodom stanovništva

Na području Slavonske Podravine postoje četiri vodoopskrbna sustava: u Slatini, Orahovici, Našicama i Donjem Miholjcu. Sustavi osiguravaju vodu za gradska ili općinska središta, dok ostala naselja, s obilježjima urbane sredine, nemaju riješenu vodoopskrbu. Stupanj opskrbljenosti vodom iz javnih sustava područja prikazan je u tablici 1. Usporedbe radi prikazani su podaci za vodno područje Drave i Republike Hrvatske. Podaci pokazuju nezadovoljavajuće stanje vodoopskrbe područja Slavonske Podravine.

Tablica 1: Prikaz vodoopskrbe Slavonske Podravine

Table 1: *Water Supply in Slavonska Podravina*

Red. br.	Naziv	Broj stan. 1991.g.	Opskrbljenost vodom iz javnih vodovoda (%)	Potrošnja vode 000 m ³
1	Slatina	31.940	59	810
2	Orahovica	16.200	51	351
3	Našice	38.750	22	359
4	Donji Miholjac	20.800	29	945
	Ukupno 1-4	107.690	38,6	2.465
5	Vodno područje sliva Drave i Dunava	923.100	56	47.721
6	Područje Republike Hrvatske	4,784.300	63	374.882

Potreba za vodom područja prikazuje se za današnje stanje, kao i za planska razdoblja 2000. i 2015. godine. Potreba za vodom definira se preko specifične potrošnje vode. Specifična potrošnja količina je vode koju je u prosjeku potrebno osigurati po jednom stanovniku dnevno (l/st/dan). U iznos specifične potrošnje uključeno je: potreba stanovništva, javnih ustanova i sadržaja urbane sredine, komunalne potrebe, potrebe obrta i manjih gospodarskih pogona, te gubici iz mreže.

Tablica 2: Specifične opskrbe norme
Table 2: Specific Supply Standards

Red. br.	Vrsta naselja	Specifična opskrba norma (l/st/dan)		
		1995.g.	2000	2015.
1	Seoska naselja	150	200	220
2	Naselja s urbanim obilježjima	200	240	260
3	Općinsko/gradska središta	250	285	300
	Prosjek	200	240	260

Temeljem specifičnih opskrbenih normi, postojećega i planiranoga stupnja opskrbljenosti vodom iz javnih vodoopskrbnih sustava, te kretanja broja stanovnika u tablici broj 3 prikazane su potrebe za vodom. Temeljem broja stanovnika iz 1991. godine područja regionalnoga vodovoda (iz tablice 1) prognoziran je broj stanovnika: za 2000. godinu iznosi 113.000 i za 2015. godinu iznosi 118.000 stanovnika.

Tablica 3: Potrebe za vodom stanovništva
Table 3: Water Demands of Population

NAZIV	Potrebe za vodom					
	1995.		2000		2015.	
	1000 m ³ /d	l/s	1000 m ³ /d	l/s	1000 m ³ /d	l/s
Postotak opskrbljenosti područja regionalnoga vodovoda	39%		63%		90%	
Područje regionalnoga vodovoda	8,4	98	17,1	198	27,6	320
Vodno područje Drave i Dunava	125	1450	201	2300	260	2980
Područje Republike Hrvatske	890	10.000	1.317	15.000	1.630	18.900

3.2. Izvorišta vode na području regionalnoga vodovoda

Za postojeća izvorišta karakteristično je da su dva najveća crpilišta smještena na rubovima promatrane regije, s tim da je crpilište Velimirovac smješteno u području relativno povoljne kvalitete podzemne vode, ali se nalazi u području s ograničenom mogućnošću proširenja (sl.2), dok crpilište Medinci zahvaća podzemnu vodu uobičajeno visokoga sadržaja željeza, ali je smješteno u predjelu u kojemu su potencijalne zalihe daleko veće od potreba ove regije. Za središnje ravničarske predjele pokazalo se da ne postoji realno ograničenje vodnih zaliha, ali da je kvaliteta podzemne vode vrlo nepovoljna. Voda povoljne kvalitete koja se pojavljuje u području Orahovice nije dostatna za regionalne potrebe. U ovakvim uvjetima izgrađena izvorišta vodoopskrbnoga sustava ne mogu imati zamjenu, ali mogu se dopunjavati sa svim raspoloživim količinama vode koja je povoljnije kvalitete.

Tablica 4: Izvorišta vode regionalnoga sustava

Table 4: *Water Sources of the Regional System*

Red. br.	Crpilište	Izdašnost l/s		
		post. zahvati vode	moguće srednjoročno povećanje	maksimalna
1	Slatina - Medinci	65	150	400
2	Orahovica	15	30	60
3	Našice-Velimirovac	60	160	400
4	Donji Miholjac	20	40	140
	UKUPNO:	160	380	1000

Na postojeća dva crpilišta Slatina-Medinci i Našice-Velimirovac moguće je ostvariti značajna povećanja crpnih količina. Ova dva crpilišta na rubovima su predviđenoga magistralnoga cjevovoda, a na južnoj strani nalaze se dodatni postojeći i potencijalni izvori vodoopskrbe, relativno male količine, ali kvalitetne vode, koja bi se primarno koristila za lokalne potrebe, a suvišak bi se uključivao u regionalni sustav. Ovakav pristup razvoju vodoopskrbnog sustava služi proširenju postojećih sustava u rješavanju sadašnjih potreba i prilagodbi dugoročnim razvojnim potrebama.

3.3. Pravci razvoja regionalnog vodoopskrbnog sustava

Iznijeti podaci pokazuju vrlo slabu razvijenost vodoopskrbe iz javnih sustava područja Slatina - Orahovica - Našice - Donji Miholjac. U usporedbi s podacima o vodoopskrbi Republike Hrvatske vidi se još veće zaostajanje vodoopskrbe na području. Zbog toga se strategija razvoja vodoopskrbe na regionalnom planu temelji na sljedećim postavkama:

- a) raspoloživih izvora vode u pogledu kakvoće i količine vode
- b) izgrađenosti postojećih sustava

c) sadašnjih i dugoročnih potreba vodoopskrbe, te posebice ostvarivanje uvjeta za poticanje ubrzanoga rješavanja vodoopskrbe područja.

Sustavno rješenje pitanja vodoopskrbe na tom području započeto je prije više od 10 godina, a za sve pojedinačne vodoopskrbne sustave izrađeni su planovi, studije, idejna rješenja i glavni projekti vodoopskrbe, temeljeni na prethodnim vodoistražnim radovima. Postupnim razvitkom pojedinih sustava dolazi se do njihove logične povezanosti, pa je tako prilikom rješavanja svakoga pojedinačnoga sustava vođeno računa o njegovu budućemu funkcioniranju kao jedinstvenoga regionalnoga vodoopskrbnog sustava.

Iako planirano tek u zadnjim fazama razvitka svojih vodoopskrbnih sustava, povezivanje današnjih crpilišta Medinci u Slatini i Velimirovac u Našicama preko Orahovice, kao i crpilišta Medinci s vodoopskrbnim sustavom Donji Miholjac, postaje već danas vrlo aktualno.

Na sva tri crpilišta postoje danas izgrađeni zahvati podzemnih voda, uređaji za preradu i distribuciju vode koji svojim kapacitetima pokrivaju današnje potrebe konzumnoga područja. Stoga je razumljivo i opravdano širenje distribucijske mreže u smjeru većih koncentriranih potrošača u okviru svoga ili susjednoga vodoopskrbnog sustava.

Temeljnu konstrukciju Regionalnoga vodoopskrbnog sustava Slavonske Podravine čini trokut glavnih izvorišta Medinci, Velimirovac i Donji Miholjac sa širokim mogućnostima racionalnog razvitka transportno - distribucijske mreže u prostoru toga trokuta i uključivanja svih drugih potencijalnih izvorišta u takav transportno - distribucijski sustav na tom prostoru. Isto tako otvorene su široke mogućnosti integriranja ovoga regionalnoga vodoopskrbnoga sustava u rješenja vodoopskrbe širih prostora Slavonije i Republike Hrvatske.

Ukupno bi u okviru ovog sustava bilo obuhvaćeno cca 120.000 stanovnika. Opskrbljenost vodom iz javnih sustava, na kraju planskoga razdoblja 2015. godine bila bi 90%. Ukupna potreba za vodom stanovništva i industrije iznosi oko 600 l/s i planirana godišnja potrošnja vode iznosi približno 11 milijuna m³.

U okviru ovoga regionalnoga vodoopskrbnoga sustava predviđena su crpilišta Medinci, Velimirovac, Donji Miholjac i druga lokalna, čije se ukupne zalihe podzemne vode procjenjuju do 1000 l/s. Uključenje pojedinih crpilišta, kao i njihova dinamika razvoja bili bi prilagođeni razvoju cjelokupnoga vodoopskrbnog sustava.

Crpilišta će međusobno biti povezana magistralnim vodoopskrbnim cjevovodima ukupne dužine oko 120 km, dok je za vezu sa susjednim vodoopskrbnim sustavima predviđena izgradnja cca 50 km magistralnih cjevovoda.

Unutar pojedinih podsustava predviđa se glavna distribucijska mreža za povezivanje naselja s ukupno 260 km cjevovoda dimenzija DN 100 - 300 mm.

4. Zaključak

U području Slavonske Podravine, između Slatine, Donjeg Miholjca i Našica postoje izvorišta vode koja se koriste za javne vodovode. Provedene analize zahvaćenih i potencijalnih izvorišta i alternativnih scenarija razvoja distribucijskih sustava tih vodovoda dovele su do zaključka da prirodni uvjeti i realni razvoj u rješavanju potreba vodoopskrbe dovode do povezivanja u regionalni vodoopskrbni sustav. Takve okolnosti imaju izravne posljedice na strategiju razvoja i na projektiranje pojedinih dionica distribucijskoga sustava. Okosnica tog razvojno formiranoga regionalnoga sustava vodoopskrbe izrasti će adekvatnim povezivanjem triju rubnih crpilišta. To su na

zapadu Medinci (izvorište slatinskog vodovoda), na istoku Velimirovac (izvorište našičkoga vodovoda) i na sjeveru D. Miholjac. Razvoj ovih crpilišta primjeren regionalnim potrebama vodoopskrbe nije zamjena ostalih lokalnih izvorišta s povoljnom kvalitetom vode nego dopuna kapaciteta. Izgrađena infrastruktura za vodoopskrbu pojedinih općina i gradova daje mogućnosti za povezivanje četiriju sustava i racionalan razvitak regionalnoga vodoopskrbnoga sustava.

Literatura

1. Babić Ž., Čakarun I., Sokača A., Mraz V.: O geologiji kvartarnih naslaga porječja Drave na teritoriji SR Hrvatske. *Geološki vjesnik*, 30/1, 43-61, Zagreb, 1978.
2. Gereš D.: Glavni projekt vodovoda Orahovica. Fond dok. ETZ, Osijek, 1970.
3. Koch G.A.: Das Erweitertere project der neuen hochyuellenleitung fur die Konigliche freistadt Essek, Wiene, 1906.
4. Mihelčić D.: Regionalni vodoopskrbni sustav Slavonske Podravine (I, II i III faza razvoja), "HIDROPROJEKT-ING", Zagreb, 1991.-1993.
5. Tadić Z., Urumović K., Radić L., Gereš D.: Sustainable groundwater use. XVIIth Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 5-9 sept. 1994. Proceedings, 1,493-498, Budapest, 1994.
6. Urumović K., HERNITZ Z., Šimon J., Velić J.: O propusnom mediju kvartarnih, te gornjo i srednjopliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske. Četvrti jug.simpozij o hidrogeol. i inž.geol., 2, 395-410, Skopje, 1976.
7. Urumović K., Hlevnjak B., Tadić Z., Petrović M.: Zalihe podzemnih voda dravskog kvartarnoga vodonosnika i mogućnosti korištenja. Znanstveno savjetovanje "Poljoprivreda i gospodarenje vodama", 17-19. studenoga 1994. Saopćenja, 425-433, Bizovac, 1994.
8. Urumović K., Tadić Z., Hlevnjak B., Petrović M.: Groundwater budget of quaternary deposits in Drava valley in Croatia. XVIIth Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 5-9 sept. 1994. Proceedings, 1, 499-504, Budapest, 1994.
9. Vodopija M.: Dugoročni program opskrbe pitkom vodom Republike Hrvatske (1990-2015.). JVP "Hrvatska vodoprivreda", Zagreb, 1991.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Dragutin Mihelčić, Andrino Petković

R 1-09

Aktualni problemi opskrbe vodom Zadarsko-biogradskog područja

(Povezivanje vodoopskrbnih sustava Zadarsko-kninske i Šibenske
županije)

SAŽETAK: *Kao izravna posljedica agresije na Republiku Hrvatsku i okupacije izvorišta na Zrmanji i u Kakmi, zadarsko-biogradsko područje ostalo je bez glavnine ranije raspoloživih količina vode. Za ublažavanje i otklanjanje teškoća u opskrbi vodom pokrenut je niz interventnih aktivnosti na kaptiranju i boljem iskorištenju lokalnih izvorišta. Usporedo s time izvršena je revizija i replaniranje zatečenog koncepta vodoopskrbe zadarsko-biogradskog područja i postavljena nova temeljna konstrukcija sustava. Analizirani su raspoloživi vodni resursi na širem području sliva rijeka Krke i Zrmanje i mogućnosti za dovođenje dodatnih količina vode iz susjednih sustava vodoopskrbe, šenjskog odnosno šibenskog. Povezivanje vodoopskrbnih sustava Zadarsko-kninske i Šibenske županije pokazalo se najpovoljnijim rješenjem s obzirom da se žurnom realizacijom objekata spojnog sustava postiže bitno poboljšanje opskrbe vodom zadarsko-biogradskog područja, znatno povećanje sigurnosti opskrbe i zadarsko-biogradskog i šibenskog područja i pripremljen temeljni kontrolno-regulacijski sustav koji omogućava uključenje i svih drugih potencijalnih zahvata u prvom redu Vranskog jezera. Sastavni dio Programa povezivanja vodoopskrbnih sustava Zadarsko-kninske i Šibenske županije predstavlja razvoj novog vodozahvata na rijeci Krki što je osnovni preduvjet sveukupnog gospodarskog razvitka Šibenske županije.*

KLJUČNE RIJEČI: vodoopskrba, Zadar, Šibenik, ratne štete, povezivanje sustava

Current Problems of Zadar-Biograd Region Water Supply

ABSTRACT: *The direct aftermath of the aggression on the Republic of Croatia and occupation of the Zrmanja and Kakma well fields was that the Zadar-Biograd region was left without the majority of the previously available quantities of water. A number of emergency activities related to water tapping and better utilization of local resources has been undertaken in order to alleviate and eliminate the difficulties related to the water supply. Concurrently, the review and replanning of the existing water supply concept for the Zadar-Biograd region, and the new basic system structure was determined. The water resources available in the Krka and Zrmanja catchment areas were analyzed along with the possibility for supply of additional water quantities from the neighboring water supply systems, i.e.*

Dragutin Mihelčić, dipl.inž.grad., "Hidroprojekt-ing" Zagreb
Andrino Petković, dipl.inž.grad., JVP "Hrvatska vodoprivreda" OJ Split

Senj and Šibenik. Interconnecting of the water supply systems of Zadar-Knin and Šibenik Counties has proven the most suitable solution since the urgent realization of the connecting system structures would result in a considerable improvement of the Zadar-Biograd region water supply, a significant improvement of supply reliability of both Zadar-Biograd and Šibenik region, and preparation of the basic control/regulation system enabling incorporation of all other potential projects, primarily the Vransko jezero Lake. The integral part of the Program for Interconnecting of the Water Supply Systems in Zadar-Knin and Šibenik Counties is development of a new well field on the Krka River, which is the basic precondition for the complete economic development of the Šibenik County.

KEY WORDS: water supply, Zadar, Šibenik, war damages, systems interconnecting

1. Uvod

Širem području Zadra i Biograda nanijeta su eskalacijom rata protiv Republike Hrvatske sredinom 1991. godine znatna razaranja, uz nenadoknadle gubitke ljudskih života i štete na stambenim, kulturnim, industrijskim, javnim i infrastrukturnim objektima. Okupacijom zahvata na Zrmanji i prekidom rada Regionalnog vodovoda sjeverne Dalmacije raspoloživi resursi pitke vode za Zadar svedeni su samo na lokalna izvorišta (Bokanjačko blato), a to znači na 1/3 do 1/4 potrebnih količina vode, što je u prijeratnom razdoblju bio udjel vode s lokalnih zahvata u ukupnoj potrošnji. Okupacijom i prekidom dovoda vode sa zahvata u Kakmi područje Biograda na moru dovedeno je u podjednako tešku situaciju. Neprestana ograničenja potrošnje vode i višednevne redukcije koje su posebno drastične ljeti praktički su bile paralizirale normalan život.

Usporedno s interventnim radovima, koji su imali zadaću žurna ublaživanja teškoća, prišlo se i reviziji zatečenoga izgrađenog/planiranog vodoopskrbnog sustava zadarsko-biogradskog područja i izradi nove koncepcije razvoja u sadašnjim bitno izmijenjenim okolnostima.

Problem osiguranja potrebnih količina vode za potrošače na području Zadra i Biograda na moru trenutno je najteži vodoopskrbni problem u Republici Hrvatskoj. Ujedno to je problem koji po uzorcima, učincima, kompleksnosti mogućih tehničkih rješenja za njegovo otklanjanje ili bitno ublaživanje, potrebnim financijskim sredstvima i trenutnim prilikama na tom području nadilazi uobičajene tehno-ekonomske okvire i u jednakoj, pa čak i u znatno većoj mjeri postaje i politički problem.

2. Osiguranje potrebnih količina vode

Problemi vodoopskrbe u priobalnom području dalmatinskih slivova, osim, općenito uzevši, nedostatka dovoljnih količina kvalitetne pitke vode u sušnom razdoblju, koje koincidira s maksimalnim potrebama, umnoženi su posljedicama rata protiv Republike Hrvatske, najdrastičnije upravo na širem zadarsko-biogradskom području. Upravo se na tim prostorima pokazala sva nesigurnost postojećeg velikog sustava vodoopskrbe koji svojom glavninom ovisi samo o jednom glavnom izvorištu vode i o jednom glavnom cjevovodu za njezin dovod. Stoga se više ne smije dopustiti da šire zadarsko-biogradsko područje, ni bilo koje drugo područje Republike Hrvatske, u normalnom životu i u svim djelatnostima, a posebno u osiguranju vodnih zaliha, bude predmetom političkih, vojnih i drugih ucjena. Nužno je osigurati takve količine vode koje će svojim kapacitetom i kvalitetom garantirati nesmetan razvitak područja, a s druge strane, dispergiranošću lokacija zahvata i konstrukcijom cjeline vodoopskrbnog

sustava dati nužnu sigurnost ispunjenja potrošačkih zahtjeva u svim predviđenim i izvanrednim prilikama pogona.

Područje Zadra, uključivo za sada okupirane Obrovac i Benkovac, vodom se opskrbljivalo većim dijelom iz Regionalnog vodovoda sjeverne Dalmacije sa zahvatom na Zrmanji, a manjim dijelom iz vlastitih lokalnih vodozahvata (Bokanjačko blato). Regionalnim vodovodom sjeverne Dalmacije zahvaćena je voda s izvorišta u desnom zaobalju rijeke Zrmanje kod naselja Muškovci i cjevovodom duljine cca 40 km dovedena do Zadra. Kapacitet izgrađenog sustava iznosio je oko 1100 l/s vode, od čega je područje Zadra trošilo oko 900 l/s (82%). Osim tih količina Zadar raspoloživo vodozahvatima u Bokanjačkom blatu minimalne izdašnosti od 150-200 l/s. Navedeni kapaciteti prije rata su zadovoljavali potrebe za vodom na zadarskom području.

Područje Biograda na moru koristilo je vodu s izvorišta Kakma kapaciteta oko 100 l/s. Ovo izvorište zajedničko je za Biograd i za trenutno okupirani Benkovac koji je trošio dodatnih 50 l/s. Spomenute količine nisu potpuno zadovoljavale prijeratne neprestano rastuće potrebe za vodom, pa je 1990. godine započela izgradnja magistralnog vodovoda Zadar-Biograd čime bi se omogućilo iskorištavanje voda sa Zrmanje i za biogradsko područje.

Ukupna godišnja potrošnja vode u Zadru 1989. i 1990. godine iznosila je 12,5 - 12,6 mil.m³. Od tih količina udjel vode sa Zrmanje bio je oko 65-70%, a u ljetnim mjesecima, kad je izdašnost lokalnih izvorišta minimalna, oko 75% od ukupne potrošnje daju vode sa Zrmanje, a samo 25% vode iz lokalnih izvorišta. U takvoj situaciji nasilan prekid dovoda vode za Zadar, koji s okolnim naseljima ima oko 130.000 stanovnika, rezultira ekstremnim pogoršanjem uvjeta života, u prvom redu sanitarnih, i samo uložnim velikim naporima odgovornih javnih službi, komunalnih poduzeća i zdravstvenih institucija uspjelo se održati nužan higijenski standard. Prekidom dovoda vode s Kakme i područje Biograda na moru s oko 20.000 stanovnika ostalo je na samo 20-tak l/s vode s izvorišta Bibe u bližem zaleđu.

Posljedica opisanih okolnosti bile su neprestane redukcije vode, posebno drastične u ljetnim mjesecima, kad je većina potrošača vodu dobivala tek svaki treći dan po nekoliko sati. Situaciju je dodatno otežavalo zatečeno stanje vodovodne mreže i znatni gubici koje su uzrokovala oštećenja od granatiranja i od čestih prekida opskrbe, ali i naslijedene posljedice inadegvatnog održavanja sustava. Također, zbog velikog broja prognanika i izbjeglica smještenih po zadarskim i biogradskim hotelima potrebe za vodom i uz smanjenu industrijsku potrošnju i bez turizma bile su znatno veće od raspoloživih kapaciteta. Od potrebnih oko 700 l/s s lokalnih zahvata u Zadru bilo je moguće osigurati tek oko 200 l/s vode, a u Biogradu od potrebnih 100 l/s s lokalnih zahvata raspoloživo se približno sa 20 l/s.

Takvo stanje opskrbe vodom na zadarsko-biogradskom području uvjetovalo je intenzivne radove na uključivanju svih ostalih manjih lokalnih izvorišta, u prvom redu Golubinke. Izvorište Golubinka jedini je znatniji i dotada nekaprirani izvor u zadarskom zaleđu, kojega je kapacitet procijenjen od 40 l/s u sušnom razdoblju (srpanj-rujan) do više od 1000 l/s u kišnom (zimskom) dijelu godine. Projektiranju i realizaciji projekta Golubinke (rujan 1992.-svibanj 1993.) prišlo se u maksimalno kratkim rokovima, na što je nužno tjerala tadašnja situacija. Istodobno nastojalo se to izvorište i način njegova iskorištavanja maksimalno uklopiti u budući koncept razvoja vodoopkrbnog sustava. Izgradnjom vodovoda Golubinke omogućeno je iskorištavanje dodatnih 250-450 l/s vode. Tako je dakako bilo u vlažnom razdoblju, kad vode na Golubinci ima i znatno više od instaliranih kapaciteta objekata, a problem je ljeti ostao i dalje neriješen.

Izgradnjom cjevovoda za povećanje transportnih kapaciteta na relaciji Golubin-ka/Bokanjačko blato - Zadar, koji radovi su pred završetkom, omogućit će se u duljem vlažnom dijelu godine, u prosjeku 3/4 godine, pokrivanje svih vodoopskrbnih zahtjeva, odnosno na taj će način s izvorišta Golubinke i Bokanjačkog blata do Zadra biti omogućen dotok od ukupno oko 850 l/s vode. Na području Biograda na moru kap-tirana su u protekloj godini manja lokalna izvorišta u zaleđu Begovača i Turanjsko jezero, čime je opskrba vodom donekle poboljšana s dodatnih oko 40 l/s.

Bitno je istaći da se bez oslobođenja zahvata na Zrmanji i u Kakmi i ponovnog puštanja u pogon Regionalnog vodovoda Sjeverne Dalmacije u kratkom roku ne može osigurati dovoljno vode za zadovoljenje svih potreba u ljetnom razdoblju. Stoga, usporedno s interventnim radovima na dogradnji sustava i s izradom projektnih rješenja novih perspektivnih zahvata vode treba trajno i odlučno nastojati oko ponov-noga puštanja u pogon vodovoda sa Zrmanje i s Kakme, što mora biti među prio-ritetima u svim aktivnostima usmjerenim prema ponovnom uspostavljanju vlasti na još uvijek okupiranom području države Hrvatske.

U veljači 1993. godine JVP "Hrvatska vodoprivreda", OJ Split izradila je elaborat: Osiguranje potrebnih količina vode za vodoopskrbu i za poljoprivredu na priobalnom području između rijeka Krke i Zrmanje, kao početnu dokumentaciju materijala koji bi imali dovesti do konačnog zauzimanja stavova o osiguranju vodnih zaliha, o prio-ritetima i o dinamici ostvarivanja pojedinih objekata potrebnih za uključivanje tih voda u sustav vodoopskrbe. Elaborat je u ožujku 1993. godine zajedno s pozitivnim mišljenjem revidenta dostavljen na uvid i očitovanje svim predstavnicima županijskih i gradskih vlasti i pripadnim stručnim ustanovama Zadarsko-kninske županije.

Pregled osnovnih elemenata izgrađenih vodoopskrbnih sustava, planiranih potreba za vodom i raspoloživih potencijalnih novih zahvata i njihova zadovoljavanja dan je u kontekstu rješenja vodoopskrbe (zahvati, konfiguracije sustava, način dopreme do područja potrošnje), koje mora biti rezultat kompleksna vrjednovanja raspoloživih vodnih resursa, količina i kvalitete vode, prostorne dispergiranosti, optimalnih načina zahvaćanja i transporta, dinamike promjena potrošakih zahtjeva, visine potrebnih ulaganja, financijskih ograničenja i pretpostavki, i društveno-političkih uvjeta. Osim svih zatečenih vodoopskrbnih sustava na području Šibenske i Zadarsko-kninske župa-nije utvrđeni su kao potencijalni zahvati: rijeka Zrmanja s dosadašnjim zahvatom i s planiranim višenamjenskim akumulacijama; ličke vode, odnosno vode sliva jugoistočnog dijela Ličkog polja s predviđenim nizom mogućih akumulacija (izgradnja tunela kroz Velebit na trasi buduće Jadranske autoceste omogućit će prevođenje tih voda na područje zadarskog zaleđa); vode Bokanjačkoga blata, nakon zatvaranja odvodnog tunela i ostvarenja akumulacije, uključivo i akumulaciju na Miljašić Jaruzi; vode Vranskog jezera nakon realizacije akumulacije i odslanjivanja; vode rijeke Krke koja je do sada bila predviđena samo za vodovod šibenskog područja, s planiranim novim zahvatom na Visovačkom jezeru.

Svi spomenuti potencijalni zahvati vode ocijenjeni su s hidrološkog i s hidrogeološkog gledišta (determiniranje slivnog područja, karakteristike otjecanja, zaštitne sanitarne zone, iskoristljivost kapaciteta i posebno način i mogućnosti ostvarenja akumulacija). Također su ocijenjeni problemi očekivane kvalitete voda i mjera za njihovo očuvanje, i analiziran utjecaj na okolinu zahvata koji bi nastali ostvarenjem akumulacija, posebno s gledišta razvoja poljoprivrede i drugih gospodarskih razvojnih planova na slivnim područjima.

Predmetna studija potvrdila je da je zadovoljavanje sadašnjih potreba za vodom u najkritičnijem razdoblju - ljeti - moguće odmah postići jedino ponovnim puštanjem u

pogon Regionalnog vodovoda Sjeverne Dalmacije sa Zrmanje, i da treba pristupiti izradi idejnih rješenja, provođenju dodatnih istražnih radova i razradi ostale tehničke dokumentacije u prvom redu za Vransko jezero, ali i za ostale spomenute potencijalne zahvate. Također je istaknuta potreba sustavnog istraživanja, otkrivanja i saniranja očitih gubitaka u vodovodnoj mreži i optimiziranju rada i upravljanja cjelokupnog sustava.

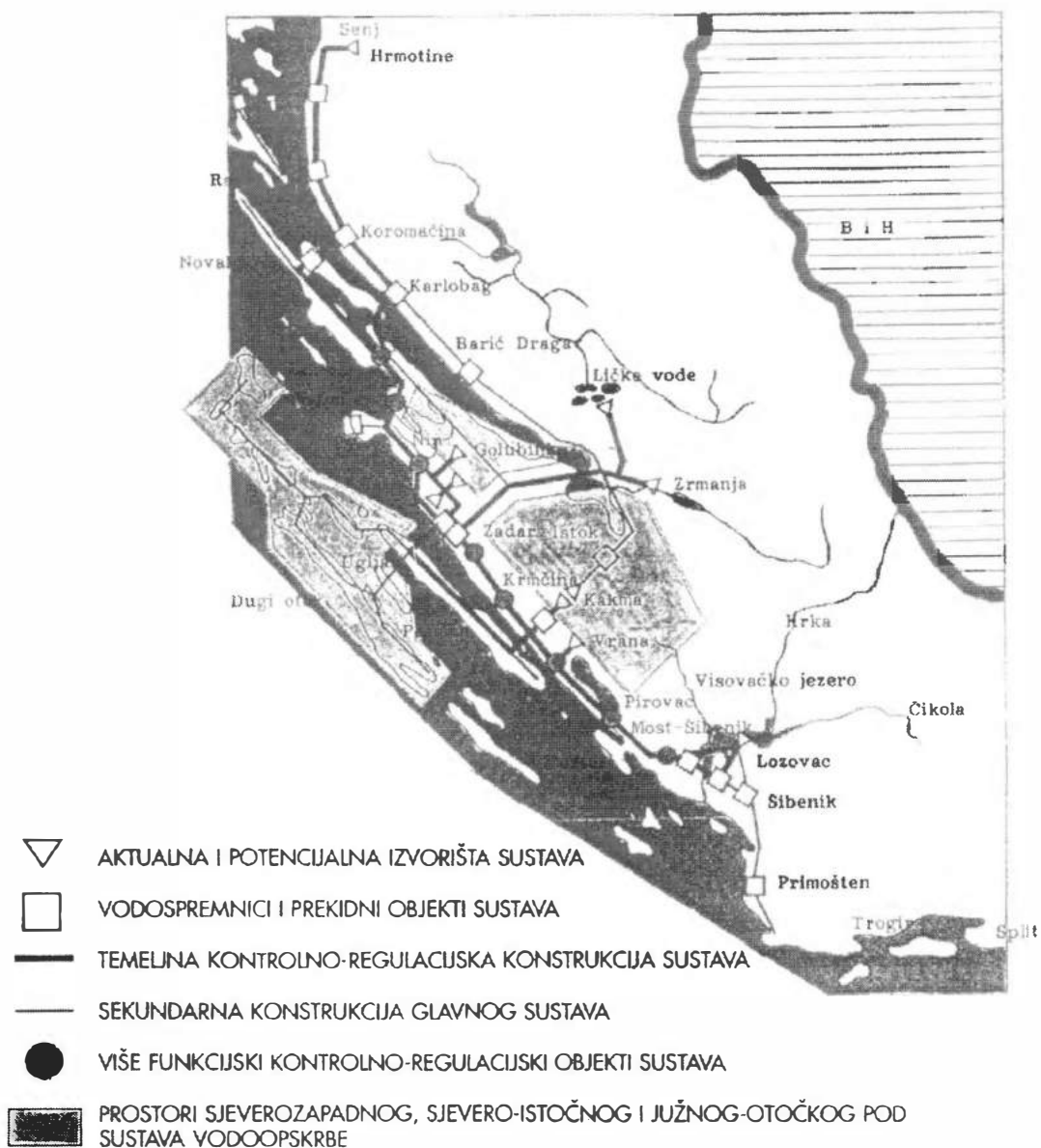
S tim u skladu izrađena je prethodna studija utjecaja na okoliš akumuliranja vode Vranskog jezera i hidrološka i hidrogeološka studija sliva Bokanjac-Poličnik. Te su studije pokazale da sadašnje spoznaje o bilanci i o kakvoći vode Vranskog jezera i o problemu kolizije različitih opcija iskorištavanja Vranskog jezera nisu dovoljne za potanju analizu tehno-ekonomskih parametara potrebnih za ostvarenje vodozahvata, i da je potrebno intenzivirati istražno-projektne aktivnosti za izradu konačne studije utjecaja na okoliš i za prihvaćanje tehničkog rješenja za ostvarenje buduće akumulacije i za način pročišćavanja vode i njezino uključenje u vodoopskrbni sustav. Također je hidrogeološka i hidrološka studija pokazala da se lokalnim vodnim resursima na zadarsko-biogradskom području ne mogu riješiti aktualni vodoopskrbni problemi jer se najveći dio raspoloživih voda već zahvaća i iskorištava, a dotoci u ljetnom razdoblju nisu dovoljni da bi mogli zadovoljiti potrebe za vodom.

Ukratko, stvarnost posljednjih godina upozorila nas je da će za rješenje aktualne zadarske vodoopskrbne probleme, za daljnji razvoj sustava vodoopskrbe Zadarsko-kninske županije i za nužno povećanje njegove pogonske i strateške sigurnosti, biti potrebno razviti u širim prostorima srednje Dalmacije, i ovisno o rješenju transformirati, koncepciju zadarskog sustava vodoopskrbe.

Za razvoj vodoopskrbe na prostoru tih dviju županija bit će potrebne i Krka i Zrmanja i ličke vode i Vransko jezero, uza sve moguće poboljšice pri iskorištavanju lokalnih vodozahvata. Ipak, otklanjanje ograničenja za svakodnevni život i iniciranje razvoja u sadašnjem trenutku mogu se postići samo uključivanjem voda rijeke Krke. Ne kao alternative Zrmanji, nego kao resursa koji će zajedno sa Zrmanjom biti osnova vodoopskrbe toga prostora. I ne nezavisno od Zrmanje, nego spajanjem tih dvaju velikih izvorišta u jedan osnovni transportno-distribucijski sustav koji će moći prihvatiti i distribuirati i sve druge lokalne već zatečene i buduće vodozahvate (slika 1.). Takav će sustav isključiti dosadašnju ovisnost samo o jednom glavnom vodozahvatu i dati potrebnu pogonsku i stratešku sigurnost.

3. Sadašnji sustav u prostoru između Zadra i Šibenika

U prostoru između Zadra i Šibenika već je razvijen sustav distribucije, ali njegove stvarne značajke nisu još ni približno poznate/identificirane. Poglavitito je razvijen sustav između Zadra i Pakoštana, a sastoji se od niza međusobno povezanih mreža/podsustava pojedinačnih naselja i gradova u tom prostoru (Bibinje, Sukošan, Sv. Petar, Sv. Filip-Jakov, Biograd, Pakoštane i Drage) i nedavno izgrađenog transportnog cjevovoda (sa crpnom postajom Krmčinom) od Zadra do Sv. Filip-Jakova do vodospreme Straža. Ukupne transportne sposobnosti sustava u prostoru između Zadra i Sv. Filip-Jakova, odnosno vodospreme Straža, u sadašnjoj fazi njegova razvoja, procjenjuju se da su na razini transportnih sposobnosti jednog ekvivalentnog cjevovoda f 600 mm. Slična je situacija u zapadnom području šibenskog sustava vodoopskrbe, u prostoru između Šibenika i Murtera, odnosno u prostoru između vodosprema Most i Čela. Uz interpolacije i eventualne rekonstrukcije kraćih dionica cjevovoda, što će ovisiti o njihovim stvarnim karakteristikama koje će se pokazati u njihovu pogonu, ukupne transportne sposobnosti sustava u tom prostoru u sadašnjoj se fazi njegova



SL.1 IDEJNO RJEŠENJE VODOOPSKRBNOG SUSTAVA ZADRA
(KONCEPT TEMELJNE KONTROLNO-REGULACIJSKE KONSTRUKCIJE SUSTAVA)

razvoja također procjenjuju da su na razini transportnih sposobnosti jednog ekvivalentnog cjevovoda f 600 mm. Važno je istaknuti da se ti kapaciteti danas ne iskorištavaju ni do razine do 20-tak posto, ali je bez obzira na to, zbog neravnomjerne raspoređenosti tih kapaciteta u prostoru, razumno očekivati zahtjeve za dalji razvoj mreže i već u razmjerno bliskoj budućnosti dosezanje transportnih sposobnosti na razini jednog ekvivalentnog cjevovoda f 700 mm.

Samo u praznom prostoru između Pakošтана/Druga i Pirovca, u dužini samog Vranskog jezera, gdje se niti ne očekuje razvoj bilo kakvih većih urbanih sadržaja, nema sada izgrađenih cjevovoda, i do sada se oni nisu ni planirali graditi.

4. Konstrukcija, pogon i očekivani učinci spojnog sustava

Opisane značajke sustava u prostoru između Zadra i Šibenika sasvim jasno pokazuju da su, izuzimajući pojas u dužini Vranskog jezera, sadašnji kapaciteti sustava u tom prostoru na razini ekvivalentnog cjevovoda f 600 mm i njegova sadašnjeg stupnja iskorištavanja od 20-tak posto. Pokazuju i to da bi, zadržali li se sadašnja koncepcija razvoja i dosadašnji način njegova projektiranja, kapaciteti sustava u tom prostoru, opet izuzimajući pojas u dužini Vranskog jezera, razmjerno brzo dosegli i razinu ekvivalentnog cjevovoda f 700 mm, najvjerojatnije uz još dugo zadržavanje istog stupnja njegova iskorištavanja (od 20-tak posto).

Bit projekta spojnog sustava jest u popunjavanju praznine u dužini Vranskog jezera i u povećanju, a ako zatreba i u maksimiziranju stupnja iskorištavanja tako upotpunjenih kapaciteta sustava u cijelom prostoru između Zadra i Šibenika (slika 2.).

Upotpunjavanje cjevovoda u tom prostoru već je zapravo predodređeno opisanim sadašnjim značajkama sustava i očekivanim zahtjevima u njegovu daljem razvoju. Time je određena: dogradnja cjevovoda f 600 mm od Sv. Filip-Jakova do Pakošтана u dužini oko 12 km, jer već izgrađeni cjevovod od vodospreme Straža do Pakošтана svojim konstrukcijskim i kvalitativnim značajkama ne može ispuniti pogonske zahtjeve novog sustava; interpolacija cjevovoda f 700 mm duž Vranskog jezera od Pakošтана do Pirovca u dužini oko 12 km, jer ta dionica cjevovoda do sada nije planirana i jer je samo ona strateška dionica spajanja zadarskog i šibenskog sustava; dogradnja cjevovoda f 600, odnosno f 700 mm od Pirovca do Murtera, odnosno vodospreme Čela, u dužini oko 5 km, jer ta dionica do sada još nije izgrađena, a potrebna je ne samo zbog ovog spojnog sustava nego i zbog rješavanja vodoopskrbe Pirovca i cijelog prostora Šibenske županije u njegovu kontinentalnom zaleđu.

Ukratko, upotpunjavanje cjevovoda u ovoj se fazi razvoja spojnog sustava, koju određuje postulirani protok približno od 200 l/sek do grada Zadra, sastoji od izgradnje ukupno oko 29 km cjevovoda f 600 mm - f 700 mm na dionici od Sv. Filip-Jakova do Pirovca/Čela. U daljim fazama razvoja, koje će odrediti zahtjevi za povećanjem protoka kroz taj sustav i tome adekvatno povećanje stupnja iskorištavanja njegovih kapaciteta, razvoj mreže cjevovoda u tom međuprostoru sastojat će se od eventualno potrebnih rekonstrukcija njezinih već raspoloživih kapaciteta, od daljeg razvoja mreža pojedinačnih podsustava distribucije i zavisno od toga od interpolacija samo kraćih dionica cjevovoda u smjeru spojnog sustava (ukratko od uređivanja distribucijske mreže/podsustava u međuprostoru).

Povećavanje, a prema daljim potrebama maksimiziranje i čak forsiranje stupnja iskorištavanja tih cjevovoda/mreže bit će moguće uključivanjem pet višefunkcijskih kontrolno-regulacijskih objekata (pojednostavljeno rečeno, crpnih postaja) u međuprostoru Zadar-istok, Krmčina, Vrana, Pirovac i Šibenik-most. U toj fazi razvoja, koju



SLIKA 2. Povezivanje vodoopskrbnih sustava Zadarsko-kninske i Šibenske županije

određuje postulirani protok približno od 200 l/sek do grada Zadra, potrebno je izgraditi samo CP Zadar-istok i djelomično rekonstruirati već izgrađenu CP Krmčina, i u oba objekta ukupno ugraditi samo 6 crpnih agregata. U daljim fazama razvoja, koje će odrediti zahtjevi povećavanja protoka kroz taj sustav i tome adekvatno povećavanje stupnja iskorištavanja njegovih kapaciteta, trebat će samo dograđivati preostale objekte (najjednostavnijom građevinskom konstrukcijom) i u njih, postupno, kako se budu povećavali zahtjevi, ugrađivati crpne agregate.

Naravno da pogon višefunkcijskog sustava nije i ne može biti tako jednostavan kako je u dosadašnjem i u opće u našim sustavima vodoopskrbe do sada uobičajeno. Ali, svako bi pojednostavljivanje njegova pogona istodobno značilo kompliciranje njegove konstrukcije i višestruko povećavanje njezinih dimenzija, uz višestruko smanjivanje stupnja njihova iskorištavanja. Bio bi to povratak na konvencionalne koncepcije jednofunkcijskih predimenzionalnih konstrukcija niskog stupnja iskorištavanja, ograničenih mogućnosti u upravljanju učincima i neprimjereno niske razine pogonske i strateške sigurnosti vodoopskrbe. Takvi bi pokušaji upravo u konkretnom primjeru pokazali svu neprimjenljivost sličnih koncepcija. Jednostavno, zahtjevi kakvi se postavljaju pred taj sustav ne mogu se ispunjavati kompliciranjem/predimenzioniranjem njegove konstrukcije i pojednostavljivanjem njegova pogona, nego naprotiv pojednostavljivanjem i minimiziranjem konstrukcije i njezinih dimenzija i osuvremenjivanjem rješenja upravljanja njezinim pogonom.

To su, dakako, iduće faze projektiranja spojnog sustava - konkretno, projektiranja informacijsko-upravljačkog sustava. U toj su fazi projektiranja identificirani svi potencijalni zahtjevi koje su u pogonu sustava mogu u budućnosti postaviti, i razvijena je konstrukcija koja će sve te zahtjeve moći ispuniti (ukratko, razvijena je konstrukcija jednog višefunkcijskog stroja koji će ako, kad i koliko to bude, moći ispuniti sve potencijalne zahtjeve vodoopskrbe u prostoru). Identificirani su i svi kritični uvjeti pogona te konstrukcije, i ona je modelirana tako da sve ekscerne ili akcidentne pojave u sustavu može pouzdano i učinkovito kompenzirati. Time su isključeni svi rizici i otvorene široke mogućnosti za dalje postupno rješavanje problema i za usavršavanje rješenja upravljanja spojnim sustavom i cjelinom sustava vodoopskrbe u prostorima o kojima je riječ, radi daljeg povećavanja njegove učinkovitosti. Prvi malen korak u tom pravcu, koji će isključiti rizike i mogućnosti iskorištavanja sustava u početnoj fazi njegova razvoja, bit će učinjen već u fazi projektiranja, na razini privremenog pravilnika uključivanja i isključivanja iz pogona spojnog sustava i preporuka za njegovo iskorištavanje u redovnim prilikama.

Od projektiranog višefunkcijskog spojnog sustava u prostoru između Zadra i Šibenika očekuje se niz veoma znatnih učinaka:

- rješenje glavnine dugoročnih problema u šibenskom sustavu vodoopskrbe (razvoj sustava dobave, pripreme i transporta vode do objekta Šibenik-Most, što je preduvjet za sve funkcije spojnog sustava),
- rješenje glavnine dugoročnih problema vodoopskrbe u cijelom prostoru,
- rješenje problema upravljanja distribucijom, kontrolom opskrbnog tlaka, u istočnom i priobalnim zonama grada Zadra i u cijelom priobalnom području između Zadra i Šibenika,
- osiguranje preduvjeta za rješavanje vodoopskrbe u svim gravitacijskim podsustavima otoka i kontinentalnog zaleđa,
- višestruko povećanje pogonske i strateške sigurnosti vodoopskrbe Zadra i Šibenika i cijelog prostora između tih gradova,

- pripremljenost sustava za uključivanje svih drugih potencijalnih izvorišta u tom prostoru i za transportiranje njihovih voda u svim pravcima i smjerovima distribucije,
- pripremljenost sustava za potpuno kontroliranje i upravljanje učincima vodoopskrbe u cijelom gravitacionom prostoru,
- pripremljenost sustava za racionaliziranje gospodarenja vodama slivova Zrmanje i Krke, uključujući sva druga lokalna izvorišta u gravitacionom prostoru tih slivova, i za pokrivanje vodoopskrbnih zahtjeva u svim stvarnim redovnim i neredovnim ili akcidentnim prilikama.

5. Vodozahvat na rijeci Krki

Ostvarivanje Programa povezivanja vodoopskrbnih sustava županija Zadarsko-Kninske i Šibenske provodi se u dvjema fazama: u prvoj se cjevovodima i precrpnim stanicama povezuju dva sustava i prema zaključcima Vlade Republike Hrvatske od 17. studenoga 1994. osigurava dodatnih 200 l/s vode za potrebe Zadra i Biograda; u drugoj se ostvaruju vodozahvatni objekti na rijeci Krki i uređaj za pročišćavanje vode na platou Lozovcu.

Osiguranje dodatnih količina vode ostvarenjem vodozahvata na rijeci Krki, odnosno Visovačkom jezeru osnovni je preduvjet za postizanje željenih korisnih efekata. Vode rijeke Krke na Visovačkom jezeru najbolje su kakvoće (dotok iz najvećeg uzvodnog sliva, dugo zadržavanje vode u velikom prirodnom jezerskom prostoru, dubina zahvata oko 16 m, i stalnost niske temperature vode). Takva kakvoća vode i razina jezera oko 45,0 m.n.m. garantira i najniže pogonske troškove. Vode rijeke Čikole prije utoka u Krku, zbog manjeg uzvodnog sliva i zbog kraćeg zadržavanja vode u manjem jezerskom prostoru, adekvatno su i lošije kakvoće. Ipak, kao i vode iz Visovačkog jezera, garantiraju također niske pogonske troškove. Vode rijeke Krke i Čikole ispod slapova Skradinskog buka slabije su kakvoće, bez zadržavanja u jezerskim prostorima, bez potrebnih dubina zahvaćanja i veoma promjenljive temperature u tijeku godine, uz taloženje kalcijeva karbonata pri iskorištavanju tih voda i uz mogući utjecaj slane vode. Uz takvu kakvoću vode i uz nisku razinu iznad mora potrebno je računati sa znatnim troškovima u eksploataciji sustava.

Lokacija objekata na rijeci Krki unutar granica Nacionalnog parka razlog je što uobičajene veličine za konačnu ocjenu podobnosti tehničkog rješenja, investicijski i pogonski troškovi, nisu bile dovoljne za donošenje konačne odluke, već je tim kriterijima trebalo dodati i podjednako važne kriterije zaštite okoliša. Osjetljivost i aktivnost prostora i zatečeni projekti koje je kao tadašnji investitor financiralo JP Vodovod i kanalizacija iz Šibenika i koji su bili izrađeni bez prethodno utvrđenih uvjeta uređenja prostora, inicirali su reagiranje u javnosti i stanovništva, i stručnjaka i pojedinih skupina, a posebno Uprave Nacionalnog parka Krke. Stoga su kompetentna ministarstva imenovala posebnu ekspertnu skupinu sa zadaćom da predloži najpovoljnije rješenje vodozahvata na Krki, uvažavajući kompleksnost prostornih, ekoloških, gospodarskih i vodoprivrednih interesa.

Rad ekspertne skupine rezultirao je određenim mišljenjima i prijedlozima što su uzeti u obzir pri donošenju zaključaka Vlade Republike Hrvatske kojima su određeni lokacija vodozahvatnih objekata i kapaciteti. Određeno je da se zahvat locira uz lijevu obalu Visovačkog jezera između rta Jeljnjaka i uvale Perališta, odakle bi se voda transportirala na lozovački plato do lokacije uređaja za pročišćavanje izvan granica

Nacionalnog parka. Sustav vodozahvata bio bi potpuno automatiziran i bez ljudske posade, a upravljački centar bio bi na Lozovcu.

Izvedba zahvata na način kojim bi se istodobno omogućilo zahvaćenje voda i rijeke Krke iz Visovačkog jezera i rijeke Čikole prije uljeva u Krku još bi višestruko povećalo pogonsku i stratešku sigurnost cijelog zadarsko-biogradsko-šibenskog sustava. Riječ je o mogućnostima zahvaćanja vode istim objektima iz dvaju različitih uzvodnih slivova u kojima sada i u budućnosti treba računati s namjernim ili slučajnim akcidentima. Kako je vremenska koincidencija takvih akcidenta u obim uzvodnim slivovima i Krke i Čikole potpuno nerealna (kao što je sasvim realna mogućnost da se to desi u jednom), u tome, a ne samo u najmanjim pogonsko-investicijskim troškovima najveća je prednost zahvaćanja vode s gornjih horizonata.

Upravo izrađena hidrološka studija malih voda Skradinskog buka pokazala je da vode u Krki ima, ali isto tako da u njezinu iskorištavanju sada nema pretjeranog reda, u prvom redu zbog rada hidroelektrane Jaruge. Ostvarenje vodozahvata i uspostava kontinuiranog monitoringa toka i izmjene vode, kakvoće vode i bioloških procesa omogućit će upravljanje iskorištavanjem voda rijeke Krke u svim hidrološkim uvjetima, za sve namjene i po prioritetima među kojima je opskrba pitkom vodom na prvom mjestu.

Minimalni protok tisućugodišnjeg povratnog razdolja koji iznosi $5.27 \text{ m}^3/\text{s}$ nije razlog da Krku uopće ne pijemo. Zbog toga se i projektira višefunkcijski sustav koji će pri eventualnom kraćem nedostatku dotoka u Krki taj nedostatak nadoknaditi iz drugih izvorišta. U krajnjem slučaju, eventualne kratkotrajne redukcije u opskrbi vodom, ako to bude potrebno, jednom u više desetaka godina, neusporedive su s trajnom žedi.

Kapacitet vodozahvata na Visovačkom jezeru u razvojnim planovima vodoopskrbe šibenske regije koji su na snazi predviđen je u konačnici sa $2 \text{ m}^3/\text{s}$, što svakako treba da bude predmetom revizije, prije svega zbog neostvarenih projekcija razvoja u proteklom desetljeću i zbog usklađenja s novim trendovima porasta potreba za vodom. Zasada se objekti vodozahvata na Visovačkom jezeru planiraju ostvariti s nazivnim kapacitetom od $1 \text{ m}^3/\text{s}$, a iskoristivi radni kapacitet u prosjeku će sigurno biti znatno manji i ovisit će o trenutnim mogućnostima osiguranja vode na svim drugim lokalnim izvorištima.

Neopravdano je strahovati da će izgradnja vodozahvatnih objekata narušiti prirodni izgled prostora Nacionalnog parka. Objekti se predviđaju locirati uzvodno i dovoljno daleko od Skradinskog buka, u manje atraktivnim prostorima, potpuno uklopljeni u okoliš (ispod razine terena i ispod razine vode), bešumni i praktično nevidljivi. Tehnologija izvođenja radova bit će primjerena okolišu u kojem se izvode, a neizbježne "rane" na lokacijama objekata moguće je sanirati već u tijeku jedne vegetacijske sezone. Suvremena oprema crpnih stanica njihove dimenzije smanjuje na red veličine većeg okna ili sobe, i sasvim je sigurno da nema nikakvih razloga za bilo kakvim glomaznim građevinama. Uređaj za pročišćavanje vode lociran je izvan granica Nacionalnog parka, dovoljno daleko od ulaza i zaklonjen vegetacijom.

Kriteriji zaštite nacionalnog parka ni u čemu bitnome ne razlikuju se od kriterija zaštite vodozahvatna za opskrbu pitkom vodom. Upravo zbog toga u nacionalnim parkovima svugdje u svijetu locirane su i glavne zalihe pitke vode. Uostalom, u Prostornom planu Nacionalnog parka Krke, prihvaćenom 1990.god., utvrđen je imenom vodozahvat na Visovačkom jezeru, a unutar područja koje se razmatra za lociranje zahvatnih objekata nema sadržaja što bi bili zapreka njihovu lociranju.

Literatura

1. Ramljak T., Petković A.: Osiguranje potrebnih količina vode za vodoopskrbu i za poljoprivredu na priobalnom području između rijeka Krke i Zrmanje, JVP "Hrvatska vodoprivreda" - Zagreb, Organizacijska jedinica Split, 1993.
2. Mihelčić D., Macan S.: Idejno rješenje sustava i aktualnih problema vodoopskrbe Zadra, "Hidroprojekt-ing" Zagreb, 1993.
3. URBING Zagreb, Prijedlog zahvata u prostoru za vodozahvatni sustav na rijeci Krki na Visovačkom jezeru, 1994.
4. Bonacci O.: Hidrologija malih voda Skradinskog buka gornjeg na rijeci Krki, Građevinski fakultet Split, 1994.
5. Gereš D.: Vodoopskrba Zadarsko-kninske i Šibenske županije, "Hrvatska vodoprivreda" godište IV, broj 29, 1995.
6. Dokumentacija JVP "Hrvatske vodoprivrede" - Zagreb, Organizacijska jedinica Split



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Željka Šiljković

R 1-10

Korištenje voda u industriji Hrvatske

Sažetak: *Analitičko-sintetičkom metodom, te regionalno - geografskim pristupom tematici nastojalo se objasniti stanje uloge voda, kao i realno stanje pročišćavanja otpadnih voda gledano granski i regionalno.*

Za potrebe proizvodnje industrija koristi vodu iz više različitih izvora (vodovod, vodotoci, podzemne vode i izvori, jezera, akumulacije i mora). Uz elektroprivredu, kao nesumljivo najvećega potrošača vode izdvajaju se kemijska, prehrambena i naftna industrija. Na regionalnome planu postoje bitne razlike u potrošnji vode. Najveće količine koristi industrija Zagreba, koji je ujedno i najjači industrijski centar države. Središnja Hrvatska najvažniji je industrijski i populacijski prostor koji je u ukupnoj potrošnji vode sudjeluje s više od 50%. Samo petina otpadnih voda industrije podvrgnuta je postupcima pročišćavanja: 21,85%, dok se preostala nepročišćena voda ispušta u recipijente vodotoke i mora. U postupku pročišćavanja još uvijek dominira tip mehaničke obrade. Regionalno čak trećina hrvatskih županija nema u primjeni nikakve metode obrade. Najcjelovitiji sistem provodi se na području Varaždinsko-podravsko-bilogorske regije gdje se pročišćava više od 50% otpadnih voda, uz dominaciju mehaničkih metoda.

Ključne riječi: *industrija, ispuštanje otpadnih voda, pročišćavanje, hrvatska*

Water Utilization in Croatian Industry

Abstract: *The analytic-synthetic method and regional-geographic approach were applied in order to explain the role of water and the actual situation in waste water treatment in particular sectors and regions. The water for industrial purposes is obtained from several different sources (water supply system, streamflows, groundwater, springs, lakes, reservoirs and sea). In addition to power industry, which is by far the largest water consumer, the chemical, food and oil industries should be singled out. The differences in water consumption on a regional plan are considerable. The Zagreb industry is the largest consumer, and Zagreb is the major industrial center in the country. With respect to industry and population, the most important area is Central Croatia which participates in total water consumption with over 50%. Only one fifth of the industrial effluents is treated, while the rest is discharged untreated into the recipients - watercourses and the sea. The waste water treatment plants are predominantly of mechanical type. Regionally, even one third of the Croatian counties does not apply any treatment methods. The most comprehensive system in operation is Varaždin-Podravina-Bilogora region, where over 50% of waste water is treated predominantly by mechanical methods.*

Key words: *industry, water supply, discharge of effluents, purification, Croatia*

Voda je neophodan sastavni dio procesa proizvodnje u svim granama industrijske djelatnosti, bilo da se koristi u samoj proizvodnji ili kao voda za hlađenje.

Opskrba industrije vodom provodi se iz više različitih izvora: a) javni vodovod, b) podzemna voda i izvori, c) vodotoci, d) akumulacije i jezera, e) more. Jednako tako upotrebljena i iskorištena voda, pročišćena ili najčešće nepročišćena, ispušta se u javnu kanalizaciju, ili u svoja izvorišta. Time se konstantno sužava krug industrijske, ali i gradske vodoopskrbe. Izvor industrijske opskrbe postaje recipijent njezinih otpadnih voda. Rast i razvoj industrije, a time i sve jači urbani razvoj zemlje uzrokovali su konstantan rast potrošnje vode. Dakako da industrijske grane nisu jednaki potrošači vode. Najveći potrošač vode u industriji svakako je elektroprivreda koja za potrebe proizvodnje električne energije godišnje utroši 30 558 956 tis.m³ vode (1993. g.), ili čak 98,68% od ukupnih količina.

Prema faktoru potrošnje vode, industrija je podijeljena u šest osnovnih grupa (Tab. 1.). Kemijska, naftna i prehrambena industrija najveći su industrijski korisnici voda. Ove tri industrijske grane koriste zajedno 3/4 (79,11%) svih voda u industriji (bez elektroprivrede). Razlog tomu je i specifičnost njihove proizvodnje koja iziskuje velike količine vode. U grupu značajnijih potrošača industrijske djelatnosti čiji se udio kreće od 1,7 - 8,1%.

Tab. 1. Red vrijednosti industrije Hrvatske prema faktoru opskrbe vodom, 1993.

Tab. 1. Order of value of industry in Croatia by factor of water supply in 1993.

Red veličina	Industrijska grana	stvarne vrijednosti
1. više od 40%	kemijska	44.30
2. 11-21%	prehrambena	20.68
	naftna	14.13
3. 2.51-10%	proizvodnja i prerada nemetalnih minerala	8.11
	metalna	3.39
	drvena	2.58
4. 1-2.50%	građevinska	2.31
	tekstilna	1.70
5. 0.20-0.99%	industrija papira	0.94
	elektronička	0.69
	kožna i gumarska	0.59
	proizvodnja i prerada ugljena	0.27
6. manje od 0.20%	grafička	0.17
	duhanska	0.10
	prerada industrijskog otpada	0.02

Izvor: Priopćenje, Korištenje voda i zaštita voda od zagađivanja u industriji i rudarstvu

U toj su grupi tekstilna, građevinska, drvena, metalna industrija, i industrija proizvodnje i prerade nemetalnih minerala. Ostale industrijske grane (7 djelatnosti) sudjeluju sa zanemarivih 1 i manje posto u ukupnoj potrošnji. Potrošnja vode ne ovisi samo o karakteru industrijske proizvodnje, već i o sastavu i brojnosti industrijskih djelatnosti Hrvatske. Još uvijek u nas prevladava tip radno - intenzivnih industrija (prehrambena, tekstilna, drvena, metalna), koja se locira uglavnom u blizini izvora sirovina, ali i u blizini izvora vodoopskrbe. Kao izvori vodoopskrbe najčešće se koriste vodovodi. Čak 10 industrijskih grana kao svoj glavni izvor snabdijevanja koristi vodovod. Međutim, ukupni udio potrošnje vode ovih grana kreće se manje od 10%, dok se najveći potrošači poput kemijske, naftne i prehrambene industrije opskrbljuju vodom iz akumulacija, mora ili iz podzemnih izvora (Tab. 2.).

Tab. 2. Glavni izvori opskrbe industrije vodom, 1993.

Tab. 2. *The main sources industry water supply in 1993.*

IZVOR	broj	industrija	% od ukup. količ.
vodovod	8	tekstilna	56.67
		duhanska	67.47
		kožna i gumarska	70.29
		metalna	73.84
		elektrotehnička	87.82
		grafička	88.42
		proizvodnja i prerada ugljena	100.00
		prerada industrijskog otpada	100.00
vodotok	1	proizvodnja i prerada nemet. minerala	98.06
akumulacije	2	kemijska	45.20
		elektroprivreda	62.14
more	1	naftna	58.35
podzemna voda	1	prehrambena	70.46

Izvor: Pripoćenje, Korištenje voda i zaštita voda od zagađivanja u industriji i rudarstvu 1993.g.DŽSRH, Zagreb 1994.

Tab. 3. Količine isporučene vode (ukupno i za industriju) prema županijama Republike Hrvatske, (tis. m³), 1992.Tab. 3. *Amounts of water consumption (in total and for the industry) by district of "župan" of Republic of Croatia in (in tho. m³), 1992.*

ŽUPANIJE	ukupne količine	količine za industriju	% za proizvodnju
UKUPNO	339418	132157	38.94
Grad Zagreb	99218	39824	40.14
Splitsko-dalmatinska	55146	21317	38.66
Primorsko-goranska	42005	15665	37.29
Istarska	35818	12364	34.52
Varaždinska	14616	8300	56.79
Karlovačka	10319	5274	52.02
Osječko-baranjska	10115	3369	33.31
Šibenska	9631	5000	51.92
Sisačko-moslavačka	8762	3070	35.02
Krapinsko-zagorska	8215	1188	14.46
Dubrovačko-neretljanska	7088	2345	33.08
Koprivničko-križevačka	5151	2984	57.93
Brodsko-posavska	4975	1986	39.92
Bjelovarsko-bilogorska	4709	2360	50.12
Ličko-senjska	4593	502	10.93
Međimurska	4404	1471	33.40
Požeško-slavonska	4075	1340	32.88
Zagrebačka	3418	1220	35.69
Virovitičko-podravska	3402	1536	45.15
Vukovarsko-srijemska	3334	842	25.25
Zadarsko-kninska	605	200	33.06

Izvor: Statistički ljetopis hrvatskih županija, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb 1993.

Na regionalnom planu postoje bitne razlike između pojedinih županija Hrvatske, ovisno o stupnju industrijalizacije pojedinih područja, kao i o tipu dominirajuće industrijske djelatnosti.

Na cijelom teritoriju Hrvatske izdvaja se Zagreb kao vodeće industrijsko središte u kojem je koncentrirano više od 1/4 svih industrijskih poduzeća države, od onih koji su najmanji potrošači vode (duhanska, grafička industrija) do najvećih (prehrambena, kemijska, rafinerije, TE - TO). Zagrebačka industrija koristi 40,14% od ukupnih količina voda za Grad Zagreb, ali i 30,13% od svih industrijskih voda Hrvatske. Značajniji potrošači vode industrije su Splitsko - dalmatinske županije sa 38,66%, odnosno 16,13%, Primorsko - goranske sa 37,29%, ili 11,85% (Tab.3.). Zanimljivo je da je potrošnja vode na području Osječko - baranjske županije manja od potrošnje na području Istarske, Varaždinske, Karlovačke, odnosno Šibenske županije. Razlog tomu je u konstantnom rastu funkcija rada, a time i industrije u regionalnim centrima Pule, Varaždina, Karlovca i Šibenika i još uvijek tradicionalno agrarni kraj Istočne Slavonije. Unutar Hrvatske moguće je izdvojiti regiju Središnje Hrvatske kao glavnu os industrijalizacije i urbanizacije zemlje. Godišnja industrija ove regije koristi 50,77 % od svih industrijskih voda Hrvatske. Na njezinom se području nalaze dvije od pet glavnih industrijskih regija Hrvatske: 1. Zagrebačka (Zagreb - Karlovac - Sisak - Kutina - Ivanić Grad - Dugo Selo - Jastrebarsko) čija je industrija apsolutno najveći korisnik i potrošač voda u Hrvatskoj; i 2. Gornjepodravka (Varaždin - Čakovec - Ludbreg - Koprivnica). Industrijalizacija ove regije, kao i dominacija prehrambene, drvne i tekstilne industrije ogleda se u činjenici da se više od 55% ukupnih količina vode i isporučuje industriji.

Na temelju količina isporučene vode, područje Hrvatske moguće je podijeliti na pet glavnih industrijskih regija:

1. Zagrebačka (Zagreb - Karlovac - Sisak - Kutina - Ivanić Grad - Dugo Selo - Jastrebarsko) s 49 388 tis.m³ vode, ili 37,37% od ukupnih količina.
2. Riječka (Rijeka - Pula - Rovinj - Pazin - Labin - Opatija - Delnice - Čabar) s 28 029 tis.m³ vode, ili 21,21%
3. Splitska (Split - Solin - Omiš - Trogir; Šibenik) s 26 317 tis.m³, ili 19,91% vode.
4. Gornjepodravka (Varaždin - Čakovec - Ludbreg; Koprivnica) s 13 943 tis.m³, ili 10,55% i
5. Istočno-slavonska (Osijek - Vukovar - Slavonski Brod - Vinkovci; Valpovo; Đakovo) sa 6 197 tis.m³ vode, ili 4,69%.

Ispuštanje i pročišćavanje vode

Najveći dio otpadnih voda industrija još uvijek nepročišćeno ispušta ne samo u kanalizaciju, već i u vodotoke, mora, jezera i druge recipijente. Time ne samo što uzrokuje zagađenje, već i smanjuje mogućnost njihova daljega korištenja. Od ukupno 399 752 tis.m³ otpadnih voda industrija pročišćava samo 21,85% svojih voda. Vodotoci su za najveći broj industrijskih djelatnosti glavni prirodni recipijent koji prihvaća samo 8,21% pročišćenih voda. Ništa bolja situacija nije ni sa otpadnim vodama koje se ispuštaju u more. Samo se njih 11% podvrgava postupku pročišćavanja. Najveće količine otpadnih voda u vodotoke ispuštaju djelatnosti koje su i najveći potrošači: prehrambena industrija, elektroprivreda i kemijska industrija. Te se vode pročišćavaju u zanemarivo malim količinama: manje od 1,50%. Ovisno o recipijentu otpadnih voda prehrambene industrije, udio pročišćenih kreće se od 0,46% za vodu koja se ispušta u

Tab. 4. Pročišćavanje otpadnih voda prema recipijentu i grani industrije (u tis. m³), 1993.
 Tab. 4. Purification of effluents by recipient and the type of industry (in tho. m³) in 1993.

Recipijent	Industrija	ukupne količine	% pročišćenosti
VODOTOK			
100.00	grafička	11	100.00
80.01-99.99	naftna	7308	99.75
	industrija papira	1497	87.64
60.01-80.00	metalna	1428	67.79
20.01-60.00	građevinska	824	48.67
	tekstilna	851	36.78
10.01-20.00	kožna i gumarska	371	14.82
	proizvodnja nemetalnih minerala	509	13.36
	drvena	607	11.86
	elektrotehnička	246	10.16
manje od 10.00	prehrambena	56741	1.49
	elektroprivreda	48513	1.08
	kemijska	29243	1.06
KANALIZACIJA			
60.01-80.00	kemijska	68813	79.98
	elektroprivreda	842	70.43
20.01-60.00	drvena	7170	52.62
	naftna	1005	45.87
10.01-20.00	tekstilna	5012	13.44
	prehrambena	17390	13.40
	elektrotehnička	2486	13.40
	industrija papira	975	11.38
manje od 10.00	metalna	7222	7.23
	prerada industrijskog otpada	69	4.32
	građevinska	568	2.11
	kožna i gumarska	1661	1.32
	grafička	6	0.92
	duhanska	273	0.00
	proizvodnja i prerada nemetalnih minerala	32418	0.00
MORE			
80.01-100.00	proizvodnja i prerada ugljena	589	93.21
20.01-40.00	prehrambena	777	39.64
	elektroprivreda	44	29.55
10.01-20.00	naftna	46103	18.38
manje od 10.00	elektrotehnička	3898	9.62
	kemijska	43757	1.76
	građevinska	453	0.00

Izvor: Priopćenje, Korištenje voda... Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 1994.

zemlju do 39,64% za more kao recipijent (Tab.4.). Približno trećina otpadnih voda naftne industrije podvrgava se procesu pročišćavanja. Najvažniji je recipijent te grane industrije more, (razloge treba tražiti u lokaciji pogona ove industrije) koje prima manje od petine pročišćenih voda (18,38%). Najpročišćenija voda ispušta se u vodotoke - 99,75%, ali u ukupnim količinama to je samo 1/6 onih voda koje nepročišćene završavaju u moru. Kanalizacija prihvaća najveće količine otpadnih voda kemijske industrije koje se najvećim dijelom i pročišćavaju (79,98%). Prema ukupnim koli-

Tab. 5. Pročišćavanje otpadne vode iz javne kanalizacije prema stupnju pročišćenosti i načinu obrade.

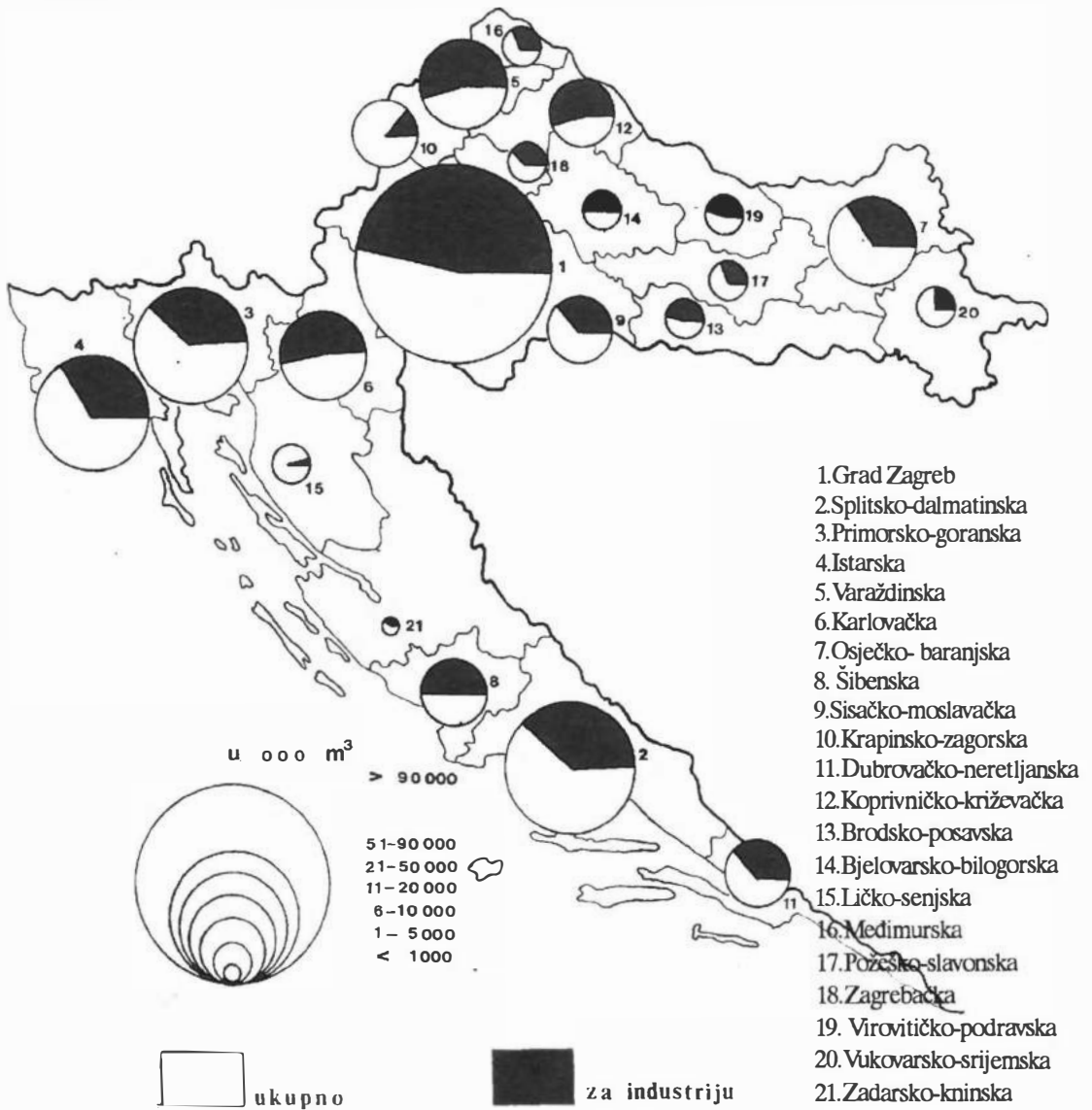
Tab. 5. *Purification of effluents from public sewage in system in percentage of purification and of type of treatment.*

Red veličina %	ŽUPANIJE	Stupanj pročišćenosti	postupak		
			M	B	M+B
više od 90%	Koprivničko-križevačka	90.46	96.82	-	3.18
60.00-80.00	Bjelovarsko-bilogorska	78.17	-	22.41	77.59
	Varaždinska	77.80	100.00	-	-
	Virovitičko-podravsko	62.92	-	-	100.00
25.00-50.00	Zadarsko-kninska	42.27	100.00	-	-
	Dubrovačko-neretljanska	37.49	100.00	-	-
	Istarska	27.42	42.20	56.67	1.13
10.00-25.00	Krapinsko-zagorska	14.58	100.00	-	-
	Sisačko-moslavačka	14.41	100.00	-	-
	Primorsko-goranska	12.75	99.95	-	0.05
2.00-6.00	Osječko-baranjska	5.60	-	-	100.00
	Grad Zagreb	4.15	53.43	46.57	-
	Ličko-senjska	3.78	100.00	-	-
	Splitsko-dalmatinska	2.22	80.76	-	19.24
0.00	Brodsko-posavska				
	Karlovačka				
	Međimurska				
	Požeško-slavonska				
	Šibenska				
	Vukovarsko-srijemska				
Zagrebačka					
	HRVATSKA	14.50			

Izvor: Statistički ljetopis hrvatskih županija, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb 1993.

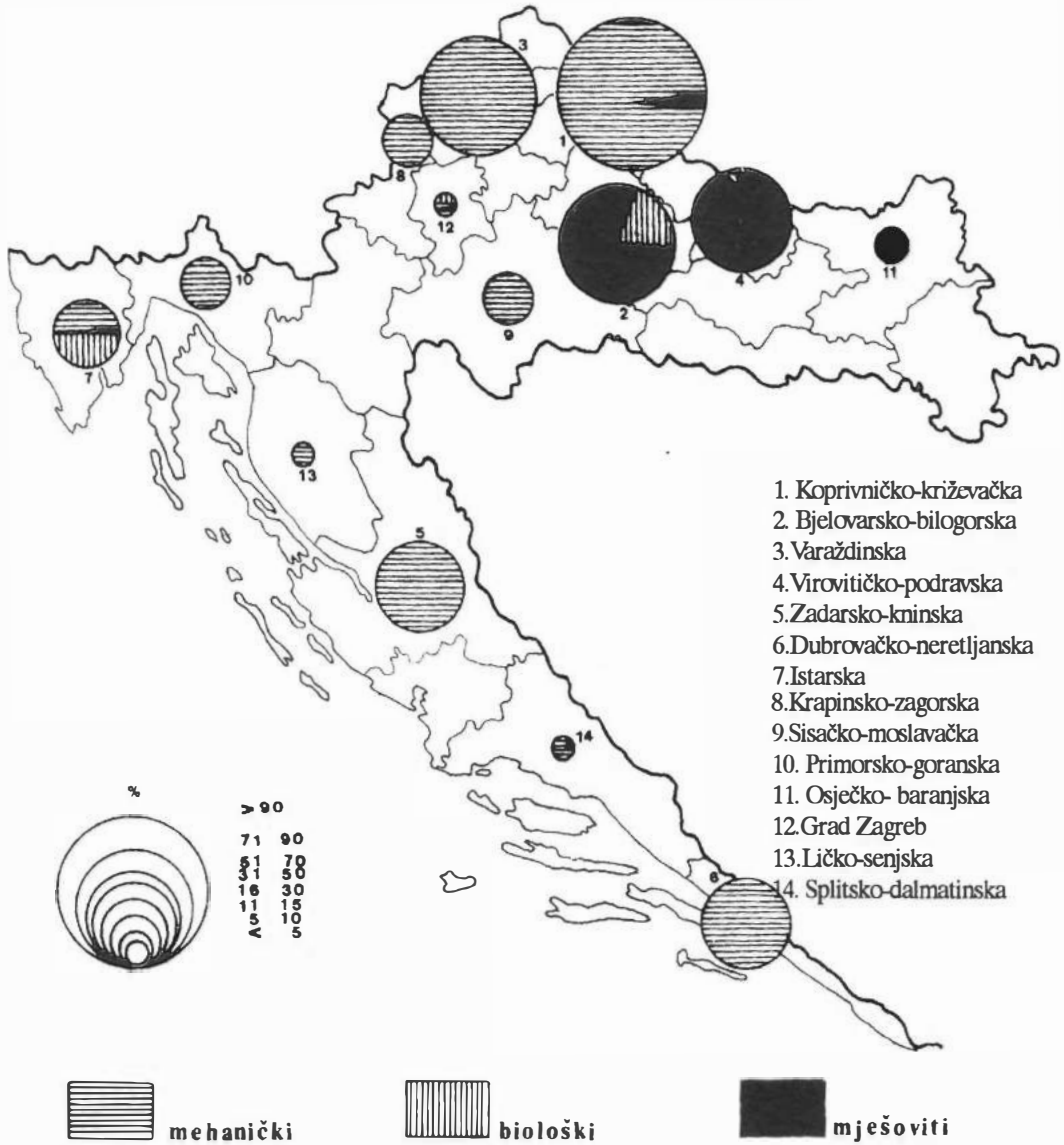
činama i stupnju pročišćenosti moguće je izdvojiti dvije glavne grane industrije koje su i najveći zagađivači voda i mora: kemijska industrija za more i kemijska i prehrambena industrija za vodotoke. Industrijske otpadne vode koje se ispuštaju u kanalizaciju s gradskim otpadnim vodama podvrgavaju se postupcima mehaničkoga, biološkoga ili mješovitoga (M+B) pročišćavanja.

Regionalno unutar teritorija Hrvatske izdvaja se šest osnovnih grupa regija, od onih u kojima još uvijek nema pročišćavanja iz javne kanalizacije, do onih u kojima su gotovo sve otpadne vode pročišćene (Tab. 5.). Čak 1/3 hrvatskih županija nalazi se u prvoj skupini: Brodsko-posavska, Karlovačka, Međimurska, Požeško-slavonska, Vukovarsko-srijemska i Zagrebačka, dok se samo na području Koprivničko-križevačke županije otpadne vode gotovo u cijelosti pročišćavaju (90,46%). Varaždinsko - podravsko - bilogorska regija prednjači u stupnju pročišćavanja. Tri industrijske grane dominantne su na ovom području: prehrambena - Varaždin, Koprivnica, Križevci, Bjelovar, Virovitica, Daruvar; metalna industrija - Varaždin, Križevci, Bjelovar, Virovitica, te drvna industrija - Varaždin, Koprivnica, Bjelovar, Virovitica. Dio pogona tih industrija ima i samostalne uređaje za predtretman i obradu otpadnih voda, najčešće mehaničke, ali u manjoj mjeri. Zanimljivo je da područje osječke, splitske regije i grad Zagreb kao najjači industrijski centri pročišćavaju manje od 10% svojih otpadnih voda. Razrađeniji sistem imaju područja u kojima dominiraju regionalni centri: Koprivnica, Bjelovar, Varaždin, Virovitica, Zadar, Dubrovnik i Pula u kojima je razvoj



Sl. 1. Karta teritorijalne opskrbljenosti vodom u ukupnim količinama i za industriju, prema redu veličine županija.

Fig. 1. Map of teritorijal a water supply in total amounts, and for the industry by order of value districts of "župan"



Sl. 2. Karta pročišćavanja otpadnih voda kanalizacije prema metodama pročišćavanja u županijama 1992. g.

Fig. 2. Map of purification effluents of public sewage system by the main methods of treatment in the districts of "župan" of Croatia in 1992.

funkcija rada i stanovanja pratila i izgradnja infrastrukture. Mehanički postupak još je uvijek najzastupljeniji u obradi otpadnih voda. Čak 1 / 3 županija u cijelosti primjenjuje ovu metodu, dok je mješoviti sistem (M+B) u primjeni na području Virovitičko - podravske županije za 62,92% voda, kao i na području Osiječko - baranjske županije, ali za samo 5,60% voda. Na području 10 županija udio pročišćenih voda manji od 10%. Preostala oneščićena voda ispušta se u vodotok: Savu, Dravu, Dunav, Krapinu, Kupu, ili njihove pritoke, odnosno u more. Vodotoci i more najveći su recipijenti gradskih i industrijskih otpadnih voda: 98,64%. Stoga i ne čudi činjenica da je obalno more u blizini velikih industrijskih gradova u III., odnosno IV. klasi kvalitete. Stanje je slično i na rijekama nizvodno od velikih industrijskih centara: Sava nizvodno od Zagreba (IV.), Slavenskog Broda (IV.), Kupa nizvodno od Karlovca (III.; IV.), Krapina nizvodno od Zaboka (III.; IV.).

Izvori i literatura

1. Priopćenje: Korištenje voda i zaštita voda od zagađivanja u industriji i rudarstvu 1993. Državni zavod za statistiku, Zagreb 1994.
2. Riđanović (1989.): Hidrogeografija, Zagreb 1989.
3. Statistički ljetopis Hrvatske (1993.), Državni zavod za statistiku, Zagreb, 1993.
4. Statistički ljetopis hrvatskih županija (1993.), Državni zavod za statistiku, Zagreb 1993.
5. Stiperski, Zoran (1992.): Značenje i prostorni razmještaj industrije Hrvatske, Geografski horizont, Zagreb 1992.
6. Šiljković, Željka (1991.): Utjecaj i značenje vode u industriji Zagreba, Radovi Geografskog zavoda, Zagreb 1991.
7. Urbanistički institut Hrvatske (1993.): Draft final report phase I for the Republic of Croatia, Zagreb 1993.
8. Urbanistički institut Hrvatske (1994.): Final report phase II for the Republic of Croatia, Zagreb 1994.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Zlatko Milanović

R 1-11

Tehnoekonomske osnove razvoja cjelovitog sustava gospodarenja vodama

SAŽETAK: *Određenje Cjelovitog sustava gospodarenja vodama (CSGV) temeljno pretpostavlja dva pravca djelovanja:*

- optimalno gospodarenje vodama, kao jedne od dragocjenih prirodnih vrijednosti
- cjeloviti sustav zaštite voda.

Polazište CSGV je integralni i cjeloviti sustav zaštite prirode. Gospodarenje vodama je dio jedinstvenog određenog postupka vrednovanja prirodnih vrijednosti. Zato se u radu predlaže uvođenje, prema već dobro poznatoj ideji "održivog razvoja", entropijsko-termodinamičko vrednovanje svih postupaka rabljenja osnovnih prirodnih vrijednosti: zraka, vode, energije i tla. Tako jedinstveno određenje korištenja prirodnih vrijednosti može biti dopunjeno vrednovanjem nepovoljnih toksikoloških (štetnih) djelovanja, pojedinog postupka gospodarenja materijalnim vrednotama, za zdravlje ljudi i okoliš.

KLJUČNE RIJEČI: *cjeloviti sustav gospodarenja vodama (CSGV), integralni cjeloviti sustav zaštite prirode (ICZP), entropija, ekvivalent rabljenja voda, okolišna naknada*

Techno-economical Bases of the Integrated Water Resources Management System

ABSTRACT: *The Integrated Water Resources Management System generally assumes two directions of activity:*

- optimum water resources management, the water being one of the valuable natural resources,
- integrated water resources protection system.

The Integrated Water Resources Management System is based on integrated and comprehensive nature protection system. The water resources management is a part of the integrally determined procedure of the natural capital evaluation. The paper therefore proposes, in compliance with the well known idea of sustainable development, introduction of entropic/thermodynamic evaluation of all procedures exploiting the basic natural capital - air, water, energy, and soil. So integrally specified utilization of natural capital could be supplemented with evaluation of unfavorable toxicological (detrimental) effects of particular management procedures on the public health and environment.

KEY WORDS: *Integrated Water Resources Management System, Integrated and Comprehensive Nature Protection System, entropy, equivalent water use, eco-tax*

Uvod

Okoliš stoji više ili manje slobodno ljudskoj vrsti na raspolaganju za svaku potrošnju. Obezvređivanje prirodnih vrijednosti do sada je bila jedna od temeljnih tradicija razvoja potrošačkoga društva-civilizacije.

Okoliš danas još uvijek nema cjelovitu i realnu ekonomsku cijenu. I u našoj praksi, a poglavito u svijetu, već postoje različiti oblici naknada-renti za korištenje prirodnih vrijednosti (npr. naknade za korištenje voda, tla za smetlišta, nalazišta sirovina i nositelja energije i sl. Samo neke od tih naknada su donekle u funkciji zaštite okoliša (npr. naknada za otpadne vode). Većina naknada su zapravo ekološki porezi za podmirenje proračuna (fiskalna orijentacija) ili sredstva za smirenje nezadovoljstva stanovništva (politička orijentacija).

Suvremena su svjetska iskustva nepobitno utvrdila da je potrebno uvesti novu strategiju zaštite okoliša, koja je pojednostavljeno nazvana *STRATEGIJA ODRŽIVOG RAZVOJA*.

Poznato je da ta strategija zahtijeva promjenu ponašanja, odnosno razvoja civiliziranog društva uz prioritarno štovanje prirodnih vrijednosti. Međutim, iza takvih strateških opredjeljenja redovito izostaje cjelovito i jedinstveno vrednovanje rabljenja prirode.

Zato je nužno, polazeći od strategije održivog razvoja, postupno u Republici Hrvatskoj odrediti i uvoditi Integralni i cjeloviti sustav zaštite prirode, odnosno okoliša (ICSP). Taj sustav zaštite prirode polazi od potrebe *cjelovitosti* , tj. svaka se aktivnost ljudske vrste mora razmotriti u ukupnom tijeku od početka rabljenja prirode do ispuštanja neiskorištenih ostataka u prirodu, te od *integralnosti* , tj. uvijek treba uzeti u obzir ukupnu ekološku bilancu rabljenja prirode, neovisno od toga koja se prirodna vrijednost u konkretnoj aktivnosti prioritarno rabi.

Određivanje Cjelovitog sustava gospodarenja (CSGV) u Republici Hrvatskoj, u sklopu Strategije održivog razvoja, pretpostavlja dva pravca djelovanja:

- optimalno gospodarenje vodama
- cjeloviti sustav zaštite voda.

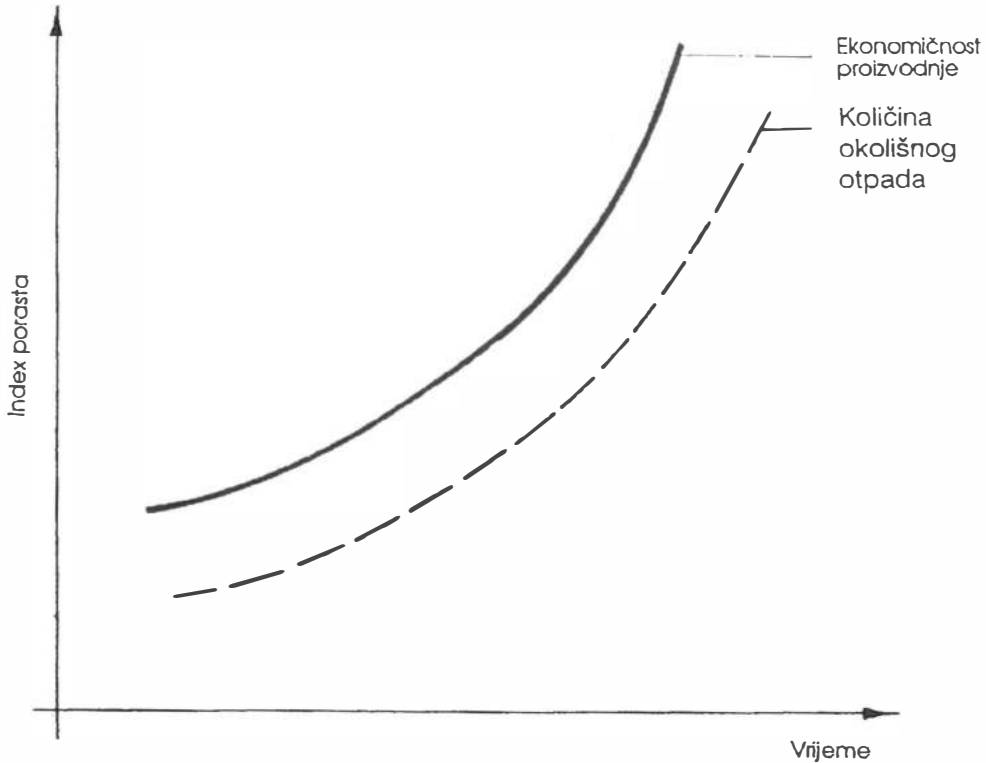
Optimalno gospodarenje vodama u cjelovitosti svakako uključuje i sustav zaštite voda. Ipak je važno naglasiti da kod CSGV uvijek treba posebno razmotriti i upravljati aktivnostima zaštite voda. To je područje u direktnoj ovisnosti o svim ostalim aktivnostima određene društvene zajednice i u tom se dijelu CSGV mora istodobno podrediti i nametnuti obvezama Integralnog i cjelovitog sustava zaštite prirode.

Okoliš i razvoj

Okoliš, tj. dio prirode kojim se direktno koristi ljudska vrsta, bio je u pravilu do sada na slobodnom raspolaganju za svaki oblik potrošnje. Obezvređivanje prirodnih vrijednosti okoliša (zraka, voda, površinskog tla, biosfere, sirovina, prirodnih izvora energije) jedna je od temeljnih tradicija razvoja civilizacije - kao potrošački orijentiranog društva. Zakonitost sve veće proizvodnje, zbog sve veće rentabilnosti, kauzalno pretpostavlja sve veću potrošnju. To opet uzrokuje sve veće korištenje prirodnih vrijednosti, kao povećanu upotrebu sirovina, energije, vode, tla, biosfere i zraka, ali i povećanu produkciju zagađenih plinova, zagađene vode, zagađenog tla i osobito potencijala (količina, volumena i opasnosti) otpada. Zapravo povećana proizvodnja prirodnih materijalnih dobara direktno proporcionalno povećava proizvodnju oko-

lišnog otpada: otpadnih čvrstih, tekućih i plinovitih tvari, otpadne topline (energije), odnosno energije (buke, vibracija i sl.).

U stručnoj literaturi je poznat grafički prikaz povezanosti povećanja ekonomičnosti proizvodnje i generiranja okolišnog otpada. Ovdje je interesantno uočiti da između porasta ekonomičnosti i proizvodnje otpada postoji određeno vremensko kašnjenje, odnosno tromost sustava. Ta tromost sustava je, između ostalog, uvjetovana kvalitetom određenog proizvoda, odnosno njegovim vijekom upotrebe.



Slika 1: Prikaz povezanosti porasta ekonomičnosti proizvodnje i proizvodnje otpada

Međutim, provedena istraživanja (npr. u Švicarskoj) pokazala su da je recimo povećanje proizvodnje okolišnog otpada u direktnoj vezi s:

- povećanjem prijednih kilometara
- povećanjem korištenja energije
- povećanjem površine stambenog prostora
- povećanjem potrošnje papira itd.

Na sličan način može se prikazati povezanost povećanja proizvodnje materijalnih dobara, odnosno ekonomičnosti, i upotrebe ostalih prirodnih vrijednosti. Do sada je već dobro i u široj javnosti uočen taj problem, koji se očituje u sve većem zagađenju okoliša, ali i u nedovoljnom vrednovanju okolišno prijateljski orijentiranih tehnologija. Na različite se načine pokušava usmjeravati i poticati takve tehnologije, pri čemu se gotovo redovito ne provodi cjelovita ekološka bilanca.

Poznat je primjer primjene katalizatora na energetske objekte i cestovnim prometima, čime se osigurava smanjenje štetne emisije ispušnih plinova. Međutim, to

pozitivno, okolišno prijateljsko, djelovanje katalizatora mora biti cjelovito ocijenjeno. Zato u cjelovitoj ekološkoj bilanci treba uzeti u obzir ukupni nepovoljni utjecaj na okoliš i kod proizvodnje i upotrebe katalizatora, ali i kod zbrinjavanja katalizatorskog otpada. Za cjeloviti sustav gospodarenja vodama to znači da je nužno izraditi ukupnu bilancu voda i isto tako zagađenja voda.

Polazeći od tih spoznaja može se zaključiti da je evidentna sasvim jasna veza između razvoja civiliziranog društva i rabljenja prirodnih vrijednosti, odnosno konkretno rabljenja voda. Razvoj se civiliziranog društva zato može izjednačiti s ubrzanjem prirodnog porasta entropije (S), odnosno sa smanjenjem prirodnog stanja neuravnoteženosti.

Cijene vode i kanalizacije su u pravilu određene sposobnošću lokalnog komunalnog gospodarstva. Te se cijene temeljno formiraju na osnovi takozvanih pogonskih i fiksnih troškova. U sredinama, gdje su prisutne izrazito velike sezonske promjene potrošnje vode, redovito su naročito pozorno određeni fiksni troškovi. S druge strane u pogonskim troškovima je posebno važno pravilno vrednovanje rabljenja energije, pri čemu osim direktne cijene potrošnje energije, kao prirodne vrijednosti, nema nikakvog drugog korektivnog ekvivalenta.

Od 1993. godine je specifična cijena za kanalizaciju, odnosno ispuštanje rabljenih voda u sustav javne kanalizacije bez uređaja za čišćenje otpadnih voda, između 12 % (1993. godine) i 10,6 % (1994. godine) cijene pitke vode za domaćinstva.

Prije je specifična cijena kanalizacije u Zagrebu relativno bila viša, te je prelazila i 20 % (npr. početkom 1991. godine 23,6 %) od cijene pitke vode.

U odnosu specifičnih cijena za vodu s kanalizacijom i naknada za korištenje i zaštitu voda od 1990. godine do 1995. godine također su se dogodile značajne promjene. U početku 1995. godine ukupne su naknade bile za oko 4 % niže od cijene vode s kanalizacijom. Početkom 1991. godine, međutim, naknade su ukupno čak 33 % bile više od cijene pitke vode s kanalizacijom u Zagrebu.

Na slici 2 je prikazana struktura specifičnih cijena i naknada vezanih uz rabljenje voda u Zagrebu početkom 1990. i 1995. godine. Cijene i naknade su uspoređene po 1 m³ rabljene vode na pragu domaćinstva. Obje su naknade smanjene za ukupno 8,4 % (4,1 i 4,3 %). U nastavku se neće detaljnije razmatrati potrebe i mogućnosti korištenja prikupljenih financijskih sredstava na temelju navedenih cijena, odnosno naknada. Načelno se cijena za pitku vodu i naknada za korištenje vode upotrebljava za uvođenje optimalnog sustava gospodarenja vodama, a cijena kanalizacije i uz nju vezana naknada upotrebljavaju se za zaštitu voda.

Daleko je značajnije utvrditi djelovanje na uvođenje Integralnog i cjelovitog sustava zaštite prirode. Zato treba sustav vrednovanja voda usporediti s cjelovitim sustavom vrednovanja prirodnih vrijednosti.

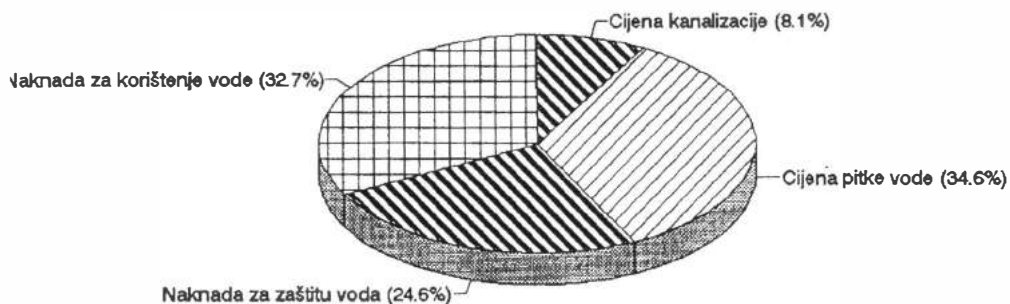
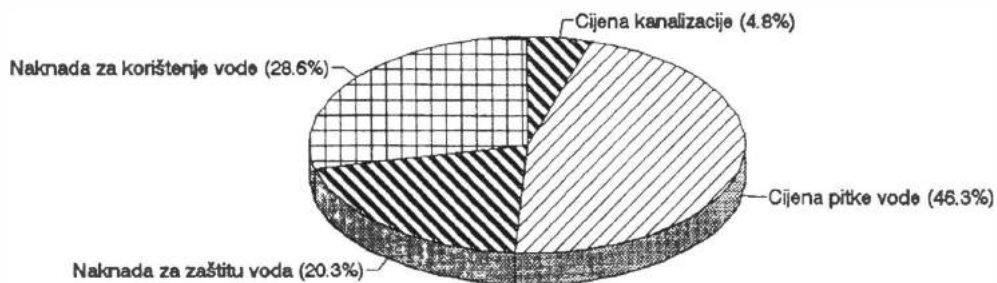
Ukupna okolišna naknada (ON_{uk})

Uvodno je već naglašeno da primjena integralnog i cjelovitog sustava zaštite prirode, odnosno okoliša, pretpostavlja, u gospodarski odnosno tržišno orijentiranom društvu, vrijednosti okoliša. Pri tome se polazi od prioritetne obveze minimalnog uvažavanja propisa i konvencija za zaštitu okoliša nivoa Europske unije.

Za vrednovanje korištenja prirodnih vrijednosti moguće je uvesti ukupnu okolišnu naknadu (ON_{uk}) koja se načelno sastoji od:

- ON_{Zr} = okolišne naknade za korištenje zraka.

Slika 2:

**STRUKTURA SPECIFIČNIH CIJENA I NAKNADA VEZANIH UZ
RABLJENJE VODA U ZAGREBU POČETKOM 1990. I 1995. GODINE****1990. god.****1995. god.**

- ON_{bio} = okolišne naknade za korištenje (ugrožavanje) biljaka i životinja.
- ON_{vo} = okolišne naknade za korištenje vode.
- ON_{tlo} = okolišne naknade za korištenje tla.
- ON_{en} = okolišne naknade za korištenje energije.
- $ON_{ot.pt.}$ = okolišne naknade za otpadne vode.
- $ON_{ot.en.}$ = okolišna naknada za otpadnu energiju.
- $ON_{otp.}$ = okolišna naknada za otpad.

ON_{uk} je okolišno orijentirana i uvijek treba biti korištena za unapređenje zaštite prirode, prema stručno utvrđenim prioritetima. U našoj su praksi već poznati određeni oblici naknada vezanih uz rabljenje prirodnih vrijednosti, kao primjerice već spomenute naknade za korištenje i zaštitu voda. Ostaje upitno povezivanje okolišno orijentiranih naknada s mjerljivim ekvivalentom utjecaja na okoliš.

Uvođenje ostalih naknada će također omogućiti potpuno i kvalitetno stimuliranje razvoja okolišno prijateljskih postupaka, odnosno ljudskih aktivnosti. Primjerice danas se u Republici Hrvatskoj još uvijek odgovarajuće ne vrednuje: rabljenje zraka i tla, te ispuštanje otpadnih plinova, voda, energije i čvrstog otpada. Vrednovanjem rabljenja svih prirodnih vrijednosti bitno će se izmijeniti neki postojeći odnosi. Jasno će se pokazati koji su procesi, odnosno načini ponašanja. U gospodarenju vodama neprijeporno će, uvođenjem ukupne okolišne naknade, voda kao dragocjena prirodna vrijednost imati daleko veći ekvivalent, a s druge će se strane relativno sve više smanjivati cijena, odnosno naknada, za pokrivanje troškova dobave i odvodnje.

Određenje ukupne okolišne naknade (ON_{uk}) treba ovisiti od ukupnog ekološkog ekvivalenta (EE_{uk}), koji se određuje sljedećom formulom:

$$EE_{uk} = ER \cdot K_1 + EO \cdot K_2$$

- EE_{uk} = ukupni ekološki ekvivalent
- ER = ekvivalent rabljenja prirodne vrijednosti
- EO = ekvivalent otpada
- K_1 = korektivna vrijednost rabljenja prirodnih vrijednosti
- K_2 = korektivna vrijednost otpadnog potencijala

Ekvivalent rabljenja prirodne vrijednosti (ER) pretpostavlja potrebu da se uvedu jedinstveni kriteriji na temelju ICZP-a.

Uvođenje ER omogućava, s jedne strane korekciju vrijednosti trenutačnih tržišnih cijena određenih prirodnih vrijednosti (npr. vode, energije, tla), a s druge strane ekvivalentno financijsko vrednovanje prirodnih vrijednosti koje su do sada rabljene bez naknade (npr. zraka). Za svaku prirodnu vrijednost, kao što je navedeno u pregledu naknada za korištenje, određuje se ER . Ovisno o strategiji zaštite okoliša, odnosno ovisno o potrebnoj dinamici provođenja strategije zaštite okoliša određuje se vrijednost faktora K_1 za svaku prirodnu vrijednost.

Ekvivalent rabljenja prirodne vrijednosti (ER) može se odrediti primjenom glavnih termodinamičkih zakona, kao mjerila za fizičke i tehničke osnove korištenja prirode odnosno smanjenja stanja neuravnoteženosti. Na taj se način može ekološki kvantificirati pojedine proizvodne postupke, odnosno pojedina ponašanja. Kod toga je bitno poticati, odnosno razlikovati, okolišno prijateljske postupke i ponašanje od postupaka i ponašanja koja intenzivno koriste prirodne vrijednosti. Konkretnan je

primjer mogućeg termodinamičkog određenja rabljenja zraka prikazan u literaturama (1), (2) i (3).

Ekvivalent vrijednosti korištenja određene prirodne vrijednosti može se općenito energetski karakterizirati pomoću stupnja povratljivosti, odnosno uporabe (t):

$$\tau = \frac{\text{Ponovno upotrebljiva količina prirodne vrijednosti}}{\text{Količina prirodne vrijednosti na ulazu u proces}}$$

Ekvivalent se otpada (EO), prema jedinstvenim ekotoksikološkim mjerilima, određuje posebno za otpadne plinove, vode, energiju i čvrsti otpad. Primjer mogućeg jedinstvenog ekotoksikološkog vrednovanja je metoda Goebler (8). Neovisno o standardima, odnosno o propisima utvrđenih emisija i imisija, takve ekotoksikološke metode vrednuju ostvarene rezultate rada prema utjecaju na okoliš (npr. oštećenje biomase ili emisija CO₂ i sl.). To praktički omogućava da se postigne manji nepovoljni ekotoksikološki utjecaj za određeni postupak, odnosno određeno ponašanje.

Faktor K₂ kao korektivna vrijednost otpadnog potencijala pretpostavlja potrebu da se u određenim vremenskim razdobljima, strateški usmjerava razvoj sustava zaštite okoliša unutar određenog područja, regije i države.

Zaključna razmišljanja

Upravo nekontrolirano povećanje otpadnog potencijala glavna je karakteristika neodgovarajućeg, odnosno nesustavnog, pristupa zaštiti okoliša. Sva materijalna ljudska dobra sadrže veći ili manji otpadni potencijal. Granično, kao limesno određenje, materijalna dobra teže pretvaranju u otpad. Veličina i brzina tog pretvaranja ovisi o proizvodnim postupcima i ljudskom ponašanju.

Polazeći od tih spoznaja, nameće se potreba *ekološkog optimiranja* svih sustava. Cijene prirodnih vrijednosti (npr. vode, sirovina, energije), odnosno cijene "otklanjanja" otpadnih tvari, ne mogu biti polazna odrednica za kvalitetno dugoročno usmjeravanje razvoja. Isto poglavito vrijedi za naše uvjete u kojima:

- postojeće cijene i naknade u pravilu ne uključuju rješavanje problema otpadnog potencijala
- za neke prirodne vrijednosti i neke otpadne potencijale ne postoje ni cijene, ni naknade.

Nadovezak provedbe politike održivog razvoja svakako ne može biti "kupovanje okoliša, odnosno prirode". U karakterističnim - interventnim programima može se prioritetno prihvatiti zahtjeve temeljene na premisi "zagađivač plaća".

U dugoročnom određenju sustava zaštite prirode, međutim, cijene i naknade moraju se prioritetno osnivati na ukupnom utjecaju na okoliš. To znači vrednovanje svih prirodnih vrijednosti i razmjerno nadoknađivanje prinosa otpadnog potencijala. Na taj se način može najbrže i najefikasnije poticati razvoj okolišno prijateljskog ponašanja i projektiranje okolišno prijateljskih procesa.

Literatura

- 1) B. Bauer: "Umgebungsluft als Kostenfaktor: Vorschlag zur Umweltsteuer", TU Wien, 1991.
- 2) B. Bauer: "Güte gekoppelter Energieumwandlung: Teil I. Grundlagen", November 1990.
- 3) B. Bauer: "Güte gekoppelter Energieumwandlung: Teil II. Zahlenbeispiele", Dezember 1990.
- 4) O. Heise: "Schadensvermeidung - ein Weg zur Abschätzung der externen Kosten der Energieversorgung", März 1993.
- 5) G. Reuter: "Kombinierte Prozesse und Energiesysteme schützen die Umwelt und sichern das Leben", September 1992.
- 6) F. Steimle, K. H. Suttor: "Bewertung von Massnahmen zur rationellen Energieverwendung", Energie: Jahrg.28, Nr.11 November
- 7) Von Prof. Dr.-Ing. Hans Dieter Baehr: "Nutzungsgrenzen der Energie", August 1981.
- 8) W. Goebler: "Ökobilanzen in Abfallwirtschaft", Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. Bielefeld 1990



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Petraš

R 1-12

Rizik od štetnoga djelovanja voda kao ekonomska kategorija

SAŽETAK: *Pojašnjava se pojam rizika od štetnoga djelovanja voda i navode pojavni oblici toga štetnog djelovanja. Prikazuje se pristup problematici određivanja rizika od erozije tla vodom, rizika od poplava i rizika od prijenosa zagađenja vodom. Navode se principi i sažeto prikazuje metodologija za izradu vodoprivredne "karte erozije", zatim "karte rizika od erozije" te kartografskoga prikazivanja poplavnih zona, tj. zoniranja terena. Ukazuje se na vodno-gospodarsku i širu gospodarsku važnost tih karata, kao podloga za izradu prostorno-gospodarskih planova. Prikazuje se i načela određivanja optimalnoga stupnja zaštite od poplava, kao i koncept prilagođavanja poplavnomu riziku.*

KLJUČNE RIJEČI: *rizik, erozija tla, kategorije rizika, poplave, stupanj zaštite, poplavne zone, prijenos zagađenja.*

Water impact risk as economic category

ABSTRACT: *A term "water impact risk" is explained and the forms of the impact described. The approach to water erosion risks, flood risks, and polluted water transportation is presented. The principles and a brief explanation are given of methodology applied in preparation of the water resources management "erosion map", "erosion risk map", and mapping of flood zones, i.e. terrain zoning. The significance of these maps in water resources management and generally in economy is explained through their use as reference documents in development of area and economic plans. The principle of determining the optimum level of flood control, and the concept of adaptation to the flood risk are also presented.*

KEY WORDS: *risk, soil erosion, risk category, protection level, flood zones, pollution transportation*

1. Uvod

U naslovu članka figuriraju tri pojma: rizik, štetno djelovanje voda i ekonomska kategorija koja postavljena u naslovnu sintagmu iskazuju temu koja se prikazuje.

Radi se o problemu s kojim se već duže vremena suočavaju vodoprivredni i hidrotehnički stručnjaci, pa i znanstvenici, a riječ je o sagledavanju rizika od štetnoga djelovanja voda s ekonomskoga gledišta. Ustvari, prezentira se jedan pokušaj da se sistematično prikažu vidovi (vrste) rizika od štetnoga djelovanja voda, te se ukazuje na ekonomsko značenje tih rizika, kao i na mogućnosti kvantifikacije toga ekonomskoga značaja. Kao što će se vidjeti, u određivanju rizika od štetnoga djelovanja voda, pa i u kvantificiranju ekonomskoga značaja tog rizika, hidrologija sa svojim raspoloživim fondom znanja i podataka predstavlja *condicio sine qua non* za uspješno rješavanje ove zadaće. Da bi se širi krug čitatelja uveo u ovu problematiku, pojašnjava se ponajprije pojam rizika općenito, a zatim pojam i uzroci rizika od štetnoga djelovanja voda.

2. Što je *rizik*?

Općenito se pod pojmom rizika podrazumijeva vjerojatnost da će se neki neželjeni ili štetni događaj pojaviti ili biti premašen. Postoji dakle bezbroj vrsta rizika, kao što postoji bezbroj različitih nepoželjnih ili štetnih događaja. Iskazivanje rizika od bilo kojeg nepoželjnoga ili štetnoga događaja pretpostavlja dakle kvantifikaciju vjerojatnosti pojavljivanja ili premašivanja tog događaja. Posve je jasno da ta kvantifikacija zavisi o vrsti, složenosti i uzrocima nepoželjnoga događaja, a mogućnosti kvantifikacije zavise o raspoloživom znanju i podacima o fenomenu pojavljivanja takvog događaja. Nije rijetkost da se ta kvantifikacija vrši intuitivnom procjenom, na osnovu "maglovitih" pretpostavki, siromašnoga znanja i nedovoljnih ili nikakovih podataka o fenomenu pojavljivanja nepoželjnoga događaja. Tada se rizik obično iskazuje u dvije do tri kategorije rizika, tj. velik, mali ili srednji rizik. Nasuprot tome, kad se radi o dobro izučenim nepoželjnim događajima, obično stoji na raspolaganju i metodologija za kvantifikaciju rizika, te se u takvim slučajevima rizik iskazuje brojnim iznosom vjerojatnosti pojavljivanja i premašivanja događaja, obično u postocima ili promilima.

U prirodi se pojavljuje mnoštvo nepoželjnih fenomena vezanih uz vodu koji su od egzistencijalnoga značaja za život društvene zajednice. Ti se fenomeni očituju kao problemi koje čovjek mora rješavati ili zbrinjavati. Mnogi od tih fenomena čisto su slučajnoga karaktera, što je uglavnom posljedica stohastičnosti hidrološkoga ciklusa u okviru kojega se ti fenomeni pojavljuju. Rješavanje takvih problema ponajčešće podrazumijeva provedbu fizičkih artificijelnih zahvata u prirodi, i to obično u vidu izvedbe hidrotehničkih građevina. To naravno pretpostavlja prethodnu izradu vodoprivrednih planova i hidrotehničkih projekata. U izradi tih planova i projekata pojavljuju se mnoge nepoznanice koje nije moguće egzaktno i posve točno odrediti. Da bi se ipak došlo do pragmatičnih rješenja, uvode se manje ili više (ne)točne premise i/ili (ne)pouzdanе metode koje dovode do rješenja, ali istodobno otvaraju pitanje pouzdanosti takvih rješenja. To se naročito očituje u vremenskoj komponenti, jer će se mnogi nepredviđeni događaji dogoditi od početka planiranja do realizacije plana. Ustvari, jedino u što planer može biti siguran jest to da se njegovi planovi nikad neće realizirati točno onako kako su isplanirani. Posljedično tome, pojavljuje se rizik da će konačni rezultat (output) biti u nekoj mjeri različit od očekivanoga prema planu i projektu. Pritom se razlikuju dvije osnovne vrste rizika:

- rizik da zahvati i/ili gradnje neće u zadovoljavajućoj mjeri ostvariti cilj izvedbe, odnosno izvršavati svoju funkciju (rizik glede ostvarivanja funkcije gradnje), i
- rizik da građevina neće izdržati opterećenja kojima će biti izložena (rizik glede građevinske stabilnosti gradnje).

Što se tiče rizika glede ostvarivanja funkcije (svrhe) gradnje, lako je nabrojiti najznačajnije izvore nepouzdanosti koji uvjetuju pojavu tog rizika. To su:

- stohastična priroda problema vezanih uz vodu, kao posljedica stohastičnosti hidrološkoga ciklusa,
- (ne)reprezentativnost ili (ne)pouzdanost metodologije determiniranja hidrološkog ulaza (inputa) prilikom definiranja problema koji se rješava,
- (ne)reprezentativnost ili (ne)pouzdanost metodologije hidroloških i hidraličkih opisa dijelova hidrološkoga ciklusa koje obuhvaća problem (fenomen) koji se rješava,
- (ne)reprezentativnost ili (ne)pouzdanost metodologije opisa procesa promjene kakvoće vode koje obuhvaća problem (fenomen) koji se rješava,
- stohastička priroda poželjnog izlaza (outputa), tj. promjenjivost ciljeva rješenja problema tijekom vremena,
- (ne)reprezentativnost ili (ne)pouzdanost metodologije određivanja poželjnoga izlaza, tj. cilja rješavanja problema, i drugo.

Isto tako, lako je nabrojiti najznačajnije izvore nepouzdanosti koji uvjetuju pojavu rizika glede građevinske stabilnosti gradnje. To su:

- stohastična priroda opterećenja kojima će građevina biti izložna,
- (ne)reprezentativnost ili (ne)pouzdanost metodologije definiranja opterećenja,
- (ne)pouzdanost deklarirane kakvoće materijala koji se ugrađuje, s obzirom na moguće greške u proizvodnji umjetnih, ili greške u ispitivanju kakvoće i reprezentativnosti uzoraka prirodnih materijala,
- moguće greške u izvedbi gradnje,
- (ne)reprezentativnost ili (ne)pouzdanost metodologije dimenzioniranja i opisa ponašanja građevine i njenih konstitutivnih elemenata prilikom proračuna stabilnosti, i drugo.

3. Vidovi rizika od štetnoga djelovanja voda

Kad je riječ o riziku od štetnoga djelovanja voda, potrebno je imati na umu da se takvo djelovanje pojavljuje na razne načine, pa se posljedično razlikuju i vidovi rizika.

Pritom, tri su osnovna načina u okviru kojih postoji mnoštvo pojavnih oblika štetnoga djelovanja voda. To su:

- erozijsko djelovanje vode
- poplave
- prijenos zagađenja vodom

U prirodi se pojavljuje još jedan fenomen u vezi s vodom koji uzrokuje mnoštvo nepoželjnih i štetnih posljedica. To je fenomen malovodnih perioda, odnosno suša, no taj fenomen nije predmet ovoga članka.

Navedena tri osnovna načina štetnoga djelovanja voda odvijaju se, globalno gledano, bez prekida. Mijenja se samo mjesto njihova pojavljivanja. Lokalno gledano, sva tri

osnovna načina štetnoga djelovanja voda vrlo se često događaju simultano, kao posljedica istoga hidrološkoga događaja. No razlike i specifičnosti pojavnih oblika štetnoga djelovanja voda u okviru navedena tri osnovna načina tako su velike, da su čak predmetom izučavanja različitih znanstvenih disciplina koje tradicionalno i nisu naročito povezane. Stoga se nastavno ovdje odvojeno razmatra rizik od pojava štetnoga djelovanja voda po navedenim osnovnim načinima pojavljivanja. No tu treba napomenuti da "informatička revolucija" danas omogućuje sinergističko povezivanje znanja na rješavanju i tih multidisciplinarnih problema.

3.1 Rizik od štetnoga erozijskoga djelovanja vode

Razlikuju se mnogi pojavni oblici erozijskoga djelovanja vode, i to:

a) prema načinu djelovanja vode:

- pluvijalna (kišna) erozija;
- fluvijalna (tekućom vodom) erozija;
- abrazija (erozija od djelovanja valova);
- glacijalna (ledenjačka) erozija.

b) prema načinu odnošenja čestica tla i morfološkim oblicima koje erozija vodom ostavlja na reljefu razlikuju se: torencijalna kišna erozija (splash), površinsko spiranje ili međubrazna erozija (sheet, interrill), brazdasta (rill), jaružasta (gully), bujična (torrential stream), riječna (fluvial), podzemna cijevna (piping), sufozija, osulinska, sipari, urvinska (ruč), kraška i drugi manje zastupljeni oblici.

Imajući na umu sve te pojavne oblike erozije, jasno je da se teoretski može uvesti i razmatrati rizik od pojavljivanja bilo kojega od tih pojavnih oblika. No, u dosadašnjoj svojoj praksi autor ovoga članka nije uočio da bi se problemu određivanja rizika od erozije pristupilo na takav način. Ono što se može uočiti u stručnoj i znanstvenoj literaturi jest da se problemu određivanja rizika od erozije na nekom području pristupa cjelovito, tj. da se određuje sveobuhvatan rizik od erozije tla, a ne odvojeno za pojedine pojavne oblike. Pritom se analiziraju i kvantificiraju svi bitni čimbenici erozije, da bi se prema nekoj usvojenoj metodologiji iskazao sveobuhvatan rizik. Prema dosadašnjim spoznajama autora članka, u svijetu se za određivanje rizika od erozije tla vodom najčešće primjenjuje USLE metoda (Universal Soil Loss Equation - univerzalna jednadžba gubitaka tla) autora Wischmeier-a i Smith-a [1] To je parametarska metoda pomoću koje se prognozira specifični godišnji gubitak tla sa poljoprivrednih površina, i to zbog kišne (splash), površinske (sheet) međubrazne (interrill) i brazdaste (rill) erozije. Matematička formulacija metode glasi:

$$A = R * K * L * S * P * C \quad (1)$$

- gdje je:
- A .. prosječna godišnja količina gubitka tla po hektaru;
 - R .. koeficijent erozivnosti kiše - parametar koji valorizira učinkovitost kinetičke energije kišnih kapi i površinskoga otjecanja vode;
 - K .. koeficijent erodibilnosti tla - pretstavlja količinu tla koja se odnosi (dislocira) po jedinici indeksa kiše R u standardnim uvjetima;
 - L .. koeficijent duljine parcele odnosno padine;
 - S .. koeficijent nagiba parcele odnosno padine;
 - P .. koeficijent konzervacijskih zahvata (zaštite od erozije),
 - C .. koeficijent pokrivenosti vegetacijom i načina obrade tla.

Metoda je primjerena istraživanju erozije na poljoprivrednim površinama, i uz provedbu višegodišnjih oglednih istraživanja "in situ" (sa svrhom određivanja parametara K , P i C), pruža velike mogućnosti iznalaženja najboljega konzervacijskoga načina gospodarenja tlom.

Uvođenjem parametra tolerantnog gubitka tla "T", u poljoprivrednoj se praksi na osnovama te metode iskazuje i rizik od erozije. I to tako da se proračunata prosječna godišnja količina gubitka tla po hektaru "A" stavi u odnos prema tolerantnom gubitku "T". Dakle $K_R = A / T$, gdje je K_R - koeficijent rizika od erozije. Na osnovi vrijednosti tog koeficijenta, uvedeno je šest kategorija rizika. Provedbom takve analize i kvantifikacije rizika za neko zemljopisno područje, moguće je dobivene rezultate koloristički prikazati na zemljopisnoj karti područja. Tako se u praksi dobiva tematska zemljopisna karta pod nazivom "karta rizika od erozije". Za izradu te karte potrebno je raspolagati s detaljnim pedološkim kartama u svrhu određivanja parametara "K" i "T", zatim s detaljnim topografskim kartama u svrhu određivanja parametara "L" i "S", nadalje treba imati dobru kartu vegetacijskoga pokrivača i raspolagati s podacima o načinima obrade poljoprivrednih površina da bi se odredili parametri "C" i "P", dok je za određivanje parametra "R" potrebno imati bogat fond kišomjernih podataka.

Uvedenih šest kategorija rizika prema vrijednostima koeficijenta erozije K_R preporučuje se prihvatiti na međunarodnom planu kako bi se izradom takvih karata dobili jedinstveni pokazatelji rizika. Tih šest kategorija s pripadnim vrijednostima koeficijenta rizika su sljedeće:

Rizik od erozije	Iznos koeficijenta rizika	Iznos koeficijenta rizika u %
I - vrlo mali rizik	$\leq 0,20$	$\leq 20\%$
II - mali rizik	0,21 - 0,50	21 - 50%
III - srednji rizik	0,51 - 1,00	51 - 100%
IV - veliki rizik	1,01 - 2,00	101 - 200%
V - vrlo veliki rizik	2,01 - 4,00	201 - 400%
VI - ekscesivan rizik	$> 4,00$	$> 400\%$

Postupak iznalaženja (kvantifikacije) rizika od erozije po toj metodologiji parametarsko je deterministički, iako su parametri koji ga determiniraju slučajnoga karaktera. Naročito se to odnosi na parametar erozivnosti kiše "R" koji se iskazuje kao prosječna godišnja vrijednost, mada bi ga na osnovu raspoloživih podataka o kišnim intenzitetima, trajanjima i učestalosti kiša bilo moguće izraziti probabilistički. Vrlo često se u svijetu taj parametar proračunava prema izrazu Fournier koji glasi:

$$R = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$$

gdje je: p_i ... prosječna mjesečna količina oborina
 P prosječna godišnja količina oborina

Treba naglasiti da Fournierova interpretacija parametra erozivnosti kiše "R" uzima u obzir samo prosječnu godišnju količinu oborina i prosječne mjesečne količine, pa sa stanovišta specifičnosti kišnih intenziteta i režima kiša, vezano uz klimu i zemljopisne lokalitete, nipošto nije reprezentativna. No bez obzira na to što se ispravnost te metodologije može dovoditi u pitanje, danas je to najčešće primjenjivana metoda

definiranja rizika od erozije tla. Njezin ekonomski značaj je neprijeporan, jer se iskazivanjem prosječnoga godišnjega gubitka tla poradi erozije može iskazati godišnji gubitak poljoprivrednih površina na ugroženim područjima, a izradom karte rizika od erozije po toj metodologiji dobiva se jedna vrlo važna podloga za izradu prostorno-gospodarskih planova.

Sa stajališta vodoprivrede međutim, ova metoda manje je značajna jer ne obuhvaća sve pojavne oblike erozijskih procesa koji se odvijaju na brdskim slivovima (jaružasta, bujična i dr. erozija), a koji su prema Zakonu o vodama u nadležnosti vodoprivrede, tj. vodoprivreda je dužna provoditi zaštitu od tih oblika erozijskih procesa. Stoga je u okviru vodoprivrednih djelatnosti razvijena jedna također parametarska metoda kvantificiranja razvijenosti erozijskih procesa [2]. Ta metoda podrazumijeva kvantificiranje nekih erozijskih čimbenika na terenu, a nekih na osnovu kartografskih (topografskih, geoloških, pedoloških) i numeričkih registriranih (meteoroloških i hidroloških) podataka. Matematički model metode glasi:

$$Z = Y * X * a * (\phi + I^{0.5}) \dots \quad (2)$$

gdje je: Z .. koeficijent (pokazatelj) erozije
 Y .. koeficijent (parametar) otpora tla na eroziju
 X .. koeficijent (parametar) postojećeg stanja vegetacije
 a .. koeficijent (parametar) uređenja sliva
 ϕ .. koeficijent (parametar) vidljivih procesa erozije
 I .. parametar topografije (srednji pad sliva)

Temeljna je značajka ove metode da se pomoću nje istražuje postojeća razvijenost erozijskih procesa na slivnim površinama, a preko parametra "a" metoda omogućuje da se predviđa buduće stanje erozije za slučajeve planiranih tehničkih i bioloških mjera zaštite od erozije. Rezultati istraživanja interpretiraju se također kartografski, izradom tzv. "karte erozije". Na toj se karti istraženo slivno područje prikazuje prema razvijenosti erozijskih procesa, tj. prema vrijednostima koeficijenta erozije "Z". Uvedeno je pet kategorija razvijenosti erozijskih procesa, i to:

I kat. ekscesivna erozija	($Z > 1.00$)
II kat. jaka erozija	($0.70 < Z < 1.00$)
III kat. srednja erozija	($0.40 < Z < 0.70$)
IV kat. slaba erozija	($0.20 < Z < 0.40$)
V kat. vrlo slaba erozija	($0.01 < Z < 0.20$)

Interpretacija rezultata istraživanja na karti vrši se također koloristički, tako da se sve površine pod određenom erozijskom kategorijom iskažu u istoj boji. Informacije o fenomenima erozije mogu se za ovu metodu dopuniti proračunom produkcije nanosa sa erozijskih površina, po parametarskom modelu autora metode, koji glasi:

$$W_{\text{god}} = T * H_{\text{god}} * \pi * Z^{3/2} * F \dots \quad (3)$$

gdje je: W_{god} - prosječna godišnja produkcija nanosa s erodiranih površina (m^3/god)
 H_{god} - prosječna godišnja količina oborina (m)
 T - temperaturni koeficijent područja
 $\pi = 3,14$ - Ludolfov broj
 Z - koeficijent (pokazatelj) erozije prema jednadžbi (2)
 F - površina bujičnog sliva ili djela sliva za koji se računa produkcija nanosa

U osnovi, ta je metoda koncentrirana na istraživanje postojećega stanja, a ne na prognozu ili iskazivanje rizika od erozije. No uz iskazivanje produkcije nanosa s erozijskih površina, "kartu erozije" moguće je analogno prethodnoj metodi reinterpretirati "kartom rizika od erozije". Značajno je napomenuti da je hidrološki čimbenik erozije i u toj metodi vrlo pojednostavljeno zastupljen preko prosječne godišnje količine oborina H_{god} . U tom smislu, metoda ima iste nedostatke kao i prethodna.

Ekonomski značaj određivanja intenziteta erozijskih procesa i izrada "karte erozije" neprijeporni su kao i kod prethodne metode. Autor ovog teksta bio je nekoliko puta prisutan diskusijama stručnjaka različitih profila, o reprezentativnosti i upotrebljivosti ovih dvaju vrsta karata.

Obično su se sukobila oprečna mišljenja o njihovoj vrijednosti. No kad se sagleda bit dviju spomenutih metoda po kojima se te karte izrađuju, nije pretenciozno zaključiti da te dvije vrste karata nisu u suprotnosti. Dapače, one se nadopunjuju. Pritom vodoprivredna "karta erozije" ima nešto veću upotrebnu vrijednost u vodoprivredi, dok je "karta rizika od erozije" nešto korisnija za planiranja u poljoprivredi. Međutim, za izradu općih prostorno-gospodarskih planova obje su vrste karata neophodne.

3.2 Rizik od poplava

Poplave su prirodni fenomen koji oduvijek ugrožava ljudsku zajednicu. Protiv njih se čovjek bori od pamtivijeka, pa je to oblik štetnoga djelovanja voda koji je najbolje proučen. Poplave se uvijek pojavljuju i nailaze naglo, redovno s velikim štetnim posljedicama. Pojavni oblici poplava razlikuju se glede njihove geneze, i to:

- velike poplave ravničarskih rijeka
- bujične poplave brdskih vodotoka
- ledene poplave
- poplave na zaštićenim područjima izazvane unutrašnjim vodama od jakih kiša
- poplave izazvane akcidentnim rušenjem velikih akumulacijskih brana
- poplave od mora i oceana izazvane potresnim valovima (tsunami)

Osnovno obilježje poplava njihova je stohastičnost. Kao kod svih prognoza slučajnih prirodnih događaja, i kod poplava se razlikuju **dugoročne** i **kratkoročne prognoze**. Kratkoročne su prognoze vrlo značajne za organizaciju i djelovanje službe obrane od poplave u situaciji kad poplava nastupa. Pouzdanost tih metoda temelji se prije svega na permanentnome meteorološkome i hidrološkome motrenju (monitoringu), a zatim na prognostičkim modelima. S obzirom na razvijenost prognostičkih modela i izgrađenost sustava za motrenje, kratkoročne su prognoze poplava danas prilično pouzdane. Dugoročne su prognoze poplava dakako puno nepouzdanije od kratkoročnih u smislu predviđanja kada i kakva se poplava može očekivati na nekom mjestu. No svrha dugoročnih prognoza i nije u tome da se predvidi kad će se neka visina i/ili trajanje poplave dogoditi na nekome ugroženom mjestu. Smisao je tih prognoza da kažu kolika ja vjerojatnost, odnosno rizik da se na nekome mjestu dogodi ili premaši neka pretpostavljena veličina poplave u nekome zadanome ili pretpostavljenome vremenskom intervalu. Ovakvu definiciju rizika teoretski opisuje binomni zakon vjerojatnosti, tj.:

$$R_n(x; p) = P_n(X \geq x; p) = \sum_{k=x}^n P_n(X = k; p) = 1 - \sum_{k=0}^{x-1} P_n(X = k; p) = 1 - \sum_{k=0}^{x-1} \binom{n}{k} p^k q^{n-k}; q = (1-p) \quad (4)$$

gdje je $R_n(x; p)$ - rizik (vjerojatnost) da će se u vremenskoj intervalu od "n" godina "x" puta dogoditi ili biti premašena poplava pretpostavljene godišnje vjerojatnosti pojave "p". U analizama rizika od poplave ponajprije se sagledava kolika je vjerojatnost (rizik) da se neka pretpostavljena poplava (p) na nekom mjestu dogodi jednom ili više puta. Dakle, za x=1 bit će:

$$R_n(1; p) = 1 - P_n(0; p) = 1 - q^n = 1 - (1-p)^n = 1 - \left(1 - \frac{i}{T}\right)^n \quad (5)$$

gdje je $T = 1/p$... povratni period poplave (velike vode)

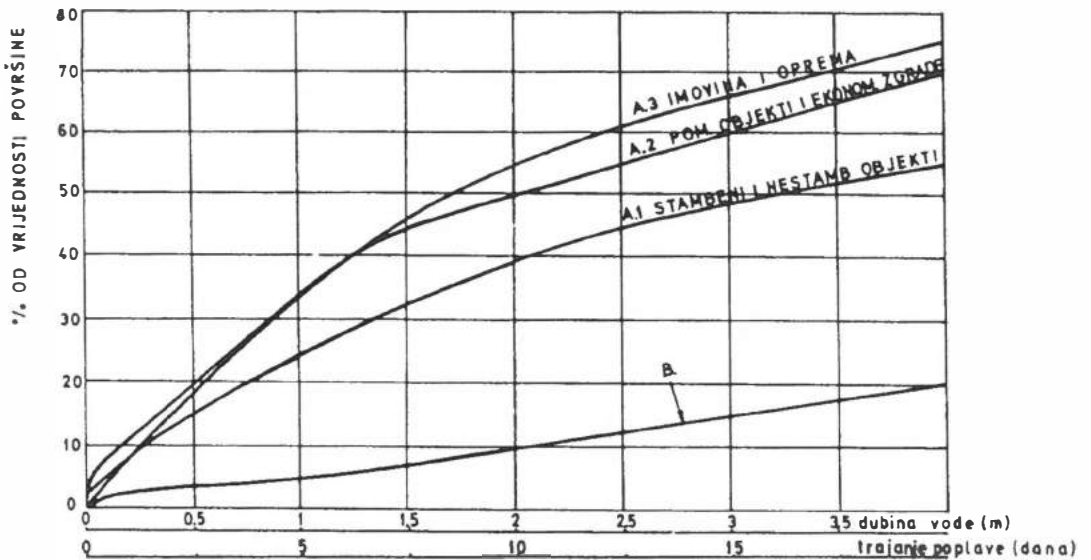
Ekonomski aspekti rizika od poplava vrlo su značajni iz dvaju razloga.

P r v o, prilikom projektiranja hidrotehničkih građevina za zaštitu od poplava, kao i građevina drugih namjena koje se grade na poplavnome području, projektno rješenje bitno ovisi o ugroženosti građevine, odnosno o stupnju rizika od poplave. Pritom, kad je riječ o građevinama za zaštitu od poplava, taj rizik ima dvostruku ulogu. S jedne strane, ulazni projektni parametar za određivanje veličine (proporcija) tih zaštitnih građevina onaj je stupanj osiguranja od poplave koji se izgradnjom tih građevina želi postići. S druge strane, građevinski tip konstrukcije i dimenzije tih zaštitnih građevina, kao i građevina drugih namjena koje se grade u poplavnom području, ovisi o veličini i trajanju poplavnih voda koje će na te konstrukcije djelovati. Što se tiče stupnja osiguranja od poplava kao ulaznoga parametra za određivanje veličine izgradnje protupoplavnih građevina, taj se stupanj u praksi još uvijek konvencionalno određuje, odnosno bira na osnovi preporuka, mada je taj stupanj izrazito ekonomska kategorija, i mada za određivanje njegove optimalne vrijednosti postoji razrađena metodologija [3]. Ukratko, ta se metodologija sastoji u sljedećem:

- Pretpostave se razne vjerojatnosti pojave poplavnih voda (p_i) za područje koje se namjerava zaštititi od poplava izgradnjom zaštitnih objekata, te se za te pretpostavljene vjerojatnosti iznađu pripadni hidrografi velikih voda i, posljedično, pokazatelji o pripadnim visinama (nivoima) i trajanju poplavnih voda na području koje se namjerava zaštititi.
- Za te pokazatelje (o visinama i trajanju poplavnih voda) vrši se procjena, odnosno estimacija mogućih (potencijalnih) šteta od poplava. Metodologija je za tu procjenu razrađena na osnovi povijesnih (statističkih) pokazatelja o štetama od poplava, i to tako da se ovisno o vrstama šteta (npr. u poljoprivredi, šumarstvu, rudarstvu, na stambenim objektima, na komunalnim objektima, na prometnicama i dr.) iskazuje potencijalna šteta u funkciji dubine i trajanja poplave, i to u postotku stvarne vrijednosti plavljenoga dobra, za pr. vidi sl. 1.
- Sumiranjem svih procijenjenih iznosa šteta po vrstama štete, a pripadno svakoj pretpostavljenoj poplavnjoj vodi, moguće je definirati funkciju šteta od poplava $S = \xi(p)$, vidi sl. 2.

A.-DUBINE POPLAVNE VODE

B.-TRAJANJA POPLAVE



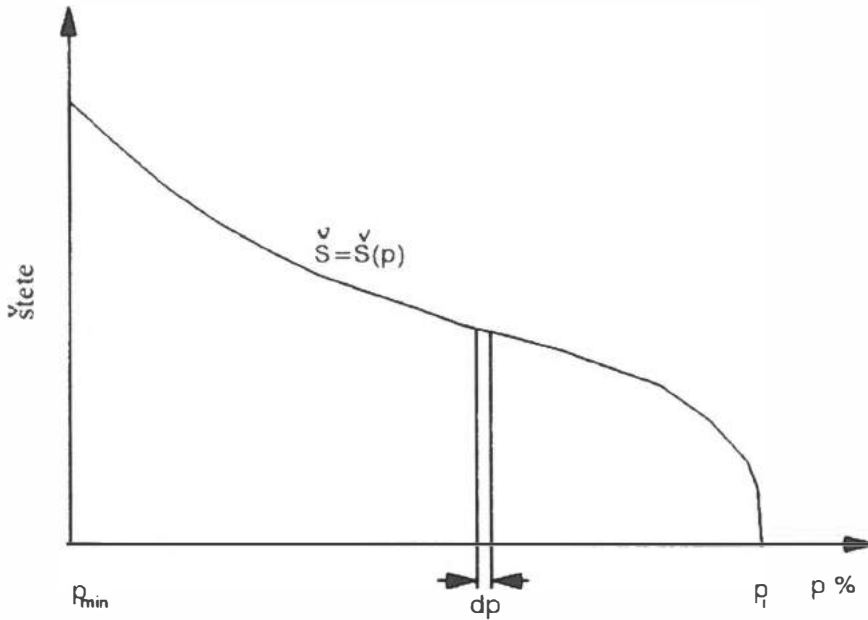
Slika 1. Iznos štete u postocima od ukupne vrijednosti dobara, ovisno o dubini i trajanju poplave

- d) Proračuna se vrijednost prosječne godišnje štete (PGŠ), koja se definira kao zbroj ponderiranih računskih (procjenjenih) iznosa šteta za pretpostavljene vjerojatnosti pojava poplavnih voda, tako da svaki pojedini iznos (argument) štete (S) sudjeluje u PGŠ proporcionalno svojoj vjerojatnosti pojave što matematički izražava jednadžba (6) i vizualno dočarava površina ispod krivulje na sl. 2.

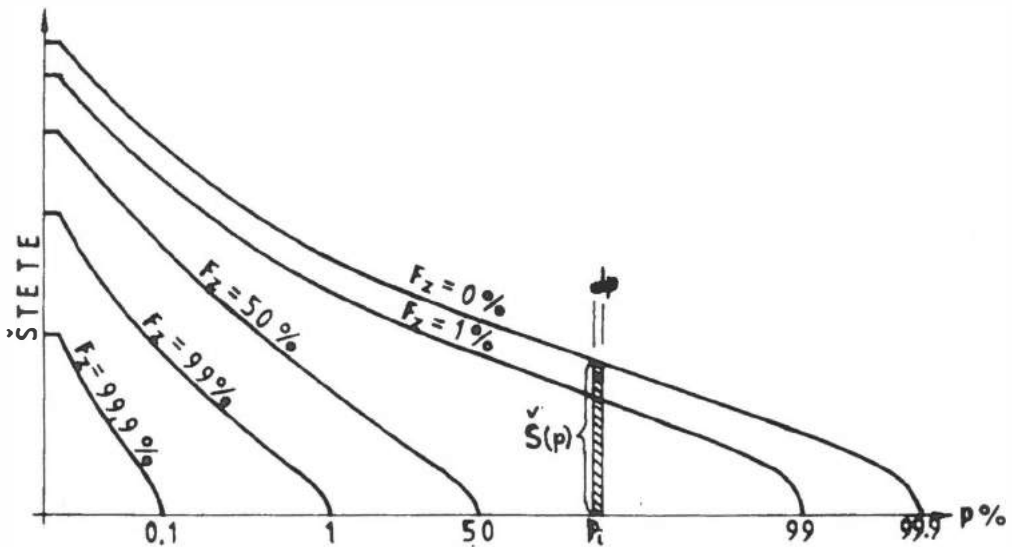
$$PGŠ = \int_{P_{\min}}^{P_i} S(p) dp \quad (6)$$

- e) Za svaku pretpostavljenu vjerojatnost pojave poplavne vode za koju je vršena procjena potencijalnih šteta proračunaju se na idejno-projektnom nivou razrade godišnji troškovi zaštite od poplave, što podrazumijeva godišnju amortizaciju troškova izgradnje zaštitnih objekata i godišnje troškove njihova održavanja. Na taj se način dobije funkcija (krivulja) godišnjih troškova zaštite - vidi sl. 4.
- f) Za svaku veličinu izgradnje zaštitnih građevina primjerenu pretpostavljenim vjerojatnostima poplavnih voda proračuna se funkcija preostalih potencijalnih šteta kao i pripadne prosječne godišnje štete PGŠ primjereno novonastalim uvjetima. Pritom zaštitne građevine koje su primjerene nekoj vjerojatnosti pojave poplavne vode ostvaruju **stupanj zaštite ili osiguranja** (F_z) od poplave koji se definira kao razlika između hipotetičkoga apsolutnog osiguranja od poplave i vjerojatnosti pojave "p" one poplavne vode za koju su dimenzionirane zaštitne građevine, dakle $F_z = 1 - p$ npr. ako se izgrade zaštitne građevine koje štite od poplavnih voda stogodišnjega povratnoga perioda, vjerojatnost tih poplavnih voda iznosi $p = 0.01$ ili 1%, dok stupanj zaštite od poplava iznosi u tom slučaju $F_z = 1 - 0.01 = 0.99$ ili 99%. Istodobno je preostali godišnji rizik od poplava jednak "p", tj. 0.01 što je vidljivo i prema jednadžbi (5), gdje je u tom slučaju $n=1$, pa je $R_n = 1 - (1 - p)^1 = p$].

Primjereno dakle svakom analiziranom stupnju osiguranja ki proračunaju se preostale prosječne godišnje štete od poplava, koje su de facto primjerene preostalom godišnjem riziku od poplava pa se nazivaju i troškovima rizika. Te troškove dočaravaju površine ispod krivulja na sl. 3.



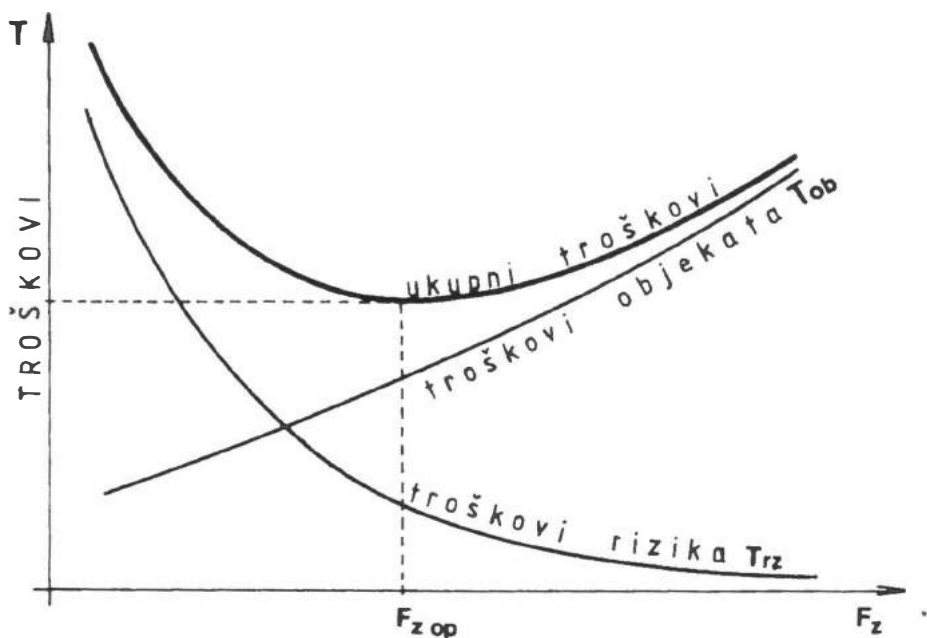
Slika 2. Prikaz funkcije: štete - vjerojatnost pojave poplave



Slika 3. Prikaz funkcije: štete - vjerojatnosti pojave poplavne vode za različite stupnjeve osiguranja F_z

g) Ako se godišnji troškovi preostalog rizika od poplave (primjerenoga analiziranim stupnjevima zaštite $F_{zi} = k_i$) prikažu grafički, dobije se krivulja (funkcija) godišnjih troškova rizika, a ako se na istoj slici prikaže i krivulja (funkcija) godišnjih troškova zaštite, tada se ove dvije krivulje mogu zbrojiti, te naći minimum ukupnih troškova. Tim minimumom determiniran je na apscisi optimalan stupanj zaštite od poplave za analizirano područje.

Ovakvo određivanje optimalnoga stupnja zaštite od poplava nije nažalost zaživjelo u vodnogospodarskoj praksi Hrvatske. I to zbog velikoga opsega posla koji takav postupak zahtijeva, kao i zbog vrlo velikih poteškoća i nepouzdanosti u određivanju visina i trajanja poplava primjerenih pretpostavljenim vjerojatnostima pojavljivanja, kao i nepouzdanosti u procjenjivanju potencijalnih šteta.



Slika 4. Shematski prikaz troškova zaštite od poplave u ovisnosti o povratnom periodu poplavne vode

U ovom kratkom prikazu postupka za određivanje optimalnoga stupnja zaštite od poplava i pripadnoga ekonomski prihvatljivoga rizika, nisu prikazane ekonomske komponente (re)valorizacije analiziranih godišnjih troškova zaštite i rizika, vezane na vremensku točku (datum) provedbe analize i vezane na promjene u iznosima procijenjenih šteta tijekom vijeka trajanja zaštitnih objekata, što je pak vezano na povećanje vrijednosti dobara u zaštićenom području i dr.

Određivanje ekonomski prihvatljivoga rizika od poplave i optimalnih rješenja građevina drugih namjena koje se grade u poplavnom području temelji se na sličnim načelima kao i za protupoplavne građevine. Iznalaze se godišnji troškovi (amortizacija i održavanje) i bruto dobit ili izgubljene vrijednosti za varijantna projektna rješenja građevine u različitim poplavnim uvjetima, tj. za razne pretpostavljene vjerojatnosti pojava poplava. Zatim se po kriteriju maksimalne neto dobiti, ili kriteriju minimalnih izgubljenih vrijednosti, bira optimalno rješenje.

D r u g o , veličina poplavnoga područja različita je s obzirom na veličinu poplave. Velike poplave rijetke su (mala im je vjerojatnost pojave), ali plave velika područja, dok su manje poplave učestalije (veća im je vjerojatnost pojave), ali poplavljuju manja područja. Velike poplave naravno preplavljaju ista područja koja plave i male poplave, dok se obrnuto ne događa. Drugim riječima, u poplavnome području neki su dijelovi pod većim, a drugi pod manjim rizikom od poplava. Ova je činjenica u protupoplavnoj praksi razvijenih zemalja iskorištena tako što se problematika zaštite od poplava rješava tzv. "**konceptom prilagođavanja poplavnom riziku**". Uz izgradnju objekata za zaštitu od poplava, te pripremu i provedbu neposredne zaštite kad poplava nailazi, taj koncept predviđa još niz neinvesticijskih regulativnih mjera koje imaju za svrhu smanjenja šteta od poplava. U načelu, koncept se sastoji u tome da se provede zoniranje terena glede rizika od poplave, to jest identificiraju se i na topografskim kartama označe dijelovi poplavnoga područja s istim stupnjem rizika. To se može učiniti za nezaštićena područja tako da se na osnovu hidroloških analiza ucrtaju na karte izocрте (izolinije) rizika od poplave. Ustvari, to su poplavne crte koje pripadaju poplavama različitih vjerojatnosti pojavljivanja (poplavne crte crte su oplava poplave s višim terenom). Također je moguće provesti analizu ugroženosti od poplava za područja koja su zaštitnim građevinama zaštićena od poplava s određenim stupnjem osiguranja. Radi se o tome da će kod prekoračenja stupnja osiguranja, ovisno o veličini prekoračenja, dijelovi zaštićenoga područja biti različito ugroženi, tj. imaju različit rizik od poplave. Identifikacijom zona jednakoga rizika od poplave i njihovim kartiranjem dobiva se mogućnost da se u različitim zonama propišu različite regulativne mjere s ciljem zaštite i/ili smanjenja šteta od poplava. Tako se u zonama velikoga rizika propisuju posebni uvjeti izgradnje građevinskih objekata, zabranjuje se držanje ili skladištenje vrijednih i osjetljivih dobara na nivoima koje može doseći poplava i slično. Često se već i samim raspačavanjem karata s ucrtanim poplavnim zonama, a u svrhu informiranja stanovništva, postižu značajni rezultati u smanjivanju šteta od poplava. Ovakve karte poplavnih zona služe ujedno i kao osnova osiguravajućim zavodima za uvođenje kategorije osiguranja od poplave, a prostornim planerima te karte predstavljaju jednu od temeljnih podloga.

Nažalost, prema podacima autora ovoga teksta, zoniranje terena s iskazivanjem stupnja rizika od poplave u Hrvatskoj još nigdje nije provedeno.

3.3 Rizik od prijenosa zagađenja vodom

Nema nikakve dvojbe da je prijenos zagađenja vodom oblik štetnoga djelovanja voda koji svakim danom dobiva sve više na značenju. Radi se jednostavno o tome da su izvori zagađivanja vode sve mnogobrojniji, pa je i rizik od prijenosa zagađenja sve veći. Istraživanje te vrste rizika vezano je u prvom redu uz vrste zagađivača i na njihovu distribuciju u prostoru. U tom smislu razlikuju se "točkasti" i "raspršeni" zagađivači.

Za točkaste zagađivače obično se poznaje ili se lako pronalazi njihova lokacija. No stohastičnost njihova režima, tj. vremenskoga slijeda kakvoće i količine štetnih materija, kao i stohastičnost prirodnoga režima voda na tom mjestu, uvjetuje činjenicu da je probabilistički pristup problemu prijenosa zagađenja vodom s iskazivanjem rizika jedino ispravan. To je još naglašenije u problematici "raspršenih" zagađivača, gdje uz spomenute uzroke nepouzdanosti determinističkoga pristupa tom problemu, izvor nepouzdanosti leži još i u nemogućnosti njihove prostorne determinacije. Sve je to razlogom da se probabilistički pristup tom problemu nalazi tek u povojima.

4. Zaključak

- Štetno djelovanje voda pojavljuje se na tri osnovna načina (erozija tla, poplave i prijenos zagađenja) u okviru kojih postoji mnoštvo specifičnih pojava oblika.
- Stohastičnost je osnovno obilježje tih pojava, pa je jedino ispravan pristup rješavanju problema izazvanih tim pojavama, probabilistički pristup.
- Kvantifikacija rizika od pojedinih pojava oblika štetnoga djelovanja voda ovisi prvenstveno o poznavanju zakonitosti i podacima o fenomenologiji pojavljivanja tih oblika.

Metodologija kvantifikacije rizika i njegova ekonomskoga značenja dosad je najbolje razvijena za fenomene poplava, znatno slabije za eroziju tla, a najslabije za problematiku prijenosa zagađenja vodom.

- Vodoprivredna "karta erozije", karta "rizika od erozije" i "karta poplavnih zona" s iskazanim rizikom od erozije, tri su osnovna kartografska prikaza štetnoga djelovanja voda. Takve su karte neophodne kao podloge ne samo za planiranje i operativno upravljanje u vodnom gospodarstvu, nego i za sva druga prostorno-gospodarska planiranja. Stoga je potrebno što prije izraditi takove karte za cijelu državu Hrvatsku.

Literatura

- [1] Wischmeier, H.; Smith, D.: *Predicting reinfall erosion losses*, a guide to conservation planning, United States Department Of Agriculture, Handbook 537, 1978.
- [2] Gavrilović, S.: *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*, časopis 'Izgradnja' Specijalno izdanje, Beograd 1972.
- [3] Petraš, J.: *Određivanje optimalnog stupnja zaštite od poplave*, Građevinar, časopis društva građevinskih inženjera Hrvatske, br. 5/86, str. 199-206, Zagreb, 1986.
- ŠĆ Petraš, J.; Bašić, F.: *Metode istraživanja erozije tla vodom i zaštita voda*, Hrvatske vode, časopis Hrvatske vodoprivrede, br. 2/93, str. 99-105, Zagreb, 1993.
- [5] Petraš, J.; Bašić, F.; Marušić, j.: *Fenomenologija erozije tla u Hrvatskoj*, Poljoprivreda i gospodarenje vodama, Priopć. sa zn. sk., st.187-209, Bizovačke Toplice, 1994.
- [6] Tseng at all : *Evaluation of flood risk factors in the design of highway stream crossings*, Proceedings of International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control, University of Kentucky, 1977., p. 161-169.
- [7] Babović, V.; Bruk, S.: *Radovi i mjere za smanjenje šteta od poplava*, Građevinski kalendar 1982., Savez građevinskih inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 1982.
- [8] SAVJETOVANJE O ZAŠTITI OD POPLAVA, ZAGREB 1977., Zbornik radova, izdanje: časopis "VODOPRIVREDA", Beograd, 1977.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Nenad Ravlić, Dražen Bošković, mr Božidar Deduš

R 1-13

Planiranje i upravljanje akvatorijem Riječkog zaljeva

Sažetak: Širi prostor akvatorija Riječkog zaljeva žarišna je točka interesa Primorsko-goranske i Istarske županije, ne samo u socio-ekonomskome, već (i nadalje) u ekološkome smislu.

Brojne su publikacije, projekti i studije posvećivale znatnu pažnju širem području akvatorija Riječkoga zaljeva, tako da se može kazati da je taj prostor jedno od istraživanijih područja na hrvatskoj obali Jadrana. U tom je smislu reprezentativna "Ekološka studija akvatorija Riječkog zaljeva 1976-81." koja čini okosnicu naših spoznaja o samome akvatoriju i njegovom ekološkom stanju u vremenu istraživanja i čiji se podaci, zbog svoje vremenske i prostorne konzistentnosti, rabe i danas.

Nalazimo se u fazi donošenja temeljnih prostornih dokumenata novoustrojenih upravnih jedinica (županija) izrada kojih neće donijeti kvalitativan pomak ako se ne shvati kao prilika za implementaciju modernih tehnologija i hidroiinformatičkih alata u sustav planiranja i upravljanja dijelom prostora. U tom smislu projekt je pod imenom "Planiranje i upravljanje akvatorijem Riječkog zaljeva" korak u unapređenju metodologije prikupljanja, obrade i korištenja obavijesti u sustavu upravljanja akvatorijem Riječkoga zaljeva (prostorna dokumentacija, tehnička dokumentacija, razvojni planovi, optimalizacija gradnje, djelovanje u incidentnim situacijama i sl.). Takvim pristupom trebali bi se otkloniti osnovni nedostaci tradicionalnih metoda planiranja i upravljanja, kao npr.:

- slaba strukturiranost i niska razina informatiziranosti postojećih baza podataka o akvatoriju Riječkog zaljeva i njihova inkompatibilnost s potrebama i zahtjevima suvremenoga i efikasnoga prostornoga planiranja i upravljanja
- nepostojanje kalibriranih globalnih numeričkih modela procesa u akvatoriju Riječkoga zaljeva, kao osnove svih budućih podmodela za potrebe predviđanja i procjene raznih utjecaja na akvatorij

Projektom se želi promovirati akvatorij Riječkoga zaljeva u područje implementiranja modernih hidroiinformatičkih tehnologija, što zbog vrlo žive i složene interakcije mnoštva čimbenika (turizam, naftna industrija, luka, ribarstvo...) ima svoje puno stručno opravdanje.

KLJUČNE RIJEČI: hidroiinformatika, upravljanje, prostorno planiranje, sustavi za podržavanje odlučivanja, modeliranje

Nenad Ravlić, d.i.g., IGH-PC Rijeka, Rijeka
Dražen Bošković, d.i.g., IGH-PC Rijeka, Rijeka
mr Božidar Deduš, d.i.g., Proning-Zagreb, Zagreb

Planning and Management of the Rijeka Bay Area

Abstract: The broader Rijeka Bay area is in the focus of interest of the Primorsko-Goranska and Istarska Counties, not only with respect to the socio-economic but also (and above all) the environmental issues.

Numerous publications, designs and studies were focused on the broader Rijeka Bay area, thus it could be said that this is one of the locations on the Croatian part of the Adriatic coast which has been subject to a rather extensive research. The Rijeka Bay Area Environmental Study for 1976-1981 is typical in this sense. The Study contains the basic information about the area and its environmental condition for the period of research. Due to its time and space consistency these data is still used.

We are presently in the stage when the basic planning documentation for the newly organized administrative units (counties) is being prepared for approval. Its completion shall not present any quality move unless it is understood that this is an opportunity for implementation of modern technologies and hydrology-related computer tools in the physical planning and management system. A step forward in improvement of data collecting, processing and implementation methodology was made in the Planning and Management of the Rijeka Bay Area Design; this methodology was applied to the physical planning documentation, technical documentation, development plans, building optimization, emergency actions, etc. Such approach should eliminate the basic drawbacks of traditional methods of planning and management, e.g.

- poor structure and low computerization level of the existing databases for the Rijeka Bay area, and their incompatibility with requirements and needs of the modern and efficient area planning and management;
- lack of calibrated global numerical models of the bay area processes as the basis for the future sub-models needed for forecasting and assessment of future impacts on the bay area.

The design is intended to upgrade the Rijeka Bay area into an area where the modern computer technology is implemented in the field of hydrology which is, due to very vigorous and complex interaction of numerous factors (tourism, oil industry, port, fishing) fully justified.

Key words: hydrology-related information systems, management, physical planning, decision-making support systems, modelling

1. Uvod

"Osnovni resursi svake zemlje jesu njeno stanovništvo i nacionalni okoliš (prostor). Odnos prema nacionalnom okolišu i njegovim resursima može imati tri stanja : intenzivno izrabljivanje, konvencionalno gospodarenje i racionalno gospodarenje. Sukladno tome postoje i tri različite strategije (prva, druga i treća generacija) gospodarenja nacionalnim okolišem. Sintagma "gospodarenja okolišem" podrazumijeva dva aspekta: korištenje i zaštitu okoliša."

"Jedna od osnovnih pretpostavki odlučivanja o okolišu jesu potrebne informacije. Informacijski sustav o okolišu potreban je na lokalnoj, nacionalnoj, regionalnoj i globalnoj razini."

"Republika Hrvatska zbog dva krupna razloga mora uspostaviti vlastiti djelotvoran sustav o nacionalnom okolišu. Prvi, jest ispravno odlučivanje o vlastitom razvoju, a drugi, njeno uključivanje u jedinstveni ekološki sustav Europe, a time i svijeta."

"Sa stajališta investicija, informatizacija postupaka gospodarenja okolišem delikatna je aktivnost, jer traži primjenu visokih tehnologija. Analiza iskustava drugih zemalja

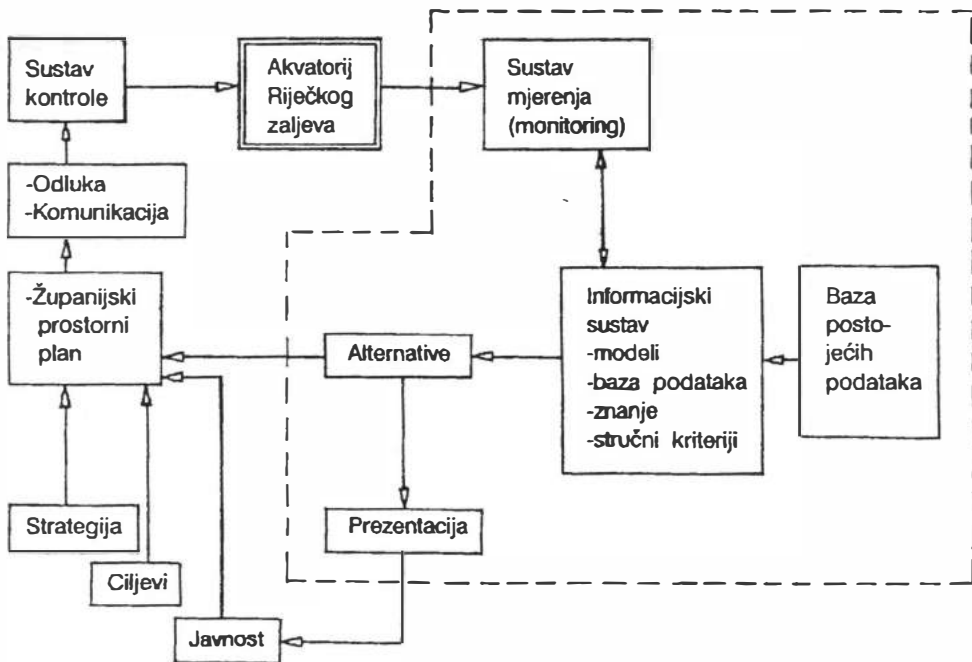
pokazuje da su gospodarski aspekti informatizacije okoliša vrlo značajni, te da su mogući različiti pristupi ovom problemu... Nisko postavljene ciljevi imaju niske potencijalne efekte. Previsoko postavljene ciljevi, najčešće se ne ostvaruju.... Pronaći optimum, najteži je problem, ali je i pretpostavka uspjeha." (iz "Studije izvedivosti informacijskog sustava okoliša Republike Hrvatske", Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša, Zagreb 1993.)

Citat koji smo naveli nije slučajna: svrha mu je naglasiti jednu od ključnih riječi ovoga teksta - informacijski sustav okoliša, te naglasiti kompatibilnost Projekta koji u nastavku elaboriramo polaznim osnovama temeljnih elaborata o informatizaciji prostora RH. Pritom informatizaciju prostora treba promatrati kao nužan korak u izgradnji efikasnoga sustava prostornoga planiranja koji se u našoj Županiji osmišljava i u izgradnji kojega imamo priliku upotrijebiti moderna sredstva i tehnologije. Riječki zaljev, kao vitalan dio prostora, sam po sebi zorno reflektira svu kompleksnost racionalnoga gospodarenja prirodnim resursima i time je od posebnoga interesa za Primorsko - goransku županiju.

Projektom se želi promovirati akvatorij Riječkoga zaljeva u područje implementiranja modernih hidroinformatičkih tehnologija, što zbog vrlo žive i složene interakcije mnoštva čimbenika (turizam, naftna industrija, luka, ribarstvo...) ima svoje puno stručno opravdanje.

2. Uloga projekta u sustavu gospodarenja akvatorijem Riječkoga zaljeva

Unutrašnja struktura prikazana je zbog jasnoće blok-dijagramom; crtkanom linijom naznačeno je mjesto projekta "Planiranje i upravljanje akvatorijem Riječkoga zaljeva".



Slika 1. Sustav gospodarenja akvatorijem Riječkoga zaljeva

Iz blok-dijagrama vidljivo je da Riječki zaljev biva podvrgnut sustavu mjerenja (monitoringa), podaci kojega se transferiraju u centralni informacijski sustav gdje se ažuriraju u novoformiranoj bazi podataka.

Ključni korak bit će privikavanje svih subjekata koji obavljaju određena mjerenja i opažanja u Riječkom zaljevu na format zapisa i tip podataka koji su relevantni za daljnju obradu u svrhu potpune informatizacije i izbjegavanja svake daljnje redundanse, neusuglašenosti i nedostupnosti podataka.

Koristeći specijalistički hidroinformatički program (numerički modeli kalibrirani na osnovu postojećih podataka o zaljevu) i konvencionalno znanje, aktualni se podaci procesiraju, a rezultati obrade su u vidu alternativnih rješenja spremni za prezentaciju u lako čitljivu formatu.

Rezultati simuliranja služe kao osnova za donošenje odluka u sustavu upravljanja akvatorijem (Županijski prostorni plan), ali i kao sredstvo informiranja javnosti (EC Information Directive, CEC, 1990.). Upravljač pomorskim dobrom mora, dakle, uvažiti interes i utjecaj javnoga mnijenja, ali i imati poznate ciljeve i strategiju koji su predmet razmatranja na državnome nivou.

Legislativnim obvezivanjem čimbenika u interakciji s akvatorijem Riječkog zaljeva, te sustavom kontrole izvršavanja donesenih odluka, promatra se "odgovor" sustava, odnosno efikasnost donesene odluke; na taj se način naš status kvalitativno mijenja od korisnika pomorskoga dobra u njegova upravljača.

3. Organizacijska shema, svrha i zakonsko uporište projekta

NARUČITELJ PROJEKTA

- Primorsko-goranska županija
- Grad Rijeka i općine u priobalju
- Odjel za Jadran Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja

NOSITELJ I IZVRŠITELJI PROJEKTA

- Institut građevinarstva Hrvatske Zagreb d.o.o. PC Rijeka, Hrvatska
- Danish Hydraulic Institute - Horsholm, Danska
- Zavod za zaštitu zdravlja Rijeka

KONZULTANTI

- Danish Hydraulic Institute - Horsholm, Danska
- Odjel za Jadran Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja
- Zavod za prostorno planiranje i zaštitu okoliša Primorsko-goranske županije
- Institut "Ruder Bošković" - Centar za istraživanje mora Rovinj
- članice Sveučilišta u Rijeci

SAVJET PROJEKTA

- upravlja i nadzire izvršenje Projekta i trošenje sredstava
- predlaže proračun za iduću godinu trajanja Projekta
- objedinjuje i štiti interese naručitelja Projekta
- Savjet je tročlano tijelo koje čine:
 - predstavnik Primorsko-goranske županije
 - predstavnik Grada Rijeke
 - predstavnik Odjela za Jadran

KARAKTER PROJEKTA

- primijenjeno istraživanje
- implementacija u dijelu prostornoga planiranja (Prostorni plan Primorsko-goranske županije)
- neprofitni
- javnost, otvorenost, prezentabilnost
- faznost i cjelovitost u fazama
- međunarodni projekt

KLJUČNI PROBLEMI

- slaba strukturiranost i nizak nivo informatiziranosti postojećih baza podataka o akvatoriju Riječkog zaljeva i njihova inkompatibilnost s potrebama i zahtjevima suvremenoga i efikasnoga prostornoga planiranja i upravljanja
- nepostojanje kalibriranih globalnih numeričkih modela procesa u akvatoriju Riječkoga zaljeva, kao osnove svih budućih podmodela za potrebe predviđanja i procjene raznih utjecaja na akvatorij

CILJEVI PROJEKTA

- uspostava sustava prikupljanja, obrade i distribucije informacija za potrebe prostornoga uređenja, prostornoga razvoja, te organizacije zaštite, korištenja i namjene dijela prostora Primorsko-goranske županije
- uspostavljanje i informatizacija dinamičke baze podataka o akvatoriju Riječkoga zaljeva, kompatibilne s informacijskim sustavom za podržavanje planiranja i upravljanja dijelom prostora
- implementacija i razvoj primjenjenih hidroinformatičkih metoda i alata u sustavu planiranja i upravljanja akvatorijem Riječkog zaljeva
- usvajanje novih tehnologija i znanja, te izobrazba stručnjaka u procesu upravljanja i planiranja prostorom
- uspostava dinamičke veze s informacijskim sustavima ostalih dijelova prostora (GIS kopna, zraka), te definiranje interakcije s modelima na kopnu - model površinskoga i podzemnoga otjecanja, kanalizacije;
- stvaranje osnove za financiranje projekta međunarodnim sredstvima (PHARE, UNEP-MAP i sl.)
- stvaranje jedinstvene i vjerodostojne osnove i kriterija za izradu i verifikaciju studija zaštite okoliša

ZAKONSKO UPORIŠTE

- Zakon o prostornom uređenju (N.N. 30/1994.)
- Zakon o vodama (N.N. 53/1990, 9/1991.)
- Pomorski zakonik (N.N. 17/1994, 74/1994.)
- Plan intervencija kod iznenadnih onečišćenja Jadranskog mora (N.N. 88/1993.)
- Studija izvedivosti informacijskoga sustava okoliša Republike Hrvatske, Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša, Zagreb 1993.
- Zakon o zaštiti okoliša (N.N. 82/1994.)

Uz navedene zakonske akte, projektom se implementiraju europske norme i metode praćenja procesa (monitornig) u priobalnome moru u zonama interakcije industrijskih i rekreativnih sadržaja, a za potrebe racionalnoga planiranja održivoga razvoja. Projekt također respektira i pojedine specifične europske standarde koji definiraju zaštitu i očuvanje kvalitete mora priobalnih, posebice turističkih naselja, kao uvjet kategoriziranja glede ekološke zaštite prostora.

FAZE PROJEKTA

Projekt je izvediv u fazama, pri čemu svaka faza predstavlja tehnološku i smislenu cjelinu.

- **I. faza:** prikupljanje, analiza i sistematizacija postojećih podataka o hidrodinamici Riječkoga zaljeva, definiranje i generiranje baze postojećih hidrodinamičkih podataka u digitaliziranoj formi, testiranje i edukacija na odabranom software-u, pokretanje i kalibracija hidrodinamičkog modela na osnovu postojećih podataka o zaljevu, prezentacija rezultata
- **II. faza:** formiranje ostalih baza postojećih podataka koje će definirati standarde i formate zapisa svih budućih informacija; uspostavljanje veze između modela i novih baza podataka; implementacija ostalih programskih modula (površinska i podvodna disperzija, obalni procesi, valovi), prezentacija rezultata
- **III. faza:** uspostava sustava mjerenja, prilagođavanje svih programa promatranja i mjerenja formatu baze podataka i uspostava dinamičke veze između sustava mjerenja, baze podataka i numeričkih modela, financiranje iz međunarodnih izvora

4. Konkretni vidovi primjene hidroinformatičkih alata u Riječkome zaljevu

Akvatorij Riječkoga zaljeva ubraja se u istraživanja područja na hrvatskoj obali Jadrana. Posljedica je to visokoga nivoa svijesti o nužnosti poznavanja i zaštite toga prostora na čijim se rubovima nalazi niz potencijalno vrlo opasnih industrijskih kapaciteta. Možemo ustvrditi da su naše općenite spoznaje o globalnim procesima u Riječkome zaljevu na relativno visokoj razini, najvećim dijelom zahvaljujući sustavnome istraživanju provedenu 1976 do 1981. Od tada do današnjega dana istraživanja toga tipa nisu ponavljana, a praćenje stanja u pojedinim dijelovima zaljeva nastavljeno je pojedinačnim istraživačkim kampanjama.

Za očekivati bi bilo da su tolike spoznaje o određenom prostoru sigurna osnova za kvalitetno odlučivanje i planiranje, no u praksi se javlja čitav niz problema. Projektanti i planeri se danas često i rado služe računalom u fazi projektiranja objekata na kopnu, ali čim u proračunima ustrebaju podaci o morskome ambijentu, susreću se s temeljnim problemom: postojanjem određenih podataka u nekompatibilnu formatu (najčešće neinformatiziranom) koji oslikavaju trenutna, lokalna stanja na pojedinim mjestima u akvatoriju i čija je prikladnost korištenja u planerske svrhe vrlo upitna.

Posljedice takvoga stanja predimenzioniranja su ili poddimenzioniranja u projektnim rješenjima, s visokim stupnjem osjećajne komponente, te postojanje tzv. "bijelih karata" u planskim dokumentima. Budući da je Riječki zaljev nezaobilazna komponenta hidrološkoga ciklusa našega područja, treba detaljno poznavati njegov odziv na pojedine aktivnosti u priobalju, pogotovo u fazi projektiranja i planiranja, odnosno donošenja temeljnih akata o uređenju prostora.

Postojanje jednoga sustava, u sklopu kojega će računalni modeli obrađivati aktualno stanje akvatorija, omogućit će pristup relevantnim i aktualnim podacima svima koji u fazi planiranja ne mogu zanemariti moguće utjecaje na morski ambijent, te na taj način pružiti mogućnost (u budućnosti i obvezu) provjere usuglašenosti pojedinih rješenja s temeljnim dokumentima o uređenju i zaštiti prostora u kojima će biti ugrađeni podaci dobiveni primjenom hidroinformatičkih alata.

Smatramo da bi takav pristup trebao biti prihvaćen kao načelo. U prilog tome navodimo neke konkretne mogućnosti primjene.

4.1. Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda i podmorski ispust "Delta"

Poznati su problemi izgradnje kanalizacijskoga sustava Rijeke, centralnoga uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na Delti, te izgradnje II. faze toga objekta na istoj lokaciji. Zbog dodatnoga narušavanja potencijalne vrijednosti prostora u strogome središtu grada, tražena su rješenja prelociranja druge faze uređaja za pročišćavanje, što zbog nedostatka odgovarajućega prostora stvara znatne tehnološke i financijske probleme.

Sadašnji utjecaj ispuštanja primarno pročišćene otpadne vode na akvatorij Riječkog zaljeva prati se monitoringom efikasnosti rada podmorskoga ispusta i uređaja za pročišćavanje. Na pitanje "da li i dokad, te sa kakvim posljedicama more Riječkoga zaljeva može zamjenjivati II fazu pročišćavanja" odgovor nije moguće dati samim monitoringom rada podmorskoga ispusta i uređaja, već je potrebna primjena računalnoga modela koji može simulirati dugoročne posljedice sadašnjega režima pročišćavanja i ispuštanja otpadne vode. Primjenom takvih metoda predviđaju se stanja i scenariji što daje dovoljno vremena za iznalaženje optimalnih rješenja.

Nadalje, kod planiranja i sagledavanja utjecaja podmorskoga ispuštanja u akvatorij Riječkoga zaljeva, kao poluzatvorenoga prirodnog bazena, treba uzimati u obzir superponiranje pojedinih zagađenja, naročito u zonama ograničene izmjene vodenih masa. Stoga već u osnovnim dokumentima prostornoga uređenja valja uvažiti različitost "nultih" stanja na pojedinim lokacijama, te izvršiti provjeru sumarnoga utjecaja ispuštanja otpadne vode na morski ambijent. Poznavajući predviđeni sustav podmorskog ispuštanja na području naše županije, smatramo da bi trebalo primjenjivati različite kriterije u planiranju pojedinih ispusta i uređaja koji bi se definirali primenom hidroinformatičkih alata.

4.2. Podmorske cijevi - općenito

Nije potrebno naglašavati važnost detaljnoga poznavanja hidrodinamičkih prilika u moru za ispravno dimenzioniranje konstrukcijskih karakteristika podmorskih cijevi. To vrijedi kako za podmorske transportne cjevovode, izgradnja kojih se uskoro očekuje (spajanje terminala u Omišlju s Urinjem), tako i za sve podmorske ispuste otpadnih voda. U prvome slučaju radi se o problemu sigurnosti i zaštite od mogućega istjecanja zagađivala, a u drugome slučaju o procesima razrjeđenja u moru i sudbini otpadne vode nakon ispuštanja.

Podaci računalnoga hidrodinamičkoga modela Riječkoga zaljeva, kao važnoga dijela sustava za upravljanje akvatorijem, trebali bi služiti kao ulazni podaci manjih podmodela, čija rezolucija omogućuje detaljniju analizu procesa na mikro-lokaciji koja bi se obavljala u posebno "osjetljivim" slučajevima.

Kao standard u području upravljanja podmorskim ispuštanjem otpadnih voda trebali bi prihvatiti izbjegavanje pojave koncentracije zagađenja (koje je najizraženije upravo u rekreacijskoj zoni sjeverozapadnoga dijela zaljeva) i optimiziranje režima podmorskoga ispuštanja u prostoru Riječkog zaljeva. Imajući u vidu započetu informatizaciju kanalizacijskoga sustava grada Rijeke (programski paket MOUSE), trebat će uskladiti sustav kontrole prikupljanja otpadnih voda sa sustavom kontrole ispuštanja vode u more.

4.3. Incidentne situacije izlijevanja mineralnih ulja

Akvatorij Riječkoga zaljeva područje je veoma visoka rizika površinskoga i podzemnoga izlijevanja mineralnih ulja, s obzirom na intenzivan promet plovila za njihovu prijevoz i manipulaciju, te na koncentraciju industrijskih kapaciteta za njihovu preradu. U tom smislu Riječki zaljev sigurno spada u potencijalno najugroženije područje na Jadranu. Nije potrebno posebno isticati posljedice na ekologiju zaljeva i obale koje bi bile izazvane iznenadnim izlijevanjem većih količina mineralnih ulja. Sama činjenica da su već uložena znatna sredstva u nabavu specijalnih plovila i opreme za čišćenje, odražava visoku razinu svijesti i opreza koja prati taj dio upravljanja i zaštite akvatorija. Nadalje, na republičkoj je razini donesen "Plan intervencija kod iznenadnih onečišćenja Jadranskog mora" koji detaljno razrađuje sustav dojava i uzbunjivanja, a kao bazu donošenja odluka navodi "procjenu ponašanja razlivenog ulja, na osnovu podataka dobivenih osmatranjem, meteoroloških podataka, podataka o strujama i karakteristikama razlivenog ulja".

Mislimo da upravo u dijelu procjene ponašanja i kretanja uljne mrlje u zaljevu primjena hidroinformatičkih alata ima svoje nezamjenjivo mjesto, budući da omogućava simulaciju neograničenoga broja raznih klimatsko-meteorološko-hidrodinamičkih situacija, i to prije same pojave incidenta. Kako se radi uglavnom o površinskome širenju zagađivala koje je u uskoj korelaciji sa vjetrovima, moguća je primjena jednostavnijih dvodimenzionalnih modela čiji bi rezultati bili čvrsta osnova za daljnje djelovanje i mehanizam aktiviranja ostalih sustava. Na taj način težimo izgradnji sustava koji će "pokrivati" svaki ulazak opasnoga tereta u zaljev, te služiti kao sredstvo optimiziranja mjera opreza za vrijeme boravka tereta u zaljevu (položaj plovila za čišćenje, razine pripravnosti, zone povećanoga rizika za određeno klimatsko-meteorološko-hidrodinamičko stanje). Takav sustav nemoguće je izgraditi nakon pojave zagađenja i zahtijevat će suradnju više subjekata (relevantna ministarstva, županija, INA, DINA, lučka kapetanija).

4.4. Zahvati u priobalju

Dosadašnja praksa sagledavanja utjecaja na okolinu kod izgradnje značajnijih objekata u priobalju najveće je slabosti iskazivala upravo u procjeni utjecaja (kratkoročnih i dugoročnih) na ambijent mora i obale. Razlog tome najčešće treba tražiti u nedostatku obavijesti i sustavnih opažanja na određenoj lokaciji, te nepostojanja standardiziranoga alata koji bi služio u projektantsko-planerske svrhe i za definiranje uvjeta za izdavanje lokacijskih dozvola. Postojanje globalnoga informacijskog sustava u okviru kojega bi bio kalibriran numerički model hidrodinamičkih procesa u akvatoriju Riječkoga zaljeva kvalitativno bi poboljšao i lokalno sagledavanje utjecaja pojedinih zahvata u priobalju, jer bi osiguravao realne rubne uvjete manjim podmodelima. Na taj način uspostavlja se i unificira sustav kontrole pojedinih važnijih planerskih i projektnih rješenja, a u dio planiranja moguće je uvesti obvezu provjere na globalnom modelu.

Slična se problematika susreće i na području planiranja, projektiranja i održavanja plažnih kapaciteta, što je bitan interes naše Županije. U tom smislu već su učinjeni naponi u iznalaženju novih, potencijalnih lokacija u našoj regiji, čija verifikacija podrazumijeva detaljno poznavanje hidrodinamičke slike mora. Iako su već razvijeni specijalistički programski paketi za plažne procese, njihova primjena upitna je bez poznavanja rubnih uvjeta koji bi bili definirani globalnim modelom širega područja.

5. Zaključak

Općenito je rašireno vjerovanje o visoku stupnju poznavanja prirodnih procesa koji se odvijaju u akvatoriju Riječkog zaljeva kao jedinome dijelu Jadrana u kojem je obavljeno trogodišnje sustavno istraživanje ekološke situacije, te niz ostalih manjih istraživanja. U današnjim uvjetima intenzivne informatizacije prostora, te postojanja razvijenih programskih paketa koji podržavaju upravljanje priobalnim morem, potrebno je izvršiti kvalitativan korak naprijed u smislu njihove primjene, te njihova dinamičkoga vezanja s digitaliziranim bazama podataka, u kojima se po jasno definiranim kriterijima nalaze postojeći i upisuju novi podaci. Mogućnosti primjene jednoga takvoga sustava, na čijoj izgradnji se u ovom trenutku rade početni koraci u Rijeci, velike su i praktično završavaju izgradnjom ekspertnoga sustava dijela prostora koji će koristiti svi oni koji su na bilo koji način u interakciji s morem.

U tom je smislu projekt pod imenom "Planiranje i upravljanje akvatorijem Riječkog zaljeva" nužan i potreban korak u dosizanju razine na kojoj će se, zahvaljujući tehnološkomu unapređenju metodologije prikupljanja, obrade i korištenja informacija, pouzdano moći donositi odluke u upravljanju sustavom Riječkoga zaljeva (prostorna dokumentacija, tehnička dokumentacija, razvojni planovi, optimalizacija gradnje, djelovanje u incidentnim situacijama i sl.)

Literatura

1. "Computer Simulation in Monitoring System of Rijeka Bay - introductory material", Civil Engineering Institute of Croatia-Rijeka Department, Rijeka, 1994
2. "Informacijski sustav okoliša Republike Hrvatske - studija izvedivosti", Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša, Zagreb, 1993
3. "Integral Program for Management of the Rijeka Bay Aquatic Environment", Civil Engineering Institute of Croatia-Rijeka Department and Danish Hydraulic Institute, Rijeka, 1994
4. "Hydroinformatics 94", Proceedings of the First International Conference on Hydroinformatics, Delft, 1994
5. Journal of Hydraulic Research - Hydroinformatics, Vol. 32, 1994
6. "Kompjutorska simulacija u sustavu monitoringa akvatorija Riječkog zaljeva - prijedlog programa Projekta", Institut građevinarstva Hrvatske - PC Rijeka, Rijeka, 1994



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Fani Bojanić

R 1-14

Odvodnja otpadnih voda s područja oko Kaštelanskoga zaljeva

SAŽETAK: *U radu je opisano stanje ekosustava Kaštelanskoga zaljeva, kao posljedica neusklađenosti nagle urbanizacije, s akcentom na industrijalizaciji, i aktivnosti na sakupljanju, pročišćavanju i dispoziciji otpadnih voda. Kvaliteta mora opisana je na temelju rezultata mjerenja raznih parametara koja se provode već čitav niz godina. Odvodnju otpadnih voda s područja oko Kaštelanskoga zaljeva predviđeno je riješiti izgradnjom dvaju kanalizacijskih sustava, Split - Solin i Kaštela - Trogir. Oba sustava na kraju odvođe otpadne vode izvan akvatorija zaljeva. Zbog veličine kanalizacijskih sustava i složenosti objekata, planirana je fazna izgradnja.*

KLJUČNE RIJEČI: *otpadna voda, eutrofikacija, kanalizacija, pročišćavanje, podmorski ispust*

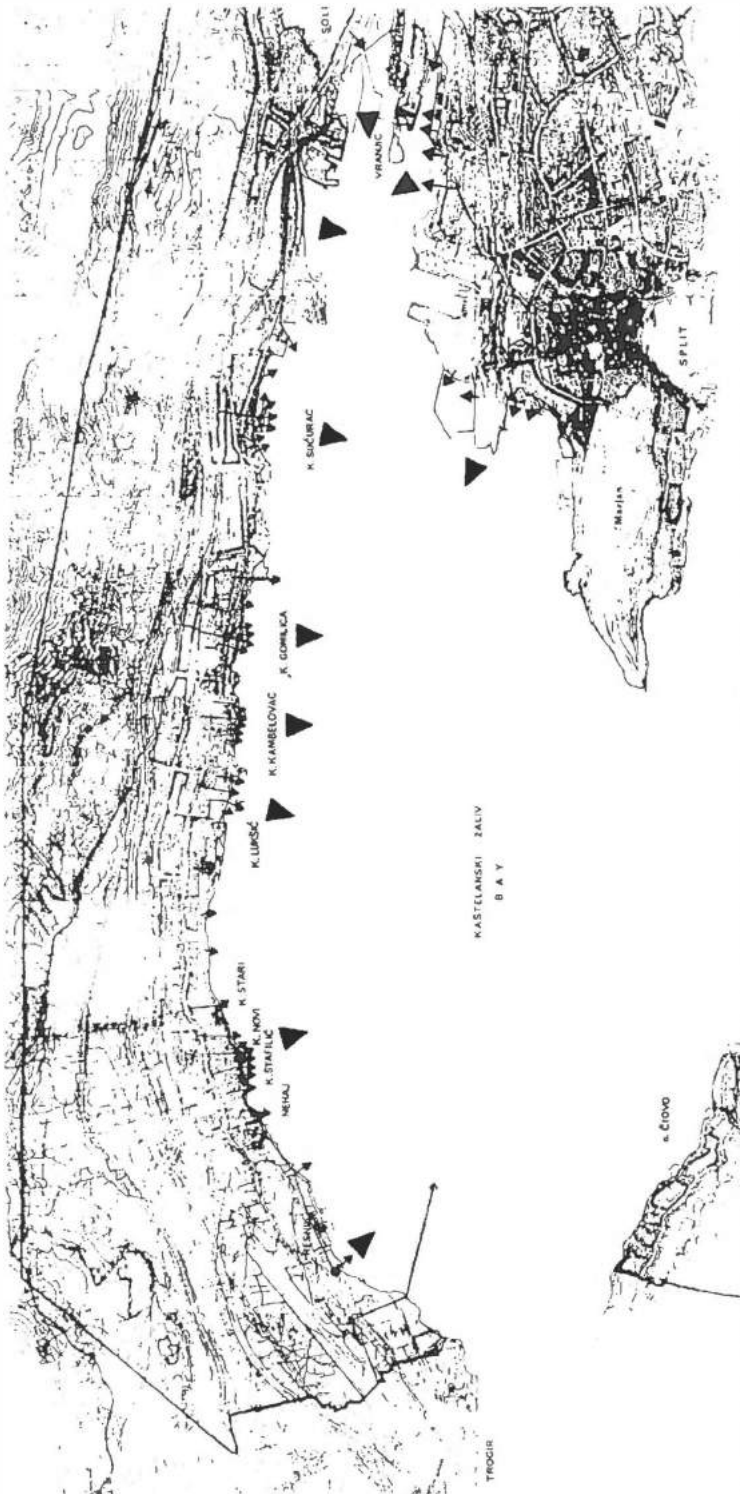
Kaštela Bay Surroundings Waste Water Drainage

ABSTRACT: *The paper describes the Kaštelanski Zaljev ecosystem condition as a consequence of uncoordinated and hasty urbanization, particularly industrialization, and gives a reviews of the activities related to collecting, treatment and disposal of waste waters. The sea quality is described on the basis of the measurement results for various parameters. The measurements have been conducted for many years. It is planned to drain the waste water of the areas around the Kaštelanski Zaljev by two sewage systems - Split-Solin and Kaštela-Trogir. Both systems finally evacuate the waste water away from the bay waters. The construction is planned to be in stages, due to the scale of the sewage system and complexity of its structures and plants.*

KEY WORDS: *waste water, eutrophication, sewage system, treatment, submarine outlet*

1. Uvod

Kaštelanski zaljev nalazi se u srednjoj Dalmaciji. Omeđuju ga padine Kozjaka, poluotok na kojem je smješten grad Split, te otok Čiovo. Kod grada Trogira Čiovo je najbliže obali, tvoreći tako vrlo uski Trogirski kanal i zatvarajući s istoka Kaštelanski, a sa zapada Trogirski zaljev.



Slika 1. Postojeći kanalizacijski sustav
 Picture 1. Existing sewage system

Na istočnome dijelu Kaštelanskoga zaljeva u more utječe rijeka Jadro na čijem se ušću nalazi grad Solin. Obale zaljeva u podnožju Kozjaka od davnina su krasila živopisna naselja sedam Kaštela. Zajedno s višestoljetnim gradovima Solinom i Trogirom, te ribarskim naseljem Vranjic, Kaštela su bila jedino obilježje istoimenoga zaljeva, ugrijana suncem, opijena mirisima ružmarina i kadulje, umijena plavetnilom mora.

Bilo je to nekad: sve do pedesetih godina ovog stoljeća. Otada se sa zemljopisnim pojmom Kaštela povezuje industrijska zona, tvornica plastičnih masa, željezara, cementare i drugi pogoni. Nagli razvoj sjevernoga dijela grada Splita i ostalih stambenih naselja koja gravitiraju Kaštelanskom zaljevu, te posebno proces industrijalizacije ovoga područja, nisu paralelno pratili i akcije na zaštiti okoline, a posebno je bila zanemarena izgradnja objekata odvodnje i pravilne dispozicije otpadnih voda.

Iz dana u dan more Kaštelanskog zaljeva primalo je sve veće obroke zagađenja i tako poprimalo jedno novo obilježje. Postalo je poznato po svojoj zagađenosti, po pomorima ribe i istaloženoj živi.

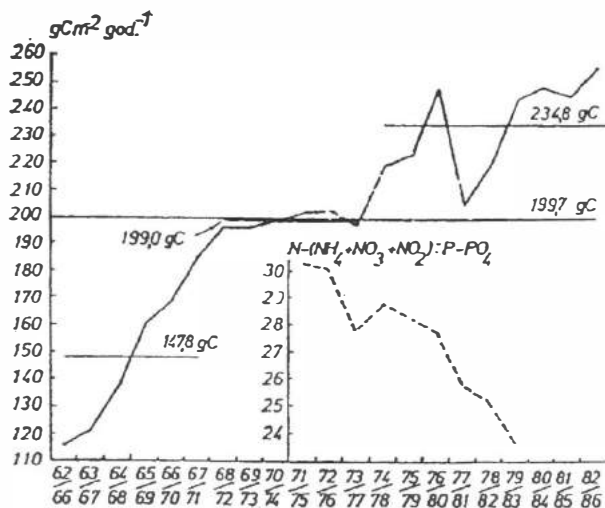
Osim industrijskih pogona i naselja su, zbog svoje veličine, postala znatni zagađivači akvatorija Kaštelanskoga zaljeva. Sve otpadne vode ispuštaju se u more priobalnim ispustima i bez prethodnoga pročišćavanja. Na slici 1. ucrtani su postojeći glavni ispusti otpadnih voda u Kaštelanski zaljev.

2. Kvaliteta mora na području Kaštelanskoga zaljeva

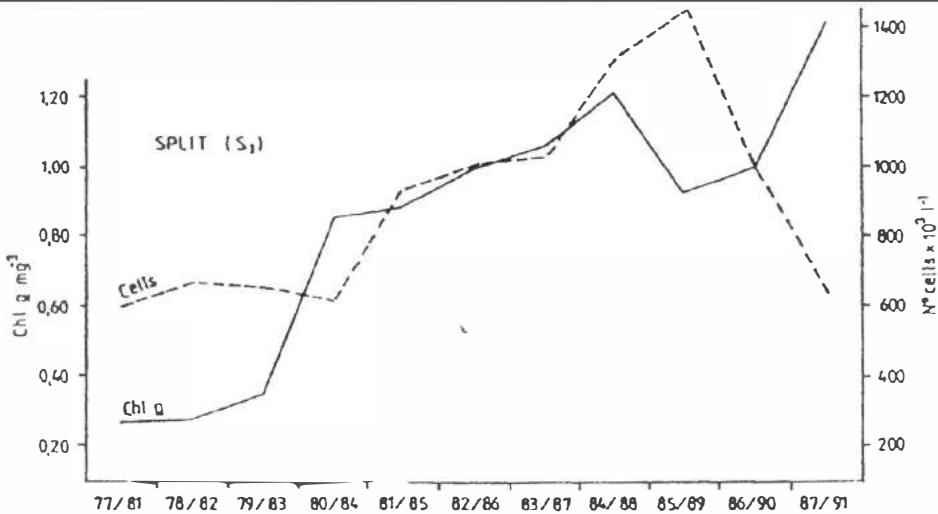
Već duži niz godina (kontinuirano od 1980.g., a povremeno i ranije) mjere se, te obrađuju pojedini parametri kvalitete mora Kaštelanskoga zaljeva. Mjerenja i analize provodi Institut za oceanografiju i ribarstvo iz Splita.

More je vrlo složen ekosustav u kojemu se odvija čitav niz kemijskih, bioloških i fizičkih procesa. Svi su ti procesi u međusobnoj ovisnosti i utječu jedan na drugi, tako da promjene izazvane u jednom procesu izazivaju promjene u cijelome nizu drugih procesa.

Istraživanja na splitskom području ukazuju na uočljiv trend porasta produktivnosti u moru. Već je početkom sedamdesetih godina zabilježen nagli porast primarne proizvodnje u Kaštelanskom zaljevu (slika 2.), a nedugo zatim promjene su zamijećene i u vodama izvan zaljeva (slika 3.)



Slika 2. Primarna organska proizvodnja u Kaštelanskom zaljevu
 Picture 2. Primary organic production in Kaštela bay



Slika 3. Biomasa (Chl a) i gustoća stanica fitoplanktona na splitskome području
 Picture 3. Biomass and density of phytoplankton cells on the area of Split

Primarna proizvodnja prati proces eutrofikacije koji se javlja uglavnom u svim vodenim sustavima, a sastoji se od postupnoga nagomilavanja hranjivih soli i organske biomase. Dok potrošnja na višim trofičkim razinama prati proizvodnju na prvoj trofičkoj razini, ekosustav pokazuje uravnoteženost, ali u trenutku kad primarna proizvodnja nadmaši njezinu potrošnju, nastaju poremećaji u ekosustavu što ga čini sve nestabilnijim.

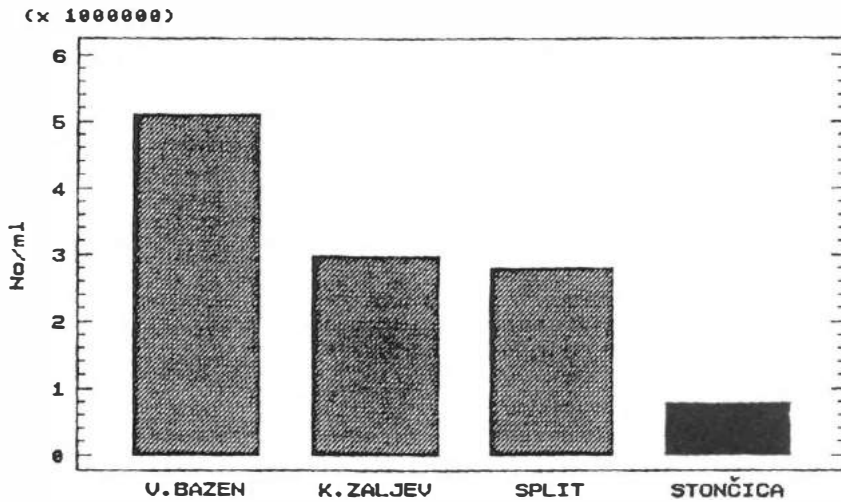
Izmijenjena struktura fitoplanktonske zajednice povezuje se s povećanim opterećenjem područja, i to poglavito organskom komponentom otpadnih voda. To je najjače izraženo na sjeveroistočnome dijelu Kaštelanskoga zaljeva koji tijekom ljeta, zbog oslabljene dinamike mora, ostaje gotovo u potpunosti izoliran od ostaloga dijela zaljeva. U takvim uvjetima, najveći dio organskih i anorganskih nutrijenata koji putem otpadnih voda dolaze u ovaj dio zaljeva, tu i ostaje i omogućuje stvaranje ogromne biomase fitoplanktona, odnosno pojavu red tide cvatnja. Prva takva cvatnja, koja je bila praćena pomorom morske faune, javila se u ljeto 1980. godine, nakon čega su te cvatnje postale redovitom pojavom u tom dijelu zaljeva, a povremeno bi zahvatile i veći dio zaljeva.

Trofičko stanje Kaštelanskoga zaljeva i ranije je bilo prilično visoko (između treće i četvrte kategorije produktivnosti prema Koblenc-Miške et al., 1970), dok se danas, zahvaljujući antropogenoj eutrofikaciji, ovaj zaljev uvrštava u petu, najvišu kategoriju produktivnosti.

Na temelju kategorizacije s obzirom na intenzitet eutrofikacije, Kaštelanski zaljev pripada najvišoj IV. kategoriji, pa se može smatrati nepogodnim, kako za rekreacijske, tako i za uzgojne djelatnosti.

Na negativan učinak eutrofikacijskog procesa ukazuje i zamjetno sniženje indeksa raznolikosti unutar nekih zooplanktonskih skupina.

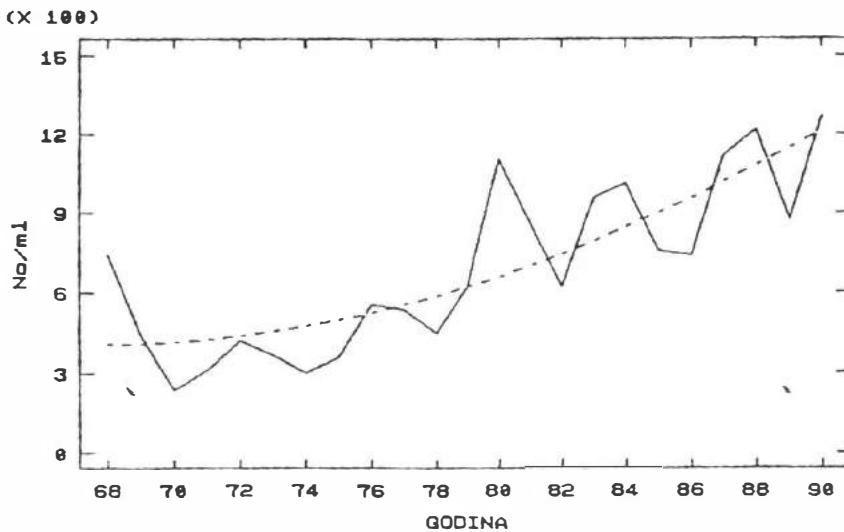
Pri obradi bakterioplanktona izmjerene su visoke vrijednosti broja bakterija u istočnome dijelu Kaštelanskog zaljeva, znakovite za eutrofizirana obalna područja. U usporedbi s rezultatima utvrđenim za središnji dio Kaštelanskoga zaljeva, za isto ispitivano razdoblje vrijednosti su u Vranjičkom bazenu za oko dva puta više, što upućuje na veću opterećenost ovoga dijela zaljeva organskom tvari. Gustoća je bakterioplanktona u Kaštelanskome zaljevu za oko tri puta veća nego na području otvorenoga mora za isto razdoblje istraživanja (slika 4.)



Slika 4. Srednje vrijednosti koncentracije bakterioplanktona na splitskome području u usporedbi sa srednjom vrijednosti koncentracije bakterioplanktona na referentnoj postaji Stončica (otok Vis) u istome razdoblju istraživanja

Picture 4. Medium values of concentration of bacterioplankton on the area of Split as compared with medium values of concentration of bacterioplankton on the reference station Stončica (island Vis) in the same period of research.

Analizom dugogodišnjega praćenja broja heterotrofnih bakterija u Kaštelanskome zaljevu utvrđen je trend porasta gustoće koji je osobito ubrzan od kraja 70-tih godina (slika 5.), a izravna je posljedica povećanoga dotoka organske tvari koja dopijeva otpadnim vodama.



Slika 5. Višegodišnja analiza koncentracije heterotrofnih bakterija u Kaštelanskome zaljevu

Picture 5. Lasting several years analysis of concentration of heterotrophic bacteriums in Kaštela bay

U okviru praćenja sanitarne kakvoće Kaštelanskog zaljeva, istraživano je područje uz sjevernu obalu zaljeva (Kaštelanska rivijera), sjevernu obalu Čiova, te posebice Vranjički bazen kao neuralgična točka čitava splitskoga akvatorija. Vranjički bazen prima otpadne voda fekalnoga porijekla sjevernoga sliva grada Splita, te velike količine industrijskih otpadnih voda, što negativno utječe na čitav Kaštelanski zaljev. Vranjički bazen spada u IV. kategoriju mora, a čitavo Kaštelansko priobalje u III. kategoriju mora, što znači da ne zadovoljava kriterije za rekreacijsku namjenu. Područje uz sjevernu obalu Čiova djelomično spada u II. kategoriju mora, kao i Trogirski akvatorij najvećim svojim dijelom, osim područja u neposrednoj blizini grada, koji je III. kategorije. Poseban problem Kaštelanskoga zaljeva predstavlja unesena živa u morski akvatorij, kao sastavni dio ispuštene industrijske otpadne vode.

Prisutnost žive u moru štetno utječe na brzinu primarne proizvodnje u području ispuštanja. Za iznos za koji je smanjena primarna proizvodnja smanjit će se i količina hrane za biljne potrošače, i tako će se jednako smanjiti njihova biomasa i brzina rasta. Ako se živa adsorbira ili absorbira na biljkama, potrošači će biljaka vjerovatno akumulirati određenu količinu žive, što će izazvati određene posljedice na njihov organizam.

Poteškoće s živom ne sastoje se samo u njezinoj ugradnji u morske organizme i prijenos u više trofičke razine. Ulaskom u more, zagađivala doživljavaju niz fizičkih i kemijskih promjena i mogu u moru biti prisutni u različitim kemijskim oblicima. Teški metali u moru mogu biti u otopljenom stanju, u koloidnom obliku i u obliku čestica. Ulaskom u more, živa uglavnom ostaje u elementarnom obliku u sedimentu, i kao takva je neškodljiva.

Pod djelovanjem određenih mikroorganizama može doći do transformacije elementarne ili anorganske žive u vrlo toksičnu metil-živu. U tom obliku živa prelazi u vodeni stupac i postaje lako dostupna morskim organizmima, te se lako uključuje u prehrambeni lanac. Primjenom iste logike moguće je zamisliti koliko puno organizama koji se hrane biljkama, može biti pod utjecajem sličnih mehanizama, i koliko prehrambenih odnosa može konačno raspodijeliti živu do svakoga organizma u moru.

Kontinuiranim praćenjem stanja kvalitete mora Kaštelanskoga zaljeva primjećuje se stalno pogoršanje kao rezultat superpozicije unijetih zagađivala, što ima za posljedicu vidljivo narušenu stabilnost ekosustava.

3. Koncept odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda

Kad se govori o odvodnji i pročišćavanju otpadnih voda s područja oko Kaštelanskoga zaljeva, netočno bi bilo reći da je svrha toga zaštita mora, već pokušaj vraćanja ekosustava u neko prijašnje stanje.

Istočni dio Kaštelanskog zaljeva višestruko je ugroženiji od zapadnoga dijela. Razlog je tome visoka gustoća naseljenosti i koncentracija industrijskih objekata na tom području, te prirodno slabija izmjena morskih masa. Otpadne vode koje zagađuju ovo područje, po svojem su sastavu "složenije". Rezultat su raznih tehnoloških procesa pa sadržavaju masti, mineralna ulja, teške metale i druga zagađivala.

Zapadni dio Kaštelanskoga zaljeva manje je opterećen otpadnom vodom. Rjede je naseljen, ima manji broj industrijskih objekata i prirodno bolju izmjenu morskih masa, a kao rezultat strujanja poradi dominantnih vjetrova i postojanja Trogirskoga kanala.

U fazi je rješavanja koncepta odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda koje gravitiraju zaljevu razmatrano više varijanata. Projektno rješenje prolazilo je nizom razvojnih

faza, od početnim manjih kanalizacijskih sustava s uređajima i ispuštima u Kaštelanski zaljev do konačnoga rješenja.

Kvalitetnom sagledavanju problema odvodnje i dispozicije svakako je doprinijelo kontinuirano praćenje stanja kvalitete mora i mjerenje oceanografskih parametara neophodnih za spoznaju o izmjenama morskih masa, a time i prijemnoj moći akvatorija.

Kaštelanski je zaljev djelomično zatvoren akvatorij. S obzirom na količinu i opterećenje otpadnih voda koje mu gravitiraju kao recipijentu, nesporan je zaključak nesposobnosti njihova prihvaćanja, uzimajući u obzir prosječan stupanj pročišćavanja (mehaničko + biološko). Rezultat je tehničkih i ekonomskih analiza razmatranih rješenja odluka da se sve otpadne vode disponiraju izvan Kaštelanskog zaljeva.

Rješenje odvodnje otpadnih voda područja oko Kaštelanskoga zaljeva obuhvaćeno je kroz dva kanalizacijska sustava: Split - Solin i Kaštela - Trogir. Oba bi kanalizacijska sustava, u konačnome izgledu trebala odvoditi sve otpadne vode izvan akvatorija Kaštelanskoga zaljeva.

Otpadne vode grada Splita koje gravitiraju zaljevu, grada Solina i dijela Kaštela do vododjelnice sustava, sakupljat će se kanalizacijskim sustavom Split - Solin te konačno disponirati u Brački kanal. Ostali, veći dio Kaštela, te Trogir i naselja istočnoga dijela otoka Čiovo, riješit će odvodnju otpadnih voda kanalizacijskim sustavom Kaštela - Trogir čiji je recipijent, na kraju, akvatorij Splitskog kanala.

Zbog veličine kanalizacijskih sustava i složenosti objekata, predviđena je fazna izgradnja. Tako su obrađena i prijelazna rješenja dispozicije otpadnih voda.

3.1. Kanalizacijski sustav Split - Solin

Kanalizacijski sustav Split - Solin podijeljen je u četiri podsustava, od kojih dva sakupljaju otpadne vode potrošača koji gravitiraju Kaštelanskom zaljevu. To su podslivovi Dujmovača i Solin.

Da bi odvodnja navedenih slivova imala svoj smisao, prethodno moraju biti izgrađeni kapitalni objekti kanalizacijskog sustava kao što su centralne crpne stanice "Dujmovača" i "Solin", tlačni cjevovodi i hidrotehnički tunel za transport otpadne vode do uređaja, uređaj za pročišćavanje "Stupe", te podmorski ispust. U tom pogledu, kanalizacijski sustav Split - Solin nema prijelaznoga rješenja. Svi su objekti konačni, a faznost je moguća u ugradnji hidrotehničke opreme, na razini pročišćavanja na uređaju, te na polaganju podmorskoga ispusta.

Hidrotehnički tunel minimalnoga je presjeka potrebna za izgradnju, a kasnije i održavanje objekta. U tunelu će biti položen gravitacijski kolektor te vodovi ostale infrastrukture (vodovod, elektro i ptt instalacije).

Uređaj za pročišćavanje gradit će se fazno. U prvoj fazi predviđa se samo mehaničko pročišćavanje, a zatim biološko, ovisno o spajanju potrošača na uređaj.

Podmorski ispust također je projektiran za faznu izgradnju. Kopneni je dio dužine 1925 m i predviđen je od dva cjevovoda profila 1300 mm. Podmorski dio dužine je 2400 m i bit će izveden s dva paralelna cjevovoda. To omogućuje polaganje samo jedne cijevi u prvoj fazi, što je istodobno i tehnički opravdano jer omogućuje potrebne uvjete tečenja i kod manjih dotoka.

Uređaj za pročišćavanje "Stupe" predviđen je sjeverno od Stobreća i centralni je uređaj kanalizacijskoga sustava Split - Solin. Projektiran je za 600 000 ES. Na slici 6. prikazan je raspored te ucrtane lokacije glavnih objekata podsustava Dujmovača i Solin, te kapitalnih objekata cjelokupnoga sustava Split - Solin.

Izgradnjom podsustava Dujmovača i Solin, a paralelno i navedenih objekata konačne dispozicije sustava, sakupit će se sve otpadne vode potrošača istočnoga dijela Kaštelanskoga zaljeva. Oni su veliki izvor zagađenja, posebno po količini. Sve otpadne vode koje su rezultat tehnoloških procesa u industriji potrebno je prethodno pročititi prije spajanja na kanalizacijski sustav, odnosno kvalitet u tehnoloških otpadnih voda pročišćavanjem dovesti na kvalitet u gradskih otpadnih voda.

Izgradnjom ovoga sustava zaštitit će se i kvaliteta vode rijeke Jadro, koja je recipijent dijela otpadnih voda grada Solina.

3.2. Kanalizacijski sustav Kaštela - Trogir

Velik dio otpadnih voda iz industrijske zone Kaštela pripada slivu kanalizacijskoga sustava Kaštela - Trogir. One su velik izvor zagađenja, kako po količini, tako i po svojem sastavu. To se posebno odnosi na otpadne vode iz tvornica plastičnih masa, željezare i cementara.

Izduženi kanalizacijski sustav Kaštela podijeljen je visinski u dvije zone. Viša zona sakupljat će se gravitacijskim kolektorom u Kaštelanskoj cesti, a niža priobalnim kolektorima. Putem većega broja crpnih stanica, otpadna će se voda dovoditi do crpne stanice "Divulje - Pantan" locirane na zapadnoj obali Kaštelanskog zaljeva. Odatle ju je predviđeno prepumpavati kroz podmorski cjevovod do sjeverne obale Čiova. Zajedno s otpadnim vodama grada Trogira, naselja Vranjica, te potrošača na sjevernoj obali otoka Čiovo, odvodit će se hidrotehničkim tunelom na južnu stranu otoka. Tu je predviđena lokacija uređaja za pročišćavanje. Konačna je dispozicija u Splitski kanal putem podmorskog ispusta s ishodištem u uvali Mavarštica. Na slici 7. prikazan je raspored glavnih objekata sakupljanja i dispozicije sustava Kaštela - Trogir.

Kanalizacijski sustav Kaštela - Trogir vrlo je izdužen, pa zato zahtijeva velik broj crpnih stanica i duge transportne kolektore. On je prsten oko Kaštelanskoga zaljeva.

Da bi se otpadne vode što prije sakupile, pročitile i kontrolirano ispuštale, a sve u cilju što brže intervencije na poboljšanju kvalitete mora, izgradnja je sustava predviđena u više faza.

Prijelaznim rješenjem se sustav dijeli u tri dijela:

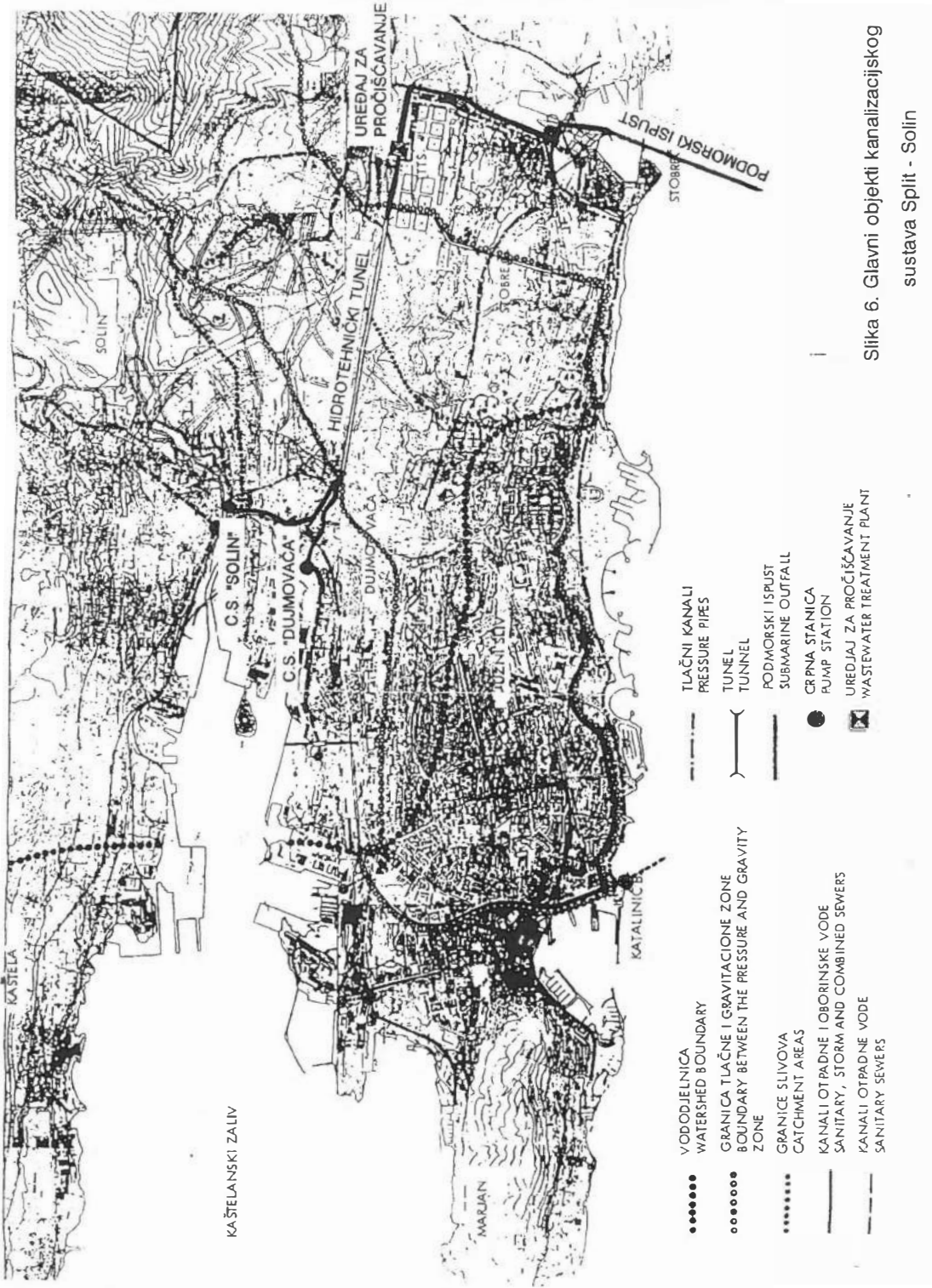
- sustav središnjega dijela Kaštela od vododjelnice sa sustavom Split - Solin do Kaštel Starog
- sustav zapadnoga dijela Kaštela
- sustav Trogira i otoka Čiovo.

Otpadne vode prvih dvaju sustava ispuštat će se u Kaštelanski zaljev. Kanalizacijski sustav Trogira i Čiova, u prijelaznim fazama, završava uređajem na rtu Čubrijan, te ispustom u uvalu Saldun. Na slikama 8. i 9. prikazana su navedena prijelazna rješenja.

Tim sustavima prihvatit će se i predmetnim ispustima ispuštati u Kaštelanski i Trogirski zaljev samo one količine vode koje navedeni akvatoriji mogu prihvatiti uz prethodna pročišćavanja, uz uvjet održavanja normalnoga života morskog ekosustava.

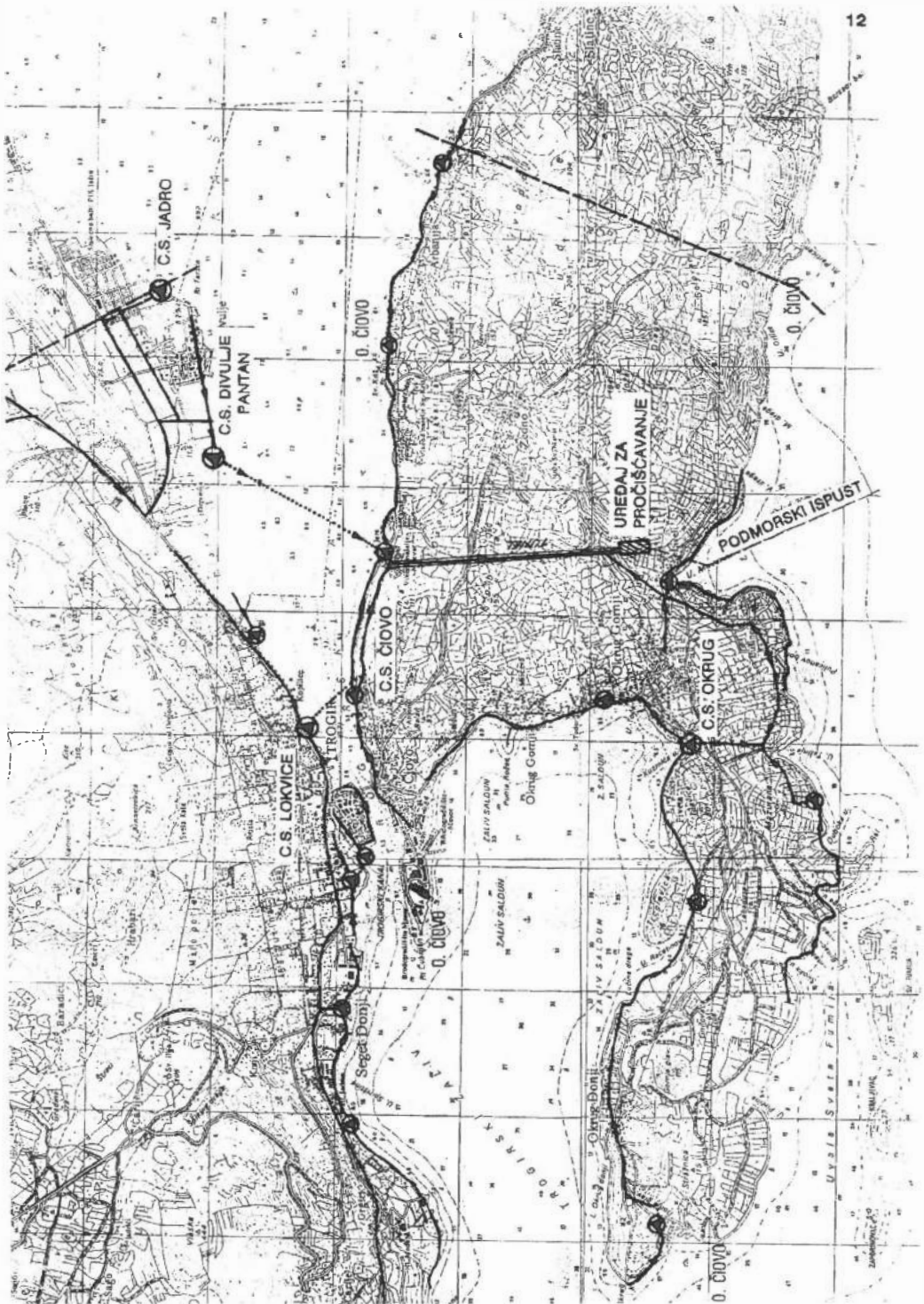
Ovisno o količinama i kvaliteti otpadnih voda koje će se prihvaćati, te posebno financijskim mogućnostima, poželjno je što brže objediniti sva tri sustava u konačno rješenje i tako sve otpadne vode potrošača Kaštelanskoga zaljeva ispuštati izvan njegovoga akvatorija.

Na taj bi način kanalizacijski sustavi u potpunosti ispunili svoju ulogu zaštite mora Kaštelanskoga zaljeva kao i širega akvatorija oko grada Splita.

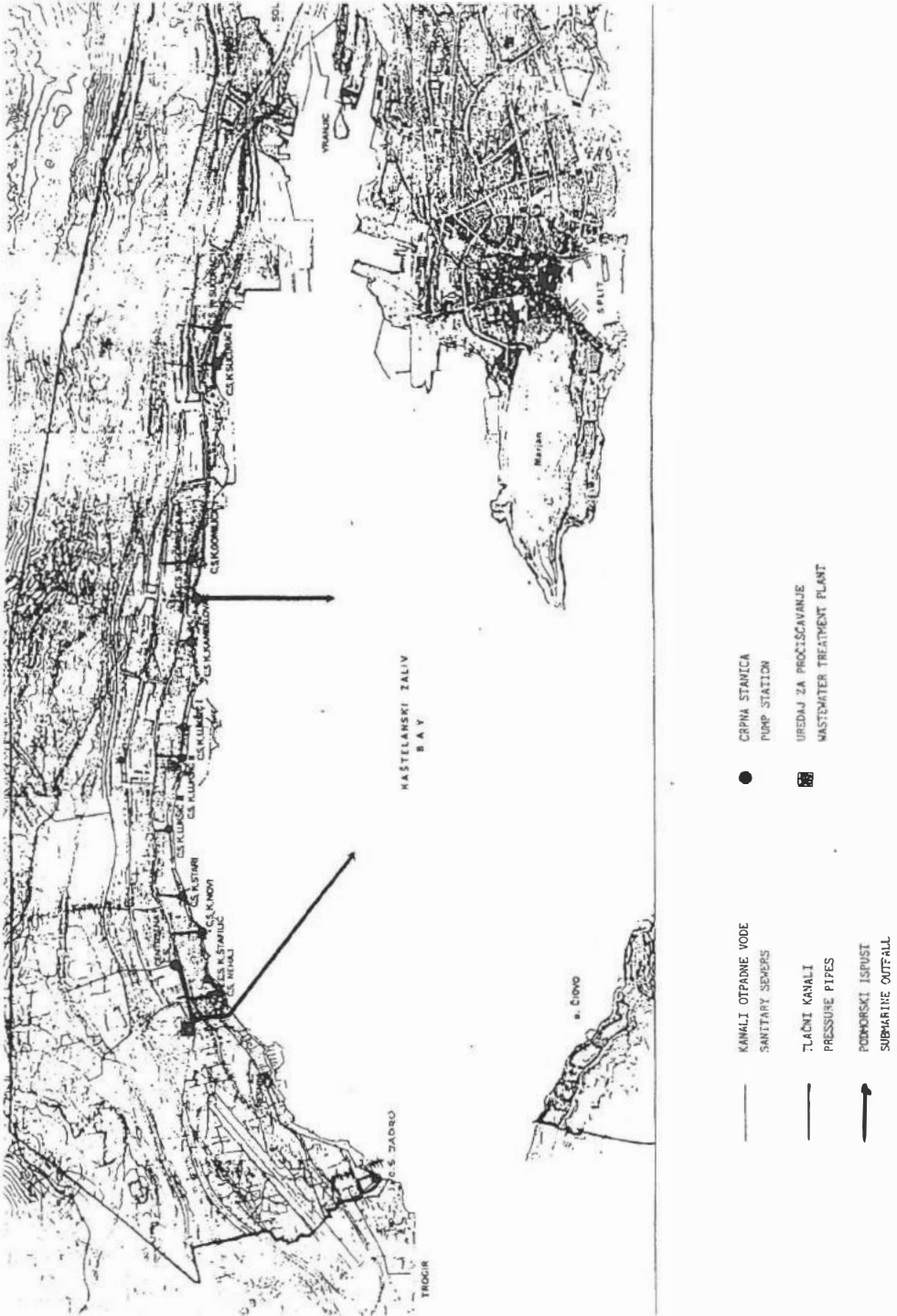


Slika 6. Glavni objekti kanalizacijskoga sustava split-solin
 Picture 6. Capital objects of sewage system Kaštela - Trogir

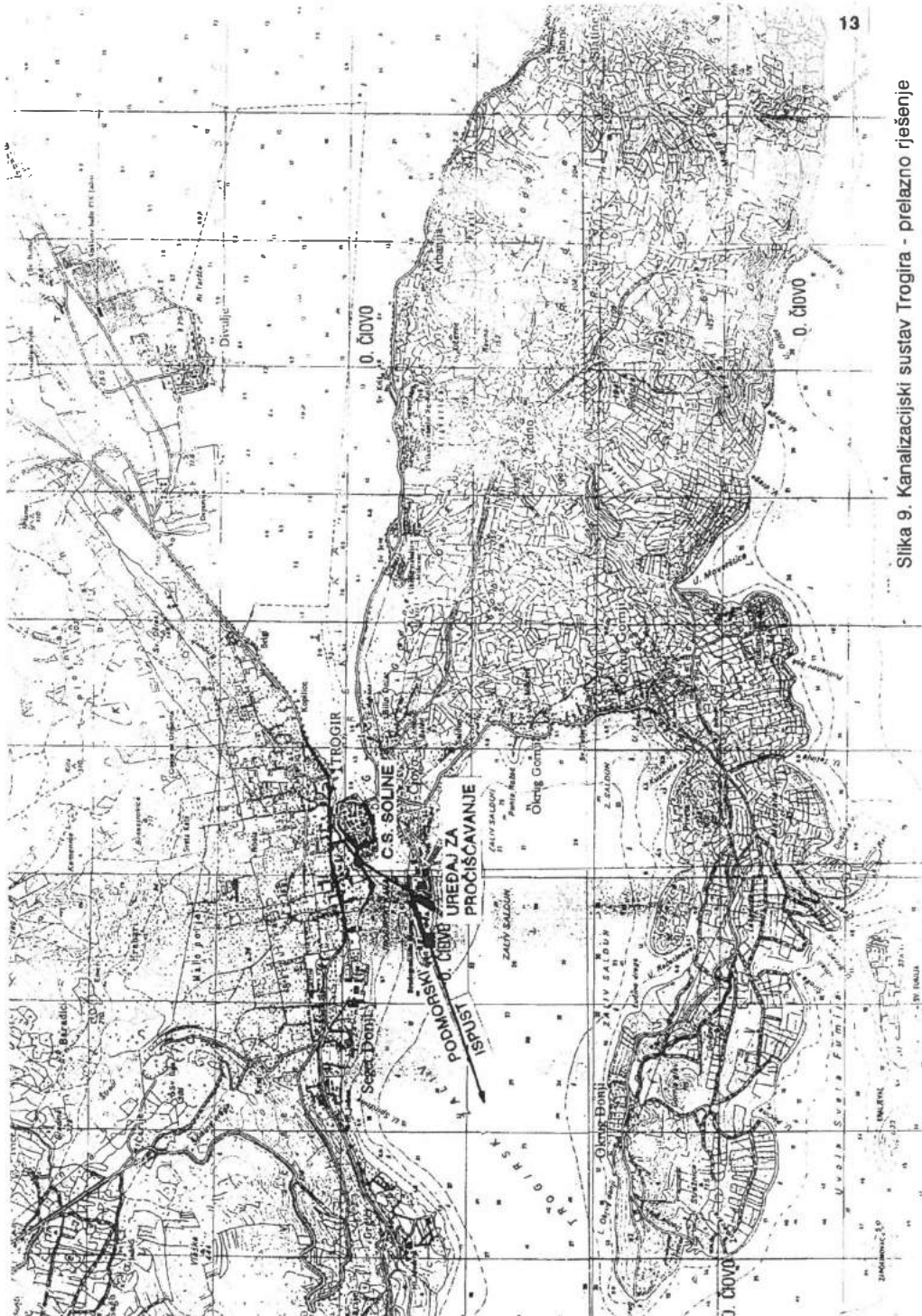
Slika 6. Glavni objekti kanalizacijskog sustava Split - Solin



Slika 7. Glavni objekti kanalizacijskog sustava Kaštela-Trogir – konačno rješenje
 Picture 7. Capital objects of sewerage system Kaštela - Trogir



Slika 8. Kanalizacijski sustav Kaštela-Trogir – prijelazno rješenje
 Picture 8. Sewage system Kaštela - temporarily decision



Slika 9. Kanalizacijski sustav Trogira - prelazno rješenje

Slika 9. Kanalizacijski sustav Trogira – prijelazno rješenje
 Picture 9. Sewage system Trogir - temporarily decision

4. Zaključak

Navedenim pregledom rezultata praćenja kvalitete mora Kaštelanskoga zaljeva željelo se prikazati alarmantno stanje ekosustava tog akvatorija. Zadnji je čas da se pristupi provođenju akcija koje imaju za cilj vraćanje ekosustava u prijašnje normalnije stanje.

Prikaz koncepta rješenja sakupljanja, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda dokaz je da je znanost dala rješenje, a ostaje vjera u volju ljudi da ga se provede te nada da će priroda, nakon ovoga dužega perioda, još željeti surađivati.

Svakako su financijske mogućnosti najpresudnije u dinamici izgradnje navedenih sustava. Prema izrađenoj projektnoj dokumentaciji, za cijeli je kanalizacijski sustav Split - Solin potrebno 140.000.000 DEM, od čega za glavne objekte koji su neophodni za pročišćavanje i dispoziciju otpadnih voda podslivova Dujmovača i Solin potrebno je cca 60.000.000 DEM. Za izgradnju konačne faze sustava Kaštela - Trogir potrebno je pribaviti cca 70.000.000 DEM.

Očito je potrebna pomoć šire zajednice u iznalaženju kredita, bilo domaćih ili stranih institucija, da bi se ovaj program realizirao što prije.

Literatura

1. "Stanje mora na području dalmatinskog sliva za potrebe nacionalnog izvještaja", Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, siječanj 1995. godine
2. "Integralni ekološki projekt Split, Solin, Kaštela, Trogir, Sinj i Omiš - Kanalizacijski sustavi Split - Solin i Kaštela - Trogir", Fakultet građevinskih znanosti u Splitu Split, ožujak 1991. godine.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Gorana Lipnjak

R 1-15

Voda i otpadna voda elektroničke industrije

SAŽETAK: *Elektronička industrija izuzetno se brzo razvija i u svojem se razvoju sve više vezuje uz kemijske procese i kemijske tehnologije. Na primjer, proizvodnja tiskane ploče, osnovnog elementa elektroničkih sustava zahtijeva čitav niz kemijskih i elektrokemijskih obrada. Elektrokemijska depozicija za nanos metalnih prevlaka zlata, bakra, cinka, nikla, kositra, ... koristi se također u elektroničkoj industriji pri obradi metalnih predmeta za različite namjene. Svi ti procesi trebaju velike količine vode i tretman otpadnih voda. Osim toga, novi zakoni u vezi sa zaštitom okoliša obvezuju da se izbacuje klorfluorogljikovodik iz procesa odmašćivanja, iz pojedinih procesa izrade tiskanih ploča te pri čišćenju elektroničkih sklopova nakon lemljenja. To uvjetuje korištenje alternativnih postupaka na bazi vode, pa tako stvara dodatne zahtjeve za većom potrošnjom vode, a time i za njezinim tretmanom.*

U radu su prikazani pregled korištenja voda u elektroničkoj industriji te neke od smjernica u tretmanima otpadnih voda, koje omogućuju racionalizaciju kako u ekološkom tako i u ekonomskom, smislu.

KLJUČNE RIJEČI: *elektronička industrija, voda, otpadna voda, filtracija, tretman otpadnih voda, ispiranje*

Electronic Industry Process and Waste Water

ABSTRACT: *The electronic industry development is fast and increasingly connected with the chemical processes and technologies. For example, production of the PCB, the basic element of an electronic system, requests a line of chemical and electrochemical treatments. The electrochemical plating with gold, copper, zinc, nickel, tin ... is also used in a number of treatment procedures on metal items for various purposes. All these processes request large amounts of water and subsequent waste water treatment. Additionally, the new environmental protection regulations stipulate elimination of chlorine-fluor-hydrocarbons from the degreasing process, from some PCB production processes and from electronic assembly cleaning after soldering. This asks for alternative water-based processes, the water consumption increases causing increased requirements for its treatment.*

The paper gives a review of water utilization in the electronic industry and gives some guidelines for the waste water treatment which request rationalization both in environmental and economical sense.

KEY WORDS: *electronic industry, process water, waste water, filtration, waste water treatment, flushing*

1. Uvod

Korištenje voda, kao i tretman otpadnih voda, osnovni su elementi gotovo svake industrijske grane. Zahtjevi za sve većom minijaturizacijom u elektroničkoj industriji uvjetuju korištenje novih tehnologija, koje su bazirane u velikoj mjeri na kemijskim procesima, kemijskim tehnologijama i tehnikama. Tako je i elektronička industrija prisiljena da sve više vodi brigu o vodama, otpadnim vodama i neželjenim ostacima nakon tretmana otpadnih voda.

2. Pregled korištenja voda u elektroničkoj industriji

Osnovne lokacije korištenja otpadnih voda u elektroničkoj industriji su elektrolitski procesi pri nanosu metalnih prevlaka nikla, zlata bakra, srebra, kositra, kositar-olovo legure, cinka, željeza s pripadajućim predobradama, te procesi izrade tiskanih ploča kod kojih 80% procesa upotrebljava vodu i "proizvodi" otpadnu vodu.

2.1 Vodovodna voda

Za tehničku namjenu vodovodna voda koristi se, ako zadovoljava propisane zahtjeve, u sljedećim slučajevima:

2.1.1.1 za pripremu radnih otopina

2.1.1.2 za procese ispiranja

2.1.1.3 za procese hlađenja

2.1.1.4 za ostale tehničke namjene

Zahtjevi za svojstvima vodovodne vode (1) za potrebe pod 2.1.1.1 i 2.1.1.2 su:

Tvrdoća < 5° dH (Ca 36 mg/l)

Klorid < 20 m

Vodljivost < 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$

S obzirom na to da je tvrdoća zagrebačke vode 20-21⁰ dH, ne može se u većini slučajeva upotrijebiti direktno za te namjene, nego se prethodno mora omekšati.

2.1.2 za ostale namjene

2.2 Destilirana (deionizirana) voda

Destilirana voda se koristi:

2.2.1 za potrebe kemijskih analiza

2.2.2 za pripremu radnih otopina (gdje se traže posebni zahtjevi)

2.2.3 za potrebe ispiranja (gdje se traže posebni zahtjevi)

2.3 Voda iz kružnoga toka

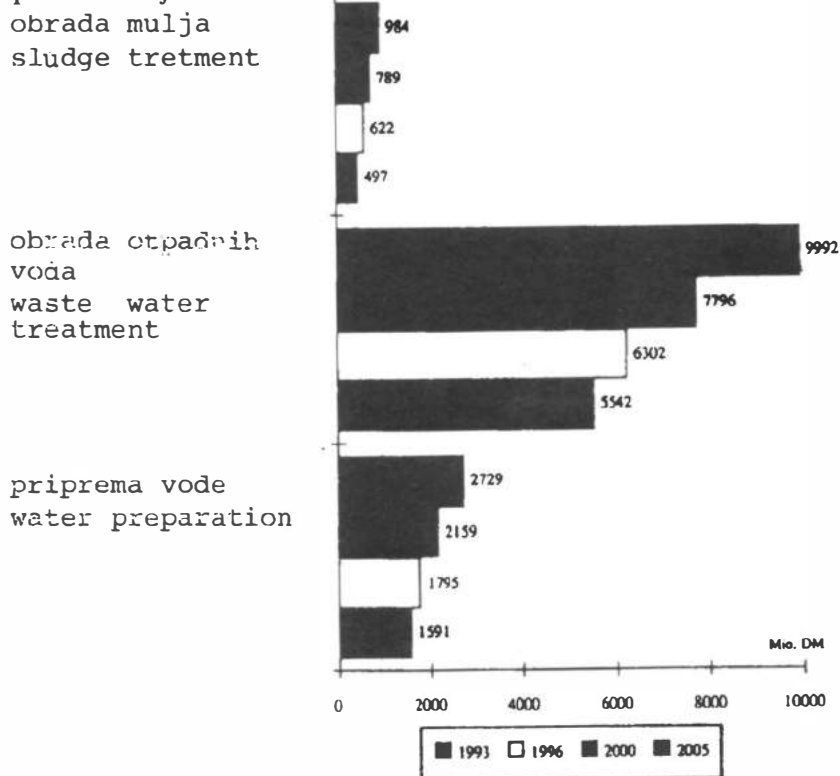
Često se i u elektroničkoj industriji, u procesima elektrokemijske obrade metala ili u procesima izrade tiskanih ploča, gdje se očekuju veliki potrošci vode, primjenjuje kružni tok, pri čemu se voda nakon korištenja i pročišćavanja ponovno vraća u proces.

3. Montrealski protokol i dodatno korištenje voda

Nakon spoznaja o utjecaju pojedinih kemijskih spojeva na ozonski omotač našega planeta, Montrealskim protokolom iz 1987. godine Ujedinjeni narodi stavili su pod kontrolu svjetsku potrošnju nekih, za ozonski sloj, potencijalno opasnih spojeva. Sporazumom nametnuta ograničenja ubrzo su procijenjena nedovoljnim, pa je već 1990. g. u Londonu dogovoren nagliji pad potrošnje spojeva CFC (klorfluorugljikovodika), a revizijom su obuhvaćeni i neki drugi spojevi, npr. 1,1,1 trikloretan i tetraklorougljik. U svezi s tim, svjetska je industrija poduzela niz istraživanja i započela razvoj odgovarajućih materijala i procesa za zamjenu tih spojeva. Zamjenska sredstva su uglavnom na bazi vode, pa se zbog toga korištenje vode povećava, tim prije što je upotreba tzv. ODPS spojeva (ozon depleting potential substances) u elektroničkoj industriji izrazita i to u procesima čišćenja elektroničkih sklopova nakon lemljenja, kod proizvodnje tiskanih ploča te u procesima odmašćivanja (2).

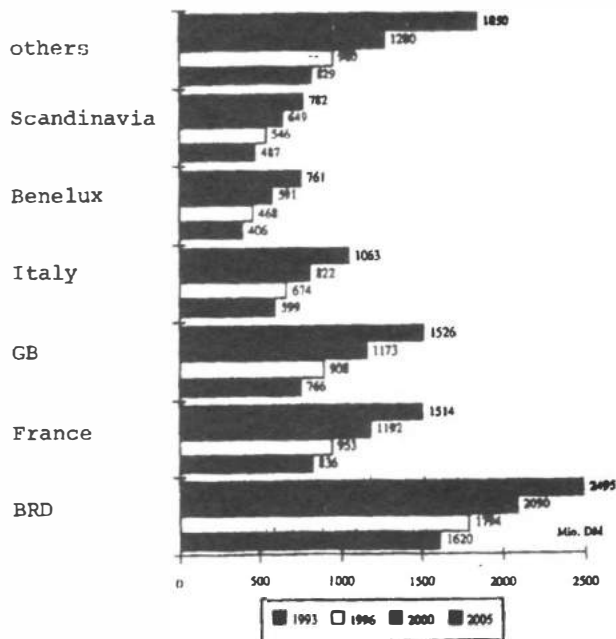
4. Tržište industrijske obrade voda, otpadnih voda i mulja u zapadnoj Europi

Analiza tržišta za industrijsku obradu voda, otpadnih voda te obradu mulja izrađena je 1994. g., a obuhvaća razdoblje od 1993. g. do 2005. g. (3). Detaljnije analize će pokazati koliki dio tržišta otpada na elektroničku industriju, međutim, može se pretpostaviti da će trend ulaganja elektroničke industrije odgovarati trendu ulaganja cjelokupne industrije.

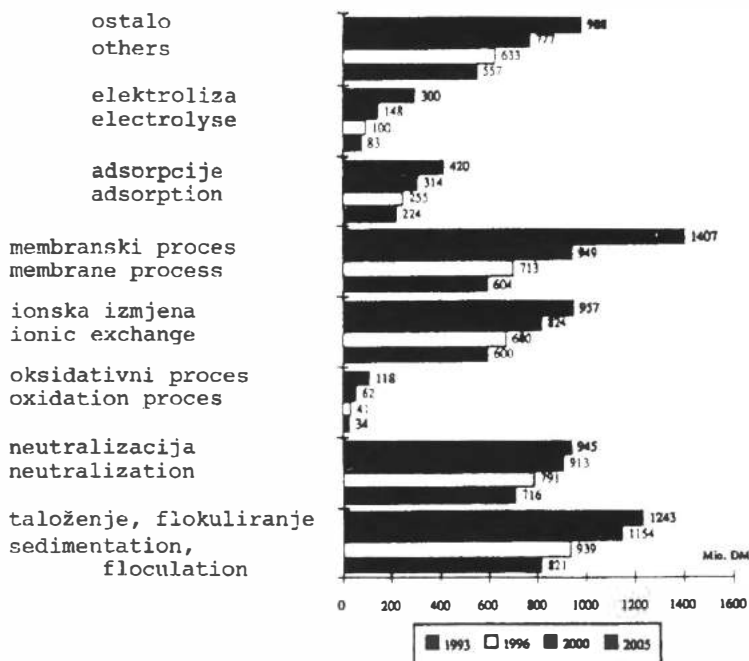


Slika 1. Tržište vode, otpadnih voda i mulja (investicije) za zapadnu Europu
Figure 1. Market of water, waste water and sludge (investments) for Western Europe

Investicijsko ulaganje industrije u uređaje za obradu voda, otpadnih voda i mulja u zapadnoj Europi iznosile su 7,6 mlrd. DM u 1993. g., a predviđa se da će se popeti na 13,7 mlrd. do 2005. g. Prikaz tržišta po europskim zemljama vidljiv je iz slike 2.



Slika 2. Tržište za vode, otpadne vode i mulj (investicije) po zemljama
Figure 2 Market of water, waste water and sludge (investments) per countries



Slika 3. Tržište fizičko-kemijskih postupaka za industrijsku obradu otpadnih voda
Figure 3. Market of physical-chemical methods for industrial waste water treatments

Kod obrade otpadnih voda koriste se mnogi fizičko-kemijski postupci. Njihovo tržište za razdoblje od 1993. g. do 2005. g. prikazano je na slici 3.

5. Otpadne vode elektroničke industrije

5.1 Poduzeće "Nikola Tesla" - proizvođač telekomunikacijske opreme

S obzirom na to da potrošak vode u "Nikoli Tesli" iznosi više od 1000 m³ na dan, prema zahtjevima iz Vodoprivredne dozvole, potrebno je određene parametre u otpadnim vodama (tablica 1.) kontrolirati četiri puta godišnje u vanjskom ovlaštenom laboratoriju (4).

Tablica 1. Parametri za kontrolu otpadnih voda

Table 1. Parameters for control of waste water

PARAMETRI PARAMETERS	DOZVOLJENE VRIJEDNOSTI PERMITTED VALUES
pH vrijednost (pH)	5.5 - 9.5
temperatura vode, (water temperature)	< 45 C°
taložive tvari, (decantable matter)	< 20 ml/l
ukupna ulja i masti, (oils and fats (total))	< 100 mg/l
mineralna ulja, (mineral oils)	< 30 mg/l
krom (četverovalentni), (chromium (IV))	< 0,2 mg/l
krom (trovalentni), (chromium (III))	< 2 mg/l
bakar, (copper)	< 2 mg/l
cink (zinc)	< 2 mg/l
cijanidi, (cyanides)	< 0,5 mg/l
nikal, (nickel)	< 3 mg/l
željezo, (iron)	< 15 mg/l
kositar, (tin)	< 2 mg/l
deterdženti anioniski i neionski, (anionic and nonionic detergents)	< 10 mg/l
halogenirani ugljikovodici, (halogenated hydrocarbons)	< 0,1 mg/l

Obaveza "Nikole Tesle" je također jednom tjedno u vlastitom ovlaštenom laboratoriju kontrolirati sljedeće parametre: Cr^{6+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , CN^- , SO_4^{2-} i pH.

U tablici 2. prikazani su rezultati analiza otpadnih voda za IV. kvartal (1).

Tablica 2. Rezultati ispitivanja otpadne vode u IV. kvartalu 1994. g.

Table 2. Waste water testing results in 4th quarter of 1994.

DATUM UZORKOVANJA DATE OF SAMPLING	mg/l					
	Cr^{6+}	Cr^{3+}	Zn^{2+}	CN^-	SO_4^{2-}	pH
05.10.1994.	0,00	0,22	0,88	0,20	127	7,9
13.10.1994.	0,00	0,10	0,13	0,05	115	8,2
19.10.1994.	0,00	0,00	0,05	0,05	68	7,9
26.10.1994.	0,00	0,07	0,75	0,20	75	8,5
02.11.1994.	0,00	0,06	0,21	0,08	120	8,2
09.11.1994.	0,00	0,20	1,30	0,03	143	7,9
16.11.1994.	0,00	0,13	0,75	0,03	126	8,7
23.11.1994.	0,00	0,00	1,15	0,26	136	7,2
30.11.1994.	0,00	0,02	0,46	0,18	113	7,9
07.12.1994.	0,00	0,03	0,95	0,25	132	8,2
14.12.1994.	0,00	0,00	0,48	0,11	105	7,5
21.12.1994.	0,00	0,12	1,68	0,24	143	7,9
28.12.1994.	0,07	0,20	1,04	0,20	123	8,4
DOZVOLJENE VRIJEDNOSTI PERMITTED VALUES	max 0,2	max 2	max 2	max 0,5	(200)	5,5-9,5

5.2 Tvrtnka ERICSSON (Švedska) - proizvođač telekomunikacijske opreme

Tvrtnka Ericsson posjeduje nekoliko tvornica u Švedskoj. Potrošak vode u tim tvornicama za 1993. g. i 1994. g. prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Potrošak vode u Ericsson tvornicama**Table 3.** Consumption of water at Ericsson companies

Ericsson tvornica Ericsson company	Potrošak vode (m ³) Consumption of water	
	1993.	1994.
EBC	32.300	17.800
ECA	46.200	40.300
ECS	46.400	44.600
EKA	143.200	174.500
ERA	119.600	163.300
ERE	62.100	57.900
ETX	547.500	581.500
EUA	14.700	15.000
ukupno total	1.012.000	1.094.900

Koliko je otpuštanje teških metala u vodu prikazano je u tablici 4 na primjeru Ericssonovih tvornica.

Tablica 4. Otpuštanje teških metala u vodu iz Ericssonovih tvornica**Table 4.** Emission to water of heavy metals at Ericsson companies

Ericsson tvornice Ericsson - companies	Otpuštanje u vodu / Emission to water (kg)													
	Krom Chromium		Bakar Copper		Olovo Lead		Nikal Nickel		Kositar Tin		Cink Zink		Ukupno Total	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
ECS	0	0	0,4	0,3	0	0	0	0	1,8	1,4	0	0	2,2	1,7
EKA	0	0	1,9	1,0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	1,9	1,1
ERA	0	0	4,6	8,5	1,5	2,7	1,0	1,4	0,1	0,2	0	0	7,2	12,8
ERE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETX	20,3	23,9	92,2	48,4	1,7	1,2	53,8	53,8	53,3	8,4	57,9	17,0	279,2	152,8
UKUPNO TOTAL	20,3	23,9	99,1	58,2	3,2	3,9	54,8	55,2	55,2	10,1	57,9	17,0	290,5	168,3

6. Neke novosti u tretmanima otpadnih voda u elektroničkoj industriji

6.1 Korištenje membrana u praksi

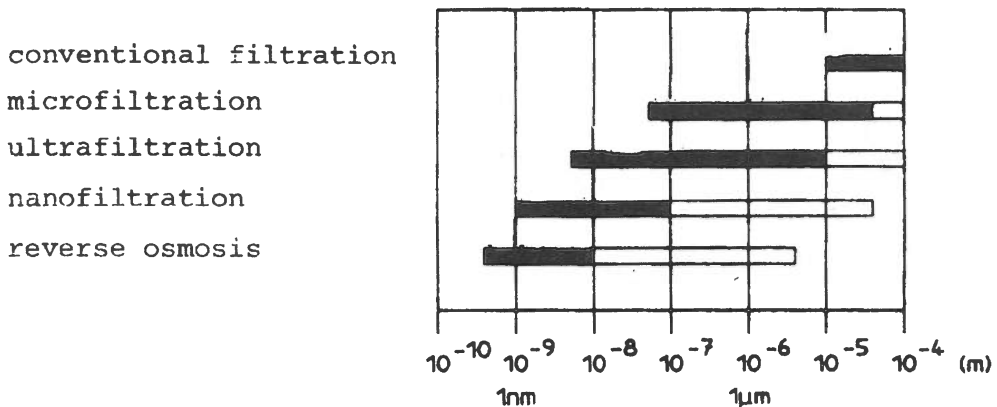
Primjena "membranskih" tehnologija započela je 70-ih godina, međutim daljnjim iznalazenjem novih materijala, modula, te odabirom optimalnih kombinacija različitih membranskih postupaka, ta tehnologija dobiva sve veće značenje pri postupcima tretiranja otpadnih voda. Pomoću modernih uređaja, koji se koriste membranom, može se postići sljedeće: (6,7,8)

- odvajanje tvari iz otpadnih voda
- frakcijsko odvajanje tvari iz otpadnih voda
- koncentriranje tvari u otpadnim vodama
- povratno dobivanje tvari iz otpadnih voda
- desalinacija otpadnih voda

Ti ciljevi postižu se primjenom sljedećih membranskih postupaka, odnosno njihovim kombinacijama:

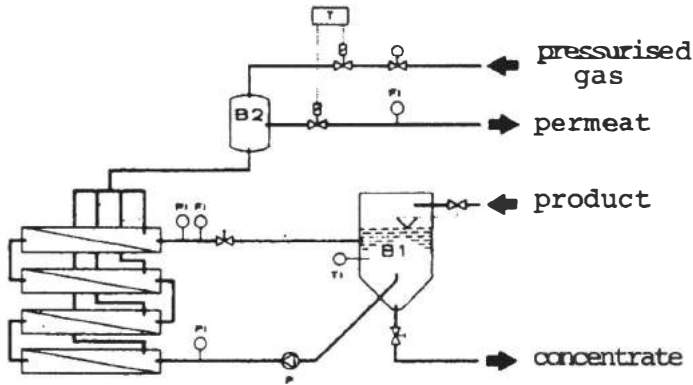
- mikrofiltracijom
- ultrafiltracijom
- nanofiltracijom
- hiperfiltracijom (povratna osmoza)
- difuzionom dijalizom
- elektrodijalizom

Daljnja ispitivanja usmjerena su na postupke elektrodijalitičke regeneracije ionskih izmjenjivača i tehnike bipolarnih membrana. Na slici 5. prikazana su optimalna radna područja navedenih membrana kao funkcije promjera čestica.



Slika 4. Područje primjene membranskih postupaka

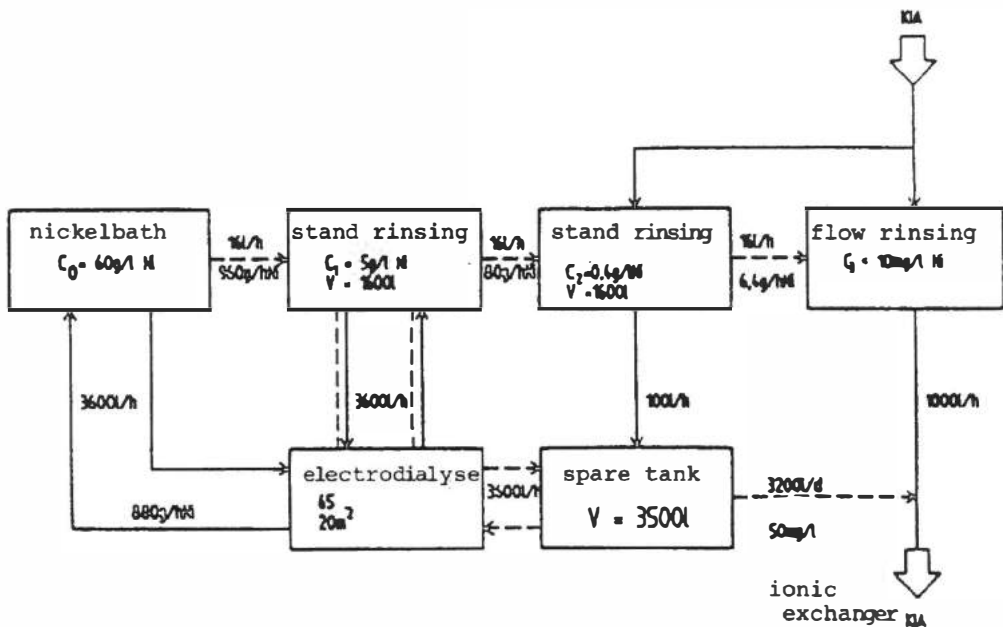
Figure 4. Membrane process ranges



Slika 5. Proces crossflow - mikrofiltracije
Figure 5. Crossflow-microfiltration process

Jedna od modernih metoda mikrofiltracije tzv. CROSSFLOW - mikrofiltracija koristi se sve više za obradu tehnika sa suspendiranim i emulgirajućim tvarima. Za odvajanje se tekućina pumpa kroz cjevastu membranu, pri čemu se odvajaju nepoželjne čestice. Shematski prikaz procesa crossflow-mikrofiltracije prikazan je na slici 5.

Elektrodijaliza je postupak koji se koristi za vraćanje određenog metala u proces. Shematski prikaz povratnog dobivanja nikla prikazan je na slici 6.



Slika 6. Povratno dobivanje nikla pomoću elektrodijalize
Figure 6. Reusing of copper by electro dialysis

6.2 Doziranje sredstava za flokuliranje

Za efikasnije uklanjanje krutih čestica u uređajima za tretiranje otpadnih voda, u pravilu se dodaje sredstvo za flokuliranje. Međutim, budući da je stvarna potreba za tom kemikalijom ovisna o trajno promjenljivoj količini krutih čestica, te a njihovom naboju, rijetko se postiže optimalno doziranje.

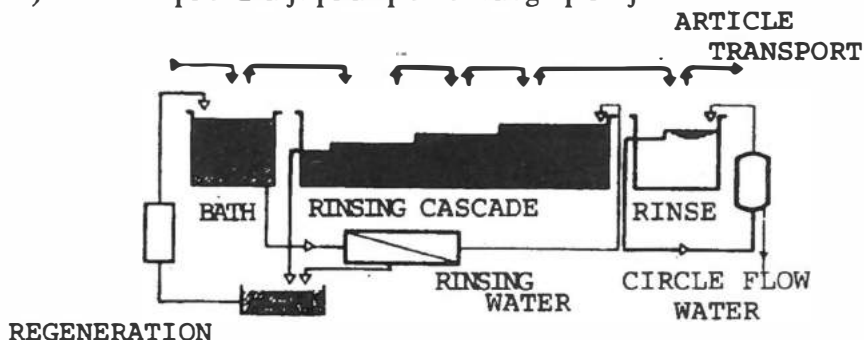
SCD (Streaming Current Detector) je uređaj koji kontinuirano (on-line) mjeri naboj čestica. Dobivenu struju 4-20 mA koristi kao signal za pokretanje pumpe. Na taj način količina doziranog sredstva za flokuliranje je uvjetovana nabojem krutih čestica. Prednosti toga uređaja su sigurno upravljanje procesom, i kod jako opterećenih otpadnih voda, te značajno reduciranje kemikalija (9).

6.3 Reduciranje otpadnih voda isparavanjem

Sve stroži zakonski zahtjevi za obradom otpadnih voda uzrokuju sve veće primjene procesa recikliranja, za što se preporučuje koncentriranje sadržanih tvari, što se postiže i procesom isparavanja. Dugo vremena, najveći nedostatak tog postupka bila je dodatna potrošnja energije. Međutim, u međuvremenu su se pojavili dodatni zahtjevi tretiranjem otpadnih voda, pa taj nedostatak nije više toliko izražen, tim prije što danas na tržištu postoje sustavi za isparavanje sa malim kompaktnim jedinicama, koje, uz relativno mali utrošak energije, daju dobre rezultate.

6.4 Optimalizacija tehnike ispiranja

Pri postupcima reduciranja štetnih otpadnih tvari u otpadnim vodama bitno je postići optimalizaciju tehnike ispiranja. U tom području obavljaju se kontinuirano istraživanja. Modifikacije baznih ispirnih tehnika dale su nove tipove kaskadnog ispiranja, štednog ispiranja, kombinacija s kružnim tokovima, tzv. pretkaskadama i sl. (11). Sve nove pozitivne spoznaje ugrađuju se u konstrukcije novih galvanskih automatskih linija (12). Na slici 7 prikazan je princip kaskadnog ispiranja.



Slika 7. Proces kaskadnog ispiranja

Figure 7. Rinsing cascade process

7. Zaključak

Priprema vode za pojedine procese te tretman otpadnih voda dobivaju danas sve veće značenje. Elektronička industrija, kako zbog sve pristunije minijaturizacije koja uvjetuje korištenje kemijskih procesa, tako i zbog obaveznog izbacivanja halogeniranih ugljikovodika iz dosadašnjih procesa, prisiljena je ulagati u znanje i nove tehnologije za korištenje vode te tretiranje otpadnih voda.

Literatura

1. Interna dokumentacija poduzeća "Nikola Tesla
2. Lipnjak, G. Hadžić, V., Elektronička industrija/zaštita okoliša - alternativna sredstva za klorirane ugljikovodike, Zbornik - Produktna tehnika in podjetništvo v kemični in procesnih industrijah, Maribor, 1994.
3. Kaiser, H., Der Markt für industrielle Wasser-Abwasser - und Schlammbehandlung in Westeuropa, Galvanotechnik, 86, No. 1, p. 189.-193., 1995.
4. Vodoprivredna dozvola za poduzeće "Nikola Tesla"
5. Svensson, J., Environmental keg figures for 1993, LME-report, 1994.
6. Obering, V., Mosquardt, K., Membranverfahren in der Praxis, Galvanotechnik, 84., No. 3, 1993.
7. Czeska, B., Geschlossene Systeme in der Praxis, Galvanotechnik 85., No. 8, 1994.
8. Breidenbach, H., Wasser und Abwasser in der Galvanotechnik, Galvanotechnik, 85., No. 8, p. 2651.-2653., 1994.
9. Stauerung der Flockungsmitteldosierung in Abwasseranlagen, Galvanotechnik, 84., no. 2, p. 554, 1993.
10. Abwasserreduzierung durch Verdampfen, Galvanotechnik, 84. No. 2, p. 556, 1993.
11. Winkler, L., Spülen - Qualitätssicherung und Umweltschutz, Galvanotechnik, 85., No. 11, p. 3752-3759, 1994.
12. Wolfer, K., Anpassung vorkandener Anlagen on neue Forderungen, Galvanotechnik, 85, No. 11, p. 3760-3763, 1994.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Čiček

R 1-16

Kriteriji kvalitete rekreacijskih voda

SAŽETAK: *Daje se kratki prikaz kriterija kvalitete voda za kupanje u svjetlu nove Direktive Europske Unije, te Uputstava Svjetske zdravstvene organizacije za rekreacijske vode.*

Raspravlja se o nekim neusklađenostima i dilemama.

Daju se prijedlozi za uključivanje tih novih kriterija i u našu regulativu rekreacijskih voda i voda za kupanje a što je i jedan od uvjeta za daljnji propulzivni razvoj turizma u nas

KLJUČNE RIJEČI: *kriteriji kvalitete voda za kupanje, kriteriji kvalitete za rekreacijske vode*

Recreational Water Quality Criteria

ABSTRACT: *A brief review is given of the swimming water quality criteria with respect to the new European Union Directive and the Guidelines of the WHO for the recreational waters.*

Some discords and dilemmas are discussed.

The proposals are given for inclusion of these new criteria into our recreational and swimming water regulations, which is one of preconditions for propulsive development of the Croatian tourism.

KEY WORDS: *swimming water quality criteria, recreational water quality criteria*

Uvod

Još u antičko doba praotac medicine, grčki liječnik Hipokrat, u svojem epohalnomu djelu prvijenca medicinske ekologije »O vodi, tlu i zraku« upozorava mladoga liječnika koji prvi put dolazi u njemu do tada nepoznat kraj na koje sve čimbenike iz okoline mora obratiti pažnju kako bi mogao zaključivati od kojih će bolesti pučanstvo oboljevati i kakove preventivne mjere treba poduzeti. Nije čudo što je na prvo mjesto stavi vodu kao jedan od tri esencijalna medija okoline. Do spoznaja da podrijetlo i vrsta vode ili pak njena onečišćenja mogu imati akutni utjecaj na ugrožavanje zdravlja »da li je spora i močvarna ili je planinska bistra brzog toka«, Hipokrat je došao spekulacijom i dedukcijom.

Suvremena znanost obogaćena brojnim analitičkim metodama nastojala je utvrditi tvari koje su prisutne u vodi, a koje mogu ugroziti zdravlje, bilo da se one koriste kao živežne namirnice, bilo za rekreaciju i kupanje.

Prije otkrića mikrobioloških organizama u vrlo kasnom 19. stoljeću, indikatori kvalitete voda općenito su određivani prema vizualnim i kemijskim značajkama kao što su mutnoća, kloridi i prisutnost dušičnih spojeva. Uporaba tih parametara kao indikatora bazirana je temeljem pretpostavke da je njihovo prisustvo u vodi nenormalno i indicira prisutnost ljudskog otpada. Odsutnost pak vidljivoga sloja ulja, detritusa, taloga i ostalih tvari proisteklih zbog ljudskih aktivnosti, danas su zahtjevi za estetsku prihvatljivost.

Otkrićem mikrobioloških organizama kao uzročnika kužnih bolesti u hrani, vodi i predmetima opće uporabe, označilo je revoluciju u suzbijanju hidričnih epidemija i ugrožavanja zdravlja zbog kupanja i rekreacije na vodi. Stoga su se mikrobi započeli koristiti kao indikatori negativnoga ljudskoga utjecaja na kvalitetu vode (kontaminacija ekskretina, kanalizacijom - otpadnim vodama itd.).

Svjetska zdravstvena organizacija utvrdila je sljedeće indikatore mogućih učinaka na zdravlje iz vode, a to su: mikrobn - mikrobiološki, kemijski ili fizikalni agensi i tvari ili kvalitete koji su potencijalni rizik od zaraznih bolesti koje koincidiraju sa uporabom akvatičke okoline za rekreaciju ili proizvodnju hrane (8). Najbolji su indikatori oni koji pokazuju najviši stupanj povezanosti sa učincima na zdravlje. Oni se ponekad baziraju na spoznajama iz epidemioloških studija.

Svrha i cilj rada

Radom se želi upozoriti na najnovije pristupe i prijedloge rješenja novih standarda kvalitete rekreacijskih voda u svjetlu nove Direktive Europske Unije o kvaliteti voda za kupanje (ožujak 1994.), a koje će stupiti na snagu 1995. godine. Kako Republika Hrvatska u svojoj strategiji razvoja jedno od tržišta daje na daljnji strateški i propulzivni razvoj turizma, razumljivo je da je nužno i u nas uvesti standarde i parametre kvalitete rekreacijskih voda kao jednoga od bitnih elemenata u turizmu to se želi s njima upoznati i senzitivirati i našu stručnu javnost i donosioce odluka, kako bi se i u nas mogli ti isti standardi primijeniti.

Istodobno se upozorava na pristupe i rješenja koncepta novih uputa Svjetske zdravstvene organizacije za rekreacijske vode i kvalitetu plaža za kupanje kao na značajnu pomoć u definiranju nacionalnih i lokalnih standarda.

Metode rada

Koriste se metode raščlambe, komparacije, dedukcije i sinteze.

Opis problema

Prijedlog je Komisiji za Direktivu Savjeta Europske Unije u svezi s kvalitetom voda za kupanje predan 29. ožujka 1994. godine - Official Journal of the European Communities (94/C 112/03). (1,2,3,4)

Osnova je ovoga prijedloga akta prijašnja Direktiva 76/160/EEC od 8. prosinca 1975. godine o kvaliteti voda za kupanje, zadnji Amandman 91/692/EEC. (1,2,3,4)

Osnovni principi su sljedeći:

U interesu zaštite okoline i zaštite javnoga zdravlja, nužno je reducirati zagađenje voda za kupanje i zaštititi takve vode od daljnjeg uništavanja.

Kvaliteta voda za kupanje značajan je dohodak u turizmu u europskoj Uniji, a značajna je u uspostavljanju i funkcioniranju internoga tržišta.

U skladu s potrebama uspostavljanja principa subsidijarnosti u cilju osiguranja bazične zdravstvene zaštite kupaca u cilju kvalitete akvatičnoga ekosustava osigurava se koordinacija zemalja članica da bi se osigurala dostatna kvaliteta voda za kupanje za turističku industriju u Uniji.

Svi građani Unije imaju pravo na zaštitu zdravlja, nezagađenu okolinu, pri čemu se trajno provjerava kvaliteta voda za kupanje na osnovi usklađivanja kriterija na razini Unije kako bi se javnost o tome mogla informirati.

Lista parametara koji se analiziraju mora indicirati najprikladniji način kontrole kvalitete voda za kupanje uzimajući u obzir najnovije spoznaje i dosege znanosti i tehnologije. Stoji i potreba verifikacije onih parametara bez kojih se ne može osigurati adekvatna zaštita ljudskog zdravlja.

Zemlje članice zadržavaju pravo utvrditi strože vrijednosti za parametre koji nisu sadržani u Direktivi.

Zemlje članice trebaju kontrolirati kvalitetu voda za kupanje s adekvatnom učestalošću i usporedivim analitičkim metodama pri čemu se učestalost analize može smanjiti u određenim uvjetima, za one vode za kupanje koje su u prijašnjim provjerama bile izuzetne kvalitete.

Nije nužno na temelju neudovoljavanja kriterija kvalitete voda za kupanje iz Direktive zabraniti kupanje. U cilju zaštite zdravlja kupaca nužno je da zemlje članice zabrane kupanje u bilo kojem području za kupanje u svako vrijeme kada zagađenje predstavlja opasnost po javno zdravlje, pri čemu treba uzeti u obzir granične vrijednosti.

Tehnički napredak zahtijeva potrebu brze prilagodbe tehničkih zahtjeva koji su u Aneksu u cilju olakšavanja uvođenja mjera zahtijevanih za tu namjenu, valja utvrditi procedure koje će omogućiti komisiji da prihvati te adaptacije uz pomoć Komiteta sastavljenog od svih zemalja članica.

Direktiva se ne odnosi na vode za terapijske namjene i vode u bazenima za plivanje.

Vode za kupanje u smislu ove Direktive sve su tekuće vode i stajaće slatke vode ili dijelovi morske vode u kojima je eksplicitno određeno od kompetentnog organa svake zemlje članice ili ako kupanje nije zabranjeno, a tradicionalno se provodi od velikoga broja kupaca.

Područje kupanja označava svako mjesto gdje se nalazi voda za kupanje.

Sezona kupanja označava period u kojem se može očekivati velik broj kupaca u svjetlu lokalnih navika i običaja i lokalnih pravila koja mogu postojati u svezi kupanja i vremenskih uvjeta.

Parametri za vode za kupanje sistematizirani su u fizikalne, kemijske i mikrobiološke.

U odnosu na parametre iz Direktive 1975. godine, došlo je do značajnih promjena u vrstama i intenzitetu pojedinih parametara. Tako se primjerice više ne predviđa utvr-

divanje ukupnih koliforma. Od mikrobioloških parametara određuje se Ešerihija coli u 100 ml s minimalnom frekvencijom uzorkovanja svakih 14 dana. Fekalni streptokoki u 100 ml određivat će se također svakih 14 dana. Enterovirusi analiziraju se jednom mjesečno u 10 litara vode PFU (Plague Forming Unit).

Broj bakteriofaga u 100 ml još je predmetom dogovora i nije definirana učestalost uzrokovanja.

Od fizikalnih parametara predviđa se određivanje prozirnosti i boje svakih 14 dana, te rezidua i plutajućih tvari kao što su drvo, plastični predmeti, boce, kanisteri od stakla, plastike, guma i ostale tvari. (Otpad ili krhotine).

Od kemijskih parametara predviđeno je svakih 14 dana određivanje pH otopljenog kisika, mineralnih ulja, površinski aktivnih tvari i fenola i prozirnosti, te rezidue katrana i plutajućih tvari kao što su drvo, plastični predmeti, boce, kanisteri od stakla plastike ili gume ili ostale tvari, te otpad i smeće.

Svjetska zdravstvena organizacija - Uputstva za rekreacijske vode i kvalitetu plaža za kupanje. (11)

Prema navedenoj uputi rekreacijske vode prirodni su resursi neprocjenjive vrijednosti. S ciljem daljnje podsticanja i unapređenja postojećeg stanja SZO je proširio i informacije u koje će izići u knjizi Uputstva za rekreacijske vode i kvalitetu plaža za kupanje.

Te upute primarno su namijenjena lokalnim organima i praktičarima uključenim u donošenje odluka u okolini. Upućene su svim osobama i organizacijama u komunama, koji nemaju specijalističke spoznaje o tim problemima ali su za njih zainteresirani. U njima se daju standardi okoline znanstveni i operativni savjeti za rekreacijske vode i kvalitetu plaža. Osnovni pristupi sadržani su u stratezijskom dokumentu SZO, »Zdravlje za sve«, a što je posebice prihvaćeno u Europi. Cilj je te aktivnosti spoznaja lokalne situacije u međunarodnom kontekstu i potom pomoć u utvrđivanju koje se lokalne akcije i politike treba poduzeti.

Rekreacijske vode prema SZO mogu uključiti bilo koje vode i njihovo okruženje, kao plaže za kupanje, ušća rijeke, jezera ili kanale gdje se odvijaju ljudske rekreacijske aktivnosti i to bilo u vodi bilo u njenom okruženju. Za te kao i sve ostale moguće izloženosti SZO je utvrdila četiri glavna i često međuovisna područja potencijalnih učinaka za zdravlje: fizikalno-kemijsko, ekološko, estetsko i socio-ekonomsko. Potencijalni učinak na javno zdravlje od rastućeg je značaja jer je diljem Europe zaključen značajni porast popularnosti rekreacije na vodama u zadnje dvije dekade. Samo je nekoliko takvih voda i plaža predmetom formalno legalnog ispunjavanja statutarne kvaliteta voda.

Interes mogućih posljedica ima po zdravlje u svezi s upotrebom vode pri raznim oblicima rekreacijskih aktivnosti rasta u javnosti i među javno zdravstvenim djelatnicima. SZO je nedavno utvrdila u svojih 20 najvažnijih ciljeva da je nezagađena voda jedan od značajnih stimulirajućih i podržavajućih čimbenika za čuvanje zdravlja. U svom intetersektorskom programu i pristupu, »Zdravlje za sve« počinje od 1995. godine akcije da zagađene rijeke, jezera i mora ne budu više rizikom po ljudsko zdravlje. Od 1980. godine Regionalni ured za Europu koordinira istraživačkim programom za pomoć u definiranju prikladnih kriterija kvalitete voda. Oni su prilagođeni povezanosti doza - odgovor između vjerovatnosti - mogućnosti razvoja bolesti u svezi sa kvalitetom vode. U svezi s tim istraživačkim programom potrebno je bolje

definirati prihvatljive mikrobiološke indikatore i upute za imperativne - zapovjedne standarde i da oni budu opće priznati. Postoje još značajni problemi u ekstrapolaciji za nalaze specifičnih studija nekog lokaliteta do nacionalnih i međunarodnih utvrđivanja i prihvaćanja postojeće nesigurnosti što su "prihvatljive razine rizika" udruženi sa raznim, osobno odobrenim "aktivnostima na rekreacijskim vodama". Učinci po zdravlje kvantificirani su i vjerojatnost takvih učinaka zbog izloženosti raznim koncentracijama i razinama mikrobioloških i fizikalno kemijskih zagađivača u morskoj vodi mnogo su teže za utvrđivanje.

U skladu sa širećim interesom o kvaliteti rekreacijskih voda, političari i lokalne vlasti i donosioci odluke moraju shvatiti i ostvarivati pravo i potrebu korisnika da budu informirani racionalno i objektivno o rizicima u svezi s njihovom uporabom.

Kako ne postoji opće primjenjiva formula za upravljanje rizikom, Svjetska zdravstvena organizacija SZO odlučila je da izradi opće vrijednosti za pojedine parametre ali ne i standarde kvalitete rekreacijskih voda. U objavljenim uputama Svjetska zdravstvena organizacija nastoji objasniti kako se ove vrijednosti mogu izvesti, interpretirati i modificirati u svjetlu regionalnih i lokalnih čimbenika, uključujući ponašanje populacije, načine i oblike izloženosti, socioekonomske i kulturalne aspekte.

Stoga se u izradi novih uputstava SZO o kvaliteti rekreacijskih voda nastoji da ova uputstva budu obuhvatna, a što bi se možda moglo najbolje izraziti postotkom »kupača« koji imaju gastrointestinalne bolesti u sezoni kupanja.

Nakon što se prikupe podaci i o ostalim bolestima i relevantnim pokazateljima (infekcije očiju, ušiju i gornjih dišnih puteva primjerice) valjat će istom metodologijom načiniti nadopune ovih uputa.

Osnovni nedostatak toga pristupa Svjetske zdravstvene organizacije jest što nema još uvijek dovoljno informacija i podataka o raznim tipovima voda i klimatskim zonama da bi se moglo uzeti u obzir i usporediti učestalost i trajanje izloženosti uz možebitne razlike u opaženom obolijevanju.

Rasprava

Čak i za siromašne zemlje i tehnički manje opremljene i razvijene zemlje, razvoj i ustanovljavanje nacionalnih i lokalnih standarda kvalitete voda za rekreaciju vrlo je značajno i prioritetno. Pri tome se javljaju problemi izbora najprikladnijih kriterija na kojima će se ti standardi temeljiti. Pritom je teško odlučiti što će sadržavati, prihvatljiv ili neprihvatljiv rizik za zdravlje za velike populacijske grupe sa širokim opsegom, načinima i trajanjem izloženosti, kao i razlikama u dobi i zdravstvenom statusu, frekvenciji rizika i ozbiljnosti rizika. Jednako je važno da se ocijeni da rekreacija na vodi i u vodi obuhvaća mnoge vrste aktivnosti često u toj vodi, a čiji su zahtjevi vrlo različiti, a ponekad i konfliktni, primjerice: (5,6,7)

a) plivanje, jedrenje na vodi (surfanje), skijanje na vodi i komercijalni ribolov,

b) ribolov u slatkoj i morskoj vodi i vožnja glisera i jedrenje.

Sezonski, populacijski i zagađujući učinci uz lokalne uvjete okoline i frekvencija i trajanje izloženosti može zahtijevati primjenu različitih standarda. Podrazumijevajući zadovoljavajuće rješenje za sve, ili gotovo sve to, uključuje mnoge tehničke probleme i svaki novi razvoj standarda kvalitete voda za rekreaciju što zahtijeva razne stupnjeve promjena na mnogim lokalitetima zbog raznorodne prirode sadašnjih kriterija i stan-

darda. Na osnovi trenutno raspoloživih epidemioloških podataka o povezanosti kvalitete rada s učincima na zdravlje Svjetske zdravstvene organizacije, nema zasad prijedlog globalno primjenjivih ili adaptabilnih kriterija i standarda kvalitete rekreacijskih voda. Stoga se preferira opcija za usklađivanje lokalnih pristupa pri uspostavi standarda, a to zahitjeva uspostavljanje epidemioloških informacija na lokalnoj razini.

Obično nije moguće definirati standarde bez rizika ili jasno pokazati povezanost između izloženosti i učestalosti obolijevanja. Javnost danas zahtjeva mnoge činjenice i postavlja "vruća" pitanja i mišljenja o rizicima u svezi rekreacijskih voda. Pitanja se upućuju javno zdravstvenim djelatnicima, zdravstvenim vlastima i organima i lokalnim političarima o mogućim učincima za zdravlje za korisnike rekreacijskih voda. Ova je problematika upravo primjer gdje lokalni zdravstveni organi odgovorni za javno zdravlje mogu posuđivati i upravljati zdravstvenim rizicima na rekreacijskim vodama na svojem području. Pri tome je korisno uzeti u obzir razlike između aktualnih rizika korisnika voda temeljene uzorkovanjem i kontrolama i one rizike zamijećene od samih korisnika. Lokalni organi se često nalaze u ulozi da daju savjete korisnicima vode i detaljima mogućih učinaka na zdravlje pri kupanju, no pritom oni dopuštaju korisnicima da načine vlastiti izbor glede izbora raznih rekreacijskih aktivnosti.

Utvrđivanju indikatora postoje brojni zahtjevi i kriteriji:

- oni trebaju biti dosljedni i isključujući sa izvorom patogena;
- prisutni u dovoljnom broju i količini bez proliferacije (genetskih promjena) da omogućuju sezonske prosudbe patogena i prisutnosti potencijalnoga rizika na zdravlje;
- trebaju biti rezistentni na stres u okolini i dezinficijense, te toksične tvari prisutne u akvatičnom sustavu;
- da se mogu kvantificirati u uzorcima iz okoline na lak način i jeftinim metodama sa zadovoljavajućom sigurnošću, preciznošću i specifičnošću.

Standardi zaštite kvalitete voda mogu se temeljem navedenog definirati kao prihvaćena maksimalna razina gustoće indikatora sa vodom povećanih neprihvatljivih rizika po zdravlje. Koeficijent prihvatljivosti implicira da su sukladni s medicinskim čimbenicima, socijalnim, kulturnim, ekonomskim i političkim čimbenicima i njihovim varijacijama u vremenu i prostoru, a što sve treba uzeti u obzir.

Usprkos mnogim pomno dizajniranim i provedenim epidemiološkim studijama u raznim dijelovima svijeta i aktivnostima još od 1959. godine, utvrđene su poteškoće u povezivanju nastajanja bolesti na neki naročiti standard kvalitete voda. U tim aktivnostima epidemiologija pomaže ustanovljavanju posebnih rizika kojima su izložene osobe većem riziku oboljevanja od onih osoba koje nisu bile izložene (učinak izloženosti), iako vjerovatnost oboljevanja raste među izloženim osobama, mikrobiološkim, fizikalnim, kemijskim i estetskim agensima. Cilj tih studija je da omogući donosiocima potrebne informacije za razvoj programa za kontrolu opasnosti i da pomognu u evoluciji učinkovitosti te kontrole. Postoje brojne poteškoće u provođenju znanstvene validacije epidemioloških studija za učinke na zdravlje pri izloženosti vodi pri kupanju. Ove se poteškoće posebice odnose na:

- potrebu kontrole pomiješanih čimbenika primjerice unos hrane i pića i širenje osobnim kontaktom; dob, spol, socioekonomski čimbenici;
- potrebu adekvatne veličine izloženih i kontrolnih grupa u cilju utvrđivanja statističke značajnosti;

- potrebu definiranja bolesti;
- potrebu definiranja rizika izloženosti (to je naročito teško za agense koji su često nepoznati ili nisu direktno utvrdivi);
- kod bakterijskih indikatora varijacije su velike sa vremenom i pojedinu točku kvalitete vode je teško povezivati s pojedincima kupaćima;
- potrebu povezivanja intenziteta i trajanja kontakta s vodom temeljem pretpostavke da rizik raste porastom kontakta;
- potrebu ispunjavanja etičkih zahtjeva prilikom medicinskih istraživanja;
- samopromatranje kupaća i samoizvješćivanje o simptomima te kontrole percepcije subjekata;
- potrebe utvrđivanja realne povezanosti uzroka i učinka.

Te metodološke poteškoće i ograničenja uzete su u obzir u kohortnoj i kontrolnoj studiji Svjetske zdravstvene organizacije koju je ista i publicirala (8). Ove spoznaje korištene su u ustanovljavanju nacionalnih i lokalnih standarda.

Prekomjerna mikrobiološka kontaminacija rekreacijskih voda može ugroziti ekonomske dobrobiti uporabe rekreacijskih voda, a što je na osobito lokalnoj razini esencijalno. No i estetski nepodobna voda za kupanje može također značajno zastrašiti i odbiti korisnike sa teškim ekonomskim učincima. Godine 1989. je u Riminiju (Italija) (11) zbog neugodnog izgleda vode zbog prekomjernog bujanja algi uz pojavu sluzi koja se nakupljala uz obalu zabilježeno smanjenje u turizmu od 40%, sa značajnim ekonomskim gubicima. Oni su se, prema SZO, očitovali u slijedećem: gubitak broja turističkih dana, smanjenje korištenja hotela, restauranata, morskih kupališta i ostalih prirodnih ljepota, štete u turizmu ovisnim aktivnostima (industrija hrane, opća trgovina i sl.), štete u ribarstvu, štete na imidu rekreacijskog okupljališta. Vizualna kontaminacija rekreacijskih voda otpadnim vodama i smećem odbija posjetitelje.

Vlada Ujedinjenoga kraljevstva sponzorirala je 1989. godine studiju koja je utvrdila da je 89% od 1570 odraslih ispitanika zabrinuto zbog kontaminacije voda za kupanje. To je bio problem rangiran na drugo mjesto od 21 najčešćeg problema u okolini. Od navedenih ispitanika njih 91% bilo je zabrinuto zbog otpuštanja kemikalija u rijeke i mora. Također je interesantan podatak iz Engleske da se visoka učestalost gastrointestinalnih bolesti poslije kupanja u vodi zagađenoj otpadnim vodama kanalizacije povezala sa percepcijom javnosti o estetskim pojavama zagađenja vode i plaža.(11)

Ti su primjeri značajna potvrda da javno mnijenje može očitno utjecati na medije za promjenu lokalnog stanja. Ovo je posebno značajno na lokalnoj razini gdje je kvaliteta rekreacijskih voda značajan element tržišne strategije a time i lokalno održivog - trajno mogućeg razvoja. U svim regijama gdje je velika ovisnost o turizmu, sa općeg stajališta zaštita kvalitete rekreacijskih voda treba biti prioritet. Lokalno su i moguća trajna rješenja temeljena na prevenciji zagađenja na točkama njegovog nastanka.

Esencijalno je imati programe za očuvanje plaža i rekreacijskih voda čistima uz edukaciju pučanstva i korisnika, odgovorno zbrinjavanje otpadne tvari, pa ako treba i uz sankcije.

Od 1987. godine provodi se korisna aktivnost u zemljama Europske Unije za provjeru učinkovitosti mjere zaštite okoline povezane s mogućim ekonomskim dobicima u vidu kampanje Europske plave zastave. To je pomoglo senzitivizaciji javnoga interesa i provođenju informiranja u svezi s kvalitetom plaža i rekreacijskih voda. Plaže koje žele dobiti Plavu zastavu moraju zadovoljiti standarde Europske Unije u provođenju:

sigurnoga kupanja, lake dostupnosti, čistoći, dobrom održavanju, provođenju higijene, sigurnosti, prve pomoći i spasilačkoj službi i opremi za spašavanje života, striktnoj kontroli domaćih životinja, sigurnim telefonima, pitkom vodom, adekvatnim čistim zahodima i sanitarnim prostorima prilagođenim za hendikepirane, zabranjena vožnja ili utrke na plaži i preopterećenje velikim brojem ljudi. U suradnji sa Europskom kampanjom Plave zastave načinjeni su razni vodiči za dobre plaže od grupa za zaštitu okoline i turističkih operatora. To je rezultiralo da se na nekoliko lokalnih razina traže načini za sanaciju i otklanjanje nedostataka i čišćenje popularnih plaža.

Hitnost i nužnost primjene novih standarda rekreacijskih voda i voda za kupanje zahtijeva i dužnu pažnju za ekonomske troškove i koristi u svezi uspostavljanja institucionalne infrastrukture za monitoring na rutinskoj bazi uz konkretne mjere kada se utvrde područja nepodobna za kupanje zbog zagađenja. Zatvaranje plaža i svih rekreacijskih vodnih lokaliteta zahtijevaju pomna ispitivanja. Sanacija i rehabilitacija znače često izgradnju uređaja za pročišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda ili postavljanje prikladnih podvodnih ispusta. To pak predstavlja kapitalnu investiciju, kojoj valja još dodati troškove funkcioniranja i pogona održavanja. No, pritom valja naglasiti da gubitak kvalitete rekreacijskih voda i vode za kupanje može imati mnogo štetnije i prolongirane ekonomske učinke. Stoga cost efectivnes analiza kao dio strategije razvoja mora uključiti lokalne rekreacijske vode uz identifikaciju svih socijalnih koristi, uključivo i one koje je teško izraziti novčano i nije ih lako kvantificirati kao što su to pozitivni učinci na zdravlje, socijalno blagostanje, unapređenje kvalitete življenja, porast dobre kondicije, stjecanje novih vještina, dobro osjećanje i raspoloženje i zadovoljstvo zbog čega mnogi ljudi borave u i na rekreacijskim vodama i vodama za kupanje. Opće je poznato javno zdravstvenim djelatnicima, edukatorima, socijalnom i sportskim djelatnicima da je sudjelovanje u rekreacijskim aktivnostima od neprocjenjive koristi ne samo za fizički razvoj već i osobni socijalni, mentalni i duhovni razvoj djece i odraslih.

Zaključci

1. Nužno je i u nas ostvariti sve potrebne preduvjete za sustavnu i etapnu primjenu standarda i kriterija kvalitete rekreacijskih voda i voda za kupanje koji su u primjeni u zemljama Europske Unije kako bi osigurali jedan od temeljnih preduvjeta da turisti iz tih zemalja budu jednako sigurni kao i u ostalim zemljama Europske Unije od mogućih rizika po zdravlje. U tom smislu prihvaćanje i uvođenje tih kriterija u nas je »*Conditio sine qua non*«.
2. U skladu s duhom uputstava SZO o kvaliteti rekreacijskih voda i plaža za kupanje, bilo bi korisno kada bi svaka lokalna zajednica utvrdila svoja rekreacijska područja i vode i za njih načinila planove i programe očuvanja kvalitete, a sanacije za one koji su eventualno ugroženi.
3. Bilo bi korisno kad bi se i naši turistički i zdravstveni djelatnici i lokalne zajednice s rekreacijskim područjima uključili u akcije Plave zastave za javno zdravstvo i zdravstveno ekološki sigurne i kvalitetne plaže i rekreacijska područja.
4. I u nas bi valjalo u okviru javno zdravstvenih ustanova i djelatnosti razviti stručnjake i službe za zdravstvenu ekologiju usmjerenu na probleme turizma i okoline i zdravlja.

Literatura

1. EEC (1976.) Council Directive of 8 December 1975. concerning the quality of bathing waters (76/160/EEC) Official Journal of the European Communities, No L. 31:1-4
2. EEC (1976.) Council Directive of 4. May 1976. on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community (76/464/EEC) Official Journal of the European Communities L 129 : 23-29.
3. EEC (1982.) Communication from the Commission to the Council on dangerous substances which might be included in List of Council Directive 76/464/EEC Official Journal of the European Communities C 176 : 3-10
4. EEC (1988.) Quality of bathing water, 1983-1986. Fifth Report Document EUR 11588 Commission of the European Communities, Luxembourg
5. Čiček J.: Some public health problems related to disposal of waste water in recreational areas of the Adriatic Coast region. International Symposium of Medical Oceanography, Nice, 9-12.10. 1985.
6. Čiček J.: Principles and criteria for the protection of water against pollution from hospital in the Mediterranean. Coastal region. International Regional Conference - Pollution of the Mediterranean 2-5.10.1985. Split
7. Čiček J.: Neki ekološki i javno zdravstveni aspekti turizma u Hrvatskoj. Savjetovanje. Zaštita i unapređenje čovjekove okoline u funkciji razvoja turizma, Tučepi, travanj 1987.
8. WHO Health criteria and Epidemiological Studies Related to Coastal Water Pollution. WHO Regional Office for Europe 1977 : 33
9. WHO. Charter on Environment and Health. publ. WHO Regional office for Europe 1989. ICP-RUO 113-1, 13
10. WHO. Microbiological Quality of Coastal Recreational Waters: Report on a joint WHO/UNEP meetings, Athens, Greece, 9-12 June 1993. WHO Regional Office for Europe, 1994; EUR/ICP/CEM 039(1), pp 96.
11. WHO. Recreational Water and Bathing Beach Quality Guidelines (Book in preparation).



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Salih Hrustić

R 1-17

Neravnomjernosti dnevne potrošnje u vodovodnoj mreži

SAŽETAK: *Istraživanje neravnomjernosti dnevne i satne potrošnje vode u vodovodnoj mreži od izuzetne važnosti u cilju poduzimanja određenih mjera u optimalizaciji rada jednoga vodoopskrbnoga sustava.*

Naročito je to važno kod istraživanja gubitaka vode u vodovodnoj mreži koji ponekad znaju dostići velike količine vode. U praksi je poznata činjenica da su istraživanja otih gubitaka i njihova sanacija mukotrpan i dugotrajan proces.

U članku je opisan jednostavan način ovih istraživanja koja su pogodna za vodovode koji nemaju ugrađenu mjernu opremu za praćenje kolebanja razine vode u vodospremama (mjeraci s kontinuiranim pisačima promjene razine vode), a to je slučaj s većinom naših vodovoda.

Kao polazna osnova koristi se funkcionalna međuovisnost razine vode u vodospremi i potrošnje vode u vodovodnoj mreži pri poznatom dotoku vode u jednome određenome vremenskomu periodu.

Ta se međuovisnost može pratiti preko prozirnih plastičnih cjevčica priključenih na ispustu prije zatvarača u zasunskoj komori i postavljenih uz vodomjernu letvu iscrtanu do na 1 cm kao najmanji opažajni podatak. Kao vremenski interval koristi se vrijeme jednoga sata. Razina vode u vodospremi na početku svakoga sata bilježi se prema priloženoj Tablici 1. i na osnovi toga podatka izračunava se satna potrošnja vode u vodovodnoj mreži, te se vrlo brzo dolazi i do podataka o neravnomjernosti dnevne potrošnje, što je bio i cilj ovih istraživanja.

KLJUČNE RIJEČI: *vodoopskrba, neravnomjernost potrošnje voda, gubici voda*

Unsteady Daily Consumption in a Water Supply Network

ABSTRACT: *Investigation of unsteady daily and hourly consumption of water from a water supply network is particularly important if particular measures are to be undertaken for optimization of the water supply system operation.*

This is particularly important for analyses of a water supply network losses which are sometimes enormous. The practice has proven that investigation of these losses and their compensation is a hard and long-lasting process.

The paper describes a simple investigation method suitable for the water supply networks not fitted with the water tank level gages (gages with constant water level fluctuation recording), as is the case with the majority of our water supply systems.

The functional interdependence between the water level in a water tank and water consumption from the water supply network at known water inflow in a given period of time was taken for a starting point.

This interdependence is monitored on transparent plastic tubes connected at the outlet upstream the valves in the valve chamber and placed by the staff gage with 1 cm graduated scale, where 1 cm is the minimum recording data. The time interval used is one hour. The water level in the water tank is recorded each hour, see Table 1. The obtained data are used to calculate the hourly water consumption from the water supply network which quite soon gives the data on unsteady daily consumption, as was the objective of these investigations.

KEY WORDS: *water supply, unsteady water consumption, water supply system losses*

Uvod

Jedan je od vrlo bitnih podataka pri projektiranju novih vodoopskrbnih sustava (gravitacijskih ili tlačnih) točno poznavanje neravnomjernosti potrošnje vode u vodovodnoj mreži.

Kod izgradnje takvih vodovoda obično koristimo podatke i iskustva iz inozemne literature ili podatke uzete na temelju nekritičnih podataka drugih sličnih vodovoda.

Razlog ovome je podatak da je kod nas vrlo mali broj vodovoda koji imaju vlastitu stvarnu sliku potrošnje vode u vodovodnoj mreži.

Nemanje vlastitih podataka i korištenje podataka drugih vodovoda često dovodi do toga da su novoizgrađeni sustavi vodoopskrbe vrlo brzo dostigli svoj planirani kapacitet ili su dugi niz godina neekonomični i neracionalni zbog održavanja preglomaznih objekata u svojem sustavu.

Kako su zapremine vodosprema i dimenzioniranje cjevovoda u gradskoj ili mjesnoj mreži vodovoda u direktnoj funkcionalnoj svezi s varijacijama dnevne (satne) potrošnje vode, istraživanja na tom polju treba shvatiti kao vrlo važnu zadaću u svakome vodoopskrbnome sustavu.

Jedino poznavanjem pravoga i stvarnoga stanja u neravnomjernosti dnevne (satne) potrošnje vode mogu se ispravno dimenzionirati nove vodospreme i cjevovodi te novi sustavi vodoopskrbe koji su po karakteru potrošnje vode slični ili približno slični.

Na taj način možemo doći do stvarnih podataka o standardu potrošnje vode za koji vodoopskrbni sustav i upoređivati ga s pretpostavljenim projektnim podacima, a može bit zanimljiv za određena statistička istraživanja.

Veliki značaj ima i podatak da se tim istraživanjima mogu u znatnoj mjeri otkrivati i gubici vode u vodovodnoj mreži koji ponekad mogu poprimiti enormne razmjere.

Obično se ovi gubici prikazuju u postotku dnevne potrošnje vode, pa se njihova količina izražena u m³ često zanemaruje. Međutim, kada se podatak o 40% gubitaka u vodovodnoj mreži, u koju se stalno dovodi količina vode od 300 l/s, prevede u količinu od 10368 m³ vode koja se dnevno nekontrolirano izgubi, onda takav podatak mora signalizirati na hitno istraživanje i sanaciju takvih gubitaka.

Ova istraživanja uglavnom su mukotrpa i dugotrajna, a naročito su pogodna u noćnim satima kad je potrošnja vode u mreži minimalna.

Međutim, istraživanja se u dobroj mjeri mogu pojednostavniti korištenjem međusobne ovisnosti promjene razine vode u vodospremi tijekom jednoga dana i potrošnje vode u vodovodnoj mreži.

Nabava opreme za praćenje razine vode u vodospremama se uglavnom svodi na ugradnju opreme za potrebe uključivanja i isključivanja motora crpki u okviru automatskoga rada crpnih agregata i ugradnju ventil plovaka kao zaštite od nekontroliranoga prelijevanja vode.

Mjerni sustavi za praćenje promjene razine vode u vodospremama kod naših vodovoda rijetki su (mjerači s kontinuiranim pisačima) pa se ovom promatranju nije ni poklanjala dužna pažnja.

Opazanje neravnomjernosti dnevne potrošnje

Kao polaznu osnovu koristimo odnos razine vode u vodospremi i potrošnje vode u gradskoj ili mjesnoj mreži koji su direktnoj vezi.

Međutim, kako bi se taj odnos mogao koristiti u daljnjim istraživanjima moraju biti ispunjeni i sljedeći uvjeti:

- dotok vode u vodospremu mora biti, za određeni vremensko razdoblje opazanja, konstantan i poznat,
- uz vodne komore u zasunskim komorama moraju se postaviti vodomjerne letve koje su iscrtane do na 1 cm kao najmanji opažajni podatak,
- na cijevi ispusta ispred zatvarača u zasunskoj komori treba izvesti priključak plastične prozirne cijevčice koja se postavi uz vodomjernu letvu kako bi se mogle opažati promjene razine vode u vodospremi,
- kao najmanji vremenski interval uzima se vrijeme od jednoga sata
- razina vode u vodospremi ne može biti na razini "0" duže od jednoga sata.

Vodospreme su obično pravokutnoga ili kružnoga presjeka s ravnim zidovima pa se jednostavno može postaviti ovisnost količine vode u vodospremi u odnosu na trenutačnu visinu razine vode.

Kod stalnoga i poznatoga dotoka vode količina vode koja se ulije u vodospremu tijekom jednoga sata jednaka je količini od 4,1666% od ukupne dnevne količine koja se ulije u vodospremu.

Rezultati opazanja mogu se unositi u obliku preglednih podataka prikazanih u Tablici 1 u kojoj pojedini simboli imaju sljedeća značenja:

- ΔV_0 količina je vode koja se ulije u vodospremu tijekom jednoga sata i iznosi 4,1666% od ukupnoga dnevnoga dotoka u vodospremu,
- H_n je opažena razina vode na početku određenoga sata (n) u vodospremi i dana je u cm,
- $\pm \Delta H_n$ razlika je razina vode u vodospremi između dvaju susjednih opazanja, tj. između H_n i H_{n-1} i dana je u cm, a predznak ćemo odrediti na sljedeći način:

Ako razina vode u vodospremi opada, znači da se u vodovodnoj mreži troši veća količina vode od one koja se ulijeva u vodospremu tijekom jednoga sata (ΔV_0), tada razliku ΔH_n smatramo pozitivnom (+),

Ako razina vode u vodospremi raste, onda je ta razlika negativna (-) jer su u vodovodnoj mreži troši manja količina vode koja se ulije tijekom jednoga sata (ΔV_0).

- $\pm \Delta V_n$ količina je vode u m^3 koja odgovara razlici razina vode između dvaju opazanja u vodospremi, a dobijemo je tako da razliku ΔH_n pretvaramo u zapreminu vode tako da je pomnožimo s vrijednošću zapremine koja odgovara ekvivalentu zapreme za razliku razine vode u vodospremi za 1 cm.

Vrijednost ΔV_n može imati, u ovisnosti od vrijednosti ΔH_n , pozitivan ili negativan predznak.

- P_n potrošnja je vode tijekom jednoga sata u vodovodnoj mreži, a dobijemo je tako da zbrojimo količinu satnoga dotoka ΔV_0 i količinu $\pm \Delta V_n$ u m^3 ,
- p_n odnos je potrošnje vode u jednom satu (P_n) i ukupne dnevne potrošnje u vodovodnoj mreži (ΣP_n) i dan je u postotku (%)

Pregledni prikaz jednoga istraživanja u vodovodnoj mreži dat je u Tablici 1.

Tablica 1.

sat n	H_n cm	$\pm \Delta H_n$ cm	$\pm \Delta V_n$ m^3	$P_n = \Delta V_0 \pm \Delta V_n$ m^3	$p = \frac{\Sigma P_n}{\Sigma \Delta V_n}$ %
1	2	3	4	5	6
0	H_0	-	-	-	-
1	H_1	ΔH_1	ΔV_1	P_1	p_1
2	H_2	ΔH_2	ΔV_2	P_2	p_2
3	H_3	ΔH_3	ΔV_3	P_3	p_3
4	H_4	ΔH_4	ΔV_4	P_4	p_4
5	H_5	ΔH_5	ΔV_5	P_5	p_5
6	H_6	ΔH_6	ΔV_6	P_6	p_6
7	H_7	ΔH_7	ΔV_7	P_7	p_7
8	H_8	ΔH_8	ΔV_8	P_8	p_8
9	H_9	ΔH_9	ΔV_9	P_9	p_9
10	H_{10}	ΔH_{10}	ΔV_{10}	P_{10}	p_{10}
11	H_{11}	ΔH_{11}	ΔV_{11}	P_{11}	p_{11}
12	H_{12}	ΔH_{12}	ΔV_{12}	P_{12}	p_{12}
13	H_{13}	ΔH_{13}	ΔV_{13}	P_{13}	p_{13}
14	H_{14}	ΔH_{14}	ΔV_{14}	P_{14}	p_{14}
15	H_{15}	ΔH_{15}	ΔV_{15}	P_{15}	p_{15}
16	H_{16}	ΔH_{16}	ΔV_{16}	P_{16}	p_{16}
17	H_{17}	ΔH_{17}	ΔV_{17}	P_{17}	p_{17}
18	H_{18}	ΔH_{18}	ΔV_{18}	P_{18}	p_{18}
19	H_{19}	ΔH_{19}	ΔV_{19}	P_{19}	p_{19}
20	H_{20}	ΔH_{20}	ΔV_{20}	P_{20}	p_{20}
21	H_{21}	ΔH_{21}	ΔV_{21}	P_{21}	p_{21}
22	H_{22}	ΔH_{22}	ΔV_{22}	P_{22}	p_{22}
23	H_{23}	ΔH_{23}	ΔV_{23}	P_{23}	p_{23}
24	H_{24}	ΔH_{24}	ΔV_{24}	P_{24}	p_{24}
			$\Sigma \Delta V_0$	ΣP_n	$\Sigma p_n \approx 100 \%$

Količina vode ΣP_n koja se potroši u tijekom jednoga dana (stupac 5.) približno je jednakakoličini vode ΔV_0 koja se ulije u vodospremu u tijekom istoga dana (stupac 4.). Tom se metodom mogu poslužiti i vodovodi koji direktno tlače poznatu količinu vode određen broj sati u vodovodnu mrežu, a eventualni se višak vode akumulira u vodospremi (fleksibilni sustav vodoopskrbe).

Tako opažanje neravnomjernosti potrošnje vode u vodovodnoj mreži može se provesti za razne dane u tjednu te različita razdoblja tijekom jedne godine te utvrditi točna ponašanja potrošača u tim vremenskim intervalima koja mogu poslužiti za poduzimanje određenih mjera u poboljšanju eksploatacije sustava (rad crpki, angažirana snaga i dr.).

Ta metoda može poslužiti i za otkrivanje značajnih gubitaka vode u vodovodnoj mreži što je od ogromne važnosti za sustave koji koriste električnu energiju u pogonu (sprečavanje prosipanja energije).

Trajnijim mjerenjem i praćenjem razine vode u vodospremi (vodospremama) mogu se poduzeti i određene mjere u optimalizaciji ukupnoga sustava vodoopskrbe (odabir pogodnoga vremena za rad crpnih stanica, veličina prostora za akumuliranje vode i dr.) što u krajnjoj mjeri može znatno utjecati na ukupne troškove pogona cjelokupnoga sustava vodoopskrbe, a konačno i na cijenu vode.

Literatura

Broz, R., Predavanja iz kolegija Vodoopskrba na Građ. fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, šk. god.1963/64

Fachlice Berichte, Hamburger Wasserwerke 1/84,2/84,2/88

Milojević, M., Snabdijevanje vodom, Naučna knjiga, Beograd 1987.

Mutschmann, J., Stimmelmayer, F.: Snabdijevanje vodom - Priručnik, Građ. knjiga Beograd 1962.

Worldwater, Thomas Telford House, London 4/91,7-8/91



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Zvonko Seletković, Ivica Tikvić, Vice Ivančević

R 1-18

Šumska vegetacija kao regulator optimalnih vodnih odnosa sliva

SAŽETAK: *Voda je važna za šumarstvo iz dvaju razloga. Prvo, ona je jedan od osnovnih uvjeta za razvoj vegetacije; drugo, vegetacija, odnosno šuma kao najrasprostranjeniji oblik vegetacije, utječe na vodu, točnije na njezino kretanje na površini Zemlje, na njezino prodiranje u tlo, na nastajanje i kretanje vodotoka, na stvaranje bujica, na pojavljivanje poplava, na pojave erozije i na produktivnost tla. Prostori bez šume više su izloženi nepovoljnom utjecaju ekoloških čimbenika od onih obraslih šumom.*

S obzirom na sve veću ulogu šuma i u gospodarskomu i u ekološkomu pogledu, razmatrane su mjere koje treba provoditi da bi se došlo do kvalitetnih i normalnih sastojina koje zadovoljavaju brojne općekorisne uloge šuma uz gospodarsku ulogu. Pritom je važno istaknuti da je kvalitetna i gospodarska šuma istodobno i kvalitetna šuma glede ispunjavanja ekoloških i socijalnih funkcija.

KLJUČNE RIJEČI: *hidrološka funkcija šume, vodni odnosi, revitalizacija šumskoga pokrova*

Forest Vegetation as Regulator of Optimum Water Relations in a Catchment

ABSTRACT: *Water plays an important role in forestry for two reasons. Firstly, it is one of the basic conditions for growth and, secondly, the forest is the most widespread form of vegetation which affects the water in a particular way, namely affects its surface flows, its penetration into the soil, formation and movement of streamflows, occurrence of torrents, floods and erosion, and soil productivity. The bare areas are considerably more exposed to environmental impacts than the areas overgrown with forest.*

With respect to the increasing role of forests in the economic and ecologic sphere, the measures have been considered which should be implemented in order to obtain quality and normal components which, in addition to the economic function, satisfy numerous other generally beneficial functions. It should be said that the quality and economic forest is also the one which meets the environmental and social functions.

KEY WORDS: *hydrologic function of forest, water relations, forest cover revitalization*

Prof. dr. sc. Zvonko Seletković, dipl. ing., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Ivica Tikvić, dipl. ing., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Mr. sc. Vice Ivančević, Uprava šuma Senj, Senj

Uvod

Upravljanje prirodom postaje sve prisutniji problem, naročito kad se prirodna bogastva žele iskoristiti tako da se remeti prirodna ravnoteža u prostoru. Danas se sve više naglašava naravni pristup gospodarenju prirodom, jer se uočava da neki zahvati narušavaju tisućljetnu prirodnu ravnotežu i dovode do katastrofalnih posljedica (gubitak ozonskoga sloja, promjene klime i dr.). Šumama se kao čvrstomu ekološkomu uporištu u prostoru poklanja sve veća pažnja. Mi očekujemo od svakoga šumskoga ekosustava zadovoljenje određenih uloga, bilo ekoloških, gospodarskih i/ili socijalnih. Što je veća vrijednost šume u pogledu ovih funkcija, to joj poklanjamo veću pozornost.

Šume na kršu, odnosno šume koje se nalaze na otočnome i priobalnome dijelu Republike Hrvatske zauzimaju površinu od 1.042.081 ha, što čini 43% ukupnih površina šuma i šumskoga zemljišta u Hrvatskoj. Na obraslim površinama ovog područja koje iznose 732.371 ha, najviše ima degradiranih sastojina s 83% (panjače 52%, šikare 25%, makije 4% i garizi 2%), dok visoke šume zauzimaju samo 17% obraslih površina (sjemenjače 11%, kulture i plantaže 6%). Danas imamo 396.139 ha nepošumljenih terena (neobraslo proizvodno šumsko zemljište), od toga je oko 78% na otočnome i priobalnome dijelu (Dalmacija, Istra, kvarnersko primorje), dok oko 22% otpada na kontinentalno područje (Hrvatsko zagorje, Lika, Kordun, Banovina). U strukturi vlasništva privatne su šume otočnog i priobalnog dijela Republike Hrvatske zastupljene sa 17%, a državne šume sa 83%. Drvna zaliha primorskih šuma krša iznosi samo 10% od ukupne drvene zalihe hrvatskih šuma uz omjer smjese - listače : četinjače = 81 : 19%. Imajući u vidu proizvodni potencijal tih šuma koji se intenzivnim i stručnim gospodarenjem može daleko bolje iskoristiti i unaprijediti, a osobito općekorisne uloge (turističku, hidrološku, protuerozijsku, klimatsku) vidimo kakvo je značenje tih šuma za hrvatsko šumarstvo kao i za gospodarstvo u cjelini. Stoga smo naš naglasak upravo i stavili na šume i šumska zemljišta primorja gdje se na jednome mjestu preklapaju potrebe turizma, gospodarenja vodama, pošumljavanja obešumljenih površina, unapređenja postojećih šuma, kao i cjelokupnoga gospodarstva.

Znamo da su šumski ekosustavi osebujni prirodni sustavi biocena i abiocena koji imaju sposobnost reguliranja vodnih odnosa. To se vrlo povoljno odražava u užemu i širem okolišu šume. Šume u slivovima rijeka i njihovim izvoristima štite od erozije i poplava, šume u blizini naselja uvjetuju postojan dotok pitke vode u izvore. One također uvjetuju postojano punjenje i sprečavaju taloženja u akumulacijskim jezerima. Zbog osebujne strukture šumskih ekosustava u odnosu na druge terestrične ekosustave, ublaženo je nadzemno i regulirano podzemno otjecanje vode, a isparavanje se odvija u kombinaciji evaporacije, transpiracije i intercepcije. Posljedica je takva djelovanja šume povoljniji vodni režim u šumskoj sastojini negoli na površini bez šume u istim makroklimatskim prilikama (Prpić 1980). Šumski pokrov najdjelotvornije sprečava nepovoljno djelovanje vode u prostoru. Sve navedeno obuhvaćeno je hidrološkom funkcijom šume kao jednom od ekoloških funkcija. Analizirajući na taj način značaj šume u prostoru, postaje nam jasno zašto su vrijednosti općekorisnih uloga šume (ekoloških i društvenih) 10, 20, 30, pa i više puta veće od vrijednosti drvene zalihe zrele šume (proizvodna funkcija).

Za razliku od hidrološke funkcije koja ima najveći pozitivni učinak, najveću opasnost za šume priobalnoga i otočnoga dijela Republike Hrvatske danas šumski požari. Vjerojatnost je njihove pojave stalna, a štete koju čine velike i teško nadoknadive. Od 1973. do 1993. godine bilo je 4556 požara, a pritom je opožareno 182.360 ha šuma i šumskoga zemljišta. To je godišnje u prosjeku oko 9.000 ha opožarenih površina.

To su činjenice koje su važne za sveobuhvatno gospodarenje kako šumskim površinama tako i šumskim zemljištima, a što je u uskoj povezanosti i s gospodarenjem vodama ovoga područja.

Povijesni osvrt na krške šume

Područje našega krša u prošlosti je bilo više pokriveno šumama, što nam potvrđuju mnogi povijesni zapisi, a posebno statuti primorskih gradova. Ovdje se hrvatsko šumarstvo razvijalo paralelno s razvojem znanstvene i stručne misli europskoga šumarstva. Tako su prve šumarije u Hrvatskoj utemeljene 1767 g. u Krasnu i Baškim Oštarijama na Velebitu i Petrovoj gori, istovremeno kad i u Srednjoj Europi.

Žitelji primorja i otoka uglavnom su se bavili poljoprivredom, stočarstvom i ribarstvom. Šume su uglavnom krčili i palili da bi dobili poljoprivredne i pašnjačke površine, sve dok se ne bi pojavili negativni učinci takva djelovanja te bi onda ponovno porastao interes za obnovom i povratkom šuma. U Hrvatskoj se početak organiziranoga rada na pošumljivanju krša smatra 7. 6. 1878. kad je u Senju osnovano "Nadzorništvo za pošumljivanje krša" (Tomašević 1986).

S razvojem turizma poklanja se sve veća pozornost turističkoj ulozi šume. Tako se 1886. osniva turističko društvo i Društvo za pošumljavanje i poljepšavanje Malog Lošinja (Matić et al. 1990). Nažalost, u našoj skorijoj prošlosti krške su šume bile zanemarivane. Uzgojni radovi u šumama bili su u ulozi zaštite šuma od požara, pošumljavanja su novih površina bila zanemarivo mala (pošumljeno samo 1% golih terena) (Matić et al. 1990, Tomašević 1986).

Senjska draga

Senjska je draga jedinstven primjer uspješno provedenih radova na pošumljivanju s ciljem sanacije bujice i zaustavljanja procesa erozije. Smještena između planinskih masiva Velike Kapele i Velebita, odlikuje se raznolikošću geoloških podloga, vrsta tala, klimatskih značajki i vegetacijskoga pokrova; ali i time što je gotovo 90% površina podložno eroziji.

Kroz dugu povijest ovdje je bila prisutna opasnost od bujica, tako je 1856. god. bujica potpuno uništila gradsko groblje. Stoga su pred više od stotinu godina započeli usklađeni tehnički i biološki radovi s ciljem uređenja bujičnoga područja. Rezultate tih radova vidimo i baštinimo danas. Oni nam potvrđuju da je uređenje bujice ili erozijskoga područja moguće samo biološkom sanacijom, dok kod početnih stadija sanacije obvezno kombiniramo biološke s tehničkim zahvatima. To znači da je sanacija sliva u osnovi biološkim zahvatima jedini način uspostave prihvatljive ravnoteže uz istodobno osiguranje trajnoga korištenja tla.

Vodni odnosi staništa obrasloga šumskom vegetacijom

Kako su šume terestrični ekosustavi, snabdijevaju se vodom iz atmosfere, i dakako iz pedosfere. Voda je dominantan ekološki faktor i preduvjet za život svih članova biocena ekosfere. Ona značajno djeluje na oblik vegetacijskoga pokrova Zemlje. Glavni dio vode biljke primaju preko korijena, a samo neznatne količine nadzemnim organima. Za rast su biljaka potrebne velike količine vode. Od vode koju biljka prima troši se na transpiraciju oko 98-99%, a samo 1-2% ulazi u sastav biljnih organa. Transpiracija označava isparavanje vode površinom tijela kod biljka i životinja. *Količina vode koju biljka transpirira i troši po jedinici površine varira u veoma širokim*

granicama i ovisi o botaničkoj vrsti, o količini proizvedene biljne tvari, o dužini vegetacijskoga perioda, o visini temperature, vjetru, deficitu zasićenja, osvjetljenju, vlažnosti zraka i tla te o načinu uzgoja.

Tablica 1: Srednje vrijednosti transpiracije (više autora)

Table 1: Average Value of Transpiration (from more Authors)

TRANSPIRACIJA u mm/god				
smreka i jela	350 mm		bukva	300 mm
ariš	450 mm		hrast lužnjak	600 mm
duglazija	400 mm		hrast kitnjak	400 mm
bor obični	300 mm		medunac	200 mm
bor crni	150 mm		topole i vrbe	450 mm
alepski i brucijski bor	200 mm		poljski jasen	700 mm
čempres	250 mm		joha	400 mm
crnika	150 mm		ostale tvrde listače	300 mm

Osim transpiracijom, šumsko tlo gubi goleme količine vode evaporacijom. Visina evaporacije važna je karakteristika klime i značajno utječe na sastav i uspijevanje šumske vegetacije te na svojstva tla. Na nekom šumskom staništu određene vlažnosti ona ovisi o *temperaturi, deficitu zasićenja, tlaku i gibanju zraka*. Najmanja je zimi, u ožujku i travnju se povećava, ljeti doseže maksimum. Manja je u šumi nego u polju (40-50%). Evaporacija u šumi iznosi prosječno 17%.

Zadržavanje padalina je ona količina padalina koja se zadrži na bilo kojem dijelu vegetacijskoga pokriva te zbog toga nikad ne stigne do površine tla (Bonacci 1994). Vodu koja ispari s lista i vodu koja se na njemu zadrži označavamo intercepcijom. Količina kišnice koja dopire na šumsko tlo, ovisi o *trajanju, vrsti i množini padavina, o sastavu, sklopu, obrastu, strukturi, vrsti drveća, starosti i o ostalom šumskom raslinstvu*.

Tablica 2: Srednje vrijednosti intercepcije u postocima (više autora)

Table 2: Average Value of Interception in % (from more Authors)

smreka, jela i duglazija	45%
borovi	20%
preborna šuma jele, bukve i smreke	30%
bukva, grab	20%
ostale listače (OTL i ML)	15%
ariš	25%
čempres	30%

Jedan dio padalina koji zadrže krune stabala sliva se na zemlju. On iznosi od 2-10%, a ovisi o vrsti drveća. Kod listača otječe voda niz grane i deblo lakše nego kod četinjača. Stoga možemo zaključiti da srednja vrijednost količine padalina koju šuma zadrži u krunama drveća iznosi 20-25% (min. 10%, max. 35%).

Prema Ebermayeru, šumsko zemljište pokriveno listincem ili mahovinama apsorbira 25% ukupne godišnje količine padalina. Tako upijena voda ili ispari ili ponire. Prosječno ispari 8-10% od ukupne količine padalina.

Prema tome, u šumi ukupno ispari - tj. ne ponire u zemlju i ne otječe 28-35% padalina. Intezitet isparavanja ovisi o godišnjemu dobu, a poniranje padalina ovisi o strukturi zemljišta, nagnutosti, vrsti kulture, količini padalina, godišnjemu dobu i dr.

HIDROLOŠKA BILANCA SLIVA SENJSKE DRAGE

Površina sliva: 1500,37 ha
 Obraslo: 1076,95 ha
 Padavine (h): 1734 mm

Omjer smjese:

Crni bor 0.56
 Bukva 0.27
 Kitnjak 0.10
 Medunac 0.03
 Crni grab 0.04

	Transpiracija (T)		Intercepcija (I)
Crni bor	84 mm	Crni bor	194.21 mm
Bukva	81 mm	Bukva	93.64 mm
Kitnjak	40 mm	Kitnjak	26.01 mm
Medunac	6 mm	Medunac	7.80 mm
Crni grab	12 mm	Crni grab	10.40 mm
UKUPNO	223 mm	UKUPNO	332.06 mm

Evaporacija (E)

238.33 mm

Razlika

$$R = h - (T + I + E) = 1734 - (223 + 332,06 + 238,33) = 1734 - 793,39 = 940,61 \text{ mm} = 9406 \text{ t/ha}$$

T + I + E:	Stvarna padalina (K):	18674313.00 t
8544413.6 t	Zadržavanje tla:	4668578.25 t
	T + I + E:	8544413.61 t
Zadržavanje tla:	Razlika:	5461321.15 t
4668578.3 t		

Vidimo da šumske sastojine sliva Senjske drage primaju godišnje oko 18 mil. t obo-rinske vode, od čega oko 46% ulazi u procese transpiracije, intercepcije i evaporacije biljaka. Šumsko tlo zadržava oko 25% godišnje količine padalina, tako da je preko 70% vode regulirano od sastojine i tla. Važno je napomenuti da šumsko grmlje i prizemno rašće "troši" značajnu količinu vode, što ovdje nije uzeto u razmatranje. Zaključujemo da je šumska vegetacija najznačajniji faktor u reguliranju vodnih od-nosa.

Otjecanje vode u slivu

Jedan dio padalina ishlapi, drugi se sliva po površini zemlje, a treći ponire u tlo. Slivanje vode umanjeno je djelovanjem biljnoga pokrivača. Količina vode u vodo-tocima ovisi s jedne strane o veličini sliva (oborinskoga područja), tj. dijela Zemljine površine s kojega se voda sliva u vodotok. S druge strane, ovisi o količini padalina, a manjim dijelom od izvorske vode. Ako je poznata površina sliva (P) i količina padalina (h) koja u jedinici vremena padne na površinu sliva, može se izračunati koliko je vode palo na površinu sliva $K = P \cdot h$ ("stvarna padalina"). U vodotok će doći dio te vode. Ako je poznata površina sliva (P) i visina padalina (h), koeficijent otjecanja a izražava odnos protoke i stvarne padaline: $a = Q/P \cdot h$. Kod malih padalina, u sušno doba, površinsko otjecanje uopće ne dolazi do korita vodotoka, $a = 0$ jer vegetacija i tlo zadrže padaline. Kod velikih kiša koje padaju kad je tlo zasićeno vodom ili zamrznuto, može biti $a = 1$. Koeficijent otjecanja, osim o jačini padavina i ostalim klimatskim faktorima ovisi i o morfološkim, geološkim i pedološkim svoj-stvima sliva (o nagibu i propusnosti tla), a naročito o kondiciji vegetacijskoga pokriva i obradi tla. Dok su klimatske, morfološke, geološke a i pedološke osobine sliva konstantne, kondicija vegetacijskog pokriva jako je promjenjiva. Zbog toga nam koeficijent a služi i kao indikator hidrološke aktivnosti vegetacijskoga pokriva sliva. Šuma utječe vrlo značajno na veličinu koeficijenta otjecanja. Dobro izgospodarena šuma prirodnoga sastava umanjuje koeficijent otjecanja, sprečava eroziju, povećava upojnu moć tla, dobro opskrbljuje izvore i bazene podzemne vode.

Prirodni uvjeti i način gospodarenja tlom uvjetovali su da je područje Republike Hrvatske u znatnoj mjeri zahvaćeno vodnom erozijom. Od ukupne površine znat-nijom je erozijom zahvaćeno približno 40%. Uvjeti za pojavu erozije veoma su povolj-ni (razvijen reljef, velike količine padalina, velike temperaturne razlike, erodibilna podloga, velike visinske razlike, strmine i dr.). Pojačanu eroziju iniciraju pretežno antropogeni utjecaji, i to prekomjerno iskorištavanje šuma, paljenje livada, šuma i pašnjaka, pretjerana ispaša, obrada vrlo strmih padina, usijecanje puteva u padine i slično.

Gotovo polovica površina podložnih eroziji nalazi se na krškome području. Ondje je erozija učinila svoje u prošlosti, ogolivši velika prostranstva, koja danas imaju veoma malu proizvodnju nanosa. U tim je područjima erozija veoma snažna u slivovima na dolomitnoj ili flišnoj podlozi (središnja Istra) gdje često poprima ekscesivne razmjere.

Dok površinu tla obrašćuje trajna vegetacija šume ili travnjaka, i na strmim povr-šinama voda otječe polagano, a dio vode zadržava raslinje i upija tlo. Onaj dio vode koji teče po površini otječe mirno ne odnoseći većih količina čestica tla. Bistre vode u šumama to najbolje potvrđuju. Uz te uvjete prirodna ili normalna erozija ne uzrokuje gotovo nikakve štete. Neznatni gubitak čestica tla, što ih odnosi voda koja mirno teče, nadoknađuje se tvorbom novoga tla iz matičnoga supstrata. Štoviše, znamo da se pod šumom sloj tla rahli i povećava.

Da bi ispunila vodozaštitnu (hidrološku) funkciju kao i protuerozijsku ulogu šuma mora posjedovati određene značajke. Ovo se odnosi na sklop sastojine, slojeve u šumi (drveće, grmlje, prizemno rašće, mahovine), šumsko tlo i očuvanost genetskih horizontalna tla.

Povratak prirodne šumske vegetacije

Gospodarenje šumama temelji se na načelu potrajnosti, zadržavajući biološku raznolikost i stabilnost šuma, uz što veću moguću proizvodnju.

Šume primorskoga dijela Hrvatske obuhvaćaju područje eumediterana i submediterana. Svako od područja obilježeno je glavnom vrstom drveća, i to eumediteransko područje s hrastom crnikom (*Quercus ilex* L.) a submediteransko s hrastom medunčcem (*Quercus pubescens* Willd.).

Uz navedene listopadne vrste drveća u navedenim područjima pridolaze dvije temeljne vrste četinjača i to alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) u području eumediterana a crni bor (*Pinus nigra* Arnold) u području submediterana. Osim tih četinjača, područje koje je obilježeno hrastom crnikom ima još nekoliko četinjača od kojih su najvažnije primorski bor (*Pinus pinaster* Ait.), piñija (*Pinus pinea* L.), brucijski bor (*Pinus brutia* Ten.), čempres (*Cupressus sempervirens* L.), cedrovi (*Cedrus* sp.) i dr.

Najraširenija prirodna šumska zajednica na području eumediterana jest šuma hrasta crnike (*Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958) u kojoj hrast crnika (*Quercus ilex* L.) pridolazi u svim uzgojnim oblicima i degradacijskim stadijima (Matić & Rauš 1986).

Nestanak hrasta crnike i njegovih pratilaca prati i propadanje staništa, odnosno tla, kao njegova sastavnoga dijela, te je krajnji rezultat tih procesa ljuta kamenjara, lišena svake vegetacije. Povratak takvih površina šumskoj vegetaciji i šumi dugotrajan je i mukotrpan posao, što je povijesno dokumentirano kod Senjske drage.

Autohtone sastojine imaju dominantnu ulogu i krajnji cilj kod rekultivacije gologa krša jer su stabilni ekosustavi kad je u pitanju zaštita od štetnih biotskih i abiotskih čimbenika (erozije, bujica, požara).

Na obešumljenim terenima i svim stojbinama gdje su tla u toj mjeri degradirana da su izgubila svojstva šumskoga tla, nužno je obavljati radove na pošumljavanju sadnicama ili sjemenom. Pošumljavanje s alepskim i brucijskim borovima (*Pinus halepensis* Mill. i *Pinus brutia* Ten.) jedini je pravi put uspostave procesa progresivne sukcesije autohtone vegetacije. Osnivanje šumskih kultura četinjača na degradiranim staništima hrasta crnike prvi je korak u pravcu zaustavljanja degradacije toga staništa i njegova privođenja šumskoj kulturi (Matić 1986).

U kulturama i prirodnim borovim šumama mediteranskoga područja nužno je izraditi program njege proredom uz postupnu pretvorbu tih šuma u autohtonu crnikovu ili medunčevu šumu.

U panjačama suvise strukture treba provoditi njegu čišćenjem i proredom radi njihove prirodne ili umjetne obnove. Makije i šikare treba zaštitom i čišćenjem pretvoriti u šume panjače. Šibljake i garige treba popunjavati pionirskim vrstama listača i četinjača. Visoke šume poremećene strukture u kojima je došlo do degradacije tla treba popunjavati s pionirskim vrstama drveća, a pomlađivati oplodnim i rubnim sječama na malim površinama s dugim pomladnim razdobljem.

Što se tiče privatnih šuma, krajnji bi cilj bio sanacija privatnoga šumskoga posjeda i njegovo dovođenje u stanje optimalnoga korištenja općekorisnih i proizvodnih funkcija šuma.

Kod provođenja sanacije krških terena često se javlja nepovoljan utjecaj biotskih i abiotskih čimbenika, a posebno je naglašen nepovoljan utjecaj divljači i stoke. Stoga je potrebno kako u državnim tako i u privatnim šumama razgraničiti površine koje su povoljne za poljoprivredu od onih na kojima dominira neka od funkcija šume.

Literatura

1. Bonacci, Ognjen: Oborine glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus. GEING, Split, 1994., str. 307-315.
2. Matić, Slavko, Prpić Branimir, Rauš Đuro: Model za njegu i obnovu park šume Čikat na Lošinj. Šum. list, Zagreb, 1990., str. 213-225.
3. Matić, Slavko, Rauš, Đuro: Prevođenje makija i panjača hrasta crnike u sastojine višeg uzgojnog oblika. Glasnik za šumske pokuse, pos. izd. 2, Zagreb, 1986., str. 79-86.
4. Matić, Slavko: Struktura šuma hrasta crnike (*Orno-Quercetum ilicis* H-ić, 1958) na Rabu. Zbornik Roberta Visianija Šibenčanina, Šibenik, 1983., str. 267-280.
5. Matić, Slavko: Šumske kulture alepskog bora i njihova uloga u šumarstvu Mediterana. Glasnik za šumske pokuse, pos. izd. 2, Zagreb, 1986., str. 125-145.
6. Mičetić, Gracija: Erozija u slivovima akumulacija srednje Istre, Hrvatska vodoprivreda, JVP "Hrvatska vodoprivreda", Zagreb, 1993., str. 22-23.
7. Prpić, Branimir: Problematika Motovunske šume s prijedlogom rješenja. Šum. list, Zagreb, 1980., str. 189-200.
8. Rauš, Đuro, Matić, Slavko: Sinekološko-uzgojno istraživanje u šumama otoka Raba. Šum. list, Zagreb, 1984., str. 131-145.
9. Setinski, Viktor: Vodno graditeljstvo u poljodjelstvu i šumarstvu, Zagreb, 1942.
10. Srebrenović, Dionis: Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.
11. Šumarska enciklopedija I, II, i III, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1987.
12. Tomašević, Ante: Rekultivacija kraških goleti pošumljivanjem u SR Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse, pos. izd. 2, Zagreb, 1986., str. 147-160.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Ivan Hromatko, Miroslav Steinbauer,
Dubravka Mocos

R 1-19

Projekt hitne obnove u vodoprivredi Hrvatske

SAŽETAK: *Obnova ratom oštećenih i razorenih objekata opskrbe vodom, zaštite voda i zaštite od poplave je od prvih ratnih dana jedan od prioritarnih zadataka kako Hrvatske vodoprivrede tako i šire društvene zajednice koji zahtijeva značajna financijska sredstva.*

Republika Hrvatska je od prvih dana pomagala ratom zahvaćena područja kroz razne oblike hitne i bespovratne pomoći kao i financiranjem projekata kroz kredite HKBO.

Od ljeta 1994. godine je aktiviran i Projekt hitne obnove, financiran dijelom i sredstvima zajma Međunarodne banke za obnovu i razvoj (IBRD), kojim se financira obnova, a dijelom i razvoj značajnog broja objekata vodoopskrbe, zaštite voda i zaštite od poplave u područjima zahvaćenim ratom.

U okviru navedenog Projekta hitne obnove planira se obnova i izgradnja objekata u vrijednosti od 200 milijuna kuna (40.2 milijuna USD) od čega zajam IBRD iznosi oko 100 milijuna kuna (20.0 milijuna USD). Ostali dio sredstava osigurati će Hrvatska vodoprivreda iz vlastitih izvora (oko 60 milijuna kuna) i kreditom HKBO (oko 40 milijuna kuna).

Gospodarenje u vodoprivredi je posebno osjetljivo i stoga treba skromna raspoloživa sredstva racionalno planirati trošiti, a prema objektivnim mogućnostima Državnog proračuna, JVP "Hrvatske vodoprivrede", vlasnika objekata vodoopskrbe, zaštite voda i dakako stanovništva.

KLJUČNE RIJEČI: *vodoprivreda, obnova, Svjetska banka, Hrvatska kreditna banka za obnovu, Hrvatska vodoprivreda, ratne štete, financiranje*

Urgent Reconstruction Project for the Croatian Water Resources Management Sector

ABSTRACT: *Reconstruction of the water supply, water protection and flood control structures damaged during the war was one of the priority tasks since the first days of the war, both for the Croatian Water Resources Management Authority and for the broader society, but it requests considerable financial means.*

The Republic of Croatia supported the regions affected by the war from the first days through various forms of urgent aid and grants, and by financing the projects through the loan released by the Croatian Credit Bank for Reconstruction.

Ivan Hromatko, dipl. inž. građ., Hrvatska kreditna banka za obnovu,
mr. sci. Miroslav Steinbauer, dipl. inž. građ., JVP "Hrvatska vodoprivreda",
Dubravka Mocos, dipl. inž. agr. oec., JVP "Hrvatska vodoprivreda"

Since summer 1994 the Urgent Reconstruction Project has been launched, financed partly by the funds from the loans granted by the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) and allotted for reconstruction and partly development of a number of water supply, water protection and flood control structures in the war-affected areas.

The Urgent Reconstruction Project plans reconstruction and construction of structures worth 200 million kunas (USD 40.2 million), wherefrom the IBRD loan is about KN 100 million (USD 20.0 million). Other means shall be provided by the Croatian Water Resources Management Authority from its own funds (about KN 60 million) and through the loan of the Croatian Credit Bank for Reconstruction (about KN 40 million).

The water resources management is particularly sensitive field and therefore the modest available means should be reasonably used, respecting the objective possibilities of the state budget, the Croatian Water Resources Management plc, and of the owners of the water supply and water protection structures and, naturally of the population.

KEY WORDS: *water supply, Reconstruction, International Bank for Reconstruction and Development, Croatian Credit Bank for Reconstruction, Croatian Water Resources Management Authority, war damages, financing*

Uvod

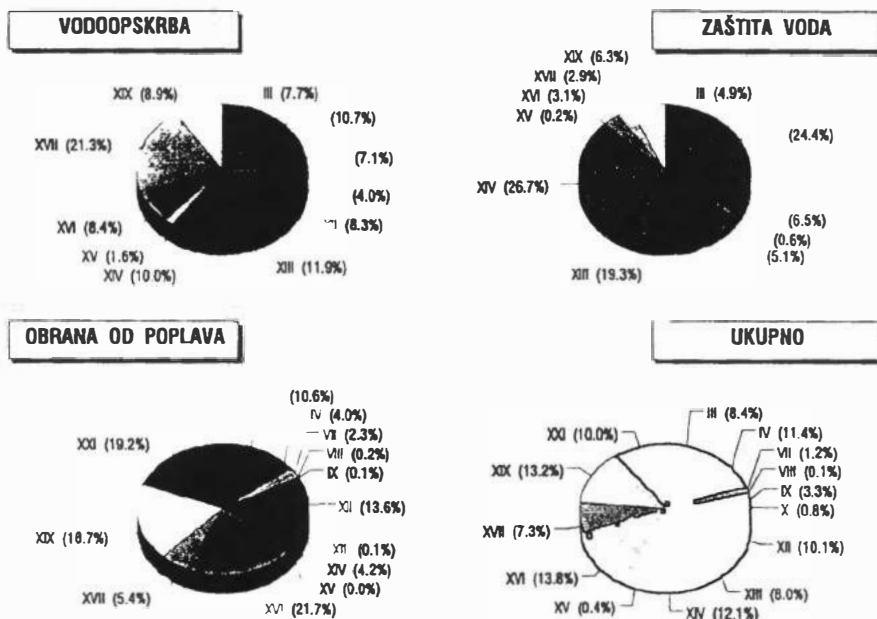
U domovinskome ratu uništeni su ili oštećeni brojni vodnogospodarski objekti u djelatnostima korištenja voda, zaštite voda i zaštite od štetnoga djelovanja voda.

Osobito naglašene štete registrirane su na objektima za vodoopskrbu stanovništva i industrije, na uređajima za pročišćavanje voda, te djelomično i na kanalizacijskim sustavima. Rušenjem mostova propusna moć vodotoka smanjena je, a oštećenja nasipa za obranu od poplava brojna su i evidentna duž cijele crte razdvajanja s neprijateljem. Ustave i brane za reguliranje protoke na kanalima i vodotocima oštećene su ili uništene. Funkcije pojedinih vodnogospodarskih sustava dovedene su u pitanje, a osobito je teška situacija u vodoopskrbi stanovništva, jer uz štete na objektima za zahvat vode, magistralnim cjevovodima, vodospremama i na distributivnoj mreži, pojedina značajna izvorišta vode ostala su na privremeno okupiranom području, tako da je cca. 290,000 stanovnika izravno bilo ugroženo nestašicom pitke vode.

Ratne štete na vodnogospodarskim objektima 1991. - 1994.

Na temelju Zakona o utvrđivanju ratnih šteta (Narodne novine br. 54/93) izvršen je popis i procjena ratnih šteta u djelatnostima vodoopskrbe, zaštite voda i obrane od poplave. Registrirane su samo direktne - fizičke štete na vodnogospodarskim objektima na slobodnim područjima Republike Hrvatske date po županijama u tablici 1 i na slici 1. Direktne štete su procijenjene na 359,151,123 kn (71.5 milijuna USD).

Tim podacima o štetama treba pridodati i indirektne štete u svim vodoprivrednim djelatnostima u periodu 1991. - 1994., kao i dodatne troškove izgradnje vodoopskrbnih objekata na zamjenskim izvorištima vode (zbog privremene okupacije postojećih), kako bi se dobila stvarna slika o ratnim razaranja i njihovim posljedicama u Hrvatskoj.



Slika 1: Registrirane ratne štete u djelatnostima vodoopskrbe, zaštite voda i obrane od poplave

Obnova u vodoprivredi Hrvatske

Republika Hrvatska od prvih je dana pomagala ratom zahvaćena područja raznim oblicima hitne i bespovratne pomoći kao i financiranjem projekata kroz zajmove Hrvatske kreditne banke za obnovu (HKBO). JVP "Hrvatska vodoprivreda" (JVP "HV") provodila je korištenje gore navedenih, kao i vlastitih sredstava, na temelju odluka Upravnog odbora i Državne uprave za vode.

Obnova u vodnome gospodarstvu Hrvatske obuhvaća sljedeće zadatke:

- sanaciju, popravak i izgradnju objekata vodoopskrbe na postojećim sustavima (crpne stanice, cjevovodi, vodospreme, uređaji distributivna mreža i sl.);
- izgradnju novih vodoopskrbnih objekata na zamjenskim izvorištima pitke vode (bunari, zahvatne građevine, crpne stanice, cjevovodi, vodospreme);
- sanaciju i dovršenje uređaja za pročišćavanje pitkih voda;
- sanaciju i dovršenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda naselja;
- sanaciju, dogradnju i dovršenje kolektora;
- sanaciju, popravak i rekonstrukciju oštećenih nasipa za obranu od poplava;
- sanaciju, rekonstrukciju ili izgradnju hidrotehničkih objekata (brane, ustave, crpne stanice);
- nabavku uništene, oštećene i potrebne opreme i strojeva u vodoprivredi i vodnogospodarskim objektima.

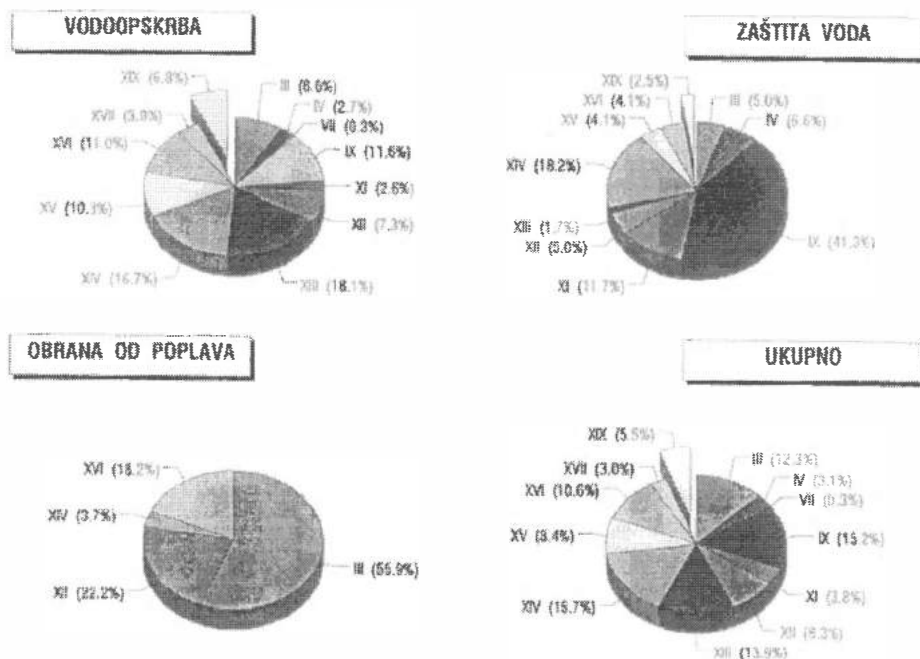
Izvori financiranja obnove ograničeni su na:

- vlastita sredstva korisnika akumulirana u JVP "Hrvatska vodoprivreda",
- kredite Vlade Republike Hrvatske, kroz HKBO i

– zajam Međunarodne banke za obnovu i razvoj (IBRD - 3760 HR) kao dio Projekta hitne obnove (PHO), kroz državni proračun.

U tablici 2 daje se pregled novčanih sredstava po županijama namijenjenih obnovi objekata vodoopskrbe, zaštite od voda i obrane od poplava na slobodnom području Hrvatske. Iznosi su dati u kunama, a sumarne vrijednosti i u američkim dolarima (USD).

Dosad realizirana (travanj 1995.) vlastita sredstva JVP "Hrvatska vodoprivreda", krediti HKBO-a i planirana financijska sredstva iz zajma Svjetske banke (IBRD) iznose 412.938.788 kn (82.217 milijuna USD) i prikazana su po vodoprivrednim djelatnostima i ukupno, odnosno po županijama, grafički su prikazani na slici 2 te u tablici 2.



Slika 2: Sredstva po vodoprivrednim djelatnostima i županijama

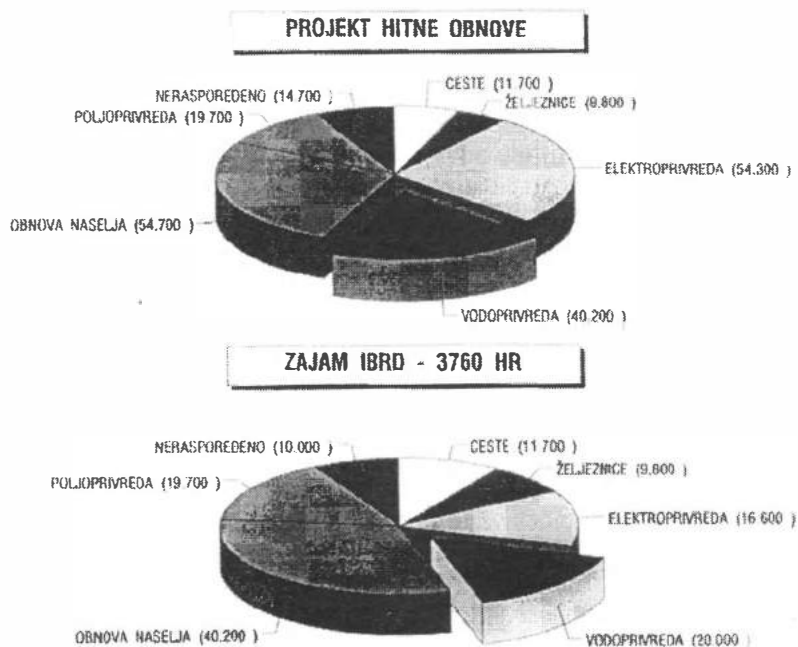
Procijenjene i iskazane štete (tablica 1) bile su osnovica za planiranje obnove i djelomično za razvoj vodoprivredne infrastrukture. Pomoć u obnovi pojedinih područja ili vodnogospodarskih objekata dali su i Hrvati iz dijaspore, međunarodne humanitarne organizacije, te inozemne državne i nedržavne institucije i organizacije. Iznosi te pomoći nisu prikazani u tablici 2.

Projekt hitne obnove i zajam IBRD - 3760 HR

Republika Hrvatska je tijekom 1992. godine zatražila pomoć Svjetske banke za financiranje obnove na ratom zahvaćenim područjima i to, za dio infrastrukture (ceste, elektroprivreda, vodoprivreda, željeznice), poljoprivredu i obnovu naselja. Svjetska banka je na osnovi prikupljenih podataka izradila Projekt hitne obnove i prihvatila financiranje najvećeg dijela toga projekta.

Sporazum o zajmu između Republike Hrvatske i Međunarodne banke za obnovu i razvoj (IBRD) potpisan je u lipnju 1994. godine, ratificiran na Zastupničkom domu Sabora 2. kolovoza 1994., a zajam je postao operativan 19. kolovoza 1994. godine.

Za provedbu toga projekta zaduženo je Ministarstvo financija Republike Hrvatske preko Direkcije za kredite Svjetske banke u Hrvatskoj kreditnoj banci za obnovu. Vrijednost Projekta hitne obnove je 205.3 milijuna USD, od čega IBRD kreditira 128 milijuna USD, a ostalo su vlastita sredstva korisnika zajma (slika 3).



Slika 3: Vrijednost odobrenih sredstva Projekta hitne obnove i Zajma za obnovu

Za komponentu "Vodoprivreda", izvršna agencija za realizaciju kredita je JVP "Hrvatska vodoprivreda".

U sklopu "Projekta hitne obnove" komponenta "Vodoprivreda" iznosi 40.2 milijuna USD, a financijska konstrukcija je sljedeća (slika 4):

kredit IBRD - 3760 HR	20.0 milijuna USD	50%
sredstva JVP "Hrvatska vodoprivreda"	12.0 milijuna USD	30%
kredit HKBO	8.2 milijuna USD	20%
UKUPNO	40.2 milijuna USD	

U komponenti "Obnova naselja" predviđen je dio sredstava za potrebe komunalnih vodnogospodarskih sustava:

kredit IBRD - 3760 HR	2.4 milijuna USD	73%
sredstva komunalnih poduzeća	0.9 milijuna USD	27%
UKUPNO	3.3 milijuna USD	

Sredstva Hrvatske vodoprivrede su bespovratna za krajnje korisnike, a ostali dio kredita vraća se po uvjetima koje je odobrilo Ministarstvo financija.

Područje Republike Hrvatske, na kojem se realizira Projekt hitne obnove, podijeljeno je na pet regija, a obuhvaća 26 općina, gradova kako je naznačeno na karti u prilogu 1.

Sjeveroistočna: Osijek, Vinkovci, Županja, Valpovo, Belišće, Đakovo;

Gornja-središnja: Karlovac, Slavonski Brod, Nova Gradiška, Našice
Pakrac - Lipik, Novska, Grubišno Polje, Ogulin, Sisak, Daruvar;

Donja-središnja: Baške Oštarije, Hrmotine, Gospić, Otočac, Pag;

Jugozapadna: Unešić, Šibenik, Zadar, Biograd n/m, Filip Jakov;

Južna: Dubrovnik.

"Projekt hitne obnove" obuhvaća ukupno 42 projekta, od toga iz djelatnosti vodoopskrbe 22, zaštite voda 14 i obrane od poplave 6, vezano uz ranije započete aktivnosti na obnovi vodoprivredne infrastrukture (slika 5).

Financiranja Projekta obnove po županijama kao i odnosi predviđenih novčanih sredstava za vodoopskrbu, zaštitu voda i obranu od poplave grafički su predstavljani na slici 6.

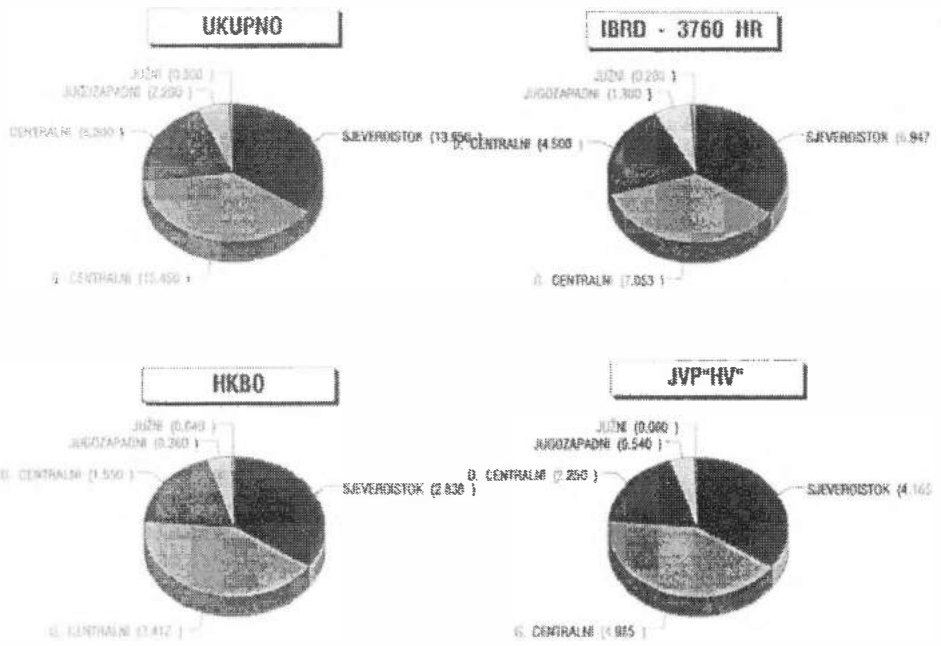
JVP "Hrvatska vodoprivreda" formirala je sredinom 1994. godine logistički tim za provedbu Projekta hitne obnove, koji treba u suradnji sa stručnjacima krajnjih korisnika realizirati taj projekt do konca 1996. godine. U kalendarskoj 1995. godini planirano je korištenje sredstava u iznosu od 22.9 milijuna USD.

Realizacijom toga projekta, u mnogim područjima poboljšat će se vodoopskrba i mogućnost gospodarenja i upravljanja postojećim sustavima i objektima, te stvoriti temeljno povoljniji uvjeti za očekivane razvojne projekte. Obnova i razvoj vodnogospodarskih objekata imaju primarnu važnost za stanovništvo i stoga im treba naći odgovarajuće mjesto u programima cjelovite obnove i u razvoju Hrvatske. Dosad preuzete kao i planirane obveze, otplate dugoročnih kredita značajno opterećuju financijske planove i tekuće poslovanje svih sudionika u obnovi Republike.

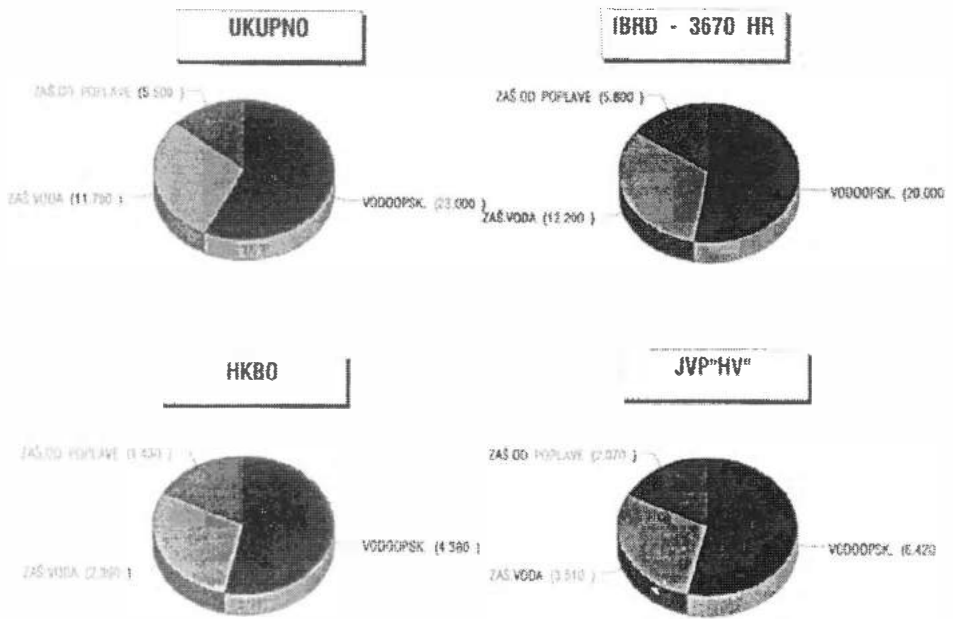
Stoga treba skromna raspoloživa vlastita sredstva racionalno planirati i trošiti, a u skladu s objektivnim mogućnostima državnog proračuna, JVP "Hrvatske vodoprivrede", vlasnika objekata vodoopskrbe i zaštite voda, te stanovništva.

Izvori podataka

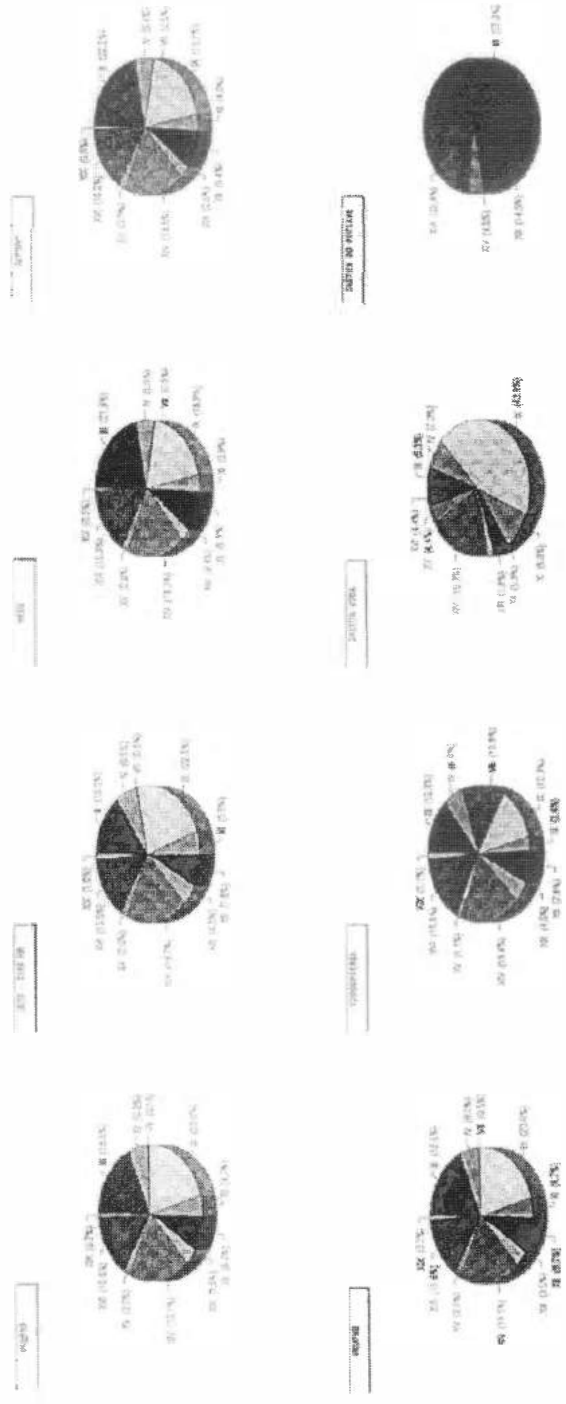
1. Osnove programa obnove i razvoja infrastrukture Republike Hrvatske, Ministarstvo obnove Republike Hrvatske, Ministarstvo financija i Hrvatska kreditna banka, Zagreb, siječanj 1992.
2. Izvješće o neposrednim ratnim štetama na zaštitnim vodoprivrednim objektima i objektima vodoopskrbe i komunalne odvodnje u razdoblju 1990. - 1993., Interna dokumentacija, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, kolovoz 1994.
3. Sporazum o zajmu (Projekt hitne obnove) između Republike Hrvatske i Međunarodne banke za obnovu i razvoj, Narodne novine br. 7/1994.
4. Emergency Reconstruction Project, (Technical Annex), The World Bank, Washington, May 27, 1994
5. Dokumentacija JVP Hrvatska vodoprivreda i Hrvatske kreditne banke za obnovu



Slika 4: PHO - Vodoprivreda, financiranje po regijama



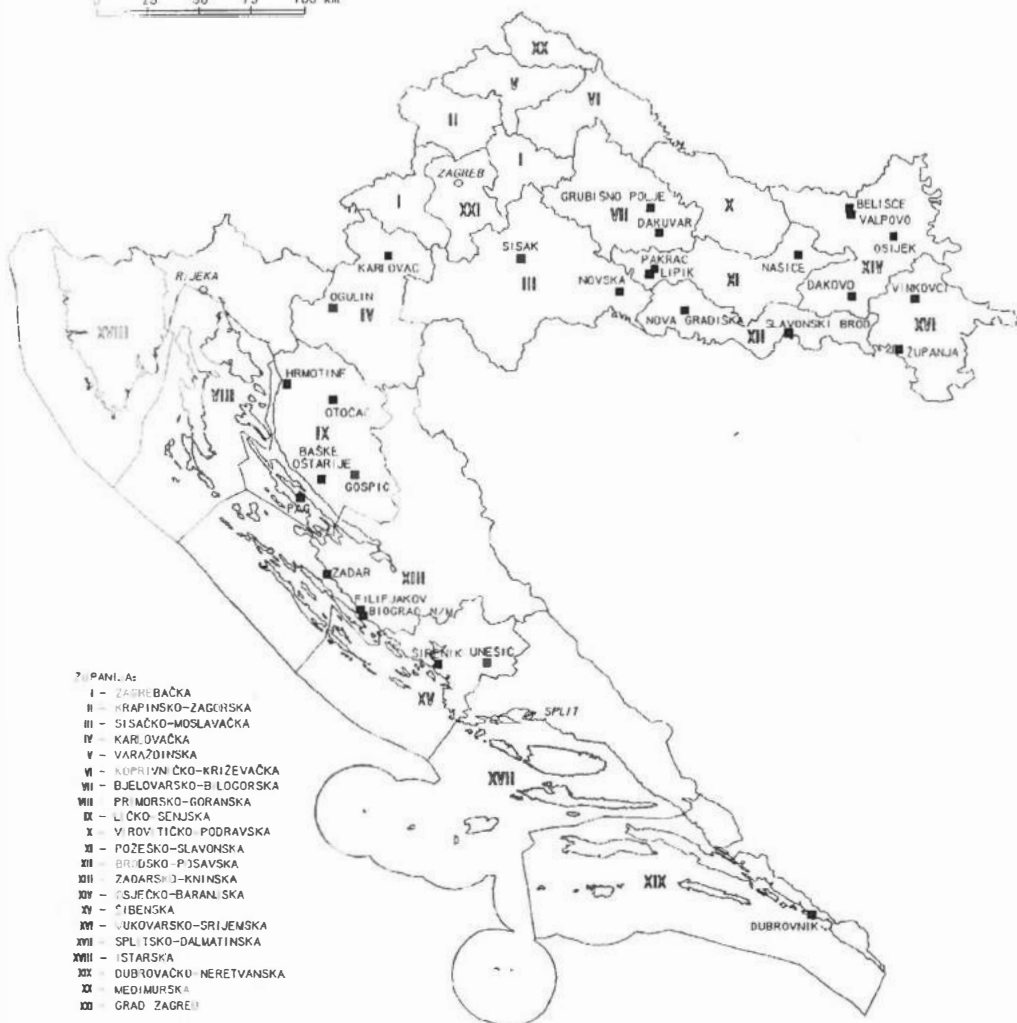
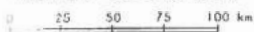
Slika 5: PHO - Vodoprivreda, financiranje po vodoprivrednim djelatnostima



Slika 6: Izvori financiranja i odnosi po vodoprirednim djelatnostima

PODRUČJA OBNOVE PREMA PROJEKTU HITNE OBNOVE U VODOPRIVREDI HRVATSKE

MJERILO 1:2 500 000



- Zemljani, A2
- I - ZAGREBAČKA
 - II - KRAPINSKO-ZAGORSKA
 - III - SISAČKO-MOSLAVAČKA
 - IV - KARLOVAČKA
 - V - VARAŽDINSKA
 - VI - KOPRIVNIČKO-KRIZEVAČKA
 - VII - BJELOVARSKO-BILOGORSKA
 - VIII - PRIMORSKO-GORANSKA
 - IX - LIČKO-SENJSKA
 - X - VIROVITIČKO-PODRAVSKA
 - XI - POZEŠKO-SLAVONSKA
 - XII - BREĐSKO-POSAVSKA
 - XIII - ZADARSKO-KRNIŠKA
 - XIV - ŠIBIČKO-BARANJSKA
 - XV - ŠIBENSKA
 - XVI - VUKOVARSKO-SRIJEMSKA
 - XVII - SPLITSKO-DALMATINSKA
 - XVIII - ISTARSKA
 - XX - DUBROVAČKO-NERETVANSKA
 - XXI - MEDIMURSKA
 - XXII - GRAD ZAGREB

KARTOGRAFSKI PRIKAZ
 ZAVOD ZA KARTOGRAFIJU
 GEODETSKI FAKULTET
 SVEDUČIŠTA U ZAGREBU
 P. Lović, N. Vučić, S. Franjo

PROJEKT HITNE OBNOVE U VODOPRIVREDI HRVATSKE

Prilog 1.

Tablica 1: PRIJAVLJENE ŠTETE PO DJELATNOSTIMA*

ŽUPANIJA		VODOOPSRBA	ZAŠTITA VODA	OBRANA OD POPLAVA	UKUPNO (kn)	UKUPNO (USD)
III	SISAČKO - MOSLAVAČKA Novska, Sisak	4,734,730	5,441,297	19,907,719	20,063,746	5,989,795
IV	KARLOVAČKA Duga Resa, Karlovac, Ogulin	6,555,780	26,845,919	7,495,442	30,897,141	8,142,786
VII	BJELOVARSKO - BILOGORSKA Bjelovar, Grubišno polje, Darugar			4,308,604	4,308,604	857,860
VIII	PRIMORSKO - GORANSKA Delnice			298,652	298,652	59,463
IX	LIČKO - SENJSKA Baške Oštarije, Hrmotina/Senj Gospić, Otočac, Pag	4,370,520	7,102,095	254,947	11,727,562	2,335,005
X	VIROVITIČKO - PODRAVSKA Orahovica, Podravska Slatina	2,440,207	608,231		3,048,438	606,956
XII	BRODSKO - POSAVSKA Nova Gradiška, Slavonski Brod	5,098,940	5,648,897	25,538,405	36,286,242	7,224,737
XIII	ZADARSKO - KNINSKA Biograd na moru, Zadar	7,284,200	21,200,684	134,758	28,519,642	5,698,282
XIV	OSJEČKO - BARANJSKA Belišće, Đakovo, Osijek, Valpovo	6,144,223	29,413,600	7,874,220	43,432,043	8,647,495
XV	ŠIBENSKA Drniš, Unešić, Šibenik	958,601	239,650	83,768	1,281,919	255,255
XVI	VUKOVARSKO - SRIJEMSKA Vinkovci, Županja	5,171,782	3,376,227	40,868,004	49,416,013	9,838,927
XVII	SPLITSKO - DALMATINSKA Imotski, Kaštela, Sinj, Solin, Vi	13,020,508	3,154,059	10,088,617	26,263,184	5,229,106
XIX	DUBROVAČKO - NERETVANSKA Dubrovnik, Lastovo, Metković	5,463,150	6,960,053	35,062,497	47,485,700	9,454,594
XXI	ZAGREB			36,002,159	36,002,159	7,168,175
UKUPNO (kn)		61,242,840	109,990,692	187,917,792	359,151,324	
UKUPNO (USD)		12,193,657	21,899,590	37,415,190		71,506,437

* podaci do 7.1994. godine

Tablica 1

PROJEKT HTNE OBNOVE U VODOPRIVRECI HRVATSKE

Prilog 2.

Tablica 2: PREGLED SREDSTAVA PO IZVORIMA I DJELATNOSTIMA*

ŽUPANIJA	VODOOPSKRBA				ZAŠTITA VODA				ZAŠTITA OD POPLAVA				UKUPNO (kn)	UKUPNO (USD)
	HV	HKBO	IBRD PHO	UKUPNO	HV	HKBO	IBRD PHO	UKUPNO	HV	HKBO	IBRD PHO	UKUPNO		
III SISAČKO - MOSLAVAČKA Novska, Sisak	7.088,965	9.382,726	9.542,750	28.014,442	904,050	602,700	1.506,750	3.013,500	8.124,746	8.191,190	4.002,933	20.318,869	48.348,510	9.825,149
IV KARLOVAČKA Duga Resa, Karlovac, Ogulin	2.059,225	1.456,525	4.520,250	8.036,000	1.205,400	803,600	2.009,000	4.018,000					12.254,000	2.400,000
VII BJELOVARSKO - BITUGORSKA Bjelovar, Grubišno polje, Daruvar	301,350	200,900	502,250	1.004,500									1.004,500	200,000
IX LIČKO - SENJSKA Baške Oštarije, Hrmotina/Senj, Gospić, Otočac, Pač	8.099,482	17.572,713	10.547,250	36.219,445	7.734,850	5.323,850	12.054,000	25.112,500					61.237,653	12.211,438
XI POŽEŠKO - SLAVONSKA Našica, Pakrac-Lipik, Požega	1.688,785	3.218,482	3.013,500	7.920,766	2.053,065	2.825,550	2.511,250	7.389,865					15.310,651	3.048,408
XII BRODSKO - POSAVSKA Nova Gradiška, Slavonski Brod	5.804,113	11.528,685	5.524,750	22.857,548	904,050	602,700	1.506,750	3.013,500	2.827,186	4.736,221	783,510	8.346,897	34.217,945	6.812,931
XIII ZADARSKO - KNINSKA Bilograd na moru, Zadar	13.398,812	41.447,840	4.018,000	58.864,253	301,350	200,900	502,250	1.004,500					59.868,753	11.920,110
XIV OSJEČKO - BARANJSKA Belišće, Đakovo, Osijek, Valpovo	13.766,125	24.993,484	13.058,500	51.818,109	3.264,825	2.280,125	5.524,750	11.049,500	75,336	50,226	1.192,844	1.318,406	60.195,018	12.779,694
XV ŠIBENSKA Drniš, Unešić, Šibenik	7.762,561	25,071.603	1,004,500	33,838,663	904,050	602,700	1,004,500	2,511,250					36.348,913	7,237,414
XVI VUKOVARSKO - SRIJEMSKA Vinkovci, Županja	10,247,699	13,700,680	9,542,750	33,491,129	602,700	401,800	1,506,750	2,511,250	1,406,300	994,455	4,085,714	6,486,469	42,688,748	8,455,719
XVII SPLITSKO - DALMATINSKA Imotski, Kaštela, Sinj, Solin, Viš	3,004,733	10,015,775		13,020,508									15,020,508	2,592,436
XIX DUBROVAČKO - NERETVANSKA Dubrovnik, Lastovo, Metković	5,139,732	17,132,438		22,272,170	301,350	200,900	1,004,500	1,506,750					23,778,920	4,734,479
UKUPNO (kn)	78,361,381	175,721,652	61,274,500	315,357,532	15,175,290	13,824,825	25,130,500	41,130,615	12,433,660	19,972,091	10,048,000	34,466,841	412,938,788	
UKUPNO (USD)	15,602,067	34,996,689	12,200,000	62,788,956	3,618,774	2,752,578	5,800,000	12,171,352	2,475,570	2,781,900	2,000,000	7,257,470		62,217,278

* podaci do 1.4.1995. godine

Tablica 2

Tema 2.
PROSTORNO UREĐENJE I
GOSPODARENJE VODAMA



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Ognjen Bonacci

R 2-01

Primjena koncepta determinističkoga kaosa prilikom analize vodnih resursa

SAŽETAK: U radu se iznose osnovni principi i daju objašnjenja pojmova vezanih uz teoriju determinističkoga kaosa. Objašnjavaju se nazivi kao što su fraktal, efekt leptira, samosličnost, efekt mjerila. S aspekta vodnih resursa i hidrologije, iznose se rezultati radova vezanih uz pojam fraktalne dimenzije i njene primjene kod objašnjavanja konkretnih hidrotehničkih problema kao što su razvoj riječne mreže, razvoj geometrije spiljskih krških sustava itd. Rad ima cilj da stručnoj javnosti približi široko primjenjivan znanstveni koncept moderne fizike sustavno započet radovima Mandelbrota prije manje od trideset godina. Objašnjen je postupak određivanja duljine nepoznatoga dijela krških podzemnih kanala primjenom koncepta fraktala.

KLJUČNE RIJEČI: leptir efekt, samosličnost, fraktal, riječna mreža

Application of Deterministic Chaos Concept for Water Resources Analyses

ABSTRACT: The paper describes basic principles and explains the terms related to the deterministic chaos theory. The terms such as fractal, butterfly effect, self similarity, scale effect are explained. With respect to the water resources and hydrology, the results are presented of the studies related to the concept of fractal dimension and its application in explanation of concrete hydrotechnical problems such as the river network development, development of pothole karst system geometry, etc. The paper is intended to present to the professional circles a widely applied scientific method of modern physics which was systematically initiated in the works of Mandelbrot some thirty years ago. The procedure is described for determination of the unknown part of the underground karst canals by use of fractal.

KEY WORDS: butterfly effect, self similarity, fractal, river network

1. Uvod

Paar (1) iznosi mišljenje brojnih znanstvenika da je primjenom koncepta determinističkoga kaosa započeta treća znanstvena revolucija u fizici 20. stoljeća. Prva je bila vezana uz otkriće teorije relativnosti, a druga uz otkriće kvantne fizike. Cilj je ovog rada da širu znanstvenu i stručnu javnost, posebno iz građevinske struke, upozna s osnovnim postavkama te teorije. Usto se željelo ukazati na činjenicu da je koncept determinističkoga kaosa danas prisutan u hidrologiji i upravljanju vodnim resursima. Postoje brojni dokazi da je on, iako ne pod ovim nazivom, odavno prisutan u spomenutim, ali i u drugim znanstvenim disciplinama.

Taj proces, ako i nije prethodio onome iz područja teorijske fizike, barem je rastao paralelno s njim. Koncept determinističkoga kaosa u teorijsku je fiziku ušao iz drugih bližih ili daljih znanstvenih disciplina (npr. iz meteorologije i zoologije) više slučajno nego sustavno [Lopac (2)].

Koncept determinističkoga kaosa otkriven je zaslugom moćnih elektroničkih računala koja su omogućila ispitivanje ogromnog (praktično neograničenog) broja varijanti, a za njegov se razvoj neprocjenjivu ulogu odigrala je računalna grafika koja je omogućila uočavanje samoorganizacije i samosličnosti u ponašanju dinamičkih sistema. Danas se još uvijek svi uočeni slučajevi samoorganizacije i samosličnosti ne mogu do kraja objasniti, ali je izvjesno da su oni prisutni kako u teorijskim razmatranjima tako i u prirodnim pojavama.

Teorija kaosa jednako se odnosi na teorijsku fiziku kao i na sociološke, političke ili inženjerske procese koji se razvijaju u prostoru i vremenu. Iako vrlo mlada, ona je našla brojne primjene u najširem spektru znanstvenih, ali i praktičnih disciplina. Riječ je o novoj znanosti koja nudi put uočavanja reda i uzročno-posljedičnih veza tamo gdje se prije smatralo da postoji samo slučaj, hirovita nepravilnost, nepredvidivost, ili, kraće rečeno, kaos. Sve brojnija istraživanja u najrazličitijim znanstvenim disciplinama sve češće ukazuju da donedavno tajanstveni i neobjašnjivi tipovi kaosa predstavljaju fasadu visoko organizirana reda. Kad se u fizičke ili društvene procese zađe dublje, moguće je sagledati da se iza njih prikriva visoko organiziran red. Zbog toga se sve češće pojmu kaos dodaje pridjev deterministički. Uočeno je da se kaos i red ne isključuju. Naprotiv, ta dva, na prvi pogled nepomirljiva pojma, prožimlju se stvarajući potpuno nove mogućnosti rješavanja složenih, dinamičkih, nelinearnih problema. Takvim pristupom teorija determinističkoga kaosa potpuno razbija granice među znanstvenim disciplinama koje su se donedavno smatrale strogo razdvojenim. Uočavanjem univerzalnih ponašanja u najrazličitijim područjima prirodnih, društvenih, teorijskih i aplikativnih znanosti pod znak se pitanja dovodi koncepcija uske specijalizacije, a promovira se multidisciplinirani-i inter-disciplinarni koncept rješavanja problema.

Iako su početci proučavanja kaosa i njegove današnje metode zasnovane na primjeni složene matematike, kaos je znanost svakodnevnih problema. Do određenih rješenja moguće je doći i bez upotrebe komplicirana matematičkoga aparata, nedostupna ne samo laicima, već i ozbiljnim znanstvenicima koji nemaju dovoljno obrazovanja u toj fundamentalnoj disciplini. U vezi s matematikom Dyson (3) navodi sljedeće razmišljanje: "Priroda se šali s matematičarima. Matematičari 19. stoljeća patili su od nedostatka mašte, ali priroda nije. Iste "patološke" strukture koje su matematičari tada izmislili s ciljem da se otrgnu od naturalizma 19. stoljeća vratile su se kao nerazdvojni svakidašnji predmeti koji nas okružuju."

Prožimanje kaosa i reda svakodnevno je uočljivo. Nastavno će se navesti samo nekoliko primjera: 1. Nastanak, razvoj i raspadanje sustava oblaka; 2. Razvoj riječne mreže; 3. Fluktuacija pojedinih životinjskih vrsta tijekom vremena; 4. Zakonitosti nastanka i završetaka sukoba (ratova) među pojedinim ljudskim zajednicama; 5. Formiranje i raspadi državnih tvorevina itd.

Bitna karakteristika koju je teorija kaosa unijela, ili bolje rečeno potvrdila, vezano uz znanstvena istraživanja neophodnost je tretiranja problema ili sustava kao cjeline. Takvim pristupom moguće je uočiti postojanje niza interakcija na koje se ne bi naišlo ukoliko bi se problem ili sustav analizirao polazeći od osnovnih sastavnih djelova, dakle na principima znanstvenog redukcionizma [Paar (1)].

Ford (4) navodi da je tijekom prošlih stoljeća kaosom označavana svaka nezgoda od najbezazlenijega raskalašena ponašanja na javnome mjestu do katastrofalnih potresa.

Uistinu, nekontroliran kaos može biti užasna stvar. Usprkos tome, kaos ima još jedno šarmantno i fascinirajuće lice koje se može usporediti s očaravajućom nepredvidljivošću plamenova koji plešu iznad gorućega trupca, hipnotizirajućim varijacijama vizualnih obrazaca koje stvaraju valovi lomeći se na obali, nevjerojatnom varijabilnošću oblika koji razbuktavaju maštu kada se bijeli oblaci kreću na plavome nebu. Kaos je dinamična sloboda nesputana od reda i predvidljivosti. On dopušta sistemu da slučajno istražuje sve svoje dinamičke mogućnosti. Radi se o uzbudljivim raznolikostima bogatstva izbora, izobilju mogućnosti. Ford (4) postavlja pitanje: "Kako je moguće ubrati plodove takovog željenog bogatstva a da se usput ne požanju i za život opasni elementi sadržani u kaosu? Da li se možemo odvažiti na san o korisnoj upotrebi slučajnosti kaosa u cilju stvaranja reda? Odgovor se nalazi u izučavanju prirode."

Zanimljivo je razmotriti pitanje: "Koliko je koncept determinističkoga kaosa doista nov?" Kao i kod svih drugih otkrića, ni to nije nastalo odjednom i ni od kuda. Gleick (5) navodi da je francuski fizičar i matematičar J.H. Poincaré, razmatrajući dinamičke sisteme krajem 19. i početkom 20. stoljeća, jasno definirao neke danas bitne karakteristike kaosa, a prije svega pojam osjetljivosti na početne uvjete, o čemu će kasnije biti detaljnije govora. Uvodno je zanimljivo postaviti i nešto drugačije pitanje kao što je: Jesu li u hidrologiji i izučavanju vodnih resursa korišteni principi teorije determinističkog kaosa, a da o postojanju te teorije nije bilo nikakvih spoznaja? I ovdje je odgovor pozitivan. Hidrologija i na njezinim načelima razvijeno izučavanje vodnih resursa u biti se bavi složenim, dinamičkim, nelinearnim prirodnim pojavama vezanim uz režim voda u atmosferi na površini i pod površinom. Upravo je to područje puno prethodno opisanih kaotičnih pojava. Jedan je od najočiglednijih primjera formiranje otvorenih tokova i njihov razvoj tijekom vremena. Još krajem 19. stoljeća započeta su eksperimentalna istraživanja kojima je ustanovljeno da u tom kaosu ipak vlada strogi red. Danas su istraživanja na tom području znatno intenzivirana uvođenjem metoda i spoznaja iz ostalih znanstvenih disciplina, a posebno iz fizike determinističkoga kaosa.

2. Osnovni pojmovi teorije determinističkoga kaosa

Deterministički se kaos javlja u slučajevima kad su jednadžbe gibanja ili razvoja nelinearne. Pritom se ne radi o nekim posebno kompliciranim izrazima, već o onim najjednostavnijim čiji oblik može glasiti [Lopac (2)]:

$$y_t = c (y_{t-1} - y_{t-1}^2) \quad (1)$$

gdje je y_t razvoj pojave u trenutku t , y_{t-1} razvoj iste pojave u prethodnome trenutku $t-1$, c parametar procesa. Vremenska ili prostorna jedinica na kojoj se zasniva analiza stvar je izučavana procesa te može iznositi dijelove sekunde ili milimetra ili stotine, pa i tisuće godina ili kilometara. Variranjem se vrijednosti parametra procesa c za vrlo male veličine npr. za samo 1 %, razvoj procesa mijenja od pravilna cikličkoga do nepredvidiva kaotičnoga vremenskoga ili prostornoga niza. Kao primjer može poslužiti slika 1 na kojoj se vidi bitno različit razvoj procesa u ovisnosti o promjeni koeficijenta c iz jednadžbe 1. Napominje se da su analize koristile biolozima za objašnjavanje razmnožavanja kukaca (npr. skakavaca) u različitim godinama. Poznato je da se jedne godine kukci pojavljuju u golemim količinama, dok ih drugih godinu dana ima ili malo ili se čak ne pojave na analiziranu prostoru. Nije nerazumno razmisliti na ovaj način o pojavi poplava i suša u određenim regijama. Prethodno objašnjen i ujedno krajnje pojednostavljen pristup ukazao je na činjenicu da se prilikom svih nelinearnih procesa pravilnost i kaos izmjenjuju suptilno, moglo bi se reći na pravilan način. Analizama treba ustanoviti zakonitost pravilnosti izmijene.

Jedna je od osnovnih značajki determinističkoga kaosa osjetljivost na početne uvjete. Radi se o izvanredno velikoj ovisnosti razvoja nelinearnih procesa o minimalnim promjenama početnih uvjeta. Konkretnije rečeno, mala (diferencijalna) promjena početnoga položaja ili brzine čestice proizvodi bitno različit razvoj procesa u prostoru i/ili vremenu, što izaziva bitno različite posljedice. Ta je pojava konkretno uočena u meteorologiji, a kasnije je dokazano njezino postojanje u kinetici kemijskih reakcija, teoriji turbulentnoga kretanja fluida, varijacijama cijena na burzama itd. Primjena složenih nelinearnih programa prognoze vremena uz korištenje moćnih računala ukazala je na neslućene razmjere osjetljivosti na početne uvjete. Pokazalo se da neznatna promjena veličine ulaznoga podatka (npr. tlaka zraka od 1030,0000 mb na 1030,0007 mb) može bitno izmijeniti konačan izlazni rezultat, dakle prognozu vremena. Sistem mjerenja, kao i osjetljivost mjernih instrumenata, ograničeni su te nas stoga snabdijevaju s ograničeno točnim podacima. Pokazalo se da takvi podaci nisu dovoljni za vrlo osjetljive nelinearne modele. Kao direktna posljedica osjetljivosti na početne uvjete razvio se pojam leptir efekta. Slikovito objašnjenje obično se daje na sljedeći način. Udarac leptirovih krila izaziva gibanje zraka na nekom mikrolokalitetu, što potencijalno može izazvati nesrazmjerne posljedice u zračnim strujanjima i promjeni klime na mjestu udaljeno stotinama kilometara. Na neki način osjetljivost na početne uvjete, leptir efekt ili mali uzrok velike posljedice ukazuju, ako ne na nemogućnost, a ono bar na razloge visoke nepouzdanosti vremenskih prognoza.

Leptir efekt izazvao je u modernoj fizici mnogo dublje posljedice nego što se to u prvi čas moglo pretpostaviti. Otvoren je put za nov način razmišljanja i pristupa problemima. Eksperimentalna istraživanja počela su se gledati na nov način. Kao primjeri koji su u tom smislu bili posebno poticajni, često se spominju sljedeće: 1. Pojave i oblici na površini fluida prilikom njezinog kretanja u najrazličitijim prostorima; 2. Oblici oblaka; 3. Prijelaz tvari iz tekuće u kristalnu fazu; 4. Razvoj riječnih korita, osobito meandriranje rijeka; 5. Gibanje velikih lančastih molekula u polimernim materijalima; 6. Razvoj listova i grana; 7. Rast koralja; 8. Razvoj jama i kanala u kršu itd. Nov pristup analizi spomenutih procesa sugerirao je da je razlika između "jednostavnoga" i "kompleksnoga" kao i "reda" i "nereda" mnogo manja nego se to u prvi čas i na osnovi dosadašnjih načina rješavanja problema mislilo. Uočeno je da priroda ima svoju geometriju čije su osnovne karakteristike samoorganizacija i samosličnost ili unutarnja sličnost. U uvodu spomenute "patološke strukture" koje su matematičari 19. stoljeća stvarali bez nekoga pravog smisla i cilja u posljednje vrijeme definirane su kao fraktali. Riječ je o objektima čija se svojstva mogu teško ili ne mogu uopće svrstati i opisati euklidskom geometrijom na koju smo navikli. Lopac (6) fraktale definira kao geometrijske objekte, tj. skupove točaka čije se koordinate dobiju ponavljanjem (iteracijom) jednoga te istoga postupka za redom nebrojeno puta. Zbog toga je slika koja se dobije kada se uveća jedan dio fraktalnoga objekta slična ovoj od koje se krenulo. Ovo načelo vrijedi u svakome stupnju uvećanja, a osnovica je za postojanje spomenute karakteristike samoorganizacije, samosličnosti ili unutarnje sličnosti fraktala.

Pojam fraktala u modernu je fiziku, ali i mnogo šire u svakodnevni život, uveo Mandelbrot (7). Izvedena je iz latinske riječi *fractus* koja je pridjev prema *frangere*, a ima značenje engleskog glagola *to break* što bi se na hrvatski moglo prevesti kao *lomiti, skrhati, razbiti* [Jürgens i sur. (8)]. Osnovno djelo u kojemu je dana potpuna definicija fraktala objavio je Mandelbrot (9) 1983. godine. Fraktal predstavlja mnogo više od matematičke razbibrige ili rijetkosti. On nudi krajnje kompaktnu metodu za opisivanje objekata i oblika. Fraktalna geometrija mnogo uspješnije opisuje prirodne oblike od euklidske geometrije. Suglasje između fraktala i determinističkoga kaosa

nije slučajno, već predstavlja duboko ukorijenjen međuodnos. Geometrija fraktala ujedno je i geometrija kaosa [Jürgens i sur. (8)].

Osnovna je i potpuno nova karakteristika fraktala tzv. fraktalna dimenzija. Dok euklidska geometrija poznaje bezdimenzionalne, jedno-, dvo- i trodimenzionalne elemente i oblike, fraktali imaju dimenzije koje ne moraju biti cijeli brojevi. Fraktalna dimenzija D definirana je sljedećim izrazom:

$$D = \frac{\log N}{\log (1/r)} \quad (2)$$

pri čemu je N broj manjih dijelova (dužina, kvadrata, koraka itd.) potrebnih da se prekrije cijeli analiziran objekt, r duljina pojedinoga dijela. Prethodni se izraz može pisati i na drugi način:

$$N r^D = 1 \quad (3)$$

Fraktali i fraktalne strukture neovisne su o mjerilu (scaling concept) što uzrokuje prethodno spomenutu samosličnost.

3. Primjena koncepta determinističkoga kaosa prilikom analize vodnih resursa

Primjena koncepta determinističkog kaosa naglo se razvija na području analize vodnih resursa. Ona je izvršila snažan utjecaj na razvoj novih pravaca kod tzv. geostatističkih metoda. Direktan je poticaj i ovoga puta došao od Mandelbrota (10) koji je još 1975. godine diskutirao o stohastičkim modelima reljefazemlje, obliku i fraktalnoj dimenziji linije morske obale, te o broju i površini otoka. Kod toga je ukazao na značajan utjecaj veličine tetive preko koje se vrši mjerenje duljine krivulje (npr. linije obale) između dvije točke. Primjer je prikazan na slici 2, a odnosi se na određivanje duljine krivulje između točaka A i B s tangentama različite duljine t . Najkraća je spojnica pravocrtna čija duljina iznosi 17,7 cm. Sa smanjenjem duljine tangente na $t=0,5$ cm duljina krivulje popela se na 56,3 cm. Očigledno je da s kraćenjem tetive raste duljina krivulje. Kod toga bitnu ulogu ima i mjerilo u kojem je krivulja nacrtana.

Treba ipak naglasiti da je koncept determinističkoga kaosa, a time i fraktala, bio prisutan i prije u hidrologiji i znanostima koje se bave vodenim resursima. Još 1932. Horton (11) je primijetio pravila i načela u razvoju riječne mreže u prirodi te ih je opisao nizom analitičkih izraza. Pokazalo se da je time započeta nova era u istraživanjima tzv. koncepta riječne geomorfologije [Bras (12)] koji je potpuno sukladan teoriji determinističkoga kaosa, a posebno s pojmovima samosličnosti i fraktala. Iz toga bi se moglo zaključiti da su znanstvenici i davno prije definiranja teorije kaosa osjećali da ona postoji, te čak i rješavali neke probleme na njezinim načelima, a bez spoznaje o njezinom postojanju.

Tarboton i sur. (13) ustanovili su da fraktalna dimenzija riječne mreže D iznosi približno 2. Brojnost radova koji se bave problematikom fraktalne prirode vodotoka, samosličnosti riječne mreže, vezi Hortonovih zakona i fraktalne analize, kao i općom primjenom teorije kaosa na području vodnih resursa u nezaustavljivu je porastu. Pri tome treba naglasiti da se u ovom trenutku naglo razvija teorija, ali da su praktične inženjerske primjene još uvijek dosta rijetke. Međutim, stvar je vrlo kratkoga vremena da se danas razvijena teorija pretoči u korisne aplikacije.

Nastavno će se opisati primjena koncepta fraktala kod određivanja duljine nepoznatih podzemnih krških kanala. Cilj je ovoga opisa da se čitaocu ukaže na mogućnost

primjene teorije kaosa u inženjerskim aplikacijama. Ideja je preuzeta iz rada Šušteršiča (14) odakle su uzeti i numerički podaci.

Na slici 3 dana je skica istraženih (od točke a do b) te neistraženih (od A do a te od b do B) podzemnih kanala u kršu. Potrebno je procijeniti ukupnu duljinu podzemnih krških kanala, L_t od ponora A do izvora B korištenjem podataka dobivenih s istraženog dijela. Za obavljanje te zadaće postoji više metoda. Najjednostavnije bi bilo koristiti postupak proporcionalnosti definiranim izrazom 4:

$$L_t = (L_o/l_o) l_t \quad (4)$$

kod čega su L_o i l_o najkraće (pravocrtne) spojnice između točaka A i B te točaka a i b (vidi sliku 3); dok je l_t duljina istraženoga dijela podzemnih krških kanala u funkciji duljine sekante t . Drugi postupak, koji dalje neće biti primijenjen, može biti zasnovan na primjeni koeficijenta vijugavosti ili razvedenosti. U ovome će se radu prikazati postupak tipičan za teoriju determinističkoga kaosa zasnovan na primjeni koncepta fraktala.

Richardson (15) je još 1961. razvio metodu koja je danas našla široku primjenu kod analize fraktala. U tablici 1 dane su duljine istraženoga dijela krških podzemnih kanala k_i u kršu u području od Trsta do Rijeke u ovisnosti od duljine sekanti t_i . Mjerenja su vršena po osi podzemnih krških kanala, a podaci su preuzeti od Šušteršiča (14). Na slici 4 nacrtane su u koordinatnom sustavu $\log t$ (apscisa) - $\log k$ (ordinata) navedeni parovi vrijednosti iz tablice 1. Ta se krivulja (u $\log - \log$ sustavu pravac) naziva Richardsonovom (15) krivuljom, a njezin analitički izraz glasi:

$$\log k = a \log t + b \quad (5a)$$

ili

$$k = B t^a \quad (5b)$$

gdje je $B = 10^b$. Istraživači teorije determinističkoga kaosa ustanovili su da parametar a ima karakteristiku fraktalne dimenzije D te da vrijedi izraz:

$$D = 1 - a \quad (6a)$$

ili

$$a = 1 - D \quad (6b)$$

Tablica 1 Duljina osi istraženoga dijela podzemnih krških kanala k_i u ovisnosti o duljini sekante t_i u širem području krša od Trsta do Rijeke [Šušteršič (14)].

Lenght of axis of investigated conduit k_i in function of secant lenght t_i for karst region from Trieste to Rijeka [Šušteršič (14)].

Red. br.	t_i [m]	k_i [m]
1.	5	1071,0
2.	10	996,0
3.	20	973,0
4.	50	964,5
5.	100	920,0
653 = t_0 = k_0 = 653		

Iz toga, koristeći se podacima danim na slici 4, proizlazi da je fraktalna dimenzija krivulje koju formira os izučavana krškoga sustava $D = 1 - (-0,08006) = 1,08006$.

Da bi se odredila ukupna duljina podzemnih krških kanala, potrebno je samo pretpostaviti da su fraktalne karakteristike istražena i neistražena dijela podzemnoga krškoga sustava identične, što izgleda potpuno prihvatljivo. Ako ta pretpostavka vrijedi, i tada se do ukupne duljine krških podzemnih kanala između točaka A i B (ponora i izvora na slici 3) može doći ucrtavanjem paralelne krivulje b s krivuljom a, s tim da je njena jedna poznata točka $T_0 = K_0 = 13140$ m, dakle najkraća udaljenost između ponora i izvora. U daljnjem se toku rada može prići određivanju duljine cijeloga krškoga sustava od ponora do izvora L_t u ovisnosti o duljini sekante t . Očitavanje se može izvršiti s krivulje kako je to učinjeno na slici 4, ali je moguće uporabiti i sljedeći izraz:

$$L_t = t^k T_0^D \quad (7)$$

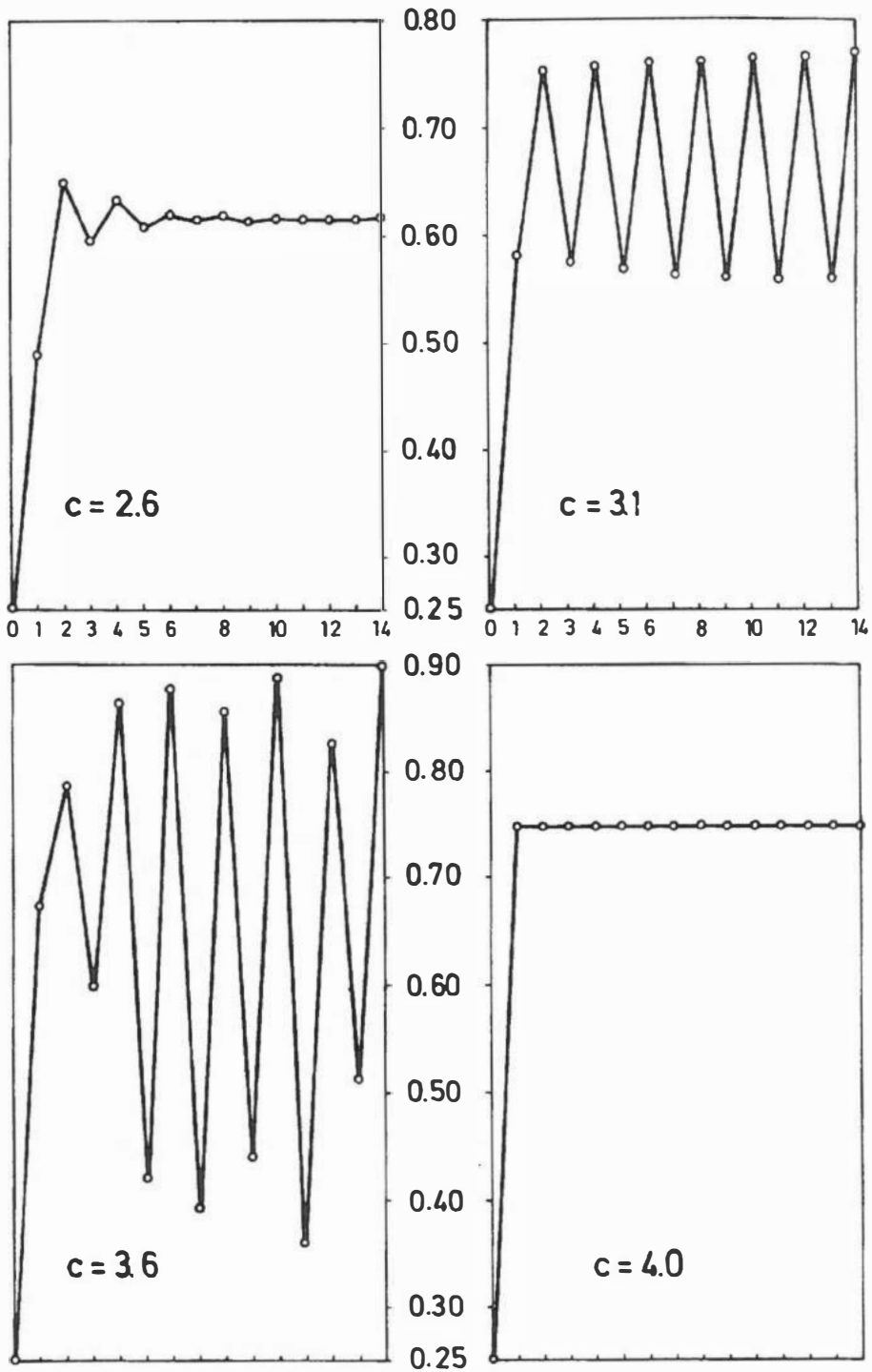
u kojem su svi parametri već prethodno objašnjeni. Izraz je razvijen provlačenjem pravca kroz jednu točku ($T_0 = K_0$) i usvajanjem koeficijenta nagiba pravca k , istoga kao i u slučaju Richardsonova pravca (krivulje) a razvijena za istraženi dio sustava. U cilju usporedbe različitih duljina krškoga podzemnog sustava dobivenih principom proporcionalnosti i primjenom koncepta fraktala, u tablici 2 dane su izračunate duljine L_t u ovisnosti o duljini sekante t . Uočava se da su duljine određene konceptom fraktala uvijek veće od onih dobivenih na principu proporcionalnosti te da im se razlika smanjuje s produljenjem sekante. Čini se da je duljina sekante od 5 m razumno mjerilo te da nema potrebe da se ide na manje vrijednosti.

Navedeni primjer nije imao za cilj pokazati prednost primjene koncepta fraktala. Jedini mu je zadatak bio da ukaže i na taj, u načelu nov način razmišljanja o problemima. Je li on bolji od drugih pristupa i koliko je fizički osnovaniji tek će se vremenom i obimnim radom dokazati ili demantirati.

Tablica 2 Ukupne duljine osi krškoga sustava izračunate primjenom dviju opisanih metoda za različite duljine sekanti t .

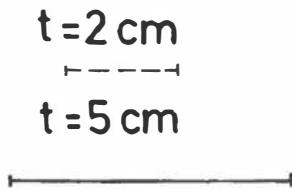
Full lengths axis of karst conduits defined using two explained methods for different secant lengths t .

R. br.	DULJINA TANGENTE t [m]	UKUPNA DULJINA OSI SUSTAVA IZRAČUNATA		
		KONCEPTOM FRAKTALA $1L_t$ [m]	NAČELOM PROPORCIONALNOSTI $2L_t$ [m]	$\Delta L_1 = 1L_t - 2L_t$ [m]
1.	5	24665	21551	3114
2.	10	23334	20042	3292
3.	20	22074	19579	2495
4.	50	20513	19408	1105
5.	100	19405	18513	892



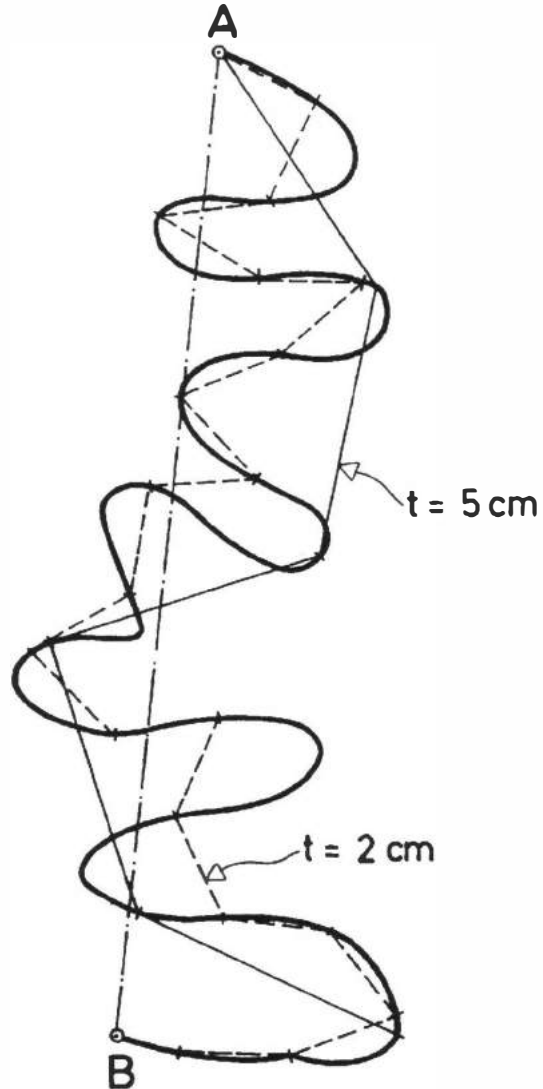
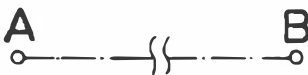
Slika 1 GRAFIČKI PRIKAZ JEDNADŽBE 1 ZA RAZNE VRIJEDNOSTI KOEFICIJENATA c - GRAPHICAL PRESENTATION OF EQ. 1 FOR DIFFERENT VALUES OF COEFFICIENT c

DULJINA	
SEKANTE	KRIVULJE
t	L_{A-B}
[cm]	[cm]
0.5	56.3
1.0	48.2
1.5	45.6
2.0	39.3
5.0	30.0

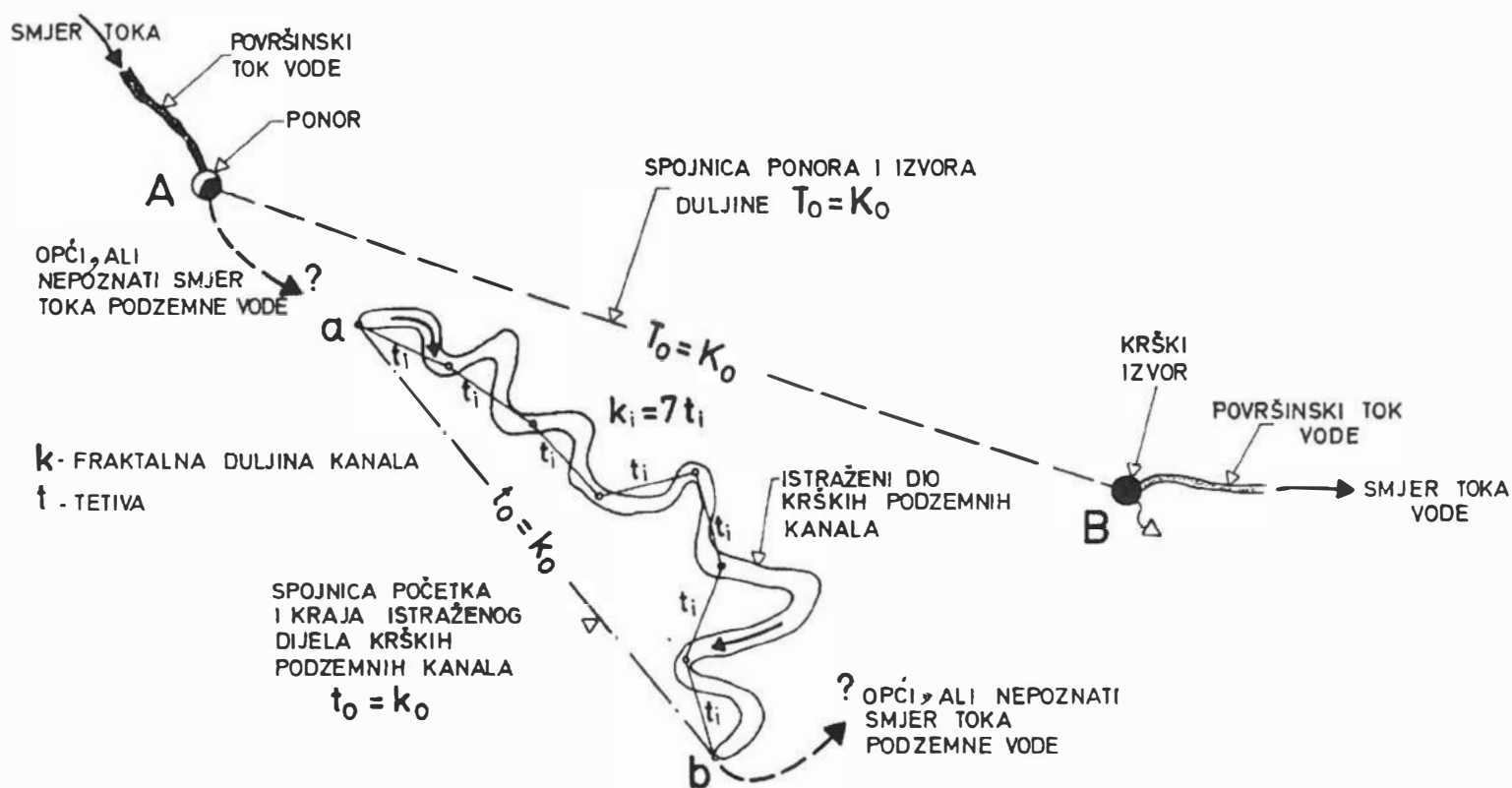


DULJINA NAJKRAĆE
SPOJNICE OD A DO B

$$\min L_{A-B} = 17,7 \text{ cm}$$



Slika 2 ODREĐIVANJE DULJINE KRIVULJE IZMEĐU TOČAKA A I B KORIŠTENJEM RAZLIČITIH DULJINI SEKANTE t
 DEFINITION OF CURVE LENGTH BETWEEN A AND B USING DIFFERENT LENGTH t



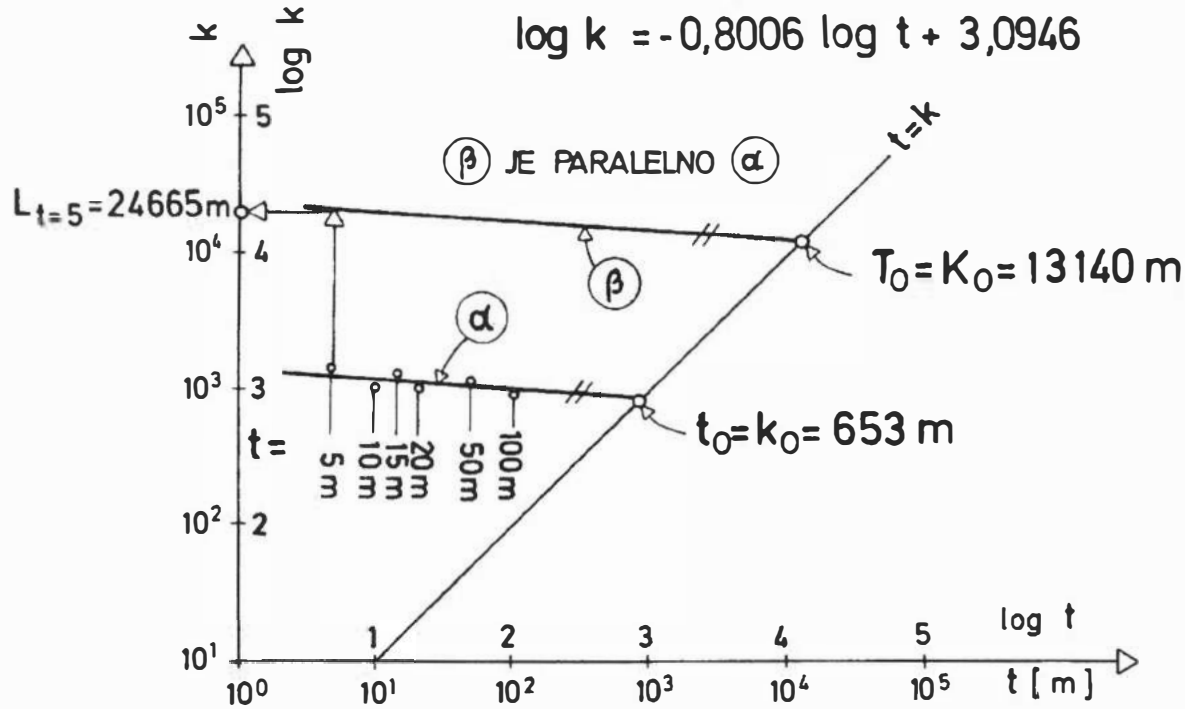
Slika 3 SKICA ISTRAŽENIH (a-b) I NEISTRAŽENIH (A-a; b-B) DJELOVA KRŠKIH PODZEMNIH KANALA [ŠUŠTERŠIČ (14)]

SKETCH OF INESTIGATED (a-b) AND NONINVESTIGATED PARTS OF KARST UNDERGROUND CONDUITS [ŠUŠTERŠIČ (14)]

jednadžba krivulje α dobivena teorijom najmanjih kvadrata

$$\log k = a \log t + b$$

$$\log k = -0,8006 \log t + 3,0946$$



Slika 4 PRIMJENA RICHARDSONOVE (15) METODE ZA ODREĐIVANJE UKUPNE DULJINE OSI (ISTRAŽENI • NEISTRAŽENI) KRŠKIH PODZEMNIH KANALA

APPLICATION OF RICHARDSON'S (15) METHOD FOR DEFINITION OF FULL AXIS LENGTH (INVESTIGATED AND NONINVESTIGATED PARTS) OF KARST UNDERGROUND (CONDUITS)

4. Zaključci

Koncept determinističkoga kaosa, kao i objašnjavanje fenomena prirode pomoću njega, nije samo pred vratima nego je široko ušlo u cjelokupnu znanost. Vrijeme je da se i znanosti vezane s vodnim resursima počnu njime ozbiljno koristiti. U svijetu su neke stvari već postale praksa, dok kod nas u Hrvatskoj, posebno u području hidrotehnike, nisu povučeni ni prvi koraci. Ovaj rad imao je samo jedan zadatak. Probijanje leda te ukazivanje mladim stručnjacima na široko polje rada i bogate mogućnosti primjene. Radi se o znanstvenoj disciplini upravo idealnoj za novu generaciju, koja je tako reći rođena s moćnim personalnim računalima, koja duboko osjeća njihovu snagu i koja ih znade koristiti. Na starijoj je generaciji zadatak da im ukaže na brojne probleme koji bi se tim konceptom mogli bolje riješiti i objasniti.

Završavajući ovaj rad, neophodno je naglasiti da je na području hidrotehnike primjena koncepta i metoda determinističkoga kaosa zasad prvenstveno usmjerena na izučavanje problema geomorfologije riječnih tokova, tj. razvoja i formiranja vodotoka u prostoru i vremenu. Postoje argumentirane indicije da će ovaj novi koncept biti koristan i kod proučavanja zakonitosti pojava suša i poplava, ali i efikasnije borbe protiv njih. Koncept fraktala pokazao se povoljnim prilikom izučavanja površinske erozije kao specijalni vid formiranja općih površinskih oblika. Pomogao je i u analizi karakteristika potresa kao i u kreiranju slika planeta, mjeseca, oblaka, planina, tj. reljefa uopće. Može se slobodno reći da je primjenom koncepta determinističkoga kaosa zasad otvoren veći broj novih puteva prema boljem i cjelovitijem objašnjavanju funkcioniranja prirode nego što je dano konkretnih pragmatičnih odgovora. Znanstvenici koji su duboko pronikli u ovu problematiku ne samo što vjeruju, već su potpuno sigurni, da će i ovaj problem biti uskoro premošten.

Literatura

1. Paar, V.: Fizika kaosa - nova revolucija u znanosti (I), Matematičko fizički list 1 - 2/168 (1991. - 92.), 1.- 9.
2. Lopac, V.: Fizika kaosa - nova revolucija u znanosti (II), Matematičko fizički list 1/170 (1992. - 93.), 1.- 10.
3. Dyson, F.: Characterizing irregularity, Science 5 (1978.)
4. Ford, J.: What is chaos, that we should be mindful of it ?, The New Physics (ed. P.Davies), Cambridge University Press, (1989.), 349.- 372.
5. Gleick, J.: Chaos making a new science, Penguin Books, (1987.), 354.
6. Lopac, V.: Fizika kaosa - nova revolucija u znanosti (III), Fraktali - čudesna slika kaosa, Matematičko fizički list 2/171 (1992. - 93.), 66.- 73.
7. Mandelbrot, B.: Les Objets Fractal: Forme, Hasard et Dimension, Flammarion, Paris. (1975.)
8. Jürgens, H., Peitgen, H. - O. i Saupe, D.: The language of fractals, Scientific American 8 (1990.), 40.- 47.
9. Mandelbrot, B.: The Fractal Geometry of Nature, W.H. Freeman & Co., New York (1983.)
10. Mandelbrot, B.: Stochastic models for the Earth's relief, the shape and the fractal dimensions of the coastlines, and the number-area rule of islands, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 72 (10), (1975.), 3825.- 3828.
11. Horton, R.E.: Drainage basin characteristics, Trans. Amer. Geophys. Union 13, (1932.), 350.- 361.

12. Bras, R.L.: Hydrology, Addison-Wesley Pbl. Co., Reading Massachusetts, (1990.)
13. Tarbaton, D.G.: Bras, R.L. i Rodrigez-Iturbe, I., The fractal nature of river network, *Water Resources Research* 24 (8), (1988.), 1317.- 1322.
14. Šušteršič, F.: Določanje dolžine neznanih jamskih rogov s pomočjo fraktalne analize, *Naš Krš XI* (18- 19), (1985.), 89.- 93.
15. Richardson, L.F.: The probleme of cotiguity: An appendix of statistics of deadly quarrels, *Gen. Syst. Yearb.* 6, (1961.), 139.- 187.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Nikola Gabrić, Stanislav Tedeschi

R 2-02

Prostorno uređenje i gospodarenje vodama u kršu

SAŽETAK: *Razmatraju se mogućnosti prostornog uređenja područja krša uz očuvanje i unapređenje vodnoga bogatstva. Navedene su osebujne prilike tečenja podzemnih voda u kršu te su raščlanjene učinkovitosti i sigurnosti pojedinih mjera i postupaka zaštite. Naglašena je potreba uspostavljanja višestrukih mjera nadzora kakvoće vode kao i dugoročnih hidroloških, geoloških i hidrogeoloških istraživanja.*

KLJUČNE RIJEČI: *krš, prostorno uređenje, zaštita voda, strategija razvoja.*

Regional Development and Water Resources Management in Karst

ABSTRACT: *The possibilities are considered of physical planning in a karst region, accompanied by conservation and improvement of water resources. The specific conditions of the groundwater streaming in karst are described and the efficiency and safety of particular protective measures and procedures analyzed. The need for setting of multiple water quality supervision measures and long-term hydrological, geological and hydrogeological investigations is underscored.*

KEY WORDS: *karst, physical planning, water resources protection, development strategy*

1. Uvod

U razvijenim zemljama unapređenje i očuvanje kakvoće vode sastavni je dio svake odluke o planiranom razvoju. Istodobno zaštita voda uključena je u održavanju svih djelatnosti na nekom području.

U zemljama u razvoju, koje su raspolagale sa razmjerno velikim vodnim bogatstvom, mjere za zaštitu voda bile su prihvaćene kao opterećenje razvoju, a u nekim zemljama i kao kočnica gospodarskoga napretka. Posljedice takvog pristupa danas su očita u mnogim zemljama u razvoju, a želje i potrebe poboljšanja stanja kakvoće voda zahtijevaju sada znatno više napora.

Naš dosadašnji razvoj osnivao se na pretpostavkama da je voda opće dobro, obnovljivo bogatstvo te da je ima u dovoljnim količinama. Vrijednost vode korištena u domaćinstvima, poljoprivredi i industriji uvijek je bila podcijenjena, a u troškove korištenja vode nisu bili uključeni i stvarni troškovi očuvanja i unapređenja vodnog bogatstva.

Dapače, ispuštanje otpada u prirodne vodne sustave bilo je gotovo besplatno, jer neprimjerene naknade za zaštitu voda nisu uvijek bile niti naplaćene. Pedesetih godina raširila se u svijetu krilatica: "razrjeđenje je rješenje za zagađenje". Veliki gradovi, kao i industrijski pogoni, ispuštali su u vodotoke i priobalno more otpadne vode uz minimalno ili nikakvo čišćenje koristeći se postupcima razrjeđenja i raspršenja. Ovisno o veličini prihvatne sposobnosti pojedinih prijemnika bilo je potrebno više ili manje vremena da se uoče poremećaji prirodne biološke ravnoteže pojedinih dijelova vodnih ekosustava. Teško oštećeni dijelovi prirodnog okoliša, postali su neupotreblijivi za mnoge namjene. Nedostatak vode, podobne kakvoće, postaje ograničavajući činitelj daljnjega razvoja. Primjera za takav način gospodarenja ima dovoljno u svijetu, ali i kod nas.

2. Planiranje za budućnost

Osnovna načela održivog razvoja mogla bi se pojednostavljeno tumačiti, s gledišta upravljanja vodama, kao obaveza očuvanja i poboljšanja kakvoće voda za višenamjensko korištenje u bližoj i daljnjoj budućnosti.

Kako je kakvoća voda u izravnoj svezi s ljudskim djelatnostima, to svaki plan prostornog i gospodarskoga razvoja, kojim nisu predviđene sve dovoljne mjere za zaštitu voda, predstavlja plan usmjeren prema uništenju života na određenom području. Kod toga je svejedno, hoće li se pogoršati uvjeti za opstanak u dogledno vrijeme ili nešto poslije.

Zaštita voda, kao dijela čovjekova okoliša, mora se temeljiti na političkim odlukama izraženim zakonskim i podzakonskim propisima. Naše novo zakonodavstvo u tome pogledu usklađeno je sa željama javnog mnijenja o očuvanju prirodnog okoliša. Zakonom o prostornom uređenju (1) predviđeno je da se prostorno uređenje temelji, između ostaloga, na načelima zaštite cjelovitih vrijednosti prostora te na načelima zaštite i unapređenja stanja okoliša. Načela prostornog uređenja temelje se u prvom redu na dokumentima kao što su Strategija i Program prostornog uređenja Države, kojima se određuju dugoročni ciljevi prostornog razvoja kao i mjere i djelatnosti za provedbu strategije. Zakonom o zaštiti okoliša (2) određuju se osnovna načela zaštite okoliša, kao što su načelo sprečavanja, te očuvanja vrijednosti prirodnih izvora i biološke raznolikosti, ali i načelo plaćanja troškova onečišćavanja. Na osnovi navedenih zakona, Hrvatska bi uskoro trebala donijeti strateške odluke o prostornom uređenju kao i o zaštiti okoliša.

Za zaštitu kakvoće voda posebno osjetljivo je područje krša, koje se prostire južno od Karlovca. Krš u Hrvatskoj zauzima površinu od oko 26.000 km², što je približno 46% kopnenoga dijela.

Zbog osebujnih prilika tečenja vode u kršu, zaštita vode je općenito vrlo složena. Kod razmjerno brzog tečenja u gornjim slojevima razvijenog krša, kroz veće pukotine, neposredno poslije većih oborina, postoji opasnost unosa većeg onečišćenja u podzemne vode (3). Postupci samočišćenja prirodnih voda, s kojima se često računa, kod krških voda su općenito nesigurne veličine. Istraživanja, provedena na području krša u Hrvatskoj, upozoravaju na razmjerno brzo tečenje podzemne vode od pojedinih točaka sliva, naročito od ponora do izvora. Tako su na primjer utvrđene prividne

brzine tečenja od ponora Gacke prema priobalnim izvorima od Novljanske Žrnovnice do Karlobaga u vrijednosti 1,09 do 16,21 cm/s, a kod bojenja voda Like utvrđene su prividne brzine od 1,8 do 32,1 cm/s na istom području priobalja (4).

Kod istraživanja slivnoga područja rijeka Jadro i Žrnovnice utvrđene su prividne brzine podzemnih tokova u vrijednostima i do 10,58 cm/s te 12,2 cm/s (5). Dakako, ove se krajnje vrijednosti ne pojavljuju na čitavim slivovima, ali je njihov raspored u prostoru nepravilan, a ovisan o geološkim prilikama, zbog čega problem zaštite voda u kršu zahtijeva poseban pristup.

Treba istaknuti da prema postojećem Prostornom planu Republike Hrvatske (1989.) planirani broj stanovnika do 2015. god. u području krša bio bi 1.825.000 ili 36,5% ukupnog stanovništva Hrvatske. Na istom prostoru prijemna sposobnost turista iznosila bi 1.450.000 kreveta, što je 90% od vrijednosti Hrvatske. Na osnovi pretpostavke Prostornoga plana, kao i Dugoročnoga programa opskrbe pitkom vodom Republike Hrvatske (6) procijenjena je godišnja potreba za vodom na području krša oko 516×10^6 m³, a u srednjem danu 24 m³/s, što je približno 49% od ukupne dnevne potrebe za vodom u Hrvatskoj, sve uz pretpostavku da će vodom do 2015. godine biti opskrbljeno 90% stanovnika.

Prostornim planom predviđena je izgradnja značajnih cestovnih i željezničkih prometnica, koje presijecaju priljevna područja priobalnih izvorišta, značajnih za vodoopskrbu. Zalihe vode u kršu nalaze se baš u kontinentalnom dijelu, dok su najveće potrebe za vodom u priobalnom pojasu, uključujući i otoke.

Kako bi se zadržalo stanovništvo u unutrašnjosti krškoga područja, nužno je planirati izgradnju određenih proizvodnih pogona kao i poljoprivrednu proizvodnju uključujući i navodnjavanje poljoprivrednih površina, zbog nejednolike raspodjele oborina tijekom godine. Sve navedene djelatnosti predstavljaju vrlo ozbiljnu opasnost za kakvoću vode, koja bi se trebala koristiti za vodoopskrbu stanovnika čitavoga krškog područja.

Kakvoća vode s našega krškog područja još uvijek je podobna za mnoge namjene, što nije posljedica strogih i učinkovitih mjera za zaštitu voda, već je u prvom redu prouzrokovana nerazvijenošću kontinentalnoga dijela krša.

Polazeći od te činjenice posebna je odgovornost prostornih planera kod donošenja strateških odluka o budućem razvoju prostora Like, Gorskog kotara, Istre i Dalmacije. Naime učinkovita zaštita voda može se postići u postupku prostornog planiranja, primjenjujući načelo: "bolje spriječiti, nego liječiti".

Razmotrit će se neki od mogućih scenarija razvoja. Prvi scenarij, koji bi za zaštitu voda bio najpovoljniji, nije moguć. On se temelji na odluci "ne raditi ništa". Naime, zbog geostrateškog položaja krša u prostoru Hrvatske takva odluka nije razborita, a osim toga već postoje izvori onečišćenja zbog kojih je potrebno predvidjeti mjere zaštite voda.

Drugi scenarij se temelji na pretpostavci o potpunoj učinkovitosti tehničkih i tehnoloških mjera zaštite, ali nije stvaran. Uređaji za čišćenje otpadnih voda nisu uvijek niti potpuno učinkoviti, a niti sigurni, pogotovo u pogledu uklanjanja svih štetnih i opasnih tvari. Nadalje, potrebno je istaknuti da stvarno provođenje mjera zaštite ovisi i o ukupnom nacionalnom proizvodu. Mjere zaštite voda ne ovise samo o izgradnji objekata za nadzor ispuštenih otpadnih tvari, već naročito o pogonu i održavanju takvih objekata. Polazeći od procjene Svjetske banke da pojedine zemlje mogu stvarno odvojiti oko 3% ukupnog nacionalnog proizvoda za zaštitu okoliša, za srednje i

istočne europske zemlje potrebno je razdoblje od 80 godina da bi postigle norme kakvoće vode zemalja Europske unije (7).

O sigurnosti tehničkih mjera zaštite navodi se podatak da je samo nekoliko godina nakon izgradnje naftovoda, zbog iscurivanja nafte, bila ugrožena vodoopskrba Severina na Kupi (8).

Za neke prometnice koje su na području krša u izgradnji ili u pripremama za izgradnju, ne bi se moglo zaključiti da su njihovi položaji u prostoru u potpunosti usklađeni s vodozaštitnim područjima. Troškovi izgradnje bit će povećani za oko 30-40%, ali još uvijek postoji opasnost od onečišćenja voda kod slabijeg održavanja objekata za zaštitu voda (9).

Može se zaključiti da kod takvog scenarija i pored primjene načela: onečišćivač snosi troškove nastale onečišćavanjem okoliša (2), ne bi bila osigurana kakvoća vode za vodoopskrbu stanovnika.

Treći scenarij trebao bi se temeljiti na odabiru onih proizvodnih programa, koji ne zahtijevaju znatne količine vode za proizvodnju, ne sadrže štetne i opasne tvari u proizvodnim postupcima, odnosno kod kojih je predviđeno kruženje vode i otpadnih tvari kao drugoređnih sirovina.

Planiranje položaja pojedinih prometnica bilo bi usklađeno s hidrogeološkim značajkama vodnih slivova pa je nužno poznavanje osebnih okolnosti svakog pojedinog vodonosnika.

Izgradnjom objekata za čišćenje otpadnih voda, ne bi se isključila mogućnost onečišćenja voda krša kako zbog izvora onečišćenja, koje nije moguće nadzirati, tako i zbog mogućih nezgoda i slučajnih onečišćenja.

Zbog svega navedenog na rubovima pojasa zdravstvene zaštite izvorišta trebalo bi uspostaviti sustav za motrenje kakvoće vode. Pritom bi vrijeme protjecanja onečišćene vode kroz pojas zdravstvene zaštite trebalo omogućiti uključivanje odgovarajućih postupaka čišćenja na zahvatima vode za piće. Način određivanja pojasa zdravstvene zaštite treba prilagoditi posebnim okolnostima krša (10, 11).

Samo višestrukim mjerama nadzora kakvoće vode u kršu može se osigurati dugoročna vodoopskrba stanovnika, turista i drugih korisnika vode.

U slučaju da se ne uskladi prostorno-gospodarski razvoj krškog područja s očuvanjem vodnoga bogatstva, moglo bi se dogoditi da u budućnosti jedino rješenje vodoopskrbe bude prijenos vode s velikih udaljenosti. U zemljama koje nemaju dovoljno zaliha vode u pojedinim područjima, ili u slučajevima kada gospodarski razvoj nije usklađen s prirodnim uvjetima, primjenjuje se prijenos vode i na veće udaljenosti. U Španjolskoj pored drugih regionalnih vodovoda, poznat je glavni dovod vode iz područja rijeke Tajó u područje Segura. Glavni dovodnik dugačak je 242 km, omogućava dotok od $33 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno godišnje $600 \times 10^6 \text{ m}^3$ (12). Zbog izrazito nepovoljnih hidrogeoloških prilika u južnoj Italiji bio je već 1919. godine izgrađen cjevovod za pokrajnu Puglia, duljine 245 km, a provodnosti $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (13). Nakon toga cjevovoda izgrađeni su i daljnji veliki vodoopskrbni sustavi. U ovom trenutku izgleda da su iscrpljena vodna bogatstva južne Italije pa se razmišlja o prijenosu vode iz drugih zemalja. U pripremi su planovi za prijenos vode iz Albanije u Italiju dugačkim podzemnim cjevovodom (13). Nije potrebno posebno naglasiti, koliki su troškovi dobave vode iz drugih područja te koliki je financijski nepovoljan utjecaj na gospodarske prilike onog područja, koje ne raspolaže dovoljnim količinama vode ili je, zbog neodgovarajućeg korištenja vlastite vode, učinilo vodu neupotrebljivom za opskrbu stanovnika, za industriju i poljoprivredu.

3. Zaključak

Strategija prostornog uređenja Države mora se temeljiti na stvarnom i razboritom očuvanju i unapređenju vodnog bogatstva kao nezamjenjivom uvjetu za svekoliki opstanak i razvoj Hrvatske.

S obzirom na osebujne prilike u kršu, nužna su dugotrajna hidrološka, geološka i hidrogeološka istraživanja, prije donošenja odluke o smještaju u prostor mogućeg izvora onečišćenja voda.

Polazeći od načela nadzora nad ispuštanjem otpadnih tvari u okoliš, uključivo čišćenja, prerade pa i primjene "čiste tehnologije", potrebno je predvidjeti i dodatne mjere nadzora na izvorštima vode, kako bi se ostvarilo načelo: zdrava voda za svakog, proglašeno u Europskoj povelji kao prvenstveni zadatak svih država Europe (14).

Literatura

1. Zakon o prostornom uređenju, Narodne novine 30., 1994., 1019.-1030.
2. Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, 82., 1994., 2373.-2383.
3. Bonacci, O.: Površina sliva krških izvora. Zbornik savjetovanja: Zaštita izvorišta voda za vodoopskrbu. Split, 03.-05.04.1986., 227.-240.
4. Biondić, B.; Goatti, V.: Hidrogeološke prilike ponornih rijeka Like i Gacke i njihove podzemne veze s izvorima u Hrvatskom Primorju. Zbornik radova simpozija: O hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Skoplje, 05.-11.05.1976., 1.-14.
5. Fritz, F.; Pavičić, A.: O problemu zaštitnih zona u kršu, primjer problematike zaštite izvorišta Jadro. Zbornik savjetovanja: Zaštita izvorišta voda za vodoopskrbu. Split, 03.-05.04.1986., 255.-262.
6. Vodopija, M.; Višić, I. i dr.: Dugoročni program opskrbe pitkom vodom Republike Hrvatske. Zagreb: JVP "Hrvatska vodoprivreda", 1991. 98. str.
7. Grau, P.: What next? Water Quality International 4/1994:29.-32.
8. Deliđ, D.: Problemi korištenja i zaštite izvorišta za vodoopskrbu u kršu s primjerima iz sliva Kupe. Zbornik savjetovanja: Zaštita izvorišta voda za vodoopskrbu. Split, 03.-05.04.1986., 285.-300.
9. Tedeschi, S.; Bonacci, O.; Wenzler, F.; Poje, D.; Meštrov, M.; Fritz, F.; Tušar, B.; Sušić, Z.: Prethodna studija utjecaja na okoliš Jadranske autoceste, Maslenica - Blato na Cetini. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1991. 180. str.
10. Vazdar, T.; Mayer, D.: Problematika određivanja zaštitnih zona izvorišta pitke vode u Republici Hrvatskoj. Hrvatske vode, (2), 1994.:563.-573.
11. Fritz, F.: Hidrogeološki pristup zaštiti pitkih voda u kršu. Hrvatske vode, (2), 1994.:575.-579.
12. Munoyerro, J. M. A.; Moreno, S. H.: Los grandes trasvases de agua en Espana. Zbornik radova: 2nd Mediterranean Conference on Water. Roma, 28.-30.10.1992. 1.-18.
13. Celletti, P.: I trasferimenti d'acqua tra bacini idrici diversi e le politiche nazionali di sviluppo delle risorse idriche. Zbornik radova: 2nd Mediterranean Conference on Water. Roma, 28.-30.10.1992. 1.-14.
14. European Conference on Environment and Health, Environment and health: the European Charter and commentary. Frankfurt: 07.-08.12.1989. 154. str.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Ivo Lozić

R 2-03

Planiranje i projektiranje autocesta u ekološki osjetljivim područjima

SAŽETAK: *Transportni sustav vrši integraciju svih aktivnosti u prostoru i omogućuje njegovo optimalno funkcioniranje pa njegov razvoj treba uskladiti s razvojem privrednih i ostalih djelatnosti u pojedinim fazama i čitavome planskom razdoblju.*

Iz toga proizlazi potreba realizacije pojedinih dijelova i podsustava u cjelini (pomorskoga, željezničkoga, zračnoga i cestovnoga) u okviru kompleksnoga razvoja transportnog sustava, vodeći računa o prioritetima te naročito o razvoju podsustava cestovnoga transporta koji objedinjuje sve ostale vidove u jedinstveni transportni sustav.

Kod usklađenja prometnog zahtjeva s odgovarajućom prometnom ponudom, posebno treba voditi računa o ograničenim mogućnostima prostora i njegovoj zaštiti od negativnih utjecaja koje bi u tijeku izgradnje i eksploatacije pojedinih dionica i čitave prometne mreže mogli proizvesti na okolinu.

Zaštita prirodnih vrijednosti, naseljenih područja, poljoprivrednih zemljišta, šuma, te arheoloških nalazišta, podzemnih i površinskih voda i izvora rijeka, što znači ukupna zaštita čovjekova okoliša od svih negativnih utjecaja, traži detaljnu analizu, planiranje i projektiranje položaja trase prometnice u prostoru uz poštivanje svih zakonskih i drugih ograničenja.

Kompleksan problem zaštite okoliša od negativnih utjecaja nije samo problem transportnoga sustava, već opći problem sadašnjega i planiranoga načina korištenja raspoloživih prostora i istodobne provedbe stroge zaštite okoliša od negativnih utjecaja.

To je poseban problem u priobalnim područjima Jadranskog mora gdje se na prostorima kraških polja nalaze mnogi izvori pitke vode, a za kompleksnu su i kvalitetnu zaštitu potrebna temeljita istraživanja tokova podzemnih voda i postupka utvrđivanja potencijalnih zagađivača i pravodobne i kvalitetne zaštite.

KLJUČNE RIJEČI: *okoliš, prirodne vrijednosti, stvorene vrijednosti, zagađenje zraka, buka, zagađenje voda, zaštita*

Planning and Design of Highways in Environmentally Sensitive Areas

ABSTRACT: *The transportation system integrates all the activities in a region and enables its optimum functioning, thus it should be tailored to development of economic and other activities, both at a particular stage and throughout the planning period.*

Consequently, the implementation of particular segments and complete subsystems (marine, railway, air and road transportation) within a complex process of transportation system development should respect priorities and particularly development of the road transportation subsystem since it unites all other aspects into an integral transportation system.

When the transportation requirements are adapted to corresponding transportation availability, special care should be taken of limited space possibilities and the protection against adverse environmental impact of the construction and exploitation of particular segments and complete transportation network.

Protection of natural capital, populated areas, arable land, forests and archeological sites, ground and surface waters and river springs, namely overall environmental protection requires detailed analysis, planning and design of the highway route through the region with respect to all legal and other limitations.

A complex problem of environmental protection against adverse impacts is not only the issue related to the transportation system, but rather the general issue of the current and future planned development of available space with simultaneous application of strict environmental protection requirements.

This poses special problems in the coastal regions by the Adriatic Sea, where the karst fields are rich in potable water springs and the complex and quality protection requires thorough research in groundwater flow and determination of potential pollutants and timely and quality protection.

KEY WORDS: *environment, natural capital, man-made capital, air pollution, noise, water pollution, protection*

1. Uvod

Definiranje horizontalnoga i vertikalnoga toka trase ceste, te geometrijskih elemenata poprečnoga presjeka, odnosno definiranje trase ceste u prostoru, ovisi i o tome radi li se još uvijek o nenarušenu prirodnome prostoru ili o već urbaniziranu prostoru. Po tome će se razlikovati i pristup aktivnostima koji će odrediti položaj trase ceste u prostoru.

Prirodne ili radom stvorene vrijednosti biti će istodobno ograničavajući faktori koji će utjecati na određivanje trase ceste u prostoru, i o njima će ovisiti veći ili manji utjecaj na prostor, kao što mogu zajedno s cestom usklađenom s prostorom doprinijeti većoj kvaliteti te boljem izgledu i funkcioniranju prostora.

Prema tome, suvremeni sve češći i naročito naglašeni zahtjevi za zaštitom okoline odredit će pristup rješenju problema u čitavu postupku od urbanističko-prostorne, studijske, idejne do izvedbene projektne dokumentacije kako bi cestu izgradili sa što manje negativnih utjecaja na okoliš u tijeku njene izgradnje, održavanja i eksploatacije.

Pristup rješenju problema omogućit će analiza prostora i provedba svih istraživanja: urbanističko-prostornih, prometnih, arheoloških, geotehničkih, hidroloških i drugih.

2. Uloga cesta u transportnom sustavu

U razvoju jadranskoga područja, posebno njegovih luka i cijelih regija značajno mjesto zauzima razvoj transportnoga sustava koji treba planirati na temelju suvremenih znanstvenih i stručnih dostignuća, vodeći računa o postojećem stanju međusobna odnosa transportnoga sustava te privrednih i ostalih djelatnosti: lučke privrede, brodarstva, brodogradnje, turizma i ugostiteljstva, trgovine i drugih.

Transportni sustav vrši integraciju svih aktivnosti u prostoru i omogućuje njegovo optimalno funkcioniranje, pa njegov razvoj treba uskladiti s razvojem privrednih i ostalih djelatnosti u pojedinim fazama i u planskome razdoblju u cjelini. Iz toga proizlazi potreba realizacije pojedinih dijelova i čitavih podsustava (pomorskoga, željezničkoga, zračnoga i cestovnoga) u okviru kompleksnoga razvoja transportnoga sustava, vodeći računa o prioritetima, te naročito o razvoju podsustava cestovnoga transporta koji objedinjuje sve ostale podsustave u jedinstven transportni sustav.

Kod planiranja razvoja transportnoga sustava, treba voditi računa o ulozi jadranskoga područja u funkcioniranju sustava unutarnjega transporta, izvoza viška roba svih privrednih i ostalih djelatnosti te tranzitnoga prometa koji uključuje područje Hrvatske u europski i svjetski transportni sustav.

Planirana cestovna mreža čini suvisao cestovni sustav koji se temelji na dvama glavnim longitudinalnim pravcima i više transverzalnih cestovnih pravaca čije pružanje ovisi o reljefu i prirodnim uvjetima područja i čine glavne okosnice razvoja Hrvatske.

Sadašnja nedovoljno izgrađena cestovna mreža, ili izgrađena mreža s cestovnim pravcima nedovoljnog kapaciteta, glavnim je razlogom slabe prostorne integriranosti jadranskoga područja.

Na ovom području razlikujemo tri karakteristična prostorna segmenta: otočni, priobalni i zaobalni. Posljedica je toga formirana postojeća cestovna mreža koja se sastoji od longitudinalnih magistralnih prometnica u zaobalnom koridoru, te više transverzalnih cestovnih prometnica, dok se pored toga promet duž jadranske obale i promet između kopna i otoka održava trajektnim vezama.

Sadašnja disproporcija između stanja razvoja privrednih i ostalih djelatnosti, te kapacitativnih mogućnosti i razine uslužnosti pojedinih dionica i čitave cestovne mreže na ovom području, već je dugo vremena ograničavajući faktor razvoja.

Ograničene kapacitativne mogućnosti i niska razina uslužnosti postojeće cestovne mreže, a posebno Jadranske magistrale, traže kompletiranje mreže kroz izgradnju novih dionica magistralnih cesta, a posebno Jadranske autoceste. Na taj bi se način omogućila preraspodjela dijela prognoziranih prometnih tokova koji bi se odvijali u uvjetima visoke razine uslužnosti.

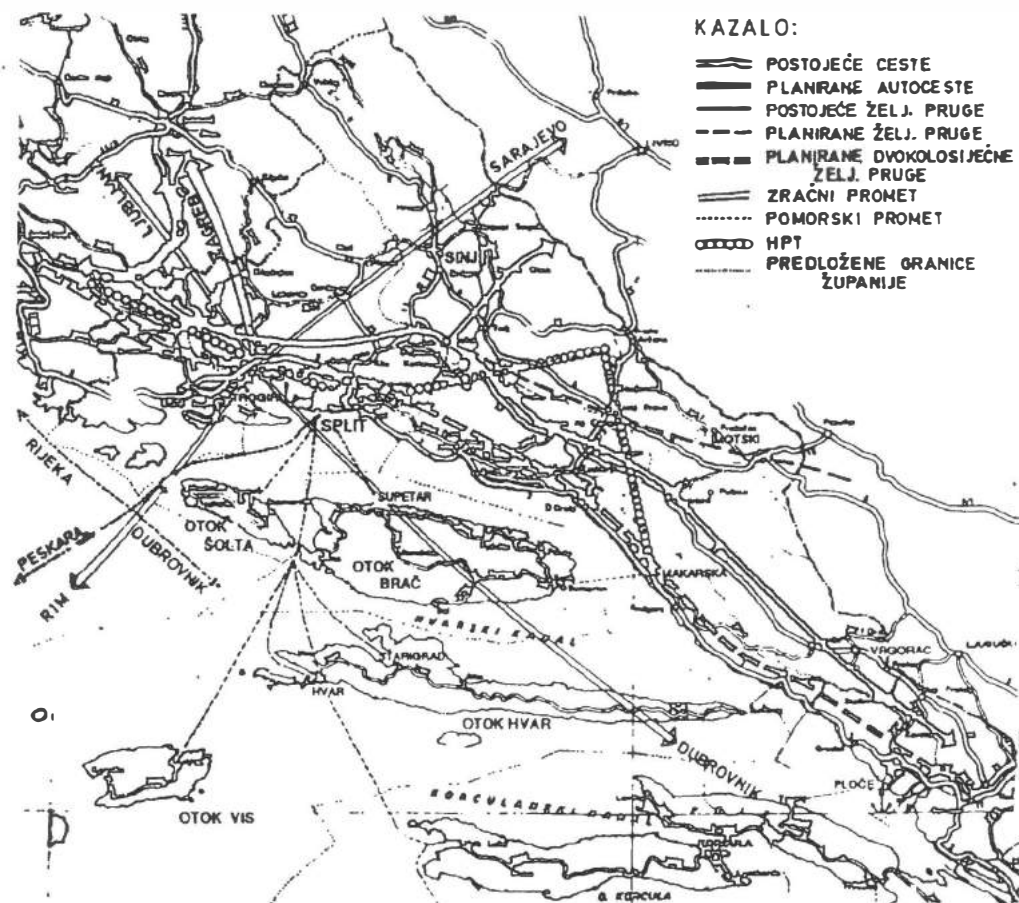
3. Položaj u prostoru i utjecaj na razvoj

Koncentracija prometnih tokova na područjima gradova, te s druge strane nedovoljno razvijeni dijelovi regije, stvaraju niz problema koji se mogu riješiti samo planiranjem regionalne prometne mreže koja će omogućiti ujednačen prostorni i gospodarski razvoj.

Da bi omogućili postizanje tih ciljeva, potrebno je planirati i izgraditi takvu mrežu prometnica koja će: zadovoljiti prometne potrebe, potencirati razvoj nedovoljno razvijenih dijelova regije i omogućiti povezivanje regije u prometnu mrežu širega područja te istodobno provoditi mjere zaštite okoliša u skladu s domaćim i međunarodnim standardima.

Osim toga, potrebno je planirati etapnu realizaciju prometne mreže u skladu sa stupnjem razvoja regija u pojedinim vremenskim razdobljima.

Na području istraživanja postoji pet većih centara intezivnih gospodarskih i prometnih aktivnosti koji su smješteni na obali Jadranskoga mora. Priobalni pojas odijeljen je planinskom barijerom od nerazvijenoga dijela regije, pa je poseban problem međusobna prometna povezanost. Radi specifičnih prirodnih uvjeta, posebne se teškoće javljaju u određivanju prometno-tehničkih elemenata pojedinih cestovnih pravaca u okviru čitave mreže.



Slika 1. Područje istraživanja
Picture 1. Study area

Prostor Dalmacije relativno je slabije gospodarski razvijen, iako prirodni uvjeti, geoprometni položaj i drugi činioci razvoja omogućavaju znatno brži i stabilniji razvoj.

Dostignuti stupanj razvoja prometa kao cjeline i pojedinih prometnih grana nije bio stimulans u ekspanziji dalmatinskoga gospodarstva i nije valorizirao položaj Dalmacije kao dijela sredozemnoga prostora Hrvatske i Europe. Neadekvatna cestovna mreža osnovna je prepreka brzemu razvoju ovoga područja.

Ekonomski valorizirani prostor regije omogućiti će korištenje svih potencijala i prevladavanje dosadašnje relativne izoliranosti regije i njene nedovoljne integriranosti u šire prostorne i gospodarske okvire. Bolje prometno i infrastrukturno povezivanje unutar Dalmacije te, s drugom glavnom osovinom razvoja, i ostalim dijelovima Hrvatske, osnovni su preduvjeti razvoja i uključivanja u šire prostore Europe.

Unutar same regije smanjit će se nejednakost među različitim područjima usmjeravanjem razvoja iz obalnoga pojasa u dosad manje razvijena područja.

Prometna infrastruktura koja je planirana u ovoj regiji omogućit će prometno povezivanje i stvaranje jedinstvene cjeline s optimalnom podjelom rada, stanovništva i

njegovih funkcija u prostoru u smislu stvaranja atraktivnosti za optimalno korištenje prostora.

Prometna infrastruktura jedan je od osnovnih preuvjeta dugoročnoga gospodarskoga i prostornoga razvoja regije, pa je treba planirati tako da optimalno poveže cijelu regiju svim vidovima prometa s jedne strane sa zaleđem, a s druge sa susjednom Italijom i drugim zemljama.

Planiranje razvoja prometne infrastrukture temelji se na planiranju longitudinalnih cestovnih, željezničkih i pomorskih pravaca na koje se nadovezuju transverzalni cestovni i željeznički pravci s jedne, i pomorski s druge strane.

Prostorni razvoj Dalmacije temelji se na značajnoj jadranskoj orijentaciji i više poprečnih okosnica koje je vežu na sjeverniju ključnu okosnicu hrvatskoga prostora, pa se u budućnosti može očekivati njihovo kompletiranje i potpuno povezivanje preko glavnih prometnih koridora.

Da bi ostvarili optimalan prostorni razvoj, planirani su longitudinalni pravci u smjeru sjeverozapad-jugoistok i to: "Jadranska autocesta", "priobalna željeznica" na kopnu i "plava magistrala" koja povezuje otoke i obalu, te okomiti pravci koji povezuju kontinentalni dio Hrvatske s obalom i prekomorskim zemljama. Ove je pravce odredio položaj glavnih centara regije koji razvijaju važnu prometnu komponentu, koristeći geoprometni značaj prirodnih koridora prema zaleđu, te rastući značaj luka, pomorstva i turizma.

Na tri glavna longitudinalna cestovna prometna koridora u pravcu sjeverozapad-jugoistok u regiji Dalmacije kojima su povezani svi veći centri regije odvijaju se danas prometni tokovi od ukupno 15000 voz/dan. Usto, odvijaju se i intenzivni prometni tokovi na transverzalnim cestovnim koridorima koji spajaju glavne centre regije s kopnenim dijelom Hrvatske.

Da bi smanjili intenzitet prometa na tim cestovnim prometnicama, naročito u vršnim satima i za vrijeme turističke sezone, i to naročito na području gradova, planirana je duž obale Jadranska autocesta kao i autoceste na glavnim transverzalnim koridorima koji će prometnu mrežu regije vezati na autocestu u izgradnji koja prolazi sjevernom glavnom okosnicom razvoja Hrvatske.

Pored toga, modernizacija i rekonstrukcija postojećih cestovnih i željezničkih prometnica, izgradnja novih, proširenje i modernizacija lučkih terminala za prihvat robe i putnika u glavnim centrima regije, još će više osnažiti geoprometni položaj Dalmacije.

4. Mjere zaštite i utjecaj na okoliš

Kod usklađivanja prometnoga zahtjeva s odgovarajućom prometnom ponudom treba posebno voditi računa o ograničenim mogućnostima prostora i njihovoj zaštiti od negativnih utjecaja koje bi u tijeku izgradnje i eksploatacije pojedinih dionica i čitave mreže mogli izvršiti na okoliš.

Zaštita prirodnih vrijednosti, naseljenih područja, poljoprivrednih zemljišta, šuma, te arheoloških nalazišta voda i izvora rijeka, što znači ukupnu zaštitu čovjekova okoliša od svih negativnih utjecaja, traži detaljnu analizu i planiranje položaja trase prometnice u prostoru uz poštivanje svih zakonskih i drugih ograničenja.

Mjere zaštite i unapređenja čovjekova okoliša utvrđuju se prostornim planovima, zakonima, odlukama i planovima razvoja.

Osim toga, utvrđuju se osobito vrijedna područja i ugroženi dijelovi čovjekova okoliša i određuju mjere zaštite i saniranja tih područja.

Na republičkoj i lokalnoj razini vlada je preko svojih institucija odgovorna za zaštitu čovjekova okoliša u postupku planiranja cesta i ostalih objekata prometne infrastrukture.

Projektna dokumentacija obrađuje se na temelju usvojenih urbanističkih i prostornih planova za čije su usvajanje obvezne suglasnosti organizacija koje brinu o zaštiti čovjekova okoliša.

Problem je u zonama zaštite (arheološki nalazi, vodozaštitne zone, poljoprivredna zemljišta, šume i druge) zbog kojih je potrebno provesti detaljna istraživanja kako bi odredili njihove točne granice i tako omogućili smještaj trase prometnice u prostoru bez negativnih utjecaja.

Pored toga, potrebno je pripremiti računalne modele za procjenu utjecaja svih vrsta zagađenja, te odrediti neophodne standarde za pojedine tipove zagađenja. O svim zagađenjima treba voditi točnu evidenciju, te kontinuirano upoznavati javnost o štetnosti zagađenja čovjekova okoliša.

Prema tome, izgradnja pojedinih dionica cestovne mreže u cjelini mora biti posebno pažljivo planirana u skladu s optimalnom raspodjelom kretanja robe i putnika na sve vidove prometa, a da se istodobno onemogućuje negativan utjecaj na okoliš i zadovolji prometni zahtjev.

Prirodne vrijednost, kao što su vrlo stara naselja sa spomeničkim vrijednostima od kojih su neka registrirana u registar Ujedinjenih naroda kao spomenici nulte kategorije, vrlo atraktivna su područja koja kroz intenzivno korištenje stvaraju tokove unutarnjeg prometa i cilj su velikoga broja turističkih i drugih putovanja iz mnogih država Europe i svijeta.

Trase pojedinih prometnica planiraju se na najpovoljnijim terenima, a to su prirodni koridori koji omogućuju optimalan položaj trase u prostoru sa stanovišta geometrijskih elemenata horizontalnoga i vertikalnoga toka trase, dok takva trasa može više ili manje negativno utjecati na okoliš i izazvati negativne ekološke utjecaje.

Poštujući propisane minimalno dopuštene elemente horizontalnoga i vertikalnoga toka trase, prometnicu treba smjestiti u prostoru tako da se, vodeći računa o zakonskim i drugim ograničenjima, što manje negativno utječe na okoliš.

Zbog toga je prije definiranja toka trase neophodno izvršiti sva potrebna istraživanja: urbanističko-prostorna i prometna, geološka, hidrološka, geofizička, geomehanička i druga kako bi mogli za specifične uvjete lokacija utvrditi međusobni odnosi prometnice i svih prirodnih i drugih vrijednosti.

Za potpunu zaštitu okoliša i sprječavanje svih negativnih utjecaja, pored potrebe za provedbom spomenutih istraživanja, treba provesti niz aktivnosti kroz koje će detaljno propisati postupak procjene utjecaja na okoliš, te odrediti potrebne standarde i način njihove upotrebe. Zbog toga je potrebno još jednom analizirati i točno utvrditi:

1. Odgovornost za planiranje izgradnje cesta na republičkoj, županijskoj i lokalnoj razini.
2. Propisan postupak procjene utjecaja na okoliš.
3. Odgovornost za zaštitu okoliša.
4. Kompletnost i međusobnu usklađenost zakonske regulative u vezi sa zagađenjem zraka, zagađenjem vode, bukom, erozijom tla, poljoprivrednim zemljištima, arheološkim nalazištima i drugo.

5. Odgovornost za dogradnju zakonske regulative.
6. Kod planiranja i projektiranja cesta i drugih objekata infrastrukture istodobno provoditi i procjenu utjecaja na okoliš.
7. Standarde za zrak, vodu, buku, zemljišta i druge tipove zagađenja.
8. Monitoring programe za zrak, vodu, buku, zemljišta i druge tipove zagađenja.
9. Upute za provođenje analiza utjecaja na okoliš ceste, utvrditi u kojem opsegu briga za okoliš djeluje na izbor načina prijevoza, trasu ceste, na postupak projektiranja, izgradnju i održavanje.
10. Način prikupljanja podataka za procjenu utjecaja na okoliš.
11. Računalne modele za ocjenu efekata zagađenja zraka, vode, buke i ostalih tipova zagađenja.
12. Službe planiranja za zaštitu okoliša koje će moći poduzimati analize utjecaja na okoliš.
13. Način evidencije o štetama na okoliš uslijed položaja trase, projektiranja, izgradnje, pogona, održavanja, erozija tla, iskrčenje šuma, zagađenje zraka, zagađenje podzemnih voda, oštećenje arheoloških nalazišta i dr.
14. Koje se tehničke mjere poduzimaju od strane raznih institucija da se spriječi negativan utjecaj na okoliš.

Da bi ceste planirali, projektirali, gradili i koristili u uvjetima potpune zaštite okoliša, moramo odgovoriti na sva postavljena pitanja i poduzeti sve mjere za poštivanje utvrđenih zahtjeva.

5. Zaključak

Sve veći zahtjevi za kvalitetom okliša općenito, pa tako i kod planiranja i projektiranja objekata prometne infrastrukture, gdje ceste zauzimaju značajno mjesto u integraciji svih ostalih vidova transporta, traže kontinuiran proces detaljnoga utvrđivanja međusobnog odnosa ceste i prostora.

To utvrđujemo provedbom svih posebnih istraživanja na temelju kojih određujemo granice zaštićenih područja, intenzitet potencijalnih zagađenja i njihovo dovodenje u granice propisane unaprijed pripremljenim standardima.

Istraživanja se trebaju provoditi radi analize i utvrđivanja negativnih utjecaja od prometa na mreži postojećih prometnica (magistralne, regionalne i lokalne) te radi procjene negativnih utjecaja na mrežu planiranih prometnica (ceste i autoceste).

Planiranju, projektiranju, izgradnji i eksploataciji cesta općenito, a naročito u ekološki osjetljivim područjima sa svim mogućim potencijalnim negativnim utjecajima na okoliš, treba suprostaviti kvalitetne i sveobuhvatne mjere zaštite koje je moguće ostvariti suvremenim metodama projektiranja uz optimalno korištenje prostora regije.

Prema tome, možemo zaključiti da je nemoguće zaustaviti intenzivan razvoj pojedinih područja, ali je zato moguće provesti znanstvene i stručne postupke u iznalaženju optimalnih rješenja koja će maksimalno štititi okoliš.

Literatura

1. Environmental Series, Application of Environmental Impact Assessment, Highways and Dams, Economic Commission for Europe, United Nations, 1987.
2. Lozić I.: The project of the European Road E-59 section, Permanent International Association of Road Congress (PIARC) XVIII World Congress, Brussels, (1987), (13-19).
3. Lozić I.: "Planning and Design of Roads in Protected Areas". XII World Congress International Road Federation, Madrid, 16-21.V.1993., p. 531-539.
4. Progettare nell' Ambiente VIA , Gli studi per le valutazioni d'Impatto Ambientale delle Infrastrutture di Trasporto, Numero 1, 1987.
5. Sinha K.C.: Institutional Issues Related to Environmental Considerations in Load Transport, Transportation and Urban Engineering, School of Civil engineering, Purdue University, West Lafayette, USA, 1989.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Božena Tušar

R 2-04

Planski razvoj područja i zaštita okoliša

SAŽETAK: *U radu se predlaže drukčiji pristup upravljanju okolišem od današnjega, a temelji se na ekološkome modelu. Modelom se provjerava realizacija planiranoga sadržaja kroz utjecaje na kakvoću vode namjenjene vodoopskrbi. Procjenom količine i karaktera ispusne tvari svakoga planiranog sadržaja, donosi se odluka o napuštanju onih sadržaja čiji ispusti sadrže opasne tvari, koje i u malim koncentracijama mogu vodu učiniti neupotrebljivom za piće. Ispuste štetnih tvari moguće je kontrolirati, dopustiti samo do granica prijemnoga kapaciteta prirodnoga vodnoga sustava, vodeći računa o već prisutnim količinama tih tvari u vodi što će dovesti do reduciranja razvojnog plana. Takav je planski razvoj nužno još potvrditi i gospodarskim pokazateljima. Pristup se mora temeljiti na integralnom planiranju pri čemu je nužno, osim tehničkih i ekonomskih struka, uključiti još ekologe i sociologe.*

KLJUČNE RIJEČI: *planski razvoj, kakvoća pitke vode, procjena utjecaja, ekološki model, gospodarski pokazatelj*

Planned Regional Development and Environmental Protection

ABSTRACT: *The paper proposes an approach to environmental management which differs from the one presently applied, and which is based on an ecological model. The model checks realization of planned activities through their impact on the quality of water intended for water supply. Through evaluation of the quantity and character of emissions from each planned activity a decision is brought on abandoning the activities that emit hazardous substance which, even in minimum concentrations, could make the water unsuitable for drinking.*

KEY WORDS: *planski razvoj, kakvoća pitke vode, procjena utjecaja, ekološki model, gospodarski pokazatelj*

1. Uvod

U cilju se osiguranja boljih životnih uvjeta u privredno slabo razvijenim područjima usvajaju razvojni planovi, odnosno pojedina se područja urbaniziraju. Svi takvi planovi predviđaju višenamjensku uporabu jednoga te istog prostora, a time se korisnicima prostora postavljaju dodatni, često veoma skupi uvjeti, kako bi se štitili postojeći ili budući sadržaji. Suvremeni pristup urbanizaciji i razvoju područja prema usvojenom načelu "održiva razvoja" mora se temeljiti na integralnome pristupu zaštiti okoliša i razvoju gospodarstva. Kod toga je važno održavati prirodnu ravnotežu, odnosno sačuvati postojeće stanje kakvoće vode, zraka, tla, flore i faune, te racionalno gospodariti nalazištima sirovina itd.

Dugi niz godina prevladavala su rješenja koja su se temeljila na postizanju maksimalne dobiti korištenjem prirodnih bogatstava u što kraćem vremenu i uz vrlo mala ili često nikakva ulaganja u dugoročne mogućnosti održavanja prirodne ravnoteže ekosustava. Spoznaja o štetnosti takova načina razvoja područja dovela je u svjetskim mjerilima do prihvaćanja drugačijega načina ponašanja. Jedna od prihvaćenih strategija je i ova Europske zajednice (1991), koja zaštitu okoliša sagledava kroz:

- smanjenje otpada na mjestu njegova nastanka
- ponovno korištenje otpadne tvari ili energije iz te tvari
- sigurno odlaganje ostataka otpada koji nastaje nakon obradbe.

Najveći i najnepovoljniji utjecaji po kakvoću okoliša u cjelini uzrokovani su neodgovarajućim odlaganjem otpadnih tvari i ispuštima nepročišćenih otpadnih voda. U radu se predlaže nešto drugačiji model planskoga razvoja područja koji uzima u obzir prijemni kapacitet okoliša, te gospodarstvene pokazatelje prema načelu "ekološke ekonomije". Model obrađuje zaštitu kakvoće vode namijenjene u prvome redu vodoopskrbi stanovništva.

2. Zahtijevana kakvoća pitke vode

Pitka je voda od posebne važnosti za čovjeka i zajednicu. Stoga je posebnu brigu o njenoj kakvoći propisala svjetska zdravstvena organizacija (World Health Organisation of the UN - WHO) (1).

Kakvoća vode ocjenjuje se prema sastojcima u vodi. Kod toga se analiziraju i ocjenjuju:

1. sastojci koji se normalno nalaze u vodi (i kod pitke vode). Treba utvrditi jesu li prihvatljivih vrijednosti (na primjer mirisa, okusa, boje, tvrdoće, temperature, pH). Ovi se sastojci kod ocjene kakvoće vode utvrđuju obično kroz organoleptičke i fizičko-kemijske pokazatelje.

2. sastojci koji, kad se nalaze u većim koncentracijama vodu mogu činiti opasnom. Zovu se štetnim tvarima; i to su dušikovi spojevi (nitrati, nitriti, amonijak), fenoli, organoklorni spojevi, željezo, mangan, fosfor, floriidi itd.

3. sastojci koji su i u malim koncentracijama opasni te čine vodu neupotrebljivom. To su teški metali (arsen, kadmij, živa, krom, nikal), sve vrste biocida (pesticidi, herbicidi, fungicidi, insekticidi), klorirani ugljikovodici itd.

4. higijensko - sanitarni pokazatelji posebno su značajni kod pitke vode pa se iz tog razloga utvrđuje prisutnost mikroorganizama, posebno patogenih. Potrebno je ispitati ukupne koliformne, fekalne koliforme, fekalne streptokoke, klostridije, i od patogenih još salmonelu, patogene streptokoke, fekalne bakteriofage, enteroviruse. Pitka voda ne smije sadržavati parazite, alge ni druge organizme kao ni praživotinje.

Kao što je poznato, u prirodi nema čiste vode jer voda već pri nastajanju iz vodene pare otapa plinove i krute tvari iz atmosfere, te dalje na svom putu ispire površinu na koju dolazi, a prodiranjem se u podzemlje, ovisno o geološkim slojevima tla, dalje mineralizira.

Veoma je važno poznavanje zakonitosti nastanka vodene mase u prirodi jer se tada mogu objasniti i pojave u vezi s promjenama kemijskoga sastava istraživanjem vode u dužem vremenskom periodu. Najvažniju ulogu kod toga ima otopljeni ugljični dioksid, čiji je višak u vodi istodobno "agresivan ugljični dioksid".

Analiza i ocjena stanja kakvoće vode podrazumijeva utvrđivanje sastojaka otopljenih u vodi (2,3).

Kakvoća vode namjenjene vodoopskrbi u našoj je republici regulirana Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti voda (4).

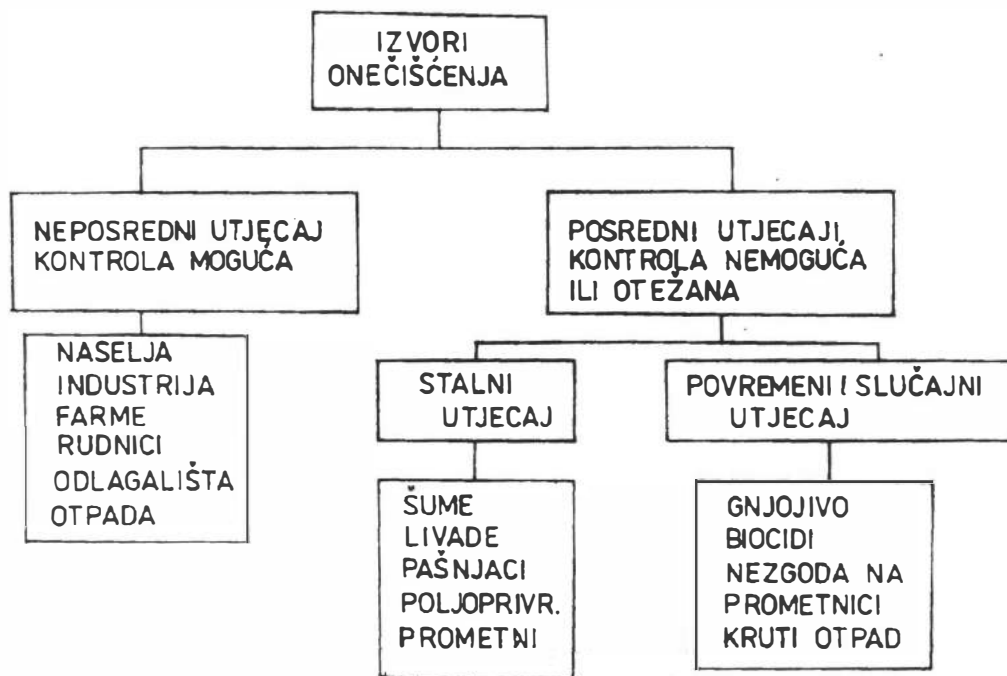
Daljnji su propisi koji su na snazi ciljem zaštite kakvoće voda jesu:

- Uredba o klasifikaciji voda (5)
- Uredba o kategorizaciji vodotoka (6)
- Uredba o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari u vodama i obalnom moru (7)
- Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta voda za piće (8)
- Plan zaštite voda od zagađenja (9)
- Zakon o prostornom planiranju i uređivanju prostora (10)
- Pravilnik o izradi studije o utjecaju na okolinu (11)
- Zakon o zaštiti okoliša (12)

i još mnogi drugi koji obvezuju na zaštitu pitke vode i na gospodarenje prostorom.

3. Mogućnost promjene kakvoće vode

Kod višenamjenskoga korištenja prostora utjecaji se različitih sadržaja međusobno superponiraju i stvaraju mnogo različitih kombinacija. Neke od ispusta koji negativno utječu na kakvoću vode moguće je kontrolirati, dok je za neke druge kontrola otežana, a za neke i nemoguća.



Slika 1: Mogućnost zagađenja voda

Zagađenje se voda može sagledati kao točkast ispušt koji je moguće kontrolirati uređajem za popravljavanje kakvoće vode na mjestu ispusta, i kao raspršen izvor zagađenja gdje je kontrola otežana, a katkad i nemoguća.

Zagađivači u prirodne vodne sustave dospijevaju:

- oborinama, tj. ispiranjem zagađene atmosfere
- ispuštima otpadnih voda iz naselja, industrija i prometnica
- ispiranjem poljoprivrednih površina
- procjeđivanjem kroz neodgovarajuća odlagališta krutog otpada (13)

4. Prijedlog novoga načina planiranja

Planiranje se korištenja prostora ciljem zaštite kakvoće vode mora temeljiti na načelu "održiva razvoja" koji se prema Svjetskom komitetu za okoliš i razvoj određuje kao "Razvitak koji zadovoljava potrebe sadašnjice bez ugrožavanja mogućnosti budućih naraštaja da zadovolje vlastite potrebe".

Na slici 2. predložen je ekološki model donošenja odluke gospodarskog razvoja područja, temeljen na integralnu upravljanju prostorom na slivnome području voda čija je namjena predviđena u vodoopskrbi stanovništva. Pri tome je nužno provjeriti mogućnost "prijemnoga kapaciteta okoliša", odnosno u skladu s mogućnostima prijema ispusnih tvari, prema količinama i prema sastavu reducirati razvojne planove. Taj postupak gospodarenja okolišem naziva se "ekološkom (zelenom) ekonomijom".

Na slici 2. grafički su prikazani pojedini "koraci" u postupku donošenja odluke. Prvi je i najvažniji korak definiranje granica obrađivanoga područja. Za prostorne i razvojne planove te se granice relativno lako utvrđuju, dok je određivanje granica sliva, posebno za podzemne vode, znatno složeniji problem. Uz zacrtan cilj zaštite kakvoće vode, te poznate kriterije i standarde za pitke vode od kojih je svakako najvažniji zdravstveni, planiranje razvoja područja pretpostavlja sljedeće:

4.1. Prikupljanje i sistematizacija podataka

Svaki sadržaj u prostoru utječe na okoliš. Utjecaji se mogu sagledati samo onda ako se prije planirane gradnje novih sadržaja sistematiziraju podaci o stanju okoliša ili, kako se to naziva, "0" nulto stanje.

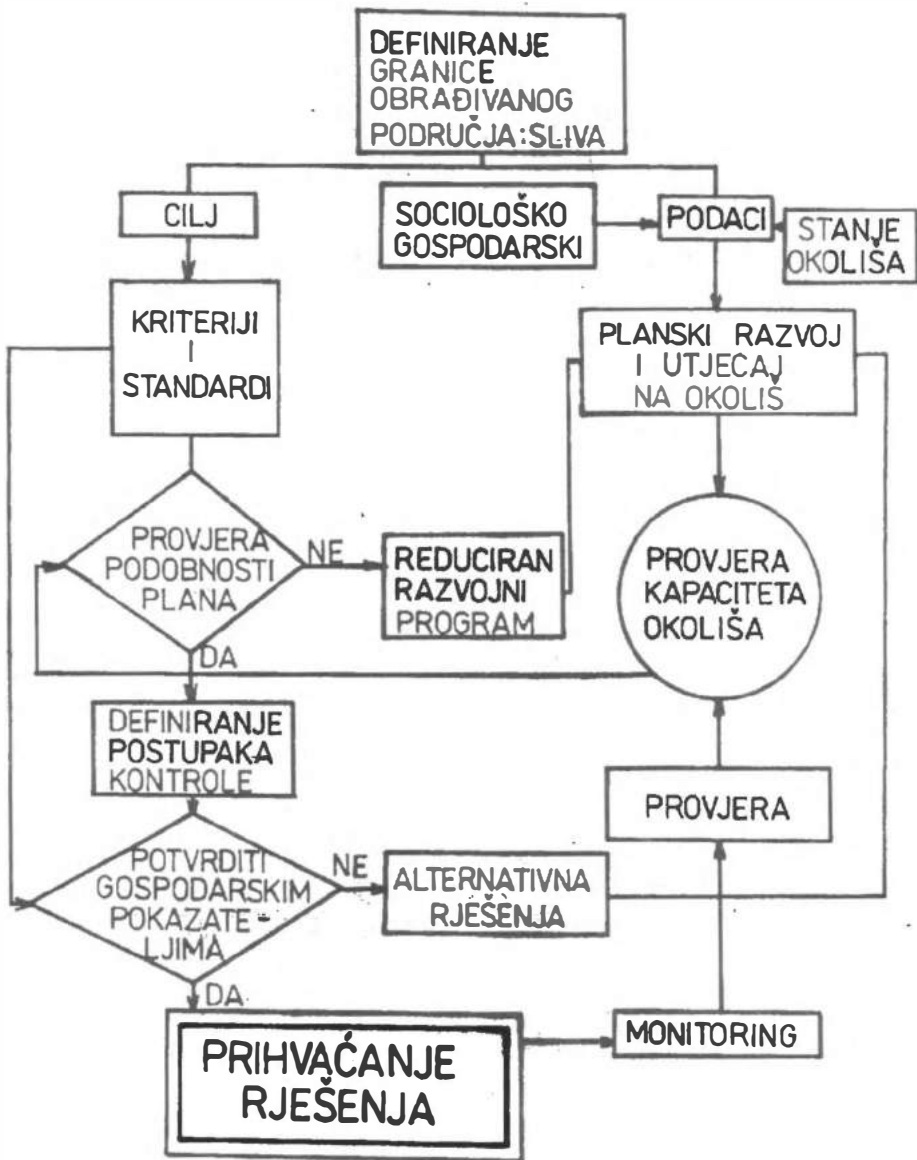
Potrebno je u okviru zacrtanih granica područja za koje se planira izgradnja novih sadržaja prikupiti sve dostupne i bitne podatke. U slučaju su zaštite kakvoće vode ti podaci:

4.1.1. Podaci o stanju okoliša

- geološki,
- hidrogeološki,
- hidrološki (oborine, vodostaji i protoke, slivno područje, kretanje vode),
- kakvoća vode (prema geokemijskim pokazateljima i sanitarno - kemijskim pokazateljima).

4.1.2. Sociološko - gospodarski pokazatelji

- položaj i veličina područja,
- stanovništvo,
- reljef - klima,



Slika 2.: Ekološki model planiranja razvoja područja

- prometni položaj,
- infrastruktura,
- mogućnosti za razvoj područja.

4.2. Planski razvoj i utjecaj na okoliš

Raspolažući podacima o postojećim sadržajima i njihovim ispuštima, kao i budućim ispuštima planiranih sadržaja, potrebno je utvrditi hoće li doći do:

- ispusta opasne tvari koji u maloj količini može učiniti vodu neupotrebljivom za vodoopskrbu;
- ispusta štetnih tvari koje u većim koncentracijama mogu činiti vodu opasnom, a koje se već nalaze u vodi, bilo iz raspršenih izvora ili iz ispusta postojećih sadržaja;
- ispusta tvari koje mogu utjecati na promjenu kakvoće vode, ukoliko se ne provedu postupci kontrole ulaska, ali za koje se mogu lakše provesti postupci pročišćavanja (mutež, tvrdoća, mikroorganizmi).

Nakon što se sistematiziraju utjecaji pojedinih sadržaja odnosno ispusta, potrebno je, što nije tako lako napraviti, prognozirati i njihove količine.

4.3. Provjera kapaciteta okoliša

Razvoj se nekog područja ne može održati u nedogled jer ni okoliš ne može podnositi opterećenje ispuštima štetnih tvari preko granica koje se zovu "kapacitet okoliša", ili "nosivi kapacitet" (carrying cappacity). Već je u samoj prirodi prisutan utjecaj životnih procesa koji se tu odvijaju, a čovjekove djelatnosti mnoge prirodne utjecaje višestruko uvećavaju, odnosno katkad onemogućuju odvijanje prirodnih procesa.

Dakle, potrebno je razviti strategiju postizanja održivosti i to prijelazom s "tržišnoga razvoja" koji koristi prirodne resurse na osnovi tržišne ekonomije, postizanja maksimalne dobiti, što je dugo vremena rezultiralo degradacijom okoliša, na drugu vrstu razvoja u kojoj je osnova upravljanje okolišem "ekološka ekonomija".

Mogući je postupak korištenje zadovoljenja kriterija za pojedine sadržaje metodom procjene. Koristeći višekriterijalni pristup prilikom donošenja odluke, posebno kad svi kriteriji nisu direktno mjerljivi, nužno je uvoditi težinske vrijednosti pojedinih kriterija koji tako postaju relativne vrijednosti i najvažnije veličine.

U predloženom modelu bio bi to kriterij kakvoće vode prema propisanim zakonskim normama koje vrijede za vodu koja se koristi za piće. Procjena bi utjecaja pojedinog planiranoga urbanog sadržaja kroz ispušte otpadne tvari u vodu uvjetovala donošenje limita za pojedinu ispusnu tvar procjenom prijemnog kapaciteta prirodnoga vodnog sustava.

Prihvatni kapacitet označuje onu količinu otpadnih tvari i energije koja se smije ispuštati u određeni vodni sustav, a poradi koje neće nastati promjene u ekosustavu koje bi utjecale na kakvoću pitke vode.

Da bi se zadovoljili pretpostavljeni ciljevi i kriteriji nužno je dalje provesti:

- kontrolu zagađivača ispuštenih u vodenu masu, postojećih i budućih, uz postavljanje ograničenja koja se moraju primijeniti na ispuštene otpadne tvari kako bi se održala potrebna razina kakvoće vode.

Kod toga treba uzimati u obzir utjecaj svakoga planiranog sadržaja posebno, ali i međusobnu interakciju kao i utjecaj stanja prirodne sredine i koncentracija koje su već danas tamo prisutne.

Dakle, potrebno je stalno razmatrati dvije varijable postavljenih sustava:

- mjesto ispusta i koncentracije pojedinih pokazatelja

4.4. Provjera podobnosti plana

Nakon izvršene analize planiranoga razvoja i njegovoga utjecaja na kakvoću vode slivnoga područja čije se vode koriste ili planiraju koristiti u vodoopskrbi potrebno je:

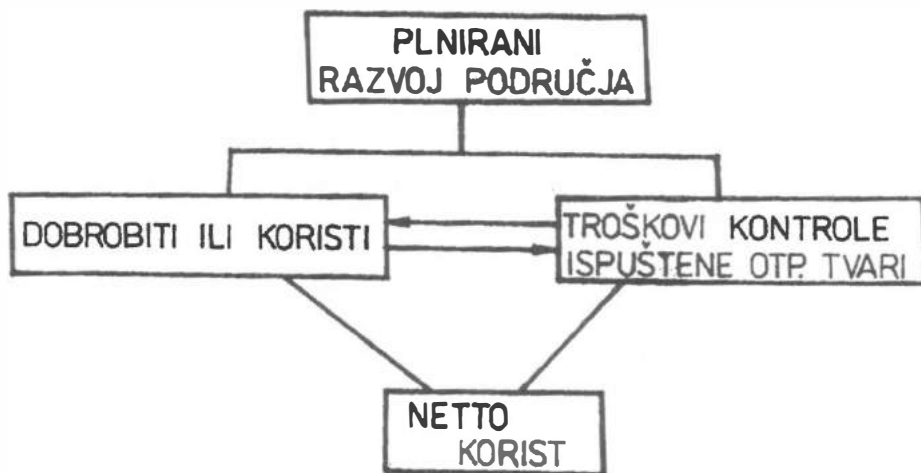
- izbaciti iz plana sve sadržaje koji u svojoj otpadnoj vodi imaju opasnu tvar koja i u maloj koncentraciji može vodu učiniti neupotrebljivom. Posebno kada se koncentracije te opasne tvari teško utvrđuju postojećim analizama, a postupci su pročišćavanja tako razrijeđene otpadne tvari u vodi vrlo skupi i nepouzdana.
- sadržaje koji sa svojom otpadnom vodom ispuštaju otpadne tvari podvrgnuti strogoj kontroli i već kod planiranja ograničiti sadržaje koji bi i nakon primjene uobičajenih postupaka pročišćavanja ispuštali ostatak otpadne tvari koji prelazi granicu prihvatnog kapaciteta.

Takva će podrobna provjera sigurno dovesti do potrebe smanjenja razvojnoga programa, odnosno do varijantnih rješenja razvojnih planova i njihova međusobnog usklađivanja, odnosno do potrebne potvrde opravdanosti neke gradnje gospodarskim pokazateljima.

4.5. Potvrđivanje gospodarskim pokazateljima

Bez obzira na složenost problematike izbora optimalna rješenja planirane buduće gradnje i njezine tehnologije, uglavnom u dosadašnjoj gradnji ipak prevladavaju gospodarski kriteriji koji se mogu vrednovati kako je to prikazano na slici 3.

Ako se ipak pokaže da je sadržaj gospodarski prihvatljiv, moguće ga je planirati, a ako



Slika 3: Gospodarsko vrednovanje razvojnoga plana

su troškovi veći od dobiti, sigurno je prihvatljiviji neki drugi sadržaj gdje će troškovi kontrole biti niži.

4.6. Prihvaćanje rješenja

Zacrtni plan provjeren nosivim kapacitetom okoliša i potvrđen gospodarskim pokazateljima može se prihvatiti. Ponudeno je rješenje prihvatljivo kada istodobno zadovoljava kriterije i standarde zaštite pitke vode i gospodarske kriterije. U načelu te

dvije skupine kriterija istodobno ne zadovoljavaju zbog unaprijed postavljenih ciljeva, stoga se modelom i predviđaju promjene u planskome razvoju dok se ne nađu najbolji uvjeti u obostranu interesu. Za ostvareno rješenje razvoja obvezno je uvođenje monitoringa, tj. praćenja stanja okoliša nakon njegove realizacije i uspoređivanje s nultim stanjem (onim prije realizacije sadržaja) kako bi se moglo na vrijeme intervenirati, odnosno eventualno uočen negativan utjecaj izbjeći na drugim sličnim projektima.

5. Zaključak

Radi očuvanja zaliha pitke vode pri planiranju razvoja područja treba povezati stručnjake koji se bave djelatnošću vodoopskrbe s onima koji donose odluke o realizaciji pojedinih sadržaja u prostoru. U radu se ukazuje na obvezno sagledavanje utjecaja razvojnih područja na:

- unošenje štetnih i opasnih tvari u prirodne vodne sustave i ograničene mogućnosti njihova otklanjanja

U tu svrhu treba provesti:

- ispuštanje otpadnih tvari u okoliš samo uz vrlo visok stupanj čišćenja, što kod štetnih i opasnih tvari u otpadnim vodama izaziva visoke troškove pročišćavanja;
- kako bi se spriječilo zagađenje podzemnih voda zbog "nedostatka" sredstava kod "tržišnog gospodarenja" kao mjeru zaštite uvesti zabranu lociranja "izvora" onečišćenja opasnim tvarima u priljevnim područjima izvorišta pitke vode;
- izbor "podobnog" ili "nepodobnog" sadržaja izvora onečišćenja na slivnom području mora biti obavljen u prostornome planu, odnosno strategiji razvoja Hrvatske;
- svako kasnije propisivanje zaštitnih mjera nakon već locirana nepoželjna sadržaja u prostoru odlaže samo vremenski neminovan gubitak prirodne kakvoće vode za piće, uz teške sociološke i gospodarske posljedice.

Literatura

1. Concil Direktive of 15 July, 1980. The Council of the European Communities 80/778, 86-107.
2. Ribakov, S., I.: Nektorye vaprosi teorii formyrovania hmičeskovo sastava podzemnih vod, Trudi laboratorii gidrogeoloških problem, Akademija Nauk SSSR, Moskva 16, 1958. 74-76.
3. Smolčić, V.: Prilog poznavanju nekih zakonitosti u odnosu na kemijski sastav i stupanj onečišćenja vodotoka u Dalmaciji, Disertacija, Split 1977. 10-14.
4. Pravilnik o higijenskoj ispravnosti pitke vode Sl. list 33/1987 865-874.
5. Uredbe o klasifikaciji voda N.N. br. 15/1981, 249-251.
6. Uredba o kategorizaciji vodotoka N.N. br. 15/1981, 249-251.
7. Uredba o maksimalno dozvoljenim koncentracijama opasnih tvari u vodama i obalnom moru, N.N. br. 2/1984, 7-11.
8. Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće, N.N. br. 22/1986, 536-538.
9. Plan zaštite voda od zagađenja, N.N. br. 22/1986.
10. Zakon o prostornom planiranju i uređivanju prostora, N.N. br. 54/1980.
11. Pravilnik o izradi studije o utjecaju na okolinu, N.N. br. 31/1984.
12. Zakon o zaštiti okoliša, N.N. br. 82 od 11. studenog 1994.
13. Tušar B.: Utjecaj urbanizacije krškog područja na kakvoću podzemnih voda, Disertacija, Zagreb, 1993.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Sanja Barbalić, Mirjana Švonja

R 2-05

Pristup izradi vodnogospodarskoga rješenja Donje Neretve

SAŽETAK: *Raspoloživi prirodni resursi i njihov značaj s jedne, i veliki gospodarski zahtjevi s druge strane, čine područje Donje Neretve izuzetno složenim i interesantnim vodoprivrednim problemom. Prostorna i vremenska raspodjela prirodnih resursa, te geopolitički položaj stanje čine složenijim i smanjuju broj mogućih prihvatljivih rješenja. Realna i opravdana ograničenja koja gospodarskom iskorištavanju prirodnih resursa stavljaju ograničen prostor, i zaštita okoliša, nameću neophodnost strogoga pridržavanja načela održivoga razvitka pri izradi vodnogospodarskoga rješenja i uređenja sliva Donje Neretve. Takav pristup zahtijeva angažiranje širokoga multidiscipliniranoga tima istraživača u vrlo uskoj suradnji za koju kroz dosadašnju praksu nisu stečena dovoljna iskustva. Poseban je problem i značajnije uključivanje političko-teritorijalnih jedinica tijekom izrade rješenja koje, u novomu teritorijalno-političkom ustrojstvu, još uvijek nemaju jasno izdiferencirane programe projekcija razvoja i neophodne pripadne zakonske dokumente. Ekonomski uvjeti i ograničenja uvjetuju fazni pristup, kako pri izradi, tako i konačno pri realizaciji samoga rješenja. Mada sve navedeno, u prvi mah navodi na zaključak da nisu sazreli uvjeti za izradu ovakve vrste studije, ipak zakonska regulativa inzistira na potrebi postojanja ove vrste dokumentacije. Zbog toga, napor istraživača pri rješavanju takve zadaće treba usmjeriti na pronalaženje metodologija koje bi rezultirale izborom dovoljno fleksibilnih rješenja, što je moguće manje osjetljivih na promjene varijabilnih ulaznih parametara, koja se vremenom mogu lako, relativno jeftino i efikasno prilagoditi promjenama, kako u društveno-ekonomskoj, tako i u tehničko-znanstvenoj sferi. Uspjeh realizacije takvog projekta velikim dijelom ovisi o kvalitetno razrađenoj programskoj dokumentaciji (zadatku) i adekvatnoj fleksibilnoj dinamici realizacije i financiranja same studije.*

KLJUČNE RIJEČI: *Vodnogospodarsko rješenje, gospodarenje vodama, upravljanje vodama, Neretva*

An Approach to the Lower Neretva Region Water Resources Management Project Development

ABSTRACT: *Due to the available natural resources and their significance, along with the high economic requirements, the Lower Neretva region is particularly complex and interesting water resources management problem. The spatial and time-related distribution of natural resources and the geopolitical position cause complexity of the problem and reduce a number of possible acceptable solutions.*

Mr. Sanja Barbalić, dipl. inž. građ., Sektor za studijsko-plansko-razvojne poslove, JVP "Hrvatska vodoprivreda" Zagreb

Mr. Mirjana Švonja, dipl. inž. građ., JVP "Hrvatska vodoprivreda", OJ Split

The realistic and justified limitations which restrain the space for exploitation of natural resources and the environmental protection impose unavoidable respecting of stringent principles of sustainable development in the water resources management projects and development of the Lower Neretva catchment area. Such an approach requests engagement of large research multidisciplinary team expected to closely cooperate, for which there is no previous experience. A special problem is more intensive involvement of political and territorial units in development of a project since, according to the new territorial/political organization, they still have no differentiated development programs and appurtenant legislation. The economic conditions and limitations request the phase approach, both in construction and in final realization of the project. Although all we said leads to a conclusion that the conditions for preparation of this type of study have not been met, it is requested by the regulations. Therefore, the researchers should focus their efforts on finding a methodology which would result in selection of a sufficiently flexible solution, with the minimum sensitivity to the changes in variable input parameters, which could be easily, comparatively cheaply and effectively adapted to the modifications both in the social/economic and in technical/scientific sphere. The success of such a project largely depends on a quality program documentation (Project Task) and adequately flexible schedule of the study realization and financing.

KEY WORDS: *water resources management project, water resources management, water resources control, the Neretva River*

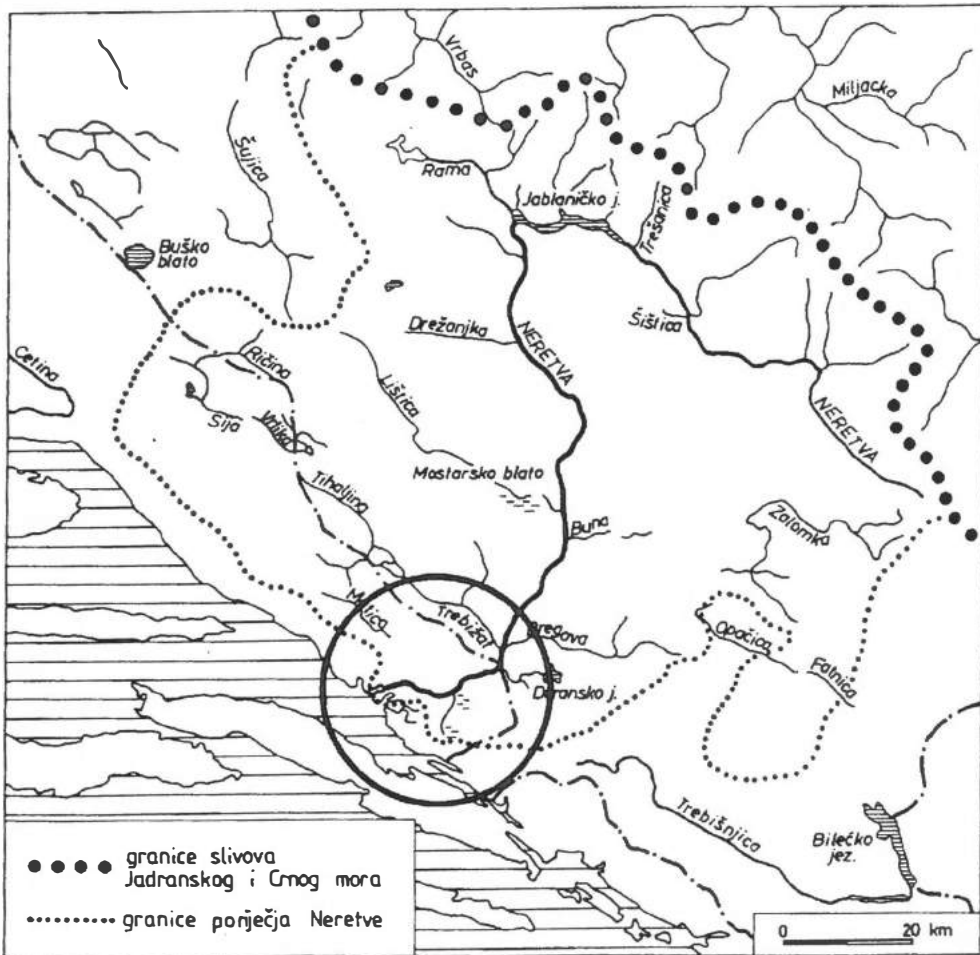
0. Uvod

S obzirom na značaj i probleme područja Donje Neretve Javno vodoprivredno poduzeće "Hrvatska vodoprivreda" pokrenulo je rad na projektu Vodnogospodarskoga rješenja i uređenja sliva Donje Neretve. Zasad je usvojen program koji obuhvaća prethodne radove (prikupljanje i sistematiziranje podloga i podataka) i dio I faze (definiranje projekta), koji eventualno može biti izmijenjen i dopunjen nakon što se izvrši prikupljanje i sistematizacija postojećih podloga i podataka. U rad su uključeni djelatnici Hrvatske vodoprivrede, Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zoologijski zavod, URBOS-a iz Splita te djelatnici Javnog poduzeća Neretvanski sliv. Ostale institucije bit će uključene postupno, u skladu sa dinamikom realizacije i financiranja projekta. Rad na studiji koordinira se u Sektoru za studijsko-plansko-razvojne poslove Hrvatske vodoprivrede u Zagrebu i u OJ Split.

1. Osobnosti područja

Slivno područje rijeke Neretve obuhvaća površinu od oko 10.000 km² što je teško precizno utvrditi jer rijeka teče kroz izuzetno krševito područje. U gornjem dijelu sliva (do ušća rijeke Jablanice) Neretva teče kroz planinske terene s najvišim točkama do oko 2000 m n.m i nalazi se pod utjecajem kontinentalne klime. Srednji dio sliva od Jablanice do izlaska iz klisure (kanjona) kod Salakovca, odnosno Mostara, većim je dijelom pod utjecajem izmijenjene mediteranske klime. Nadmorske visine orografske granice ovoga dijela kreću se između 200 - 800 m. Za ovo područje su karakteristične pojave izrazitih krških fenomena: škrapa, vrtača, ponora kraških vrela, uvala, te otvorenih i zatvorenih kraških polja. U donjem dijelu sliva Neretva postaje tipična aluvijalna rijeka s razvijenom deltom u nekadašnjem morskom zaljevu (nizvodno od Gabele). I na ovom dijelu sliva, na višim područjima, prisutni su svi pojavni oblici razvijenoga krša. Donji tok rijeke pod utjecajem je mediteranske klime. Kraška polja razbacana po srednjem dijelu sliva hidrografski su povezana i čine jedinstvenu hidrološku cjelinu što naglašava potrebu za cjelovitim sagledavanjem područja sliva.

Cijelom dužinom doline Neretve prolaze značajni prometni pravci: put B-H transverzala i željeznička pruga Sarajevo - Ploče, a u donjem toku dolinu presijeca i veoma važna cestovna prometnica - Jadranska magistrala. Duž vodotoka u slivu, a osobito u dolini same Neretve smješten je veći broj naselja i gradova sa znatnom industrijom. U gornjem toku vode Neretve iskorištavaju se za proizvodnju električne energije (HE Jablanica na Neretvi i HE Rama na Rami) uz mogućnost daljega korištenja energetskoga potencijala. Hidroenergetski potencijal srednjega toka same Neretve gotovo je u cijelost iskorišten izgradnjom triju stepenica: HE Grabovica, HE Salakovac i HE Mostar. Potpuni nedostatak većih obradivih površina i relativno nepovoljni klimatski uvjeti u gornjem dijelu sliva umanjuju značaj rijeke Neretve na ovom dijelu u pogledu zahvaćanja vode za navodnjavanje. Međutim, znatne poljoprivredne površine i bitno povoljniji klimatski uvjeti u dolini same rijeke i kraškim poljima ukazuju da bi vode Neretve i njenih pritoka u srednjem i donjem dijelu sliva mogle biti i više iskorištavane za navodnjavanje u uvjetima intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Uz



intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju, koncentraciju stanovništva i industrije te izgrađene akumulacije u slivu moguće je očekivati probleme pri postizanju i očuvanju zadovoljavajuće kvalitete površinskih voda. Složeni hidrogeološki uvjeti proširuju problem očuvanju kvalitete i na podzemne vode (kraški izvori) što utječe na mogućnost korištenja voda, posebice na vodoopskrbu stanovništva i industrije. Na donjem toku Neretve uz sve prije uočene probleme koji se odražavaju na vodni režim ovoga dijela, prisutni su i problemi karakteristični za vodotoke s malim padovima i delte (obrana od poplava, odvodnjavanje, plovidba, utjecaj mora, zaslanjivanje tla i voda i sl.). Najveći dio sliva rijeke Neretve (oko 90%) nalazi se na teritoriju Republike Bosne i Hercegovine, od izvora do Metkovića gdje prelazi na teritorij Republike Hrvatske.

Pod područjem Donja Neretva u okviru Vodnogospodarskoga rješenja podrazumijeva se područje koje obuhvaća sliv rijeke Neretve od Metkovića (državne granice) do ušća, dakle prostor ograničen vododjelnicom ovoga dijela Neretve uključujući i prostor Malostonskoga zaljeva. Najveći dio planiranih analiza odnosit će se na to područje i ono će biti obuhvaćeno konceptom vodnogospodarskoga rješenja. Ostali dio sliva (zaleđe) bit će razmatran samo u mjeri neophodnoj za što je moguće preciznije sagledavanje značajki kvantitativnoga i kvalitativnoga režima Donje Neretve.

Da bi se sagledalo stanje u domeni korištenja voda, zaštite voda i zaštite od štetnoga djelovanja voda na ovom području, izvršila sanacija postojećih objekata, ispitala mogućnost daljega korištenja voda rijeke Neretve i riješili dosada neriješeni vodoprivredni i eventualno ostali problemi, te ispitali utjecaji koje vodoprivredni zahvati mogu imati na okoliš, stvoren je program kojim bi se detaljno analizirali problemi funkcioniranja postojećega sustava i dala osnovna rješenja daljega vodnogospodarskog razvoja područja. Pritom su izdvojene i posebno naglašene sljedeće činjenice, značajke i ograničenja o kojima osobito treba voditi računa pri koncipiranju vodnogospodarskoga rješenja:

– Područje Donje Neretve ima veliko ekološko značenje. Na ovom području nalaze se izuzetno interesantna zaštićena područja (1):

- specijalni rezervati: ornitološki Pod Gredom (od 1965. godine)
 ornitološki Orepak (od 1970. godine)
 ornitološki Prud (od 1965. godine)
 ornitološko-ihtiološki Delta Neretve i Osinj
- park šume: Predolac - Šibanica (od 1967. godine)
- značajan krajolik: jezero Kuti
 jezero uz naselje Desne
 močvarno područje južno od Male Neretve
- park u Metkoviću.

Očuvanje i zaštita tih područja bitno utječe na način iskorištavanja voda i zemljišta. Posebno, blizina Svitavske kasete i Malostonskog zaljeva (koji se nalazi u programu zaštite UNDP-a) može postaviti (diktirati) dodatne rubne uvjete i ograničenja upravljanju vodama promatranoga područja;

Na području Donje Neretve nalaze se važna arheološka nalazišta;

Područje Donje Neretve ima veliko gospodarsko značenje i potencijal, osobito u vodoopskrbi, poljoprivredi, proizvodnji hrane, turizmu i prometu;

Rijeka Neretva prekogranični je vodotok, odnosno u Republiku Hrvatsku dotječe s teritorija Republike Bosne i Hercegovine, gdje je uslijed njezina korištenja, posebice

u industriji i za proizvodnju električne energije, znatno izmijenjena kvaliteta voda, prirodni režim tečenja i poremećeni procesi transporta nanosa;

Napominje se da su se antropogene intervencije u slivu rijeke Neretve odvijale konstantno i to tijekom duljega razdoblja, tako da se ne raspolaže dovoljno dugim vremenskim nizom hidroloških podataka za pouzdano utvrđivanje utjecaja pojedinih objekata na promjenu režima tečenja i transporta nanosa. Situacija je specifična i zbog činjenice da se znatan dio podloga i podataka odnosi na Republiku Bosnu i Hercegovinu koji sada iz objektivnih razloga nisu dostupni;

- Analize predviđene ovim programom obuhvaćaju tok rijeke koji se i u prirodnome i u zatečenome stanju, praktično čitavom dužinom, nalazi pod utjecajem Jadranskoga mora, što dodatno uvjete racionalnoga vodoprivrednoga pristupa korištenju i zaštiti čini složenijima;
- Na ovom području je dosad realizirano više regulacijskih radova (posebno na Neretvi i Maloj Neretvi u cilju zaštite od štetnoga djelovanja voda) i napravljeno više analiza koje su se, međutim, odnosile na uvjete tečenja prije nego što su uzvodno izgrađeni veći objekti, a čije funkcioniranje bi trebalo provjeriti u sadašnjem stanju izgrađenosti sustava.

2. Definiranje ciljeva vodnogospodarskoga rješenja

S obzirom na prije navedenu problematiku vodnogospodarsko bi rješenje trebalo:

- definirati zatečeno stanje u domeni vodnoga resursa (količinu, kakvoću, vodna dobra i vodne građevine i sustave);
- utvrditi zatečeno stanje korištenja voda u širem smislu (potrebe za vodom, obrana od štetnog djelovanja voda i zaštita voda, potrebe za vodom eko-sustava, a posebice zaštićenih područja u kvalitativnom i kvantitativnom smislu);
- naznačiti ograničenja koja vodni resurs može staviti pred gospodarski razvoj područja;
- dati prihvatljiva rješenja višenamjenskoga, racionalnoga korištenja voda;
- utvrditi dugoročnu strategiju upravljanja vodama u okviru uravnoteženoga razvoja, srednjoročne planove razvoja i kratkoročne programe radova (interveniranja) u slivu prema prioritetima;
- postaviti osnovne parametre i pokazatelje neophodne za projektiranje;
- uspostaviti monitoring koji bi omogućio odgovarajuće praćenje promjena u slivu i dao bolju podlogu za kvalitetnije planiranje i donošenje odluka u upravljanju vodnim resursom.

Već sad se može uočiti da je jedan od osnovnih problema koji se javlja na ovom području održavanje i, ukoliko je to moguće, poboljšanje kakvoće okoliša. Usklađivanje zahtjeva koje okoliš stavlja pred korištenje voda kao faktor daljeg gospodarskoga razvoja područja postaje jedna od bitnijih zadaća u gospodarenju vodama. Iskustvo je pokazalo da je takve konfliktne situacije moguće riješiti samo kompromisnom strategijom koja bi bila razrađena u okviru globalnoga koncepta održivoga razvoja, a na trenutačnoj razini ekonomskoga razvoja u okviru uravnoteženog razvoja (7). Pritom je potrebno posebno naglasiti da je sasvim jasno da se pri izradi ove studije obrađivači susreću s nizom objektivnih problema koji se javljaju već na prvoj razini: definiranju metodologije. Naime, da bi se vodnogospodarskim rješenjem odgovorilo na postavljene ciljeve potrebno je problemu pristupiti multidisciplinarno što ujedno

znači i riješiti problem neusklađenosti u kvantiteti i kvaliteti raspoloživih podloga i podataka, a zatim i u stupnju razvoja pojedinih "disciplina" (5):

- fluvijalne ekologije koja se nalazi na razini opisnih modela koji globalno objašnjavaju ekosustave uz nedostatak razrađenih kvantitativnih odnosa neophodnih za prognozu što je vrlo teško uključiti u matematske modele,
- fluvijalne dinamike koja je najdalje uznapredovala u opisima procesa i u kvantitativnom i u kvalitativnom smislu i
- mehanike sedimenta (nanosa) čiji se stupanj razvoja nalazi negdje između ovih dviju.

Kada se uz sve naprijed navedeno još doda i problem prihvatljivosti rješenja u okviru socijalnoga, ekonomskoga, političkoga i prostornoga okruženja, problem postaje znatno složeniji. Međutim, nije realno očekivati da će ikada u potpunosti biti ispunjeni idealni uvjeti za izradu ovakvoga tipa studijske dokumentacije. U međuvremenu, prirodni uvjeti i gospodarski razvoj zahtijevaju neodgodive akcije, a štete koje su posljedica nepostajanja barem okvirnih planova razvoja i upravljanja vodnim resursima postaju sve uočljivije.

Zato se ipak otpočelo sa izradom vodnogospodarskoga rješenja, ali su pritom postavljani nešto "ublaženi" (manje ambiciozni) ciljevi koji bi se mogli grupirati kako slijedi:

1. omogućiti racionalno, efikasno i višenamjensko korištenje voda u zatečenome stanju;
2. postaviti parametre, uvjete i smjernice za projektiranje;
3. odrediti podloge i ustanoviti načine praćenja utjecaja koje pojedini zahvati u slivu imaju na okoliš, i to na osnovici predviđanja za sada danim u obliku opisnih kategorija tipa:

pozitivan/negativan,	strateški/lokalan,	kratkoročan/dugoročan,
diskretan/kontinuiran,	direktan/indirektan,	reverzibilan/ireverzibilan;
4. odrediti neophodne dodatne istražne radove;
5. predložiti prihvatljive strategije razvoja upravljanja vodama kao podloge za kvalitetnije donošenje odluka i dati smjernice za buduće aktivnosti;
6. ispitati osjetljivost predloženih rješenja na promjene najbitnijih i najnepredvidljivijih ulaznih veličina (parametara) (promjene u strategiji gospodarskoga razvoja, prostornog uređenja i sl.);
7. predložiti dinamiku novelacije vodnogospodarskoga rješenja.

3. Organizacija rada na vodnogospodarskom rješenju

3.1. Izrada vodnogospodarskoga rješenja

Ovako definirano vodnogospodarsko rješenje podrazumijeva fazni pristup pri čemu bi svaka faza detaljnije odredila sadržaj i opseg sljedeće faze (6):

- PRETHODNI RADOVI: prikupljanje, sistematiziranje i organiziranje postojećih podataka i podloga;
- PRVA FAZA - definiranje projekta: određivanje kvantitativno-kvalitativnih značajki raspoloživih vodnih resursa, utvrđivanje korištenja voda u širem smislu i određivanje ograničenja;

- DRUGA FAZA: osnovna istraživanja i analize kao osnove za izbor rješenja: hidrološki i klimatološki uvjeti, topografske značajke riječnih tokova, poplavnih područja i hidrotehničkih građevina, zatečeno i planirano korištenje zemljišta, karakteristike prirodnoga okruženja, zaštićena područja, krajolik i urbana područja, arheološki resursi i sl. Razmatranjima bi se nastojalo obuhvatiti i zahtjeve i ograničenja u legislativnome i organizacijskome kontekstu, ocjenu mogućnosti usklađivanja potreba i rješenja konflikata, pregled potrebnih podataka, ocjenu resursa (vremena i cijena). Za kraj te faze predviđena je revizija programa. Razina neophodne detaljnosti stvar je procjene i svakako mora odraziti specifične uvjete projekta;
- TREĆA FAZA: projektiranje, verifikacija i rangiranje mogućih rješenja i opcija u odnosu na različite aspekte: cijenu, održavanje, ekonomsku pogodnost, mogućnost daljega razvoja, tehničku prihvatljivost, utjecaj na okoliš, mogućnost uklapanja u postojeće organizacijske sheme i tokove, odnosno primjenljivost u odnosu na institucijske, političke i društvene čimbenike. Pri tome svakako treba razmotriti i kvalitativno različite varijante "rubnih" strategija:
 - održavanje sustava, uključujući i njegova nepoželjna svojstva;
 - održavanje sustava uz daljnje ispravljanje i izbjegavanje njegovih nepoželjnih svojstava;
 - razvoj u većoj ili manjoj mjeri novoga, alternativnoga sustava;
 - potpuno zanemarivanje zatečenoga stanja, odnosno dopuštanje da sustav sam izabere rješenje ("ne činiti ništa" što može rezultirati razvojem alternativnog sustava, ili ...).
- Po završetku te faze predviđa se diskusija koja bi razmotrila predložene opcije i rješenja s tehničkoga, pravnoga, društvenoga i ekonomskoga aspekta i dale upute, pa i preporuke za odabir i usvajanje rješenja.
- ČETVRTA FAZA: Izbor i detaljnija razrada izabrane varijante ili izabranih varijanti rješenja i prihvaćanje sheme uvođenja (implementacije) projekta: određivanje parametara neophodnih za projektiranje pojedinih komponenti sustava, dinamika neophodnoga priljeva i vraćanja sredstava, uvođenje monitoriniga, odnosno kompletan plan i program razvoja, te određivanje i praćenje pokazatelja stanja okoliša koji su pod utjecajem prihvaćenog rješenja.

Dalji postupak prihvaćanja i uvođenja vodnogospodarskoga rješenja propisan je zakonskom regulativom.

3.2. Metodologija izrade vodnogospodarskog rješenja

S obzirom na nedostatak sistematizirane informacije o raspoloživim podacima, podlogama i projektnoj i studijskoj dokumentaciji na ovom području, vrlo je nezahvalno unaprijed propisati metodologiju izrade vodnogospodarskoga rješenja. Da bi se rad na vodnogospodarskom rješenju i u takvim uvjetima mogao odvijati, odlučeno je da se metodologija prilagodi mogućnostima i raspoloživim podlogama uz neophodan minimum istražnih radova. Opsežniji istražni radovi (koje bi bilo teško precizno unaprijed utvrditi) i usvajanje metodologije koja bi zahtijevala veće količine podataka znatno bi usporilo izradu studije, što u ovom trenutku nije prihvatljivo, bez obzira na razlike u kvaliteti konačnih rezultata. Naime, vodnogospodarsko rješenje dokumentacija je na studijskoj razini, a trenutačno stanje i vodoprivredni problemi područja zahtijevaju brzo reagiranje. Opredjeljenje da se metodologija tijekom rada prilagođava raspoloživim podlogama i mogućnostima, a uz poštivanje zacrtanih ciljeva

studije, obradivačima nameće osobitu odgovornost da u potpunosti iskoriste postojeće informacije, svoju kreativnost i iskustvo, a na koordinate i investitore da, sa svoje strane, osiguraju što je moguće bolje uvjete rada.

3.3. Promoviranje vodnogospodarskoga rješenja

Karakter, sadržaj i ciljevi vodnogospodarskoga rješenja ukazuju na značaj sociološke komponente, odnosno javnoga prihvatanja i učešća kako u fazama same izrade i revizije, tako i u periodu uvođenja (implementacije) odabranih rješenja. Dokumentacija ovakvoga tipa zadire u različite aspekte društvenoga života od ekonomskoga, stručnoga, sigurnosnoga pa do estetskoga i često je izložena kritikama koje su rezultat nedovoljne informiranosti. Iskustvo je pokazalo da je javno prihvatanje rješenja u mnogim slučajevima usporilo, ograničilo, pa čak i obustavilo implementaciju bitnih projektnih rješenja. Zbog toga je neophodno izvršiti primjereno i pravodobno promoviranje projekta i uključivanje javnosti u njegovu izradu (4). Već i na samom početku rada na vodnogospodarskome rješenju obradivači bi se trebali usredotočiti na sistematiziranje problema, rezultata istraživanja i svih ostalih informacija na razumljiv, jasan i smisleno prihvatljiv način za sve zainteresirane, od profesionalnih grupa i lokalne uprave, do neformalnih grupa koje povezuju zajednički interesi (korisničke grupe, grupe sa vlasničkim interesima, ekološke grupe i sl.). Čini se da je to moguće postići jedino ukoliko se u rad na projektu od samog početka uključe i istraživači sociolozi čija bi pomoć i uloga osobito došla do izražaja u procesima donošenja odluka i izbora prihvatljivih rješenja.

Literatura

1. Urbanistički zavod Dalmacije: Prostorni plan općine Metković do 2.000 godine - Prijedlog plana, Split, 1982.
2. URBOS: Osnova korištenja i zaštite prostora općine Metković - dio Vodoprivreda (nerevidirano, za potrebe Ministarstva graditeljstva i okoliša), Split, 1991.
3. Curić, Z.: Donjonertvanski kraj - Potencijalni i valorizirani turistički činitelji, Hrvatsko geografsko društvo, Posebna izdanja, svezak 10, Zagreb, 1994.
4. Grupa autora: Floods Across Europe - Flood hazard assessment, modelling and management, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University Press, London, 1994.
5. NATO Advanced Study Institute: Defence from Floods and Floodplain Management, Pre-Proceedings, Budapest, 1994.
6. Gardiner, John L.: River Projects and Conservation - A Manual for Holistic Appraisal, John Wiley & Sons, West Sussex, 1991.
7. Pravdić, V.: Pogled na koncept uravnoteženog razvoja, Kemijska industrija 40 (11), 1991



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Matjaž Mikoš

R 2-06

Utvrđivanje vodnog prostora u Republici Sloveniji

SAŽETAK: *Kao sastavni dio priprema za novi Zakon o vodama Republike Slovenije, izrađena je metodologija utvrđivanja zemljišta koja pripadaju vodnom prostoru. Ta zemljišta zahvaćaju, čine ili na njih odlučujuće utječu bilo kakvi oblici pojave vode. Na osnovi postojećeg slovenskog zakonodavstva i vodnogospodarskih iskustava, poštujući iskustva drugih europskih država, vodni je prostor razdijeljen na vodna zemljišta, vodni svijet te vodozaštitna i zaštićena područja. Utvrđivanje vodnog prostora temelji se na poznavanju najraznovrsnijih tipova pojave vode u prostoru. Nadalje se područno locirane pojave vode ocijene s obzirom na ekološki, sociološki, vodnogospodarski i pokrajinski vidik. Na kraju, metodologija sažima nekolicinu uopćenih kriterija za utvrđivanje vodnog prostora koji će kasnije biti praktično provjereni na karakterističnim tipovima vodnoga prostora u Sloveniji. Na području gospodarenja vodnim prostorom su bili utvrđeni opći uvjeti gospodarenja koji će biti obvezni za državne organe, privatne osobe i koncesionare na zemljištima u državnom vlasništvu.*

KLJUČNE RIJEČI: *metodologija, vodni prostor, zemljište, gospodarenje, kriteriji*

Defining Water Area in the Republic of Slovenia

ABSTRACT: *Development of methodology for determination of land which belongs to the water area was an integral part of preparations for the new Slovene Water Act. Such land includes, is made of or is determined by any occurrence of water. The presently applicable Slovenian legislation and water resources management experience, with respect to the experience of other European countries, the water area is divided into the water land, water world, and the water protection and protected areas. Determination of the water area is based on knowledge of the variety of water occurrences in space. Further, the local water occurrences are evaluated from the environmental, sociological, water management and regional aspects. In conclusion, the methodology summarizes some general criteria for determination of the water area which shall later be practically checked on characteristic water area types in Slovenia. As regards water area management, the general management conditions are determined which shall be obligatory for public authorities, private persons and concessionaires of the state-owned land.*

KEY WORDS: *methodology, water area, land, management, criteria*

1.0 Uvodna razmišljanja

Vodni ekosistemi nenadomjestiv su element prirodnih ekosistema, vode su nenadomjestiv izvor i neophodan uvjet za opstanak života, te osnova za razvoj gospodarskih i drugih ljudskih djelatnosti. Zato je temeljni interes svake organizirane društvene zajednice, osigurati osnovne elemente vodnih ekosistema pred promjenama koje mogu biti uzrok rušenju prirodnoga ravnotežnog stanja, odnosno pred promjenama pojedinih elemenata vodnih ekosistema koji bi smanjili osnovnu reproduksijsku sposobnost vodnoga prostora i obnavljanje raspoloživih vodnih količina u vremenu i prostoru. Kao sastavni dio pripremnih radova za novi Zakon o vodama Republike Slovenije pojavilo se pitanje kako odrediti područja vodnog prostora koja zahvaćaju, čine ili na njih odlučujuće utječe voda u bilo kojem obliku. Takvo zemljište bi, u smislu Zakona o zaštiti okoline, a ujedno i radi javnoga interesa, postalo ili državna svojina ili bi zakon na njemu propisao ograničenja pri gospodarenju.

Metodologija za određivanje vodnoga zemljišta i gospodarenja njime izrađena je s namjerom da bi na osnovi nje bilo moguće prihvatiti odredbe Vlade Republike Slovenije ili lokalnih zajednica, odgovornih za pojedinačne slučajeve. One će biti osnova za praktičnu provedbu odredaba Zakona o zaštiti okoline i Zakona o vodama. Namjena je studije bila:

- utvrditi osnove i kriterije za određivanje svih elemenata vodnoga prostora;
- ocijeniti opseg vodnoga prostora koji je potrebno posredno ili neposredno štiti;
- odrediti polazišta i opće uvjete za gospodarenje na vodnom prostoru.

Postupak određivanja zemljišta vodnoga prostora zamišljen je po sljedećem redu:

- u prostoru se prepoznaju različiti pojavnici oblici vode,
- njihov se značaj ocijeni pomoću izabranih kriterija i na osnovi općih kriterija podijeli u različite kategorije vodnoga prostora, te se
- za svaku kategoriju vodnoga prostora propiše odgovarajući način gospodarenja.

2.0 Vodni prostor

S obzirom na vodni režim i upravljanje vodama, izrađena studija predlaže da Zakon o vodama podijeli vodni prostor, tj. površinu na kojoj vode odlučujuće određuju nastanak, postojanje i razvoj tih površina, odnosno njihov značaj za čovjeka obzirom na različitu temeljnu namjenu zemljišta, u tri skupine:

- vodna zemljišta koja su obzirom na svoj značaj pri zaštiti vodnog režima u javnom vlasništvu,
- vodni svijet, to su priobalna i poplavna područja, klizišta, lavinska područja i druga područja izložena povremenom intenzivnom djelovanju vode koja mogu biti u javnom ili privatnom vlasništvu, ali pod posebnim režimom zaštite, te
- zaštićena i vodozaštitna područja, određena od države, s namjerom da se zaštite rijetke prirodne vrijednosti vodne okoline i prirodna vodna bogatstva.

3.0 Vidici vrjednovanja

Vidici vrednovanja vodnog prostora polazište su za klasifikaciju vodnog prostora. Studija predlaže da prostorno definirane dijelove vodnoga prostora klasificiramo s obzirom na sljedeće vidike:

- **vodnogospodarski** (funkcionalni) vidik nije jedini, ali je od primarnoga značaja za ocjenu vodnoga prostora. Sastavljaju ga elementi nesmetana kruženja vode u prostoru, koji nadalje omogućavaju održanje elementarnih zakonitosti uravnotežena vodnoga režima i štite prirodni prostor, čovjeka i materijalna dobra pred štetnim djelovanjem vode.
- **ekološki** se vidik temelji na ekološkim ocjenama vodne okoline koje su usmjerene na očuvanje, održanje i razvoj vodnih biotopa koji su uvjet za opstanak i razvoj staništa s biocenzama. Vodni biotopi za određenu su vodnu okolinu tipičan prirodni spoj koji se razvio u specifičnim uvjetima.
- **estetski** vidici temelje se na činjenici da su kulturne vrijednosti i svojstvene prirodne pojave sastavni element krajolika koje treba zaštititi na način koji nije u suprotnosti s načelima zaštite i uređenja voda.
- **sociološki** vidik uzima u obzir činjenicu da voda i vodni prostor imaju za čovjeka i društvo kao cjelinu poseban značaj. Tokom određivanja elemenata vodnoga prostora i uvjeta uporabe i zaštite njegovih dijelova, nužno je štiti pravo svakoga da koristi prirodne izvore i dobra na način koji ne ugrožava njihov opstoj.

Navedeni vidici trebali bi biti osnovom za polazište vrednovanja značaja pojedinih dijelova vodnog prostora pri kruženju vode u prostoru. Pri međusobnom vrednovanju i poređenju osnovnih vidika za ocjenu, vodnogospodarski vidik je od primarnog značaja za zaštitu i osiguranje stabilnosti vodnih ekosistema, dok su mu ostali podređeni.

4.0 Kriteriji za utvrđivanje vodnoga zemljišta

Razmišljanja o utvrđivanju zemljišta vodnoga prostora sažeta su u vidu nekoliko općih kriterija koji se temelje na zahtjevima ujednačene uredenosti vodnoga režima i načelima da je potrebno omogućiti:

- nesmetan pristup i pravo komuniciranja preko vodnoga prostora do javnih vodnih zemljišta, kao što su obale rijeka, jezera i mora, do dijelova podzemnoga vodnog svijeta (kraške pojave) i drugih dragocjenih i rijetkih pojava vode u prostoru, i
- pristup i pravo uživanja bogatstva vodne okoline na drugim površinama koje čine vodni prostor, ako to ne ugrožava posjed.

Navedena načela treba logično primijeniti i pri izvođenju koncesija za uporabu i iskorištavanje prirodnih izvora i dobara, te djelatnosti koje imaju za osnov vlasništvo nad prirodnim bogatstvima i dobrima.

Ukratko se mogu navesti **opći kriteriji za utvrđivanje vodnih zemljišta** koja su za državu najvažniji dio vodnoga prostora:

- postojeće vodno zemljište (**javno dobro**), navedeno u katastarskim nacrtima, ostaje i dalje vodno zemljište,
- vodno zemljište trebalo bi postati i ono **zemljište na kojem stoje vodnogospodarski objekti u općoj (javnoj) uporabi**,
- potrebno je poštovati načelo povezanosti (združenosti) i dostupnosti do vodnih zemljišta, od kojeg je po pravilu moguće stupiti samo pri zemljištima koja su postala vodna zemljišta jer su na njima vodnogospodarski objekti i naprave u općoj uporabi. Tako bi se, prije svega u primjerima znatne udaljenosti od ostalih vodnih zemljišta, zanemarilo načelo povezanosti i prije poštovalo **ekonomsko načelo** i osiguralo korištenje i mogući pristup preko privatne svojine do njih,

- pri terenskom određivanju vodnih zemljišta uz vodotoke trebalo bi poštovati mogućnost kasnijega **prirodnog uređenja** određenih dionica tih vodotoka i u takvim primjerima, tokom otkupa zemljišta u poplavnim područjima koja inače pripadaju vodnom svijetu, postupno pridobiti u javnu svojinu pririječne pojaseve, nekoliko puta šire od vodotoka, namijenjene prirodnom uređenju,
- širenje postojećih vodnih zemljišta **određuje se na terenu**, pri čemu se poštuju svi mogući pojavnici oblici vode u prirodi, posebno cjelovitost vodnih staništa,
- potrebno je utvrditi **donju granicu** veličine, izdatnosti ili važnosti nekoga pojavnog oblika vode koji je dovoljan da bi zemljište bilo vodno. Najvažniji parametar pri određivanju trebao bi biti **značaj** tog pojavnog oblika za **uređen vodni režim**. Za vodotoke bi to trebala biti pripadajuća sljevna površina od 1 ha, kada vodotok još uvijek može ostati privatna svojina. Od tog principa može se odstupiti samo u slučaju velike ugroženosti zemljišta, prije svega na bujičnim područjima.

Opće će kriterije biti moguće dati tek nakon što bude izvršena analiza tipičnih primjera vodnoga svijeta u Sloveniji. Izrada odgovarajuće studije je već u toku.

5.0 Gospodarenje vodnim prostorom

Vodna zemljišta vlasništvo su države, te stoga ona određuje način gospodarenja i osigurava uvjete gospodarenja. Tako bi za ta zemljišta trebali vrijediti opći uvjeti gospodarenja koji će biti sadržani u novom Zakonu o vodama R. Slovenije. Pošto će na tim površinama koncesije za različite oblike uporabe i iskorištavanje vodnih zemljišta biti dodijeljene (ribolov, plovidba, šport i rekreacija, različiti oblici uporabe vode itd.), potrebno je tipične primjere koncesijske uporabe vodnih zemljišta podrediti općim uvjetima gospodarenja vodnim zemljištima.

Zemljišta **vodnoga svijeta** jedan su dio privatne svojine, te je potrebno poštovati činjenicu da se vlasniku, odnosno korisniku te površine, nalaže način gospodarenja njima. Odgovarajuća ograničenja, obveze i postupci, koji bi trebali štiti javni interes, trebao bi preuzeti novi Zakon o vodama R. Slovenije, dok bi detaljno trebali biti obrađeni u podzakonskom aktu.

Zaštićena i vodozaštitna područja obuhvaćaju široku kategoriju površina s različitim sistemima zaštite:

- zaštićena prirodna nasljedstva,
- zaštićena kulturna nasljedstva, tehnički i drugi spomenici,
- štitićena područja za posebnu uporabu voda (voda za piće itd.).

Za zemljišta vodnoga svijeta i svakodnevnu uporabu trebalo bi uvjete gospodarenja dati u obliku obaveznih **Općih smjernica za gospodarenje na ugroženim područjima**, koje je studija odredila samo okvirno. Tako bi bio obrađen predmet gospodarenja, opći uvjeti gospodarenja, troškovi gospodarenja, koncesije i zemljišta vodnoga prostora u privatnoj svojini, što bi trebao preuzeti novi Zakon o vodama R. Slovenije. Detaljniji uvjeti gospodarenja u vodnome prostoru trebali bi se odrediti podzakonskim propisima na sljedećim područjima:

- smjernice za **izvođenje monitoringa** u vodnom prostoru,
- smjernice za **organizaciju i izvođenje nadzorne službe** i
- smjernice za **uređenje bujičnih područja**.

Dodatno su u studiji izloženi uvjeti gospodarenja za koncesijske odnose.

6.0 Umjesto zaključka

Novim Zakonom o vodama R. Slovenije bit će moguće odrediti konkretne oblike i načine izvođenja novih odredaba na području zaštite prirodnih izvora i dobara, te vodnogospodarskih objekata u općoj uporabi. Zato je potrebno prilikom donošenja Zakona o vodama ugraditi elemente koji bi dali materijalne osnove za praktično izvođenje općih polazišta, zacrtanih u Zakonu o zaštiti okoline. Zato će prilikom donošenja Zakona o vodama biti potrebno posvetiti posebnu pažnju rješenjima koja bi trebala osigurati uvjete za prirodno gospodarenje javnom vodnom svojinom. Dakle, ukazuje se potreba da se ustanovi **Fond vodnih zemljišta** kao materijalna osnova vodnoga gospodarstva.

Pri sljedećim postupcima promjene javnoga vodnog vlasništva, treba ustrajati na temeljnom načelu da je ona moguća samo u slučaju ako nisu ugroženi elementi vodnog režima. Po našoj ocjeni, u vremenu prije nego što se donesu nove zakonske uredbe, potrebno je ta pitanja riješiti prijelaznim pravnim aktima, kojima je potrebno osigurati:

- zaštitu svih registriranih vodnih zemljišta, bez obzira na novo stanje na terenu,
- zaštitu od oštećenja i promjene namjene osnovnih elemenata potencijalnih vodnih zemljišta u privatnoj svojini koja bi po svojoj prirodi morala postati javna,
- pravne i tehničke instrumente, materijalne mogućnosti za postupno uvođenje zaštite, te prirodno i funkcionalno učinkovito gospodarenje javnom vodnom svojinom, bez obzira na njezin trenutni pravni položaj.

Literatura

1. Vodnogospodarski inštitut (1994) : "Metodologija za določitev vodnih zemljišč in gospodarjenje z njimi", naručilac Ministrstvo za okolje in promet, Izveštaj br. C-261, Ljubljana, 72 str.
2. Odlok o določitvi hudourniških območj, ki štejejo za vodotoke medregionalnega pomena, Službeni list SRS, 21/1975
3. Odlok o določitvi erozijskih območij in posameznih hudournikov, na katerih zagotavlja delovna organizacija za urejanje hudournikov varstvo površin pred erozijo, hudourniki in plazovi, Službeni list SRS, t. 2/1970
4. Strokovno navodilo o načinu odzemanja mivke, peska, proda in kamnin, Službeni list SRS, t. 27/1984
5. Strokovno navodilo o tem, kaj obsega vzdrževanje naravnih vodotokov in drugih zbiralnikov vode, vodnih zemljišč ter vodnogospodarskih objektov in naprav v splošni rabi, Službeni list SRS, t. 27/1984
6. Strokovno navodilo za določanje meje priobalnih zemljišč, erozijskih območij in morske obale, Službeni list SRS, t. 4/1985
7. Zakon o varstvu okolja, Službeni list R. Slovenije, t. 32/1993
8. Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami, Službeni list R. Slovenije, t. 64/1994
9. Zakon o vodah, Službeni list SRS, t. 36/1981



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Davor Romić, Frane Tomić, Marija Romić

R 2-07

Dinamika i porijeklo soli u vodama Vranskog jezera

SAŽETAK: Višegodišnja istraživanja na Vranskom jezeru (Biograd) provedena su s ciljem da pridonese definiranju režima vode Vranskog jezera, te da se prikupljeni podaci o koncentraciji i porijeklu soli izlože tako da bi mogli biti upotrebljeni pri pronalaženju rješenja za korištenje te vode. Rezultati istraživanja pokazali su da je razina vode u Vranskom jezeru ovisna o oborinskom režimu, te da može pasti i ispod nulte kote. U pojedinim razdobljima istraživanja razina mora bila je viša od razine vode u jezeru, što je, zbog razlike hidrostatskoga tlaka i specifičnih hidrogeoloških prilika, rezultiralo prodorom morske vode u jezero. Međutim, razine vode se ne prate što je statistički potvrđeno. Koncentracija soli u vodi Vranskog jezera fluktuirala je i do 5 puta, a najveću je vrijednost dostigla u drugoj polovici 1990. godine, kada je razina vode bila najniža. Koncentracija soli u izravnoj je vezi s razinom vode u jezeru, što je i statistički potvrđeno. Vrijednosti koncentracija soli u vodi Glavnog kanala znatno su niže od onih u vodi Vranskog jezera, a obje su u izravnoj vezi s oborinskim režimom.

KLJUČNE RIJEČI: voda Vranskog jezera, režim vode, koncentracija soli.

Salt Dynamics and Origin in the Vransko Jezero Lake

ABSTRACT: The research conducted at the Vransko Jezero lake (Biograd) for several years was intended to contribute to defining of the Vransko jezero water regime, and to present the collected data on salt concentration and origin so that they can be used when the solutions for utilization of this water are looked for. The research results have proven that the water level in the lake depends on the rainfall regime, and that it can fall even below the zero level. In some research periods the sea level was higher than the lake water level which, due to the differential hydrostatic pressure and specific hydrogeological conditions, resulted in ingress of the sea water into the lake. However, the water levels are not monitored, as was statistically confirmed. The salt concentration in the lake fluctuated even to five times, and its maximum value was reached in the second half of 1990, when the lake water level was the lowest. The salt concentration is in direct relation with the lake water level, which has been statistically proven. The salt concentrations in the Main Canal are considerably lower than in the Vransko Jezero lake, and they are both related to the rainfall regime.

KEY WORDS: the Vransko Jezero lake water, water regime, salt concentration

Uvod

Iako je voda obnovljiv prirodni resurs, danas se više nego ikada prije traži gospodarenje njome prema konceptu održivog razvoja. Integralno gospodarenje vodama uvijek mora težiti uravnoteženju različitih potreba i interesa za vodom i osigurati optimalno korištenje raspoloživih izvora.

Idejna rješenja mogućnosti korištenja vode Vranskog jezera, našeg najvećeg jezera, ukupne površine 30 km², za navodnjavanje, a dijelom i za vodoopskrbu, izrađena su još 1980. godine. Potreba da se pronađu rješenja korištenja vode Vranskog jezera postala su još naglašenija okupacijom dijela Hrvatske, kada se šira zadarska regija suočila s velikim problemima vodoopskrbe. Stoga je racionalno korištenje prirodnih resursa zalog budućim generacijama, a struka ima i obvezu i mogućnost da upozori na optimalno korištenje takve dragocjenosti kakva je Vransko jezero.

Režim površinskih voda podrazumijeva hidrološki proces uvjetovan prirodnim i umjetnim čimbenicima, a koji se, djelujući uzajamno u vremenu i prostoru, očituju promjenama količine i kakvoće vode. Poznavanje značajki svakog od parametara režima vode Vranskog jezera otvara mogućnosti razvoja tehnologija korištenja te vode na postojan način. Dosad izrađene studije i projekti navodnjavanja Vranskog bazena za izvor vode uzimaju Vransko jezero. Ali, govoreći o kakvoći te vode, navodi se tek njezina "boćatost". Višestoljetna, često skupo plaćena iskustva u praksi navodnjavanja vodama tada nedefinirane kakvoće, potakla su započinjanje istraživanja kojima će se prikupiti relevantni parametri koji će omogućiti definiranje kakvoće vode, a mogu pripomoći i pri iznalaženju rješenja vodoopskrbe.

Cilj je ovoga rada da rezultati višegodišnjih istraživanja pridonesu definiranju režima vode Vranskog jezera, te da se prikupljeni podaci o koncentraciji i porijeklu soli izlože tako da bi se mogli upotrijebiti pri pronalaženju rješenja korištenja ove vode.

Materijal i metode rada

Višegodišnja istraživanja provedena su na Vranskom jezeru (Biograd), te u laboratoriju Zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta.

Na ušću Glavnog kanala u Vransko jezero postavljena je vodomjerna letva na kojoj se svakodnevno očitava razina vode. Podaci tih mjerenja, za razdoblje od kolovoza 1988. do kraja prosinca 1992. godine, rabljeni su pri analizi dinamike vode u Vranskom jezeru. Za analizu srednjih dnevnih vodostaja mora korišteni su podaci s marigrafa lociranih u Žirju, Galženici i Zlarinu na kojima Državni hidrometeorološki zavod vrši mjerenja.

Uzorci vode iz Vranskog jezera uzimani su kod Autokampa, počevši od 5. kolovoza 1988., svakih 10 dana u vegetacijskoj, odnosno svakih 15 dana u bezvegetacijskoj sezoni sve do 31. prosinca 1992. godine. Ukupno je, tijekom razdoblja istraživanja, analizirano 117 uzoraka. Nadalje, u 1992. godini uzorci vode uzimani su i iz Glavnoga kanala na lokaciji 200 m uzvodno od crpne stanice Jasen. Uzorci vode uzimani su u polietilenske boce i u laboratoriju obrađeni standardnim metodama APHA (1980). Električna provodljivost (EC_{iw}) određivana je konduktometrijski, mikroprocesorskim konduktometrom s platinastom elektrodom.

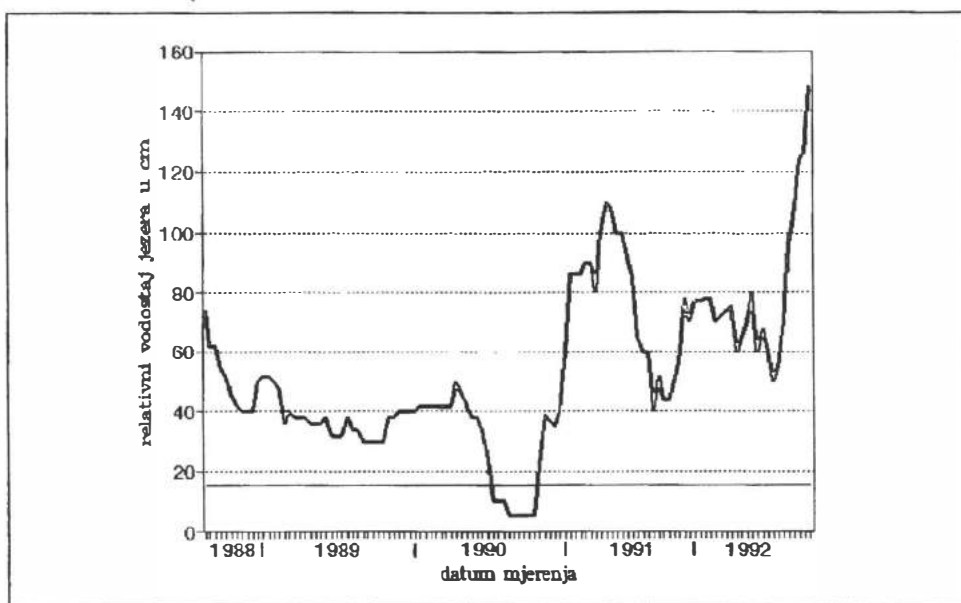
Dobiveni analitički podaci statistički su obrađeni poznatim metodama. Na osnovnim statističkim nizovima vremenskih serija utvrđivana je statističkim postupcima pravilnost njihova pojavljivanja u vremenu, kao i stupanj povezanosti pojedinih serija. U

bivarijacijskoj analizi stupanj povezanosti između vremenskih serija utvrđivan je korelacijom. Tom je metodom utvrđivan odnos između ukupne koncentracije soli i razine vode u Vranskom jezeru.

Rezultati istraživanja i rasprava

Vransko jezero čini jugoistočni dio tektonske kriptodepresije koja se proteže paralelno s Jadranskim morem. Sliv jezera ima ukupnu površinu od 470 km² (Fritz, 1978).

Očitavanja, dobivena svakodnevnim mjerenjima s vodomjerne letve kod mosta na utoku Glavnog kanala u Vransko jezero, upotrebljena su za analizu dinamike vode, a rezultati su prikazani na grafikonu 1.



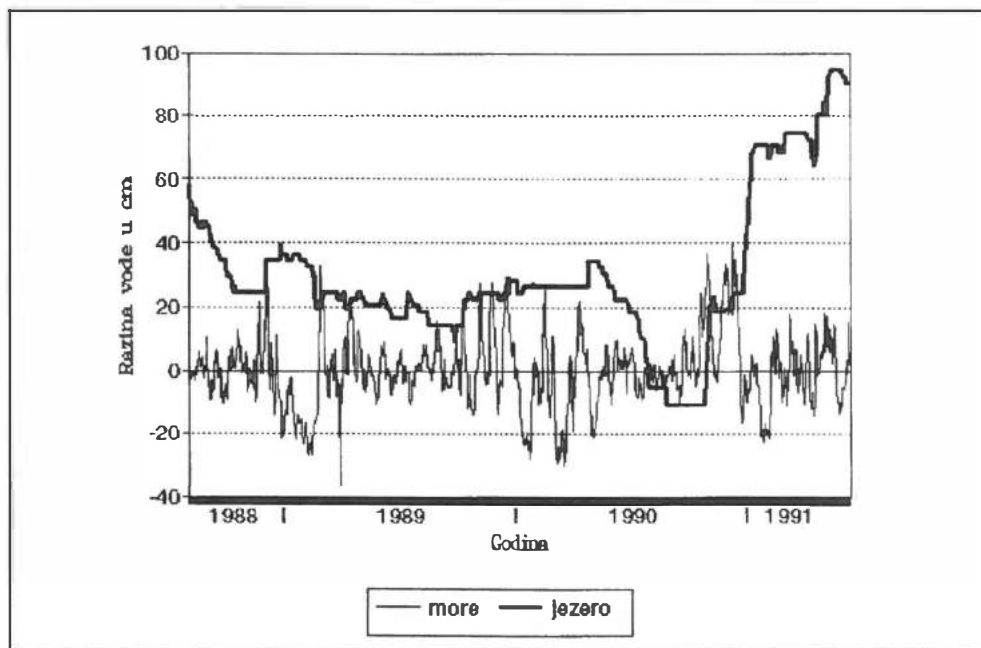
Grafikon 1. Dinamika vode u Vranskom jezeru tijekom razdoblja istraživanja

Graph 1. *Water dynamics in Vransko Jezero during the research period*

Prosječna razina vode u Vranskom jezeru tijekom istraživanih razdoblja iznosila je 36.81 cm iznad nulte kote. Maksimalna vrijednost očitana je u prosincu 1992. godine. Najniža vrijednost očitavana je tijekom rujna i listopada 1990. g., a iznosila je 10.5 cm ispod nulte kote.

Nizak vodostaj jezera u 1990. godini posljedica je manje količine oborina u toj godini. Naime, u navedenoj godini zabilježena je najniža količina oborina, koja je za čak 329.3 mm niža od dvadesetogodišnjega prosjeka (1968.-1987.). U prethodnoj je godini (1989.) također palo 247.8 mm oborina manje od dvadesetogodišnjega prosjeka. Te su pojave izravno djelovale na manji dotok vode u jezero sa slivne površine. Pojava niskih vodostaja uglavnom u drugoj polovini ljeta i tijekom jeseni posljedica je manje količine oborina uz znatne gubitke na isparavanje u toplom dijelu godine. Kako ističe Marija Beraković (1983.), isparavanjem se iz Vranskog jezera, površine 30 km², gubi prosječno 49.5 milijuna m³ vode.

Državni hidrografski institut vršio je mareografska mjerenja na lokacijama Žirje, Gaženica i Zlarin. Iz podataka srednjih dnevnih visina mora, dobivenih tim motrenjima, i dnevnih visina vode Vranskog jezera, iscrtan je grafikon 2. koji pokazuje odnose između analiziranih razina vode. Kao nulta kota uzeta je prosječna vrijednost trogodišnjih motrenja budući da postavljeni mareografi nisu bili povezani s državnim nivelmanskom mrežom.



Grafikon 2. Odnos razine vode u Vranskom jezeru i moru tijekom razdoblja istraživanja

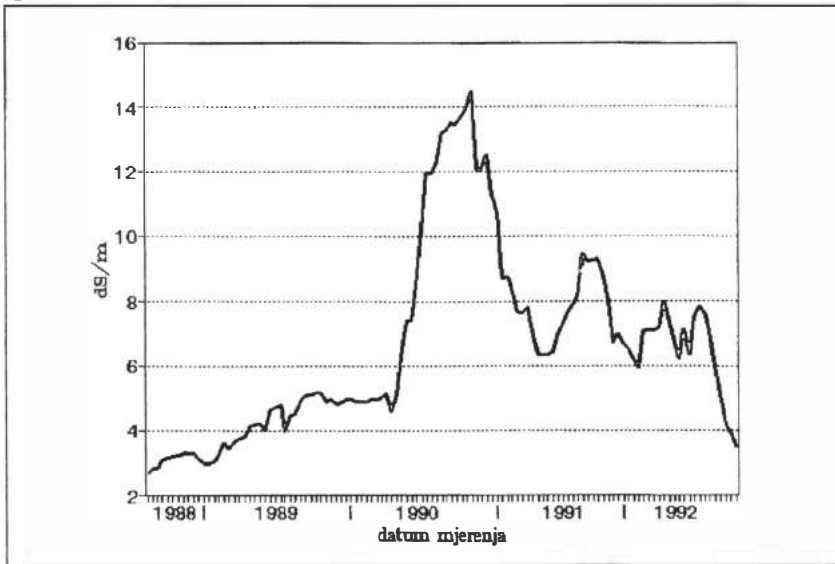
Graph 2. Relations between water level in Vransko Jezero and the sea level during the research period

Iz grafikona 2. uočava se da srednja dnevna razina mora ponekad nadvisuje razinu vode u Vranskom jezeru. Ta pojava posebice se uočava u drugoj polovici 1990. godine kada je izmjerena i najniža razina vode u jezeru. Naime, kako se iz grafikona 2. vidi, prosječna dnevna razina vode u moru bila je nekoliko mjeseci veća od razine vode u jezeru. Početkom 1991. g. došlo je do povećanja razine vode u jezeru. To stanje se održalo do kraja razdoblja istraživanja. Nadalje je uočljivo da je kolebanje mora manje u toplom, nego u hladnijem dijelu godine. Kako je, nadalje, iz grafikona 2. vidljivo, razine vode u moru i u jezeru međusobno su neovisne, što je i statistički potvrđeno niskim koeficijentom korelacije ($r=0.04$).

Sve prirodne vode sadrže veću ili manju količinu otopljenih soli. S ciljem da se utvrdi koncentracija soli u vodi Vranskog jezera, prema postavljenoj su metodici uzorci vode uzimani u kontinuitetu od 5. kolovoza 1988. do 31. prosinca 1992. godine.

Promjenu koncentracija soli (EC_w) tijekom razdoblja istraživanja, pokazuje grafikon 3.

Iz grafikona 3. uočava se blago povećanje ukupne koncentracije soli do svibnja 1990. godine. Nakon tog vremena ona se naglo povećava sve do pred kraj 1990. godine.



Grafikon 3. Dinamika ECw u vodi Vranskog jezera tijekom razdoblja istraživanja
Graph 3. Dynamics of ECw in Vransko Jezero during the research period

Usporedbom grafikona 1. i 3. uočava se da je maksimum koncentracije soli vremenski podudaran s minimalnom razinom vode u jezeru. Kako je razina vode u moru u to doba bila viša od one u jezeru, moguće je pretpostaviti da se zbog razlike hidrostatskoga tlaka dogodio prodor mora u jezero, što je rezultat povećanja koncentracije soli (maksimum 14.5 dS/m). Početkom 1991. godine, zbog većih količina oborina, povećava se razina vode u jezeru, a time se i smanjuje koncentracija soli. To opadanje koncentracije soli traje do polovice 1991. godine kada ponovo počinje rasti. Pred kraj 1992. godine koncentracija soli počinje opadati što je posljedica značajnih oborina (u listopadu i studenom palo je više od 450 mm) koje su se odrazile i na povećanje razine vode u jezeru (grafikon 1.).

Na dan, kada se uzimao uzorak vode, očitavana je i razina vode na vodomjernoj letvi. Ti su podaci omogućili analizu odnosa između koncentracije soli i razine vode u jezeru tijekom razdoblja istraživanja i posebice za svaku godinu. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 1.

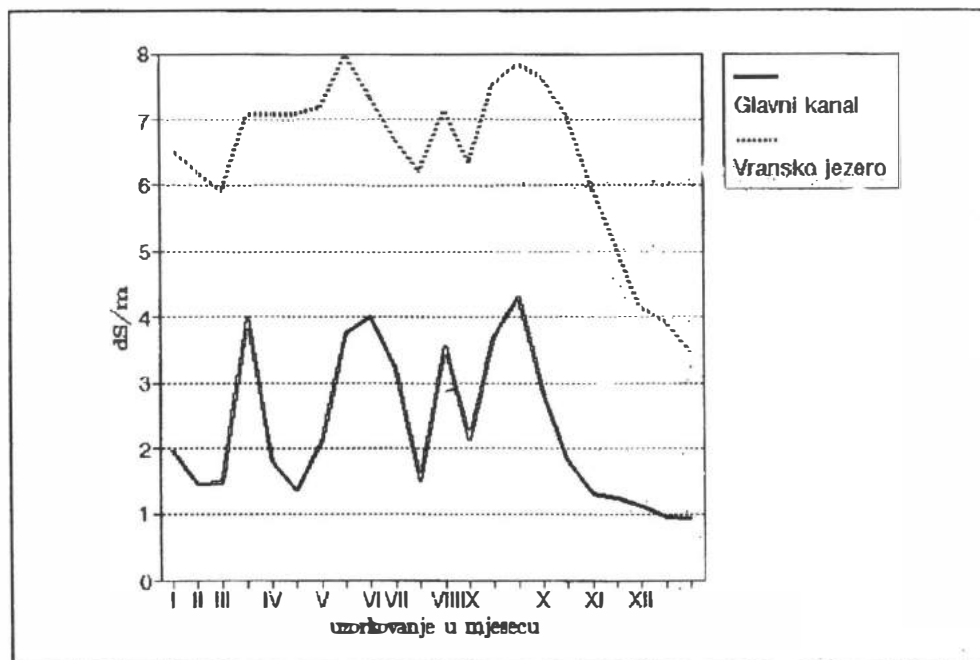
Tablica 1. Korelacija između razine vode i koncentracije soli u Vranskom jezeru
Table 1. Correlation between water level and salt concentration in Vransko Jezero

VARIJABLA X	VARIJABLA Y - KONCENTRACIJA SOLI					RAZDOBLJE ISTRAŽIVANJA
	GODINA					
	1988	1989	1990	1991	1992	
	koeficijent korelacije r					
RAZINA VODE	-0.98 ***	-0.76 ***	-0.83 ***	-0.89 ***	-0.88 ***	-0.24 **

LSD = 0.01 **, LSD = 0.001 ***

Iz rezultata uočava se statistički znakovita veza između razine vode i koncentracije soli za svaku godinu istraživanja. Negativan predznak, koji pokazuje smjer veze, upućuje na to da se povećanjem razine vode, smanjuje koncentracija soli u jezeru. Analizom podataka ukupnog razdoblja istraživanja uočava se da je ta veza slabija, ali statistički znakovita. Razlog manjoj čvrstoći veze svakako je porijeklo vode kojom se prihranjivalo jezero u pojedinim razdobljima. Budući da je razina vode u jezeru pod utjecajem dvaju izvora prihranjivanja različitog udjela, dotoka sa sliva i prodora morske vode, kod kojih je i koncentracija soli bitno drugačija, narušena je i veza danih parametara za ukupno razdoblje istraživanja.

Naime, Vransko je jezero od mora odvojeno vapnenačkim grebenom širine 1 do 1.5 km. Fritz (1984.) je greben geološki raščlanio na dva dijela. Prvi dio seže do oko 3.5 km sjeverozapadno od "Prosike", a drugi dio sjeverozapadnije do kraja jezera. Vode jezera i mora komuniciraju na potezu propusnog vapnenačkog grebena oko "Prosike" i preko same "Prosike", kanala koji je izgrađen sredinom 18. stoljeća (Bella, 1935.), s ciljem odvodnje Vranskog polja, a produbljen početkom 19. stoljeća. Razlika hidrostatskog tlaka vode u moru i jezeru (grafikon 2.), te činjenica da barijeru između njih čine propusne karbonatne stijene i otvoreni kanal "Prosika" dovoljni su argumenti za tvrdnju da je morska voda razlogom povećanja koncentracije soli u jezeru. Činjenica da koncentracije natrija, magnezija i klorida imaju gotovo podjednak trend promjena (Romić, 1994.) također je prilog tvrdnji da je došlo do prodora morske vode u jezero. Naime, poznato je da morska voda sadrži više magnezija nego kalcija. Tako Riley i Chester (1971.) naglašavaju da je odnos magnezija prema kalciju u morskoj vodi 5.2:1. Romić (1994.) ističe da se od sredine 1990. godine taj odnos u jezeru počeo mijenjati, a maksimalnu je vrijednost od 3.3 dostigao u studenome 1990. godine. Kako ističe Fritz (1984.) morska voda komunicira, fosilnim putevima između dvije flišne barijere sjeverno od Biograda, s vodom u jezeru i preko izvora zaslanjene vode u Vranskom



Grafikon 4. Dinamika ECw u Glavnom kanalu i Vranskom jezeru tijekom 1992. godine
Graph 4. Dynamics of ECw in Glavni Kanal and Vransko Jezero during year 1992

polju. Glavni kanal sakuplja značajne količine vode sa sliva i dovodi ih u jezero. Tijekom 1992. godine uzimani su uzorci vode i iz Glavnog kanala. Rezultati promjene koncentracije soli u Glavnom kanalu i u jezeru prikazani su na grafikonu 4.

Iz rezultata je uočljivo da se trendovi promjena prate, te da je koncentracija soli u jezeru znatno veća. Uspoređujući te podatke s oborinama 1992. godine, uočava se da je koncentracija soli u kanalu povezana s razinom vode, a ta s režimom oborina. Poslije značajnijih oborina koncentracija soli se smanjuje, dok se nakon dužeg beskišnog razdoblja povećava. Ti podaci samo potvrđuju navode **Fritza (1984.)** da soli u jezeru potječu iz slanih izvora u Vranskom polju, ali da je značajniji izvor preko "Prosike" i propusnog karbonatnog grebena.

Podaci o hidrogeološkim značajkama područja, uz pokazatelje kojima je definiran izvor soli u Vranskom jezeru, otvaraju mogućnost hidrotehničkih rješenja u svrhu sprečavanja prodora mora u jezero, a time i održavanja niže koncentracije soli u vodi.

Zaključci

Na temelju provedenih istraživanja, te analiza i tumačenja dobivenih podataka i rezultata moguće je zaključiti sljedeće:

1. Razina vode u Vranskom jezeru ovisna je o oborinskom režimu, a može pasti i ispod nulte kote.
2. Razina vode u moru bila je u pojedinim razdobljima istraživanja veća od razine vode u jezeru, što je, zbog razlike hidrostatskog tlaka i specifičnih hidrogeoloških prilika, rezultiralo prodorom morske vode u jezero. Međutim, razine vode se ne prate što je statistički potvrđeno.
3. Koncentracija soli u vodi Vranskog jezera fluktuirala je i do 5 puta, a najveću je vrijednost dostigla u drugoj polovici 1990. godine, kada je razina vode bila najniža. Koncentracija soli u izravnoj je vezi s razinom vode u jezeru, što je i statistički potvrđeno.
4. Vrijednosti koncentracija soli u vodi Glavnog kanala znatno su niže od onih u vodi Vranskog jezera, a obje su u izravnoj vezi s oborinskim režimom.

Literatura

- APHA (1980.): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (15th Edition). APHA-AWWA-WPCF, Washington D.C.
- Bella S. (1935.): Melioracija tla, vlastita naklada. Tiskara Ivan Lesnik, Jastrebarsko.
- Beraković Marija (1983.): Pregrada na Vranskom jezeru, Idejno rješenje, Knjiga I, Klimatološko - hidrološka obrada sliva Vranskog jezera. Elektroprojekt Zagreb.
- Fritz F. (1984.): Postanak i starost Vranskog jezera kod Biograda na moru. Geološki vjesnik, Vol. 37:231-243.
- Riley J.P., Chester R. (1971.): Introduction to Marine Chemistry. Academic Press, London.
- Romić D., Tomić F., Romić Marija, Dolanjski D., Klačić Ž. (1993.): Izvješće o rezultatima istraživanja dinamike vodotopivih soli u tlima objekta "Jasen i Jezerine", Arhiva zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta, Zagreb.
- Romić D. (1994.): Navodnjavanje zaslanjenim vodama u agroekološkim uvjetima Vranskog bazena. Disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Sanka Vrdoljak, Ivo Šimunović, Fani Bojanić

R 2-08

Prostorno-ekološka valorizacija područja zona sanitarne zaštite izvorišta Jadro

SAŽETAK: U radu je opisana prostorno ekološka valorizacija područja zona sanitarne zaštite izvorište Jadro s procjenom ekonomskih efekata. Dosadašnja prostornoplanska dokumentacija izrađena je u uvjetima kada nije bilo poznato stanje prirodnih sustava, pa je prostor Zagore bio namijenjen industriji i servisima. S ciljem da se zaštiti izvorište Jadro, potrebno je reducirati aktivnosti, ili izgraditi dosta skupe objekte za uređenje postojećih postrojenja, što ima određeni ekonomski aspekt. Upravljanje prirodnim resursima treba voditi institucija koja troškovno počiva na renti zaštite voda, a upravno na autoritetu države. Troškovi su vezani uz investicije u objekte i u opremu, uz održavanje postojećih objekata i upravljanje vodnim resursima, te uz naknadu za obeštećenje za izgubljenu dobit. Izvori prihoda su trošak korištenja voda i ekološka vodna renta.

KLJUČNE RIJEČI: zone sanitarne zaštite, urbanizam, ekologija, upravljanje prirodnim resursima

Regional/environmental Evaluation Of The Jadro Well Field Sanitary Protection Zone

ABSTRACT: The paper describes regional/environmental evaluation of the sanitary protection zone of the Jadro well field, and gives the assessment of economic effects. The physical planning documentation prepared so far has been developed when the condition of the natural systems was not known, and the Zagora region was reserved for industry and services. The protection of the Jadro well field shall request reduction in activities or construction of rather expensive facilities within the existing plants, which has a particular economic effect. The natural resources management should be conducted by an institution which financially functions on the basis of the water rent, and which is managed by the state authorities. The expenses are related to the investments into the facilities and equipment, maintenance of the existing facilities and the water resources management, and compensations for profit losses. The revenues are those from the water utilization rents and ecotaxes.

KEY WORDS: sanitary protection zones, urbanism, ecology, natural resources management

Sanka Vrdoljak, dipl. ing. arh., URBANISTIČKI INSTITUT HRVATSKE, Zagreb
Prof. dr. IVO ŠIMUNOVIĆ, Ekonomski fakultet u Splitu, Split
FANI BOJANIĆ, dipl. ing. građ., JVP "Hrvatska vodoprivreda" OJ Split, Split

Uvod

Voda, kao jedan od preduvjeta postojanja i življenja čovjeka na nekom prostoru, od neprocjenjive je vrijednosti. Da bi čovjek zadovoljio svoje potrebe za vodom, u prvom redu za piće, a onda i za sve ostale aktivnosti, vode treba biti u dovoljnim količinama i potrebne kvalitete.

Stanovnici gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira opskrbljuju se vodom s izvora rijeke Jadro. Taj vodoopskrbni izvor zadovoljava za sada kvantitetom i kvalitetom vode. Da bi se sačuvao i za buduće generacije, potrebno je stalno štititi izvor u cilju očuvanja postojeće kvalitete vode i vodnog režima u specifičnom krškom području.

Slivna područja izvora u kršu uglavnom cijelom svojom površinom pripadaju zonama s potrebnom posebnom sanitarnom zaštitom. Razlog tomu su karakteristike krškoga područja, koje se očituju postojanjem niza manjih i većih kaverni, raznih razina prioriteta tečenja, te malom, gotovo nikakvom, sposobnošću samopročišćavanja.

Provođenje mjera zaštite kvalitete i količine vode ima veliki utjecaj na režim života na slivnim područjima izvora. Ograničenja djelatnosti, koja se mogu provoditi na tim područjima, direktno utječu na smanjenje ukupnog učinka, u odnosu prema područjima gdje takvih ograničenja nema. Osim toga, sve djelatnosti na slivnim područjima potrebno je provoditi s većim mjerama zaštite, nego na drugim područjima, što predstavlja dodatni trošak. I jedno i drugo, smanjenje učinka i povećanje troškova, a sve s ciljem zaštite izvora, simbolično rečeno, predstavlja naknadu, koju treba plaćati prirodi za korištenje prirodnih resursa. Trebaju je plaćati svi korisnici vode.

Do sada se cijena vode u vodoopskrbi utvrđivala isključivo kao naknada za troškove pružanja usluge i dopreme vode do potrošača. U suvremenim uvjetima života, kada je vode sve manje i kada su sve češći negativni utjecaji na kvalitetu vode, postoji potreba za definiranjem nove cijene vode, koja bi se temeljila na zaštiti i unapređenju kvalitete voda. Tako bi se cijena vode sastojala od tri dijela, naknade za smanjenje aktivnosti na slivnim područjima, naknade za provođenje aktivnosti s ciljem da se zaštiti kvaliteta vode i naknade za troškove pružanja usluge i dopreme vode do potrošača.

Sredstva, prikupljena od naknada za zaštitu voda, namjenski bi se trošila u sklopu opće politike zaštite okoliša, a posebno voda. Na taj način izbjeglo bi se financiranje zaštite voda na teret društva u cjelini i stimuliralo bi se racionalno korištenje voda.

Na osnovi navedenih spoznaja, a imajući u vidu činjenicu da skoro čitavo područje solinske zagore leži na podzemnim vodama izvorišta Jadro, Skupština općine Solin 1993. godine investirala je izradu studije "Prostorno-ekološka valorizacija područja zona sanitarne zaštite izvorišta rijeke Jadro s procjenom ekonomskih efekata", koju je izradio Urbanistički institut Hrvatske.

Istraživanja, provedena navedenom studijom, predstavljaju početak kontinuirane akcije praćenja stanja u prostoru, istraživanja podzemnih tokova rijeke Jadro i utjecaja na kvalitetu vode na izvorištu. Studija upozorava na potrebu izrade prostornoplanske dokumentacije, projekta vodne rente, te ustrojavanje sustava upravljanja vodama Jadra.

Razlozi za izradu studije

Cilj je ove studije da se pronađu načini za novi režim života na promatranom području, kako bi se zaštitile podzemne vode Jadra. To je prostor površine cca 450 km², koji se nalazi iznad 300 m.n.v., neposredno naslonjen na uski priobalni, intenzivno urbanizirani pojas Solina, Splita i Kaštela, a s kojim je prometno povezan preko

Klisa. To je ujedno prostor na kojem su prisutne sve intenzivnije gospodarske aktivnosti.

Na prostoru Solinske Zagore dosada se gospodarilo bez dovoljno spoznaja i informacija o podzemnim vodama. Naime, svi razvojni prostorni planovi donijeti su prije 1989. godine, što znači bez vodoprivredne osnove kao podloge za planiranje i zaštitu prostora, tako da su mnogi objekti koji zagađuju vode planirani u vodozaštitnom području, a neki od njih su i izgrađeni (tovilišta, industrijski objekti i dr.).

Iako je izgradnjom vodoopskrbnog sustava na tome području omogućen bolji životni standard, on je neminovno za sobom donio i više otpadne (zagađene) vode. Međutim, izgradnju vodoopskrbnog sustava nije pratila i izgradnja kanalizacijskog sustava, tako da se otpadne vode ispuštaju u propusne septičke (crne) jame ili čak direktno u teren.

Također se dovodenjem vode omogućilo i intenzivnije bavljenje poljoprivredom (okućnice), a to znači i nekontrolirana upotreba umjetnih gnojiva. S obzirom na to da na ovom području ne postoji sanitarno uređeno smetlište, otpad iz domaćinstava odlaze se uglavnom nekontrolirano ili na tzv. organizirana smetlišta, koja nisu sanitarno uređena.

Takav način života na tim prostorima može imati za posljedicu konstantno pogoršanje kvalitete izvorske vode rijeke Jadro.

Analiza i ocjena razvojnih postavki u prostornim planovima koji su prethodili

Područje Solinske zagore tretiralo se u većem broju prostorno planske dokumentacije:

- Prostorni plan kotara Split (1961.)
- Generalni urbanistički plan Splita - koncepcija (1972.)
- Studija Zagore (1975.)
- Prostorni plan općine Split (1976.)

Analizom tih prostornih planova, može se ustvrditi da su svi, u većoj ili manjoj mjeri, počivali na sljedećim razvojnim postavkama:

- da nije moguće u budućem razvitku podržavati postojeću disperziju stanovanja, te se u planovima predlaže formiranje određenih koncentracija stanovanja, koje bi se opremile po standardima gradskih sredina;
- da je prostor za širenje grada Splita i radnih zona u priobalju saturiran, te da je neophodno osigurati širenje grada u dubinu. Stoga se u planovima reflektiralo na određene zone za stanovanje i rad na prostoru Solinske zagore;
- da na području Solinske zagore nema vlastitih resursa na kojima bi se zasnivalo gospodarstvo, te da je neophodno u budućnosti u tim područjima temeljiti razvitak na industriji;
- da je Solinska zagora jedini prostor kojim se mogu protezati veliki infrastrukturni pravci, te se u prostornim planovima predviđa na tom području izgradnja autoceste s križištem u Dugopolju, koridori za elektrovodove i vodovode, i drugo;
- da prostor Solinske zagore, s ekološkoga stanovišta, može podnijeti veća opterećenja od priobalnog, te je s toga gledišta tamo moguće planirati sve ono što u priobalju ne bi smjelo biti;

Na prostoru Solinske zagore u 30 samostalnih naselja živi 9.672 stanovnika (1991.), a svakom naselju pripada u prosjeku 6,7 zaselaka. Raštrkanost zaselaka u prostoru je

golema. Rasuti su oko središnjeg naselja na više od 2 km². Većina naselja ima između 100 i 500 stanovnika. Postojeća disperzija naselja veliko je opterećenje za tu sredinu, kako s gledišta opreme, tako i s gledišta kontrole življenja i ponašanja u prostoru. Organizacija stanovanja u manjem broju većih naselja (zona) trebala bi ostati kao dobro rješenje.

Treba odbaciti ideju da je to područje rješenje za priobalnu kongestiju ili razvojni odušak. Solinsku zagoru treba rješavati samu za sebe, kao dati slučaj koji ima svoje dimenzije i svoja ograničenja. Odabir gospodarskih aktivnosti, kako industrijskih tako i poljoprivrednih, treba vršiti i po načelima ekologije, vodeći računa o prirodnim senzibilitetima koji se ne mogu i ne smiju povrijediti. Ranjivost prostora je pravilo zaštite i uređenja života i rada na tom području.

Prethodno navedenu prostornoplansku dokumentaciju treba revidirati jer je rađena u uvjetima kada nije bilo poznato stanje prirodnih sustava.

Definiranje i rangiranje mogućih izvora onečišćenja

Vrednovanje prostora pokazalo je da su potencijalno najveći zagađivači podzemnih tokova Jadra slijedeći: stanovništvo, poljoprivreda, industrija i infrastruktura.

Na tome području nalazi se tridesetak naselja. Broj stanovnika u tim naseljima kreće se od 50 do 3 000. Ukupan broj stanovnika je cca 10 000.

U svim većim naseljima, koja su pretežito u III., a dijelom i u II. zoni sanitarne zaštite, izgrađena je vodoopskrbna mreža, ali kanalizacijski sustav nije izgrađen niti u jednom naselju. Zato su najveći potencijalni zagađivači otpadne vode stanovništva, a to su tipične sanitarne potrošne vode, čija dispozicija je riješena izgradnjom "crnih jama" ili pak septičkih iz kojih se preljevne vode dreniraju u teren.

Poljoprivredne aktivnosti i to one intenzivnog tipa, odvijaju se na krškim poljima koja su u zonama sanitarne zaštite najstrožih zabrana (II. i III.). Za ta polja karakteristično je da na njima postoje ponori koji su u izravnoj vezi s izvorom rijeke Jadro. Logičan je zaključak da i sve vrste gnojiva i pesticida koje bi se koristile ili se koriste, imaju realnu šansu da dospiju do izvora. Što se tiče ostalih poljoprivrednih površina, s obzirom na sastav tla, postoji ista opasnost.

Područje je Solinske zagore veoma pogodno za izgradnju stočnih farmi (tovilišta) i svakim danom ih je sve više. Sve farme izgrađene su na vodozaštitnom području i to uglavnom zonama sanitarne zaštite najstrožih zabrana (II. i III.).

Ostali potencijalni zagađivači su kamenolomi i asfaltne baze.

Sve prometnice koje prolaze preko vodozaštitnog područja, osim nove polu-autoceste, izgrađene su bez propisane zaštite. Jedan od osnovnih uzroka je svakako kronični nedostatak novaca. Prema grubim procjenama, troškovi zaštite, izvedeni u skladu s propisima i preporukama, povećavaju, samo u građevinskom dijelu troškove izgradnje prometnice za 10-15% (neki smatraju čak i 20%).

Posebnu pozornost treba posvetiti trafostanicama ako sadrže biološki opasna punila. Na tome području izgrađena je 380/220 kV trafostanica koja je sastavni dio elektroenergetskoga sustava Hrvatske, ali njezini transformatori ne sadrže PCB punila.

Ostali važni zagađivači su industrijski pogoni (galvanizacija), postojeća groblja bez strogih sanitarnih uvjeta, te smetlišta otpadnih materijala i uginule stoke, koja su neuređena i nalaze se razbacana po cijelome području.

Ograničenja u korištenju prostora

Na temelju važećih zakonskih propisa, koji štite podzemne vode i vode za piće, područje Solinske zagore moralo bi biti pod izuzetno strogim režimom korištenja prostora, što stvara i mnoga ograničenja u svim ljudskim aktivnostima.

Za razmatrano područje Solinske zagore, Institut za geološka istraživanja iz Zagreba obavio je 1989. godine minimalan opseg istražnih radova, nužan za uspostavu prvih mjera zaštite izvorišta Jadro i Žrnovnica. Tim radovima određena je granica I. zone sanitarne zaštite, dijelom II. zone, dok su za ostale zone uglavnom procijenjene maksimalne površine koje je nužno štiti mjerama zaštite za tu zonu, dok se ne izvedu egzaktni istražni radovi. Zone sanitarne zaštite određene su prema Nacrtu prijedloga dopune Pravilnika, kojeg su 1989. godine izradili Institut za geološka istraživanja Zagreb i Vodoprivredna radna organizacija za vodno područje dalmatinskih slivova Split.

U Pravilniku o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće ("Narodne novine" br. 22/86) predviđene su tri zone sanitarne zaštite. Druga zona obuhvaća područje od granice prve zone do crte, od koje je podzemnoj vodi potrebno najmanje 50 dana do ulaska u objekte zahvata.

U krškom terenu, gotovo bez izuzetaka, čitavo zaštitno područje pripada drugoj zoni zaštite. To znači zabranu:

- izgradnje industrijskih pogona, zanatskih radnji, poljoprivrednih objekata;
- izgradnje stočnih i peradarskih farmi;
- izgradnje cesta, željezničkih pruga i drugih prometnica;
- izgradnje spremnika i pretakališta za naftu i naftne derivate;
- otvorenog skladištenja i primjene umjetnih gnjojiva itd.

Iz navedenog je vidljivo da je predmetno područje pod vrlo strogim uvjetima provođenja aktivnosti. Analizirajući prostorne planove koji su doneseni za to područje prije određivanja zona sanitarne zaštite, uočava se da su mnogi objekti koji zagađuju vode planirani ili su već izgrađeni upravo u vodozaštitnom području. Razlog tomu je nepostojanje vodoprivredne osnove, kao podloge za planiranje i zaštitu na tome području. Pri izradi buduće planske dokumentacije neophodno je u nju uključiti planove za vodoopskrbu i zaštitu voda na predmetnom području.

Posebno je važno istaknuti potrebu izrade detaljnijih hidrogeoloških podloga, u svrhu određivanja prioritetnih tokova, kao i manje osjetljivih područja. Postojeće granice zona sanitarne zaštite određene su na temelju uočenih osjetljivih lokacija, kao što su rasjedi, ponori i sl., pa se mjere zabrane zbog njih proširuju na čitavo područje.

Oko prioritetnih tokova mogu postojati daleko manje osjetljivija područja, u smislu zaštite podzemnih voda, ili čak ne moraju imati niti vezu s izvorištem. Utvrđivanjem pružanja navedenih područja, kao i razina prioriteta podzemnih tokova, određuju se i potrebne mjere zaštite.

Na taj način izdvajaju se izrazito osjetljiva područja, koja je potrebno štiti strogim mjerama zaštite, od ostaloga dijela sliva, koji se može iskoristiti razumnim prostornim planiranjem. Takav pristup određivanju zona sanitarne zaštite omogućava optimalnije korištenje prostora, ne dovodeći u pitanje zaštitu podzemnih voda, odnosno voda izvorišta Jadro.

Glavna naselja i gospodarski objekti izgrađeni su uz doline i kraška polja. To su ujedno i najvitalniji prostori Solinske zagore. Međutim, upravo na tim prostorima

utvrđene su stroge zone sanitarne zaštite (II. i III.), i s obzirom na tu činjenicu, razvitak naselja na tim područjima bit će ograničen i uvjetovan, kako lokacijom i veličinom naselja, tako i komunalnom opremom u naselju.

Da bi se ublažile stroge mjere ograničenja, potrebno je pristupiti dodatnim istraživanjima, kako bi se unutar zona stroge zaštite odredile nove (pod) zone, od kojih bi neke imale manja ograničenja. Preporučuje se da se ustanovi nalaze li se postojeće farme i tovišta na kritičnim i osjetljivim lokacijama i trebaju li se, ili ne, poduzeti dodatne mjere zaštite. Također bi trebalo selektivno pristupiti odabiru pesticida s obzirom na otrovnost, topivost, zadržavanje u tlu o dr.

Ako se ne razmotre te mogućnosti, moglo bi doći do iseljavanja i zapuštanja toga područja, s obzirom na to da se ekonomski racionalna poljoprivredna proizvodnja temelji na primjeni suvremene tehnologije, čije su značajne komponente mineralna gnojiva i zaštitna sredstva.

Trebalo bi izbjegavati svaku daljnju izgradnju u području II. i III. zone, ako se sva otpadna voda ne izvede izvan zaštitnoga područja ili se ne pročisti do I. vrste kvalitete voda, odnosno trebalo bi novu izgradnju planirati unutar IVa preliminarne zone, gdje su mjere zaštite blaže.

Preporučuje se ustanoviti da li se aktivnostima postojećih objekata ugrožavaju podzemne vode. Za postojeći industrijski pogon (galvanizacija) u Mučkom polju treba provjeravati kako funkcioniraju propisane mjere zaštite, tj. pročišćavanje otpadnih voda. Poseban je problem servisiranje vozila i mehanizacije u postojećoj izgradnji zbog otpadnog ulja i raznih kemijskih onečišćenja otpadnih tekućina.

Kod postojećih prometnica, koje su u zonama stroge zaštite, potrebno je svu oborinsku vodu s površine ceste i s nogostupa skupiti i zatvorenim sustavom odvesti do objekata za kontrolirano ispuštanje u tlo.

Planirana autocesta prolazi velikim dijelom kroz zone najstrožih mjera zaštite, pa su i rizici od neželjenih učinaka veliki, kako pri korištenju, tako i tijekom same izgradnje (miniranja, skladišta, servisi). Mjere zaštite od tih rizika jako poskupljuju izgradnju i produžuju vrijeme gradnje. Opasnosti od onečišćenja podzemnih voda, a samim tim i potrebne mjere zaštite znatno bi se ublažile, ako bi autocesta prolazila što dužim dijelom kroz IV. zonu.

Dispoziciju otpadnih voda sa slivnog područja rijeke Jadro potrebno je rješavati ovisno o zoni sanitarne zaštite. Općenito gledano, objekte za odvodnju otpadnih voda treba promatrati dvojako. Oni su objekti kojima odvodimo otpadne vode s nekoga područja, i u tom smislu predstavljaju objekte zaštite podzemnih voda. Istodobno su mogući izvori zagađenja, što se posebno odnosi na uređaje za pročišćavanje otpadnih voda. Zbog toga je potrebno uvidjeti sve opasnosti od onečišćenja podzemnih voda i nastojati naći optimalno rješenje.

Otpadne vode s osjetljivih područja potrebno je sakupiti vodonepropusnim kanalizacijskim sustavima i odvesti ih van. Konačna dispozicija sakupljenih otpadnih voda može biti kanalizacijski sustav Split - Solin, ako je to ekonomski opravdano, ili je jedino moguće tehničko rješenje. To je svakako prihvatljivo za područja bliža gradu Solinu, kao što je Klis i Dugopolje.

Za ostale pojedinačne kanalizacijske sustave, rješenje je pročišćavanje otpadnih voda do potrebne razine kvalitete, te upotrebljavanje tako pročišćene vode u poljoprivredi, ili upuštanje u tlo.

Izgradnjom vodoopskrbnoga sustava na tome području, uvećane su opasnosti od onečišćenja voda Jadra, što je vidljivo iz očitog porasta pada kvalitete vode izvorišta

Jadro. Rizici od onečišćenja prvenstveno prijete iz kritičnih i osjetljivih lokacija, a manje iz preostalog dijela sliva koji zauzima najveći dio prostora Zagore. To je i razlog da život u Zagori nije, sve do izgradnje vodoopskrbnog sustava, znatnije negativno utjecao na kvalitetu voda Jadra.

Navedeno potvrđuje očekivanja da će predloženi način dispozicije otpadnih voda biti dovoljna garancija za zaštitu voda od zagađivanja. S obzirom na trend pada kvalitete vode, neophodno je što prije pristupiti realizaciji rješenja dispozicije otpadnih voda, sakupljanjem prvenstveno s jako osjetljivih područja, te odvođenjem na ostale prostore, gdje se nakon potrebnog pročišćavanja, može i korisno upotrijebiti.

U zaštitnom području izvorišta vode za piće ne smiju se locirati smetlišta, stoga sve postojeće ("divlje" ili legalne) treba zabraniti za daljnju upotrebu i sanirati (u Neoriću i u Muću). Za lokaciju kod Klisa treba dodatnim istraživanjima ustanoviti nalazi li se u vodozaštitnom području.

S obzirom na to da svako veće naselje na razmatranome području ima izgrađeno groblje, a i prostor za njihovo proširenje, potrebno je, u skladu s propisima, obustaviti daljnje ukapanje dok se ne izvrše detaljna hidrogeološka istraživanja, ako se to pokaže nužnim, potrebno je planirati nova groblja izvan vodozaštitnog područja.

Ocjena razvojnih mogućnosti u odnosu na zaštitu prostora

Koncepcija prostornog uređenja nastala je u vremenu kada su informacije o tome prostoru bile veoma siromašne i netočne, te, s gledišta novih spoznaja i informacija, sve prethodne razvojne postavke treba revidirati.

Solinska zagora će i dalje biti potrebna Splitu i širem priobalnom području, tako da će predstavljati čimbenik njihova budućeg prostornog razvitka i postati integralni dio splitskoga područja. Pritom treba voditi računa da snažniji gospodarski, demografski i urbanistički razvitak ne izazove neke negativne ekološke efekte, prvenstveno s aspekta zaštite podzemnih voda.

Pri planiranju mreže naselja i određivanja njihova građevinskoga područja, sugeriraju se dva od načina izgradnje:

1. Popunjavanje većih naselja, tj. izgradnja u sklopu već zauzetih zona stanovanja, unutar kojih bi se povećala gustoća izgradnje. Preduvjet za opstanak i razvitak naselja u zonama stroge zaštite je infrastrukturna i komunalna opremljenost: izgradnja kanalizacijskog sustava, organizirano skupljanje svih vrsta otpadaka, izgradnja kvalitetnijih prometnica, kao i drugih elemenata urbanoga standarda. Manja sela i zaselke u zonama stroge zaštite trebalo bi prepustiti laganom odumiranju, što je zapravo i u trendu, a do tada uspostaviti strogu kontrolu septičkih jama i organizirano skupljanje otpada.
2. Koncentrirana izgradnja na nekoliko lokaliteta za koje bi se osigurao urbani standard i stroga zaštita prirodnih resursa;

Preporučuje se, u oba slučaja, da se na područjima stroge zaštite ne forsira razvitak veći od unutarnje podnošljivosti toga prirodnog resursa, a to se kreće negdje u volumenu postojećeg trenda.

Mogućnosti su poljodjelskog razvitka zavidne unatoč slabom bonitetu tla. Sugerira se da se organizacija strukture poljodjelstva osniva na sitnom selječkom gospodarstvu sa zajedničkim proizvodom. Na čitavom tome području potrebno je organizirano i postupno uspostaviti sustav organsko-biološke proizvodnje, koja će biti neuporedivo bolje kakvoće i s većim ekonomskim učincima za proizvođača, naročito ako se organizirano i marketinški pristupi proizvodnji "zdrave" hrane.

Stočarsku proizvodnju bi trebalo poticati, makar bi i nadalje trebala biti ekstenzivnoga tipa, a životinje bi ujedno trebale osigurati gnojivo kao glavni izvor organskih tvari za gnojidbu poljoprivrednih kultura. Na području zona stroge zaštite neće se moći graditi farme, naročito ne za tov svinja i goveda.

Solinska zagora je s prostornoga gledišta veoma povoljna za razvitak svih grana privrednih djelatnosti, kako zbog dobre prometne povezanosti, tako i zbog klimatskih i infrastrukturnih uvjeta. Međutim, razvitak će biti uvelike ograničen režimom zaštite, odnosno opterećen visokim izdacima za izgradnju objekata za zaštitu podzemnih voda (kanalizacijski sustavi i uređaji, uređena smetlišta i sl.), te će biti mnogo skuplji od onog na sličnim lokalitetima koji nisu na području zona sanitarne zaštite. Proizvodni pogoni, servisi i skladišta, koji potencijalno (i trajno) mogu ugroziti kvalitetu pitke vode, ne bi se smjeli planirati na području zona stroge zaštite (II. i III. zona).

Planirana Jadranska autocesta (JAC) na tome području položena je, prostorno gledano, veoma dobrom trasom. Međutim, sa stanovišta zaštite izvorišta Jadera, trasa nije najpovoljnije položena, jer veći dio trase, u dužini od cca 16 km, prolazi područjem II. i III. zone sanitarne zaštite, što značajno povećava rizik od onečišćenja pa i trajnijeg zagađenja podzemnih voda.

Zbog poroznosti tla ne postoji mogućnost prirodnog filtriranja i pročišćavanja zagađenih voda, te se pravila zaštite, koja se odnose na odvodnju onečišćenih i oborinskih voda, moraju primjeniti i kod autoceste (ili drugih važnijih prometnica), kako u eksploataciji, tako i u gradnji, što značajno poskupljuju izgradnju. Bez obzira na svu moguću tehničku zaštitu, predlažemo da se istraži nova, povoljnija trasa, a mogućnosti za to postoje nešto sjevernije od planirane trase.

Sve važnije prometnice (magistralne i regionalne) po kojima se odvija intenzivniji promet, naročito transport roba, potrebno je tehnički opremiti u svrhu zaštite područja od mogućih havarija i zagađenja tla, naročito u zonama stroge sanitarne zaštite.

Za potrebe određivanja lokacije smetlišta na širem području (od Trogira do Omiša) izrađena je posebna Studija koja je pokazala da ekološki prihvatljive lokacije nema na području Solinske zagore. Stoga je potrebno osigurati organizirano odvoženje svih vrsta otpadnog materijala s toga područja.

Umjesto zaključka

Ova studija predstavlja novi obzor na području korištenja prostora i ponašanja gospodarstva i stanovnika u zonama podzemnih tokova rijeke Jadro. Preokret je golem. Te zone Zagore su pred svega 20-ak godina bile prostor za smještaj industrije koja se u gradskom području nazivala "prljava industrija", za velika skladišta i servise. Danas se govori o redukciji svih aktivnosti ili o reduciranju upotrebe određenih kemikalija koje direktno i zagađuju vode ili o skupim industrijama za uređenje postojećih aktivnosti i stanovanja.

Drugih alternativa nema. Drugih izvora pitke vode nema.

U urbanizmu treba pristupiti ili koncentriranim stambenim zonama s ugrađenim uređajima za sakupljanje i pročišćavanje otpadnih voda ili uređajima za prikupljanje i uništavanje krutog otpada. U poljoprivredi treba zabraniti upotrebu pesticida i drugih toksičnih tvari. U prometu treba izraditi sustave za prikupljanje oborinskih voda itd. Jednom riječju potrebna je vrlo kontrolirana disciplina života i rada na tome prostoru.

U suvremenom žargonu ekologije to se zove upravljanje prirodnim resursima. In-situcija upravljanja je organizirani sustav koji troškovno počiva na renti zaštite voda, a upravno na autoritetu države. Svi korisnici vode iz izvora Jadro trebaju plaćati cijenu kvalitete izvorske vode. To je dodatak na cijenu potrošnje koji se u takvim slučajevima koristi za reducirane aktivnosti u poljoprivredi, za zaštitne aktivnosti na cijelom području podzemnog sliva rijeke Jadro, za unapređenje kvalitete vode i za upravljački ustroj.

Upravljanje je samo po sebi složena institucija koja uključuje aktivnosti iz područja neposredne zaštite, aktivnosti monitoringa i vođenja svih onih poslova koji se oslanjaju na sustav upravljanja: organiziranje prikupljanja krutog otpada, kanalizacijski sustav, komuniciranje i kontrola ponašanja stanovnika i dr. Upravljanje uključuje i druge poslove kao što su trajna ispitivanja kvalitete voda, kontrola pretjeranoga korištenja izvorskih voda u proizvodne svrhe i sl.

Upravljački sustav direktno utječe i na urbanizam područja. Današnja težnja da svatko gradi kuću tamo gdje ima posjed, stvorila je stanje tolike rasutosti kuća, da ne postoji mogućnost da se te kuće organiziraju u sklopu nekog od komunalnih sustava. Poseban je problem što te kuće grade pretežno crne jame ili loše septičke jame. Upravljanje tim vodnim sustavom pretpostavlja određenu skrb i nadležnost za sprečavanje takvog ponašanja.

Upravljanje, međutim, nije nekakva paralelna mamut-institucija koja ima u sebi sve te moguće aparature, to je zapravo sustav malog broja ljudi koji se služe postojećim organizacijama u komunalnom sustavu gradova, koji se koriste vodom Jadra. Upravljanje je zapravo organizacija i vođenje svih tih aktivnosti sa svrhom da se zaštiti vode. Ono, što upravljački sustav u pravilu treba imati u svojoj užoj organizaciji, jest monitoring i kontrola.

Budući da se radi o većem broju gradova i općina koji se koriste vodom Jadra, organiziranje i funkcioniranje upravljačkog sustava je u nadležnosti Županije.

Dva su pitanja u organizaciji upravljanja područjem podzemnih tokova rijeke Jadro. Prvo pitanje jest koji su troškovi upravljanja, a drugo koji su izvori prihoda.

Troškovi se mogu svrstati u dvije skupine:

- jednokratni, koji su vezani uz investicije u objekte i u opremu, i
- trajni troškovi koji su vezani uz održavanje objekata, strojeva i drugih instalacija uz naknade kojima se obeštećuju poljoprivrednici za izgubljenu dobit, te uz zaštitu i upravljanje vodama.

Svi ostali troškovi zaštite koji bi se, zbog malog oblika razvitka, pojavili u prostoru Zagore, bili bi na teret subjekata koji te aktivnosti izvode (ceste, servisi i sl.).

Izvori prihoda su isključivo iz vodne rente. Korištenje voda bi se trebalo povezati uz dva globalna troška:

- a) trošak korištenja voda i
- b) ekološka vodna renta.

U tom nametu nalazi se upravo onoliko potrebnih sredstava koliko je potrebno da se te vode zaštite. Taj dio nameta, koji se odnosi na rentu, izvor je za sve zaštitne aktivnosti, ali je istodobno i instrument kojim se određene aktivnosti destimuliraju, a određena pozitivna ponašanja i akcije stimuliraju.

Suvremeni život se danomice uslužuje. Sve veći broj komponenti utječe na okolinu, stoga je upravljanje prirodnim resursima nužnost. Naši prostori spadaju u red prirodnih predjela visoke osjetljivosti. Također na tom kraškom terenu podzemni tokovi su

brzi i nepredvidivi, te je veoma važno da se ta okolina permanentno istražuje i kontrolira. Među važnim porukama konferencije u Riu jest i ona koja se odnosi na poznavanje prirodnih sustava, na informaciji o prirodnim resursima, kao i na trendovima tehnike i tehnologije u odnosu prema korištenju prirodnih resursa.

Podzemni tokovi Jadra su veliko upozorenje korisnicima tih voda da je krajnje vrijeme da se preispitaju urbani i regionalni koncepti razvoja, koji još uvijek nose u sebi lažnu pretpostavku o neograničenim količinama prirodnog bogatstva.

Literatura

1. Urbanistički institut Hrvatske "Prostorno ekološka valorizacija područja zona sanitarne zaštite izvorišta rijeke Jadro s procjenom ekonomskih efekata", Zagreb, listopad 1993.g.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Marija Beraković

R 2-09

Hidrološke osnove gospodarenja vodama na području grada Zagreba

SAŽETAK: *Hidrologija, baveći se opažanjem i proučavanjem vode, tvori jednu od osnova gospodarenja vodom, koja počiva na spoznajama o vodi u prirodi i potrebama za vodom. Ovim radom daje se kratak opis mjerenja i spoznaja o vodama u području grada Zagreba. S obzirom na specifičnost pojedinih voda na području grada izdvojene su tri cjeline: rijeka Sava, potoci Medvednice i podzemne vode. Provedena hidrološka promatranja i mjerenja pokazuju sustavne promjene u rijeci Savi i u podzemnim vodama. Rezultati mjerenja i istraživanja upozoravaju na potrebu drugačijeg pristupa u izučavanju voda Medvednice, na potrebu racionalizacije mreže postaja kod podzemnih voda i poboljšanja mjerenja lebdećeg nanosa i na potrebu uspostave mjerenja vučenog nanosa na rijeci Savi.*

KLJUČNE RIJEČI: *mjerenja, spoznaje, sustavne promjene, vodostaj, bilanca, nanos.*

Hydrological Bases of the Water Resources Management in the City of Zagreb Region

ABSTRACT: *Hydrology, being involved in water observation and study, presents one of the water resources management bases since it is founded on information on the water in nature and water requirements. The present paper gives a brief description of the measurements and information on waters in the Zagreb region. Since the particular waters in the city region are specific, they are divided into three groups: the Sava River, the Medvednica creeks, and the groundwaters. The conducted hydrological surveys and measurements indicate systematic changes in the Sava river and groundwaters. The measurement and investigation results show that a different approach is needed to the Medvednica waters investigation, that the groundwater recording stations network should be more cost-effective, and the suspended load measurements and organization of the Sava river bed load measurements improved.*

KEY WORDS: *measurement, information, systematic changes, water level, water balance, load*

Općenito

Osnovni zadatak smišljenoga gospodarenja vodama je optimalno korištenje voda određenog prostora bez štetnih posljedica za taj prostor kao i za sve ljudske djelatnosti u tom prostoru i šire. U planskom korištenju voda na određenom području i u poduzimanju mjera za zaštitu voda od zagađenja, kao i za zaštitu od voda, osnovnu podlogu čine hidrološka mjerenja i proučavanja pojava i procesa vezanih uz vodu. Za upravljanje vodom neophodno je znati količinu i raspored vode u prostoru i vremenu, što omogućuje prostornu i vremensku preraspodjelu vode s ciljem da se zadovolje šire potrebe, poštujući sklad između vode, korištenja i prirode. Kvalitetne hidrološke podloge temelj su optimalnog korištenja voda i pouzdane zaštite od voda.

Vode užeg gradskog područja čine: rijeka Sava, brdski potoci i podzemne vode.

Rijeka Sava je arterija grada. Iako već dugo ne teče bistra, ipak daje gradu jedan od osnovnih životnih elemenata - vodu. Ulazi znatno onečišćena u područje grada, ali i prima sva zagađenja koja joj nesebično šalje grad Zagreb.

Sava je svojim velikim vodama godinama zadavala probleme gradu. Danas sve više zadaje brige malim vodama.

Brdski vodotoci - potoci Medvednice, koji se slijevaju prema gradu, često su prijetili i još uvijek prijetite velikim vodama.

Podzemne vode, koje su, zbog opskrbe stanovništva i industrije vodom, osnovni pokretač života u gradu, snizuju razine. Na mnogim područjima do podzemnih voda stižu zagađenja, a na nekima, značajnima za budućnost opskrbe grada vodom, ozbiljno prijetite.

Radovi u prošlosti izazvali su i neželjene posljedice u sadašnjosti. Današnji odnos prema vodi treba sagledati i greške prošlosti, potrebe sadašnjosti, te potrebe i posljedice u budućnosti.

Kratak prikaz stanja voda

Ovaj prikaz sadrži samo osnovni opis stanja mjerenja i voda na području grada s naglaskom na značajnije detalje kojima je neophodno danas i u buduću posvetiti više pozornosti. Na sl. 1 prikazano je šire područje grada s aktualnim vodomjernim profilima na Savi i potocima Medvednice.

RIJEKA SAVA. Na rijeci Savi mjerenje vodostaja se provodi od 1849. godine na vodomjernoj postaji Zagreb. To je vrijedan hidrološki niz mjerenja koji upozorava na promjene u rijeci Savi tijekom vremena. Zbog niza radova uzvodno, nizvodno i oko samog vodomjernog profila, mjerenja nisu visoke točnosti. Tablica 1 sadrži osnovne podatke o hidrološkim postajama na Savi u području grada.

Bilanca vode rijeke Save definiran je uglavnom s prihvatljivom točnošću. Postoje značajnije razlike u bilanci pronosa nanosa u profilu Rugvica i profilu Podsused (i do 40%). Mjerenja temperature vode pokazuju da su najniže temperature u vodomjernom profilu Zagreb porasle od 1970. godine. Tijekom 1988. godine (i dalje) znatniji je porast svih temperatura vode, pa su 1988. godine postignuti ekstremi kod svih vodostaja (utjecaj NE Krško). U profilu Rugvica od 1970. godine porasle su maksimalne temperature vode. Najniže temperature vode u profilu Zagreb su više od temperatura vode u profilu Rugvica za oko 1,3 C (nizvodno od vodomjernog profila Zagreb ulaze vode GOK-a i rashladne vode TE-TO Zagreb i očekivalo bi se suprotno).

Tablica 1.

Postaja	Godina osnutka	Letva	Limnigraf	Mjeri se	Napomena
Jesenice	1949	do 1964	+	H, Q, T	
Podsused	1895	do 1964	+	H, Q, T, SN	
Zagreb	1849	do 1956	+	H, Q, T,	
Bundek	1966		+	H, Q	
Kosnica	1976		+	H, Q	
HE Drenje	1986	+		H, Q	pod usporom
Rugvica	1878	do 1961	+	H, Q, T, SN	pod usporom

Rijeka Sava je kroz grad usjekla svoje korito u vlastitom aluvijalnom nanosu. Ovakvo korito podložno je promjenama. Tako je tijekom niza godina dolazilo u kraćim (unutar godine) i dužim (nekoliko godina za redom) razdobljima do periodičnog spuštanja (odnošenja nanosa) i izdizanja (taloženja nanosa) dna korita ovisno o vodnosti kraćih i dužih vremenskih razdoblja.

Provedena hidrološka mjerenja i opažanja pokazuju stanje voda u rijeci Savi, tijekom vremena, na širem području grada. Vodostaji (najniži i srednji) pokazuju osim cikličnih promjena sušnijih i vlažnijih razdoblja i značajne promjene u koritu (nivogrami sl. 2. i sl. 3.).

Odabrane krivulje trajanja dnevnih vodostaja za postaju Zagreb i Rugvicu, prikazane na sl. 4. i sl. 5. također pokazuju promjene u rijeci Savi.

Približno do osamdesetih godina zabilježeni vodostaji su homogeni, što pokazuje da se do tada na području grada Zagreba dno korita nije bitnije mijenjalo.

Između 1977. i 1980. godine počeo je intenzivan proces produbljivanja korita Save na području grada i taj proces nesmanjenim intenzitetom još uvijek traje. Uzrok tomu su superponirani (po vremenu i u prostoru) radovi u koritu i slivu rijeke Save uzvodno od Zagreba i u području Zagreba. I vađenje šljunka na više lokacija u širem području grada sigurno ima svoju težinu u procesu sniženja korita. Na primjer, neposredno nizvodno od planiranog pregradnog mjesta za HE Drenje izvađeno je, u razdoblju 1976.-1980. godine, 3,302.000 m³ šljunka iz korita (uz šljunčarenje na ostalim lokacijama). Ako smjestimo tu količinu u osrednjeno korito na dionici od Podsuseda do Drenja, izlazi da bi ta količina prosječno povisila ili snizila dno korita za oko 1,2 metra, što ne može biti bez posljedica za korito. Vađenje šljunka odvijalo se ovim tempom: 150.000 m³ 1976. godine, 380.000 m³ 1977. godine, 1,870.000 m³ 1978. godine, 872.000 m³ 1979. godine, 100.000 m³ 1980. godine sve iz korita. Sniženje vodostaja odnosno korita rijeke Save na području grada počelo je 1977. godine i postepeno se pomiče sve nizvodnije od grada.

I lagano sustavno opadanje srednjih i najnižih godišnjih protoka, što za sada nije značajno, indikativno je za cjelokupno proučavanje promjena u Savi.

POTOCI MEDVEDNICE. S južnih padina Medvednice u savsku ravnica sliva se niz većih i manjih potoka. Potoci teku kroz grad dijelom uređeni, otvoreni ili zatvoreni. U zapadnom i istočnom području vodotoci su uglavnom otvoreni, dok su kroz središnji dio grada zatvoreni (Medveščak, Kuniščak, Jelenovac). Ukupna slivna površina, koja gravitira gradu (između planirane HE Podsused i HE Drenje), iznosi oko 195 km². To su slivovi potoka: Borčec, Dubravica, Medpotoki, Vrapčak, Kustošak, Čnomerec, Kuniščak, Jelenovac, Medveščak, Remetski p., Bliznec, Štefanovec, Trnava, Rijeka i Vugrov potok, te još nekih manjih (Kraljevac, Tuškanac, Maksimirac).

S obzirom na relativno veliki pad sliva i na značajnije oborine ti vodotoci su stvarali i još uvijek stvaraju, svojim velikim vodama, probleme gradu Zagrebu. Ulaganja u njihovo uređenje su stalno prisutna, što ima i odraza na smanjenje poplava, ali još uvijek nije postignuta sigurnost od velikih voda.

Tablica 2.

Vodotok	Postaja	Godina osnutka	Letva	Limnigraf	Sliv F (km ²)	Ukinuto
Vrapčak	Zagreb	1960		+	15,0	2 postaje
Kustošak	Kustošija 1	1977		+	6,34	2 postaje
Črnomerec	Frateršćica	1972		+	6,7	3 postaje
Medveščak	Mihaljevac	1971		+	14,15	
Bliznec	Bliznec R.	1968		+	4,97	2 postaje
Bliznec	Markuševac	1993		+		
Štefanovec	Zagreb	1960		+	14,45	1 postaja
Štefanovec	Dubrava	1986		+		
Vidovec	Slanovec	1972	do 1985	od 1985		
Trnava	Granešina	1953, 1982	do 1985	od 1985	29,3	
Rijeka	Sesvete 1	1977	+		26,2	2 postaje
Vugrov p.	Resnik	1953	+		29,6	1985

Na tome slivnom području prosječne godišnje oborine se kreću od 900 do 1270 mm. Prosječni godišnji dotok, koji je rezultat tih oborina i elemenata sliva iznosi oko 2,2 m³/s (do 2,5 m³/s). Raspon protoka za pojedine vodotoke kreće se od nekoliko l/sek (i nula) do 60 m³/sek (Rijeka, Trnava, Vugrov p.). Tablica 2 sadrži osnovne elemente o postajama, a na sl. 1 prikazan je njihov situacijski razmještaj.

Provedena mjerenja nisu dostatna za realno sagledavanje vodnosti potoka Medvednice, a naročito kod velikih voda.

Mjerenja u nekim čvrstim vodomjernim profilima (uzvodno od praga betonske stube) opremljena limnigrafom, daju nepouzdan čak i prosječan protok vode (Kustošija 1). Znači da, osim uređenosti u području vodomjernog profila i opremljenosti vodomjerne postaje, ima i drugih čimbenika koji mogu bitno utjecati na kvalitetu rezultata.

Još 1967. godine, kada se radila prva Vodoprivredna osnova grada Zagreba (lijeva obala Save), konstantiran je nedostatak mjerenja za pouzdanije definiranje velikih voda. 1981. godine, ponovno se radi Vodoprivredna osnova grada Zagreba (čitavog područja). Mjerenja ni tada nisu dala podlogu za realan proračun velikih voda. U najnovijoj Vodoprivrednoj osnovi grada Zagreba, Izmjene i dopune 1992. godine, ponovno nije moguće odrediti velike vode iz mjerenja.

Već od prve VO i uočenih nedostataka pa do posljednje VO prošlo je relativno dugo razdoblje (25 godina) u kome se moglo izmjeriti dovoljno podataka pa i rijetkih pojava (nažalost bilo ih je) i raspolagati s dostatnim nizovima za hidrološko izučavanje. To se navodi s razlogom da se upozori na potrebu radikalnih promjena u sustavu mjerenja kako se i u budućnosti ne bi ponavljala ista slika.

Razvoj hidroloških mjerenja na slivovima Medvednice (od početka mjerenja 1952. godine, pa do 1967., odnosno 1981. godine i do danas) upozoravaju da mjerenja protoka u profilima, koji nisu uređeni, sustavno održavani, prostorno pravilno raspoređeni, i pored suvremene opremljenosti, ne daju realnu sliku stanja voda.

PODZEMNE VODE. Razine podzemnih voda mjere se na velikom broju lokacija. Na manjem broju postaja mjeri se temperatura i kvaliteta vode (uglavnom priljevna područja aktivnih crpilišta). Na širem gradskom području ima blizu 600 postaja za posmatranje razine podzemne vode. Neka područja imaju više piezometara koji daju iste ili slične informacije, a na drugima nedostaju mjerenja za kvalitetno opisivanje stanja podzemnih voda.

Prva mjerenja razine podzemnih voda počela su 1949. godine. Međutim, od ukupnog broja postaja samo oko 10% ima opažanja duža od 20 godina. Gotovo po cijelom području nedostaju kontinuirani dugogodišnji nizovi praćenja podzemnih razina. Za izučavanje promjena u području podzemnih voda posebno su dragocjeni duži nizovi mjerenja. Najveći porast broja postaja dogodio se tijekom 1980., 1981. (208 novih) i 1982. godine.

Mjereni podaci podzemnih voda upozoravaju da se stalno snizuje razina vode. Kako su podzemne vode i vode rijeke Save čvrsto povezane, to sniženje vodostaja u rijeci Savi uzrokuje i sniženje podzemnih voda. Veća sniženja su bliže Savi i u priljevnim područjima vodocrpilišta.

Razmatranje sniženja razine podzemnih voda pokazuje da Sava nije i jedini uzrok toga sniženja. Mjerenja na nekim postajama pokazuju da je sniženje razine podzemnih voda intenzivnije od sniženja voda u rijeci Savi. Za ilustraciju na sl. 6 za profil B-1(s) prikazan je trend sniženja karakterističnih razina podzemne vode. Najveće sniženje je kod najviših vodostaja (21,1 cm/god.), dok je kod Save najveće sniženje kod najnižih vodostaja (13,3 cm/god).

Drugi značajan problem koji se javlja kod podzemnih voda je prisutnost zagađenja (i opasnih), koja se šire (u širem području crpilišta "Črnkovec" iznad MDK primijećeni su: mineralna ulja, nitriti, cijanid, atrazin, fenoli i dr.).

Zaključak i prijedlozi

Problemi, vezani uz promjenu vodostaja (korita) Save, i uz razinu podzemnih voda, složeni su i pored većeg broja radova o toj temi, nedovoljno izučeni. Za pouzdanije izučavanje opaženih promjena, kojima bi se proces pouzdano pratio, opisao i predviđao, nedostaje podloga. Na raspolaganju su hidrološke veličine (vodostaji i protoci), nedostaje sustavno mjerenje uzdužnih i poprečnih profila korita (tijekom vremena).

S obzirom na to se u dogledno vrijeme planira niz aktivnosti na rijeci Savi u području Zagreba, neophodno je da se hidrološka i ostala praćenja (najmanje od Podsuseda do Rugvice) poboljšaju i nadopune, kako bi planirane aktivnosti imale pouzdane podloge.

S obzirom na nedovoljno izučene promjene korita rijeke Save, svakako je potrebno probuditi znanje o nanosu i provoditi mjerenja vučenog nanosa, a mjerenju lebdećeg nanosa posvetiti veću pozornost. Promjena režima pronosa nanosa ima utjecaja na promjenu morfologije riječnoga korita. Nužno je i sustavno mjerenje profila rijeke Save.

Intenzivan proces sniženja korita Save u području Zagreba, pored ostalog, traži posebno razmatranje o iskorištavanju šljunka iz korita rijeke na području grada. Problem eksploatacije šljunka danas (kada je u koritu prisutna stalna i jaka degradacija) i prije 20 i više godina (kada je u Savi bio problem viška nanosa) ne mogu biti isti. Vodotocima Medvednice neophodno je posvetiti veću pozornost kako bi se dobili pouzdani hidrološki parametri nužni za realnu ocjenu hidroloških veličina o kojima ovisi pouzdanost i rentabilnost planiranih objekata (retencije, akumulacije i dr.).

Tijekom vremena pokazalo se da promjene lokacija vodomjernih profila i proširenje mreže s limnigrafima nije dostatno za poboljšanje kvalitete mjerenja. Treba razmisliti i o drugačijem pristupu mjerenju (građevine, preljevi).

Treba pronaći takav sustav mjerenja (i tome prilagođenu mrežu) koji će omogućiti realnu procjenu vodnih količina na potocima Medvednice. Na račun kvalitete može se i smanjiti broj vodomjernih postaja. U dosadašnjem sustavu mjerenja često su se mijenjale lokacije mjernog profila (i do 2-3 puta), a da se ništa bitno nije promijenilo u kvaliteti. Potoci Medvednice nisu usamljen slučaj hidrološki nedovoljno izučениh malih slivova. Gotovo na svim manjim vodotocima u Hrvatskoj postoje slični problemi. Kako su ti vodotoci na domak gradu i u gradu, blizu službe koja provodi mjerenja (što je bitno kod pojave VV) poželjno je da se oni koriste kao primjer u rješavanju problema hidroloških istraživanja malih slivova.

Podzemne vode zasigurno traže posebnu pozornost. Opskrba grada vodom vezano je isključivo uz podzemne vode. Tom teško zamjenjivom bogatstvu treba posvetiti maksimalno moguću pozornost, dok je to još moguće. Osim sniženja, prijetite i šire se i zagađenja.

Obimna je mreža postaja za mjerenje razine podzemnih voda. Sigurno traži i reduciranje. S manjim brojem postaja, a boljim prostornim rasporedom, uvažavajući raznovrsnost potreba (osnovna mreža, sadašnja crpilišta, buduća crpilišta, planirane HE Podsused, HE Drenje i dr.), te uz uspostavu kojeg limnografskog piezometra više u zoni intenzivnih promjena, može se dobiti više korisnih i kvalitetnih informacija. Poželjno je isključiti nepouzđane piezometre, kao i dio onih koji daju iste informacije (a uspostavili su ih različiti investitori u istome prostoru).

Detaljna selekcija, zatim i odgovarajuća nadopuna mreže piezometara treba uvažiti geološke, hidrološke i ostale karakteristike područja.

Paralelno s izborom reprezentativne mreže postaja za mjerenje razina podzemnih voda, potrebno je izabrati i mrežu postaja za mjerenje kvalitete vode.

Kako na podzemnim vodama leži sadašnjost i budućnost vodoopskrbe Zagreba i okolice, neophodno je smišljeno praćenje kvalitete vode, uz vođenje računa o prostornom raspoređu i o izvoru i mogućem putu zagađenja. Kod izbora elemenata, koji će se pratiti, nužno je znati koja se zagađivanja mogu očekivati (katastar zagađivača) iz priljevnoga područja kao i koja se zagađenja mogu očekivati iz rijeke Save.

Još uvijek se ne raspolože pouzđanom bilancom podzemnih voda, pa tako dugoročno planiranje korištenja podzemnih voda za vodoopskrbu nema čvrste temelje.

Literatura

1. Vodoprivredna osnova grada Zagreba, Elektroprojekt, Zagreb, 1981.
2. Osnovne hidrološke karakteristike lijevog zaobalja rijeke Save od HE Podsused do HE Drenje, Elektroprojekt, Zagreb, 1992.
3. M. Beraković, B. Beraković: "Hydrologie - Teil des Prozesses beim Lösen von wasserwirtschaftlichen Problemem", XVI. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen, Kelheim, 1992.
4. Vodoprivredna osnova grada Zagreba, izmjene i dopune, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 1992.
5. Vodocrpilište "Črnkovec", Elektroprojekt, Zagreb, 1993.
6. HE Drenje, Konačna studija utjecaja na okolinu, Elektroprojekt, Zagreb, 1994.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Franjo Fritz, Bogdan Ivančić

R 2-10

Mogućnosti smještaja otpadnih tvari u Dalmaciji

SAŽETAK: *Mogućnosti su smještaja za vodu i more štetnih i opasnih tvari s hidrogeološkoga gledišta u kopnenome dijelu Dalmacije veoma ograničene. To je i razlogom da je većina odlagališta na neodgovarajućim lokacijama.*

Uzrok je spomenutoga ograničenja višestruk. Najveći dio toga krškog terena pripada zaštitnim područjima izdašnih izvora i crpilišta pitke vode, a u tim je područjima zabranjeno odlaganje tih tvari. Velik dio preostalog terena pripada slivovima zatvorenih zaljeva i estuara tamošnjih rijeka, što su vode veoma osjetljiva ekosustava. Pogoršanje kakvoće voda u tim uglavnom zaštićenim područjima (primjerice Malostonski i Kaštelanski zaljev, estuar rijeke Krke) može izazvati teško sagledive negativne posljedice na tamošnju floru i faunu. Kada se izdvoje još aktivni i potencijalni turistički centri, preostaje u Dalmaciji veoma uzak nekontuiran pojas uz obalu mora.

S obzirom na zaštitu obalnoga mora, taj je preostali teren rangiran u tri kategorije, prema tome izgrađuju li ga propusne, manje propusne ili nepropusne stijene. U svakoj se kategoriji predlažu makrolokacije s najoptimalnijim prirodnim uvjetima za smještaj otpadnih tvari.

KLJUČNE RIJEČI: *krš, otpadne tvari, zaštita voda i mora, Dalmacija*

Possibilities of Waste Disposal in Dalmatia

ABSTRACT: *The possibilities of disposal of matter hazardous to sea and water in the inland part of Dalmatia are very limited from the hydrogeological aspect. For this reason the majority of dump sites is in inadequate locations.*

The causes for the said limitation are many. The majority of this karst terrain falls into the protected areas with high-yield springs and potable water well fields, and they are prohibited for waste disposal. The majority of the remaining terrain belongs to the catchments of the closed bays and estuaries of the rivers, which are the waters of a very sensitive ecosystem. Deterioration in water quality in these predominantly protected areas (e.g. Mali Ston and Kaštela bays, the Krka River estuary) might cause unpredictable adverse effects on the flora and fauna in the region. When the active and potential tourist centers are also excluded, Dalmatia is left with a narrow intermittent belt by the sea shore for waste disposal.

With respect to the territorial sea protection, this remaining terrain is grouped in three categories, depending on whether it is made of permeable, less permeable or poorly permeable rocks. For each category, the macro locations offering optimum natural conditions for waste disposal are proposed.

KEY WORDS: *karst, waste, water and sea protection, Dalmatia*

1. Uvod

Kad govorimo o zagađivačima ili izvorima zagađenja, tada najčešće mislimo na tvornice, proizvodne pogone, izljeve gradskih kanalizacija i sl. Sanitarnim odlagalištima i odlagalištima industrijskoga otpada praktično se nije pridavala dovoljna pozornost. Obično su lokaliteti na kojima se odlaže otpad iz gradova ili tvornica "sakrivena", odnosno zaklonjena od pogleda, pa ne pobuđuju tako često pozornost. Međutim kao trajni izvori zagađenja podzemnih voda, pa time i izvorišta i mora, oni su mnogo veća opasnost od zagađivača smještenih uz vodotokove ili uz morsku obalu.

Zagađene otpadne vode svakog pojedinoga zagađivača moguće je kontrolirati, sakupiti, pročistiti do potrebnoga stupnja te na pravilan način disponirati u recipijent, dok su mjere kontrole i pročišćavanja izvora zagađenja kojega odlagališta kompleksne i vrlo skupe.

Posljednjih dvadesetak godina Institut je za geološka istraživanja iz Zagreba za potrebe Hrvatske vodoprivrede, Organizacijske jedinice Split, izrađivao hidrogeološke studije, kojima je potpuno obuhvaćena čitava Dalmacija (Fritz 1976., 1979.; Bojanić 1980., 1981.; Bojanić i dr. 1984. i Fritz i dr. 1984.). Tim studijama određeni su hidrogeološki sljevovi svih značajnijih aktivnih i potencijalnih crpilišta pitke vode. To je bila podloga da se u tom krškom terenu razmotre preostala područja u kojima postoje prirodni uvjeti za odlaganje za vodu i more štetnih i opasnih otpadnih tvari. Na prijedlog autora ovog rada izrađen je elaborat za kopneni dio Dalmacije (Fritz 1988.) i rezultati su tih istraživanja predmet ovog rada.

Tim se radom nije željelo ograničavati broj mogućih lokaliteta, npr. u okolici jednoga naselja ili grada, već upravo za potrebe jednoga takvog grada ili naselja predočiti sve mogućnosti, a odabir jednoga ili više odlagališta prepustiti njihovim nadležnim organima s obzirom na već donesena planove razvoja ili druga ograničenja.

Kako većina naselja i gradova nije na pravilan način odabrala mjesto odlagališta, želja je bila da se izradi pregled potencijalnih lokaliteta odlagališta te da se o rezultatima ovog elaborata upoznaju svi nadležni organi općina i gradova kojima bi on poslužio u pravilnu pristupu odabira lokaliteta odlagališta.

2. Svrha i cilj istraživanja

Uklanjanje ili smještanje otpada "danas je jedan od najvećih problema čovječanstva" (Mayer 1993., str. 119.). Taj je problem posebno osjetljiv u području krša, kojem pripada oko polovine naše republike. Dalmacija pokriva znatan dio toga krškog područja. Analiziranjem mogućnosti smještaja otpada u čitavoj regiji omogućuje se uvid u osnovne potrebne podatke kod regionalnoga planiranja smještaja otpada. Prema prije citiranom autoru, otpad se dijeli na komunalni, industrijski, bolnički i poljoprivredni. Opasne i štetne tvari za vodu i more nalaze se najviše u posljednje tri grupe otpada. Njihovo smještanje ne bi se smjelo razmatrati lokalno, već šire, ovisno o postojećim komunikacijama.

Da je to otvoren problem, proizlazi i iz prijedloga teza, odnosno Nacrta osnove strategije zaštita voda i mora od zagađivanja u republici Hrvatskoj (Anon. 1993.), točka 2.8. Načela zaštite voda i mora: "Potrebno je osigurati i ostvariti pravilno postupanje i konačnu dispoziciju krutog, muljevito, štetnog i opasnog otpada" (str. 215.).

Naglašavamo "konačnu dispoziciju" o čemu projektanti ili nisu obvezni ili ne vode dovoljno brige. Primjerice, kod projektiranja niza separatora uz Jadransku autocestu, nije predviđeno gdje deponirati talog iz separatora (Fritz, 1994.).

Cilj je ovih istraživanja dati najpodobnije prirodne uvjete u Dalmaciji za smještaj štetnih i opasnih tvari za vodu i more, kako bi se što više ili u potpunosti izbjegnuli rizici vezani uz takve objekte.

3. Pristup - osnovna načela

O potrebi smještanja otpada dovoljno je pisano. Istaknut ćemo samo neka osnovna načela vezana uz rješavanje te problematike u konceptu održiva razvoja i strategije upravljanja otpadom. Perko-Šeparović (1991) smatra između ostalog potrebnim "smanjiti rizike deponija da bi se tako zaštitilo zdravlje i okoliš" (str. 21), te da tome nije moguć parcijalan pristup, pa odluke ne trebaju donositi samo lokalni organi vlasti, već zajedno s organima republike. Prema Nacrtu zakona o vodama - zaštita voda, odlagalište ne smije utjecati na prihvatni (nosivi) kapacitet okoliša (carring capacity), odnosno ne smije utjecati na promjene ekosustava koje bi utjecale na kakvoću vode. Do te se granice može planirati razvoj regija. Odredbe zakona odnose se i na "vode mora u pogledu zagađivanja s kopna i otoka" (Ostojić, 1994.a, str. 3). Prihvatni kapacitet prijemnika ograničen je, pa održivi razvoj mora istodobno zadovoljavati ograničenja u smislu ispuštanja otpadnih tvari (Tušar, 1994.), posebno u dijelovima obalnoga mora slabije izmjene vode (Tedeschi, 1994.). To zahtijeva i poštivanje Protokola o zaštiti Sredozemnog mora od zagađivanja s kopna koji je stupio na snagu primanjem Hrvatske u punopravno članstvo Konvencije o zaštiti Sredozemnog mora od zagađivanja (Barcelonska konvencija). Aneksi I, II i III Protokola (LBS Protocol) primjenjuju se i na vode kopna do granice slatke vode, koje komuniciraju s morem, kao i na zagađene otpadne vode, koje dotječu u područje obuhvaćeno Protokolom s time da pozornost treba obratiti i na geološke karakteristike obalnoga mora (Ostojić, 1994.b). U aneksima I i II nabrajaju se familije i skupine supstancija škodljive za more, a u aneksu III sve potrebno za dobivanje dozvole za odlaganje takvog otpada. U svezi s navedenim, izrađen je "Prijedlog programa praćenja onečišćenja Jadranskog mora s kopna na području Republike Hrvatske" (Hak, 1994.), koji međutim, po našem mišljenju, nije na zadovoljavajući način obuhvatio praćenje postojećih, pretežno ilegalnih odlagališta.

O kakvoći obalnoga mora i neželjenim promjenama Zvonarić (1994.) navodi da je u Dalmaciji najlošija kakvoća u Šibenskom i Gruškom zaljevu i ispred Ploča i Splita. Negativan antropogeni utjecaj neprekidno traje, jer uzduž cijele naše obale nije zabilježeno poboljšanje kvalitete mora.

4. Rješavanje problematike

Efekti zagađivanja krških podzemnih voda i obalnoga mora mogu biti veoma brzo uočljivi, a s pojedinih lokaliteta i u "udarnim" koncentracijama, ukoliko se teren zagadi većim količinama za vodu štetnih i opasnih tvari. Stoga je odlaganje takvih tvari u kršu velik rizik. Pravilnikom o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta voda za piće ("Narodne novine" br. 22, lipanj 1966.) zabranjeno je njihovo odlaganje u čitavu zaštitnome području (hidrogeološkom slivu) izvorišta, što se može proširiti i na potencijalna izvorišta pitke vode.

Velik dio preostalog područja u Dalmaciji pripada hidrogeološkim sljevovima zatvorenih morskih zaljeva i estuara rijeka Zrmanje, Krke, Cetine, Neretve i Dubrovačke rijeke. Vode tih zaljeva, prvenstveno Malostonskoga i Kaštelanskoga, kao i vode estuara rijeka veoma su osjetljiva ekosustava, a dio obalnoga mora već je veoma loše kakvoće (Zvonarić, 1994.). Pogoršanje kakvoće navedenih voda može imati nesa-

gledivih negativnih posljedica za tamošnju floru i faunu, što je osobito nepoželjno u zaštićenim područjima, kao što su Malostonski zaljev ili Nacionalni park Krka. Obalna mora oko turističkih centara zbog aktivne ili planirane turističke privrede također zaslužuju punu pozornost zaštite. U nabrojanim je područjima ili zabranjeno odlaganje, ili postoji velik rizik (zbog uglavnom nepovoljnih prirodnih uvjeta) za odlaganje štetnih i opasnih tvari za vodu i more. Izuzmemo li ta područja, preostaje u kopnenom području Dalmacije uzak, isprekidan pojas uz morsku obalu (slika 1) koji je također potrebno štititi, ali s blažim zabranama (LBS Protocol).

Na temelju postojeće hidrogeološke dokumentacije i rekognosciranjem terena, taj je uzak priobalni pojas rangiran s obzirom na različite prirodne uvjete za smještaj odlagališta u tri skupine, prema tome izgrađuju li ga propusne, manje propusne ili nepropusne stijene. Unutar svake skupine stijena s obzirom su na najpovoljnije lokalne hidrogeološke uvjete predložene makrolokacije odlagališta s ocjenom utjecaja odlagališta na bližu okolinu i tamošnje površinske i podzemne vode i nadalje, prognozom tečenja tih voda do obalnoga mora. Kod izbora makrolokacija vodila se je briga i o tome:

- da je lokacija blizu postojećih prometnica
- da je što udaljenija od naselja i mora
- da nije vizualno izložena i da je teren što bezvredniji
- da je u podobnim morfološkim uvjetima s obzirom na površinske vode
- da nije izložena najjačim vjetrovima (buri i jugu).

Ovisno o lokalnoj hidrogeološkoj građi i mogućnostima kontaktiranja procjednih voda odlagališta s morem, predložene su makrolokacije rangirane u A, B i C kategoriju. Osnovne hidrogeološke (prirodne) karakteristike pojedine kategorije makrolokacije s gledišta ugroženosti mora su:

- A – lokacije su podobne za smještaj najopasnijeg otpada jer postoje prirodni uvjeti za izolaciju lokacije od okoline i mora.
- B – moguć, ali spor kontakt lokacije s okolnim podzemnim vodama i posredno s morem
- C – relativno dobar kontakt lokacije s okolnim podzemnim vodama i posredno s morem.

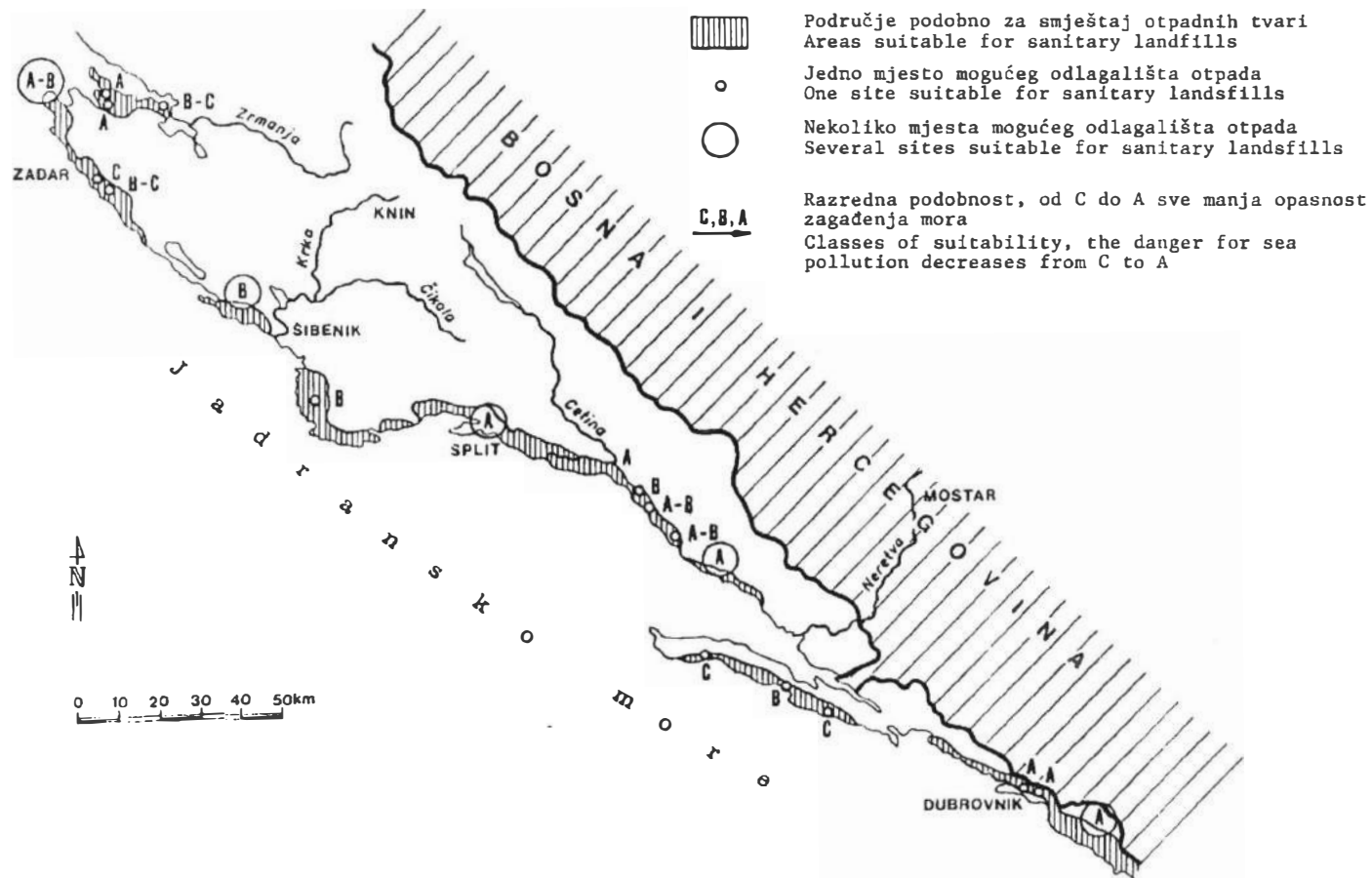
Kontakt je lokacija B i C s morem različit, a ovisi o dinamici okolnih podzemnih voda i o udaljenosti od mora.

Treba naglasiti da je ovo samo početni, pregledni rad u rješavanju optimalnih prirodnih uvjeta za smještaj odlagališta namijenjen prvenstveno prostornim planerima. Svjesni smo da postoje i drugi ograničavajući faktori za izbor lokacija odlagališta, ali navedeno je potrebno prvenstveno uvažavati promatrajući regiju u cjelini.

Nakon izbora makrolokacije, bez obzira na vrstu otpada, a osobito za supstancije navedene u aneksima I i II LBS Protocola, potrebno je izvesti detaljna istraživanja za izbor mikrolokacije i projektiranje objekta.

Najpovoljnije lokacije (A kategorije) vezane su uz nepropusne stijene. To su ili debele i prostrane naslage glina u krajnjem sjeverozapadnom dijelu Dalmacije ili naslage eocenskoga fliša u preostalom priobalnom dijelu Dalmacije.

Klastične naslage fliša promjenjiva su litološkoga sastava. Prevladavaju nepropusni lapori, osobito u krajnjem sjevernom i južnom dijelu Dalmacije. U cjelini, nepro-



Slika 1. Prijedlog mjesta pogodnih za odlagališta otpada
Fig. 1. Proposal of sites suitable for sanitary landfills

pusne naslage fliša ponegdje su debele i više stotina metara, a najdeblje su na širem području Splita. Unutar najdebljih naslaga fliša i tamo gdje su lapori debeli više desetaka metara, pa i do sto metara, moguće je, bez rizika za okoliš i obalno more, smjestiti odlagalište i za najopasniji otpad, slično kao što je to, češće, moguće u nekrškim terenima. Uvjet je da se deponij otvori, održava i zatvori po propisima. Za bližu okolinu najmanje neugodnosti prijeti baš od propisna odlaganja posebnog otpada, primjerice onoga iz tehnološkoga procesa koji se sve do današnjih dana uglavnom odlaže nekontrolirano, ponajviše u prigradskom krškom zaleđu.

5. Zaključak

Prijedlozi su lokacija s najpodobnijim prirodnim uvjetima za smještaj otpadnih tvari u Dalmaciji dani na osnovi postojećih podataka i pregleda, u kabinetu za to izdvojena, podobnoga područja. To područje, koje pripada slivu obalnoga mora s najvišim stupnjem dopuštene promjene kakvoće mora, rangirano je s obzirom na vododrživost u tri skupine stijena. U svakoj skupini na lokalitetima s najpovoljnijim prirodnim uvjetima označene su makrolokacije odlagališta kategorizirane u A, B i C kategorije, ovisno o riziku zagađenja obalnoga mora.

U Dalmaciji je problem odlaganja otpada do danas praktički neriješen. Posljedice nekontrolirana odlaganja otpada, osobito posebnoga otpada, još su nesagledive jer ne znamo koliko je to umanjilo prihvatni (nosivi) kapacitet tog područja. Stoga je nužno što hitnije otvoriti nekoliko lokacija s najmanjim rizikom za okoliš, i istražiti koja postojeća odlagališta najviše zagađuju okoliš. Odabir novih lokacija preporučuje se izvesti analiziranjem širih područja. Unatoč u radu nespomenutim faktorima i mogućnostima odlaganja otpada, prirodni uvjeti za smještaj odlagališta najsigurniji su oslonac održiva razvoja. Što se problem otpada prije riješi, višestruko će se povećati mogućnost prostornoga planiranja objekata s malim rizicima. Takvi objekti, locirani u slabookršnim središnjim i perifernim dijelovima zaštitnih područja, i u slučaju onečišćenja okoliša, veoma malo utječu na smanjivanje prihvatnoga kapaciteta tog područja.

Izvorni podaci

Bojanić, Luka: Hidrogeološka studija područja Aržano-Brela do Metkovića. Fond struč. dok. Inst. geol. istraž. br. 332/80, Zagreb, 1980.

Bojanić, Luka: Hidrogeološka studija Vrljika-Sinj-Omiš. Fond struč. dok. geol. Inst. br. 198/81, Zagreb, 1981.

Bojanić, Luka, Ivičić, Darko, Batić, Veljko i Božičević, Srećko: Hidrogeološka studija područja Metković-Dubrovnik-Konavle. Fond struč. dok. Inst. geol. istraž. br.186/84, Zagreb, 1984.

Fritz, Franjo: Ravni Kotari-Bukovica. Hidrogeološka studija. Fond struč. dok. Inst. geol. istraž. br. 112/76, Zagreb, 1976.

Fritz, Franjo: Općina Split. Hidrogeološka studija. Fond struč. dok. Inst. geol. istr. br. 191/91, Zagreb, 1979.

Fritz, Franjo: Mogućnosti smještaja otpadnih materijala (deponija) u području Dalmacije. Fond struč. dok. Inst. geol. istraž. br. 183/88, Zagreb, 1988.

Fritz, Franjo, Pavičić, Ante i Renić, Ante: Hidrogeološka studija područja Trogir-Šibenik-Drniš-Knin. Fond struč. dok. geol. zavoda br. 248/84, Zagreb, 1984.

Literatura

- Anon.: Nacrt Osnove strategije zaštite voda i mora od zagađivanja u Republici Hrvatskoj, Zbornik radova Savjetovanja: Osnove strategije zaštite voda i mora od zagađivanja u Republici Hrvatskoj, 213-219, Opatija, 1993.
- Hak, Nena: Protokol o zaštiti Sredozemnog mora od zagađenja s kopna (LBS Protocol). Hrvatska vodoprivreda 17, 5, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 1994.
- Mayer, Darko: Kvaliteta i zaštita podzemnih voda, 1-146, Hrvatsko društvo za zaštitu voda i mora. Zagreb, 1993.
- Ostojić, Željko: Nacrt zakona o vodama - zaštita voda. Hrvatska vodoprivreda, 19, 3-4, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 1994a.
- Ostojić, Željko: Vodoprivreda i Barcelonska konvencija. Hrvatska vodoprivreda, 16, 5-7, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 1994b.
- Perko-Šeparović, Inge: Upravljanje otpadom i održiv razvoj. Zbornik radova sa savjetovanja "Zbrinjavanje komunalnog otpada" Otvoreno Sveučilište s p.o., 11-22, Zagreb, 1991.
- Tedeschi, Stanislav: Čišćenje otpadnih voda prije ispuštanja u more. Zbornik radova 2. stručni skup sekcije za vodoopskrbu i odvodnju, 113-118, Umag, 1994.
- Tušar, Božena; Kakvoća vode uvjet opstanka. Zbornik radova: 2. stručni skup sekcije za vodoopskrbu i odvodnju, 165-174, Umag, 1994.
- Zvonarić, Tomislav: Analiza rezultata višegodišnjih istraživanja u okviru projekta Vir-Konavle. Hrvatska vodoprivreda 21/22, 21-23, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 1994.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Stjepan Nikolić, Boris Švel

R 2-11

Preventivne mjere zaštite okoliša: Jadranski naftovod - dionica Omišalj - Sisak

SAŽETAK: Ponovnim puštanjem Jadranskoga naftovoda u pogon u siječnju 1995. aktualizira se prevencija zaštite okoliša. Uz sve se mjere predviđene zaštite kao sastavnoga dijela pogona naftovoda, ukazuje potreba:

- pripreme tehničke dokumentacije za sanaciju voda, tla i oštećenja biljnog pokrova, s ciljem participacije svih država korisnika naftovoda;
- prioritetne mjere zaštite 12 vodoopskrbnih sustava koje bi unaprijed obuhvatile određivanje alternativnih - sigurnih izvorišta pitke vode, određivanje trase interventnih dovoda vode, te definiranje i nabavu prikladno odabrane hidromehaničke opreme s mogućnostima pripreme za svaku potencijalnu nezgodu.

KLJUČNE RIJEČI: *Jadranski naftovod, izlivanje nafte, sanacije, krško područje, trase, vodoopskrbni sustavi, preventivne mjere.*

The Preventive Environmental Protection Measures: Omišalj - Sisak Section of the Adriatic Pipeline

ABSTRACT: Recommissioning of the Adriatic Oil Pipeline in January 1995 updates the issues of environmental protection. In addition to the planned protective measures, it is necessary to

- prepare technical documentation for restoration of water, land and damaged vegetation involving all the countries users of the oil pipeline,
- determine the priority measures for protection of 12 water supply systems which would involve determination of alternative and safe potable water sources, determination of emergency water supply routes, and specification and procurement of adequately selected hydromechanical equipment designed for application in case of any potential accident.

KEY WORDS: *Adriatic Pipeline, oil spillage, restoration, karst region, routes, water supply systems, preventive measures*

1. Osnovne informacije

Za Jadranski naftovod - dionicu od istakališta - terminala u Omišlju na Krku, do rafinerije - terminala u Sisku položene su u cijeloj dužini od 178,920 km čelične cijevi promjera 36" odnosno 914 mm. Tim je naftovodom predviđen protok od 4.800 m³/sat, odnosno 1,3 m³/sek. nafte, i jednak je na cijeloj dužini dionice.

Glavni su objekti na trasi naftovoda:

- terminal OMIŠALJ s rezervoarima i pumpnom stanicom
- pumpna stanica MELNICE na stacionaži 14,700 km
- prelivna stanica DOBRA, na stacionaži 70,000 km i
- terminal Sisak s rezervoarima i pumpnom stanicom.

Na prolazu naftovoda ispod vodotoka postavljeno je 25 blok ventila.

Od Siska idu dalje dva ogranka:

- sjeverni do terminala VIRJE, promjera 28" s protokom od 2090 m³/h ili 0,58 m³/sek nafte u dužini od 93,541 km. Od Virja idu dalje dva ogranka, i to za Mađarsku do Gole promjera 12" dužine 13,348 km, te drugi ogranak do rafinerije Lendava, dužine 70,500 km.
- istočni ogranak ide od Siska do Slavenskog Broda promjera 28", protoka 2090 m³/h, dužine 143,000 km i dalje do Lipovca, odnosno prema rafinerijama Novi Sad i Pančevo.

Od početka ratnih operacija u Hrvatskoj dio se naftovoda na potezu Vojnić-Vrginmost-Glina našao na okupiranom području, te je transport nafte obustavljen. Naftovod je ponovno pušten u pogon u siječnju 1995 godine.

Tekst se bavi problemima utjecaja naftovoda na okoliš na sada aktivnoj dionici Omišalj-Sisak i preventivnim mjerama zaštite okoliša.

2. Sigurnost naftovoda

Prilikom projektiranja i izgradnje naftovoda bile su poduzete mjere sigurnosti od proračuna cijevi pa do specifikacije tehnologije i radova:

- za proračun cijevi USA standardi ANSI-13-4 coda, te "Minimum Federal Standards for Liquid Pipeline", API propisi 1104 i tadašnji JUS u pripremi.
- specifikacije kod tehnologije i radova, osim gornjih upotrebljeni su VbF i WHG propisi, primijenjeni na TAL-u (transalpinskom naftovodu kroz Bavarsku, Austriju i Italiju).

Faktor je sigurnosti za I. zonu 1,94, a za II. zonu 1,67. Za usporedbu, faktori sigurnosti kod TAL naftovoda kroz Bavarsku su i Austriju 1,6, a kroz Italiju 1,38. Uobičajeni su faktori sigurnosti u razvijenim zemljama za USA i U.K. 1,4, za Njemačku 1,7.

Faktor sigurnosti, osim kod tehnologije gradnje, najjasnije je izražen u proračunu debljine stijenke cijevi.

Usvojeni faktori kod gradnje Jadranskoga naftovoda dobiveni su povećanjem normalnoga faktora od 1,38 po američkim propisima.

- Za I. kategoriju sigurnosti-zone maksimalne zaštite i sigurnosti 1,38 + 40% = 1,94
- Za II. kategoriju sigurnosti 1,38 + 20% = 1,67
- Za ostale 1,38 + 0 = 1,38.

Trasa naftovoda podijeljena je na pet zona, u kojima su primijenjeni navedeni faktori sigurnosti - uzimajući kod toga kao osnovne kriterije tektoniku - rasjede i seizmičnost od 7° do 8° po CMS skali s mogućim epicentrima potresa.

3. Mogućnost izlijevanja nafte

Statistika pokazuje da se, uz sve mjere sigurnosti i održavanja, ipak događaju izlijevanja nafte, pa i na onim naftovodima koji su smatrani apsolutno sigurnim, kao npr. kroz Englesku i Njemačku.

Razlozi su udesa i prolijevanja nafte:

- konstrukcija i nepropisno rukovanje;
- korozija;
- kvarovi na cjevovodu: na cijevima prilikom montaže i remonta, varenje spiralno, dužno, rupičavost, lomovi;
- kvarovi na postrojenju: kontrola i instrumentacija, priрубnice, crpke, blok ventili, odušni ventili;
- vanjski uzroci: odron zemlje, uleknuća, treće osobe-namjerno, sabotaza;
- unutarnji pritisak - povećani tlak, hidraulički udari;
- održavanje - nedovoljno;
- greške u eksploataciji.

Registrirani kvarovi na naftovodima:

Lom cijevi	28,6%
Korozija cijevi	22,4%
Kvarovi na postrojenju	10,6%
Neispravno rukovanje	8,6%
Neispravni šavovi cijevi	5,9%
Neispravni varovi	2,0%
Kvarovi na popravljenim cjevima	1,6%
Vandalizam	1,6%
Na ispravljenom varu	0,7%
Gromovi	0,7%
Korozija uređaja	5,9%
Razno	11,4%

UKUPNO: 100,0%

Moguće količine razlivena nafte prilikom pucanja cijevi ili drugih uzroka, određene su geometrijom - visinskim odnosima terena na kojem je položen naftovod. Za Jadranski naftovod te su količine određene studijom još 1977 godine.

Teoretski, te su količine u slučaju nepravodobne intervencije, primjerice na Krku 7.143 m³, a na prostoru Gline do 10.332 m³.

Jednako su određene površine terena do kojih je moguće širenje razlivena nafte površinskim i podzemnim putevima. Površinsko razlijevanje nafte određeno je topografijom terena, primjerice na profilu Generalski Stol - Karlovac 32 km.

Mogućnost podzemnoga razlijevanja nafte posebno je izraženo na sektoru Omišalj-Vojnić gdje naftovod ide iznad izrazito krškoga terena, i određena je poznatim tokovima podzemnih voda.

Tako su npr. na obalnome području, potencijalno ugroženi svi izvori i vrulje od Kostrene do Žrnovnice na liniji dužine oko 45 km, a u kontinentalnome dijelu na liniji Ogulin-Ozalj, također u širini oko 45 km okomito na trasu naftovoda.

4. Potencijalno ugrožene vode

Svi površinski vodotoci koje presijeca trasa naftovoda, ugroženi su nizvodno od križanja naftovoda s vodotokom. Od većih vodotoka to su: Ličanka, Lokvarka, Ogulinsko Dobra, Sušica, Gojačka Dobra, Globovnica, Mrežnica, Korana, Radonja, Glina, Bistra, Petrinjica i Kanal Vujašina te još 10 manjih vodotoka.

Posebno značajni lokaliteti u smislu kontrole i prevencije razlijevanja nafte su otok Krk, Most Krk-kopno, oštar uspon naftovoda - Plase, P.S. Melnice, Prelijevna stanica Dobra te oba terminala.

Postavljanje automatskih blok ventila na potrebnim mjestima koji sami reagiraju u vremenu od 3 minute od početka izlijevanja nafte dobra su primarna prevencija.

Na potencijalno ugroženom prostoru, zbog površinskog i podzemnoga širenja razlivena nafte, može doći do zagađenja pitke vode na izvorištima sljedećih vodoopskrbnih sustava: Krk, Crikvenica-Novoi, Rijeka, Delnice, Vrbovsko, Ogulin-Tounj-Kamenica-Oštarije, Duga Resa-Karlovac, Vojnić, Vrginmost, Glina i Petrinja.

Jadranski naftovod procurivao je na više mjesta i prije njegova prisilnog zatvaranja 1991. Opominju dugo isključenje izvora Umolac (Severin na Kupi) u kojem je utvrđena izlivena nafta, te zagađenje rijeka Dobre i Korane, zbog kojih su - doduše privremeno, bili isključeni vodoopskrbni sustavi Duge Rese i Karlovačko crpilište na Korani.

Svakako se najugroženije podzemne vode, a time i crpilišta pitke vode, nalaze na sektoru Omišalj-Vojnić u području krša. Tu nema samopročišćavanja podzemne vode zagađene naftom koja u podzemlju teče pukotinama ili koncentriranim tokovima.

Ovdje se predlažu prioritete preventivne mjere za sigurnost navedenih vodoopskrbnih sustava, koje bi se sastojale od:

- unaprijed određenih alternativnih izvorišta sigurnih od zagađenja naftom i trasa dovoda pitke vode za svaki od ugroženih vodoopskrbnih sustava;
- definiranja i nabave opreme za interventni dovod vode prikladno određen za mogućnost primjene na bilo kojem mjestu koji bi bio u rezervi, a uporabljen u slučaju nužde.

5. Potencijalno ugroženi kopneni ekosustav - tlo i biljni pokrov

Ugrožene površine tla i biljnoga pokrova, posebno kvalitetnih šuma, definirane su topografskim odnosima naftovoda i okolnoga terena. Doseg razlivena nafte po terenu s obje strane naftovoda određen je još 1977. godine u osnovnoj studiji ekološke zaštite prostora uz trasu naftovoda.

U činjenici da neke frakcije sirove nafte i pri vrlo niskim koncentracijama, manjim od 0,1 mg/lit (kg), imaju toksično djelovanje na biosferu tla - mikroorganizme, tlo i

biljke, nalazi se ishodište potrebe određivanja rizika eksploatacije naftovoda i utvrđivanja potencijalnih negativnih posljedica na gospodarstvo Hrvatske.

Zagađenja ugljikovodicima, naftom i njenim poluproizvodima i proizvodima, dovodi do značajnih promjena fizikalno-kemijskih svojstava tla i do narušavanja prirodnih procesa u tlu. Poremećaji izazivaju neposredna oštećenja raslinja, a procesi sanacija jednom zagađenih tala dugotrajna su i skupa.

6. Zaključno

Postoje realne mogućnosti ugrožavanja vrlo širokoga hrvatskog prostora od razlijevanja nafte iz Jadranskog naftovoda, koji bi osim Hrvatske trebao snabdjevati i susjedne zemlje.

Postoje prema tome valjani pravni razlozi da rizik, prevenciju i štete ne snosi samo Hrvatska. Ponovno puštanje naftovoda u pogon prilika je da se izvrši novelacija studije utjecaja na okoliš i priredi dokumentacija s dokazima o dosad počinjenoj i mogućoj budućoj šteti na okoliš uz trasu naftovoda.

Tehničke mjere održavanja i detekcije sa sprečavanjem izlijevanja nafte sastavni su dio pogona naftovoda. Sve te mjere razrađene su prema iskustvima postojećih naftovoda u svijetu, pa preostaje samo izvršavanje predviđenih radnji.

Mjere i sanacijski radovi na mjestima izlijevanja nafte jesu i u budućnosti će biti visoka stavka eksploatacije naftovoda.

Dva su osnovna razloga da se pristupi svim radnjama prevencije i sanacije prilikom izlijevanja nafte:

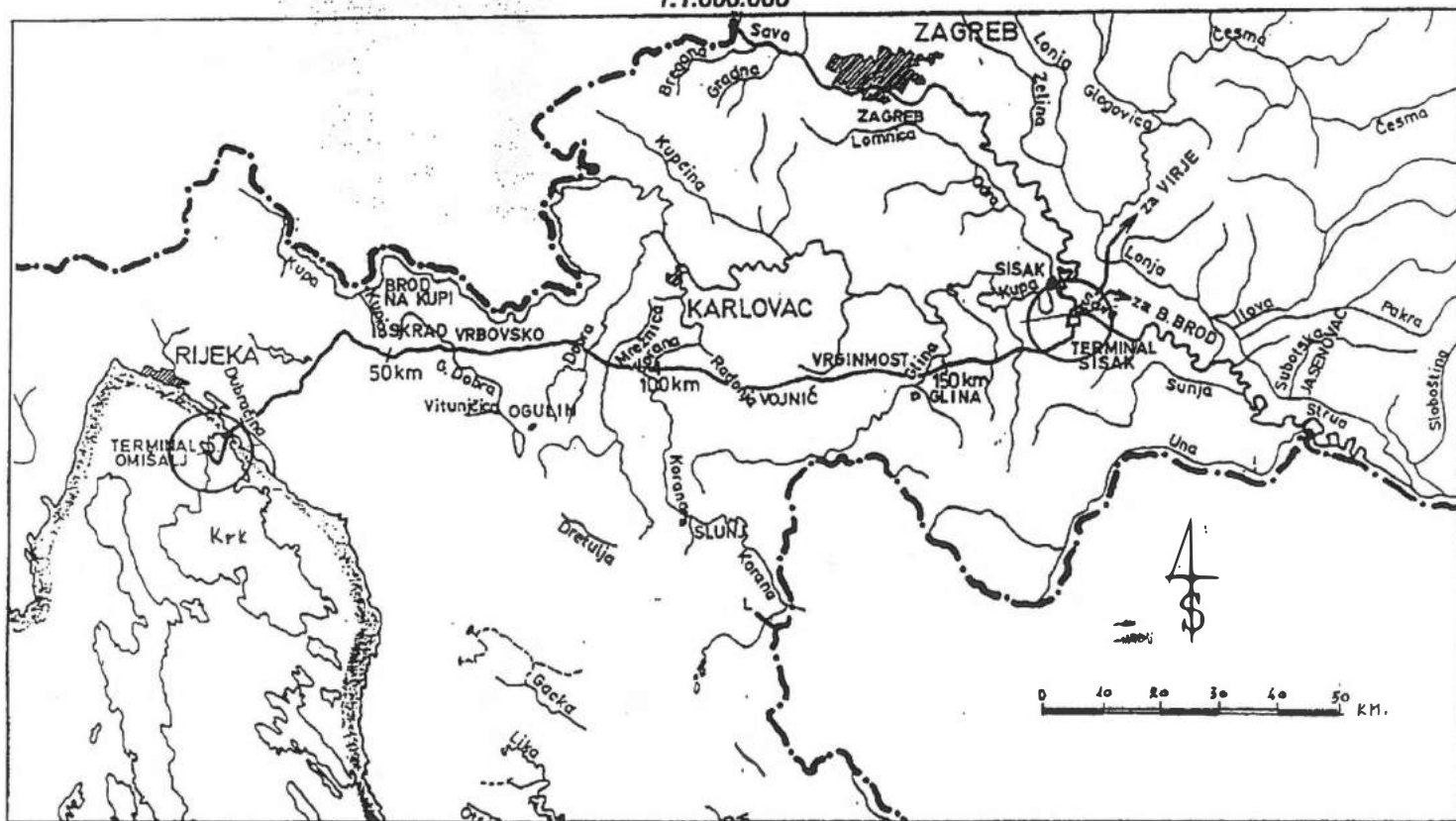
- priprema tehničkoga mehanizma za trenutnu intervenciju kod zagađenja bilo kojega vodoopskrbnog sustava duž trase naftovoda jer se takva zagađenja mogu dogoditi iznenada,
- priprema tehničke dokumentacije za sanaciju zagađenja voda, tla i biljnoga pokrova s ciljem participacije svih država korisnika naftovoda.

Privremena ili trajna alternativna rješenja u slučaju oštećenja prirodnih vrijednosti i objekata u funkciji normalnoga života u dosegu djelovanja naftovoda na okoliš moraju biti obveza svih korisnika naftovoda. U interesu je Republike Hrvatske načiniti svu potrebnu dokumentaciju prevencija, intervencija i sanacija, kao i tehničke pripreme intervencija na terenu prilikom nezgoda koje treba očekivati. Još više nezgode od razlivena nafte moraju biti spremno dočekane s ciljem efikasne i brze intervencije, posebno u smislu alternativnih rješenja ugrožene vodoopskrbe na bilo kojem mjestu u utjecajnom prostoru naftovoda.

Izvori

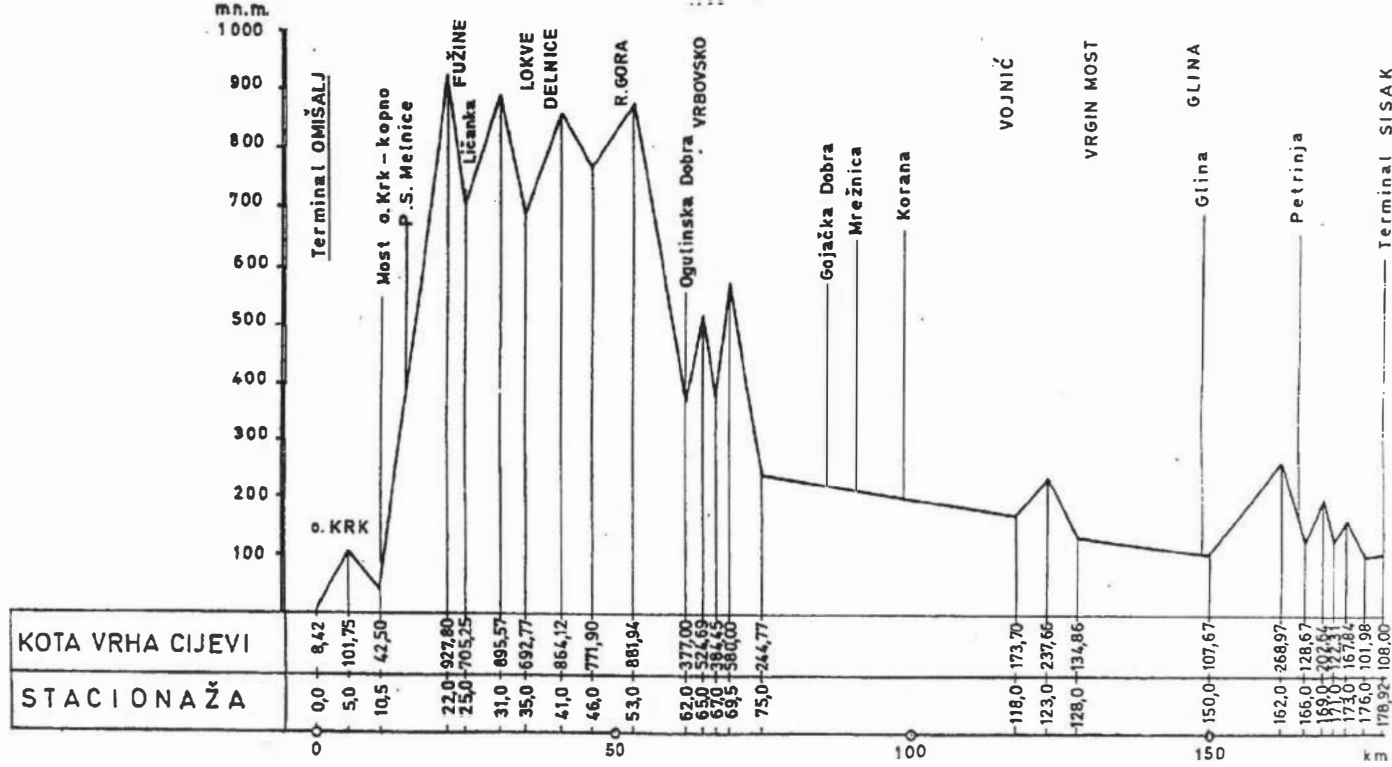
1. Studija ekološke zaštite trase naftovoda I. i II. dio, Industroprojekt Zagreb - OTP Paris, 1977.
2. Kompleksno uređenje sliva Kupe - Vodoopskrbno rješenje, Elektroprojekt Zagreb, 1989.
3. Zagađenje tla ugljikovodicima, određivanje, posljedice i sanacija, Dr. B. Murvin i Dr. B. Kavedžija, Izvorni znanstveni rad, Zagreb, 1994.
4. Potencijalno ugrožen kopneni ekosustav uz trasu jadranskog naftovoda, Dr. Z. Martinović, Zagreb 1994.
5. Prijedlog novelacije studije utjecaja jadranskog naftovoda na okoliš, S. Nikolić, B. Švel, Dr. Z. Martinović, Zagreb, 1994.

JADRANSKI NAFTOVOD
Dionica TERMINAL OMIŠALJ - TERMINAL SISAK
 $\phi 914 \text{ mm}$ $l = 178,92 \text{ km}$
SITUACIJA
1:1.000.000



JADRANSKI NAFTOVOD
Dionica TERMINAL OMIŠALJ - TERMINAL SISAK

GENERALNI UZDUŽNI PROFIL
1:1.000.000/10.000





1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Herenda dipl. ing. građ.

R 2-12

Gospodarenje otpadom u funkciji zaštite podzemnih voda

SAŽETAK: *Prirodne karakteristike podzemne vode bitno su narušene neodgovarajućim odlaganjem raznoga otpada i ispuštanjem otpadnih voda u tlo.*

U Hrvatskoj ima preko 300 odlagališta otpada gdje se bez ikakve kontrole odlaže otpad. Na taj način on dolazi u direktan kontakt s podzemljem, odnosno podzemnim vodama. Samo u Zagrebu zbog zagađenja podzemnih voda isključeno je iz sustava oko 15 gradskih crpilišta ukupnoga kapaciteta preko 2,5 cu. m./sec. pitke vode.

Jedan je od osnovnih ciljeva postavljenih na Skupu o Zemlji održanom u Rio de Janeiru da se do 2000. godine proizvodnja otpada zaustavi na dostignutoj razini, te da se osigura ponovno korištenje otpada i pročišćenih voda, te odlaže samo inertni otpad. Temeljem takovoga pristupa u gradu Zagrebu postavljen je sustav gospodarenja otpadom (izbjegavanje - vrednovanje - odlaganje). Istodobno, zbog naslijeđenoga stanja, nužno je sanirati postojeća odlagališta (smetlišta) otpada, te riješiti probleme kanalizacije i pročišćavanja otpadnih voda. Zaštita okoliša u cjelini mora postati sastavnim dijelom razvojnog procesa.

KLJUČNE RIJEČI: *otpad, otpadne vode, gospodarenje otpadom, pročišćavanje otpadnih voda, podzemne vode, zaštita okoliša, održivi razvoj*

Waste Management for Groundwater Protection

ABSTRACT: *Natural characteristics of groundwater are significantly disturbed by inadequate disposal of various types of waste and discharge of waste water into the soil.*

In Croatia, over 300 dump sites are used for completely uncontrolled waste disposal, which has direct contact with the underground and groundwater. Only in Zagreb 15 municipal well fields with total yield of over 2.5 m³/s of potable water have been closed down because of the groundwater pollution.

One of the primary objectives set during the Earth Summit in Rio de Janeiro was stopping the waste generation at the reached level by the year 2000, reuse of waste and purified water, and permitting of disposal of inert waste only. The waste management system for the city of Zagreb is based on the principle of its reduction, use and disposal. However, the inherited situation requests remediation of the existing dump sites and solving of sewage and waste water treatment problems. Generally, the environmental protection must become an integral element of development.

KEY WORDS: *waste, waste water, waste management, waste water treatment, groundwater, environmental protection, sustainable development*

1. Uvod

Količina otpadaka i otpadnih voda u svijetu, a naročito u gradovima, povećava se što naročito vrijedi za tehnološki otpad. S tim u svezi povećava se i opasnost za ljudsko zdravlje i okoliš, uključujući i podzemne vode. Svake godine u svijetu čak 5,2 milijuna ljudi, od toga 4 milijuna djece, umire od bolesti uzrokovanih nepravilnim ispuštanjem otpadnih voda i odlaganjem otpada, odnosno zbog zagađenih pitkih voda. U zemljama u razvoju obrađuje se manje od 10% gradskoga otpada, a tek mali dio te obrade zadovoljava prihvatljive norme.

Treba naglasiti da su posljedice neadekvatnog postupanja s otpadom i u razvijenim zemljama velike, pa je u pojedinim velikim gradovima više nemoguće koristiti podzemnu vodu za piće (München, Beč i dr.) već se koriste izvorišta udaljena i preko 100 km od tih gradova.

Prema usvojenom globalnom planu na Skupu o Zemlji održanom u Rio de Janeiru u lipnju 1992., a temeljem predviđanja da će se količina otpadaka i otpadnih voda do 2025. učetverostručiti, jedan je od osnovnih ciljeva da se do 2000. godine proizvodnja otpadaka zaustavi na dostignutoj razini, te da se osigura ponovno korištenje otpadaka i pročišćenih otpadnih voda, a odlaže samo inertni (neopasni) otpad.

Budući da je najbolji način rješavanja problema otpada sprečavanje njegova nastajanja, u svijetu je započeo i postupak preoblikovanja proizvoda s ciljem smanjenja količine otpada, kao i prijelaz na materijale koji se sigurnim načinom mogu ponovno upotrijebiti.

Ovaj pristup rješavanja započeo je i u Hrvatskoj i primijenjen je u Zakonu o zaštiti okoliša, te u prijedlogu Zakona o otpadu.

U Gradu Zagrebu temeljem takvog pristupa postavljen je sustav gospodarenja otpadom (izbjegavanje - vrednovanje - odlaganje otpada) i Integrirani koncept gospodarenja otpadom i zbrinjavanje mulja otpadnih voda za grad Zagreb kao podloga za izmjenu i dopunu Prostornog plana Grada Zagreba. Uz navedeno, u Gradu Zagrebu izrađen je i Ekološki projekt I dio - osnove kojim su utvrđene osnovne veze pojedinih segmenata zaštite okoliša.

Poseban je problem sanacija postojećega stanja budući da se u prethodnom periodu otpad najvećim dijelom odlagao neobrađen u stara riječna korita, stare šljunčare, depresije i sl., odnosno, u velikom broju slučajeva smetlišta su u direktnu kontaktu s podzemnim vodama.

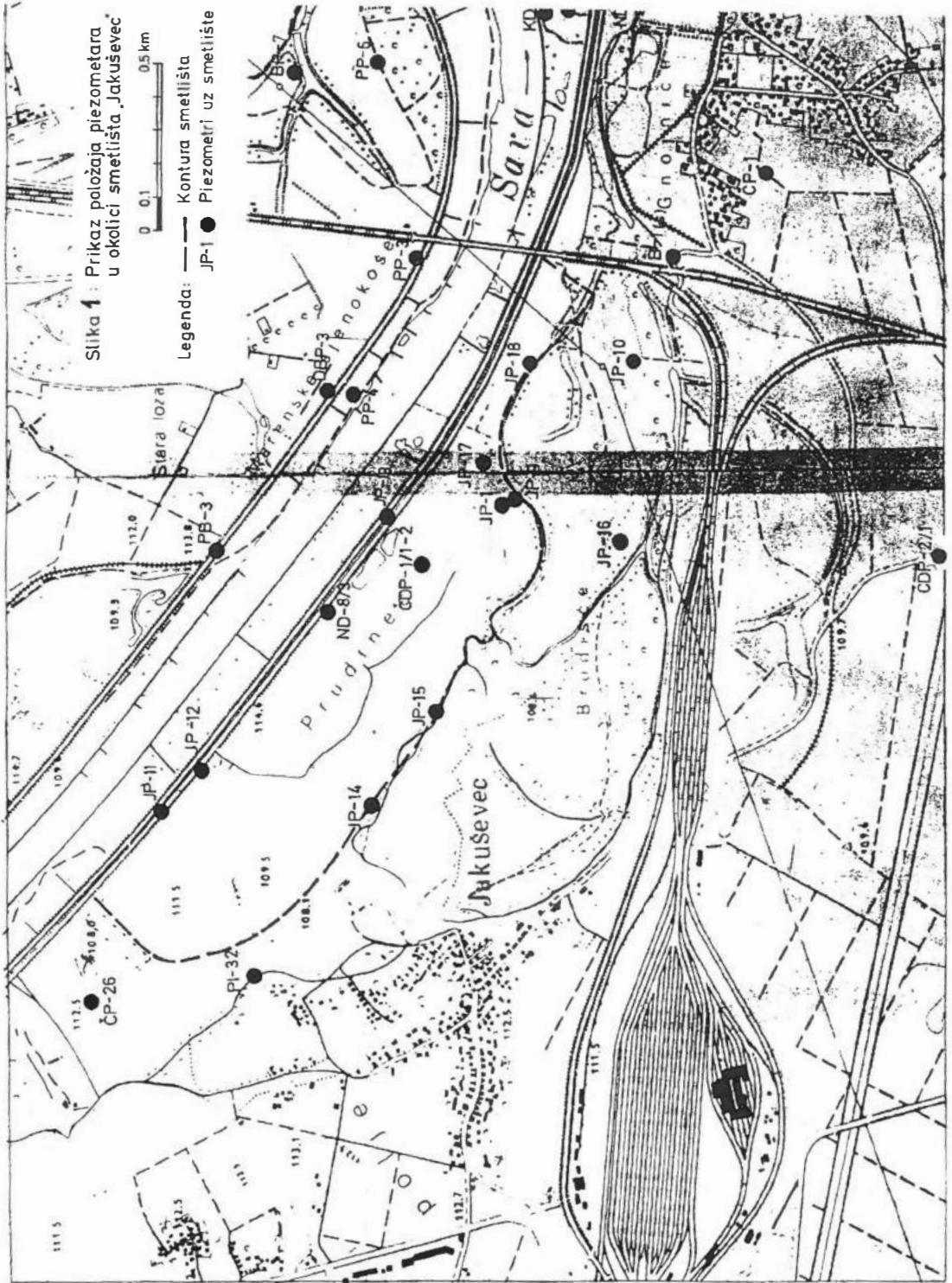
2. Stanje u Zagrebu

U širem području Zagreba postoje četiri neuređena odlagališta komunalnoga otpada koja su još u upotrebi (Jakuševac, Trebež - u Samoboru, Inker - Zaprešić te Mraclin u Velikoj Gorici) te oko 300 manjih divljih smetlišta.

Uzimajući u obzir sva aktivna odlagališta kao i divlja smetlišta može se procijeniti da je na području Zagreba nagomilano oko 8 milijuna tona smeća ili po stanovniku oko 8 tona.

Bitno je naglasiti da se u gradu Zagrebu godišnje proizvede i oko 32 000 tona opasnog otpada, a da za isti nije riješeno pitanje zbrinjavanja.

Postojeće spoznaje o vrsti odloženog otpada na navedenim odlagalištima upućuju da je na njima odloženi i dio opasnog otpada industrijskog porijekla. Do tih spoznaja



došlo se posredno odnosno preko podataka o kakvoći podzemnih voda uz lokacije odlagališta.

Primjera radi monitoring osnovnih pokazatelja utjecaja odlagališta otpada Jakuševac, kao što su amonijak, kloridi, KPK, pokazao je u 1992. sistematski povećane vrijednosti na lokacijama piezometara JP 15, JP 16/1, JP 10, JP 9, JP 1/1 (slika 1). Kao dodatnu potvrdu lokacijske određenosti stupnja zagađenja navodim u Tablici 1 koncentraciju ukupne organske tvari (u mg/l organskog ugljika) za sve istražene piezometre na području Jakuševca.

Tablica 1. Koncentracija ukupne otopljene organske tvari (mg/l organskog ugljika) u podzemnoj vodi uzorkovanoj 28.10.1992. godine

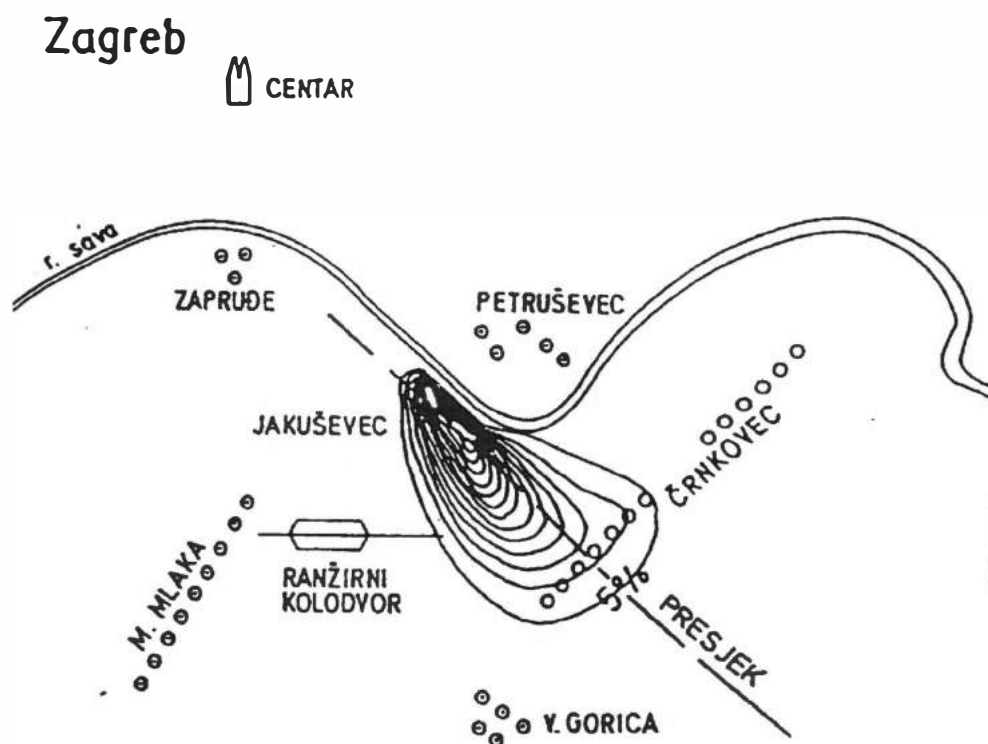
Lokacija	mg/l organskog ugljika
ČDP 2/1	0,41
ČP 1	2,04
ČP 26	0,66
JP 14	1,62
JP 9	1,58
JP 15	1,67
JP 18	3,06
JP 10	7,63
JP 16/1	8,58
JP 1/1	7,01

Provedenim ispitivanjem utvrđeno je slijedeće stanje uzrokovano nekontroliranim odlaganjem otpada na Jakuševcu:

- Otpuštanje zagađenja u podzemne vode u stalnom je porastu i veće je nego je to bilo pretpostavljeno temeljem mjerenja u razdoblju 1985. - 1987.
- Utjecaj smetlišta na kvalitetu podzemnih voda prostire se na šire okolno područje u smjeru dominantnog strujanja podzemnih voda tj. u smjeru jugoistoka.
- Područje utjecaja van kontura smetlišta prostire se na otprilike 1000 do 1500 metara od jugoistočnog ruba smetlišta.
- Proces razgradnje otpada teče realativno sporo, a za sada se radi pretežno o razgradnji otpada organskog porijekla.

Modelom za simuliranje prijenosa zagađenja podzemnim vodama utvrđeno je da će oblak zagađenja dosegnuti (ukoliko se stanje na smetlištu ne izmjeni) buduće uže vodozaštitno područje Črnkovec za približno 20 godina (slika 2 i 3).

Poseban problem u gradu Zagrebu je stanje kanalizacijske mreže odnosno njen utjecaj na podzemne vode. Naime treba naglasiti da su pojedini kanali stari više desetaka godina, te da su kroz to vrijeme pored mehaničkih utjecaja na iste djelovali i fizikalno-kemijski činitelji.



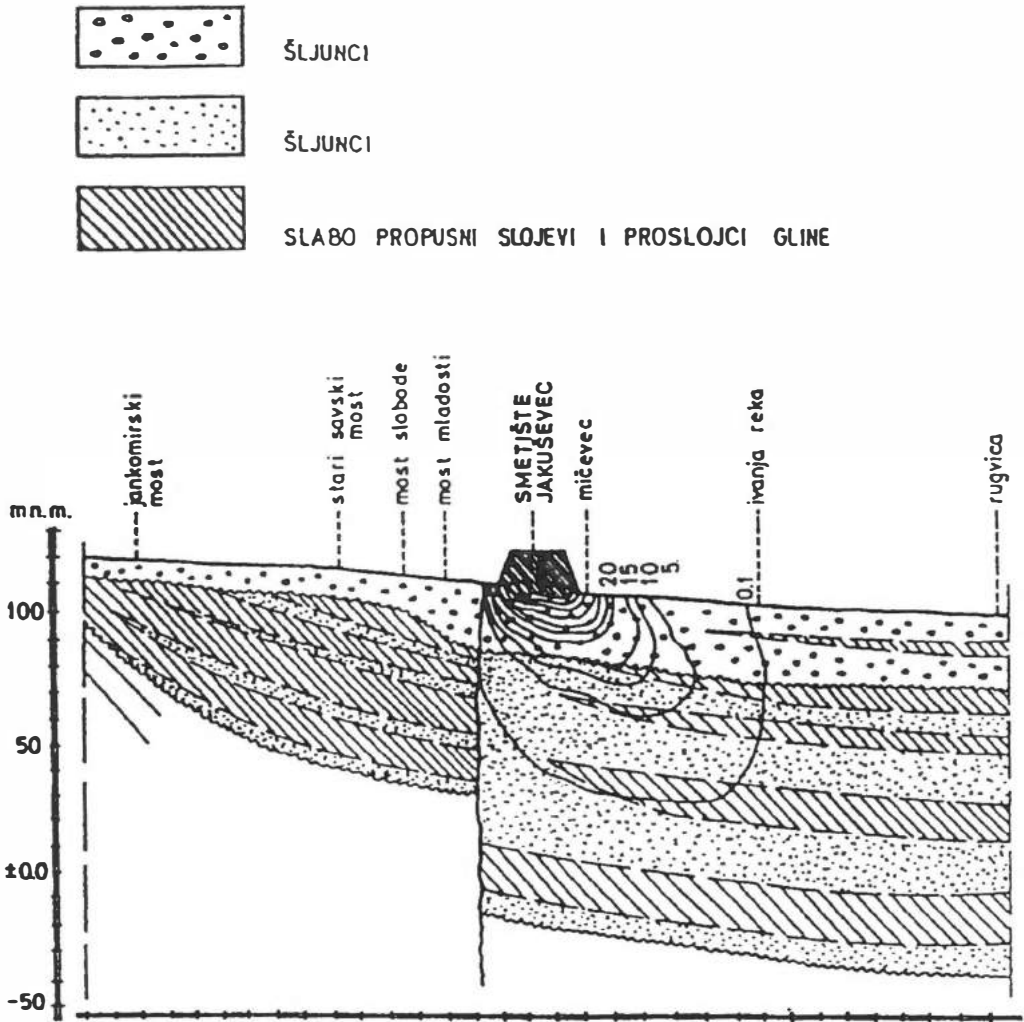
Slika 2. Širenje organskih tvari u podzemnoj vodi u okoliš oko smetlišta u slučaju izgrađenog crpilišta Črnkovec nakon 20 godina – SITUACIJA

Priključkom industrijskih objekata na takvu javnu kanalizaciju, a naročito bez prethodnog pročišćavanja otpadnih voda, stvaraju se značajne mogućnosti razaranja kanalizacije. Posebno su opasne jake kiseline: fosforna, sumporna, dušična, klorovodična i druge.

Sigurno je da su navedene činjenice imale značajan utjecaj na kanalsku mrežu grada Zagreba odnosno na razmjerno veliku propusnost iste. Na taj način dolazi do proceđivanja otpadne vode u podzemlje odnosno do unosa štetnih tvari, naročito industrijskog porijekla, u podzemne vode, tj. do ugrožavanja kakvoće vode za piće na vodocrpilištima.

U tablici 2 dat je prikaz ispuštanja upotrebene vode industrijskih poduzeća u gradu Zagrebu od 1983. do 1992. godine. Vidljivo je da se stanje poboljšava, međutim još uvijek se u 1992. čak 67% upotrebene malo zagađene ili zagađene vode ispušta direktno u vodotoke i akumulacijska jezera, a samo 6% se pročišćava mehaničko-kemijsko-biološkim načinom.

Rezultat svega naprijed navedenog je da je u prethodnom razdoblju zbog zagađenja isključeno iz sustava oko 15 gradskih crpilišta koja su davala preko 2,5 m³/s pitke vode, a ugrožena su i dva najveća gradska vodocrpilišta.



KONCENTRACIJE KARAKTERISTIČNIH ZAGAĐIVALA ISPOD SMETIŠTA SU DANE U % OD KONCENTRACIJE ZAGAĐENJA NA IZVORU (AKO JE FAKTOR ZAGAĐENJA 20 TADA JE VODA PITKA (VAN KONTURE 5% KONCENTRACIJE ZAGAĐENJA)

Slika 3. Uspravni presjek kroz oblak zagađenja u smjeru jugoistoka

Tablica 2. Ispuštanje uporabljene vode

Godina	Ispuštanje UPORABLJENE vode					
	Ukupno	Malo zagađene i zagađene	pročišćene		u javnu kanalizaciju	u zemlju, u vodotoke i akumulacijska jezera
			mehanički	mehaničko- kemijsko- biološkim načinom		
1983	169 488	159 236	8 782	1 470	46 092	123 396
1984	166 101	155 142	8 758	2 201	43 768	122 333
1985	153 006	141 872	8 532	2 602	44 732	108 274
1986	146 148	135 807	6 190	4 151	42 783	103 365
1987	114 694	103 953	8 391	2 350	35 148	79 546
1988	93 144	83 182	6 756	3 206	39 759	53 385
1089	87 870	77 312	8 353	2 205	40 382	47 488
1990	79 077	71 519	3 888	3 670	37 803	41 274
1991	73 850	66 403	3 550	4 045	33 198	40 652
1992	86 035	79 654	1 673	4 708	32 736	53 299

3. Osnovni pravci djelovanja

Ekološkim projektom Zagreb I dio Osnove utvrđene su osnovne karakteristike stanja pojedinih segmenata zaštite okoliša, te međusobni utjecaji istih.

Višekriterijalnom analizom pomoću Delphi metode utvrđeni su i prioriteti realizacije koji se daju u tablici 3.

Iz tablice 3 vide se osnovne grupe prioriteta za realizaciju po općem načelu "maksimalni efekti uz minimalna ekonomska ulaganja". Upravo u prvih šest grupa prioriteta iskazana je međusobna povezanost otpada, otpadnih voda i zaštita vodocrpilišta.

Polazeći od navedenih činjenica jedna od temeljnih odrednica razvitka grada Zagreba u narednom razdoblju su i:

- uvođenje rigorozne selekcije gospodarskih djelatnosti i svih aktivnosti i sredstava koje nepovoljno utječu na okoliš;
- stroga provedba pravila "zagađivač plaća" svako zagađivanje;
- vremenski određena sanacija najvećih zagađivača.

Ove odrednice su i temelj uključivanja zaštite okoliša u održivi razvoj grada Zagreba, a prema načelima usvojenim na Skupu o Zemlji u Rio de Janeiru 1992. uz prisustvo više od stotine čelnika vlada.

Tablica 3. Prioriteti realizacije "Ekološkoga projekta Zagreb"

Ra- ng		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gr- pe pri- ori- teta	I	1	OTPAD-Rjesavanje tehnoloskog otpada																
		2	VODX-Zastita glavnih vodocrplista																
	II	3	VODE-Kompletir.izgr. kanalizacijske mreze																
		4	OTPAD-Sanacija smetista Jakusevac																
		5	OTPAD-Isgradnja deponija za komunalni otpad																
		6	VODE-Kompletir.izgr. vodevodne mreze																
		7	ZRAX-Zamjena krutog goriva na niskim losistima																
		8	VODA-Popravlj. kvalitete Save usvod od Zgb na II vrstu																
		9	ZRAX-Smanjenje emisije stetnih tvari od stacionarnih izvora																
	III	10	OTPAD-Isgradnja spaljivaonice komunalnog otpada																
		11	ZRAX-Smanjenje emisije stetnih tvari od prometa za 30X																
		12	VODE-Isgradnja I stup. uredjaja za procisc.o.tp. voda grada																
	IV	13	BUKA-Svodjenje buke u prihvatljive granice																
		14	TLO, FLORA I FAUNA-Povecanje gradskog zelenila (isklucivo parkova za 30X)																
		15	VODE-Isgradnja II stupnja uredjaja za procisc. otpadnih voda grada																
		16	VODE-Sanacija medvednickih potoka																
		17	(KRIZNA STANJA) IZVANREDNE SITUACIJE-Smanjenje rizika od ind. nezgoda																
		18	ZDRAVLJE-Povecanje za 30X sportskog i rekreacijskog sadrzaja																

POJAVA PRIORITETA U GRANAMA

1. Otpad - 1,4,5,10
2. Vode - 2,3,6,8,12,15,16
3. Zrak - 7,9,11
4. Buka - 13
5. Tlo, flora i fauna - 14
6. Krizna stanja - 17
7. Zdravlje - 18

PAZI! POTPIS UMONTIRATI OKRENTUTO!!

4. Umjesto zaključka

Pitka voda je jedan od temeljnih zahtjeva za život, zdravlje i dostojanstvo čovjeka. Nepravilno postupanje s otpadom, u prvom redu opasnim otpadom i otpadnim vodama, jedan su od osnovnih uzroka zagađenja pitke vode. Nemojmo zaboraviti da na primjer jedna litra starog motornog ulja može zagađiti milijun litara pitke vode.

Temeljna vrednota održivog razvitka je život i njegova kvalitetna obnova, afirmacija te razvitak koji ovisi o kvalitetnoj uporabi prirodnih resursa.

Na kraju bih citirao tri načela iz Deklaracije o okolišu i razvoju sa skupa o Zemlji u Rio de Janeiru:

- a) Današnji razvoj ne smije ugrožavati potrebe za razvojem i okolišem sadašnjih i budućih generacija.
- b) Kako bi se postigao održivi razvoj zaštita okoliša mora postati sastavnim dijelom razvojnog procesa te se ne može razmatrati odvojeno od njega.
- c) Mir, razvoj i zaštita okoliša međuzavisni su i nedjeljivi.

Literatura

1. Ekološki projekt Zagreb I dio Osnove, Elektoprojekt, Ekonerg, INA Inženjering 1993.
2. Smetlište Jakuševac - Utvrđivanje udjela smetlišta Jakuševac u zagađivanju vodo-crpišta Črnkovec Program istražnih radova - Elektoprojekt 1994.
3. Skupno izvješće o izvršenim radovima na praćenju kvalitete podzemnih voda u okolici smetlišta Jakuševac - Elektoprojekt 1992.
4. Statistički godišnjak 1993. Gradski zavod za planiranje razvoja i zaštitu čovjekova okoliša
5. Temeljne odrednice razvitka Grada Zagreba - Gradsko poglavarstvo 1994.
6. Program za promjene - Popularno izdanje Agende 21 i drugih sporazuma iz Rio de Janeira - Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša 1994.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Melita Mihaljević, Dragica Gucunski i
Daniela Novoselić

R 2-13

Prilog restauraciji vode stajaćice u Osijeku

SAŽETAK: U 1994. godini obavljena su hidrobiološka istraživanja vode stajaćice koja se nalazi u Kupskoj ulici u Osijeku, a nastala je iskopavanjem gline za proizvodnju opeke. Dobiveni rezultati istraživanja dokazuju da se nekontrolirano odlaganje komunalnog i industrijskog otpada u ovu stajaćicu, tijekom posljednjih desetljeća negativno odrazilo na kvalitetu životnih uvjeta u njezinu ekosistemu. Tako je velika količina akumuliranih detergenata uzrokovala znatno povećanje pH-vrijednosti vode, a nastali debeli sloj autohtonoga i alohtonoga organskog sedimenta predstavlja trajan izvor nutrienata, posebice fosfora i dušika. Snažni procesi mikrobiološke razgradnje detritusa uzrok su anoksije i izuzetno velike količine amonijaka u hipolimnetičkom sloju vode. U takvim je ekološkim uvjetima tijekom ljeta 1994. godine u površinskoj vodi bio razvijen vodni cvijet a tvorile su ga vrste roda *Anabaenopsis*. U dubljim je slojevima vode dominirala u svibnju zajednica *Euglenophyceae*, a potom sve do listopada 1994. godine zajednica *Glenodinium*. Tijekom istraživanja razdoblja u zooplanktonskoj su zajednici količinski dobro razvijene bile vrste iz skupine *Ciliata* i *Rotatoria*.

Na temelju dobivenih rezultata predlažu se sljedeće mjere restauracije: fizičko odstranjenje sedimenta, izmjena hipolimnetičkoga sloja vode, mehanička aeracija i biomanipulacija, budući da samo ekološki ozdravljena stajaćica može preuzeti novu ekološku i gospodarsku funkciju potrebnu gradu Osijeku.

KLJUČNE RIJEČI: voda stajaćica, restauracija, fitoplankton, zooplankton.

A Contribution to the Stagnant Water Restoration in Osijek

ABSTRACT: In 1994, the hydrobiological research was conducted on a stagnant water located in the Kupka street in Osijek. The water was produced by clay mining for the brickwork operation. The investigation results prove that the uncontrolled disposal of municipal and industrial waste into this stagnant water during the last decade has adversely impacted the quality of living conditions in its ecosystem. A large quantity of accumulated detergents considerably increased water pH, and the thick layer of autochthonous and allochthonous organic sediment is a permanent source of nutrients, particularly phosphorus and nitrogen.

The intensive processes of microbiological decomposition of detritus cause anoxia and an extremely high amount of ammonium in hypolimnion. Under such ecological conditions, in the summer of 1994, the pond scum grew on the surface water, predominantly the species of *Anabaenopsis* genus.

Melita Mihaljević, doktor bioloških znanosti, Pedagoški fakultet, Osijek.
Dragica Gucunski, umirovljeni sveučilišni profesor, znanstveni savjetnik, Osijek.
Daniela Novoselić, znanstveni novak, Pedagoški fakultet, Osijek.

In the deeper strata of water, the Euglenophyceae community predominated in May, with followed by Glenodinium community until October 1994. During the period of research, the zooplankton community had quantitatively well developed species of the Ciliata and Rotatoria group.

Based on the above results, the following measures for restoration are proposed: physical removal of sediment, exchange of hypolimnions, mechanical aeration and biomanipulation, since only ecologically healed stagnant water is capable of taking over the new ecological and economical role needed by the city of Osijek.

KEY WORDS: *stagnant water, recovery, phytoplankton, zooplankton*

Uvod

Voda stajaćica u Kupskoj je ulici u Osijeku nastala prije više desetaka godina iskopavanjem glinice za proizvodnju opeke. Ovalna je oblika, zauzima površinu od 25.000 m², prosječna joj je dubina 5 m, a maksimalna 9 m. Njezine su obale vrlo strme što uzrokuje usku litoralnu zonu. Opskrba se vodom odvija isključivo napajanjem iz podzemnih i padavinskih voda, a velika kolebanja u vodostaju nisu poznata. Ta je stajaćica više od jednoga desetljeća služila kao nekontrolirano odlagalište gradskog i industrijskog otpada. Akumulirani je otpad djelomično odstranjen tek u svibnju 1994. godine, što ujedno predstavlja prvu etapu njezine restauracije. Nakon toga (od svibnja do studenoga 1994. godine) obavljena su hidrobiološka istraživanja u svrhu utvrđivanja trofičkoga stanja ekosistema, budući je dosad poznat samo jedan ekološki rad o tom ekosistemu (Mihaljević 1994).

Stoga je cilj ovog rada, na temelju analize fizičko-kemijskih čimbenika vode i sedimenta te dinamike strukture fitoplanktonskih i zooplanktonskih zajednica, predložiti daljnje mjere restauracije stajaćice u Kupskoj ulici u Osijeku.

Materijal i metode

Uzorci vode za kemijske i biološke analize uzeti su jedanput na mjesec od svibnja do listopada 1994. godine. Prozirnost vode određivana je uz pomoć Seccheve ploče. Koncentracije kisika, ukupnoga fosfora, ukupnoga dušika, nitrata, nitrita i amonijaka određene su standardnim metodama (APHA 1975). Uzorci za kvalitativnu analizu fitoplanktona i zooplanktona uzeti su pomoću boce iz vertikalnoga stupca vode do 5 m dubine, procijedeni kroz planktonsku mrežu veličine pora 5 mm i fiksirani otopinom formaldehida. Kvalitativna analiza fitoplanktona načinjena je s pomoću ključeva: Bourrelly (1966, 1968, 1970), Hindak et al. (1978), Huber-Pestalozzi (1961-1983). Kvalitativna analiza zooplanktona načinjena je s pomoću ključeva: Kiefer (1960), Koste (1978). Koncentracija klorofila određena je u uzorcima vode s površine, u uzorcima 2 i 3 m dubine spektrofotometrijskom metodom, a upotrijebljene su formule po Stricklandu i Parsonu (1968, in: Dykyova 1989). Stupanj trofije određen je po *fixed boundary system* (OECD 1982).

Rezultati i diskusija

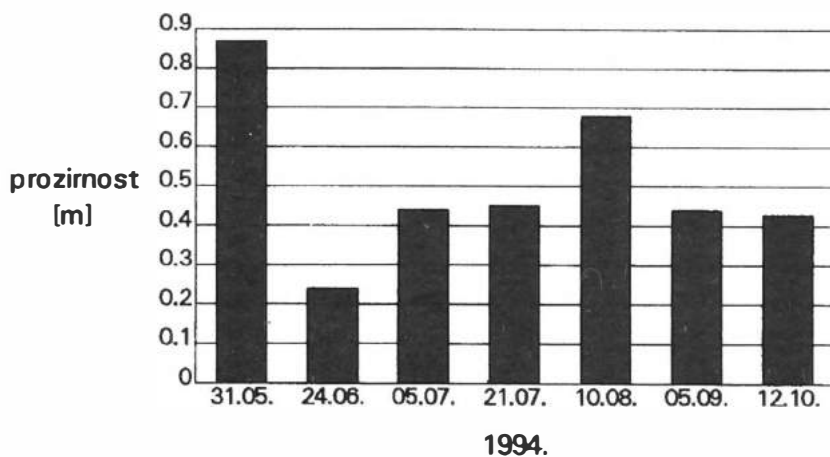
Iz dobivenih je rezultata vidljivo da je temperatura okolišnog zraka imala najveći utjecaj na površinski sloj vode do 2 m dubine (tab. 1). Najveće temperaturne razlike (do 16,8 °C) između površinskoga sloja i kontaktnoga sloja sediment-voda bile su tijekom ljeta, a najmanja je razlika (3,7 °C) utvrđena u listopadu 1994. godine. Utvrđene vrijednost pH (tab. 2) bile su uvijek veće u površinskoj vodi (8.93 - 10.00)



Slika 1. Zemljovid grada Osijeka – položaj stajačice u Kupskoj ulici
Figure 1. City of Osijek map – stagnant water location

Tablica 1. Temperatura vode stajačice u Kupskoj ulici u 1994. godini
Table 1. Water temperature of the investigated pond in 1994

Dubina (m)	Temperatura						
	31.05	24.06.	05.07.	21.07.	10.08	05.09.	12.10.
Površina	23.0	27.0	30.0	28.0	29.8	23.7	16.3
1	22.0	23.5	28.0	26.0	27.0	22.8	14.2
2	21.0	17.0	18.0	19.5	20.0	22.7	13.9
3	14.0	14.5	15.0	18.5	15.0	19.3	13.5
4	13.5	14.0	14.0	16.5	14.0	16.4	13.7
5	10.5	13.0	14.0	16.5	13.0	16.1	13.5
6	10.0	13.0	14.0	15.5	13.0	15.2	12.2
7	10.0	13.0	14.0	14.5	13.0	14.7	11.8
8	10.0	12.5	14.0	14.5	13.0	15.5	12.0
Kont. zona	10.0	12.0	14.0	14.5	13.0	16.3	12.6



Slika 2. Prozirnost vode stajačice u Kupskoj ulici u 1994. godini
Figure 2. Water transparency of the investigated pond in 1994

nego u kontaktnoj zoni sediment-voda (7.82 - 8.88), a vjerojatno su bile u svezi s količinom detergenata. Tako je u svibnju 1994. godine izmjerena izuzetno velika količina detergenata (3.382 mg/l) koja je nakon sprječavanja ulaska otpadnih voda u stajačicu znatno opala (0.512 mg/l) u studenome 1994. godine (tab. 2). Također su i u vrijednostima ostalih fizičko-kemijskih čimbenika postojale znatne razlike između površinske vode i kontaktnoga sloja sediment-voda, što se može objasniti snažnim procesima razgradnje sedimenta bogata organskom tvari u kojem je utvrđeno više od

Parametri	31.05.1994		24.06.1994			21.07.1994		05.09.1994		12.10.1994.	
	Površinska voda	Voda kontaktne zone	Površinska voda	Voda sa 4 m dubine	Voda kontaktne zone	Površinska voda	Voda kontaktne zone	Površinska voda	Voda kontaktne zone	Površinska voda	Voda kontaktne zone
pH	9.43	7.82	10.00	8.990	8.880	9.630	8.410	9.49	8.48	8.93	8.11
Detargenti mg/l	3.382	2.288	0.279	0.983	0.415	0.136	0.544	-	-	0.5119	0.3697
Ukupni P mg/l	0.112	0.806	0.681	0.679	0.714	0.286	0.506	0.6170	4.777	1.1805	1.4160
Ukupni N mg/l	4.647	10.260	4.530	4.564	3.886	3.785	5.274	4.979	15.190	3.7700	9.5370
Nitriti mg/l	0.066	1.998	-	-	-	-	-	0.0039	0.0433	0.0106	0.0186
Nitrati mg/l	0.923	0.771	0.179	0.127	0.120	-	-	0.0824	0.1403	0.1178	0.1320
Amonijak mg/l	7.406	12.160	1.844	1.128	1.537	0.194	3.269	0.5814	2.5520	0.6888	2.6740
Otopljeni O ₂ mg O ₂ /l	-	-	22.320	0.640	0.240	13.940	0.0	9.57	0.52	4.07	0.00
KMnO ₄ mg/l	-	-	193.0	216.0	206.0	-	-	-	-	-	-
KPK iz K ₂ Cr ₂ O ₇ mgO ₂ /l	-	-	48.0	55.0	52.0	-	-	-	-	-	-
BPKs mgO ₂ /l	-	-	22.0	17.0	18.0	-	-	-	-	-	-
Ortofosfati mg/l	-	-	0.178	0.077	0.128	-	-	-	-	-	-

Tablica 2. Fizičko kemijska svojstva vode stajalice u Kupskoj ulici u 1994. godini
 Table 2. Physical and chemical properties of water of investigated pond in 1994

5% humusa. Tako su u kontaknom sloju sediment-voda utvrđene vrlo visoke koncentracije ukupnoga fosfora (0.506-1.416 mg/l) ukupnoga dušika (3.896-15.190 mg/l) i amonijaka (1.530-12.160 mg/l), dok su u površinskoj vodi bile znatno niže (ukupni fosfor 0.112-1.180 mg/l; ukupni dušik 3.770-4.979 mg/l; amonijak 0.194-7.406 mg/l) (tab. 2). Na snažne procese mikrobiološke razgradnje organskoga sedimenta upućuje i trajni nedostatak kisika u slojevima vode dubljim od 2 m (tab. 3). Tako veliku anoksiju djelomično je smanjila mehanička aeracija otpočeta u studenome 1994. godine.

Tablica 3. Količina otopljenog kisika u vodi stajaćici u Kupskoj ulici u 1994. godini
Table 3. Dissolved oxygen in water of investigated pond in 1994.

Dubina	Količina otopljenog kisika mg O ₂ /l				
	24.06	21.07.	10.08.	05.09.	12.10. (aeracija)
Površina	23.32	13.94	11.30	9.57	4.07
2	1.95	-	-	-	-
3	0.72	0	0	0	3.17
4	0.64	-	-	-	3.01
5	0.41	-	-	-	-
6	0.34	0	0	0	0
7	0.29	-	-	-	-
8	0.23	-	-	-	-
Kontaktna zona	0.24	0	0	0	0

Tablica 4. Količina klorofila -a u vodi istraživane stajaćice u 1994. godini
Table 4. Chlorophyl -a concentration in water of investigated pond in 1994.

Dubina (m)	Količina klorofila -a (μg/l)					
	31.05.	05.07.	21.07.	01.08.	05.09.	12.10.
Površina	37.19	101.79	71.14	44.88	89.46	93.92
2	33.83	61.61	131.43	224.12	52.23	80.84
3	217.38	63.66	46.07	76.44	188.13	56.75

U takvim fizičko-kemijskim uvjetima razvila se kvantitativno bogata fitoplanktonska zajednica, što potvrđuju visoke vrijednosti klorofila (33.83-217.38 mg/l, tab. 4) a također i mala prozirnost vode (0.87-0.24 m, sl. 2). Suprotno tome, u kvalitativnom je sastavu fitoplanktonska zajednica bila vrlo siromašna (18-35 vrsta) što također upućuje na specifične ekološke uvjete biotopa. Tijekom cijeloga je istraživanog razdoblja na površini vode bio razvijen vodni cvijet izgrađen od dviju vrsta roda *Anabaenopsis*. Maksimalni je razvoj imao u lipnju 1994. godine, što možemo zaključiti prema utvrđenoj maksimalnoj koncentraciji klorofila (tab. 4) u površinskoj vodi kao i najmanjoj prozirnosti (sl. 2). Pojavu vodnoga cvijeta vrste roda *Anabaenopsis* možemo dovesti u

svezu s nazočnošću izuzetno velike koncentracije fosfora u uvjetima visokoga pH vode i relativno visoke temperature vode. U sličnim su ekološkim uvjetima pojavu vodnog cvijeta *Anabenopsis raciborskii* u jezeru Balaton opisali L. G. Toth i J. Padisak (1986). U dubljim je slojevima vode u svibnju 1994. godine dominirala zajednica *Euglenophyceae*, poznata kao zajednica hipertrofnih voda (Reynolds, 1984). Međutim, već je u lipnju dominaciju preuzela zajednica *Glenodinium quadridens* koja je prevladavala sve do kolovoza 1994. godine. Po utvrđenim vrijednostima koncentracije klorofila (tab. 4) može se zaključiti da je ta zajednica našla svoje optimalne ekološke uvjete na dubini 2 i 3 m. Hindak i sur. (1978) navode da su vrste roda *Glenodinium* karakteristične za saprotrofne vodene ekosisteme, a posebno su dobro razvijeni u vodama stajaćicama i jako onečišćenim ribnjacima.

U zooplanktonskoj su zajednici u svibnju i lipnju 1994. godine, u vrijeme maksimalnoga razvoja vodnoga cvijeta, dominirale vrste razreda *Ciliata* zajedno s vrstama *Trichocerca capucina* i *Polyarthra remata* iz skupine *Rotatoria*. Navedene vrste skupine *Rotatoria* Habdija i sur. (1993) svrstavaju u III. trofičku skupinu - konzumente makrofiltratore koji filtriraju mrežni fitoplankton uključujući i filamentozne oblike. Tako su hranidbeni uvjeti omogućili razvoj navedenih zooplanktonskih vrsta. No već su u srpnju 1994. godine dominaciju u zooplanktonskoj zajednici preuzele vrste *Proalides tentaculatus* i *Hexarthra mira*.

Osim strukture planktonskih zajednica, visok stupanj trofije također mogu potvrditi i dobiveni kvantitativni podaci ekoloških čimbenika (prozirnost po Secchiju, ukupni fosfor, ukupni dušik i količina klorofila, OECD 1982). Dobivene vrijednosti navedenih čimbenika svrstavaju ovaj ekosistem u hipertrofnu kategoriju. Takvo bi trofičko stanje istraživane stajaćice, bez primjene dosad u svijetu provjerenih metoda restauracije (Cronberg 1980, Cooke et al. 1986, Kucklantz and Hamm 1988), vrlo brzo dovelo taj ekosistem do izumiranja.

Zaključak

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti:

- voda stajaćica u Kupskoj ulici u Osijeku hipertrofan je ekosistem;
- debeli sloj sedimenta predstavlja veliki unutrašnji izvor nutrienata i osnovni je uzrok snažne eutrofikacije;
- kao najučinkovitija mjera restauracije predlaže se fizičko odstranjenje sedimenta zajedno s hipolimnetičkim slojem vode;
- nakon toga potrebno je održavati uspostavljeno trofičko stanje primjenom metode biomanipulacije;
- restaurirana će stajaćica, uz trajnu primjenu mjera zaštite, moći preuzeti novu ekološku i gospodarsku ulogu u gradu Osijeku.

Literatura

- APHA, Standard methods for examination of water and wastewater, American Public Health Association, 14. Edition, New York, 1975.
- Bourrelly, P., Les algues d'eau douce, I-III, Boubee et Cie, Paris, 1966, 1968, 1970.
- Cooke, G. D., E. B. Welch, S. A. Peterson, P. R. Newroth, Lake and Reservoir Restoration, Butterworth Publishers, Stoneham (USA), 1986.
- Cronberg, G., Phytoplankton changes in Lake Trummen induced by restoration, Disertation, Institute of Limnology, University of Lund, Lund, 1980.

- Dykyova, D., *Metody studia ekosystemu*, Academia Praha, Praha, 1989.
- Habdija, I., B. Primc-Habdija, R. Erben, I. Belinić, Trophic role of rotifers in the plankton of lake Kozjak (Plitvice Lakes), *Hydrobiol.* 257, 1993, 101 - 106.
- Hindak, F., Z. Cyrus, P. Marvan, P. Javornicky, J. Komarek, H. Ettl, K. Rosa, A. Sladečkova, J. Popovsky, M. Punčocharova, O. Lhotsky, *Slatkovodne riasy*, Slovenske pedagogicke nakladatelstvo, Bratislava, 1978.
- Huber-Pestalozzi, G., *Das Phytoplankton des Süßwassers. Teil 1-7*, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1961 - 1983.
- Kiefer, F., *Ruderfusskrebse (Copepoden)*. In: *Einführung in die Kleinlebewelt*, Kosmos Verlag, Stuttgart, 1960, 1 - 97.
- Koste, W., *Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas. I-II Band*, Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 1978.
- Kucklentz, V., A. Hamm, *Möglichkeiten und Erfolgsaussichten der Seenrestaurierung*, Dissertations und Fotodruck Frank, München, 1988.
- Mihaljević, M., *Zaštita voda stajačica u gradu Osijeku*, Drugi zbornik ekoloških radova, Osijek, 1994, 15 - 25.
- OECD, *Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control*, OECD Publications, Paris, 1982.
- Tóth, L. G., J. Padišák, Meteorological factors affecting the bloom of *Anabaenopsis raciborskii* Wolosz. (Cyanophyta: Hormogonales) in the shallow Lake Balaton, *Journal of Plankton Research*, 8, 1986, 353 - 363.
- Reynolds, C. S., *The ecology of freshwater phytoplankton*, Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, 1984.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Davor Haničar, Zoran Đuroković

R 2-14

Mjerenja opasnih tvari u rijeci Dravi

SAŽETAK: *S ciljem zaštite voda od zagađivanja na vodnome području sljevoja Drave i Dunava, provode se sustavna praćenja kvalitete površinskih voda. Kontrola kvalitete površinskih voda provodi se na stalnoj mreži profila putem za to ovlaštenih laboratorija. Analiza mjerenja opasnih tvari u rijeci Dravi ukazuje na potrebu daljnega razvoja sustava monitoringa u cilju cjelovite spoznaje o zagađenosti rijeke Drave opasnim tvarima. Dosadašnje analize pokazuju da se vrše mjerenja tek manjega dijela opasnih tvari definiranih Uredbom o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari. Prema Uredbi o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari, koncentracije pojedinih opasnih tvari ne zadovoljavaju dopuštene granične vrijednosti za vodotok II. kategorije. Sadašnji sustav mjerenja još uvijek ne daje pravu informaciju o stanju zagađenosti rijeke Drave opasnim tvarima jer se mjeri samo dio opasnih tvari, a čestoća mjerenja nije dovoljna i primjerena potrebama s obzirom na stvarno stanje vodotoka i hidrološke prilike.*

KLJUČNE RIJEČI: *Drava, kvaliteta vode, mjerenja, opasne tvari*

Measurements of Hazardous Substances in the Drava River

ABSTRACT: *Systematic monitoring of the surface water quality is conducted in order to protect the Drava and Danube catchment area waters against pollution. The quality control of surface waters is carried out by authorized laboratories on a permanent network of profiles.*

The analysis of hazardous substance measurements in the Drava river indicates the need for further development of the monitoring system in order to obtain comprehensive information on the Drava River pollution by hazardous substance. The analyses conducted so far have shown that measurements involve only the minority of substances specified by the Decree on Maximum Allowable Concentration of Hazardous Matter. Concentration of a particular hazardous substance does not meet the limits set for the II category streamflow by the stipulations of this Decree.

The currently used measurement system still does not offer the realistic information on the level of the Drava River pollution by hazardous substance because it measures them only partially, and the measurement frequency is insufficient and unsuited to the needs with respect to the actual streamflow condition and hydrological situation.

KEY WORDS: *the Drava River, water quality, measurement, hazardous matter*

1. Uvod

S ciljem zaštite voda od zagađivanja na vodnome području sljevova Drave i Dunava, provode se sustavna praćenja kvalitete površinskih voda. Kontrola kvalitete površinskih voda provodi se na stalnoj mreži profila putem za to ovlaštenih laboratorija temeljem Uredbe o kategorizaciji vodotoka (NN 15/81) i Zakona o vodama (NN 53/90).

Prva organizirana ispitivanja kvalitete vode rijeke Drave provode se od 1963. godine, na osnovi zajedničkoga dogovora i zaključaka s tadašnjom međudržavnom komisijom Republike Mađarske. Tijekom 1971. godine započinje se i s kontinuiranim ispitivanjima i praćenjima kvalitete vode rijeka Mure, Drave i Dunava.

U mjerenjima koja se provode jednom tjedno određuju se vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja definiranih Uredbom o klasifikaciji voda (temperatura vode, pH vrijednost, električna vodljivost, boja i miris, otopljeni kisik, zasićenost kisikom, utrošak kalijeva permanganata (KMnO_4), kemijska potrošnja kisika iz $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, petodnevna biokemijska potrošnja kisika (BPK₅), suspendirana tvar, suhi ostatak ukupno i suhi ostatak sagorljiv) te četiri toksične (opasne) tvari:

- amonijak
- nitriti
- nitrati
- fosfati

U mjesečnim mjerenjima obrađivali su se uzorci za bakteriološke pokazatelje NBK/100 ml i ukupni broj bakterija u 1 ml, dok su dva puta godišnje uzorci uzimani za vrijeme malih voda i obrađivali prema stupnju saprobnosti (Liebman).

Temeljem Uredbe o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari u vodama i obalnome moru (NN 2/84), određen je popis od preko dvije stotine tvari koje su uredbom definirane kao opasne tvari. Kako su prema toj uredbi mjerene samo četiri tvari definirane kao opasne, to ukazuje na nedostatna mjerenja koja ne mogu na zadovoljavajući način odrediti stvarno stanje zagađenosti vodotoka opasnim tvarima.

Uredbom o klasifikaciji voda određene su granične vrijednosti pojedinih pokazatelja za određenu vrstu vode, no isto tako navedenom Uredbom o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari, osim maksimalno dopuštenih pojedinačnih koncentracija opasnih tvari, određene su i maksimalno dopuštene zbrojne vrijednosti utjecaja više pojedinačnih opasnih tvari.

U ovom radu razmatraju se i mjerenja teških kovina: bakra, cinka, kadmija, mangana, nikla, olova, željeza i žive koja se provode u okviru hrvatsko-mađarske Potkomisije za praćenje kvalitete vode rijeke Drave s ciljem dobivanja bolje slike o stvarnom stanju zagađenja opasnim tvarima.

2. Mjerenja dušikovih spojeva

Amonijak

Prema priloženoj slici S.1. vidljivo je da se amonijak nalazi u većim koncentracijama od maksimalno dopuštenih za propisanu II. kategoriju vodotoka na svim prikazanim mjernim profilima. Trendovi ukazuju na blago smanjivanje koncentracije amonijaka, ali su pojedine koncentracije znatno iznad maksimalno dopuštenih.

Nitriti

Iz priložene slike S.2. na svim se nizovima (max., sred. i min.) uočavaju značajni trendovi porasta koncentracije nitrita na oba mjerna profila. Maksimalno dopuštena koncentracija nitrita za II. kategoriju vodotoka iznosi 0,01 mgN/l, što je ujedno srednja vrijednost koncentracije nitrita u promatranom periodu.

Nitrati

Iz slike S.3., a prema Uredbi o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari, vidljivo je da koncentracije nitrata u potpunosti zadovoljavaju granične vrijednosti za II kategoriju vodotoka (10 mgN/l) za sve nizove (max., sred. i min.), i to na svim profilima. U posljednjem razdoblju uočava se trend povećanja maksimalnih koncentracija koje još uvijek zadovoljavaju propisane granične vrijednosti.

3. Mjerenja fosfata

Prema slici S.4. mjerene koncentracije fosfata u rijeci Dravi ukazuju na blagi trend smanjenja srednjih koncentracija i uglavnom značajan trend smanjenja maksimalnih koncentracija fosfata. Navedeni trendovi primjetni su na svim mjernim profilima. Srednje vrijednosti mjerenih koncentracija u granicama su maksimalno dopuštenih (0,1 mgP/l).

4. Mjerenja teških kovina

Mjerenja koncentracije teških kovina vrše se atomskom apsorpcijskom spektrofotometrijskom metodom u suradnji s Inspekcijom za zaštitu okoliša Republike Mađarske. Razmatrana su mjerenja u razdoblju od 1983. do 1993. godine.

Bakar

Prema priloženoj slici S.13. vidljiv je značajan trend porasta koncentracije bakra na oba promatrana mjerna profila. I uz ovako izražen trend porasta koncentracije bakra, mjerene koncentracije još uvijek se nalaze ispod dopuštenih granica za II kategoriju vodotoka (0,01 mg/l).

Cink

Na slici S.14. očigledan je značajan trend smanjenja koncentracije cinka na oba promatrana mjerna profila. Gotovo sve izmjerene koncentracije cinka nalaze se ispod granice dopuštenih koncentracija za vodotok II. kategorije (0,1 mg/l).

Kadmij

Slika S.15. ukazuje na lagani trend povećanja koncentracije kadmija u vodotoku. Sve izmjerene koncentracije iznad su dopuštenih prema Uredbi o maksimalno dozvoljenim koncentracijama opasnih tvari (0,0001 mg/l), što je puno stroži kriterij u odnosu na postojeći Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 46/94) 0,005 mg/l.

Krom

Slika S.16. ukazuje na primjetan trend smanjenja koncentracije kroma u rijeci Dravi na promatranim mjernim profilima. Sve izmjerene koncentracije ispod su dopuštene granice.

Mangan

Prema slici S.17. opaža se značajan trend smanjenja koncentracije mangana na oba profila, a u posljednjih sedam godina sve izmjerene koncentracije zadovoljavaju graničnu vrijednost utvrđenu navedenom uredbom (0,05 mg/l) za vodotok II. kategorije.

Nikal

Na slici S.18. uočava se trend smanjenja koncentracije nikla. Prema navedenoj uredbi za II. kategoriju vodotoka utvrđena je granična koncentracija od 0,05 mg/l, tako da sve izmjerene koncentracije u potpunosti zadovoljavaju.

Olovo

Prema slici S.19. koncentracije olova nešto su iznad dopuštenih koncentracija za II. kategoriju vodotoka (0,01 mg/l), a trendovi nisu uočljivi.

Željezo

Slika S.20. ukazuje na trend smanjenja koncentracije željeza u rijeci Dravi na oba promatrana profila. Koncentracije na mjernom profilu Botovo uglavnom zadovoljavaju granične vrijednosti koncentracije, dok su na profilu Donjeg Miholjca izmjerene koncentracije nešto iznad dopuštenih vrijednosti (0,3 mg/l).

Živa

Prema slici S.21. opaža se primjetan trend smanjenja mjerenih koncentracija žive. Posljednjih godina nije bilo prekoračenja dopuštene koncentracije za II. kategoriju vodotoka (0,0002 mg/l).

5. Zaključak

Analiza mjerenja opasnih tvari u rijeci Dravi ukazuje na potrebu daljnega razvoja sustava monitoringa s ciljem cjelovite spoznaje o zagađenosti rijeke Drave opasnim tvarima. Dosadašnje analize pokazuju da se obavljaju mjerenja tek manjega dijela opasnih tvari definiranih Uredbom o maksimalno dopuštenim koncentracijama opasnih tvari. Prema navedenoj Uredbi koncentracije pojedinih opasnih tvari ne zadovoljavaju dopuštene granične vrijednosti za vodotok II. kategorije. To su u prvom redu koncentracije amonijaka, nitrita, kadmija i olova. Koncentracije fosfata, mangana, željeza i žive uglavnom su u granicama dopuštenih koncentracija. Preostale promatrane koncentracije opasnih tvari u potpunosti zadovoljavaju dopuštene granice.

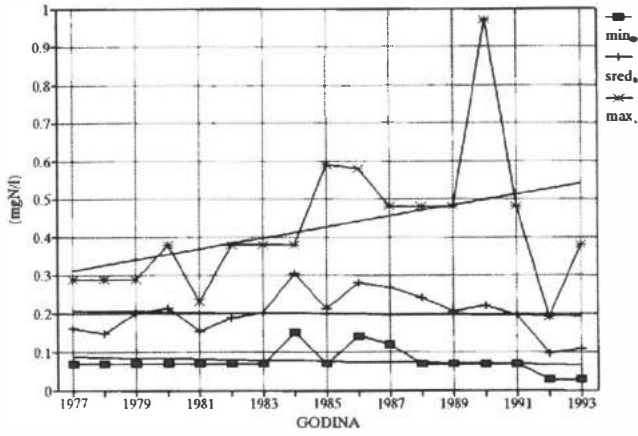
Sustav mjerenja još uvijek ne daje pravu informaciju o stanju zagađenosti rijeke Drave opasnim tvarima, jer se mjeri samo dio opasnih tvari, a učestalost mjerenja nije dovoljna. Potrebno je naglasiti da se mjerenja provode prema unaprijed zadanim terminima, a ne prema stvarnim potrebama s obzirom na hidrološke prilike.

Literatura:

1. Vodoprivredna osnova za vodno područje slivova Drave i Dunava, VRO Drava Dunav, Osijek, 1986.
2. Izvještaji o praćenju kvalitete voda pograničnih rijeka Drave i Mure, ŠNZ Andrija Štampar, Zagreb
3. Podaci iz Banke kvalitete voda, JVP "Hrvatska vodoprivreda" OJ Osijek, Osijek

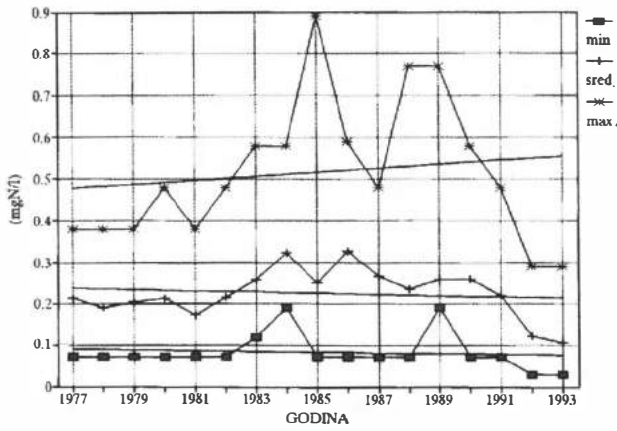
TEREZINO POLJE: AMONJAK
1977-1993.

S.1.



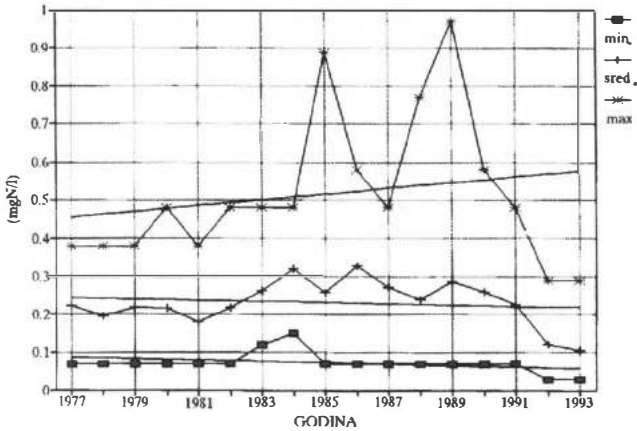
DONJI MIHOLJAC: AMONJAK
1977-1993.

S.2.



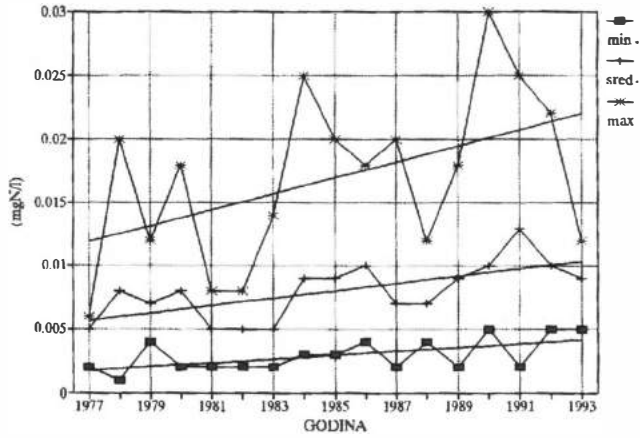
BISTRINCI: AMONJAK
1977-1993

S.3.



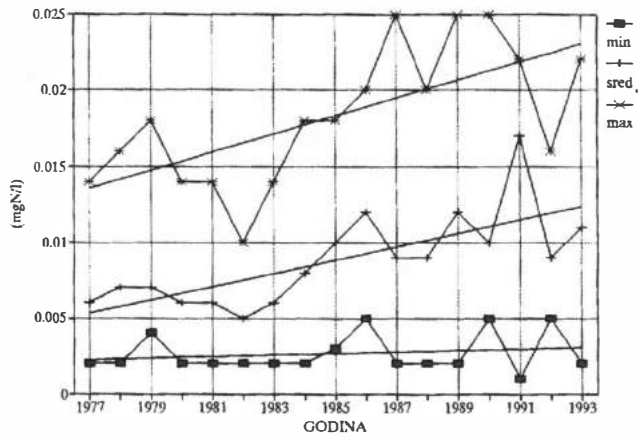
TRERZINO POLJE: NITRITI
1977-1993.

S.4.



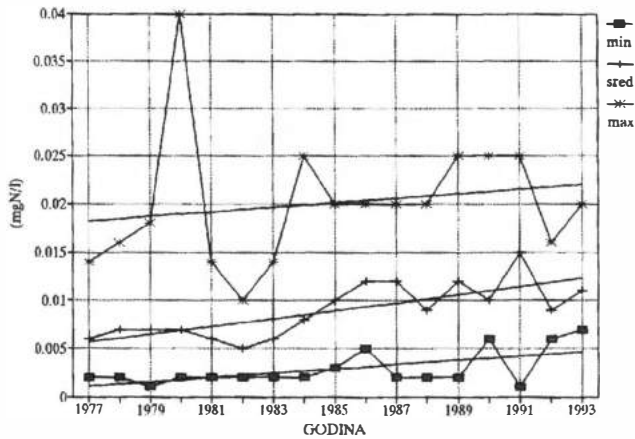
DONJI MEHOLJAC: NITRITI
1977-1993.

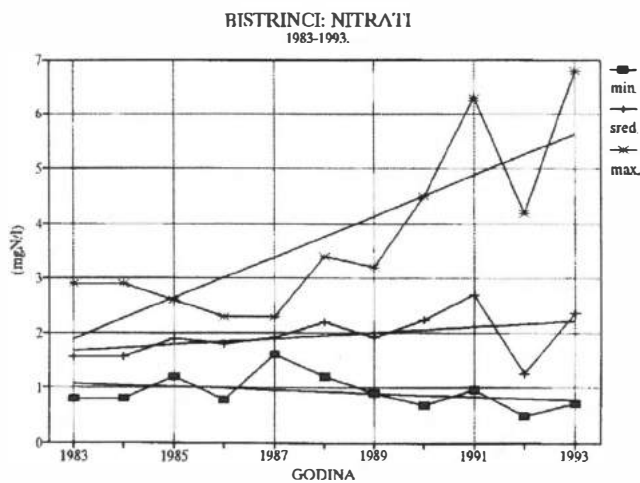
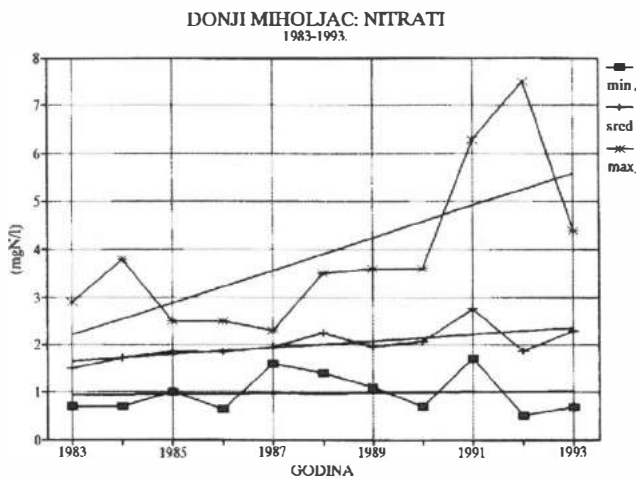
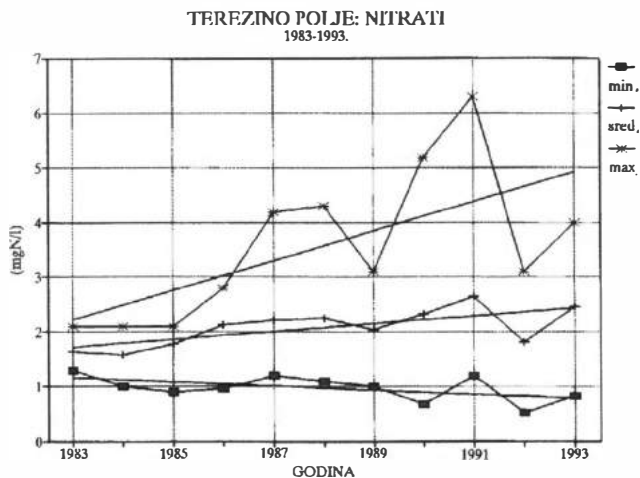
S.5.



BISTRINCI: NITRITI
1977-1993.

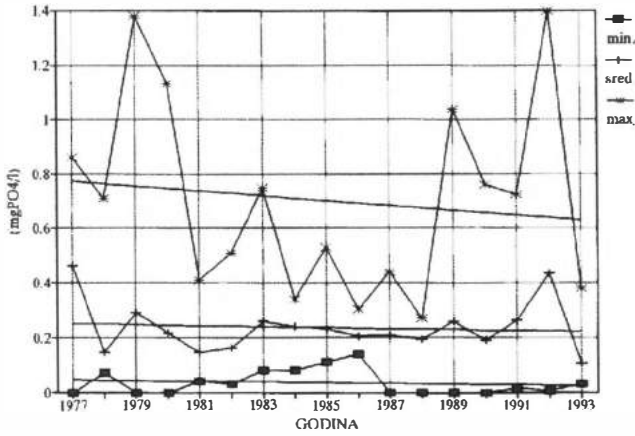
S.6.



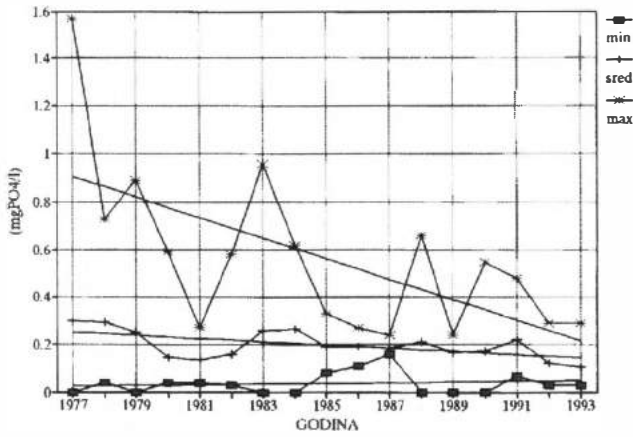


TEREZINO POLJE: FOSFATI
1977-1993.

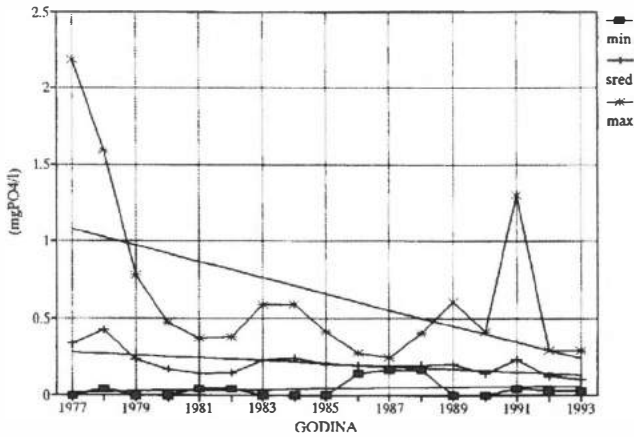
S.10.

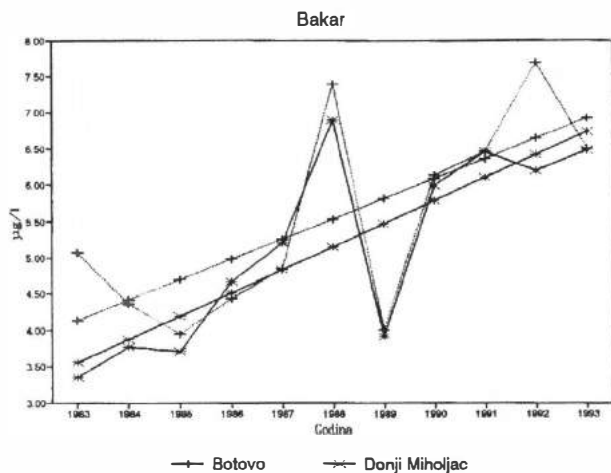
DONJI MIHOLJAC: FOSFATI
1977-1993.

S.11.

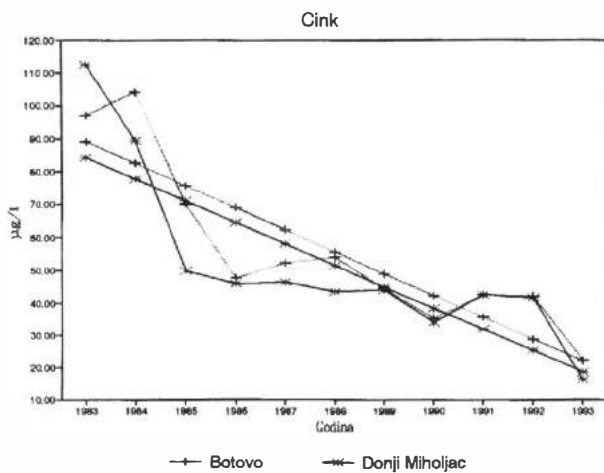
BISTRINCI: FOSFATI
1977-1993.

S.12.

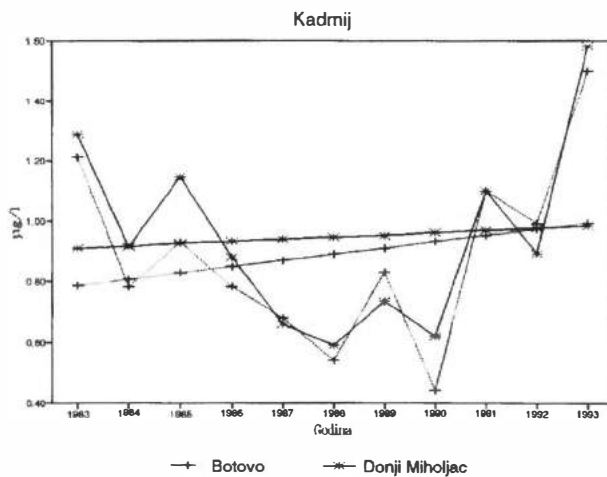




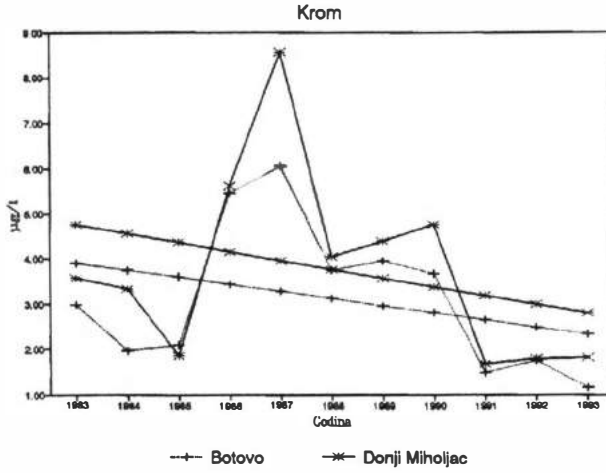
S.13.



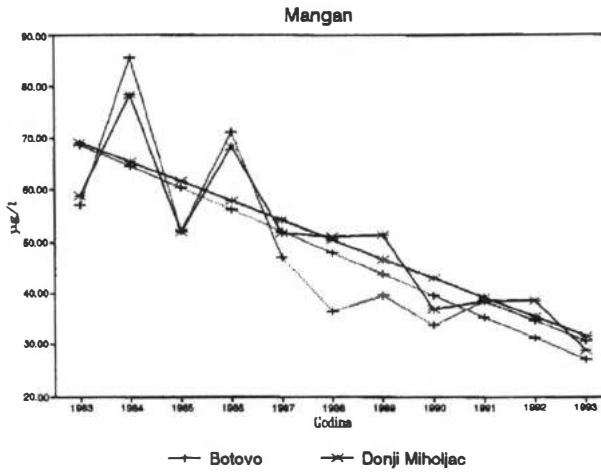
S.14.



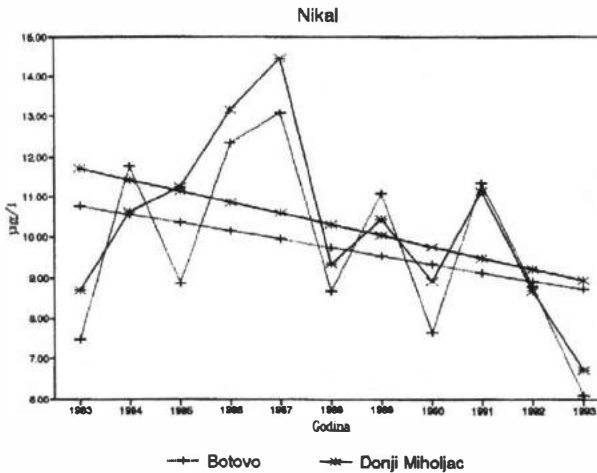
S.15.



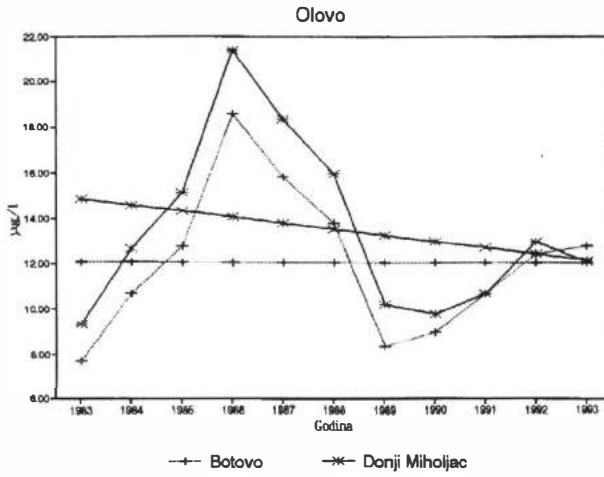
S.16.



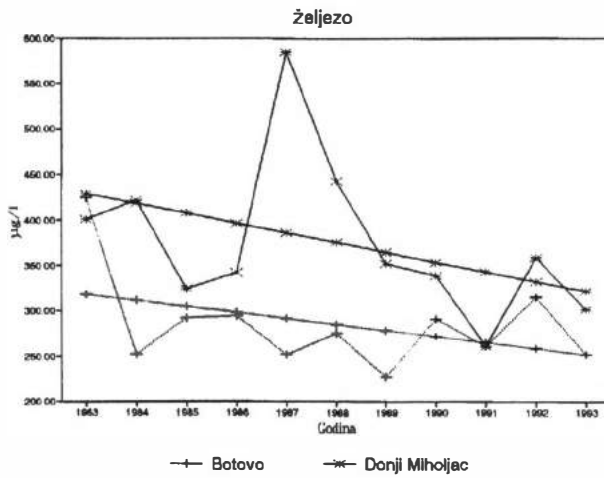
S.17.



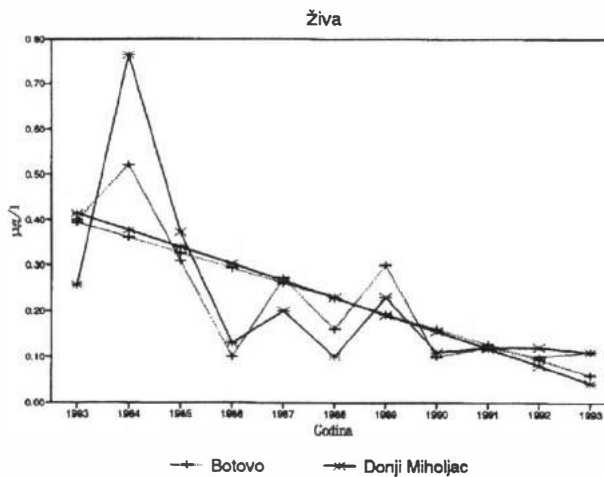
S.18.



S.19.



S.20.



S.21.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Alfred Obranić, Željko Telišman

R 2-15

Raspršeni i točkasti izvori onečišćenja voda rijeka Drave i Save

SAŽETAK: *Statističkom obradom podataka ispitivanja kvalitete vode rijeke Drave i Save su dobivene prosječne vrijednosti godišnjih opterećenja onečišćenja voda iz raspršenih(r) i točkastih(t) izvora.*

Utvrđene lokacije kao i karakteristike izvora onečišćenja podudaraju se sa smještajem urbanih te industrijskih i poljoprivrednih centara.

Dobiveni rezultati ukazuju da je kvaliteta voda rijeke Drave i Save pod znatno većim utjecajem raspršenih izvora u odnosu na točkaste izvore onečišćenja.

To je posljedica utjecaja onečišćenja spirnih voda iz postojećih neuređenih odlagališta otpada urbanih sredina, industrija kao i poljoprivrede u slivnim područjima Drave i Save u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: *raspršeni, točkasti izvori onečišćenja*

The Drava and Sava Rivers Dispersed and Point Pollution Sources

ABSTRACT: *The statistical analysis of the Drava and Sava Rivers water quality has rendered the average annual pollution loads from the dispersed(d) and point(p) sources.*

The determined sites and the pollution source characteristics correspond with the locations of urban, and industrial and agricultural centers.

The obtained results indicate that the Drava and Sava water quality is considerably more affected by the dispersed(d) than by the point(p) pollution sources.

This is the consequence of the pollution caused by the effluents from the uncontrolled urban dump sites, industrial facilities and agriculture in the Drava and Sava catchment areas in Croatia.

KEY WORDS: *dispersed and point pollution sources*

Uvod

U posljednje vrijeme u Hrvatskoj vlada pojačan interes za zaštitu okoliša – voda. U tom smislu aktivno se surađuje na međunarodnom planu, te se za različite programe zaštite okoliša izrađuju odgovarajući prilozima.

Jedan od programa je i "Program zaštite okoliša dunavskog sliva", u okviru kojega je izrađen niz stručnih izvještaja o stanju okoliša odnosno izvještaja o postojećem stanju kvalitete voda u područjima dravskoga i savskoga sliva.

U ovome radu prikazani su rezultati utvrđivanja i procjene opterećenja onečišćenja voda iz raspršenih i točkastih izvora, na područjima dravskoga i savskoga sliva što je također bio jedan od zadataka "Programa zaštite okoliša dunavskog sliva".

Teoretski ukupna opterećenja onečišćenja iz točkastih izvora mogu se dobiti zbrajanjem opterećenja svih postojećih točkastih izvora.

Međutim, u vezi s tim u stvarnosti postoje sljedeći problemi:

- nisu registrirani odnosno nisu ispitivani svi točkasti izvori onečišćenja voda,
- točnost podataka nije uvijek zadovoljavajuća. Onečišćenja raspršenih izvora praktički je nemoguće izravno odrediti.

Zbog navedenih poteškoća izravnoga ispitivanja i određivanja opterećenja onečišćenja iz točkastih i raspršenih izvora, koristili smo jednostavnu alternativnu metodu za određivanje njihova prosječnoga opterećenja koja se zasniva na obradi podataka ispitivanja kvalitete vode.

Metoda određivanja opterećenja onečišćenja iz točkastih(t) i raspršenih(r) izvora

Na osnovi podataka mjerenja protoka voda te utvrđenih koncentracija pojedinih vrsta onečišćenja, određena su specifična opterećenja onečišćenja vode rijeke Save i Drave u 1990. godini.

A. Točkasti izvori onečišćenja

Opterećenja onečišćenja voda vodotoka za trajanja malih protoka voda (što se većinom podudara za vrijeme trajanja minimalnih padalina) su zbroj:

- ukupnih opterećenja točkastih izvora onečišćenja, i
- osnovnoga opterećenja (nultoga ili prirodnoga stanja) onečišćenja voda vodotoka.

Godišnji je iznos zbroja opterećenja svih točkastih izvora i osnovnog opterećenja onečišćenja određivan na osnovici prosječne vrijednosti dobivene iz tri najmanje godišnje vrijednosti.

B. Raspršeni izvori onečišćenja

Iznos prosječnoga ukupnoga godišnjega opterećenja točkastih(t) i raspršenih(r) izvora onečišćenja dobiven je na osnovi obradbe svih podataka tj. opažanja prosječne godišnje vrijednosti opterećenja. Razlika (B) od prosječnoga godišnjega opterećenja i dobivenoga opterećenja iz točkastih izvora onečišćenja (A) definirana je kao orijentacijska prosječna vrijednost opterećenja onečišćenja koja potječe iz raspršenih izvora.

Rezultati

U tablicama 1 i 2 i na slikama 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7 prikazane su godišnje (za 1990) prosječne vrijednosti opterećenja točkastih i raspršenih izvora onečišćenja voda rijeke Drave i Save, koje su dobivene navedenom metodom obrade za pojedina mjesta opažanja.

Iz navedenih podataka i prikaza proizlazi:

A. Rijeka Sava

A/1. Na mjestu opažanja kod Jesenica (728,5 km neposredno ispod granice sa Slovenijom) prosječno godišnje (1990) opterećenje za pojedine pokazatelje onečišćenja voda iznosi:

$$T_{\text{BPK5}} = 26.215 \text{ t/g} \quad 1.200.000 \text{ ES}_{60}/\text{dan}$$

$$T_{\text{N}} = 13.264 \text{ t/g}$$

$$T_{\text{PO4}} = 3.921 \text{ t/g}$$

$$T_{\text{ULJA}} = 1.818 \text{ t/g}$$

A/2. Na mjestu opažanja nizvodno od Županje (izlaz iz Hrvatske 255 km) prosječno godišnje (1990) opterećenje za pojedine pokazatelje onečišćenja voda iznosi:

$$T_{\text{BPK5}} = 77.484 \text{ t/g} \quad 3.500.000 \text{ ES}_{60} /\text{dan}$$

$$T_{\text{N}} = 76.821 \text{ t/g}$$

$$T_{\text{PO4}} = 9.713 \text{ t/g}$$

$$T_{\text{ULJA}} = 2.775 \text{ t/g}$$

B. Rijeka Drava

B/1. Na mjestu opažanja kod Varaždina (302 km ispod granice sa Slovenijom) prosječna godišnja (1990) opterećenja za pojedine pokazatelje onečišćenja voda iznose:

$$T_{\text{BPK5}} = 30.136 \text{ t/g} \quad 1.380.000 \text{ ES}_{60} /\text{dan}$$

$$T_{\text{N}} = 10.656 \text{ t/g}$$

$$T_{\text{PO4}} = 1.120 \text{ t/g}$$

B/2. Na mjestu opažanja (10,9) kod Nemetina (prije utoka u Dunav) prosječna godišnja (1990) opterećenja za pojedine pokazatelje onečišćenja voda iznose:

$$T_{\text{BPK5}} = 27.121 \text{ t/g} \quad 1.240.000 \text{ ES}_{60} /\text{dan}$$

$$T_{\text{N}} = 38.158 \text{ t/g}$$

$$T_{\text{PO4}} = 3.154 \text{ t/g}$$

Diskusija rezultata

Budući da veliki dio vode rijeke Drave i Save dotječe u Hrvatsku iz susjednih zemalja (Slovenija, Austrija, Mađarska i Bosna i Hercegovina) s određenim opterećenjem, to jest određenom kvalitetom, što znači da je i kvaliteta voda rijeke Drave i Save nizvodno kroz Hrvatsku pod znatnim utjecajem ulaznih opterećenja.

Analizom rezultata prikazanih u tablicama 1 i 2 i njihovih grafičkih prikaza na slikama 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7 može se zaključiti da je na području Hrvatske kvaliteta vode rijeka Drave i Save pod jačim utjecajem raspršenih izvora onečišćenja u odnosu na točkaste izvore.

Razlozi za navedenu tvrdnju su sljedeći:

1. Razlika između stupnja vodoopskrbe te odvodnje i obrade otpadnih voda. Naime, za 1990. g. procjenjuje se da je u Hrvatskoj u područjima dravskoga i savskoga sliva 51% stanovništva imalo riješenu vodoopskrbu, dok je odvodnju otpadnih voda imalo riješeno samo 41% stanovništva. U 1990. g. količine otpadnih voda koje su zahtijevale određenu obradu bile su 253.360.000 m³. Odgovarajuća obrada bila je ostvarena samo za 15.250.000 m³. Djelomična obrada otpadnih voda bila je ostvarena samo za 34.020.000 m³, dok je bez ikakove obrade bilo ispušteno u vodotoke 204.090.000 m³.
2. U slivnim područjima, pa čak i u inundacijskim područjima rijeke Drave i Save ima veliki broj neadekvatno uređenih odlagališta komunalnoga i industrijskoga otpada.

Na ulaznim mjestima opažanja kvalitete voda rijeka Drave i Save u Republiku Hrvatsku može se za pojedine pokazatelje onečišćenja zaključiti:

- iznosi vrijednosti pokazatelja organskoga opterećenja BPK₅ za raspršene izvore su veći od točkastih za cca tri puta.
- iznosi vrijednosti pokazatelja dušikova (fosfornoga i uljnoga) opterećenja za raspršene i točkaste izvore na rijeci Savi ne pokazuju znatne razlike, dok za rijeku Dravu postoji određena razlika.

Iz priloženih rezultata može se nadalje zaključiti:

A/ Rijeka Sava

Kao što je vidljivo na slici 1, uzduž cijeloga toka rijeke Save kroz Hrvatsku stalan je porast organskoga onečišćenja.

Umjereni porast organskoga opterećenja od graničnoga mjesta opažanja u Jese nicama do mjesta opažanja Oborovo rezultat je ulaza opterećenja otpadnih voda iz zagorske i zagrebačke regije.

Nakon utoka rijeke Kupe, Une, Vrbasa i Bosne karakterističan je znatan porast opterećenja, naročito iz raspršenih izvora što je logična posljedica utjecaja neuređenih odlagališta otpada urbanih sredina, industrije i poljoprivrede u tom dijelu slivnog područja u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini.

Na slici 2 prikazano je mijenjanje dušikova opterećenja onečišćenja uzduž toka Save kroz Hrvatsku.

Na uzvodnome dijelu vodotoka iznad Zagreba i oko Oborova umjeren je utjecaj dušikovih opterećenja, kako iz točkastih tako i raspršenih izvora onečišćenja. Međutim, nakon Oborova značajan je utjecaj raspršenih izvora dušikovih onečišćenja, što je logična posljedica utjecaja poljoprivrede i prehrambene industrije u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini, posebice mesne industrije u Vrbovcu i industrije umjetnih gnojiva u Kutini.

Iz prikaza na slici 3 može se zaključiti da je uzduž toka rijeke Save kroz Hrvatsku stalan porast fosfornog opterećenja, kako iz točkastih, tako i raspršenih izvora onečišćenja.

Na slici 4 prikazano je mijenjanje uljnoga opterećenja uzduž toka rijeke Save kroz Hrvatsku. Iz prikaza je vidljivo da je za područje nizvodno od Oborova pa do ušća

rijeke Une prisutan znakovit porast uljnoga opterećenja, posebice iz raspršenih izvora onečišćenja koji se nalaze u tom dijelu sliva, od kojih se vjerojatno najznatniji nalaze na području grada Siska u kojem je Rafinerija nafte Sisak.

B/ Rijeka Drava

Postupni porast organskoga opterećenja od Varaždina do Donje Dubrave posljedica je ulaza opterećenja otpadnih voda grada Varaždina i opterećenje onečišćenja koje dotječe rijekom Bednjom. Nagli skok, porast opterećenja kod mjesta opažanja Botovo je posljedica utjecaja onečišćenja koje dolazi rijekom Murom. U daljnjem toku Drave vidljivo je postupno sniženje organskoga onečišćenja, naročito za točkaste izvore što je i logična posljedica zbog postojanja malog broja većih naselja.

Nakon grada Osijeka, za raspršene i točkaste izvore organskog onečišćenja vidljiv je neznatan porast.

Analizirajući dušikovo opterećenje onečišćenja, vidljivo je značajno blago poboljšanje na dionici Varaždin - Donja Dubrava, te očekivano povećanje nakon ušća Mure.

Daljnje znakovito povećanje na potezu do Terezina polja posljedica je ulaza Drave u tipično područje intenzivne poljoprivrede (raspršeni izvori) i prehrambene industrije (točkasti izvori). Takav trend promjena dušikova opterećenja onečišćenja s blagim porastom održava se sve do ušća u Dunav.

Fosforna opterećenja kod mjesta opažanja kod Botova rezultat su utjecaja grada Varaždina te rijeka Mure i Bednje. Nakon toga se zapaža maksimum fosfornoga opterećenja iz raspršenih izvora na profilu Terezino Polje.

Opet je to utjecaj poljoprivrede koji karakterizira i taj dio porječja s lijeve obale rijeke Drave u Mađarskoj. Nakon Terezina Polja fosforno opterećenje iz raspršenih izvora smanjuje se sve do Osijeka, da bi nakon utjecaja opterećenja grada Osijeka ponovno poraslo.

Zaključak

- Na ulazu rijeke Drave u Hrvatsku znatno je organsko opterećenje koje dostiže maksimum nakon ušća rijeke Mure, koje se u daljnjem toku sve do ušća u Dunav postupno smanjuje.
- Za dušikova i fosforna onečišćenja zapaža se relativno umjereno ulazno opterećenje koje se povećava protjecanjem kroz područje karakteristično po intenzivnoj poljoprivredi i prehrambenoj industriji, kako u Hrvatskoj, tako i u Mađarskoj.

Literatura

1. VRO Zagreb, Služba za zaštitu voda: Dugoročni plan razvoja vodoprivrede - Zaštita voda od zagađivanja, Zagreb, 1984.
2. Podaci Službe za zaštitu voda JVP Hrvatska vodoprivreda Zagreb.

Mjesto opažanja	Udaljenost od ušća u Dunav	$T_{BPKS}(r)$	$T_{BPKS}(t)$	$T_N(r)$	$T_N(t)$	$T_{PO4}(r)$	$T_{PO4}(t)$	$T_{ULJA}(r)$	$T_{ULJA}(t)$
		(tona/god)							
Jesenice	728,5	19.656	6.559	6.572	6.692	2.691	1.230	1.430	388
Oborovo	662	26.516	11.006	9.299	7.159	2.333	2.605	18.815	627
Nizvodno od ušća Kupe	589	14.235	12.410	26.083	6.629			20.435	7.159
Uzvodno od ušća Une	525	23.725	10.220	41.944	11.572	4.005	2.144	26.994	5.866
Nizvodno od ušća Une	520	24.820	19.710	39.387	6.716			29.739	9.839
Uzvodno od ušća Vrbasa	434	35.770	13.870	29.338	21.441	3.595	2.586	1.845	731
Nizvodno od ušća Vrbasa	392	40.880	16.060	37.714	23.541	5.267	2.617	1.583	672
Uzvodno od Sl.Broda	371	28.105	26.645	13.597	25.231	2.396	3.816	1.005	820
Nizvodno od Sl.Broda	354	40.434	18.980	34.321	25.458	5.203	3.280	1.671	410
Uzvodno od ušća Bosne	307	36.865	25.185	17.858	28.212	2.334	4.478	851	883
Nizvodno od ušća Bosne	304	60.360	17.250	45.917	35.509	5.330	6.149	1.766	1.198
Uzvodno od Županje	259,5	63.104	26.301	17.344	39.988	2.176	6.244	977	946
Nizvodno od Županje		58.689	18.795	45.948	30.873	5.961	3.752	1.671	1.104

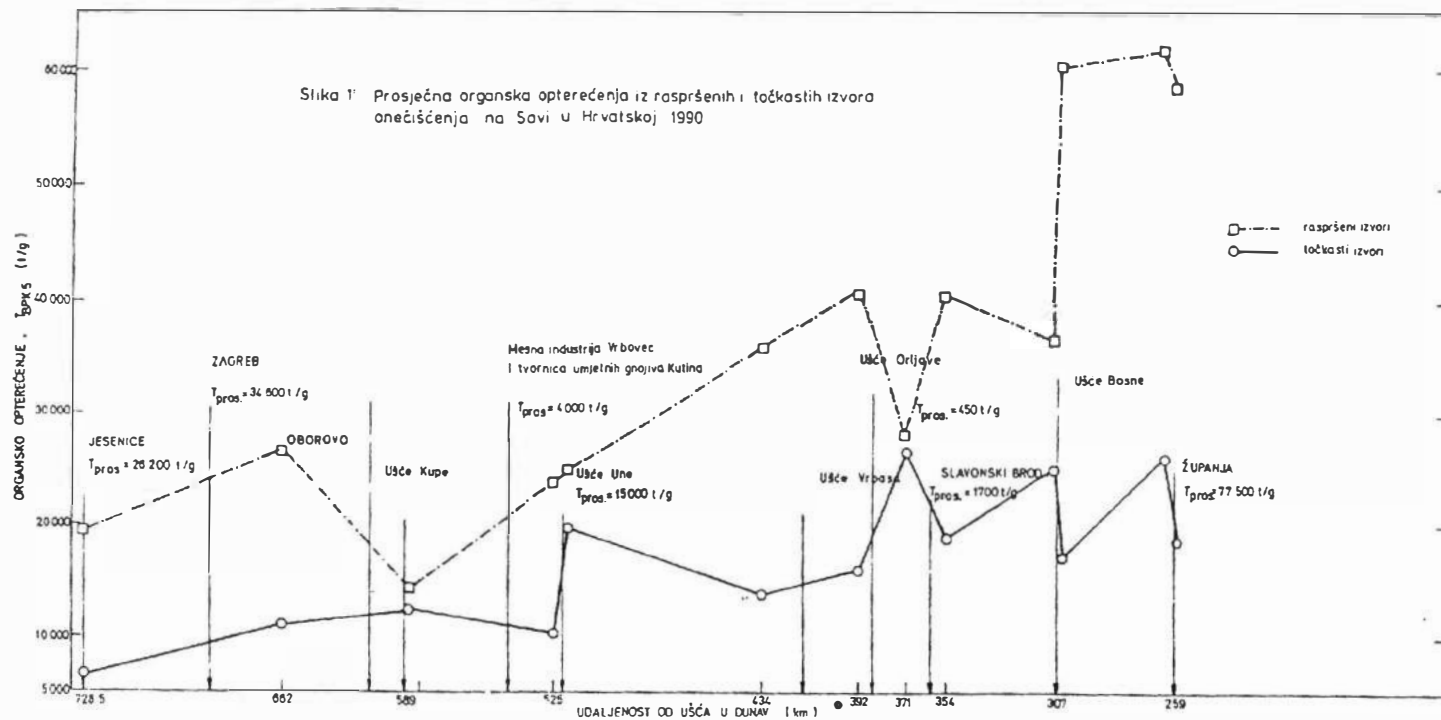
Tablica 1. Prosječna godišnja potrošnja opterećenja raspršenih (r) i točkastih (t) izvora onečišćenja voda rijeke Save u 1990. g.

Table 1. *The average annual loads from diffuse and point sources pollution along the Sava river in Croatia 1990. year*

MJESTO OPAŽANJA	Udaljenost od ušća u Dunav (km)	$T_{BPKS}(r)$	$T_{BPKS}(t)$	$T_N(r)$	$T_N(t)$	$T_{PD4}(r)$	$T_{PD4}(t)$
		(tona/godišnje)					
VARAŽDIN	302	23.547,9	6.587,9	8.174,1	2.481,9	797,9	321,7
DONJA DUBRAVA	254	28.259,4	8.073,2	6.890,6	1.523,2	810,5	331,1
BOTOVO	227	43.872,9	20.539,4	12.579,7	7.083,0	1.324,5	819,9
TEREZINO POLJE	152	14.806,2	7.518,2	22.901,4	10.605,6	3.172,5	1.132,1
D. MIHOLJAC	77,7	17.168,2	4.191,1	21.337,3	11.034,4	2.169,7	845,2
BISTRINCI	54,0	19.533,4	3.364,9	22.169,8	12.977,1	1.545,3	908,2
VIŠNJEVAC	23,6	21.769,3	4.553,8	23.973,7	11.766,1	1.630,4	1.053,3
NEMETIN	10,9	20.056,9	7.064,1	25.008,0	13.150,5	1.860,6	1.293,0
MURA-GORIČAN	27,18	17.862,0	7.285,0	5.225,0	6.030,0	404,0	397,0

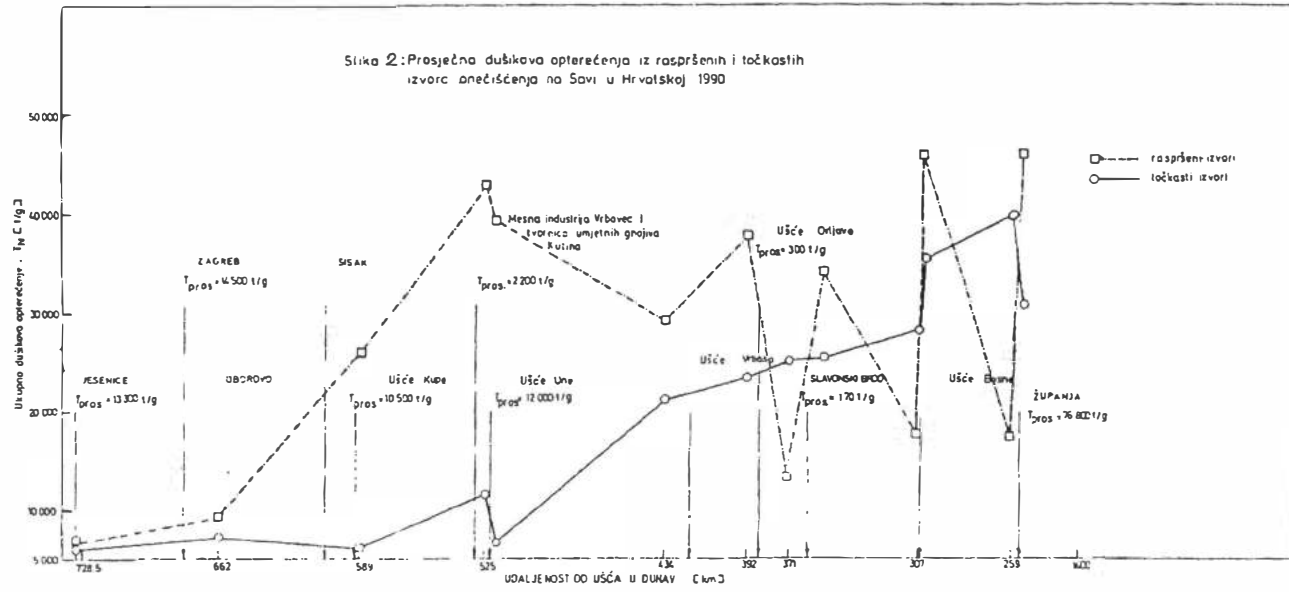
Tablica 2. Prosječna godišnja potrošnja opterećenja raspršenih (r) i točkastih (t) izvora onečišćenja voda rijeke Drave u 1990. g.

Table 2. *The average annual loads from diffuse and point sources pollution along the Drava river in Croatia 1990. year*



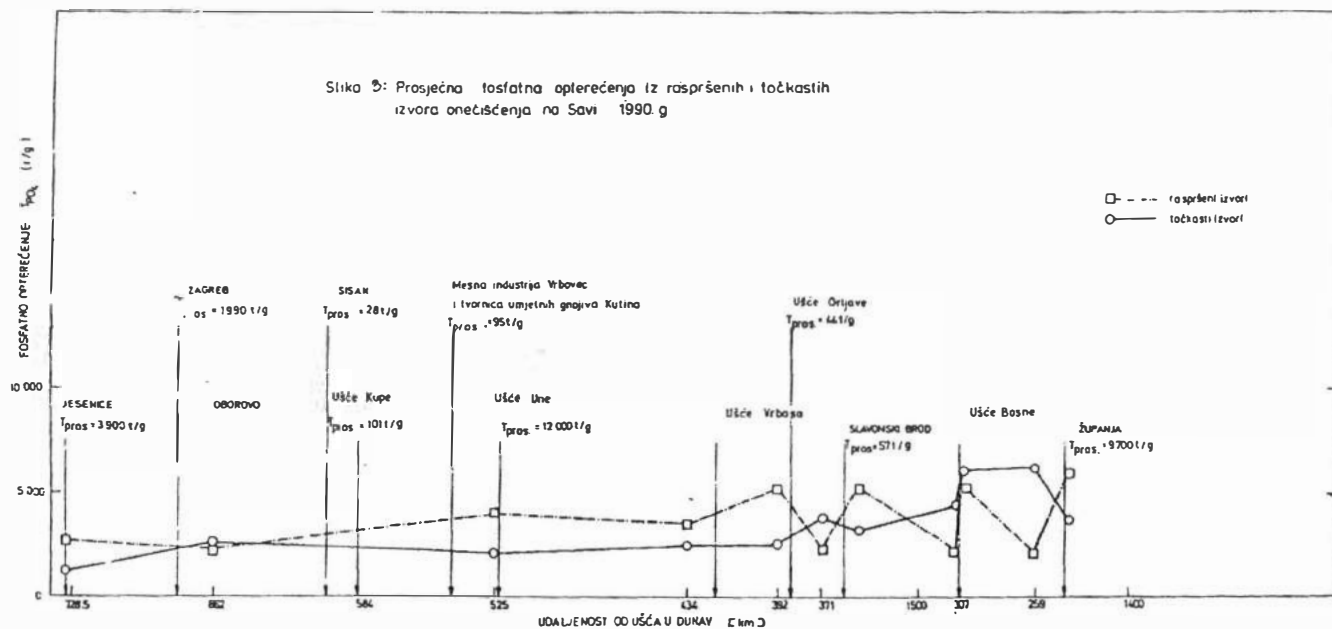
Slika 1. Prosječna organska opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Savi u Hrvatskoj 1990.

Figure 1. The average organic loads from diffuse and point sources along the Sava river in Croatia 1990 year



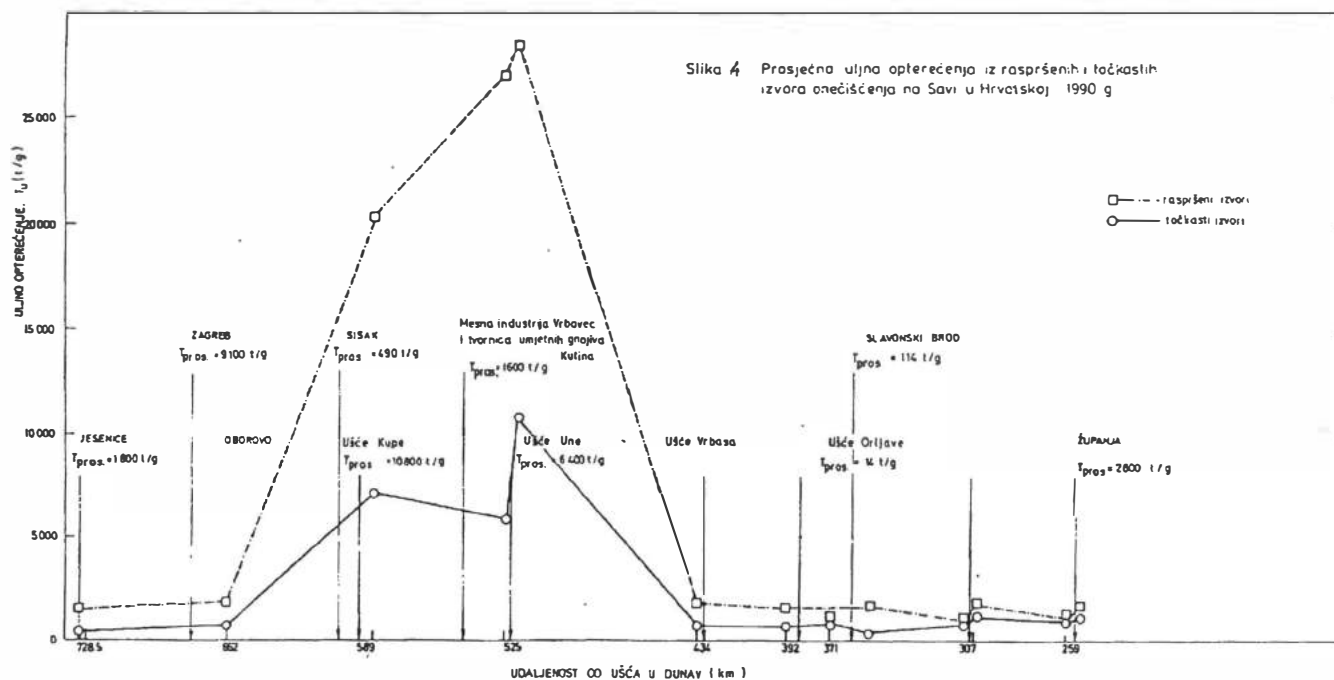
Slika 2. Prosječna dušikova opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Savi u Hrvatskoj 1990.

Figure 2. The average nitrogen loads from diffuse and point sources along the Sava river in Croatia 1990 year



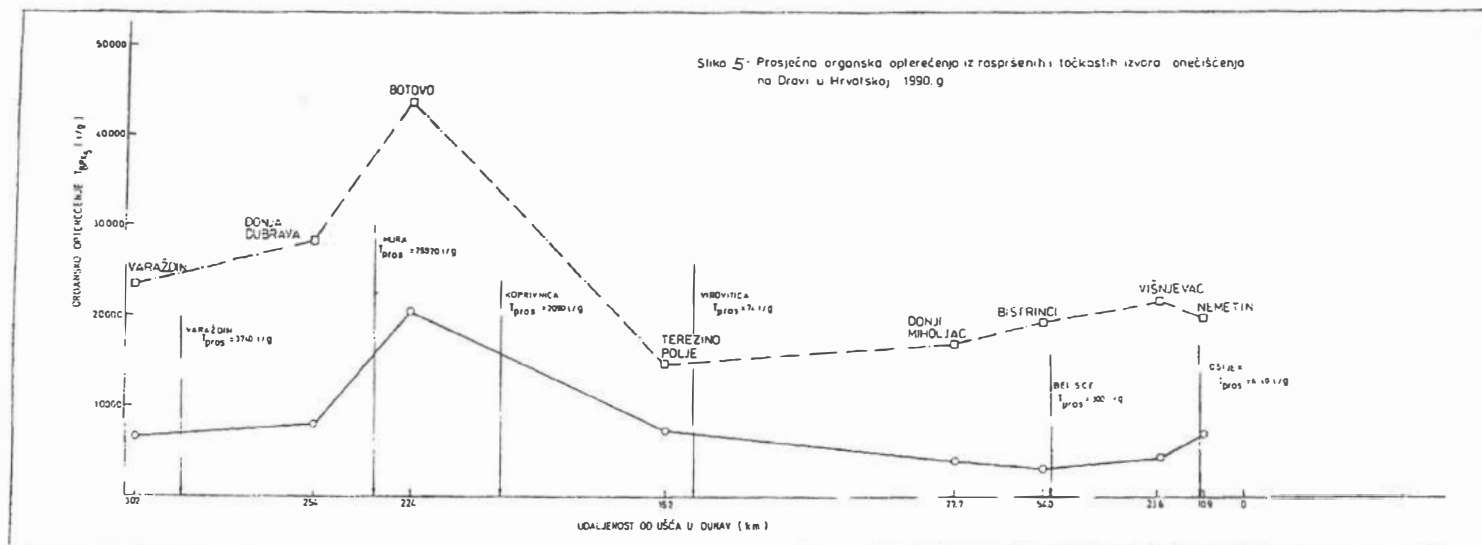
Slika 3. Prosječna fosfatna opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Savi u Hrvatskoj 1990.

Figure 3. The average phosphate loads from diffuse and point sources along the Sava river in Croatia 1990 year



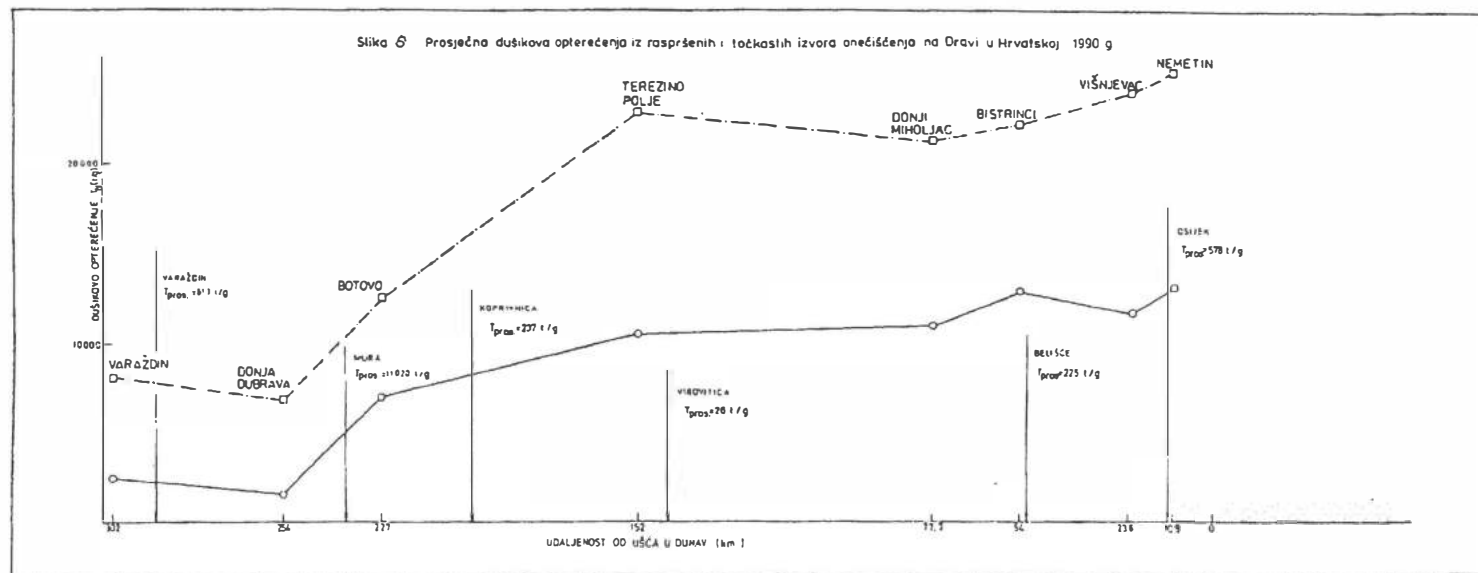
Slika 4. Prosječna uljna opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Savi u Hrvatskoj 1990.

Figure 4. The average oil loads from diffuse and point sources along the Sava river in Croatia 1990 year



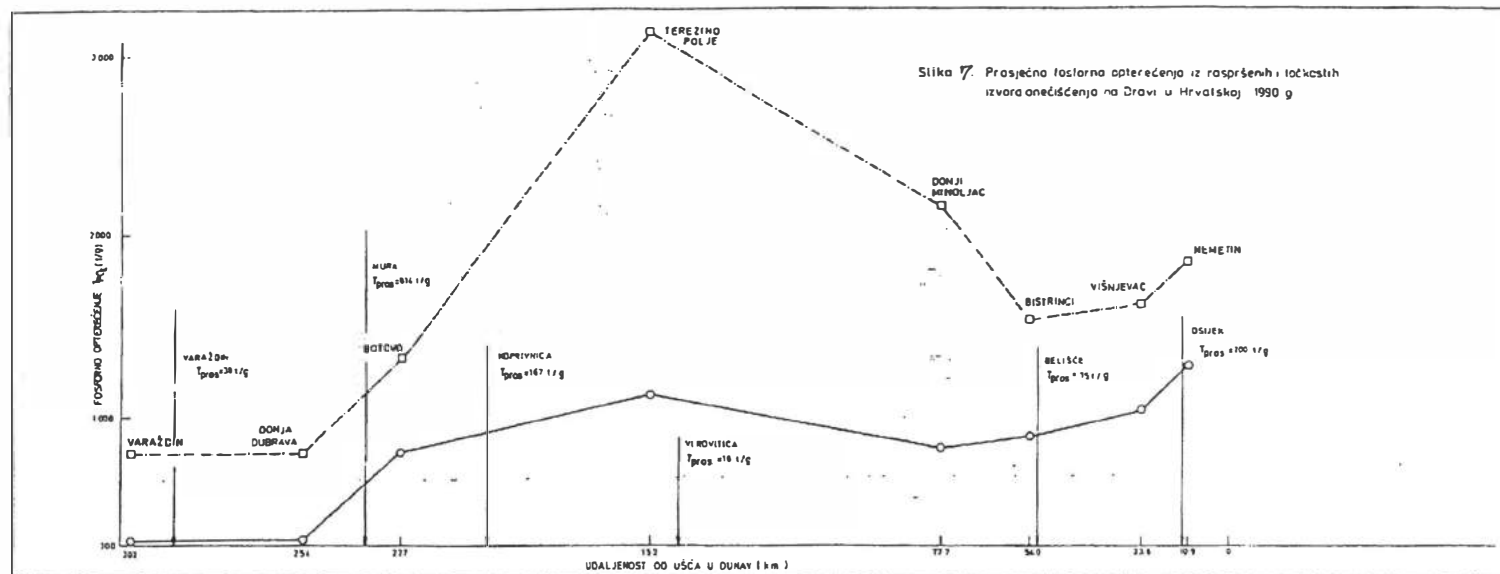
Slika 5. Prosječna organska opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Dravi u Hrvatskoj 1990.

Figure 5. The average organic loads from diffuse and point sources along the Drava river in Croatia 1990 year



Slika 6. Prosječna dušikova opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Dravi u Hrvatskoj 1990.

Figure 6. The average nitrogen loads from diffuse and point sources along the Drava river in Croatia 1990 year



Slika 7. Prosječna fosfatna opterećenja iz raspršenih i točkastih izvora onečišćenja na Dravi u Hrvatskoj 1990.

Figure 7. The average phosphate loads from diffuse and point sources along the Drava river in Croatia 1990 year



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Dobroslav Cesar, Zdenko Franić, Jadranka Kovač, R 2-16
Manda Maračić, Đuka Stampf

Radioaktivnost riječnih i vodovodnih voda u Republici Hrvatskoj

SAŽETAK: U Odjelu za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada određuje se i prati količina radioaktivnosti u riječnim i vodovodnim vodama u Republici Hrvatskoj od 1962. godine do danas.

U radu su podastrijeti podaci o mjestima gdje su uzorkovani uzorci voda od 1962. godine do danas, o metodama obrade voda, količini radioaktivnosti u riječnim i vodovodnim vodama kroz proteklo razdoblje, kao i o sadašnjem stanju; o postojećoj zakonskoj regulativi u odnosu na radioaktivnost vode za piće.

Na temelju navedenog, procijenjeno je buduće stanje radioaktivnosti riječnih i vodovodnih voda, te su preporučeni daljnji postupci u odnosu na radioaktivnost voda.

KLJUČNE RIJEČI: riječne vode, vodovodne vode, radioaktivnost vode, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , ukupna beta aktivnost

Radioactivity of River and Tap Water in the Republic of Croatia

ABSTRACT: The Radiation Protection Department of the Institute for Medical Research and Occupational Health has been determining and monitoring the amount of radioactivity in river and tap water in the Republic of Croatia since 1962.

The paper gives the data on water sampling spots used since 1962, water treatment methods, amount of radioactivity in river and tap waters during the past period and about the present status. Also, the data are given on the available regulations governing the potable water radioactivity.

Based on the said, the future radioactivity of the river and tap waters has been assessed and the future procedures recommended.

KEY WORDS: river water, tap water, water radioactivity, ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , total beta activity

Mr.sc. Dobroslav Cesar, dr.sc. Zdenko Franić, dr.sc. Jadranka Kovač, Manda Maračić
dipl. inž., Đuka Stampf, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb,
Odjel za zaštitu od zračenja

Određivanje i praćenje količine radiokativnosti u rječnim i vodovodnim vodama započeto je u Republici Hrvatskoj 1962. godine i obavlja se neprekidno do danas.

Ukupna beta aktivnost određivana je u vodama pojedinih rijeka kako slijedi [1-24]:

- Sava kod Ivanje Reke 1962-1985.
- Drava kod Osijeka 1964-1985.
- Kupa kod Siska 1962-1968. i 1978-1985.

U vodovodnim je vodama ukupna beta aktivnost određivana u [1-30]:

- Malom Lošinj 1962-1977.
- Zagrebu 1963-1992.
- Puli, Rijeci, Zadru, Splitu, Osijeku, Virovitici, Varaždinu, Karlovcu i Sisku 1979-1985.

Gamaspektrometrijska analiza riječnih voda obavlja se od 1987. godine do danas [25-32] i to:

- Sava kod Zagreba, Siska i Slavenskog Broda
- Drava kod Osijeka

Kod vodovodnih voda gamaspektrometrijska analiza provodi se od 1986. godine do danas [25-32] i to u Zagrebu, Osijeku, Rijeci, Zadru i Splitu.

^{90}Sr se određuje od 1987. godine do danas [25-32] u vodi rijeke Drave kod Osijeka i rijeke Save kod Zagreba, Siska i Slavenskog Broda, te u vodovodnoj vodi Zagreba.

^3H se određuje od 1987. godine do danas [25-32] u vodi rijeke Drave kod Osijeka i rijeke Save kod Zagreba, te u zagrebačkoj vodovodnoj vodi.

Učestalost uzorkovanja voda u razdoblju od 1962. godine do danas bila je različita, uglavnom usklađena s postojećim propisima, potrebama i novčanim mogućnostima društva. Sada se voda iz rijeka (Drave kod Osijeka, Save kod Zagreba, Siska i Slavenskog Broda) kao i voda iz vodovoda u Osijeku, Zadru i Splitu uzorkuje jednom godišnje po pedeset litara, a voda iz zagrebačkoga vodovoda uzorkuje se svakoga dana po jedna litra, a cjelomjesečni se uzorak upari na jednu litru i mjeri.

Određivanje ukupne beta aktivnosti kao i određivanje specifičnih aktivnosti ^{90}Sr i ^3H , a i gamaspektrometrijska analiza urađeni su u skladu standardnih metoda Međunarodne agencije za atomsku energiju [33]. Gamaspektrometrijskom analizom određivane su specifične aktivnosti sljedeća 34 radionuklida:

^{51}Cr ^{54}Mn ^{56}Mn ^{57}Co ^{58}Co ^{60}Co ^{59}Fe ^{65}Zn ^{88}Rb ^{95}Nb ^{95}Zr
 ^{99}Mo $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ^{103}Ru ^{106}Ru ^{106}Rh $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ^{124}Sb ^{125}Sb ^{129}I ^{131}I ^{132}I
 ^{133}I ^{134}I ^{135}I ^{132}Te ^{134}Cs ^{136}Cs ^{137}Cs ^{138}Cs ^{140}Ba ^{140}La ^{141}Ce ^{144}Ce

Rezultati mjerenja ukupne beta aktivnosti (Bqm^{-3}) rječnih voda nalaze se u tablici 1.

Koristeći se vrijednostima iz tablice 1. izrađene su regresione krivulje [34] za Savu kod Ivanje Reke:

$$\beta = 708 e^{-0.1354x} \quad \text{uz } P(t) \ 0.001 \quad x = \text{godina} - 1961$$

Dravu kod Osijeka:

$$\beta = 343 e^{-0.1107x} \quad \text{uz } P(t) \ 0.001 \quad x = \text{godina} - 1963$$

Kupu kod Siska:

$$\beta = 636 e^{-0.1513x} \quad \text{uz } P(t) \ 0.001 \quad x = \text{godina} - 1961$$

β je u sva tri slučaja ukupna beta aktivnost (Bqm^{-3}).

Sve tri tako dobivene eksponencijalne krivulje pokazuju da je ukupna beta aktivnost u vodama navedenih rijeka eksponencijalno opadala od 1962. do 1985. godine.

Radioaktivna tvar u riječnim vodama bila je podrijetlom uglavnom od pokusnih nuklearnih eksplozija koje su bile izvedene do 1962. godine. Glavni uzrok smanjenja ukupne beta aktivnosti prestanak je izvođenja nadzemnih pokusnih nuklearnih eksplozija poslije međunarodne zabrane izvođenja eksplozija i svojstva radioaktivne tvari da joj se aktivnost vremenom smanjuje.

Tablica 1. Ukupna beta aktivnost (Bqm^{-3}) riječnih voda od 1962. do 1985. godine
Table 1. Total beta activity (Bqm^{-3}) in the river water from 1962 to 1985

GODINA	SAVA	DRAVA	KUPA
	IVANJA REKA	OSIJEK	SISAK
1962.	1.8 E+3		1.4 E+3
1963.	1.9 E+3		1.5 E+3
1964.	6.7 E+2	6.3 E+2	4.8 E+2
1965.	3.3 E+2	3.3 E+2	2.2 E+2
1966.	2.6 E+2	2.2 E+2	1.9 E+2
1967.	1.9 E+2	1.9 E+2	1.1 E+2
1968.	1.5 E+2	1.1 E+2	1.1 E+2
1969.	1.1 E+2	1.3 E+2	
1970.	1.5 E+2	1.9 E+2	
1971.	1.4 E+2	1.0 E+2	
1972.	1.1 E+2	1.4 E+2	
1973.	8.1 E+1	1.1 E+2	
1974.	1.4 E+2	1.4 E+2	
1975.	1.1 E+2	1.3 E+2	
1976.	1.0 E+2	9.6 E+1	
1977.	1.3 E+2	1.0 E+2	
1978.	6.3 E+1	3.3 E+1	3.3 E+1
1979.	3.2 E+1	3.8 E+1	2.1 E+1
1980.	4.6 E+1	2.5 E+1	1.8 E+1
1981.	6.8 E+1	5.5 E+1	5.5 E+1
1982.	4.3 E+1	4.8 E+1	4.1 E+1
1983.	4.1 E+1	3.9 E+1	3.5 E+1
1984.	3.2 E+1	4.6 E+1	1.8 E+1
1985.	6.9 E+1	4.2 E+1	3.0 E+1

Tablica 2. Specifične aktivnosti (Bqm^{-3}) ^{137}Cs , ^{90}Sr i 3H u riječnim vodama od 1987. do 1994. godine

Table 2. ^{137}Cs , ^{90}Sr i 3H specific activity (Bqm^{-3}) in the river water from 1987 to 1994.

	SAVA			DRAVA
	ZAGREB	SISAK	SL. BROAD	OSIJEK
^{137}Cs				
1987.	2.2 E+1	5.6 E+1	3.3 E+1	
1988.	2.2 E+1	<5.2 E+0	1.0 E+1	5.7 E+0
1989.	<1.1 E+1	<1.1 E+1	<1.3 E+1	<1.5 E+1
1990.	<1.3 E+1	<1.2 E+1	<1.4 E+1	<1.2 E+1
1991.	<1.2 E+1	<1.1 E+1	1.6 E+1	1.6 E+1
1992.	<1.1 E+1	<1.1 E+1	<1.1 E+1	<1.1 E+1
1993.	<1.1 E+1	<1.2 E+1		<1.3 E+1
1994.	<1.5 E+1	<1.2 E+1		<1.4 E+1
^{90}Sr				
1987.	8.0 E-1	1.1 E 0	9.7 E-1	
1988.	1.8 E 0	1.5 E 0	2.4 E 0	1.8 E 0
1989.	1.5 E 0	3.1 E 0	3.2 E 0	7.9 E 0
1990.	1.4 E 0	3.4 E 0	2.6 E 0	1.9 E 0
1991.	2.1 E 0	1.6 E 0	3.4 E 0	1.3 E 0
1992.	3.0 E 0	2.3 E 0	3.8 E 0	3.7 E 0
1993.	2.9 E 0	3.3 E 0		1.2 E+1
1994.	4.7 E 0	4.3 E 0		1.5 E 0
3H				
1987.	2.3 E+4			
1988.	6.8 E+3			<6.6 E+3
1989.	1.4 E+4			<9.9 E+3
1990.	4.4 E+3			1.7 E+3
1991.	2.2 E+3			3.1 E+3
1992.	2.7 E+3			2.6 E+3
1993.	2.6 E+3			2.7 E+3
1994.	2.5 E+3			<2.0 E+3

Rezultati mjerenja specifičnih aktivnosti (Bqm^{-3}) ^{137}Cs , ^{90}Sr i 3H u riječnim vodama nalaze se u tablici 2.

Kako nisu propisane dozvoljene specifične aktivnosti pojedinih radionuklida za riječne vode, poslužit ćemo se onima koje su propisane za pitku vodu [35,36], a one iznose za ^{137}Cs $8 E+4 Bqm^{-3}$, ^{90}Sr $2 E+4 Bqm^{-3}$ i za 3H $6 E+7 Bqm^{-3}$. Postoci najvećih izmjerenih vrijednosti specifičnih aktivnosti riječnih voda označeni u tablici 2. u odnosu na dopuštene vrijednosti za pitku vodu iznose za ^{137}Cs 0.07 %, ^{90}Sr 0.06 % i za 3H 0.04 %. Uzevši u obzir navedene vrijednosti, smijemo ustvrditi da u riječnim vodama od 1987. godine do danas nije bilo značajnije količine navedenih radionuklida.

Rezultati mjerenja ukupne beta aktivnosti vodovodnih voda nalaze se u tablicama 3. i 4. izraženi u postocima propisanih vrijednosti izvedene koncentracije za II. vrstu smjese nepoznatih radionuklida [35,36].

Tablica 3. Postoci ukupne beta aktivnosti zagrebačke vodovodne vode u odnosu na propisom dopuštenu vrijednost

Table 3. Total beta activity in tap water in Zagreb in relation to permissible levels determined by legislation

GODINA	%IK	GODINA	%IK	GODINA	%IK
1963.	87	1973.	2.2	1983.	1.2
1964.	20	1974.	2.8	1984.	1.1
1965.	15	1975.	2.2	1985.	1.3
1966.	9.3	1976.	2.4	1986.	-
1967.	5.6	1977.	3.9	1987.	3.4
1968.	1.3	1978.	1.1	1988.	4.8
1969.	1.5	1979.	0.6	1989.	4.0
1970.	1.0	1980.	0.3	1990.	3.5
1971.	2.6	1981.	0.9	1991.	2.6
1972.	2.2	1982.	2.7	1992.	4.4

Koristeći se vrijednostima %IK u tablici 3. izradena je regresiona krivulja [34]:

$$\% \text{ IK} = 5.644 e^{-0.048x} \quad \text{uz } P(t) < 0.05 \quad x = \text{godina} - 1962$$

Dobivena eksponencijalna funkcija za % IK pokazuje da se količina radioaktivne tvari u zagrebačkoj vodovodnoj vodi tijekom godina smanjivala. Podrijetlo su te radioaktivnosti pokusne nuklearne eksplozije do 1962. godine, a smanjenje počinje međunarodnom zabranom nadzemnih pokusnih nuklearnih eksplozija. Manje povećanje sedamdesetih godina podrijetlom je od kineskih nadzemnih pokusnih nuklearnih eksplozija, a povećanje krajem osamdesetih posljedica je nuklearne nesreće u Čornobilju.

Tablica 4 Postoci ukupne beta aktivnosti vodovodnih voda u odnosu na propisom dopuštenu vrijednost

Table 4 Specific activities of selected radionuclides detected in tap water in relation to permissible levels

	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
PULA	0.9	0.3	2.3	1.2	0.8	0.1	0.9
RIJEKA	1.1	0.8	0.6	1.4	1.0	1.6	1.7
ZADAR	1.0	0.5	2.6	1.3	1.2	0.4	1.0
SPLIT	0.9	0.6	1.5	1.1	1.3	0.5	1.0
OSIJEK	1.3	1.0	2.7	2.4	6.3	2.2	2.1
VIROVITICA	0.8	0.6	1.3	1.6	0.8	1.7	1.5
VARAŽDIN	0.2	1.0	1.1	0.7	4.3	1.3	2.9
KARLOVAC	1.7	0.2	2.1	0.5	1.1	0.9	3.0
SISAK	0.8	1.3	1.0	1.3	2.3	0.8	2.4

Izmjerene specifične aktivnosti ^{137}Cs , ^{90}Sr i ^3H u vodovodnim vodama usporedene su s propisanim izvedenim koncentracijama [35,36] vode za piće. Dobiveni postoci nalaze se u tablici 5.

Tablica 5 Postoci specifičnih aktivnosti pojedinih radionuklida u vodovodnim vodama u odnosu na propisom dopuštenu vrijednost

Table 5 Specific activities of selected radionuclides detected in public system tap water in relation to permissible levels

	ZAGREB			OSIJEK	RIJEKA	ZADAR	SPLIT
	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H	^{137}Cs			
1986.	<6.00			<6.00	<6.00	<6.00	<6.00
1987.	<0.02	0.01	0.05	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
1988.	<0.02	0.03	0.01	<0.01	<0.03	<0.01	0.06
1989.	<0.03	0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
1990.	<0.03	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
1991.	<0.02	0.01	0.01	<0.02	0.06	<0.03	0.04
1992.	<0.02	0.02	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02	0.03
1993.	<0.03	0.01	<0.01	0.02	0.03	<0.02	<0.02
1994.	<0.01		<0.01	0.04	0.04	0.04	0.03

Od ukupno četrdeset i pet vrijednosti % IK za ^{137}Cs u tablici 5. samo ih je jedanaest većih od donje granice detekcije. Vrijednosti % IK ^{90}Sr i ^3H sve su manje od 0.06 %.

Tijekom šezdesetih i sedamdesetih, pa i u prvoj polovici osamdesetih godina, određivanje je ukupne beta aktivnosti u vodi bila jedina prihvatljiva metoda, pa su zbog toga ovdje podastrijete vrijednosti ukupne beta aktivnosti za riječne i vodovodne vode od 1962. do 1985. godine (tablice 1,3. i 4.).

Početak osamdesetih godina svjetski razvoj poluvodičkih detektora i višekanalnih analizatora omogućuje da gamaspektrometrijska analiza postaje osnovna metoda za određivanje količine radioaktivne tvari u vodi. Od sva trideset i četiri radionuklida koja su određivana gamaspektrometrijskom analizom u uzorcima vode jedino su specifične aktivnosti ^{137}Cs bile ponekad mjerljive (tablice 2. i 5.). Ostali radionuklidi nisu registrirani. ^{90}Sr i ^3H određivani su posebnim specifičnim metodama.

U tablicama 1. i 2. vidljivo je da ne postoje vrijednosti za 1986. godinu. Razlog je tome velik broj uzoraka koje je trebalo obraditi, daleko veći od naših tehničkih mogućnosti. Zbog toga je vršena selekcija uzoraka po načelu da otpadaju oni uzorci koje čovjek neposredno ne rabi.

Na temelju svega ovdje iznesenog, vidljivo je da je u protekle trideset i tri godine radioaktivna tvar bila prisutna u riječnim i vodovodnim vodama. Količina te radioaktivne tvari eksponencijalno se smanjuje. Količina radioaktivne tvari u vodovodnim vodama bila je uvijek manja od zakonskim propisom najveće dopuštene vrijednosti. Danas se te vrijednosti kreću od 0.01% do 0.05 %.

Potrebno je napomenuti da je ovdje bilo govora samo o radioaktivnoj tvari podrijetlom od nuklearne fisije, a ne i o prirodnoj radioaktivnosti koja je svugdje prisutna.

Postojeći zakonski propisi o radioaktivnosti vode za piće doneseni su 1987. godine na temelju preporuka Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja. Od 1987. godine do danas spomenute preporuke dopunjene su novim svjetskim spoznajama iz toga pod-

ručja ljudske djelatnosti. Bilo bi svrsishodno donijeti nove zakonske propise o radioaktivnosti vode za piće u skladu s postojećim preporukama Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja.

Praćenje prisutnosti radioaktivnih tvari u riječnim i vodovodnim vodama Republike Hrvatske tijekom protekle trideset i tri godine pokazalo je da je to praćenje potrebno provoditi i ubuduće.

Literatura

- 1-17 Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji, Beograd. 1962-1978
- 18,19 Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u SR Hrvatskoj. IMI Zagreb. 1979-1980.
- 20-24 Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Beograd. 1981-1985.
- 25-27 Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u SR Hrvatskoj. IMI Zagreb. 1987-1989.
- 28-32 Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj. IMI Zagreb. 1990-1994.
- 33 IAEA: *Measurement of Radionuclides in Food and the Environment*. Technical Reports Series No.295, IAEA, Vienna, 1989.
- 34 I.Pavlič. *Matematička statistika*. "Privreda" Zagreb. 1962.
- 35 Pravilnik o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i obavljanju dekontaminacije. *Službeni list SFRJ* 8/87. 226-245.
- 36 Zakon o preuzimanju saveznih zakona iz oblasti zdravstva koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuju kao republički zakoni. *Narodne novine* 53/91. 1524.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Zdenko Franić, Manda Maračić

R 2-17

Radioaktivna kontaminacija cisternskih voda ^{90}Sr

SAŽETAK: *Kako su cisterne jedini izvor pitke vode u slučaju kontaminacije vodovodne mreže, elementarnih nepogoda, kao i rata (primjer Domovinskoga rata), neophodna je toksikološka kontrola, kao i kontrola radioaktivnosti. Intenzivni atmosferski testovi nuklearnoga oružja šezdesetih godina, te havarija nuklearnoga reaktora u Černobilju (1986. godine), još su i danas uzrok radioaktivne kontaminacije okoliša materijalom koji se deponira iz atmosfere tzv. radioaktivnim oborinama (fallout).*

Cisterne, kao umjetni rezervoari za sakupljanje i spremanje kišnice odlični su kumulativni sakupljači radioaktivnoga materijala. Kako kišnica cisternskih voda ima veoma malo kalcija, ^{90}Sr (koji je u metaboličkim procesima sličan kalciju) u cisternskim je vodama potencijalna opasnost za populaciju koja o njima ovisi. U radu su prikazani rezultati dugogodišnjega istraživanja radioaktivne kontaminacije cisternskih voda ^{90}Sr , te su proračunate doze uslijed unošenja stroncija konzumiranjem cisternske vode.

KLJUČNE RIJEČI: *cisternska voda, radioaktivnost, ^{90}Sr , srednje vrijeme boravka, dozimetrija*

Radioactive Contamination of Cistern Water with ^{90}Sr

ABSTRACT: *Since the cisterns are the only source of potable water in case of water supply network contamination, natural disasters, and war (as in the case of the recent war in Croatia), their toxicological and radioactivity controls are required. Intensive atmospheric testing of nuclear weapons during the sixties, and the Černobil NPP reactor accident (1986), are still causing radioactive contamination of environment with the material deposited from the atmosphere as a fallout.*

The cisterns, the artificial reservoirs for collecting and storage of rain-water, are excellent cumulative collectors of radioactive material. Since the cistern rain-water is poor in calcium, ^{90}Sr (similar to calcium in metabolic processes) from cistern water poses a potential hazard for the population dependent on this water. The paper presents results of a long-time research of radioactive contamination of cistern water with ^{90}Sr , and calculates the strontium doses entered into organism by drinking of cistern water.

KEY WORDS: *cistern water, radioactivity, ^{90}Sr , mean residence time, dosimetry*

Materijal i metode

Lokacije na kojima su sakupljeni uzorci cisternske vode prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Lokacije, koordinate i nadmorska visina sakupljačkih mjesta

Table 1 Locations, coordinates and above sea-level heights of the sampling sites

Lokacija	zemlj. širina (N)	zemlj. dužina (E)	visina (m)
RADIOAKTIVNE OBORINE			
Zadar	44° 06'	15° 15'	2
CISTERNSKA VODA			
Bale	45° 02'	13° 47'	142
Brseč	45° 11'	14° 15'	157
Meja	45° 18'	14° 35'	220
Punat	45° 02'	14° 38'	32
Pag	44° 26'	15° 04'	6
Barić Draga	44° 33'	15° 15'	80
Rovanjska	44° 15'	15° 32'	50
Marina	43° 21'	16° 06'	0
Brela	43° 23'	16° 55'	60
Doli	42° 49'	17° 48'	110
Komaj	42° 32'	18° 19'	179

^{90}Sr se u cisternskim vodama ispituje od 1968. godine /1,2,3/. Za analizu ^{90}Sr uzima se pet litara vode i uz dodatak stroncijeva nosača i dušične kiseline upari na mali volumen. Čišćenjem se odstrane sve nepotrebne primjese, a stroncij se odvoji od kalcija dimećom dušičnom kiselinom. U čistu otopinu stroncija doda se nosač itrija i ostavi oko šesnaest dana da se stvori ravnoteža. Zatim se odvoji ^{90}Y i mjeri na antikoincidentnome brojaču.

Kalibracija efikasnosti izvršena je pomoću radioaktivnih standarda Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Svjetske zdravstvene organizacije (WHO).

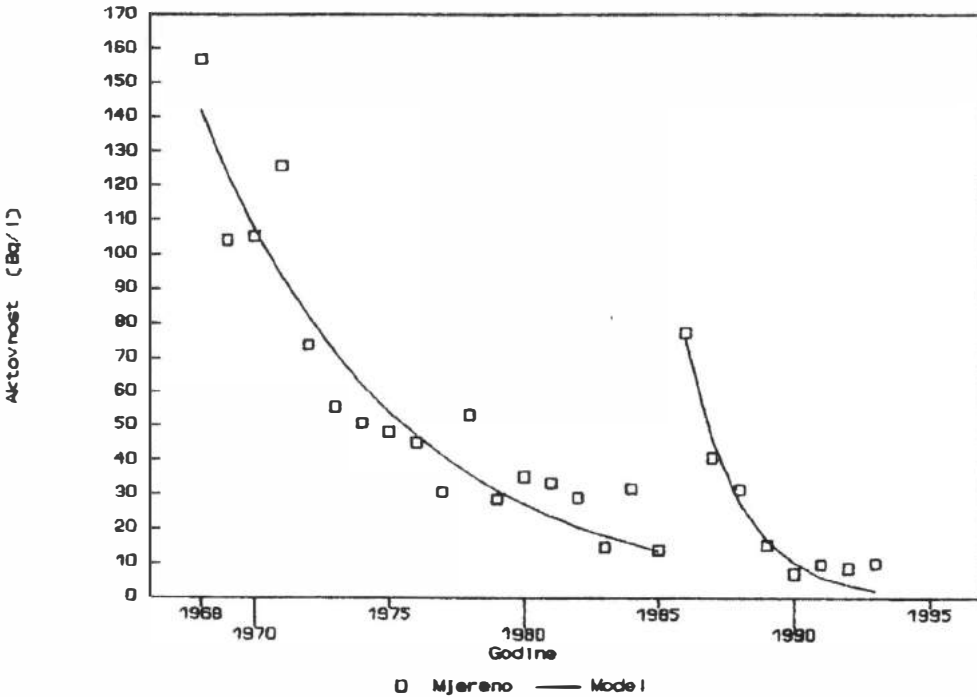
Vrijeme brojanja, ovisno o aktivnosti uzoraka, bilo je 60000 sekundi.

Rezultati i rasprava

Na slici 1. na vremenskoj su skali prikazane prosječne vrijednosti aktivnosti ^{90}Sr u cisternskim vodama. Iako je prosjek računat iz desetak uzoraka od Istre do Dubrovnika, standardne devijacije nikada nisu premašile 30% vrijednosti pripadne prosječne vrijednosti.

Uzroci porasta aktivnosti 1970. i 1978. godine francuske su i kineske nuklearne eksplozije (7.72 i 0.06 Mt). Godine 1986. aktivnost je opet znatno porasla zbog nuklearne nesreće u Čornobilju, kada je oslobođeno ukupno 8×10^{15} Bq ^{90}Sr u atmo sferu /4/.

Radioaktivni materijal oslobođen u atmosferu havarijom čornobiljskoga reaktora (eksplozije parogeneratora, te požar u grafitnom moderatru) nije dospio do stratosfere. Refraktorne komponente (npr. ^{90}Sr) vrlo su se brzo nataložile na tlo (jedan do dva tjedna nakon nesreće), i to najvećim dijelom u relativnoj blizini samoga mjesta nesreće (Ukrajina) /5/. Stoga ^{90}Sr , za razliku od ^{137}Cs i ^{134}Cs , nije globalnim disperzijskim procesima u znatnijim količinama dospio do Hrvatske. Uz to, kasno proljeće i rano ljeto 1986. godine bili su u Hrvatskoj sušni, osobito u Dalmaciji. Hrvatska je zato bila vrlo malo kontaminirana ^{90}Sr /6,7/.



Slika 1 Prosječna aktivnost ^{90}Sr u cisternskim vodama u periodu od 1968. do 1993.
Figure 1 Average ^{90}Sr activity in cistern waters in 1968 to 1993 period

Razlog povišene aktivnosti (u odnosu na ostale odjeljke biosfere) ^{90}Sr u cisternskoj vodi suha je komponenta radioaktivnih oborina (dry fallout). Kako se kišnica sakuplja s vrlo velikih površina (krovovi i sl.) kiša ispere fallout koncentrirajući tako radioaktivni materijal u cisternskoj vodi.

Funkcijskom minimalizacijom eksperimentalni podaci aktivnosti ^{90}Sr u cisternskoj vodi prilagođeni su na eksponencijalnu funkciju oblika:

$$N(t) = N(0) e^{-kt} \quad (1)$$

gdje su:

$A(t)$ aktivnost ^{90}Sr u cisternskim vodama u vrijeme t ,
 $A(0)$ aktivnost ^{90}Sr u cisternskim vodama u vrijeme $t=0$,
 t proteklo vrijeme.

Prema analogiji sa zakonom radioaktivnoga raspada:

$$T_{sr} = \frac{1}{k} \quad (2)$$

T_{sr} srednje je vrijeme boravka ^{90}Sr u cisternskoj vodi, odnosno vrijeme potrebno da koncentracija radioaktivnog materijala padne na $1/e$ početne vrijednosti.

Srednje vrijeme boravka ^{90}Sr u cisternskim vodama u razdoblju 1968-1985. godine, računato iz prosječnih vrijednosti aktivnosti ^{90}Sr u cisternskim vodama, iznosi 7.26 god, a za razdoblje 1986-1993. godine iznosi oko 2 god. To ukazuje na različite mehanizme unošenja radioaktivnoga materijala u atmosferu. Eksplozijama nuklearnoga oružja radioaktivni materijal unosi se u više slojeve atmosfere (stratosferu), a minimalno vrijeme boravka radioaktivnoga materijala unesena u više slojeve stratosfere je 2 godine /8/. Eksplozijom u nuklearnom reaktoru u Čornobilju radioaktivni materijal dospio je tek do troposfere, gdje je vrijeme boravka reda nekoliko mjeseci. Individualna vremena boravka u različitim cisternama računata istom metodom razlikuju se i do 25% za period od 1968 do 1985. godine, ovisno o režimu trošenja vode.

Korelacija između aktivnosti ^{90}Sr u radioaktivnim oborinama sakupljenim u Zadru i prosječne aktivnosti cisternskih voda vrlo je dobra, s koeficijentom korelacije $r = 0.82$ uz vjerojatnost $P(t)$ za 24 stupnja slobode.

Aktivnost ^{90}Sr u cisternskim vodama može se izraziti kao:

$$A_{cist}(t) = 1,07 \times A_{ob}(t) + 14,71 \quad (3)$$

gdje su:

$A_{cist}(t)$ aktivnost cisternske vode (Bqm^{-3}).

A_{ob} aktivnost radioaktivnih oborina po jedinici površine (Bqm^{-2}).

Dozni konverzijski faktor za ^{90}Sr za odraslog čovjeka iznosi $3.3 \times 10^8 \text{ SvBq}^{-1} /9/$. Uz pretpostavku konzumacije 1.0 litre vode dnevno /10/, te da je to cisternska voda, 1986. godine doza bi iznosila $0.9 \mu\text{Svgod}^{-1}$, a 1993. godine samo $0.1 \mu\text{Svgod}^{-1}$. Valja napomenuti da bi se za procjenu ukupne doze prilikom konzumacije cisternske vode u obzir trebao uzeti i doprinos radiocezija (uglavnom radionuklidi ^{134}Cs i ^{137}Cs), što bi vodilo nekoliko puta većim dozama od gore spomenutih.

Ipak, radi se o vrlo malim dozama, budući da prosječno ozračivanje pojedinca na globalnom planu uslijed prirodnog zračenja iznosi oko 2.4 mSv godišnje.

Zaključci

Cisternske vode predstavljaju kumulativni uzorkivač oborinske vode, te zato odličan indikator radioaktivne kontaminacije. Analiza radioaktivnosti cisternskih voda stoga ima značajnu vrijednost pri procjenjivanju stanja radioaktivne kontaminacije okoliša. Vrijeme boravka ^{90}Sr u cisternskim vodama ovisi o mehanizmu kojim je stroncij dospio u atmosferu (atmosferski testovi nuklearnoga oružja, odnosno drugi mehanizmi, npr. nuklearni udesi). Cisternske vode za pojedine su populacije jadranskih regija jedini izvor pitke vode, te je potrebno znati doze koju te populacije ingestijom cisternske vode prime. Doze su uslijed konzumacije isključivo cisternske vode i nakon Čornobiljske nesreće još uvijek vrlo niske, tj. $1/1000$ doze primljene prirodnim zračenjem. U slučaju značajnijih kontaminacija cisternskih voda stroncijem, u kritičnim bi situacijama dodavanje kalcija umanjilo unošenje stroncija u organizam.

Literatura

1. A. Aarkrog, The radiological impact of the Chernobyl debris compared with that from nuclear weapons fallout. *J. Environ. Radioactivity*.1988;**6**:151162.
2. Bauman et al. Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u Republici Hrvatskoj. Zagreb: Institut za Medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu 1968 1994.
3. Z. Franić, M. Maračić and A. Bauman, Radioaktivna kontaminacija cisternske vode duž hrvatske obale Jadranskog mora. *Arh hig rada toksikol.* 1992;**43**:329337.
4. Z. Franić and A. Bauman, Activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Adriatic Sea, *Health Phys.* 1993;**64**:162169.
5. International Commission on Radiological Protection, ICRP. Publication 23. Report of the Task Group on Reference Man. Oxford: Pergamon Press 1974.
6. International Commission on Radiological Protection, ICRP. Publication 56. Age dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides. Oxford: Pergamon Press 1989.
7. Popović, V. (Editor). Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Beograd: Savezni komitet za rad, zdravstvo i socijalnu politiku 1968. 1987.
8. Safety Series No. 75-INSAG-1. Summary Report on the PostAccident Review Meeting on the Chernobyl Accident. Vienna: International Atomic Energy Agency 1986.
9. United Nations Environment Programme (UNEP), Mediterranean action plan: *Assessment of the state of pollution in the Mediterranean Sea by radioactive substances*, UNEP, Athens 1991.
10. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, 1982 Report to the General Assembly, With Annexes. New York: United Nations 1982.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Čiček

R 2-18

Javno zdravstveni i zdravstveno higijenski aspekti zaštite vodotoka

SAŽETAK: *Razmatraju se neki osnovni aspekti javno zdravstvenoga i zdravstveno ekološkog značaja vodotoka u Republici Hrvatskoj, te njihove posljedice.*

Daju se prijedlozi za osuvremenjivanje i novelaciju postojeće zakonske regulative za ovu problematiku kao i prijedlozi za izradu nužnih novih propisa.

Upozorava se na neke nove spoznaje i momente relevantne za zaštitu javno zdravstvenih interesa na vodotocima i zahtjevi za njihovu učinkovitiju zaštitu.

KLJUČNE RIJEČI: *vodotoci - javno zdravstveni aspekti vodotoci-zdravstveno ekološki aspekti novelacija zakonske regulative kemijska vremenska bomba*

Public Health and Environmental Health Aspects of Streamflows Protection in the Republic of Croatia

ABSTRACT: *The basic aspects of the public health and environmental health of the Croatian streamflows and their consequences are discussed.*

The proposals are given for modernization and updating of the existing regulations on the subject, and the proposals for development of the necessary new legislation.

Some new information relevant for protection of public health on the streamflows is highlighted, and the requirements stated for effective protection of streamflows.

KEY WORDS: *streamflows-public health aspects, streamflows-environmental health aspects, regulations updating, chemical time-bomb*

Uvod

Javno zdravstveni značaj vode najbolje se može ilustrirati činjenicom da je ona jedna od esencijalnih tvari za život čovjeka i biosfere uopće. Tako, primjerice, čovjek ukoliko nema zraka umire za nekoliko minuta, bez vode za nekoliko dana, a bez hrane za nekoliko tjedana. Voda je sastavni i dominantni dio ljudskog organizma (čini 75% tjelesnog sastava). Voda je za čovjeka dakle, element za nadoknadu i održavanje organizma (piće), živežna namirnica i medij za pripremu hrane, elementarni medij za održavanje osobne, stambene i komunalne higijene, medij rekreacije (plivanje, ronjenje, sportovi na vodi, ribolov, lov itd.). Stoga nije čudo da se u neposrednoj blizini voda "kolijevci života" i niknule najznačajnije civilizacije u ljudskoj povjesti u porječju rijeka (Nil, Mezopotamija, Eufkrat, Tigris, Ganges, JangcekJang itd.). Čovjek je zarana uočio elementarni značaj vode za život, ali je nažalost mnogo kasnije uočio i značenje njenog onečišćenja za vlastito zdravlje i širu okolinu (velike hidrične epidemije, pandemijskih razmjera koje su decimirale ljudski rad).

U organiziranom ljudskom društvu, stvaranjem naselja znatno su se povećavale potrebe i korištenje vode. To je stvorilo nove probleme dovođenja i osiguranja potrebnih količina vode (Babilonski vrtovi, Aqueducti itd.), ali istodobno i mnogo intenzivnije antropogene utjecaje na njihovu kvalitetu što slikovito predstavlja piljenje grane na kojoj se sjedi. U toj prvoj fazi antropogenoga utjecaja na vode dominirala je kontaminacija voda ljudskim ekskretima i razređenim otpadnim vodama kućanstva - dakle pretežito bakterijska, virusna i protozolna kontaminacija. (Van Levenhuk - ovo otkriće leće, a kasnije mikroskopa, pokazalo je čovjeku da u kapi vode vrvi buran život). Praotac medicine, grčki liječnik Hipokrat spekulacijom je utvrdio pojam "mijazme" kužnost zraka i vode kao razlogom izbivanja epidemija. U svojem epohalnom prvijencu zdravstvene ekologije - raspravi o vodi, zraku i tlu i njihovom utjecaju na zdravlje daje već praktična uputstva mladom liječniku koji prvi put dolazi u njemu nepoznat kraj u službu na što sve od činitelja okoline valja obratiti pažnju iz okoline, a što može utjecati na zdravlje pri čemu je voda na nekoliko mjesta navedena da imade ključno mjesto.

Dakle, u prvoj znanstvenoj fazi rješavanja odnosa čovjek, voda, zdravlje, osnovnu je i odlučnu riječ imala pramedicina, posebice antička.

Eksplozivni razvoj biologije i njenih disciplina stavio je mnoge stvari na svoje mjesto u biosferi, pa tako i biologiju vode. To je stvorilo euforiju i donijelo mnoge korisne spoznaje i omogućilo sagledavanje čovjekova utjecaja na vlastitu okolinu, a posebice na vode.

Biologija i kasnije ekologija (E. Haeckl) tumače već ekosisteme i međuodnose u njima te floru i faunu. One su u tome dale značajan doprinos razumijevanju nastajanja poremećaja i posljedica tih poremećaja, ali su nekritički uletjele i u tumačenje svega toga i na čovjeka. Polazeći jasno od svojih općih zakonitosti i pokušavajući čovjeka subsumirati pod te zakonitosti, zaboravljajući pritom neke bitne razlike i odlike homo sapiensa u ekosferi i biosferi, a to je sociološka okolina, psihologijski i zdravstveni aspekti te razvoj ljudskoga društva.

Industrijskim i daljnjim tehnološkim razvojem ubacuje se u okolinu svakodnevno toliko novih tvari da klasične ekološke i biološke discipline nemaju ni teoretsku šansu da prouče njihove cikluse u okolini pojedinačno i u interakciji s drugim tvarima i agensima, kao i njihov mogući utjecaj na sve čimbenike ekosistema, a posebice na čovjeka. Za razliku od takvoga općega globalnoga pristupa zdravstvene ekologije, i higijena okoline ovom problemu pristupa krajnje antropocentrično i pragmatički, a

to je razumljivo. To bitno razlikuje njihove pristupe i njihova gledanja na isti medij, primjerice vodu. Dok biologija u nekoj površinskoj vodi nastoji utvrditi oblike i vrste flore i faune i njihove biološke značajke i eventualne poremećaje, dotle to medicinsku ekologiju ne zanima osim u mjeri u kojoj se ona može koristiti čovjeku. To se ocjenjuje s obzirom na organoleptička svojstva i higijenske kriterije, a za njih je bitno i relevantno odsustvo bilo kakvih štetnih tvari ili agenasa na ljudsko zdravlje u bilo kojem vidu korištenja te vode. Prema tome, rakursi ocjene vode medicine i biologije i relevantni elementi dijametralno su suprotni. Stoga je i razumljivo da mora neminovno dolaziti do razmimoilaženja oko ocjene kvalitete vode, a naročito se to odnosi na površinske vode.

Da bi se zaštitila okolina, pa tako i vode, društvo razvija razne mehanizme i strategije, od reguliranja pravila ponašanja pojedinca, djelatnosti, zajednica i država unutar ljudske zajednice na zemlji.

U strategijama zakonske regulative zaštite voda, osnovna namjena vode (opet antropocentrični pristup) određuje njene kategorije, vrste kvalitete, a time i režime ponašanja i eventualno dozvoljena opterećenja. U tom normiranju uvelike su zapostavljeni ekološki kriteriji, a postojeća regulativa u tom području u nas je nedostatna i uglavnom zastarjela.

Svrha i cilj

Svrha i cilj rada je da ukaže na javno zdravstvene i zdravstveno higijenske aspekte zaštite voda u nas kao i neke nove značajke u ovoj problematici, a koje su u drugim disciplinama i djelatnostima, kako bi se kroz inter i multidisciplinarnu interakciju doprinjelo njihovom uspješnijem rješavanju.

Metoda rada

U radu se osim osobnih iskustava autora i analize stanja u području zaštite vodotoka u nas metodama komparacije i dedukacije daje sinteza i na osnovu nje konkretni prijedlozi za unapređenje stanja.

Stanje u nas

Kako je poznato, praktična svi vodotoci u Republici Hrvatskoj, osim manjega dijela od izvorišta, odgovaraju propisanoj zakonskoj vrsti, dok su u daljnjem dijelu tokova za vrstu, a često i dvije lošije - niže. Slična situacija je u odnosu na propisanu zakonsku kvalitetu. Sa javno zdravstvenog interesa još su značajnije od površinskih voda šljunčare i akumulacijska jezera (za energetske i vodoopskrbne potrebe). Pri tome su šljunčare često "izvan zakona", odnosno nisu predmetom propisivanja vrsta - kategorija kvalitete. Na svu sreću, naročito u nekim kontinentalnim područjima Hrvatske, to su još najmanje onečišćene vode. Ovdje valja ubrojiti i ribnjčarske vode koje također imaju javno zdravstveno značenje.

Koji su najznačajniji vidovi zagađenja površinskih vodotoka u nas s javno zdravstvenog aspekta?

Stereotipno se osnovnim izvorom zagađenja navode otpadne komunalne vode, industrijske otpadne vode, nekontrolirane dispozicijja, krute i tekuće otpadne tvari, najčešće glomaznog otpada, te u nas dosta često bacanje u površinske vodotoke uginulih životinja - stoke, te glomaznog otpada.

Od ostalih vidova i izvora zagađenja od zdravstveno ekološkog značaja su zagađenja ispiranjem poljoprivrednih površina, zagađenja voda pticama, naročito močvaricama,

i pticama koje žive na vodi, zagađenja čovjekovim direktnim aktivnostima na tim vodama kao što su rekreacijske i sportske aktivnosti, ali i privredne aktivnosti akva kultura, primjerice, zagađenja životinjama (primjerice glodari - leptospire), zagađenje površinskih voda aerozagađenjima, (zagađenje voda) ispiranjem deponija u slivnom području vodotoka (procjedne vode).

Koji su najznačajniji agensi od javnoga zdravstvenog interesa u zagađenim vodotocima?

Od bioloških agenasa najznačajniji su:

- bakteriološka zagađenja najčešće patogenim bakterijama koje uzrokuju zarazne bolesti probavnog sustava (shigele - uzročnici dizenterije, salmonelle - tifusa, esherichia coli - proljevi itd.
- virusna zagađenja, najčešće patogenim enterovirusima uzročnicima hepatitisa A - zarazna žutica, poliomielitisa,
- zagađenja prazivima (amebe, papučice, leptospire)
- zagađenja parazitima.

Moderno doba karakterizirano je s sve značajnijim i učestalijim kemijskim zagađenjem površinskih voda i sedimenta direktno ili indirektno preko kontaminiranog tla.

Kemijske kontaminacije koje je stvorio čovjek u vodi, sedimentu i tlu nakupljaju se u proteklih 2.000 godina. U početku su najveću pažnju čovjeka privlačila zagađenja teškim metalima.

Od industrijske revolucije, unazad 200 godina, kontaminacija okoline industrijskim, komercijalnim i kućanskim kemikalijama se stalno povećava. To zagađenje širenjem vodom, sedimentom i tlom gubi svoje prvobitne karakteristike lokalnoga zagađenja i poprima globalne značajke.

Često se, uz isticanje ekonomskih koristi upotrebe kemijskih sredstava koja je često nekritična i nestručna, naročito u nas, naglašavaju te neposredno kratkotrajne koristi, a zaboravlja se na manje vidljive i dugoročne socijalno javno zdravstvene posljedice i troškove.

Stoga se u modernoj ekotoksikološkoj i ekopidemiološkoj literaturi uvodi i koristi pojam kemijske vremenske bombe (KVB). Pod kemijskom vremenskom bombom (KVB) podrazumijevaju se zbivanja i lanci zakašnjelih i iznenadnih posljedica i štetni učinci zbog mobilizacije kemikalija iz tla i sedimenta u vodu i ostale medije.

Ekosistemi, pa tako i površinske vode imaju kapacitet puferiranja raznih učinaka kemikalija. Te puferske sisteme čine imobilizacija (retencija) zagađivačima ili ograničenje njihove biovaljanosti - biovrijednosti. Samo onda kad je puferi kapacitet ekosistema premalen da zadrži štetne učinke kemijskog zagađenja nastupaju neposredne posljedice za čovjeka i okolinu.

Druga je značajka KVB da štetni učinci nisu sinhroni s vremenom kroz koje se zagađenje apsorbira u ekosistem, tako da se popratni učinci ne mogu očekivati ili zamijeniti neposredno. Jasno, ovo ne vrijedi za kemikalije sa manifestnim akutnim ekotoksičnim učincima. U opreci KVB aktivni učinci manifestiraju su kašnjenjem jer kemikalije ulaze u ekosistem gdje se akumuliraju.

Treća značajka KVB je da se razni učinci manifestiraju nakon perioda latencije kašnjenja - uz iznenadne učinke, a vremenska skala između inicijalne akumulacije i manifestacije učinaka je kratka. Takve manifestacije mogu imati dvije vremenske skale, jedna se postupnim izazivanjem oštećenja i popratnih učinaka (spajanje kemij-

ske vremenske bombe), a drugi mehanizam se manifestira brzom vremenskom skalom, a čiji se učinak manifestira eksplozivno.

Treća vrsta učinaka KVB karakterizirana je diskontuiranim linearnim učincima. Pri tome interakcije u ekosistemu nisu uobičajene vulnerabilnosti - ranjivosti, već učinci postepeno rastu. Jednom kad se pređe vulnerabilnost kod neke točke praga za neki sustav koji sadrži kemikalije, nastaju drugačije reakcije i učinci nego prije.

Zemlja je koja je prva iskusila razne modalitete nastanka KVB je Holandija, u kojoj se posljednjih dvadeset godina intenzivno razvila ekotoksikologija, a naročito voda, ondje je zabilježeno da više od polovine, a u mnogim slučajevima i 90% kemikalija koje ulaze u okolinu nemaju vidljiv direktan učinak. Kemikalije ulaze u sediment, tlo i vodu i potom izazivaju dugoročne i dugotrajne probleme. Holandija se s tom ostavštinom prošlosti bori već dvadesetak godina (to je zemlja sa najvećim brojem automobila po km površine u Europi i najvišom proizvodnjom po stanovniku i po hektaru). Stoga nije čudo da iz te zemlje stižu upozorenja i inicijative da se prikaže i rasvijetli i ova tamna strana razvoja. Zbog izuzetno dinamičnih promjena i korištenja biosfere i njenih osnovnih komponenti, zraka, vode i tla, podzemne vode i mora, odloženi odgovor ovih dijelova ekosistema tla, sedimenta u površinskim vodama i podzemnih voda na kemikalije predmet su značajnih znanstvenih istraživanja. Njihova prisutnost, kao potencijalne kemijske bombe, može ugroziti i zaustaviti budućnost i mogućnosti korištenja biosfere. Zbog toga je Holandsko ministarstvo zaštite okoline i zdravlja u suradnji s Institute for Applied Safety Analysis (IASA) pokrenulo projekt s kolokvijalnim nazivom Kemijske vremenske bombe u Europi uz učešće preko 40 znanstvenika i podršku UNEP-a. Na osnovi utvrđenih definicija, vrste zagađenja, percepcije mogućeg razvoja, označavaju se vulnerabilna područja i prikupljaju potrebni podaci. Jedna je od odabranih regija porječje slijeva Dunava.

Rasprava

Kako je iz izloženog vidljivo, zastupanje javno zdravstvenih interesa i zdravstveno ekoloških potreba u zaštiti vodotoka u nas nije institucionalizirano. Vjerojatno se podrazumijeva da to čini svaka strana u svom segmentu vodoprivrede, hidrogeologija, biologija, veterina, tehnološko inženjerstvo itd. Međutim, kako je to u praksi?

U praksi ta zaštita gotovo i ne postoji. Nije stvoren ni zatvoren sustav nužnih informacija bitnih za taj sustav ni suradnju svih stručnjaka koji djeluju na tim interesima i multidisciplinarnim područjima. Tako primjerice, veterinarska služba - struka prati leptospiroze, trihineloze i druge antropozoonoze u životinja, biolozi proučavaju njihovu učestalost, proširenost i prisustvo u površinskim vodama u nas, a ti podaci uopće ne dolaze u relevantne javno zdravstvene službe koje bi na osnovu njih morale obavještavati stanovništvo, educirati ga i poduzimati preventivne i sanacijske akcije, a ne da zdravstvo bude na kraju toga lanca i liječi posljedice - oboljele. Kako navedene bolesti ne spadaju u obvezu posebnog prijavljivanja, unutar zdravstvene djelatnosti ne postoji dotok informacija u toj problematici u javno zdravstvene - preventivno medicinske ustanove. Pa kako onda netko može štiti javno zdravstvene interese?

Tako imamo pojavu da je »jači interes-viši interes« - primjerice lokacija nesantitarne i često ilegalne deponije otpadne tvari u dotoku ili u zaštitnoj zoni izvorišta pitkih voda i da se time najdirektnije ugrožavaju javno zdravstveni interesi, a da zdravstvenu djelatnost nitko u to i ne uključuje svjesno izbjegavajući nekoga tko bi takva »rješenja mogao osporiti«.

Javno zdravstveni interes često se svodi na puku formalnost kontrole higijenske ispravnosti vodoopskrbe, bez bilo kakve mogućnosti da se djeluje preventivno od

strane zdravstvene ekologije. Zar nije paradoksalno da u izradi i ocjeni vodoprivredne osnove u pravilu ne sudjeluje ni jedna preventivna medicinska ustanova ni specijalist zdravstvene ekologije!?

Na kraju kompletna regulativa zaštite voda s aspekta javnog zdravstva insuficijentna je. Osim Zakona o vodama i Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće, te Uredbe o maksimalno dopuštenim koncentracijama štetnih tvari u priobalnom moru i podzemnim vodama, praktički nema nikakve regulative ovoj problematici. Pri tome je nužno naglasiti potrebu normativnog reguliranja proizvodnje, prometa i uporabe kemikalija, definiranja higijensko sanitarnih kriterija kvalitete rekreacijskih površinskih voda, definiranje higijensko sanitarnih kriterija "sirove vode" namijenjenih vodoopskrbi, maksimalno dopuštene koncentracije tvari u pitkim vodama, rekreacijskim vodama, revizija kriterija za kategorizaciju vodotoka u Republici Hrvatskoj i sa javno zdravstvenog aspekta jer su postojeći veoma zastarjeli i nekompetentni za zaštitu javno zdravstvenih interesa (temeljeni su uglavnom na coli titru - odnosno broju koliformnih bakterija, a što očito nije dovoljno da odredi njihovu osnovnu namjenu za vodoopskrbu) kemijski kontaminanti nisu uopće u to uključeni.

Nužno je normativno regulirati uspostavu jedinstvenoga informacijskoga sustava o kvaliteti i svim podacima istraživanja i praćenja pojedinih parametara ili agenasa od javnog zdravstvenoga interesa. Npr. podaci veterinarske službe o kontaminaciji površinskih voda leptospirama itd. To podrazumijeva dostavljanje rezultata analize i praćenja kvalitete vodotoka kako bi se oni mogli povezati s informacijskim sustavom o pobolu i umiranju stanovništva u nas i tako uočiti eventualne zakašnjele efekte i poduzeti preventivne mjere u budućnosti, a što je jedna od temeljnih funkcija javnoga zdravstva i zdravstvene ekologije.

U posljednje vrijeme u nas se javlja i nov problem zaštite kvalitete akumulacije pitkih voda od ptica močvarica koje slijeću na nesantitarne deponije i zagađene vodotokove, a potom to zagađenje prenose na resurse - akumulacije pitkih voda. Ovaj interdisciplinarni i multidisciplinarni problem valjat će što prije riješiti.

Zaključci

1. Nužno je u nas osuvremeniti i nadopuniti postojeću zakonsku regulativu zaštite vodotoka u skladu sa suvremenim spoznajama zdravstvene ekologije uz uključivanje javno zdravstvenih interesa.
2. Potrebno je izraditi i donijeti brojne nove propise o zaštiti vodotoka u svezi s njihovom kompleksnom namjenom i zaštitom, i sa zaštitom javno zdravstvenih interesa.
3. U praktičnoj zaštiti vodotoka sa zdravstveno ekoloških aspekata valja pronaći adekvatna rješenja za onemogućavanje onečišćenja čistih nezagađenih površinskih voda pticama i životinjama koje sa smetlišta i odlagališta otpadne tvari dolaze na takve vode i izazivaju njihovo onečišćenje i predstavljaju potencijalnu epidemiološku opasnost i ugrožavaju javno zdravstvene interese.
4. U višenamjenskom korištenju vodotokova prioritet bi trebali imati javno zdravstveni interesi u prvom redu za potrebe vodoopskrbe što je i dosad bila fraza, ali bez adekvatne primjene u praksi.

Literatura

1. Human viruses in water, wastewater and soil. Report of WHO Scientific Group. World Health Organisation. Technical Report Series 639 Geneva 1979.
2. Guidelines for health related monitoring of coastal water quality, World Health Organisation. Regional office for Europe, Copenhagen, 1977.
3. Annual Report (1985-1986) Research Center for Environmental Health Sciences. Institute of Environmental Health College of Medicine University of Cincinnati, Ohio, 1986.
4. Indicators of viruses in water and food edit. Gerald Berg, Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan, 1988.
5. Čiček J.: Ekologija enterovirusa s posebnim osvrtom na virus hepatitisa. Dani Kliničkog bolničkog centra, Zagreb, lipanj 1983.
6. Čiček J.: Principles and criteria for the protection of water against pollution from hospital in the Mediterranean Coastal region. International Regional Conference. Pollution of the Mediterranean 2-5.10.1985., Split.
7. Čiček, J.: Disposal of waste from sewage system in the region of mariculture from the aspect of public health. International Symposium of Medical Oceanography, Nice, 9-12.10.1985.
8. Čiček J.: Some public health problems related to disposal of waste water in recreational areas of the Adriatic Coast region. International Symposium of Medical Oceanography, Nice, 9-12.10.1985.
12. Čiček J.: Neki ekološki i javno zdravstveni aspekti turizma u Hrvatskoj. Jugoslavensko savjetovanje: Zaštita i unapređivanje čovjekove okoline u funkciji razvoja turizma u Jugoslaviji, travanj 1987.
10. Šimić, J., Čiček J.: Zagađenje rijeke Save prilikom odleđivanja pritoka. Savjetovanje JAZU: Rijeka Sava - zaštita i korištenje voda, Zagreb, prosinac 1987.
11. Čiček J., Tončić Z., Šimić J.: Utjecaj zagađene vode rijeke Save prilikom odleđivanja pritoka na vodoopskrbu Ivanić Grada. Savjetovanje JAZU: Rijeka Sava - zaštita i korištenje voda, Zagreb, prosinac 1987.
12. Šimić J., Čiček J., Hak Čorić N., Brundić D., Ostrogonac - Ramljak E.: Rezultati praćenja koncentracije teških metala i nemetala u vodi rijeke Save. Savjetovanje JAZU: Rijeka Sava - zaštita i korištenje voda, Zagreb, prosinac 1987.
13. Čiček J.: Zaštita voda u miru i izvanrednim situacijama. Civilna zaštita 90/2, Zagreb, prosinac 1990, 131-134.
14. Čiček J.: Smetlište Jakuševac, ekološki problem grada Zagreba, Odnos prema crpilištu Črnkovec. Zagrebačka vodoprivreda 27 : 1988, 52-53.
15. Čiček J.: Principles and criteria for the protection of water against pollution from hospitals in the Mediterranean coastal region. Water Science and Research, 18, 1987., 167-277.
16. Čiček J., Tončić Z., Sviličić M.: Rezultati ispitivanja kvalitete vode budućeg crpilišta Črnkovec. Zagrebačka vodoprivreda, 7, 1988, 26, 21-23.
17. Čiček J., Knaffl E.: Završni izvještaj istraživanja utjecaja odlagališta otpada Jakuševac na podzemne vode i zemljište, Elektroprivreda Zagreb i Zavod za zaštitu zdravlja grada Zagreba, Zagreb, 1989.
18. Čiček J.: Elaborat u povodu deponiranja bačvi industrijskog otpada na deponiju komunalnog otpada u Pribislavcima kod Čakovca, Zavod za zaštitu zdravlja grada Zagreba, 1989.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Dragutin Gereš

R 2-19

Ekološko i zdravstveno značenje aluminija u prirodnoj i pitkoj vodi

SAŽETAK: *Aluminij - Al prisutan je u prirodnim vodama, Al je hidrolizirajući metal i relativno je netopljiv u neutralnim pH uvjetima. Međutim, u kiselim se ili alkalnim uvjetima i / ili u prisutnosti kompleksnih agenata topivost Al mijenja, pa postoje mogućnosti biokemijskih transformacija. Razmatraju se ekološke posljedice povišenih koncentracija otopljenog Al. U tlu i vodi Al pokazuje razne oblike koji se razlikuju u kemijskim i biološkim reakcijama. Al se uvijek smatrao i smatra se benignim elementom. Al ne utječe na zdravstveno stanje ljudi u normalnim uvjetima. Prikazuje se učinak Al u vodi kao npr. Al soli, koje se uobičajeno koriste u pročišćavanju vode za javnu upotrebu. Spojevi Al koriste se kao koagulanti u procesu pročišćavanja sirove vode. Rezidualni Al u vodi je uvijek vrlo nizak.*

KLJUČNE RIJEČI: *aluminij, priroda, pitka voda, koagulacija, standardi.*

Environmental and Health Significance of Aluminum in Natural and Potable Water

ABSTRACT: *Aluminum, Al, is present in natural waters. It is hydrolyzing metal and comparatively insoluble in neutral pH conditions. However, under acid or alkaline conditions and/or in presence of complex agents its solubility changes, opening the possibilities for biochemical transformations. The ecological consequences are considered of increased concentrations of dissolved Al. Al in soil and water has various forms differing relative to the chemical and biological reactions. Al has always been considered a benign element. There are no indications of Al affecting the public health under normal conditions. The effect of Al in water is described, eg. the Al salts which are generally used in the public water supply systems. The Al compounds are used as coagulates in the raw water treatment. The residual Al has always been low in the water.*

KEY WORDS: *aluminum, nature, potable water, coagulation, standards*

1. Uvod

Aluminij (Al) prisutan je u prirodi, treći je po zastupljenostima među elementima i čini oko 8% sadržaja zemljine kore. Pojavljuje se u tlu i mineralima kao oksid ili češće kao aluminijev silikat. Aluminij se pojavljuje u prirodnim vodama u određenim količinama. U sirovoj vodi prisutan je zbog otapanja prirodnih minerala. Al je jako hidrolizirajući metal i relativno netopljiv u neutralnim pH uvjetima.

Glavni izvori Al u čovjekovu okolišu jesu: procjedne vode, podzemne ili površinske vode, ostaci u hrani, posude za spremanje hrane, ambalaža prehrambenih artikala, neadekvatno doziranje soli Al u procesu koagulacije i flokulacije pri pročišćavanju voda. Od nabrojanih izvora, samo prvi i posljednji direktno uvode Al u prirodnu i pitku vodu. Procijenjena srednja veličina unosa je oko 20 mg Al / dan. U pitkoj je vodi količina obično ispod 0,2 mg Al / l.

Aluminij se smatra benignim elementom. Direktiva Europske zajednice iz 1984. god. propisuje maksimalnu prihvatljivu koncentraciju aluminija od 0,20 mg / l. Svjetska zdravstvena organizacija - WHO preporuča istu vrijednost u pitkoj vodi. Prema normativima u Republici Hrvatskoj najviša dopuštena koncentracija - MDK također je 0,2 mg/l Al.

2. Ekološko značenje aluminija u prirodnim vodama

Aluminij u prirodnu vodu dolazi otopinom prirodnih materijala. Zbog ekoloških efekata povišenoga sadržaja Al u vodi potrebno je nužno poznavati kemizam Al u vodi: hidrolize, reakcije s F^- , SO_4^{2-} i organske veze u prirodnim vodama.

U rijekama, jezerima, akumulacijama i u podzemnim vodama koje nisu izložene antropogenom onečišćenju, koncentracije su otopljenog Al niske. Međutim onečišćenje od industrije dovodi do kiselih kiša / snijega, koje mobiliziraju Al iz tla i na taj način povećavaju koncentracije Al u prirodnim vodama.

Kisele oborine mogu povećati potencijalnu opasnost za čovjeka zbog toksičnih metala (u hrani i vodi) i u nekim se slučajevima događa povećanje konverzije metala u toksičnije oblike (Pb, Hg, Al, Cd, Cu). Uvođenje jakih kiselina, npr. H_2SO_4 , HNO_3 iz atmosfere djeluje na prirodne procese u tlu. Ukupna neutralizacija postiže se otapanjem ili izmjenom bazičnih kationa i / ili zadržavanjem (retencijom) kiselih aniona u površinskoj vodi. Kad su ti procesi ograničeni, neutralizacija je nekompletna i kiselici kationi (H^+ , Al^{n+}) prenose se iz tla u vodu.

Odvajanjem organskih i anorganskih vrsta Al iz otopine tla iz raznih dubina, utvrdilo se da je većina vrsta bila organski Al, te da je koncentracija organskih Al vrsta u linearnoj korelaciji s otopljenim organskim ugljikom (diss. organic carbon - DOC). Organske Al vrste opadaju s porastom dubine tla.

Povišena koncentracija Al u razrijeđenoj kiseljoj vodi potiče ekološke odnose jer je Al važan pH pufer. Usto, Al može uzrokovati pokretanje važnih elemenata, kao fosfora i organskoga ugljika. Visoka koncentracija Al potencijalno je toksična za akvatične organizme, kao ribe, insekte, ljuskare i planktone u prirodnoj vodi.

3. Zdravstveni aspekti aluminija

Aluminij se ne pojavljuje kao osnovni čovjekov nutrijent. Al soli se u normalnim uvjetima ne apsorbiraju iz hrane i vode. U normalnim uvjetima Al ne izaziva zdravstvene probleme i ne apsorbira se u organizmu, brzo se izlučuje iz organizma. Kad je Al u mogućnosti prodrijeti u čovjekov metabolizam, postoji mogućnost nastajanja uvjeta za razvoj ALS - Parkinson - dementia kompleksa, bubrežnih poteškoća, encefalopatije izazvane Al u industriji i Alzheimerove bolesti.

4. Hrvatski i međunarodni standardi

Spojevi aluminija ne pokazuju štetne posljedice za zdravlje ljudi. Sadašnja dopuštena maksimalna koncentracija Al u pitkoj vodi od 0,20 mg / l usvojena je od više zemalja ili institucija - WHO, EEC itd. Vrijednost 0,20 mg / l nije bazirana na zdravstvenim razlozima, već više na estetskim, jer taloženje aluminijskih flokula u distribucijskom sustavu može uzrokovati probleme nečistoće vode. Kad se rezidualni Al akumulira u distribucijskome vodovodnome sustavu, posebno pri malim protokama, formira se talog s željezom, manganom i silikatima. Talog može doći do korisnika u slučaju promjene protoka, a tada je izgled vode estetski neprihvatljiv.

Tablica 1: Dopuštene koncentracije aluminija u pitkoj vodi .

Table 1: Standards for Aluminium in Drinking Water

Parametar	Jedinica mjere	Republika Hrvatska		WHO		EC	
		preporuka	MDK	preporuka	MDK	preporuka	MDK
Aluminij	mg/l	-	0,2	-	0,2	0,05	0,2

Napomena: Preporuka- preporučljiva najviša koncentracija

MDK - maksimalna dopuštena koncentracija

WHO - Svjetska zdravstvena organizacija (UN)

EC - Europska zajednica

5. Proces pročišćavanja vode s aluminijevim koagulantima

Al-spojevi već se dugo koriste kao koagulanti u postupku pročišćavanja za javnu upotrebu. Al koagulanti u reakciji s vodom stvaraju više produkata hidrolize. Upotrebljivost Al koagulanata dolazi od ključne uloge produkata hidrolize u različitim mehanizmima sadržanih u koagulaciji koloidnih čestica, kao što su gline i taloženje topljivih supstancija koje uzrokuju "organsku boju". Netopivi Al produkti hidrolize posebno su važni u koagulaciji vode relativno niske mutnoće. Individualne karakteristike čestica u suspenziji odstranjuju se adsorpcijom produkata hidrolize u kratkome vremenu nakon dodavanja koagulanta i sustav se gotovo ne razlikuje od sustava koagulacije Al hidroksidom. Važna funkcija istaloženoga Al hidroksida u tome je što ubrzava kinetiku koagulacije zbog većega broja čestica.

Kompleksna grupa organskih sastojaka od kojih nastaje "organska boja" u prirodnoj vodi, jesu u vodi topivi dijelovi humusa u tlu koji se često nazivaju huminskim kiselinama. Termin opisuje grupu sastojaka sličnih svojstava, a ne pojedinačnu supstanciju. Otklanjanje organskih boja može se definirati kao proces kemijskoga taloženja u kojem postoji direktan odnos između koncentracije huminskih kiselina i količine Al sulfata potrebnoga za otklanjanje huminskih kiselina.

Iz uloge produkata hidrolize aluminija u koagulaciji slijedi da je važna pH kontrola. Koncentracija organske boje i pH glavni su faktori koji određuju uvjete pročišćavanja vode. Optimalna vrijednost pH za pročišćavanje površinskih voda obično je u rasponu 6,5 - 7,5. Niže vrijednosti pH (5,3-6,5) nužne su za pročišćavanje vode s većim sadržajem sastojaka koji daju boju sirovnoj vodi.

Optimalan proces pročišćavanja postiže se ne samo u odnosu na konačnu mutnoću i boju, već i u odnosu koncentracije rezidualnoga aluminija. Direktive Europske zajednice za kvalitetu vode preporučuju graničnu vrijednost boje i muteži u vodi koja se isporučuje potrošačima od 20 mg / l (Pt / Co skale, 4 jedinice mutnoće (NTU), te aluminija 0,2 mg / l Al.

Al koagulantni imaju definitivne prednosti pred drugim koagulantima u odnosu na otklanjanje boje. Njihov je nedostatak formiranje, u određenim uvjetima, prilično malih, nestabilnih flokula. Ta poteškoća može se otkloniti upotrebom odgovarajućih polielektrolitskih koagulanata ili u nekim slučajevima, upotrebom polimernih oblika Al koagulanata.

Od 1970-tih godina uvodi se u proces pročišćavanja pitke vode aluminijev poliklorid - APK, unatoč relativno visokoj cijeni. APK je 2-2,5 puta skuplji od otopine Al sulfata po jedinici težine aluminija. I uz tu razliku u cijeni sve se više koristi u postupcima koagulacije.

Tablica 2: Usporedba koagulanata: cijena po jedinici volumena pročišćene vode
Table 2.: Comparison of Coagulants: Cost Ratios For Treating Unit Volume

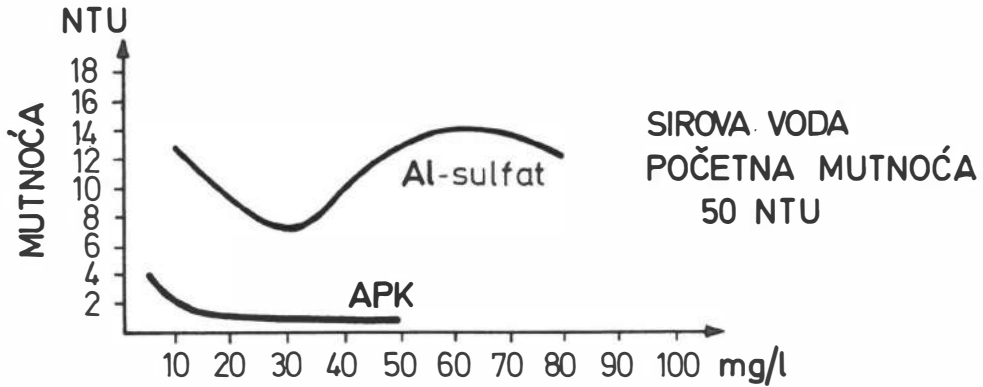
KVALITET SIROVE VODE	CIJENA		
	APK	Al sulfat	(Fe sulfat)C
Dobar	1,65	2,50	(1,10)
Srednja mutež	1,88	2,20	(1,25)
Velika mutež	1,20	1,00	(*)
Alge-srednja količina	3,00	3,36	(1,35)
Alge-visoka koncentracija	1,07	1,00	(*)

NAPOMENA: (*) Fe sulfat ne upotrebljava se u uvjetima velike muteži ili visoke koncentracije algi.

Izvor: Packham and Ratnayaka, 1992.

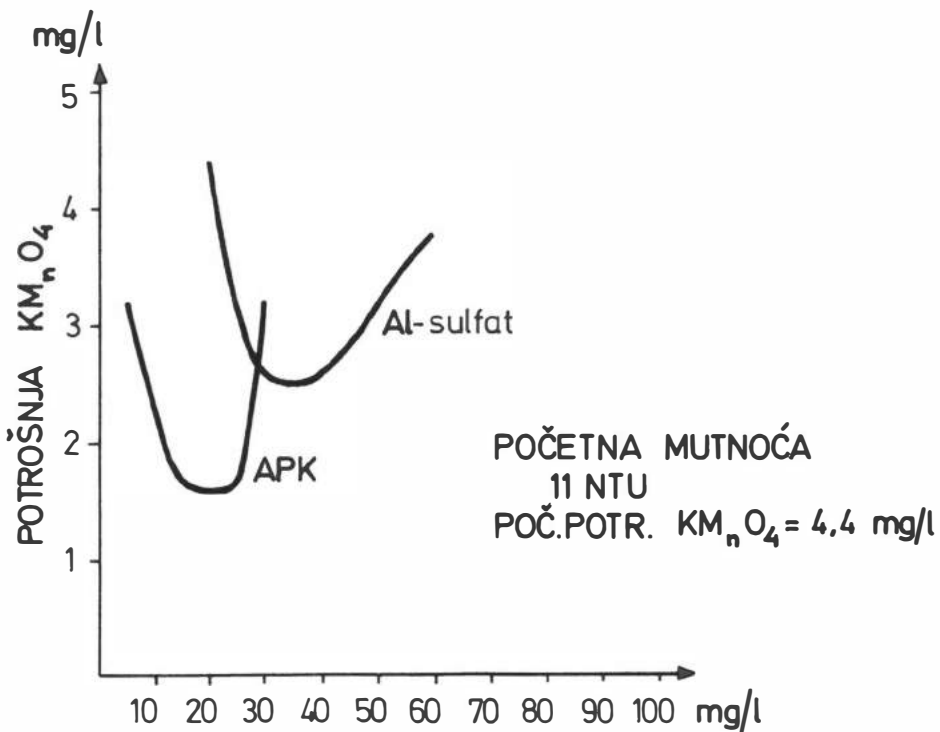
APK je polinuklearni hidroksilni kompleks Al iona s molekularnom masom od nekoliko tisuća $[Al_n (OH)_m Cl_{3-n-m}]$. Kako je APK djelomično neutralizirani aluminij-klorid, on snižava pH vrijednost tretirane vode manje od Al sulfata. Glavna je prednost APK formiranje većih stabilnijih flokula, koje se lakše talože, u odnosu na flokule od sulfata. Na taj način nije potrebna upotreba dodatnih sredstava za koagulaciju. Mnoga istraživanja na raznim vrstama voda, pokazuju da se može upotrijebiti niža doza koagulanata u većemu rasponu vrijednosti pH. Konačna procjena relativne vrijednosti različitih koagulanata u konkretnoj primjeni može se ustanoviti na temelju istraživanja na uređajima za pročišćavanje vode.

U Hrvatskoj se aluminijev poliklorid - APK koristi u " Istarskom vodovodu" u Buzetu. Rezultati istraživanja (Čup, 1994.) prikazuju se na slikama.



Slika 1: Usporedba primjene koagulantna Al sulfata i APK na obaranje mutnoće vode (Ćup,1994.)

Figure 1: Comparison of Coagulants AL-sulphate and PAC, turbid water (Ćup, 1994.)



Slika 2: Primjena koagulantna Al-sulfata i APK na obaranje organskog onečišćenja (Ćup, 1994.)

Figure 2: Comparison of Coagulants Al-sulphate and PAC, organic. polluted water (Ćup, 1994)

6. Zaključak

Aluminij - Al pojavljuje se u prirodnim vodama u koje dospijeva topljenjem prirodnoga minerala. Al je hidrolizirajući metal netopljiv u neutralnim otopinama. U kiselim ili alkalnim uvjetima ili u prisutnosti kompleksnih agenata topivost se Al mijenja. Al postaje primjenjiv za biološko-kemijske transformacije. Pri niskim pH vrijednostima primaran ion je hidratizirani Al^{3+} , pri višim vrijednostima pH formiraju se različite mono i polinuklearne hidroksilne vrste. U tlu i akvatičnom okolišu Al dobiva različite forme koje se razlikuju u kemijskoj i biološkoj reakciji.

Aluminij se nalazi svugdje u okolišu i ima ga u vodi kao prirodno sastojka. Al je benigni element, nema štetnoga djelovanja na zdravlje ljudi. Sadašnja maksimalna dopuštena koncentracija Al, usvojena u više zemalja i od više institucija, iznosi 0,2 mg/l Al.

Spojevi aluminija široko se koriste već dulje vremena kao koagulanti u procesu pročišćavanja vode za piće. Al-sulfat se koristi za pročišćavanje voda raznih karakteristika u pogledu mutnoće, organske boje i organskoga onečišćenja. Upotrebljivost Al koagulanata temelji se na ulozi produkata hidrolize u procesima koagulacije koloidalnih čestica. U tim procesima važna je kontrola pH vrijednosti. Proces pročišćavanja vode optimalizira se u odnosu na vrijednosti mutnoće i boje vode i količine rezidualnoga Al. Aluminijski koagulanti imaju značajne prednosti pred drugim koagulantima.

Od 1970-tih koristi se aluminijev poliklorid - APK u procesu koagulacije. APK je polinuklearni hidroksilni kompleks Al-iona. Prednost je upotrebe APK u formiranju većih flokula koje se brže talože. Procjena vrijednosti različitih koagulanata u primjeni u procesu pročišćavanja vode za piće može se ustanoviti na temelju istraživanja u konkretnim prilikama. U Hrvatskoj se APK koristi u "Istarskom vodovodu" u Buzetu, te se prikazuju rezultati na otklanjanju muteži i organskog opterećenja sirove vode.

Literatura

1. Čup, N.: primjena aluminijevog poliklorida kod prerade pitke vode. Zbornik radova 2. skupa sekcija za vodoopskrbu i odvodnju HDZ VM, Umag, 1994.
2. European Community Directives. London, 1980.
3. Packham, R.F. and Ratnayaka, D.D.: Water Clarification with Aluminium Coagulants in the UK. Water Supply, Vol. 10, No 4, 1992.
4. Pontius, F.W.: Water Quality and Treatment, 4th ed. Mc Grow-Hill Inc, New York, 1990.
5. World Health Organisation - WHO: Guidelines for Drinking Water Quality. Vol.1 and 2, 1984.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Marijan Vodopija, Gorana Ćosić-Flajsig

R 2-20

Kanalizacijski sustav i funkcija uređaja za pročišćavanje

SAŽETAK: *Zagađenost voda pojedinih područja postaje ograničavajućim činiteljem održivoga razvitka. Zaštita voda provodi se mjerama i akcijama, odnosno planovima zaštite voda u kojima je izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda samo krajnja i nužna mjera. U realizaciji cjelovita plana zaštite voda na odgovarajućem slljevu u prvom redu treba riješiti kanalizacijsku odvodnju i sve otpadne vode nekog područja dovesti na lokaciju uređaja. Praksa je pokazala da su skromni učinci rada izgrađenih komunalnih uređaja, pored očitih "pogonskih" razloga, često povezani s neriješenim problemima u odvodnom sustavu. Taj se problem često prilikom projektiranja uređaja zapostavlja, a sustav se smatra isključivo komunalnim problemom. Cilj je ovoga rada sagledavanje bitnih činitelja u rješavanju kanalizacijske odvodnje i pročišćavanju otpadnih voda.*

KLJUČNE RIJEČI: *kanalizacija, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, planovi zaštite voda*

Sewage System and Function of the Waste Water Treatment Plant

ABSTRACT: *Contamination of waters in particular regions is becoming the limiting factor for sustainable development. The water protection is implemented through measures and actions, namely schemes for water protection in which construction of waste water treatment plants is only an ultimate and emergency measure. In realization of a comprehensive water protection scheme for any catchment area the priority should be given to sewage, and all the waste water in an area should be conveyed to the treatment plant. The practice has proven that the modest effects of the treatment plants operation, in addition to obvious "operational" reasons, are often the result of unsolved problems in the sewage system. This problem is often neglected when the treatment plants are designed, and the system is considered to be exclusively municipal problem. The present paper is intended to present the essential factors in solving of the sewage and waste water treatment.*

KEY WORDS: *sewage system, waste water treatment plant, water protection schemes*

1. Uvod

Poduzimanje je mjera zaštite voda od zagađivanja na nekom sljevu jedna od osnovnih djelatnosti vodoprivrede. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (u daljnjem tekstu: uređaj) samo je jedan segment u mjerama cjelovita plana zaštite voda, u okviru kojeg treba riješavati i kanalizacijsku odvodnju, te sve otpadne vode nekog područja dovesti na lokaciju uređaja. U realizaciji, a posebno u redoslijedu rješavanja, nastaju najveći problemi. Koncipirana odvodnja i izgrađena kanalizacijska mreža, kao i redoslijed i usklađenost međusobnog razvoja kanalizacije i uređaja, svakako je preduvjet za izgradnju i funkcioniranje komunalnih uređaja. Podatak od cca 40-60% gradskog stanovništva priključena na javni kanalizacijski sustav (s izuzetkom nekoliko većih gradova) svakako je poražavajući. Pritom treba imati na umu da su te kanalizacije često samo parcijalna rješenja s nizom ispusta u vodotok. Izgradnja glavnih kolektora i stvaranje uvjeta za uključivanje sekundarne mreže kanala u jedinstven sustav osnovni je zahtjev funkcioniranja cjelovitih rješenja odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Poseban su problem kod izgrađenih kanalizacijskih sustava (radi primjene loših materijala kanalizacijskih cijevi i neadekvatnog izvođenja) strani dotoci nastali dreniranjem kanalizacije visokih podzemnih voda okolnoga terena i uvođenjem vode potoka u kanalizaciju. Drastičan primjer takva stanja uređaj je grada Samobora. Učinci pročišćavanja otpadnih voda gotovo su beznačajni radi velikog razrjeđenja otpadnih voda uzrokovana postojanjem stranih dotoka (hidrauličko opterećenje izmjereno je i do cca tri puta veće od projektiranog, dok je organsko opterećenje znatno ispod uobičajenih veličina). Kod mješovitih kanalizacija treba naglasiti značaj objekata za rasterećenje i tretman zagađenih oborinskih voda (kišni preljevi, kišni retencijski bazeni, bazeni za bistrenje) koji štite recipijente i omogućuju učinkovito čišćenje otpadnih voda u svim hidrološkim uvjetima.

2. Stanje kanalizacijskih sustava

Mali broj izgrađenih komunalnih uređaja u sljevu Save (12) i mali udio pročišćenih otpadnih voda dobrim je dijelom posljedica neizgrađenosti kanalizacije. Na kanalizaciju je priključeno manje od polovice ukupnoga broja stanovnika koji žive na sljevu Save u R. Hrvatskoj (920 000 st. ili 41%). Ni gradska naselja (uključivo i Zagreb) nisu u potpunosti pokrivena kanalizacijskom mrežom. Problem se pojavljuje kod naselja (seoska) koja imaju vodovode (a time i povećane količine otpadne vode), a nemaju kanalizacije. U tim sredinama mnoga domaćinstva ispuštaju svoje otpadne vode u oborinske kanale i potoke, a samo manji dio koristi septičke i sabirne jame. Organizacija odvoza sadržaja iz septičkih i sabirnih jama te kontrola stanja takvih pojedinačnih uređaja, u pravilu je vrlo loša. U sagledavanju stanja kanalizacijskih sustava i problema rada uređaja (nastalih kao posljedica tog stanja) problemi se mogu podijeliti u četiri osnovne grupe prema fazama realizacije kanalizacijskoga sustava:

A) PROJEKTIRANJE KANALIZACIJE

B) STUPANJ IZGRAĐENOSTI KANALIZACIJE u odnosu na projektirano rješenje

C) KAKVOĆA IZVOĐENJA

D) ODRŽAVANJE KANALIZACIJE

2.1. Projektiranje kanalizacije

Pri sagledavanju cjelokupnosti problema na sljevu, nužna je suradnja i koordinacija projekatnata i stručnjaka vodoprivrede. Danas se projektira pretežno na temelju urbanističkih i razvojnih planova, bez stvarnih mjerenja količina i osobina otpadnih

voda, kao i voda kišnog otjecaja. Stoga su uređaji često predimenzionirani. Tijekom projektiranja kanalizacije, odnosno uređaja, redovito se pojavljuje više projekatana koji sudjeluju u određenim segmentima izrade idejnih i izvedbenih, te projekata sanacije i rekonstrukcije. Jedna projektna kuća radi idejno rješenje, a druga izvedbeno, što često dovodi do nedosljednosti u koncepciji. Ponekad se određeni projekti rade nekoliko puta po različitim projektnim poduzećima. Takvim je načinom vrlo teško ostvariti odgovornost projektanta, kao i osigurati projektantski nadzor. Kod projektiranja kanalizacije problem uglavnom nije određivanje novih profila kanalizacije, već povezivanje u postojeće kanalne mreže sa starim kanalima koji su po svom kapacitetu i vijeku trajanja premašeni. Kao poseban problem, kada se treba uključiti uređaj, pojavljuje se promjena koncepcije kanalizacijskoga sustava. Umjesto ranijih kriterija kojima se otpadne vode što prije i što kraćim putem trebaju odvesti do recipijenta, ne vodeći računa o lokaciji budućeg uređaja, postavljaju se drugačiji zahtjevi kojima se smanjuje intenzitet otjecaja i djelomična retencija vodnog vala. Prije uključjenja uređaja nužno je izvršiti rekonstrukciju i sanaciju kanalizacije, pri čemu treba voditi računa da se što više isključe strani dotoci (površinski vodotoci, infiltracija), te smanji utjecaj oborinskog otjecaja na kanalizacijsku u podzemlje, time da odvodnju aktiviranjem propusnih površina (parkovi, parkirališta i sl.), te da se u sustav uključe retencijski/ kišni bazeni i kišna rasterećenja. Također je potrebno prethodno riješiti predtretmane industrija.

2.2. Stupanj izgrađenosti kanalizacije

Izgradnji uređaja često se prilazi prije nego što je izgrađen cijeli kanalizacijski sustav. Odnos izgrađenosti odvodnoga sustava i dinamika izgradnje uređaja obično nisu usklađeni, što dovodi do nedjelotvorna rada uređaja ili čak do višegodišnjega "stajanja" uređaja dok se ne izgrade kolektori i priključci (Bjelovar, Ivanić Grad i dr.). U posljednje vrijeme vodoprivreda sufinancira izgradnju glavnih kolektora kao uvjet izgradnje uređaja. Međutim, izgradnja sekundarne mreže koja pokriva najveći dio područja nije u to uključena. Komunalna poduzeća najčešće ne posjeduju katastar kanalizacijskih instalacija, pa čak ni projekte određenih dijelova kanalizacije.

2.3. Kakvoća izvođenja

Ovisno o razdoblju izgradnje određenoga segmenta kanalizacijskoga sustava, razlikuje se i kakvoća izvođenja, tehnička rješenja, posjedovanje projektne dokumentacije. Generalno se može reći da je donekle preporučena kakvoća izgradnje prisutna između I. i II. svjetskog rata. Nakon toga slijedi razdoblje do 70tih godina u kojem se grade i rekonstruiraju pojedine dionice i bez projektne dokumentacije. Nakon toga se opet pristupa kvalitetnijoj izgradnji kanalizacije (obično u skladu s preporukama ATVa), te strožoj kontroli izvođenja (u posljednje vrijeme obvezne kontrole vodone propusnosti) kanala i kanalizacijskih objekata.

2.4. Održavanje kanalizacije

Vodnjem pogona i održavanjem javne kanalizacije, potrebno je osigurati nesmetano otjecanje otpadne i oborinske vode, spriječiti uspore u kanalizaciji, te plavljenje pripadnog prostora. Za ispunjenje te zadaće nadležno komunalno poduzeće trebalo bi osigurati sljedeće službe:

- Za praćenje stanja i stalni nadzor nad pogonom javne kanalizacije kojim će se na osnovi svojih nalaza i katastra kanalizacije izrađivati planovi održavanja i čišćenja kanalizacije, potrebnih popravaka, rekonstrukcija i dogradnji u svrhu sprječavanja šteta.

- Službu čišćenja i održavanja zaduženu za temeljitu inspekciju i čišćenje cijele kanalizacije. Inspekcijom utvrđene štete na kanalima i objektima, potrebno je u najkraćem mogućem roku sanirati i time spriječiti još veće štete i smanjiti troškove. Problemi u održavanju kanalizacije često su vezani uz izvođenje (različiti materijali, različiti profili, proizvođači, način izvedbe). Nažalost, zbog lošega materijalnog stanja i slabe kadrovske strukture te se zadaće samo djelomično obavljaju.

3. Funkcija komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda

Na sljevu rijeke Save u RH, izgrađeno je u posljednjih 20tak godina 12 komunalnih uređaja. Najvećeg je kapaciteta 100 000 ES u Bjelovaru, a najmanji (u Kumrovcu i Tuheljskim Toplicama) kapaciteta 3000 ES. U izgradnji je još 8 značajnijih komunalnih uređaja (Ozalj, Severin na Kupu, Krapinske Toplice, Požega, Vinkovci, Ivanić Grad, Križevci, Pakrac s Lipikom). Kod manjih, dislociranih objekata izgrađeno je 10tak tipskih mehaničkobioloških uređaja, kapaciteta nekoliko stotina do nekoliko tisuća ES (BIODISK) i sl. Za najveća zagađivačka središta (Zagreb, Sisak, Karlovac, Slavonski Brod,...) u tijeku je tek izrada projektne dokumentacije i izgradnja glavnih transportnih kolektora. Složenost problematike najvećih zagađivača uvjetovala je usporenu realizaciju radi visokih troškova izgradnje i neizgrađenosti odvodnoga sustava. Većina uređaja na sljevu rjeke Save NE zadovoljava projektirane i očekivane učinke pročišćavanja. Mogu se donekle izdvojiti samo uređaji Velike Gorice i Daruvara, a i Bjelovara, što se može zahvaliti izuzetnim angažiranjem voditelja tih uređaja.

Osnovni se uzroci lošeg rada uređaja odnose na:

- 1) sustav odvodnje
- 2) predtretmani industrija
- 3) projektna dokumentacija
- 4) tehnički problemi
- 5) održavanje uređaja

3.1. SUSTAV ODVODNJE

- neusklađenost koncepcije odvodnje i izvedenoga stanja odvodnoga sustava
- neadekvatno izveden kanalizacijski sustav (mali padovi, strani dotoci, neprikladni kišni preljevi itd.)
- loše održavanje kanalizacije (čišćenje kanala, slivnika i drugih objekata)

3.2. PREDTRETMANI INDUSTRIJA

- neizgrađeni predtretmani
- loše izvedeni ili loše održavani
- utjecaj udarnih opterećenja

3.3. PROJEKTNA DOKUMENTACIJA

- nepotpune podloge za projektiranje uređaja bazirane na teoretskim i literaturnim podacima, često bez istražnih radova na temelju urbanističkih i razvojnih planova područja (posljedica: predimenzioniranost uređaja)
- nedostatak praktičnog iskustva i nedovoljno poznavanje tehnološkoga procesa
- primjena tipiziranih rješenja ili preuzetih projekata s drugih lokaliteta/kanalizacijskih sustava

FUNKCIJE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE I STANJE KANALIZACIJSKIH SUSTAVA
(Sliv Save)

UREĐAJ mjesto	KAPACITET UREĐAJA (uES)	STUPANJ IZGRADENOSTI	TIP UREĐAJA	UČINCI projekirani	UČINCI stvarni	Projektirano kanalizacije	Izgrađeno kanalizacije	Problemi kanalizacije
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Bjelovar	100.000 (230.000)	I FAZA (II FAZA)	MB-A	96 %	60-70 %	90 %	40 %	-predtretmani ne rade -više ispusta u vodotok
Velika Gorica	35.000 (90.000)	II FAZA (III FAZA)	MB-A	96 %	85 %	80 %	60 %	-oborinska odvodnja -mali padovi
Daruvar	25.500 (50.000)	I FAZA (II FAZA)	MB-A	95 %	70-95 % (?)	95 %	90 %	-strani dotoci (termalne vode) -rad kišnih prelijeva
Samobor	20.000 (40.000)	II FAZA (III FAZA)	MB-A	85 %	_*	95 %	80 %	-strani dotoci -infiltracija
Križevci	12.000 (24.000)	I ETAPA I FAZE (II FAZA)	M	96 %	_*	50-60 %	30-40 %	-strani dotoci -infiltracija
Kutina	28.850 (48.700)	I ETAPA I FAZE (II FAZA)	M	96-98%	_*	70 %	70 %	-otpadne vode INA-Petrokemija -infiltracija
Garešnica	7.000 (12.000)	I FAZA II FAZA	MB-A	94,5 %	*_	95 %	60 %	-kišni preljevi
V.Zdenci, Grubišno p	50.000 97.000	I FAZA II FAZA	MB-P	98 %	_*	60 %	40 %	-nisu izvedeni glavni kolektori
Kumrovec	3.000	kompletno izgrađen	MB-P	93 %	_*	95 %	25 %	-infiltracija
Tuheljske Toplice	3.000	kompletno izgrađen	MB-A	80-90 %	_*	95 %	10 %	-spojen samo TRC Mihanović
Plaški	120.000	kompletno izgrađen	MB-A	95-98 %	_**	-	-	-industrijska kanalizacija
Topusko	6.000	kompletno izgrađen	MB-L	96 %	_**	-	-	-dotoci termal. voda -infiltracija

M = mehaničko

MB = mehaničko biološko

- A = aktivni mulj

- P = prokapnik

- L = laguna

* nema stalne "posade"

** stanje nije poznato (okupirano područje)

(?) dio vode odlazi direktno preko prelijeva

3.4. Tehnički problemi

- primjena blok sustava, teško prilagodljivih za eventualno potrebne dopunske intervencije
- poteškoće s elektrostrojarskom opremom (crpke, rešetke, aeratori, zgrtači, preše i sl.)
- neadekvatan vremenski slijed izgradnje uređaja

3.5. Održavanje i vođenje uređaja

- financijski i organizacijski problemi
- kadrovski problemi, edukacija osoblja

Na uređaju često nema odgovarajuće kvalificirane ekipe koja ga opslužuje (Garešnica, Kutina, Križevci itd.) nekontroliran rad uređaja bitno utječe na pogoršanje kvalitete nekih dionica vodotoka i pored znatnih ulaganja ne postižu se zahtijevana stanja. Može se navesti primjer rijeke Česme nizvodno od Bjelovara. I s izgrađenim uređajem, a da još sve otpadne vode nisu ni priključene na njega, kakvoća rijeke Česme ostaje i dalje IV. klase.

4. Zaključak

Postupci se pročišćavanja otpadnih voda koji se rabe na uređajima, temelje se na opažanjima, interpretaciji i primjeni pojava i procesa koji se odvijaju u prirodi. To su vrlo složeni procesi u kojima postoji čitav niz nepoznanica, te zahtijevaju dobro razumijevanje i velik trud da bi se mogli primijeniti u konkretnim rješenjima. Uz složenost samih procesa, treba posebno naglasiti veoma veliku različitost u karakteristikama otpadnih voda pojedinih naselja i gradova (sustav odvodnje, ekonomskosociološki uvjeti, običaji stanovništva, industrija, sustavi predtretmana). Pročišćavanje otpadnih voda u užem smislu (misli se na tehnološke procese na samom uređaju) samo su dio problema. Proces pročišćavanja započinju već od samog ulaza u kanalizaciju, od slivnika, da bi se nastavili taloženjem i resuspenzijom u kanalizacijskoj mreži gdje se razvijaju specifični fizikalnokemijski i biološki procesi koji mogu imati značajan utjecaj na daljnje postupke pročišćavanja. U praksi se veoma često projektiranje provodi samo na bazi literarnih i statističkih podataka (bez izvršenih istražnih radova). To dovodi do izgradnje neekonomičnih i predimenzioniranih uređaja čija funkcionalnost nije u skladu s utrošenim sredstvima.

Pri izgradnji postojećih uređaja, često je bio prisutan nekritičan i pojednostavljen pristup, koji se ponekad svodio na "preslikavanje" sličnih rješenja, za koje nije potrebno temeljitije poznavanje problema. Kod projektiranja uređaja, potrebno je posvetiti pozornost sljedećim čimbenicima:

1. Uređaj za pročišćavanje samo je dio kanalizacijskoga sustava namijenjen za obradu i dispoziciju otpadnih voda i muljeva, pa se stoga ne može i ne smije projektirati kao zaseban i neovisan objekt.
2. Nužno je da kanalizacijski sustav bude koncipiran i izveden tako da se odgovarajući procesi pročišćavanja mogu nesmetano odvijati na predviđenoj lokaciji uređaja. Pritom je potrebno imati na umu daljnji razvoj urbane cjeline i samoga sustava pročišćavanja u kvalitativnom i kvantitativnom smislu. Prilikom planiranja izgradnje uređaja potrebno je postići odgovarajući stupanj kanalizacijske odvodnje, te riješiti pitanje stranih dotoka (drenažne vode, podzemna infiltracija, dotok površinskih voda i sl.) smanjenje i zadržavanje oborinskih dotoka sa urbanih površina (slivnici, kišni bazeni), kao i predtretmana industrijskih otpadnih voda.

3. Potrebno je provesti detaljnu analizu svih izgrađenih kanala, proučiti ili izraditi katastar instalacija, te izvršiti utvrđivanje propusne moći do zaključno ustanovljenja uporabivosti kanalizacije, kao i utvrditi nužnost rekonstrukcije pojedinih dionica i dinamiku rekonstrukcije prema fazama.
4. Analizirati osobine kućanskih, tehnoloških, rashladnih, termalnih, oborinskih voda, kao i voda potoka u kanalizacijskom sustavu i njihov udio u tom sustavu.
5. Kao podlogu za projektiranje treba uzeti u obzir mjerene podatke o protoci i svojstvima otpadnih voda (a ne samo literaturne podatke kao: ES, specifična potrošnja po stanovniku i sl.) koji često kod nas nisu u skladu sa stvarnim stanjem).
6. Kod rješenja pročišćavanja ne bi se smjeli koristiti standardni, tipizirani ili "preslikani" projekti, već nastojati da rješenja budu u skladu s konkretnom situacijom u urbanističkom, geološkom, hidrološkom i hidrauličkom smislu.
7. Uređaje treba graditi tako da budu prilagodljivi u pogonu, kako u kvalitativnom i kvantitativnom, tako i u razvojnome smislu.
8. U izboru tehnologije obrade otpadnih voda i muljeva uz ulazne karakteristike (kvantitativne i kvalitativne), bitnu ulogu mora imati mogućnost konačne dispozicije otpadnih tvari i muljeva koji nastaju u procesima pročišćavanja. Vodoprivreda, čija je jedna od osnovnih djelatnosti zaštita voda od zagađivanja, u svom dosadašnjem djelovanju veću je pozornost posvećivala planiranju i projektiranju samih uređaja, dok je izgradnja kanalizacijskih sustava bilo pretežno u nadležnosti komunalnih poduzeća. Tako je financiranje teklo po različitim osnovama. To je utjecalo na nerazmjer u izgrađenosti i usklađivanju ovih bitno povezanih elemenata zaštite voda. U daljnjem planiranju zaštite voda nužno je bolje planiranje i koordinacija akcija oko izgradnje kanalizacijskih sustava i uređaja za pročišćavane otpadnih voda.

Literatura i dokumentacija

1. Katastri zagađivača voda, istražni radovi i druga dokumentacija prikupljena u službi za zaštitu voda JVP "Hrvatska vodoprivreda", OJ Zagreb
2. VRO Zagreb, Vodoprivredni odjel, "Prostorni plan Republike Hrvatske – zaštita voda od zagađivanja", Zagreb, studeni 1983.
3. JVP "Hrvatska vodoprivreda", "Program zaštite okoliša za sliv r. Dunava, Nacionalni izvještaj R. Hrvatske (segment vodoprivreda), Zagreb, 1994.
4. VRO Zagreb, Služba za zaštitu voda, "Dugoročni plan razvoja vodoprivrede RH od 1986. do 2005. godine – zaštita voda od zagađivanja", Zagreb, 1984.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Bojan Zmaić

R 2-21

Odvodni sustav kao fizikalni, kemijski i biološki reaktor

SAŽETAK: *U odvodnim sustavima odvijaju se fizikalni, kemijski i biološki procesi koji imaju negativne i pozitivne utjecaje. Taloženje, intenzivna korozija ili pojava opasnih plinova stvara probleme kod održavanja, a isprana biomasa biološkoga obraštaja remeti procese pročišćavanja na uređajima. Proces usitnjavanja, flokulacije, adsorpcije, volatilizacije, te različiti biokemijski procesi izmjene tvari utječu na autopurifikaciju i smanjenje opterećenja otpadnih voda. Značajna se uloga tih procesa obično zanemaruje pri projektiranju i izgradnji odvodnih sustava, pa tek incidentne situacije ili enormni troškovi održavanja ukažu na učinjene pogreške. Posebno se zanemaruju procesi autopurifikacije, koji bi se uz jednostavne zahvate mogli kontrolirati i tako olakšati daljnji postupci pročišćavanja.*

U ovom radu dan je pregled spomenutih procesa te teoretski i praktični aspekti njihova optimalnoga korištenja.

KLJUČNE RIJEČI: *kanalizacija, fizikalno-kemiski procesi, biološki procesi, pročišćavanje otpadnih voda*

Drainage System as Physical, Chemical and Biological Reactor

ABSTRACT: *The physical, chemical and biological processes are present in the drainage systems having both negative and positive effects. Settling, intensive corrosion, or development of hazardous gases cause the problems in maintenance, and the flushed biomass of the biological overgrowth disturbs the cleaning of facilities. The processes of fragmentation, flocculation, adsorption, volatilization and various biochemical metabolic processes affect the autopurification and reduction of waste water loads. The important role of these processes is usually neglected in design process and construction of drainage systems, and it is only the accidents or excessive maintenance costs which draw the attention to the mistakes which have been made. The autopurification processes are mainly neglected, although they could be controlled by simple procedures and thus facilitate further purification processes.*

The paper describes the mentioned processes and both theoretical and practical aspects of their optimum use.

KEY WORDS: *drainage system, physical/chemical processes, biological processes, waste water treatment*

Uvod

U tradicionalnom se pristupu projektiranju sustav odvodnje otpadnih voda smatra prije svega transportnim sustavom kojim prikupljene otpadne vode treba dovesti do uređaja i recipijenta.

Osnovna pažnja posvećuje se hidrološkim svojstvima urbanoga sliva te hidrauličkim karakteristikama kanalizacijskoga sistema.

Razvijeni su sofisticirani matematički modeli koji uz današnje mogućnosti računalne tehnike omogućuju relativno jednostavnu i brzu obradu podataka i razradu optimalnih varijanti.

Najviše problema obično zadaje prikupljanje objektivnih podloga i ulaznih podataka temeljenih na mjerenim meteorološkim i hidrološkim parametrima.

S druge strane, gotovo se uopće ne razmatraju kvalitativne karakteristike otpadnih voda koje bi uz utjecaj na izbor samih procesa pročišćavanja na uređaju trebale imati odgovarajuću ulogu i prilikom koncipiranja cjelovitoga odvodnoga sustava.

U suvremenom pristupu u kojem ekološki aspekti imaju sve veću ulogu, u stručnim krugovima prevladavaju stavovi prema kojima su:

- kvalitativne karakteristike otpadnih voda sa svojim karakterističnim dnevnim i sezonskim promjenama specifične za svaku urbanu cjelinu
- tokom zadržavanja i protjecanja u kanalnome sistemu otpadne vode podložne su nizu fizikalnih, kemiskih i bioloških procesa
- procesi pročišćavanja počinju već na slivnim površinama i slivnicima a nastavljaju se kroz čitavu kanalnu mrežu sve do uređaja
- uređaj za pročišćavanje samo je dio kompleksnoga odvodnoga sustava, te se prilikom odlučivanja o koncepciji mora uzimati u obzir uzajamna ovisnost odvodnje i pročišćavanja.

Pri takvu je pristupu od bitnoga značaja dobro poznavanje kvalitativnih procesa koji se u tom sustavu odvijaju.

Tu počinju problemi s interdisciplinarnom suradnjom, katkad potrebnom za prikupljanje relevantnih podloga, terenskim i laboratorijskim ispitivanjima, obradom podataka te kreiranjem i razumijevanjem modela koji su znatno složeniji od uobičajenih hidroloških i hidrauličkih.

Stoga se ovaj kvalitativni aspekt obično zanemaruje ili samo formalno uključuje u najosnovnijem obliku.

Procesi u kanalizacijskim sustavima

Prirodni procesi koji se odvijaju na svakome koraku, prisutni su na svoj specifičan način i u kanalima odvodnih sustava.

Taloženje i resuspenzija taloga u kanalima pokazuje niz svojstava vučenih nanosa, a transformiranje polutanata, izmjena plinova, flokulacija, adsorpcija i biološka razgradnja podliježu manje više istim zakonitostima kao i procesi autopurifikacije vodonosnika.

Pozornost koja se sve više pridaje ispitivanju, praćenju i kontroli takvih procesa očituje se i u izradi modela kojima se pokušavaju obuhvatiti kvalitativne karakteristike procesa te međusobna interakcija sedimenta i polutanata u kanalima (1).

Razmatranja i ispitivanja mogućnosti korištenja tih procesa kao dijela predtretmana otpadnih voda traju dosta dugo, ali su otpori stručnih krugova vezanih uz konvencionalni pristup pročišćavanju bili dosad isuviše jaki.

Nizom istraživanja pokazalo se da se takvim pristupom u kanalima mogu postići uvjeti pravog fizikalno kemijskoga i biološkoga reaktora (1).

Dio spoznaja o tim procesima dobiven je i u istraživačkim radovima na kolektorima grada Varaždina i Zagreba od 1979. do 1988. g.

Transport otopljenih i krutih tvari

Kanali odvodnoga sustava namijenjeni su prije svega transportu tekućega otpada, ali uz otopljenu i suspendiranu tvar tu dopijevaju i krute tvari.

U našim uvjetima komunalni i industrijski otpad često se deponira na slivnim površinama (ceste, industrijski pogoni, manipulativne površine, inundacije), ali se direktno baca i u kanale i kolektore otpadnih voda.

Uzto, otpadne vode nose veće ili manje količine pijeska (posebno zimi), te organske tvari koje se tokom transporta usitnjavaju i razgrađuju.

Taj je heterogeni kruti otpad teško hidraulički definirati, te osigurati uvjete nesmetana tečenja (dovoljnu vučnu silu u koritu, ali i sprečavanje nagomilavanja kod usporene i minimalne protoke).

Takav je složeni sustav karakteriziran selektivnim taloženjem i stvaranjem privremenih sprudova na mjestima s promjenjenim hidrauličkim uvjetima tečenja (mali padovi, spojevi kanala, oštećenja, veliki komadi kamenja ili drugoga otpada).

Na takvim se mjestima najprije taloži krupnozrnati materijal veće gustoće, a na kraju nakon flokulacijskih reakcija koloidni organski mulj koji se u sušnim mjesecima s minimalnim protokama veže s mineralnim dijelom i stvara anaerobna gnijezda.

Ti talozi uz hidrauličke smetnje, svojim anoksičnim stanjem uzrokuju i oštećenja kanala zbog korozije sumpornim spojevima.

Za vrijeme oborina takav se talog destabilizira i pomiče nizvodnije i ponovo zauzima novo mjesto s istim nepoželjnim posljedicama.

Oborinski uvjeti s punim kapacitetom otjecanja traju samo kratko vrijeme tokom godine, tako da opterećenje mirujućim i vučenim talogom odgovornim za anoksično stanje i odgovarajuće posljedice na uređajima i recipijentima nije zanemarivo.

Tokom transporta dolazi i do značajnoga usitnjavanja otpadnih tvari u efluentu čime se izrazito povećava njihova površina. Tako one postaju pogodnije za sve fizikalne, kemijske i biološke procese(2).

Procesi autopurifikacije

Procesi autopurifikacije obuhvaćaju velik broj procesa od jednostavne sedimentacije, flokulacijskoga taloženja, sorpcijskih procesa, preko kemijskih kiselobaznih i oksidacijsko-redukcijskih reakcija, do složenih biokemijskih procesa pri čemu dolazi do transformacije i resintetiziranja velikoga broja različitih spojeva.

Fizikalno kemijski i biološki procesi odvijaju se najintenzivnije na graničnim površinama voda - zrak i voda - kruta tvar.

Pronos kisika, reaeracija i sadržaj otopljenoga kisika bitni su kako za tok biološke razgradnje organske tvari tako i za kontrolu anoksičnih stanja i intenzivne sulfidne korozije.

Emisija plinova nastalih u anaerobnim procesima stvara neugodan smrad te toksične i eksplozivne uvjete koji otežavaju održavanje odvodnih sustava.

Nastanak sumporovodika i korozija betona najviše su istraživani i najbolje poznati procesi odvodnoga sustava, pa ih ovdje nije potrebno posebno naglašavati.

Uz biološke procese nitrifikacije i denitrifikacije koji se u određenim uvjetima mogu simultano odvijati, znatno se smanjuju koncentracije amonijaka i drugih dušikovih spojeva.

Značajnu ulogu u biološkim procesima predstavlja suspendirana biomasa i biološki film nastao na močenome obodu kanala. Tijekom rasta biološke sluzi dio se otopljene organske tvari iz vode ugrađuje u biomasu i time uklanja iz efluenta. Ovi efekti dosežu red veličine od 10%, a prema nekim autorima u pojedinim kanalima dosežali su i do 28% (2).

Ispitivanja u Danskoj pokazala su da se tokom transporta kroz kanalne sustave gube toliko lako razgradljive organske tvari, da to ima negativne posljedice na uklanjanja dušikovih i fosforinih spojeva u daljnjim stupnjevima pročišćavanja (1).

Korištenje odvodnih sustava za djelimično pročišćavanje otpadnih voda

Suvremeni ekološki zahtjevi uvjetuju izgradnju uređaja za pročišćavanje, a time sasvim drugačiji pristup rješavanju odvodnje u kojem je transport vode samo jedan element.

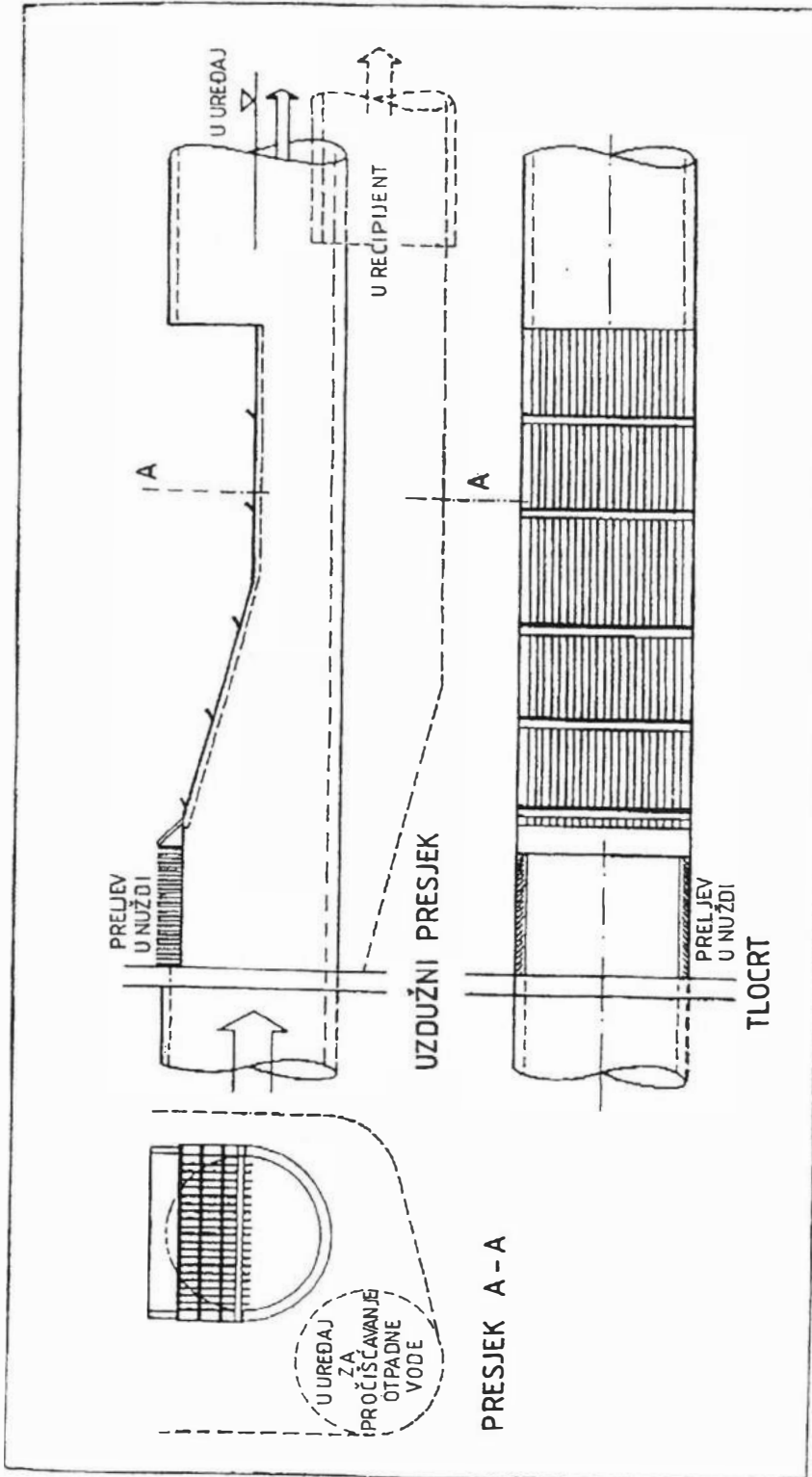
Kako na uređaj treba dovesti što ujednačeniju količinu i kvalitetu vode, neophodno je tome prilagoditi čitav sustav.

Kišni otjecaj (s obzirom na pretežan udio mješovitih sustava odvodnje) regulira se smanjivanjem koeficijenta otjecanja (udjela nepropusnih slivnih površina), isključivanjem stranih dotoka (površinskih tokova, infiltracije) te izgradnjom racionalnoga sustava retencija i kontroliranih kišnih preljeva.

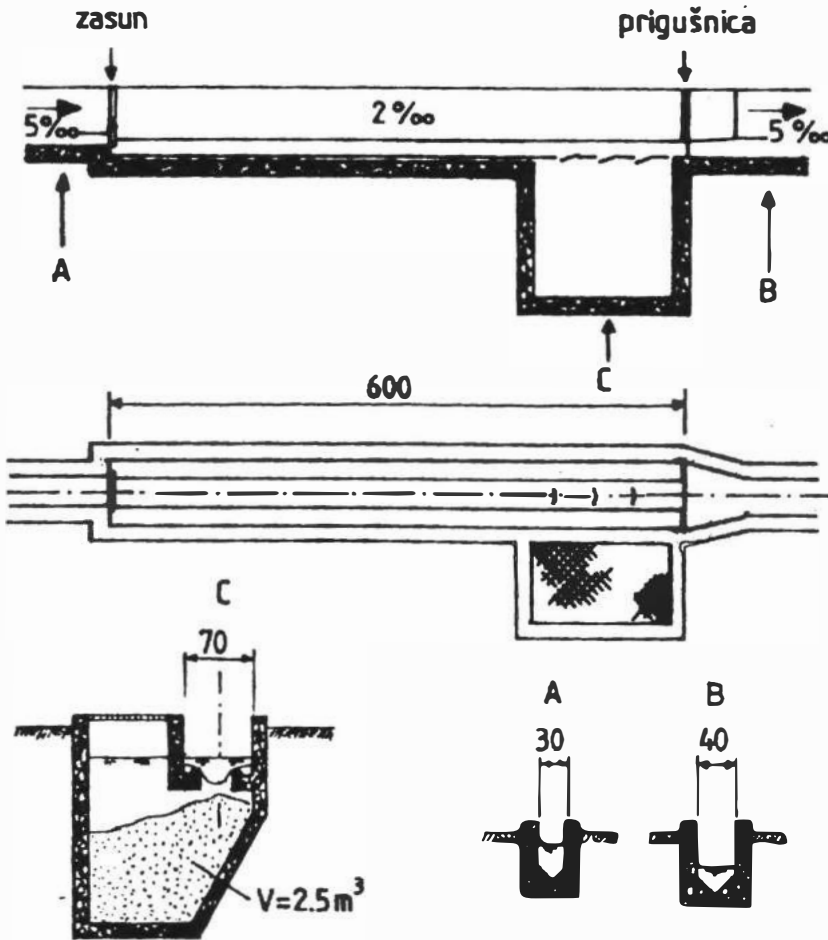
Postupci pročišćavanja započinju već u slivnicima čije održavanje ima ključnu ulogu u smanjenju količine teških anaerobnih taloga, ugljikovodika i teških metala.

Gradski kolektori, obično bogato dimenzionirani (barem na desetgodišnju maksimalnu oborinu), koriste se punim kapacitetom samo manjim dijelom vremena (10% tokom godine). Raspoloživi volumeni mogli bi se ostatak vremena koristiti za različite procesne korake kojima bi se poboljšale karakteristike otpadnih voda (2):

- eliminacija krute otpadne tvari mehaničkim postupcima, - rešetkama, sitima, koncentratorima i pjeskolovima izgrađenim u sustavu odvodnje čime se smanjuje investicijski volumen uređaja za pročišćavanje
- kontrola anoksičnih stanja, korozije, uklanjanje dijela volatilnih organskih tvari i plinova te djelimično reduciranje organske tvari aeracijom pojedinih dijelova odvodnog sustava (mogućnost korištenja padova kanalnih odsječaka s više od 3‰ za aeraciju bez utroška energije)
- reduciranje suspendiranih tvari primjenom sita i filtera, uz inducirane procese koagulacije i flokulacije i kontrolirane hidrauličke uvjete tečenja ispred uređaja. Čisti se i održava u malim etapama po volumenu i trajanju, a te se etape savladavaju uz svakodnevnu službu čišćenja ostalih segmenata kanalnoga sustava
- kontrola procesa nitrifikacije, denitrifikacije i uklanjanja fosfora naizmjeničnim stvaranjem anoksičnih, aerobnih i anaerobnih uvjeta u kanalima



Slika 1. Shematski prikaz protustrujne rešetke



Slika 2. Uzdužni pjeskolov bez opreme

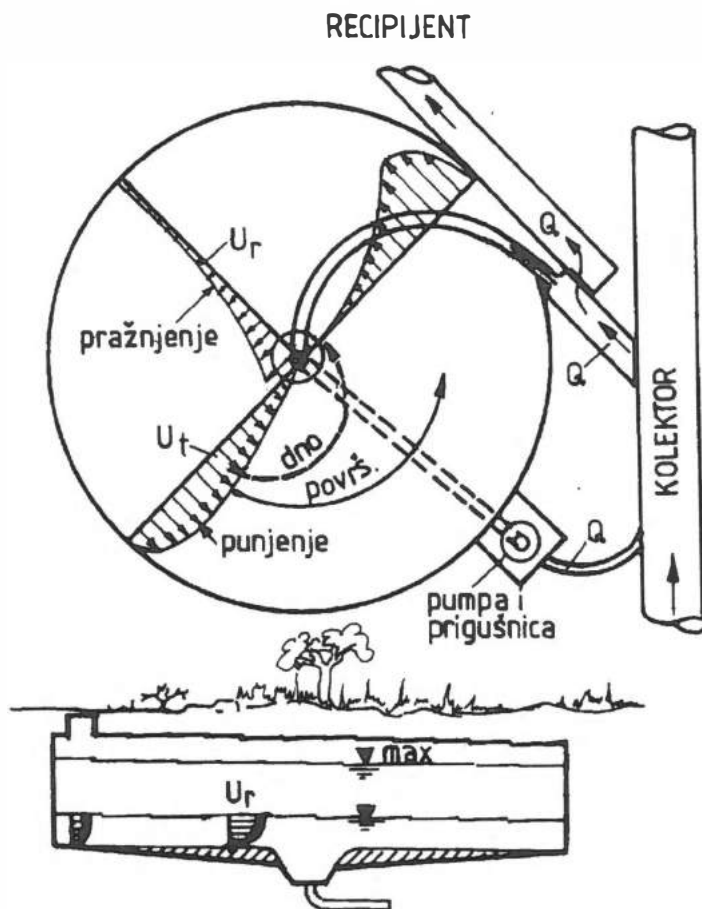
Zaključak

Procesi koji se odvijaju u odvodnim sustavima sve su više zanimljivi u stručnim krugovima.

Međunarodna konferencija održana od 16-18. svibnja prošle godine u Aalborgu ("The Sewer as a Physical, Chemical and Biological Reactor") (1) ukazala je na aktualnost pristupa koji se polovicom osamdesetih godina pokušao primijeniti i u našim uvjetima (Varaždin, Zagreb).

Konvencionalni pristup sa dvostupanjskim AB sistemom pročišćavanja dobio je u tom vremenu prednost.

Spoznaje do kojih se u međuvremenu došlo ukazuju na niz nedostataka dvostupanjskih sistema, kako u održavanju, tako i u kasnijem uključivanju tercijarnih pro-



Slika 3. Centrifugalni separator (shema)

cesa pročišćavanja. Tako se u izvještaju stručne komisije ATV iz 1994 g (3) ukazuje na probleme zbog kojih sve "prednosti" AB sistema dolaze u sumnju.

S obzirom na te spoznaje, ekonomsku situaciju i realne mogućnosti društva, možda bi bilo korisno aktualizirati istražne radove na "uzdužnom reaktoru" i razmotriti mogućnosti racionalnijega, stupnjevitoga pristupa problemima pročišćavanja otpadnih voda velikih gradova.

Literatura

1. Materijali s međunarodne konferencije: "The Sewer as a Physical, Chemical and Biological Reactor", Aalborg, Denmark, May 16 - 18, 1994 (IAWQ, EWPCA)
2. Novak B.: Aspekti utjecaja procesa transporta efluenata dugim kanalskim kolektorima na pročišćavanje otpadnih voda 1986 g (neobjavljeni rad)
3. Umgestaltung zweistufig biologischer Klaranlagen zur Stickstoffelimination Arbeitbericht des ATV- Fachausschusses 2.6, Korrespondenz Abwasser 1/94



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Ozren Lalić, Stjepan Kordek

R 2-21

Sustavna sanacija distribucijskih vodoopskrbnih mreža

SAŽETAK: *Predlaže se i opisuje cjelokupni postupak sanacije distribucijskih vodoopskrbnih mreža. Postupak se osniva na iskustvima iz inozemstva gdje je takav postupak rutina. Prva provedba sanacije posebno odabranog vodoopskrbnog sustava izvodila bi se u suradnji s domaćim stručnjacima, kao zajednički pilot projekt pod posebnim nadzorom stručne komisije. Na taj bi način predloženi postupak bio verificiran i u slučaju pozitivnog ishoda, uz potrebne korekcije, sposoban za opću upotrebu. Kao dodatak predlaže se reducirani postupak za urgentna stanja.*

KLJUČNE RIJEČI: *Distribucijski vodoopskrbni sustavi, sanacija, pilot - projekt, urgentna stanja*

Systematic Remediation of Water Distribution and Supply Networks

ABSTRACT: *A complete procedure for remediation of the water distribution and supply networks is proposed and described. The procedure is based on the foreign experience, where it is a routine process. The first remediation of a specially selected water supply system would be performed in cooperation with the local experts, as a joint pilot project supervised by a board of experts. This would verify the proposed procedure in case of the pilot project success, and after necessary corrections it would be suitable for general use. Additionally, the emergency activities draft is enclosed.*

KEY WORDS: *water distribution and supply systems, remediation, pilot project, emergencies*

1. Uvod

Vodoopskrbne sustave u Hrvatskoj karakterizira veća ili manja zapuštenost u smislu održavanja potrebne razine pogonske sposobnosti. U vječitoj borbi za održavanje uredne i higijenski ispravne vodoopskrbe, uz vrlo ograničena i neizvjesna sredstva, našim se vodoopskrbnim sustavima upravlja, na neki način, intuitivno. Na ovom se mjestu može iskazati i priznanje za zalaganje i hrabrost ljudima, koji su ipak često i u nemogućim uvjetima, uz stalne prijetnje zagađivača, osigurali barem minimalnu opsrbu vodom.

Potreba uvođenja suvremenog pristupa održavanju i upravljanju je očigledna i nesporna, dapače već postoje aktivnosti kojima je cilj uređenje distribucijskih vodoopskrbnih sustava glede smanjenja gubitaka. Ovaj rad je na neki način nadogradnja na već postignuto i predstavlja u stvari kompletnu konkretizaciju pojedinih do sada iznošenih prijedloga.

Smatra se da je navedena problematika dovoljno važna i složena da opravdava sustavni pristup. Pri tome se misli na sustavni zahvat problematike s tehničkog i upravljačkog aspekta.

Izložena problematika definira cilj ovog rada kao ukazivanje na mogućnosti realizacije potrebne, ali i održive tehničke razine distribucijske vodoopskrbne mreže. U tom procesu realizacije stvara se ujedno i informatički sustav potreban za cjelokupni management vodoopskrbnoga sustava.

Kako je potreba provođenja neodgodiva, a nije ni gospodarski opravdano razvijati tehnologije, koje su u razvijenom svijetu rutina, predlaže se rješenje u suradnji s inozemnim institucijama, koje posjeduju provjereno iskustvo i nesumnjive reference na području sanacije vodoopskrbnih sustava. U tom je smislu Zavod za hidrotehniku IGH Zagreb poduzeo sustavno proučavanje stranih iskustava na području istraživanja i sanacije cijevnih sustava.

Kontakti s takvim institucijama pokazuju da s više strana postoji interes, za suradnju. Kao oblik suradnje predlaže se realizacija jednog pilot projekta, koji bi pokazao efikasnost metoda sanacije, mogućnost primjene i na velikim sustavima te usmjerio naše ekipe prema samostalnom radu.

U nastavku se izlaže program predloženog postupka sanacije, uz napomenu, da je kao prilog prezentiran i skraćeni program samo za brzo smanjenje enormnih gubitaka na ratom oštećenim sustavima.

2. Opća analiza distribucijskog sustava

2.1 Pripremni radovi

Pripremni se radovi odnose na prikupljanje potrebnih podloga i podataka, koji su redovito manjkavi, rasparčani, a u svakom slučaju treba ih prilagoditi specifičnoj namjeni.

Potrebni podaci odnose se na cjelokupnu informaciju o distribucijskoj mreži. To uključuje, kako grafičke i numeričko-tekstualne podatke, tako i iskustva osoblja, koje radi na održavanju. Potrebni su dakle podaci o: konfiguraciji i karakteristikama cijevne distribucijske mreže, svi raspoloživi podaci o potrošnim i crpljenim količinama, kritičnim lokacijama ili područjima ("uska grla") te svi tehnički podaci, koji se odnose na objekte u sustavu vodoopskrbe (zahvati vode, crpne postaje, rezervoari i sl.).

Kao posebnu grupu podataka, treba spomenuti katastarsko-geodetske podloge.

Pri sistematizaciji podataka treba obuhvatiti i podatke o planiranom razvoju: distribucijske mreže i objekata, specifične i ukupne potrošnje te novih zahvata vode za opskrbu.

Sve navedene podatke treba sistematizirati i tako pripremiti za daljnju upotrebu u tom programu.

2.2 Formiranje modela

Prikupljene i sistematizirane podatke potrebno je prirediti za unos u računalo. To znači da je grafičke podloge potrebno digitalizirati za obradu na računalu, a numeričko-tekstualne podatke prirediti za unos u odgovarajuće banke podataka.

Na ovom je mjestu nužno, zbog cjelovitosti izlaganja, učiniti digresiju, koja se odnosi na katastar vodoopskrbnog sustava. Idealan slučaj provedbe analize vodoopskrbnog distribucijskog sustava podrazumijeva postojanje odgovarajućeg kompjutorskog katastra kao geografskog informacijskog sustava GIS. Kod nas je GIS, kao katastar cijevnih vodova, u početku razvoja pa nije moguće računati s njegovim postojanjem, kao redovitim stanjem. Stoga treba računati s dva moguća osnovna stanja:

a/ POSTOJI GIS KAO UHODANO REDOVNO STANJE

b/ POSTOJE SAMO RAZLIČITI OBLICI PODLOGA

AD a/ Ako postoji GIS, koji se odnosi na aktualno stanje vodoopskrbnog sustava, potrebno je samo odabrati kompatibilni softverski paket za analizu sustava. Nakon integracije GIS-a i hidrauličko-analitičkog softverskog paketa, moguć je nastavak provođenja programa.

AD b/ Kada su na raspolaganju samo različite podloge i podaci, moguće su dvije varijante:

- formiranje odgovarajućeg GIS-a
- priprava specifičnog digitaliziranog sustava

Formiranje GIS-a svakako je preporučljivo, ali ograničeno financijskim mogućnostima i raspoloživim vremenom. Nakon formiranja GIS-a postupak se nastavlja kao AD a/.

Smatra se da postupak formiranja specifičnog digitaliziranog sustava treba primijeniti samo izuzetno u specifičnim okolnostima, jer ipak zahtijeva ulaganja i trud, a rezultati se koriste gotovo samo za hidrauličku analizu zatečenog stanja. U takvom se slučaju digitalizira (uključujući ograničenu banku podataka) samo reducirani vodoopskrbni sustav (proračunska mreža).

Nakon formiranja analitičkog softvera potrebno ga je konfigurirati kao proračunski model. To znači da je potrebno odstraniti suvišne detalje, utvrditi čvornu potrošnju, odabrati načine predstavljanja rezultata (grafičkih i numeričko tekstualnih) i definirati ih za analizu mjerodavna pogonska stanja (vršna potrošnja, slučajevi požara, havarije na magistralnim cjevovodima i sl.). Tada je moguće analitičko softverski paket testirati u smislu cjelokupnog kompjutorskog funkcioniranja i provesti probne proračune.

2.3 Kalibriranje modela

Probni proračun za odabrano karakteristično pogonsko stanje dat će proračunane hidrauličke parametre toga stanja kao:

- smjerove i veličine protoka
- pogonske tlakove
- karakteristične razine u vodospremnici i sl.

Navedene veličine potrebno je komparirati s korespondentnim mjerenim podacima na terenu. Izvjesne razlike su neminovnost, a proistječu iz procjenjene distribucije količina na čvornim protokama, stvarne pogonske hrapavosti pa i inkrustacije u cijevi, a i točnosti ostalih unijetih podataka kao što su:

- vrsta, promjer i duljina cijevi
- neregistrirani cjevovodi
- stupanj otvorenosti zasuna i sl.

Osim standardne opreme za mjerenja na terenu (manometri, manografi, mjerачи protoke i sl.), koristi se i specijalna sofisticirana oprema (za iste parametre), koja olakšava mjerenje i stvara u kratko vrijeme potreban broj podataka, već pripremljenih za direktan unos u računalo.

Pri izvođenju terenskih radova obavlja se i usputno kontrola svih podataka o analiziranoj mreži, koji su ovdje navedeni kao uzročnici razlika mjerenih i proračunatih veličina.

Na temelju komparacije proračunanih i mjerenih rezultata obavlja se usklađivanje (kalibriranje) kompjutorskog modela. Proračunski matematički model mora davati rezultate, koji su u skladu s mjerenim podacima, a i dostatne točnosti za tehničku upotrebu. Već na ovom mjestu treba spomenuti da enormni gubici "točkastog" karaktera uzrokuju velika neslaganja, jer nisu obuhvaćeni pretpostavljenom čvornom potrošnjom. To je i prilika da ih se registrira.

2.4 Analiza distribucijske mreže pomoću modela

Proračunski model cirkulacijske vodopskrbne mreže odavno je poznat kao proračun mreže metodom Hardy-Cross. Danas se, naravno, koriste sofisticirani gotovi modeli za PC, koji kao rezultat proračuna daju, uz numeričke podatke, i grafičke prikaze mreže, tlakova i ploha istoga tlaka. Simulacijom pojedinih stanja na modelu dobiju se svi podaci o relevantnim parametrima. Za tretiranu je problematiku važna što bolja i šira povezanost s raspoloživim podacima. U tome prednjače modeli koji su povezani s odgovarajućim GIS-om. Od prioritetne je važnosti ispravno obavljena kalibracija modela da bi obilje rezultata imalo realnu vrijednost. Simulacijom pojedinih stanja moguće je dobiti uvid u cjelokupna funkcionalna svojstva analizirane distribucijske mreže. Za simulaciju se predlažu pogonska stanja:

- maksimalna satna potrošnja
- ispadanje iz pogona crpnog postrojenja
- ispadanje iz pogona rezervoara
- opskrba situacija u slučaju velikih lomova cijevi
- slučajevi gašenja požara

Obilje vrlo ilustrativno prikazanih rezultata i mogućnost njihova pretraživanja i središavanja, daje mogućnost obrade funkcionalnih svojstava mreže za različite namjene u budućnosti kao što su: proširenja mreže, situiranje dodatnih rezervoara (naročito kontrarezervoara), Za tretiranu je problematiku svakako najvažnija obrada u smislu povećanja efikasnosti postojeće mreže, odnosno utvrđivanja slabih mjesta glede premale propusnosti pojedinih dionica, odnosno neočekivanih padova tlaka ili nelogično velike potrošnje na pojedinim lokacijama. Tako provedene analize sugeriraju lokacije daljnjih radova direktnim ispitivanjem na terenu.

2.5 Ispitivanja stanja distribucijske mreže

Provedene simulacije karakterističnih pogonskih stanja i selektivno predstavljanje rezultata, omogućuju slojeviti uvid u funkcioniranje distribucijskog sustava i obilje podataka za svaki odabrani dio mreže ili lokalitet na mreži. Tijekom opisanih pos-

tupaka utvrđuju se dionice neodgovarajućih dimenzija, ali i ostali konstruktivni i funkcionalni nedostaci pa tako i pretjerana potrošnja i/ili gubici, koje najčešće uzrokuju kvarovi na mreži. Provedene analize na modelu i sistematizirane podloge daju mogućnost da se uoče funkcionalne cjeline (područja) u distribucijskom sustavu. Osnovna karakteristika takve funkcionalne cjeline je ograničen broj veza s ostalim dijelom sustava, koje je moguće nadzirati mjerenjem (protok i tlak). Svako se takvo područje može analizirati posebno, neovisno od ostale mreže.

Veličina pojedinog područja može se definirati duljinom magistralnih cjevovoda, koji će iznositi 5 do 10 km. Za to područje (u vrijeme minimalnih noćnih potrošnji) analizira se potrošnja glede eventualnih nekontroliranih istjecanja (gubitaka).

Provedeni postupak za cijelu mrežu daje uvid u pretjeranu potrošnju, odnosno ukazuje na gubitke. Prema kriteriju relativne veličine gubitaka utvrđuje se uvjetna ispravnost/neispravnost pojedinih područja i rangira urgentnost sanacije.

Općeniti nedefinirani gubici time poprimaju konkretnije konture.

Opisani postupak smatra se završnim u sklopu opće analize distribucijskog sustava.

3. Lociranje kvarova

Arondacijom na funkcionalna područja i njihovim rangiranjem po prioritetu, problem daljnjih istraživanja mreže s ciljem utvrđivanja neispravnosti i pratećih gubitaka, usmjeruje se na određeno ograničeno područje.

Takvo područje moguće je dalje arondirati na pojedine zone definirane duljinom glavnog cjevovoda od 0.5 do 2 km.

Pojedina se zona "zatvara", odnosno izolira od distribucijske mreže zatvaranjem odgovarajućih zasuna. Na povoljnom mjestu, s obzirom na konfiguraciju distribucijske mreže u zoni, dovode se opskrbe količine improviziranim mimovodom u koji su interpolirana mjerna kola s instrumentima. Na taj je način pod kontrolom mjernih kola cjelokupna količina vode za opskrbu analizirane zone. Zbog pojednostavljenja postupka ispitivanje se obavlja u vrijeme minimalnih potrošnji, t.j. noću.

U mjernim se kolima neprekidno registrira: *protok, tlak i temperatura*. Posebnim tlačnim testom ispituje se brtvljenje zasuna na ispitivanoj distribucijskoj mreži. Za vrijeme ispitivanja mjernim kolima ne prekida se ustvari opskrba zone, iako ima poteškoća zbog manipulacije zasunima i prekapčanja.

Ako postoji kvar s istjecanjem ili neprekidna potrošnja, registrirat će se povećani protočni minimum, koji se "uporno" ponavlja tijekom ponovljenih mjerenja.

Opisanim postupkom arondacije moguće je detaljno "ulaziti" u sustav u mjeri, koju nalaže konkretna situacija na istraživanom lokalitetu.

Kada je arondacija dovoljno detaljna da se identificiraju "sumnjive" dionice, prelazi se na pregled pojedinih dionica.

Može se i ovdje konstatirati da pretraživanje i lociranje kvarova uz korištenje suvremene sofisticirane opreme predstavlja vrlo razrađeno područje, čija detaljna obrada izlazi iz okvira ovog rada. Postupkom detaljnog istraživanja defektne dionice u optimalnom se slučaju utvrđuje: mjesto kvara, značenje gubitka i vrsta kvara. Za lociranje kvarova najčešće se koriste sljedeće metode:

- audiometoda
- metoda korelacije
- zvučna analiza

Ovdje se može spomenuti i nova metoda radarskog sondiranja, koja se još razvija za ekonomičnu standardnu primjenu.

Konzekventnom provedbom opisanog postupka istražuje se distribucijska mreža. Zbog opsežnosti i ekonomičnosti posla pri tome je potrebno postupati po operativnom planu, koji glede analiziranog sustava utvrđuje detaljnost analize, prioritete i programira angažiranje osoblja i sredstava.

Konačan rezultat je pregled kvarova sistematiziran po:

- veličini gubitaka
- lokaciji kvarova
- vrsti kvarova

Na temelju takvog pregleda sastavlja se završni izvještaj u kojem je moguće točno prognozirati uspjeh sanacije glede smanjenja gubitaka, procijeniti troškove te izraditi program projekta sanacije.

4. Program provedbe pilot projekta

Kako je spomenuto u prvom poglavlju postoji imperativna potreba za uređenjem sustava vodoopskrbe, stoga je potrebno cjelokupni izloženi postupak učiniti operativnim, odnosno planirati izvedbu pilot-projekta. Takav izvedeni pilot-projekt pokazat će nesumnjivu učinkovitost sustavnog pristupa, ali i potrebu korekcija pojedinih elemenata s obzirom na važnost projekta te intenciju njegove opće primjene kod nas, smatra se da je realizaciji pilot projekta potrebno prići sa široke osnove.

Ovaj elaborat, kao program pristupa rješavanju, trebaju verificirati mjerodavne državne institucije, kao i znanstveno tehničke institucije i pojedine stručne osobe. Nakon takve revizije učinit će se konačna varijanta ovog programa s kojim se ide u realizaciju.

Na temelju programa obaviti će se potrebni dogovori s inozemnim institucijama o zajedničkom izvođenju pilot-projekta. Ta je suradnja od velike važnosti jer nudi mogućnost brzog usvajanja i primjene kompleksne tehnike istraživanja i analiziranja. Odgovarajućim dogovaranjem suradnje, može se osigurati primjena na pilot-projektu cjelokupne suvremene opreme te iskusnog osoblja. Posebno se ističe potreba edukacije i osposobljavanje naših stručnjaka pa i iskorištenje svih raspoloživih stručnih profila već u pilot projektu. Na temelju iskustva na pilot-projektu može se ocijeniti potreban stupanj opremljenosti za naše uvjete kao i modaliteti potrebne suradnje s inozemnim partnerom.

Za provedbu pilot-projekta treba odabrati i optimalni vodoopskrbni sustav. Smatra se da je za provedbu pilot projekta povoljan vodoopskrbni sustav do cca 50.000 potrošača, koji raspolaže s odgovarajućom dokumentacijom.

Provedbu pilot-projekta treba nadzirati stručna komisija prema unaprijed utvrđenim modalitetima ocjenjivanja učinkovitosti. Završni izvještaj komisije daje konačno mišljenje o mogućnostima primjene.

5. Reducirani program za urgentna stanja

S obzirom na naše specifične okolnosti (ratna razaranja) imamo i vodoopskrbne sustave kod kojih je nužno povećati učinkovitost opskrbe vodom racionalnom distribucijom raspoloživih količina vode. Smanjenjem enormnih gubitaka vode u distribucijskom sustavu, otkrivanjem "divljih" potrošača i njihove prekomjerne potrošnje, izgradnjom stalnih ili privremenih dopunskih dionica distribucijske mreže, mogu se

raspoložive količine vode racionalnije iskoristiti. Takvim brzim zahvatima, koji se ne mogu smatrati pravom sanacijom sustava, mogu se bitno ublažiti nestašice.

Cjelokupni se postupak bazira na statističkim činjenicama, koje su utvrđene praksom:

- 30% od ukupnog broja defekata neke distribucijske vodoopskrbne mreže uzrokuje 80% izgubljene količine vode
- 50% svih kvarova locirano je uz kućne priključke

Navedene činjenice pokazuju opravdanost i učinkovitost saniranja kvarova po određenom prioritetu, koji se utvrđuje sustavnim pristupom. Klasične metode nadzora distribucijske mreže najčešće ne daju dovoljno informacija o vrsti kvara, odnosno o količini vode, koja se gubi. "Patroliranje" duž pojedinih cijevnih dionica isto tako nije učinkovita metoda. Smatra se dakle da i sanaciji urgentnih stanja treba pristupiti po unaprijed definiranom i optimaliziranom programu. Cjelokupni je postupak reducirani proces, koji je obrađen u prethodnim poglavljima pa tako reducirani ima i ograničenu vrijednost.

Spomenutom redukcijom definiraju se sljedeći zahvati:

- prikupljanje i analiza raspoložive dokumentacije i ostalih informacija o tretiranom sustavu
- arondacija cjelokupnog sustava na nekoliko funkcionalnih cjelina - zona, na kojima se može mjerenjem uspostaviti bilanca količina (noćna potrošnja, dnevni dijagram varijacije potrošnje)
- mjerenje protoka i tlakova na pojedinoj zoni s ciljem utvrđivanja općeg stanja
- komparativna analiza za sve zone tretiranog vodoopskrbnog sustava i rangiranje zona prema veličini gubitaka
- istraživanja prioriternih zona arondacijom na manja područja rangirajući pronađene kvarove po količini izgubljene vode i utvrđujući vrste kvarova glede tehnike popravaka
- sanacija kvarova prema izloženom prioritetu, odnosno tehničko gospodarskim mogućnostima, uz neprekidnu kontrolu obavljene sanacije

Opisani postupak može se još ubrzati, jer se pojedine aktivnosti mogu obavljati paralelno s više ekipa.

Cjelokupna provedba navedenog postupka poboljšava stanje, koje više ne karakterizira enormna neracionalnost. Osnovni dobitak sastoji se u povećanju raspoloživih količina vode za stvarnu opskrbu potrošača.

Nakon provedenog postupka brze sanacije, treba osigurati održanje dostignutog stanja i planirati buduću provedbu opće sanacije vodoopskrbnog sustava, a kako je izloženo u ključnim poglavljima ovoga rada.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Vladimir Tusić, Boris Filipović

R 2-23

Analiza vodonosnika Brodske posavine s obzirom na koncentraciju željeza u vodi

SAŽETAK: *Za analizirani prostor može se reći da ga karakterizira nejednolična zastupljenost vodonosnih slojeva u prostoru, te vrlo promjenjiva kakvoća vode.*

Cilj rada je da se na osnovi analize dosadašnjih rezultata istraživanja vodonosnika i provedenih vodoistražnih i vodozahvatnih radova krajem 1994 i početkom 1995. godine izvrši kategorizacija prostora u odnosu na kakvoću vode.

Analizirani prostor s obzirom na postavljeni kriterij (koncentracija željeza) moguće je podijeliti u tri vodonosne sredine i to:

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| – plitka, (dubina do 40 m) | Fe = 2,5-5,5 mg/l |
| – srednja, (dubina 40-80m) | Fe = 0,1-3,5 mg/l |
| – duboka, (dubina veća od 80m) | Fe 0,3mg/l |

Dobiveni rezultati vodoistražnih i vodozahvatnih radova izvršenih krajem 1994. i početkom 1995. godine su sljedeći:

- | | | |
|----------------------|--------------|----------------|
| – Garčin | Q = 51,5 l/s | Fe = 2,0 mg/l |
| – Slavonski Prnjavor | Q = 29,7 l/s | Fe = 0 mg/l |
| – Klakar | Q = 45,0 l/s | Fe = 2,25 mg/l |

Voda najbolje kakvoće i izdašnosti nalazi se na prostoru Sikirevci-Slavonski Prnjavor-Velika Kopanica.

Za taj prostor ustanovljeno je da je kakvoća vode direktno ovisna o poziciji vodozahvatnog objekta u odnosu na rijeku Savu, te da opada s udaljavanjem od rijeke Save (Kruševica-0,05mg/l; -Sikirevci-0,22mg/l; -Velika Kopanica 0,66mg/l; -Vrpolje-1,4mg/l).

KLJUČNE RIJEČI: *vodonosnik, kakvoća, izdašnost, koncentracija, željezo*

The Brodska Posavina Aquifer Analysis with Respect to the Fe Concentration in Water

ABSTRACT: *The analyzed area is characteristic for unevenly distributed water bearing layers and highly variable quality of water.*

The objective of the paper is to categorize the region according to the water quality, based on the analysis of the results obtained by aquifer investigations, water research and water intake works conducted late in 1994 and early in 1995.

Vladimir Tusić, dipl.ing.geol., FIL.B.IS. d.o.o. Zagreb
mr. Boris Filipović, dipl.ing.stroj., FIL.B.IS. d.o.o. Zagreb

With respect to the set criterion (Fe concentration), the analyzed region can be subdivided into three water bearing areas, i.e.

- shallow (depth to 40 m) *Fe* = 2.5-5.5 mg/l
- medium (depth from 40 to 80 m) *Fe* = 0.1-3,5 mg/l
- deep (depth over 80 m) *Fe* 0.3 mg/l

The obtained results from the water research and water intake works at the sites are:

- Garčin *Q* = 51.5 l/s *Fe* = 2.0 mg/l
- Slavonski Prnjavor *Q* = 29.7 l/s *Fe* = 0 mg/l
- Klakar *Q* = 45.0 l/s *Fe* = 2.25 mg/l

The best water quality and yield has been determined in the area of Sikirevci-Slavonski Prnjavor-Velika Kopaonica.

It has been determined that the water quality in this region is directly dependent on the water intake position relative to the Sava River, and that it decreases with the distance from the Sava (Kruševica 0.05 mg/l, Sikirevci 0.22 mg/l, Velika Kopaonica 0.66 mg/l, Vrpolje 1.4 mg/l).

KEY WORDS: *aquifer, quality, yield, concentration, Fe*

Uvod

Za istočni prostor Županije brodsko-posavske može se reći da ga karakterizira slaba razvijenost vodoopskrbnog sustava. Svega tri naselja (Donji Andrijevc, Stari Perkovci i Vrpolje) imaju izgrađeni vodovodni sustav.

Izmijenjene klimatske prilike, suhi kopani zdenci u ljetnim mjesecima, sve veća zagađenost površinskih i potpovršinskih voda, te zahtjevi stanovništva i ostalih subjekata, osnovni su čimbenici za pokretanje inicijative da se ozbiljnije započne rješavati vodoopskrbna problematika.

Za kvalitetno rješavanje vodoopskrbne problematike potrebno je jasno definirati cilj, te odrediti pristup i način za njegovo rješavanje.

Za rješavanje vodoopskrbe nekoga naselja potrebno je pronaći izvorište vode, kojim će se osigurati dovoljne količine kvalitetne vode.

Kao što je poznato, za promatrani prostor može se općenito reći da je njegovo podzemlje bogato vodom, ali vrlo promjenjive kakvoće.

Da je to tako, potvrda za to su rezultati ranijih i novoizvedenih istraživanja.

Pronalaženje izvorišta kvalitetne vode, a da je još i dobre izdašnosti, svakako je specifičan i izazovan posao pa stoga i traži određenu pripremu.

Cilj rada

- je da se, na osnovi analize dosadašnjih rezultata istraživanja vodonosnika i provedenih vodoistražnih i vodozahvatnih radova krajem 1994. godine i početkom 1995., izvrši kategorizacija prostora u odnosu na kakvoću vode.

Metoda rada

- prikupljanje postojećih podataka
- analiza dosadašnjih rezultata istraživanja
- izrada programa vodoistražnih i vodozahvatnih istraživanja
- odabir područja za geofizička istraživanja

- izvođenje vodoistražnih bušotina
- izvođenje vodozahvatnih objekata

Kriterij za ocjenu kakvoće vode

Detaljnou obradom kemijskih analiza vode uočeno je da je željezo upravo taj presudni kemijski element koji direktno utječe na kakvoću vode, odnosno njezinu upotrebljivost.

Zbog tog razloga, kao kriterij za praćenje kakvoće vode u prostoru, usvojena je koncentracija željeza (0,0 mg/l), dok su ostali elementi usvojeni kao konstanta.

Rezultati istraživanja i diskusija

Prikupljena dokumentacija detaljno je analizirana te sistematizirana s dva aspekta: "hidrogeološke karakteristike vodonosnih horizonata" i "kemizam podzemne vode".

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja vidljivo je da prvi radovi o hidrogeološkoj problematici toga prostora datiraju iz 1969. godine. Niz autora (Urumović, Miletić, Blašković) u periodu 1969.-1976. godine objavljuju radove o temama: "Hidrogeološke karakteristike porječja Save", "Studije rezervi podzemnih voda u istočnoj Slavoniji".

Prva kompleksnija istraživanja rađena su u periodu 1978.-1981. godine i obuhvatila su dio prostora između Sredanaca i rubnih dijelova Županije.

Iz kartografskog prikaza dobiven je uvid u pokrivenost prostora vodoistražnim i vodozahvatnim radovima, a interpretacijom rezultata, u prostorni raspored vodonosnika i kakvoću podzemne vode.

Na osnovi takve podloge spoznalo se da je prostor između Donje Vrbe i povučene linije Donji Andrijevi - Sredanci - Svilaj, te u užoj zoni uz rijeku Savu vrlo slabo istražen.

Hidrogeološke karakteristike

S morfološkog stanovišta istočni prostor Brodskog posavlja može se opisati kao blago zaravnjena aluvijalna ravnica koja se pruža istok-zapad i koja je s juga omeđena rijekom Savom, a sa sjevera brdskim brežuljkastim reljefnim oblicima.

Aluvijalna prostorna ravnica izgrađena je od šljunkovitih, pjeskovitih, prašiniastih i glinovitih naslaga kvartarne starosti.

Glavni utjecaj na takav geološki sastav odigrale su rijeke Sava, Bosna i Ukrina, te u manjoj mjeri brdski vodotoci.

U hidrogeološkom pogledu dominantna značajka je prisutnost izrazito propusnih šljunkovito-pjeskovitih naslaga koje su bogate vodom vrlo promjenljive kakvoće.

Da bi se dobio detaljan i cjelovit uvid u prostornu rasprostranjenost i dubinski interval javljanja vodonosnika, kao i u kemizam podzemne vode, na situacionoj karti prikazani su svi lokaliteti na kojima su dosad vršena istraživanja (slika 1) i nacrtano je nekoliko karakterističnih hidrogeoloških profila pružanja sjever-jug i zapad-istok (slika 3 i slika 4).

U profile su unesena dva podatka, kapacitet i koncentracija željeza.

Na osnovi izvršene kompleksne obrade i kategorizacije svih raspoloživih podataka spoznalo se da je analizirani prostor moguće podijeliti na dvije hidrogeološke cjeline.

Prva hidrogeološka cjelina obuhvaća područje između Slavenskog Broda i linije Donji Andrijevi-Sredanci-Svilaj. Na formiranje te cjeline presudan značaj su imale rijeke Sava i Ukrina, te brdski vodotoci.

Glavne odlike te sredine su:

- slaba razvijenost i nejednolika zastupljenost vodonosnika u prostoru
- vodonosnike karakterizira promjenjiva debljina, različiti granulometrijski sastav i promjenjiva izdašnost ($Q=15 - 50$ l/s)
- slojevi se javljaju na dubinama između 15 i 75 m.

Druga hidrogeološka cjelina obuhvaća prostor između crte Donji Andrijevi-Sredanci-Svilaj i rubnih granica Županije (Gundinci-Sikirevci-Slavonski Šamac).

Na formiranje te cjeline glavnu ulogu odigrale su rijeke Bosna i Sava.

Glavne odlike te sredine su:

- dobra razvijenost i zastupljenost vodonosnika u prostoru
- vodonosne slojeve karakterizira promjenjiva debljina, različit granulometrijski sastav s dominantnim udjelom šljunkovite frakcije, dobra izdašnost na gotovo cijelom prostoru. Dobra izdašnost slojeva posebice je izražena na prostoru Sikirevci - Slavonski Prnjavor - Velika Kopanica ($Q=30 - 70$ l/s).

Slojevi se javljaju na dubinama 20 m - 100 m.

Kemizam podzemne vode

Kakvoća podzemne vode, pored izdašnosti, presudan je čimbenik za donošenje ocjene o upotrebljivosti vode.

Na kakvoću vode poseban utjecaj imaju hidrogeološki čimbenici geološke sredine i površinski zagađivači infiltracijom oborinskih voda u podzemlje.

Kakvoća podzemne vode na prostoru "Brodskog posavlja", vrlo je promjenjiva i u načelu ne zadovoljava odredbe Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.

Kemizam podzemne vode ovisi o nizu čimbenika kao što su: geološki sastav stijena, morfološki oblik podloge, udaljenost izvora i način prihranjivanja, redoks uvjeti koji su vladali u sedimentacijskom bazenu u doba formiranja vodonosnog horizonta. Voda je u podzemlju prisutna zbog poroznosti stijena, a brzina njezina kretanja ovisna je o veličini i o međusobnoj povezanosti pora.

Blizina recipijenata, način hidrauličke povezanosti s njim i uvjeti zalijeganja vodonosnika bitno utječu na kakvoću vode u zaleđu.

Upravo zbog svega gore navedenog, danas na istraživanom prostoru, iako je riječ o aluvijalnoj ravnici određenog rasprostiranja uz rijeku Savu, nailazimo na vode vrlo različite kakvoće.

Da bi se dobili što potpuniji rezultati, na navedenom su prostoru programirana i izvedena kompleksna geofizička, vodoistražna i vodozahvatna istraživanja krajem 1994. i početkom 1995. godine, i to na lokacijama: Garčin, Slavonski Prnjavor i Klakar.

Dobiveni su sljedeći rezultati:

- | | | |
|----------------------|----------------|----------------|
| – Garčin | $Q = 51,5$ l/s | Fe = 2,0 mg/l |
| – Slavonski Prnjavor | $Q = 29,7$ l/s | Fe = 0 mg/l |
| – Klakar | $Q = 45,0$ l/s | Fe = 2,25 mg/l |

Prvi vodonosni horizont, koji predstavlja glavno izvorište vode, javlja se na dubini 40 do 80 m i sadrži vodu vrlo promjenjive kakvoće.

Polazeći od postavljenog kriterija i rasporeda istražnih objekata u prostoru, izvršena je prostorna kategorizacija za navedeni horizont i to na tri cjeline:

- Zapadna (Donja Vrba, Zadubravlje) Fe = 0,75 - 0,98 mg/l
- Središnja i Sjeverna (Garčin, Sredanci, Vrpolje) Fe = 1,5 - 3,5 mg/l
- Istočna (Sikirevci, Velika Kopanica) Fe = 0,1 - 1,0 mg/l

Ako se pogleda topografska karta, može se jasno vidjeti da je takva podjela prostora s kemijskog stajališta direktna posljedica djelovanja rijeke Save, Bosne i brdskih vodotoka. Poznato je i vidljivo da su navedeni vodotoci i rijeke tijekom svoje geološke prošlosti mijenjali svoje tokove, te su na taj način bitno utjecali na mijenjanje uvjeta u vodonosnim sredinama, a time i na kemizam vode.

Uvažavajući sve spoznaje o kemizmu vode i o hidrogeološkim svojstvima vodonosnika, a na osnovi analize dosadašnjih rezultata istraživanja i provedenih vodoistražnih i vodozahvatnih radova, može se za cjelokupni prostor utvrditi sljedeće:

- voda je promjenjive kakvoće
- s dubinom raste kakvoća vode
- kakvoća vode u znatnoj mjeri ovisi o hidrauličkoj vezi vodonosnika s recipijentom
- kakvoća vode najbolja je na dijelu prostora: Kruševica (Fe=0,05 mg/l) - Slavonski Prnjavor (Fe= 0,0 mg/l) - Sikirevci (Fe=0,22) - Velika Kopanica (Fe=0,66 mg/l).
- na području hidrogeološke cjeline dva profila I-I (slika 3) opada kakvoća vode, odnosno raste koncentracija željeza s udaljavanjem od rijeke Save u smjeru sjevera, a isto tako i u smjeru istok-zapad za promatrani vodonosnik dubinskog javljanja 40-80m.
- kakvoća vode se osjetno mijenja s udaljenošću vodozahvatnog objekta od rijeke Save
- vodonosnik koji se javlja na dubinama većim od 80 m sadrži vodu bolje kakvoće, ali slabije izdašnosti. Potvrda je te konstatacije novootkriveni lokalitet "Slavonski Prnjavor" gdje je pronađena voda bez željeza i izdašnosti Q=30 l/s.
- vodonosnik do dubine 40m sadrže vodu najlošije kakvoće: Velika Kopanica (Fe=2,5mg/l) - Klakar (Fe= 5,5mg/l).

Zaključak

Istočni prostor Županije brodsko-posavske karakterizira slaba razvijenost vodoopskrbnog sustava.

Istraživani prostor, u hidrogeološkom pogledu sastavljen od šljunka, različite granulacije s većim ili manjim sadržajem pijeska, karakterizira nejednolika zastupljenost vodonosnika u prostoru.

Podzemna voda promjenljive je kakvoće i direktno je ovisna o prostornoj dispoziciji i o dubinskom intervalu javljanja vodonosnika.

Prema postavljenom kriteriju, cjelokupni prostor moguće je podijeliti u tri vodonosne sredine i to:

- plitka, koja se javlja na dubini do 40m Fe = 2,5-5,5 mg/l
(Velika Kopanica - Klakar)

- srednja, koja se javlja u dubinskom intervalu 40-80m i koja je podijeljena na tri zone:

zapadna	Fe = 0,75-0,98 mg/l (Donja Vrba, Zadubravlje)
središnja i sjeverna	Fe = 1,5-3,5 mg/l (Garčin, Vrpolje, Sredanci)
istočna	Fe = 0,1-1,0 mg/l (Kruševica, Sikirevci, Velika Kopanica)

- duboka, koja se javlja na dubinama većim od 80m Fe < 0,3 mg/l

Posebno važno je istaći novootkriveni lokalitet Slavonski Prnjavor, gdje je na dubini 80-90 m pronađena voda bez sadržaja željeza Fe = 0,0 mg/l i izdašnosti Q = 29,7 l/s, pa rezultat upućuje na potrebu da se daljnjim istraživanjem utvrde granice njegove rasprostranjenosti.

Pregled dosadašnjih istraživanja i korištene literature

Prvi rad o hidrogeološkoj problematici Sjeverne Hrvatske objavljen je 1969. godine (Miletić).

U periodu 1969. - 1976. niz autora (Uremović, Miletić, Blašković) piše o hidrogeološkoj problematici Sjeverne Hrvatske (studije) uglavnom u regionalnom smislu, kao npr.:

Urumović, K. Miletić P. (1994.): Studija i određivanje rezervi podzemnih voda u Istočnoj Slavoniji (RGN Fakultet)

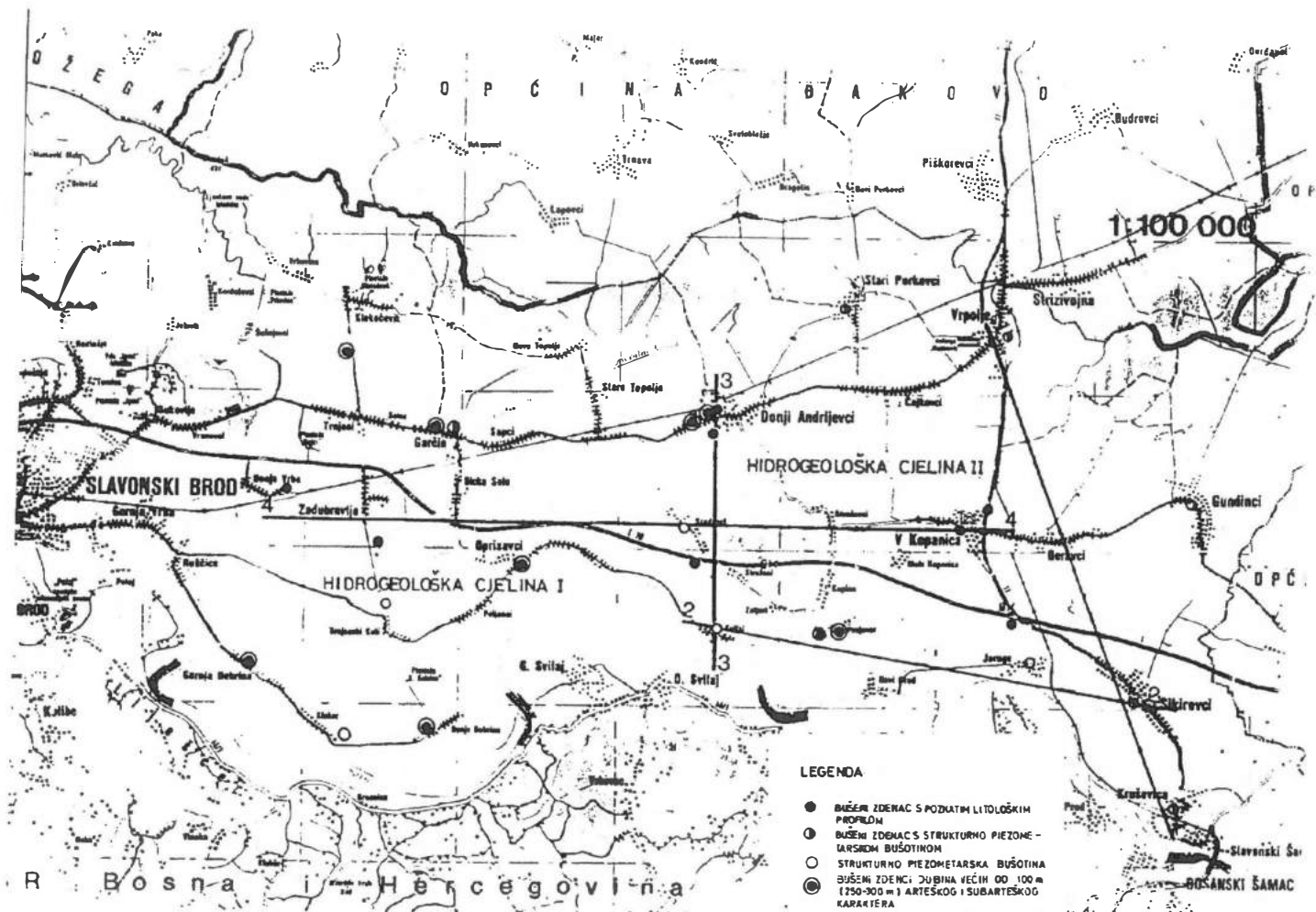
Urumović, K. (1976.): Studija određivanja zaliha podzemnih voda u Istočnoj Slavoniji (RGN Fakultet)

Urumović, K. Turić, G. Miletić P. (1972.): Hidrogeološke značajke porječja Save istočno od Slavanskog Broda (RGN Fakultet)

Prva kompleksna istraživanja (1978): Studija rezervi podzemnih voda Istočne Slavonije (II faza) (RGN Fakultet)

POPIS KORIŠTENE DOKUMENTACIJE:

1. Studija rezervi podzemnih voda u Istočnoj Slavoniji II faza, RNG fakultet Sveučilišta u Zagrebu, (1978).
2. Opskrba vodom Brodskog posavlja, RO Vodovod - Slavonski Brod (1980).
3. Izvješće o pregledu arteških zdenaca na području S.O. Slavonski Brod.
4. Hidrogeološka i tehnička izvješća o vodoistražnim i vodozahvatnim radovima za razne naručitelje i konkretne lokalitete (razni autori i izvodači od 1970. - 1975. godine):
 - Donja Vrba (Vodoopskrba naselja),
 - Zadubravlje (Peradarska farma),
 - Klokočevik (Peradarska farma),
 - Donji Andrijevci (Pan kartonaža, Vodoopskrbna naselja),
 - Sredanci (Motel na autocesti),
 - Kruševica (Hidro geološka istraživanja na prostoru Istočne Slavonije 1978.- 1981.
 - Velika Kopanica (Hidrogeološka istraživanja na prostoru Istočne Slavonije 1978. - 1981.
 - Gundinci (Stambeni objekt)



- LEGENDA
- BINEŠNI ZDENAC S PODNATIM LITOLOŠKIM PROFILIMA
 - ⊙ BUŠEVI ZDENACI S STRUKTURNO PIEZOMETARSKIM BUŠOTINOM
 - STRUKTURNO PIEZOMETARSKA BUŠOTINA
 - ⊗ BUŠEVI ZDENCI DUŽINA VEĆIM OD 100 m (250-300 m) ARTEŠKOG I SUBARTEŠKOG KARAKTERA

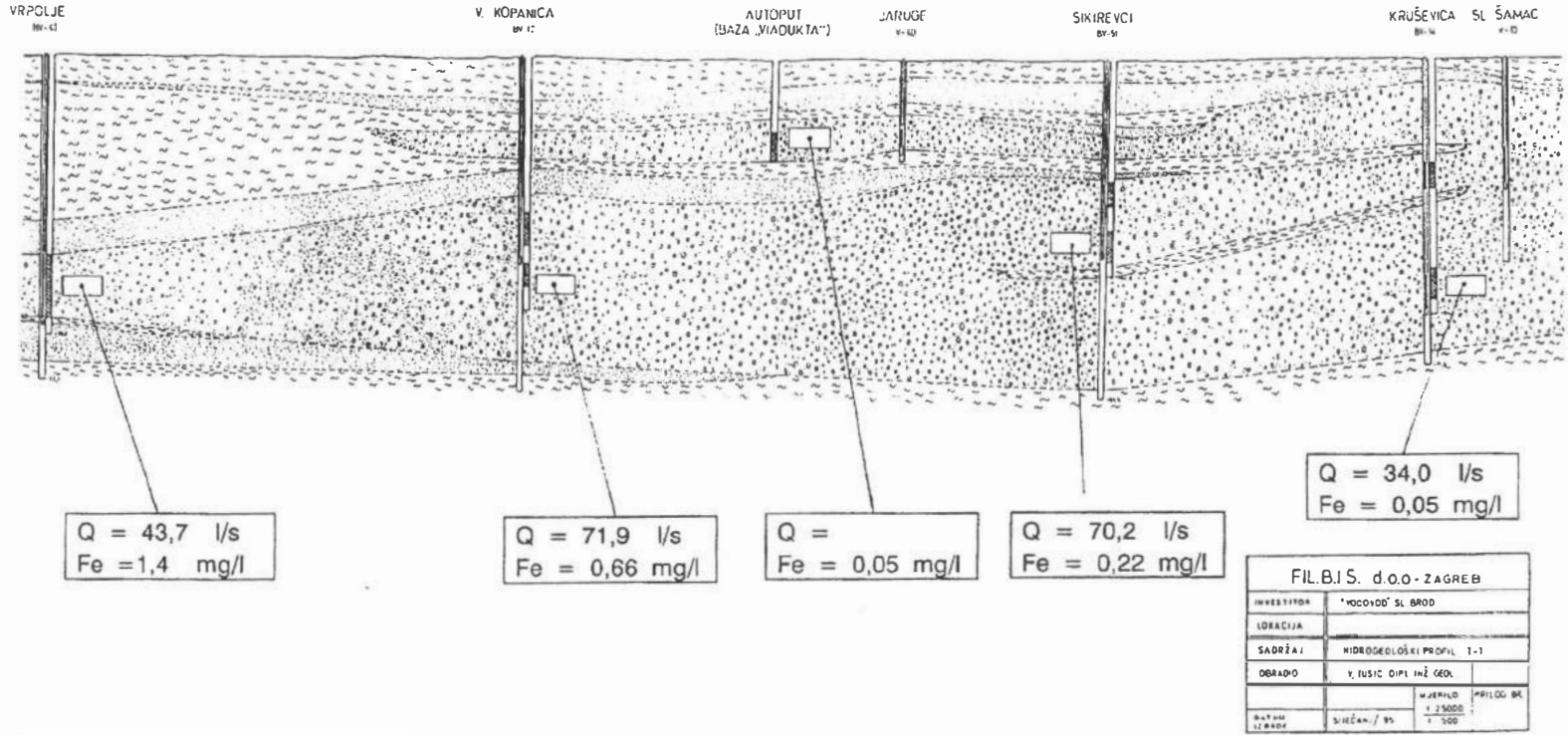
SL.1. SITUACIONA KARTA LOKACIJA ZDENACA I ISTRAŽNIH BUŠOTINA

slika 2.

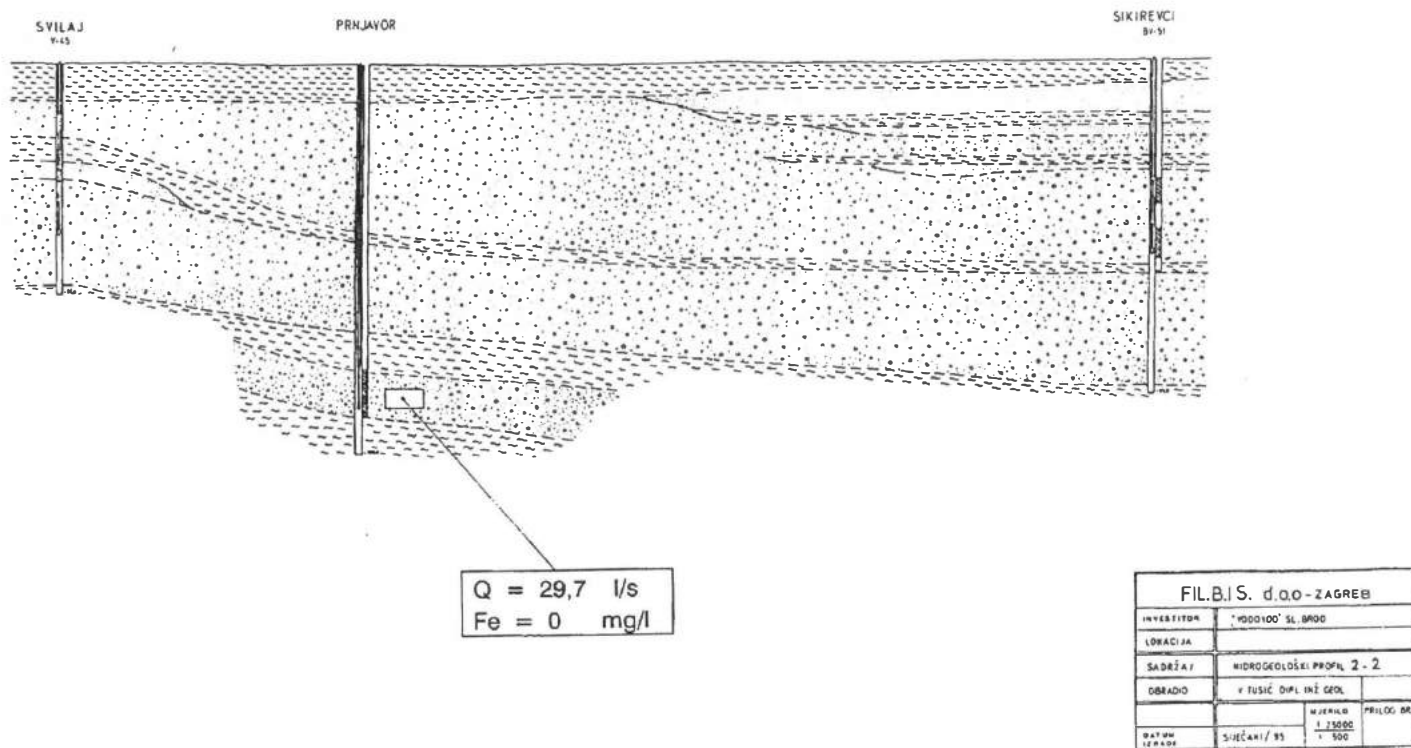
Tabelarni pregled lokacija istraživanja

BR.	LOKALITET	IZVOBAČ	GODINA IZRADE	TEHNIČKI PODACI O BUNARU			ELEKTRO- KAPOTAŽA	INTER. KAPITL. VODONOSNIKA (m)	IZDAŠNOST Q (l/s)	LITOLOŠKI OPIS VODONOSNIKA	KEMIZAM VODE (mg/l)				TEMP. (°C)	KAPAKTER VODE
				DUBINA (m)	PROFIL (s. mm)	TIP FILTERA					Fe	Mn2	NH4	CaMg4		
1	GARČIN	HIDROSONDA	1972	263	219/159/3"	PVC-MREŽICA		271-283	10,0 (4,0)	ŠLJUNKOVITI PLESAK	0,75	0	1,9	8,5	24,8	ARTEŠKA
2	ZADUBRAVLJE (farma pilića)	HIDROSONDA	1981	60	323/219	PVC-MREŽICA	RADENA	42-58	10,0	PLJESAK SITNO-SREDNJE ZRNI	0,75	0	0,20	9,8		SUBARTEŠKA
3	DONJA VRBA	IGH - OSJEK	1989	54	200/200	MOSTIČAVI	RADENA	40-52	15,0	PLJESKOVITI ŠLJUNAK	0,88	0	0,19	1,87		SUBARTEŠKA
4	KLOKOČEVIK (farma pilića)	HIDROSONDA	1981	285	323/219/140	PVC-MREŽICA	RADENA	225-283	11,0	PLJESAK SITNOZRNI	0,39	0	1,4	20,5		ARTEŠKA
5	SREDANCI (motel na autoputu)	IGH - OSJEK	1990	42	300/200	MOSTIČAVI		28-40	35,0	ŠLJUNAK	3,0	0,004	0,07	8,0		SUBARTEŠKA
6	DONJI ANDRIJEVIĆI (Ul. prvoboraca)	HIDROSONDA	1970	266.5	114/2.5"	PVC-MREŽICA		260.5-266.5	1.0 (0,29)	PLJESAK				20,0		ARTEŠKA
7	DONJI ANDRIJEVIĆI (Ul. braće Radčić)	HIDROSONDA	1971	154	323/219/140	PVC-MREŽICA		146-154	10,0	PLJESAK SITNOZRNI						SUBARTEŠKA
8	DONJI ANDRIJEVIĆI (crpilište)	GEOTEHNIKA	1987	135	406/400	MOSTIČAVI		79.5-83.5 / 89-93 128-132		PLJESKOVITI ŠLJUNAK	0,78			0,85		SUBARTEŠKA
9	DONJI ANDRIJEVIĆI (centar sela)	HIDROSONDA	1969	157	114/2.5"	PVC-MREŽICA		144.5-156.5	2,5	PLJESAK SITNOZRNI	0,88					SUBARTEŠKA
10	DONJI ANDRIJEVIĆI (parkarionaža)	IGH - OSJEK	1992	37	200/200	MOSTIČAVI		23-35	15,0	ŠLJUNAK	3,5	0,001	0,07	2,21		SUBARTEŠKA
11	VELIKA KOPANICA	GEOFIZIKA	1978	63	318/350	TIP-GEOTEHNIKA		39-47 / 51-57	37,0 (71,9)	ŠLJUNAK	0,66	0	0,32	10,2		SUBARTEŠKA
12	GUNDINCI	GEOTEHNIKA	1972	255	220/165	PVC-MREŽICA	RADENA	192-236	4,0	PLJESKOVITI-ŠLJUNAK	0,12	0,002	0,6	14,0		ARTEŠKA
13	GUNDINCI (stambeni objekt)	VODOVOD OSJEK	1985	66	159/3"	PVC-MREŽICA		42-63	7,0	ŠLJUNAK	1,0	0,002	0,29	3,79		SUBARTEŠKA
14	VRPOLJE	GEOFIZIKA	1978-80	70	318/350	TIP-GEOTEHNIKA		50-66	47,3 (29)	PLJESKOVITI-ŠLJUNAK	1,46					SUBARTEŠKA
15	STARI PERKOVCI	GEOFIZIKA	1978-80	67	316/350	TIP-GEOTEHNIKA		48-62	35,4	PLJESKOVITI-ŠLJUNAK						SUBARTEŠKA
16	ŠKUREVCI	GEOFIZIKA	1978-80	54	318/350	TIP-GEOTEHNIKA		30-36 / 42-50	70,2	ŠLJUNAK	0,22	0	0,06	4,0		SUBARTEŠKA
17	KRUŠEVICA	GEOFIZIKA	1978	64	318/350	TIP-GEOTEHNIKA		26-32 / 52-60	34,0	ŠLJUNAK	0,85	0	0	3,52		SUBARTEŠKA
18	JARUGE (baza "Vijadukt")	GEOTEHNIKA	1989	26	323/300	TIP-GEOTEHNIKA				ŠLJUNAK	0,85					SUBARTEŠKA SUBARTEŠKA
19	BEBRINA GORNJA	GEOTEHNIKA	1972	320	219/165	PVC-MREŽICA		264-316	4,0 (0,83)	ŠLJUNAK ZAGLJUNJENI	0,88	0	1,9	3,4		SUBARTEŠKA
20	BEBRINA DONJA	GEOTEHNIKA	1972	300/256	219/165	PVC-MREŽICA		178-251	4,0	ŠLJUNAK-PJEŠČENJACI						SUBARTEŠKA
21	OPRISAVCI	GEOTEHNIKA	1972	315	207/159	PVC-MREŽICA		284-307	4,0	ŠLJUNAK ZAGLJUNJENI						SUBARTEŠKA
22	SLAVONSKI PRNJAVOR	HIDROSONDA	1971	320	219/159/3"	PVC-MREŽICA		300-312	1,33	PLJESAK						ARTEŠKA
23	SLAVONSKI PRNJAVOR	FIL.B.JS.	1995	99	288	PVC		78-90	29,7	ŠLJUNAK	0	0,001	0	0,42		SUBARTEŠKA
24	GARČIN	FIL.B.JS.	1994	55	323	JOHNSON		40-52	51,3	ŠLJUNAK	2,0	0,061	0,48	0,99		SUBARTEŠKA
25	KLAKAR	FIL.B.JS.	1995	35	140	PVC		14-33	7,8	ŠLJUNAK	5,27	0,001	0,68	2,30		SUBARTEŠKA

slika 3.



slika 4.





1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Marušić

R 2-24

Potreba i značenje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u hrvatskoj

SAŽETAK: *Terenska obilježja melioracijskih područja i zahtjevi optimalnoga razvoja biljnih kultura određuju potrebu izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. Njihov je osnovni zadatak u pravodobnu sniženju i odvodnji suvišnih podzemnih voda iz zone rizosfere kroz vegetacijsko razdoblje biljnih kultura. Do kraja 1990. g. u Hrvatskoj su izgrađeni hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje na 161.530 ha, što je 19,6% od ukupnih potreba. Na tim je površinama ostvareno povećanje priroda biljnih kultura od 18 do 63% u odnosu na prethodni stupanj proizvodnje. Zbog ratnih zbivanja i pogoršanja položaja poljoprivrednih djelatnosti od 1991. do 1994. g., hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje izgrađeni su na samo 930 ha, a još uvijek je pod privremenom okupacijom 62.380 ha dreniranih poljoprivrednih zemljišta.*

KLJUČNE RIJEČI: *hidromelioracije, sustavi, podzemna, odvodnja, projekt, izvedbeni, elementi, efekti, prirodni, biljne kulture.*

Underground Hydroamelioration Drainage System in Croatia – Requirements and Significance

ABSTRACT: *The engineering characteristics of the reclamation areas and requirements for optimum growth of plants request construction of the underground drainage systems. The basic task of these systems is timely lowering and drainage of excessive groundwater from the rhizosphere throughout the period of plant growth. By the end of 1990, the underground drainage systems were constructed on 161,530 ha in Croatia, which is 19.6% of total needs. The increase in plant yield on these areas was 18 to 63% in comparison with the previous production level. The war conditions and worsening of the position of agriculture in the period 1991-1994 resulted in construction of the underground drainage systems on not more than 930 ha, while 62,380 ha of drained arable land is still under occupation.*

KEY WORDS: *hydroamelioration, systems, underground, drainage, design, detailed, elements, effects, natural, plants*

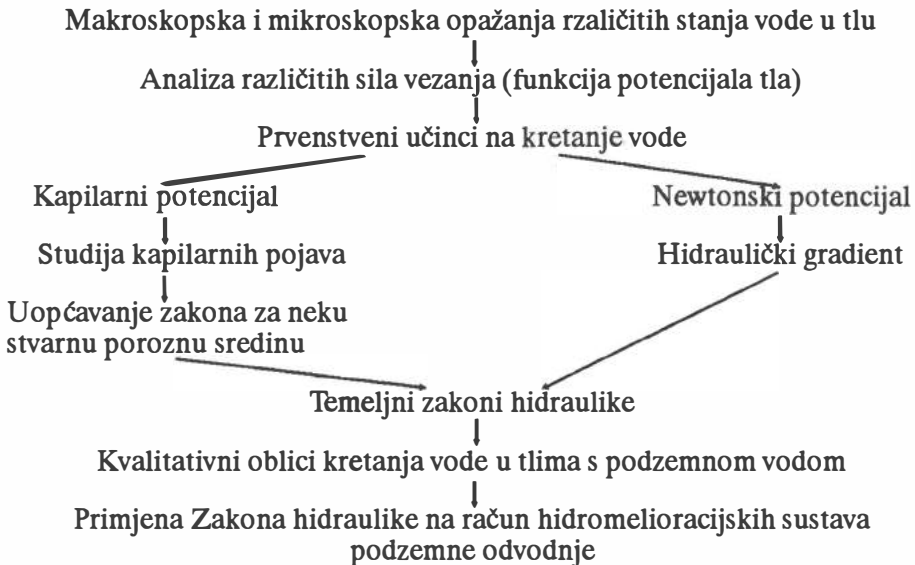
1. Uvod

Ovisno o terenskim obilježjima melioracijskih područja i zahtjevima uzgoja pojedinih biljnih kultura, potrebna je izgradnja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. Njihov je osnovni cilj u reguliranju vodnoga i zračnoga režima poljoprivrednih zemljišta, odnosno u osiguranju optimalne vlažnosti u zoni rizosfere kroz vegetacijsko razdoblje. To je glavni preduvjet za ostvarivanje visokih priroda i stabilne biljne proizvodnje. Od ukupnih 1.790.070 ha melioracijskih površina Hrvatske, na 822.350 ha neophodna je izgradnja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje, a do kraja 1994. godine oni su izgrađeni na 162.460 ha što je 19,76% od ukupnih potreba.

Zaštita melioracijskih područja od vanjskih poplavnih voda, te izgrađenost i kvalitetno održavanje hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje, osnovni su preduvjet za izgradnju hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje (cijevne drenaže). Nepovoljna hidropedološka svojstva tla i prekomjerne oborine izazivaju začepljenje slobodnih pora tla i tako prouzrokuju gušenje korijenja i slabi razvoj biljnih kultura. Stagnirajuće suvišne vode pojavljuju se iznad slabije propusnoga sloja tla koji se nalazi blizu površine terena na hidromorfim tlima. Te vode su karakteristične za pseudoglejna tla, epiglejna i amfiglejna tla - a pojavljuju se u zoni rizosfere. Podzemne vode slobodne su vode koje ispunjavaju sve pore u tlu i saturiraju tlo do maksimalnoga kapaciteta tla za vodu ispod same površine. Na promjene njezine razine direktno ili indirektno utječu količine i raspored oborina. U semiglejnim tlima podzemne vode utječu na prevlaživanje zone rizosfere što dovodi do zamočvarivanja zemljišta. Sniženje i odvodnja suvišnih podzemnih voda rješava se ugradnjom drenažnih cijevi, a za određivanje njihovih razmaka i promjera te provedbu agrotehničkih mjera, neophodno je izvršiti detaljna terenska snimanja i istraživanja kao i laboratorijska ispitivanja.

2. Fizikalni oblici kretanja vode u tlima

Povezivanje fizikalno-kemijskih aspekata reakcije vode u tlu i snaga koje djeluju u različitim oblicima moguće je odrediti kroz vezu makroskopskih opažanja terena sa mikroskopskim proučavanjem i eksperimentiranjem u laboratoriju. Različita su stanja rezultat ravnoteže sila koje je važno definirati kvalitativno i kvantitativno. Shema proučavanja koja proistječu iz navedenih razmatranja je sljedeća:

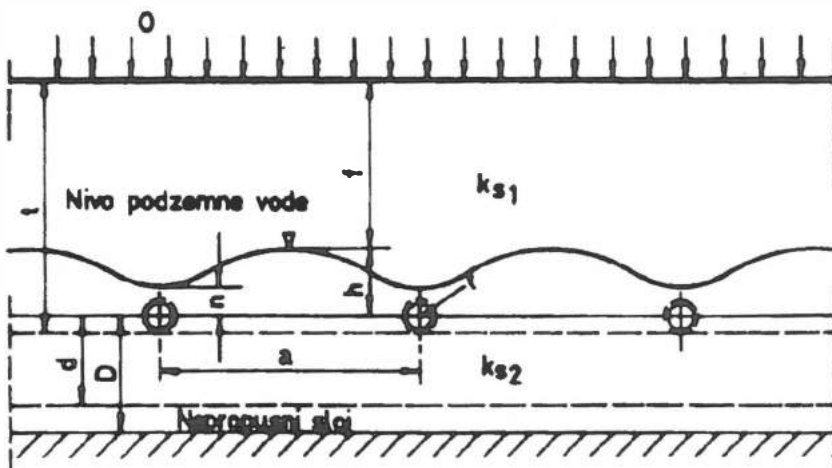


Za proračun mjerodavnih elemenata hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje od posebnoga su značenja dva kriterija: hidraulička provodljivost (K) i drenažni porozitet razmatranoga tla (μ). Metodom trajnoga režima određuje se razmak drenažnih cijevi uz neprestano odstranjivanje suvišne oborine - bez variranja visine podzemne vode. U tom slučaju su hidraulička provodljivost mm/sat i mjerodavni hidromodul odvodnje ($1/s/ha$), funkcije intenziteta maksimalne oborine. U drugoj metodi odnosno metodi varijabilnoga režima razina podzemne vode spušta se dovoljno brzo - poslije prestanka oborine. Pored hidrauličke provodljivosti i mjerodavnoga hidromodula po metodi varijabilnoga režima potrebno je definirati i drenažni porozitet - kao dodatni parametar. U sklopu toga je važno jesu li drenažne cijevi ugrađene u propusni supstrat ili jesu u homogenom ili nehomogenom tlu? Drenažna poroznost izražava odnos volumena protekle vode kroz volumen dreniranoga tla. Volumen te vode vezan je direktno za sniženje podzemne vode u određenu vremenu s mjerodavnim razmakom drenažnih cijevi. Kod trajnoga režima razina podzemne vode održava se na vrijednosti koje zahtijeva optimalan razvoj biljnih kultura - s pravovremenom odvodnjom suvišne vode ($1/s/ha$).

Projektno-izvedbeni razmaci i promjeri drenažnih cijevi trebaju zadovoljiti i najbolji sklad: investicija - prirod biljnih kultura. Sastavni je dio toga određivanje funkcije te vrste i količina drenažnoga filtra kao i provedbe odgovarajućih agrotehničkih mjera. A to je moguće ostvariti s realizacijom pokusnih polja u različitim terenskim uvjetima s raznim projektno-izvedbenim elementima hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje za potrebe iznalaženja njihovih optimalnih tehničkih i financijskih rješenja.

Kako mi još uvijek nemamo svoje, koristimo normative iz drugih zemalja (Njemačka, Nizozemska) s dužom tradicijom izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje - jasno za zemljišta sa sličnim obilježjima.

Prema raspoloživim podacima 70% hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje projektirano je po njemačkim normativima (DIN - 1185). U njima su posebno značajna temeljna načela za projektiranje cijevne drenaže poljoprivrednih zemljišta. Važno je imati na umu da su norme izradene na osnovi, kako većega broja pokusnih polja, tako i duge tradicije izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje - i to za različita terenska obilježja melioracijskih područja. A kod nas se potvrdila opravdanost primjena formule Hooghoudt-Ernesta za određivanje razmaka drenažnih cijevi sisala.



Slika 1. Shema za proračun razmaka drenažnih cijevi po Hooghoudt-Ernestovoj formuli

$$a = \sqrt{\frac{8 \text{ ks}_2 d h}{O} + \frac{4 \text{ ks}_1 h^2}{O}}$$

- a = razmak drenova (rastojanje osovina drenova »sisala« u metrima
 ks₁ = koeficijent propusnosti za vodu zemljanoga sloja iznad drena, u metrima/dan
 ks₂ = koeficijent propusnosti za vodu zemljanoga sloja ispod drena, u metrima/dan
 d = faktor, u metrima - ovisi o vrijednosti D, a određuje se po posebnim tabelama i nomogramima
 D = odstojanje dna podzemne vode (nepropusnog sloja) od osi drenskih cijevi, u metrima
 h = visina max. dopuštenog lica podzemne vode nad osovnom drenova, između drenova, u metrima
 O = oborina koju treba odvesti, u metrima/dan ili q - l/s/ha
 t = dubina drenova, u metrima
 f = dubina dozvoljenog lica podzemne vode od površine, u metrima u pravilu je f = 0,6-0,8
 r = djelotvorni vanjski radius drenske cijevi u metrima

Prema raspoloživim pokazateljima i dosadašnjim iskustvima primjena navedene formule potvrdila se opravdanom u srednje propusnim i teško propusnim tlima naših nizinskih melioracijskih područja.

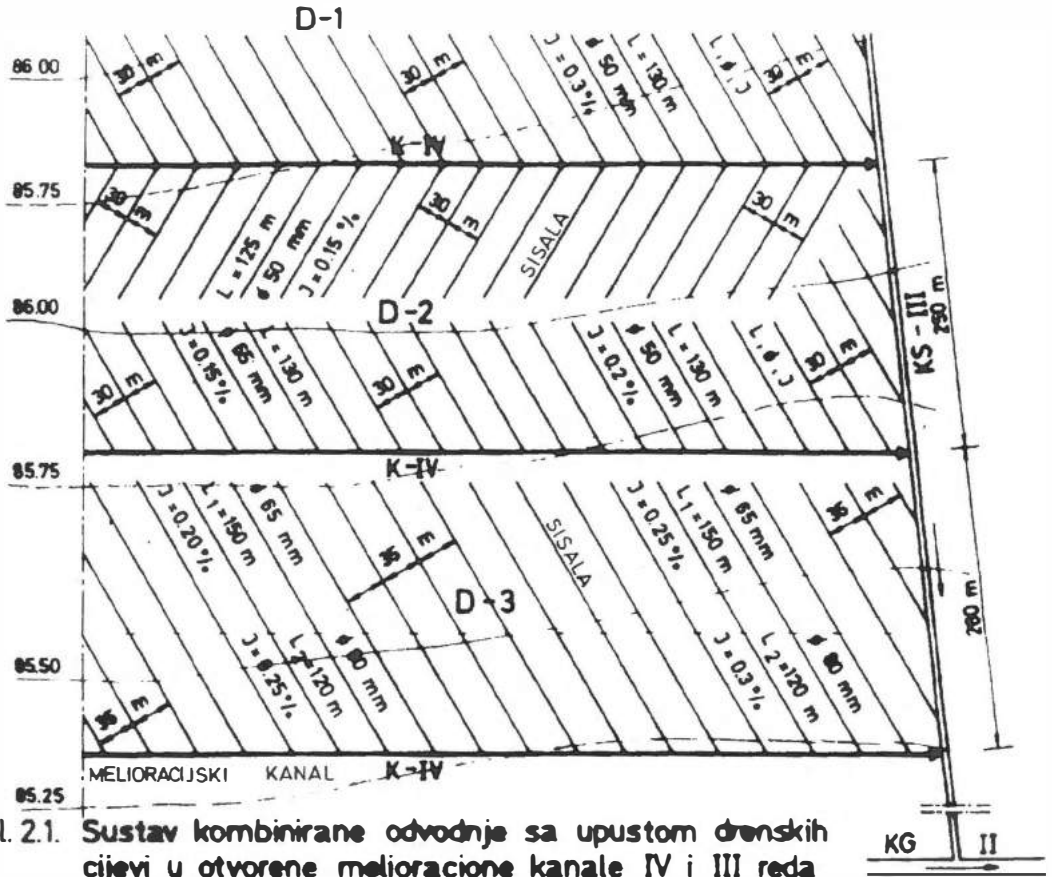
3. Osnovni projektni i izvedbeni elementi hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje

Za izradu projektnih rješenja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje potrebna je provedba detaljnih terenskih snimanja i istraživanje a i provedba odgovarajućih laboratorijskih ispitivanja. Geodetske podloge za glavne projekte trebaju biti u mjerilu 1:2000 sa slojnicama na 25 cm. Na njima je obavezno prikazati postojeće objekte na melioracijskom području: melioracijske kanale, prometnice, cjevovode (plin, nafta, vodovod, kanalizacija), vodove (električna energija), telekomunikacije, naselja, gospodarske objekte. Nažalost, u našoj dosadašnjoj praksi, u dijelu projektne dokumentacije nisu uvijek dani svi potrebni podaci, pa je u procesu izvedbe radova dolazilo do nepotrebnih zastoja, šteta te usporenja i poskupljenja a izvedbe radova.

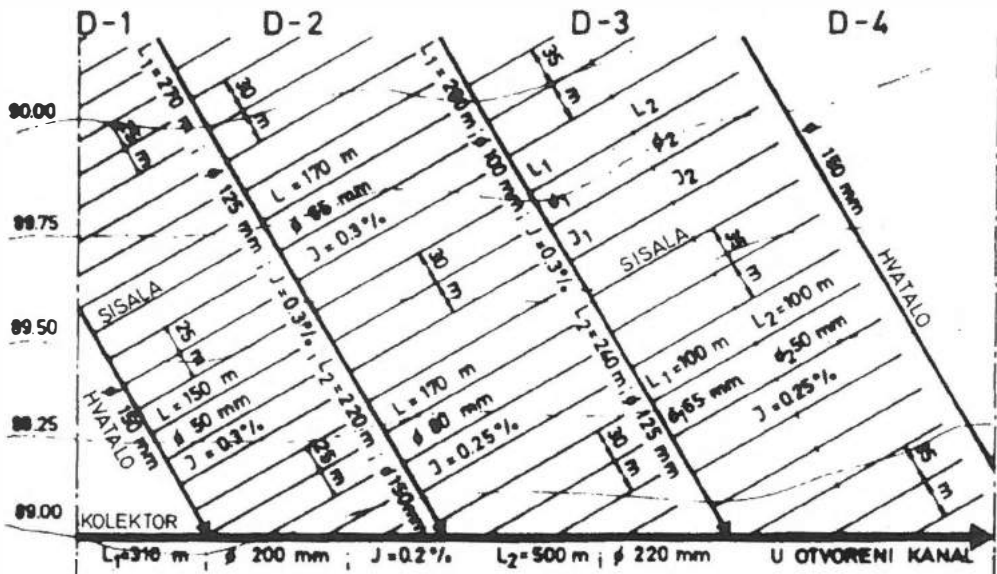
Od primarnoga je značenja provedba detaljnih hidropedoloških istraživanja kao i odgovarajućih laboratorijskih ispitivanja fizikalnih i kemijskih svojstava tla. Analiza klimatskih i hidroloških podataka također je važna za definiranje optimalnih elemenata hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje (cijevne drenaže). Također je veliko i značenje u predlaganju vrste i količine filter-materijala - s obzirom na znatno povećanje troškova izgradnje. Pored korektnoga vrednovanja i utjecaja svih terenskih obilježja melioracijskih područja od posebnoga je značenja zadovoljenje zahtjeva optimalnoga razvoja pojedinih biljnih kultura. To je sastavni dio procesa iznalaženja optimalnih tehničkih i financijskih izvedbenih rješenja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. A prije njihove izgradnje neophodna je kontrola održavanja i funkcioniranja odvodnje putem otvorenih melioracijskih kanala.

Jedan je od glavnih elemenata hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje određivanje razmaka drenažnih cijevi - što je prikazano na slici 1.

Na slici 2.1. dan je prikaz sustava kombinirane odvodnje s upustom drenažnih cijevi u otvorene melioracijske kanale IV reda. Takva rješenja realizirana su na 95,0% dreniranih poljoprivrednih zemljišta u Hrvatskoj. Samo 5,0% dreniranih zemljišta iz-



Sl. 2.1. Sustav kombinirane odvodnje sa upustom drenskih cijevi u otvorene melioracione kanale IV i III reda



Sl. 2.2. Sustav podzemne odvodnje sa kombinacijom drenskih cijevi, sisala, sakupljača i kolektora, cijevi φ od 50 do 250 mm

vedeno je s kombiniranim rješenjem ugradnje drenažnih cijevi: sisala (promjer 50, 65 i 80 mm), skupljača 6 promjera 100, 125 i 160 mm) i kolektora (promjera 180, 200, 220 i 250 mm) - što je prikazano na slici 2.2. Pored razmaka i promjera potrebno je upisati podatke za padove i dužinu pojedinih promjera drenažnih cijevi. Minimalan je pad cijevi 0,20 odnosno 0,15%. Dužina sisala ovisi o razmaku melioracijskih kanala i padu terena, a najčešće su od 150 do 300 m.

Osnovni elementi poprečnoga presjeka drenažnoga rova s ugrađenim cijevima prikazani su na slici 3. U sklopu toga treba imati na umu da je normalna dubina ugradnje drenažnih cijevi sisala od 0,90 do 1,30 m, a širina drenažnog rova 0,14-0,18 m. dubina ugradnje drenažnih cijevi skupljača (hvatala) i kolektora je od 1,30 do 1,70 m, a širina rova 0,23, 0,28 i 0,33 m.

Na slici 4. i 5. dani su osnovni pokazatelji za poprečni i uzdužni presjek drenažnih cijevi sa ugradnjom filter materijala od šljunka i plastice. S obzirom na visoke troškove nabave, dovoza i ugradnje filtra od separiranoga šljunka neophodna je provedba i detaljnih terenskih i laboratorijskih ispitivanja prije nego što se donese odluka o tome. Istodobno treba dati i prijedlog provedbe odgovarajućih agrotehničkih mjera (krtičenje, podriavanje).

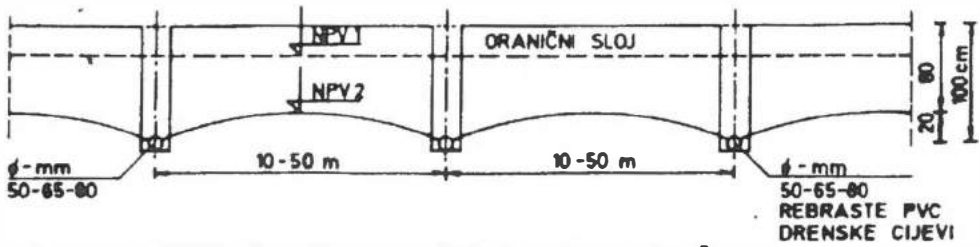
Uz troškove nabave, dovoza i ugradnje filter-materijala, treba imati na umu i usporjenja (od 5 do 35%) rada strojeva na ugradnji cijevi u odnosu na hidromelioracijske sustave podzemne odvodnje bez filtra. A sam rad strojeva ovisi i o vlažnosti tla kao i o samim projektnim i izvedbenim elementima cijevne drenaže poljoprivrednih zemljišta (potrošnje tekućega goriva, habanje kopačkih dijelova, brzina - sporost kretanja i rada strojeva na ugradnji drenažnih cijevi).

4. Stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj - 1994. g.

Prema raspoloživim terenskim podacima i zahtjevima uzgoja biljnih kultura, u Hrvatskoj je potrebna izgradnja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje na 822.350 ha - od ukupnih 1.790.070 ha melioracijskih područja (na kojima je potrebno rješenje i površinske odvodnje). Od 1973. do 1990. g. hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje izgrađeni su na 161.530 ha - što je 19,6% od ukupnih potreba. Od 1991. do 1994. g. oni su izgrađeni na 930 ha - samo 0,12%!

U tablici 1. dani su numerički podaci po slivnim melioracijskim područjima, a na slici 6. numerički i grafički pokazatelji o izgradnji hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj od 1973. do 1990. godine, a osnovne konstatacije su sljedeće:

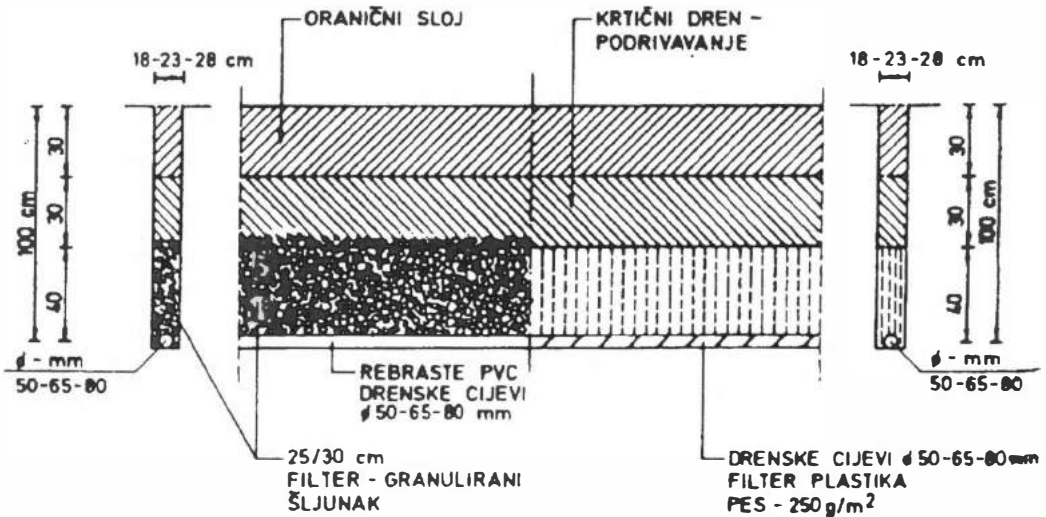
- | | |
|---|----------------------|
| – Površina dreniranoga poljoprivrednoga zemljišta | 161.530 ha |
| – Dužina ugrađenih drenažnih cijevi | 57.687.140 m |
| a od toga: promjera 50, 65 i 80 mm | 54.687.410 m (94,8%) |
| promjera od 100 do 250 mm | 2.999.730 m (5,2%) |
| – Prosječna gustoća drenažnih cijevi | 357 m/ha |
| – Prosječan razmak drenažnih cijevi sisala | 28,0 m |
| – Filter od separiranog šljunka ugrađen je na 34% dreniranih zemljišta odnosno na | 54.920 ha, |
| a od stiropora i plastice na 4% odnosno | 6.460 ha |
| – Prosječna dubina ugradnje drenažnih cijevi sisala je od 0,90 do 1,30 m, a širina drenažnih rovova 0,14-0,18-0,23 m. | |



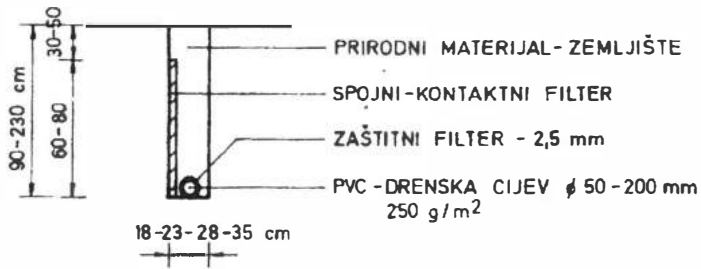
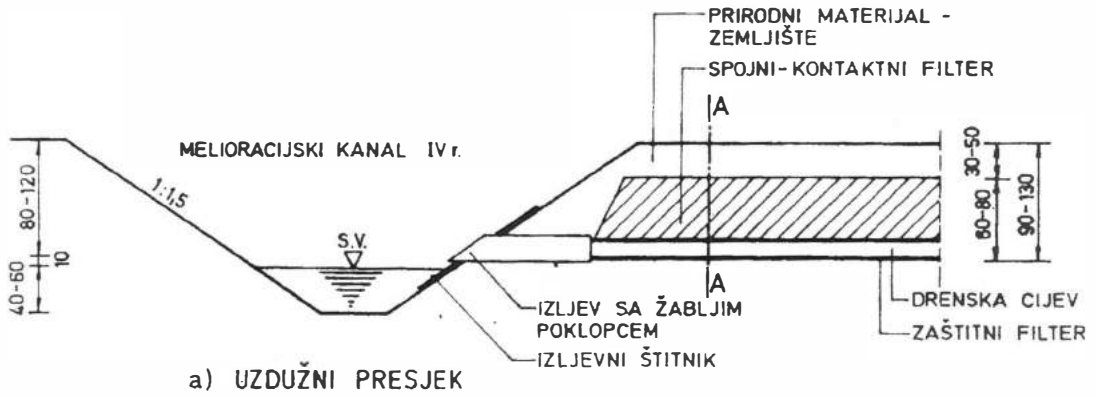
NPV 1 - NIVO PODZEMNE VODE PRIJE IZVEDBE CIJEVNE DRENAŽE

NPV 2 - NAKON

SL. 3. CIJEVNA DRENAŽA BEZ FILTER MATERIJALA



SL. 4 . CIJEVNA DRENAŽA SA FILTER MATERIJALOM -
uzdužni i poprečni presjeci

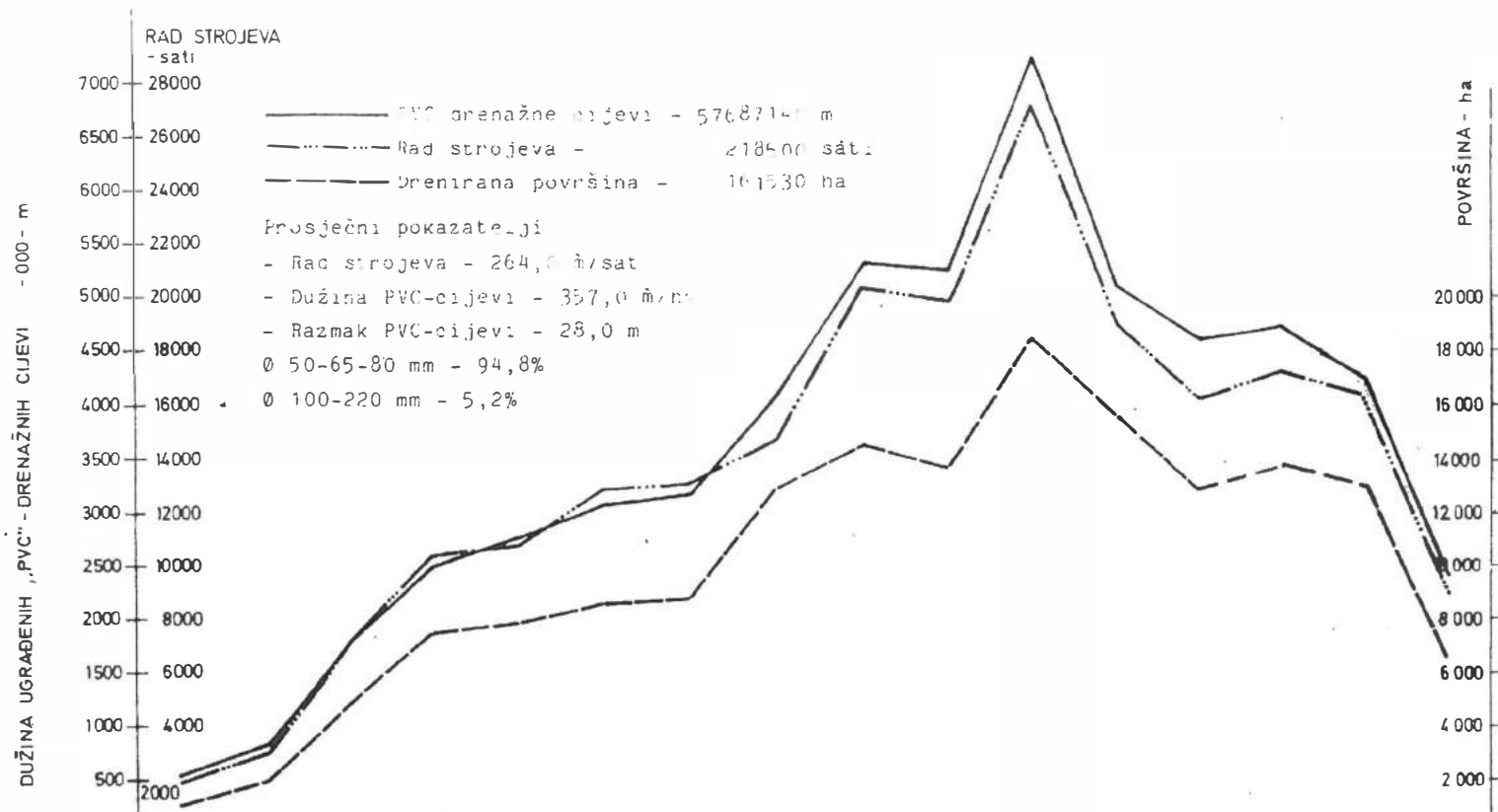


Sl. 5. KARAKTERISTIČNI UZDUŽNI I POPREČNI PROFIL DRENA S FILTROM OD „LIO” PLASTICE

- Od ukupno dreniranih poljoprivrednih zemljišta u društvenom je posjedu 160.550 ha odnosno 99,4%, a u privatnome samo 980 ha, odnosno 0,6%.
- Prosječno izvršenje rada strojeva na ugradnji drenažnih cijevi je 264,0 m/sat.
- Na površinama s ugradnjom filtera od separiranog šljunka od 142 do 198 m/sat, a na površinama bez filter materijala od 238 do 364 m/sat.
- Najviše hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje je izgrađeno u 1985. g. - na 18.500 ha sa 7.181.098 m ugrađenih drenažnih cijevi.

Tablica 1. Pregled melioracijskih površina i stupnja izgrađenosti sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj u 1990. godini

Red. broj	Melioracijsko slivno područje vodotoka	Ukupne površine oranica ha	Stupanj podzemne odvodnje		
			Ukupno potrebno ha	Potpuno riješeno ha	Potrebno riješiti ha
1.	Bidj-Bosut	171751	112630	40860	71770
2.	Crnac-Jelas	82630	48580	17356	31224
3.	Orljava	61860	21650	1552	20098
4.	Strug-Sava	24910	14800	5520	9280
5.	Ilova-Pakra	76943	30780	3438	27342
6.	Česma-Glogovnica	152372	76660	3685	72975
7.	Lonja-Strug	54827	32670	10836	21834
8.	Banija-Sisak	149646	86850	4965	81885
9.	Lonja-Zelina	53251	28640	6520	22120
10.	Krapina-Sutla	94019	27500	710	26790
11.	Vodotoci Zagreb	56568	15800	820	04980
12.	Kupa-Karlovac	150980	22500	1490	21010
Ukupno 1-12 - Sava:		1129757	519060	97752	421308
13.	Baranja	66868	16050	300	15750
14.	Vuka-Drava-Dunav	129189	63170	7110	56060
15.	Karašica-Vučica	141457	98810	43221	5589
16.	Brana-Virovitica	54636	32600	5380	27220
17.	Bistra-Đurđevac	57781	28110	1320	26790
18.	Plitvica-Bednja	71935	23980	350	23630
19.	Medimurje	48970	19140	1190	17950
Ukupno 13-19 - Drava i Dunav:		570836	281860	58871	222989
20.	Istra-Mirna-Raša	20620	7950	2617	5333
21.	Primorski otoci	530	100	-	100
22.	Lika	21480	3300	-	3300
23.	Gorski Kotar	1200	500	-	500
Ukupno 20-23 - Istra i Priorje:		43830	11850	2617	9233
24.	Neretva (4 sliva)	20141	5550	1240	4310
25.	Cetina (5 slivova)	7024	1300	300	1000
26.	Krka (9 slivova)	8085	1200	50	1150
27.	Zrmanja (4)	3210	350	50	300
28.	Priobalni slivovi (9):	6187	1100	650	450
Ukupno 24-28 Dalmacija:		44647	9500	2290	7210
Sveukupno 1-28 Hrvatska:		1789070	822350	161530	660820



PVC CIJEVI - 000 - m	523 626	843 503	1752602	2521320	2785243	3081859	3177709	4100255	5328682	5282151	7181098	5093917	4629863	4759002	4278270	2348040
EFEKTIVNI RAD STROJEVA - sati	1964	3499	7145	10398	10835	12847	12017	14755	20361	19841	27073	19092	16319	17339	16120	8895
DREN. POVRŠINA-ha	1065	1981	4858	7513	7857	8570	8793	12891	14539	13561	18500	15686	12980	13336	12980	6420
GODINA	1973-75	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.

SL. 6. PREGLED UKUPNOG IZVRŠENJA RADA STROJEVA NA IZVEDBI CIJEVNE DRENAŽE POLJOPRIVREDNIH ZEMLJIŠTA U R HRVATSKOJ OD 1973. DO 1990. GODINE

Nakon 1985. g. uslijedilo je smanjenje radova na izvedbi hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj - tako da je u 1990. g. drenirano samo 6.420 ha. Ratnom agresijom srbo-četničkih vojnih formacija i bivše JNA u 1991. g. došlo je do prekida radova na izgradnji hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. Prema nepotpunim podacima od 1991. do 1994. g. drenirano je samo 930 ha poljoprivrednih zemljišta. Zbog ratnih zbivanja prisutno je i smanjenje sredstava za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje. A bez njihova efikasna funkcioniranja nema ni potrebnoga stupnja podzemne odvodnje. Još veći je problem na 62.380 ha (38,6%) dreniranih zemljišta koja su još uvijek privremeno okupirana od srbo-četničkih vojnih formacija. Za te površine ne postoje podaci o stupnju održavanja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje kao i na 296.510 ha površinske odvodnje (26,6%).

U tablici 1. dani su podaci po vodnim i slivnim područjima u 1990. godini i to za: ukupne melioracijske oranične površine te površine na kojima je potrebna, izgrađena i preostala potreba izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. U njihovoj ukupnoj izgrađenosti učešće je po vodnim područjima sljedeće: Sava - 60,52%; Drava i Dunav 36,44%, Istra i Primorje - 1,62% i Dalmacija - 1,42%.

Posebno su dani podaci za površine na kojima je preostala potreba izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje, i to kako za vodna, tako i pojedina slivna područja - sa ukupnih 660.820 ha, odnosno još 80,4%, melioracijskih oraničnih površina. Vidljivo je da je najviše dreniranih zemljišta na melioracijskih područja Slavonije i to 124.737 ha (77,22%) od ukupno izgrađenih hidromelioracijskih površina Hrvatske do kraja 1990. godine. Nažalost, na tom dijelu najviše je i privremeno okupiranih hidromelioriranih poljoprivrednih zemljišta Hrvatske.

U sklopu sagledavanja i korektnoga vrednovanja potrebe i značenja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje potrebno je imati na umu da su na dreniranim zemljištima ostvareni veći prihodi biljnih kultura za 18 do 63% - u odnosu na prethodni stupanj proizvodnje. To potvrđuje opravdanost njihove izgradnje - i uz visoke troškove nabave i ugradnje drenažnih cijevi (od 3285 do 7430 kn/ha). Posebno detaljne analize i varijantna rješenja potrebno je izraditi za vrste i količine filter-materijala, s obzirom da on u još većoj mjeri poskupljuje uređenje poljoprivrednih zemljišta za suvremeni uzgoj biljnih kultura. Sastavni je dio toga i potreba organizacije više pokusnih polja s različitim terenskim obilježjima melioracijskih područja i uzgojem raznih biljnih kultura odnosno promjenom plodoređa u odnosu na prethodno stanje. To potvrđuju i višegodišnji podaci sa pokusnih polja na slivu Karašice i Vučice, Bida i Bosuta, Črnc polja. Međutim, to je nedovoljan broj pokusnih polja u odnosu na potrebe izgradnje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje na 822.350 ha, odnosno na još 659.890 ha poljoprivrednih zemljišta Hrvatske.

5. Zaključak

Osnovni je zadatak hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u pravovremenu sniženju i odvodnji suvišnih podzemnih voda iz zone rizosfere poljoprivrednih tala. Od ukupnih potreba na 822.350 ha, oni su do kraja 1990. g. izgrađeni na 161.530 ha odnosno na 19,6% zemljišta koja su izložena trajnome ili povremenome djelovanju podzemnih voda. Provedba detaljnih terenskih snimanja i istraživanja kao i laboratorijskih ispitivanja neophodna je za iznalaženje optimalnih tehničkih i finansijskih rješenja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. Za njihovo funkcioniranje bitna je izgrađenost i kvalitetno održavanje otvorenih melioracijskih kanala i odgovarajućih objekata na njima. Osnovni je zadatak u određivanju optimalnih vrijednosti

razmaka i promjera drenažnih cijevi te vrsti i količini filter materijala, kao i u potrebi provedbe odgovarajućih agrotehničkih mjera.

Na 161.530 ha dreniranih zemljišta od 1973. g. do 1990. g. ugrađeno je 57.687.140 m PVC cijevi od čega su 94,8% promjera 50, 65 i 80 mm - na prosječnom razmaku 28,0 m. Filter od separiranoga šljunka ugrađen je na 34,0%, a od stiropora i plastice na 4% ugrađenih drenažnih cijevi. Još uvijek je 62.380 ha dreniranih zemljišta (od ukupno 296.510 ha melioriranih površina) pod privremenom okupacijom od srbo-četničkih vojnih formacija. Za iznalaženje optimalnih rješenja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje potrebna je organizacija više pokusnih polja - na različitim melioracijskim područjima s uzgojem raznih biljnih kultura i sa raznim projektno-izvedbenim elementima cijevne drenaže poljoprivrednih zemljišta.

Na dreniranim zemljištima ostvareni su od 18% do 63% veći prirodni biljnih kultura u odnosu na prethodni stupanj odvodnje i proizvodnje. Veliki su efekti i u racionalnijem korištenju strojeva u procesu pripreme zemljišta kao i svih faza rada - od sjetve do žetve biljnih kultura. I pored visoke cijene, ostvareni rezultati su opravdali izgradnju hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj.

Popis literature

1. Racz, Z.: Meliorativna pedologija, I. dio, Geodetski fakultet Zagreb, 1980. g.
2. Kos, Z.; Marušić, J.: Projektiranje, propisi i standardi kod odvodnjavanja, Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 2, društvo za odvodnju i navodnjavanje Hrvatske (DONH), Zagreb, 1984. g.
3. Concaret, J. i suradnici: Drenaža u poljoprivredi, teorija i praksa, prijevod s francuskog - Đaković, B.; Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb, 1984. g.
4. Marušić, J.: Potreba i značenje izvedbe hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje, knjiga 4, DONH-e, Zagreb, 1987.
5. Tomić, F.: Sustavi detaljne odvodnje za reguliranje suvišnih voda u tlu, Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 4, DONH, Zagreb, 1987. g.
6. Marušić, J.: Experience and effects of instalation of pipe drainage on agricultural land in Yugoslavia; Internacional Commission on irrigation and drainage; Instalation and maintenance of drainage and irrigation systems Volume 3, Dubrovnik, 1988. g.
7. Marušić, J.: Postojeći i potrebni stupanj razvoja hidromelioracijskih sustava na području Slavonske Posavine, I. i II. dio, Privreda, 33; 4 i 5; Osije, 1989. g.
8. Kos, Z.: Hidrotehničke melioracije tla, odvodnjavanje, fakultet graditeljskih znanosti, Rijeka, 1989. g.
9. Marušić, J.: Utjecaj cijena PVC drenažnih cijevi na troškove građenja hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje, Priručnik za hidrotehničke melioracije, knjiga 5, DONH-e, Zagreb, 1989.
10. Čamdžić, S.; Marušić, J.; Racz, Z.; Vidaček, Ž.: Racionalno korištenje dreniranih površina u intenzivnoj ratarskoj proizvodnji, Znanstveno savjetovanje: Dostignuća i perspektive ratarsko-stočarske proizvodnje u tržišnim uvjetima, Poljoprivredne aktualnosti, 39, (3-4), Pula - Zagreb, 1990.
11. Gereš, D.; Kolovrat, I.; Marušić, J.: Ratne štete u vodoprivredi R. Hrvatske, gradevinar, 44, 11, Zagreb, 1992. g.

12. Marušić, J.; Tomić, F.: Hidrotehničke melioracije - preduvjet razvitka hrvatske poljoprivrede, Znanstveno-stručno savjetovanje: Strategija dugoročnog razvitka poljoprivrede Hrvatske, Zagreb, 1993. g.
13. Buntić, Z.; Marušić, J.; Tomić, F.: Uređenje poljoprivrednih površina u Hrvatskoj, Hrvatske vode, 1, 1, Zagreb, 1993. g.
14. Marušić, J.: Analiza rada strojeva za izvedbu hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj od 1973. do 1990. g. Poljoprivredne aktualnosti, 29; 5-6; Zagreb, 1993. g.
15. Tomić, F.; Marušić, J.: Stanje i perspektive melioracija u Hrvatskoj, Znanstveno-savjetovanje: Poljoprivreda i gospodarenje vodama, Bizovačke Toplice, 1994. g.
16. Marušić, J.: Gospodarenje i upravljanje vodama Hrvatske, Tehnički dokument za međunarodni projekt, Strategija razvoj ahrvatske poljoprivrede, projekt FAO, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva, Zagreb, 1994. g.



Mijo Vranješ, Damir Vidoš

R 2-25

Dimenzioniranje melioracijskih sustava u Donjoj Neretvi

SAŽETAK: U Donjoj Neretvi izgrađeno je nekoliko sustava za odvodnjavanje, a planirana je i melioracija djelomično močvarnog područja Kuti na površini oko 2400 ha. Budući da je cijelo područje izrazito ravno i vrlo nisko u odnosu na srednju razinu mora, odvodnja oborinske vode može se riješiti samo crpljenjem.

Protetkih tridesetak godina potvrđena je pretpostavka da su crpne stanice na postojećim sustavima uglavnom predimenzionirane i da nikad nisu radile punim kapacitetom. Kada je projektiran sustav odvodnje Kuti sredinom 70-tih godina korištene su za to vrijeme važeće metode i standardi. U međuvremenu standardi i uvjeti izmijenili su se, pa je procijenjeno kako je mreža kanala i crpno postrojenje predimenzionirano. Detaljnijom analizom putem matematičkoga modela rješenje je racionalizirano i time su sačuvane značajne površine obradivoga zemljišta. Matematičkim modelom zasnovanim na potpunim hidrodinamičkim jednažbama analizirano je nestacionarno tečenje u mreži kanala uz odgovarajuće rubne uvjete dreniranja pale oborine i rada crpnoga postrojenja.

KLJUČNE RIJEČI: hidromelioracijski sustav, Donja Neretva, nestacionarno tečenje, matematički model

Sizing Reclamation Systems in the Lower Neretva Region

ABSTRACT: Several dewatering systems have been constructed in the Lower Neretva region, and reclamation of a partly swampy area of Kuti (some 2.400 ha) has been planned. Since the complete area is particularly flat and very low as compared to the mean sea level, the rain water drainage can only be achieved by pumping.

The past thirty years confirmed the assumption that the pumping stations within the existing systems have been oversized and never operated to the full capacity. When the Kuti dewatering system design was developed in mid-seventies, the standards and methods in effect at that time were used. In the meantime, the standards and requirements changed, so it has been estimated that both the canal network and the pumping station were oversized. The further analysis using the mathematical model gave rationalized solution and saved considerable quantities of arable land. The mathematical model based on complete hydrodynamical equations analyzed the non-stationary flow in the canal network using the marginal conditions of rainfall drainage and pumping station operation.

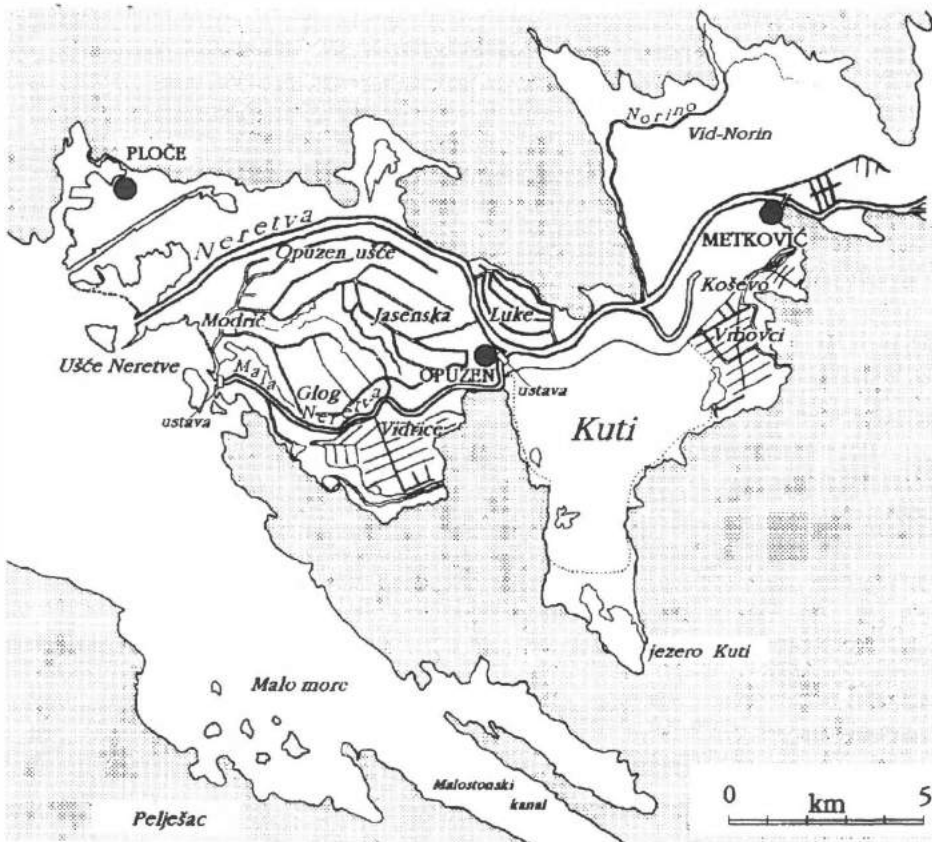
KEY WORDS: reclamation system, the Lower Neretva River, non-stationary flow, mathematical model

1. Uvod

Dolina donjeg toka Neretve od Metkovića do mora nastala je taloženjem nanosa u morskome zaljevu, pjeskovitih i glinovitih šljunaka najčešće pokrivenih prašinstim glinama. Do početka pedesetih godina ovoga stoljeća bila je to isključivo močvarna površina okružena po rubovima krševitim brdima. Početkom sedamdesetih završeni su hidromelioracijski radovi na dijelu područja. Zbog visokih podzemnih voda velike površine još uvijek su zamuljeni močvarni povremeno plavljeni tereni. Po rubnim dijelovima doline na kontaktu s krškim masivom u prirodnim zavalama ostaci su jezera ili močvarne tresetne površine.

Osvajanje i oduzimanje površina plodnoga tla od mora i močvare u ovim je krajevima prisutno od davnine. Prvi je veći zahvat bila regulacija Neretve od Metkovića do mora u dužini 22 km. Regulacija je završena krajem prošloga stoljeća, a izvedena je u svrhu plovnosti Neretvom do luke u Metkoviću.

Dolina se može promatrati u više cjelina (slika 1). Vid-Norin je ukupne površine oko 1970 ha, s mogućnošću privođenja poljoprivrednoj proizvodnji 1300 ha. Na tom



Slika 1. Pregledna situacija područja Donja Neretva
Figure 1. Site of Donja Neretva area

području još nema melioracijskih ni regulacijskih zahvata. Koševo-Vrbovci ukupne je površine 1290 ha. Od poplava s riješenom odvodnjom brani se 616 ha. Luke su ukupne površine oko 300 ha, a od toga je 210 ha unutar sustava obrane od poplava s riješenom odvodnjom. Opuzen-ušće je ukupne površine 3100 ha od čega je 2700 ha uređeno tijekom šezdesetih i sedamdesetih godina. Područje je kompleksno s više vodnih režima i načina odvodnje i navodnjavanja. Kuti su ukupne površine oko 2400 ha od čega se melioracijom planira urediti 2000 ha, gdje je jedan dio predviđen za ptičji i riblji rezervat. Svaka od navedenih cjelina ima izrađen ili u projektu zaseban sustav odvodnje riješen kanalnom mrežom i crpnim postajama. U svima je vrlo niska kota terena, ispod srednje razine mora, pa je potreban kontinuiran rad crpki.

Moderni melioracijski zahvati omogućavaju korištenje svih terena, pa i onih koji su se nalazili stalno pod vodom. Ukupno uređenje područja temelji se na jedinstvenom rješenju obrane od poplava i melioracije obradivih površina što je postavio FAO 1963. godine. Obrana od poplave velikih voda rijeke Neretve riješena je izgradnjom nasipa uz korito rijeke, a uz rubove područja izgrađeni su, i još uvijek se grade, lateralni kanali i nasipi za usmjeravanje vode vlastitoga sliva prema crpnim postajama kojima se prebacuje u Neretvu, Malu Neretvu ili u more. U Opuzenu i na ušću Male Neretve izgrađene su ustave za regulaciju protoka velikih voda, te za sprečavanje zaslanjivnja Male Neretve zbog prodora morske vode kroz ušće.

U Donjoj Neretvi već postojeći sustavi za odvodnju tijekom proteklih 30-tak godina nisu nikad radili punim kapacitetom kako je to projektom predviđeno, čime se pokazalo da su crpne postaje uglavnom predimenzionirane. Zemljište u tom području zbog klimatskih uvjeta ima izuzetnu vrijednost, pa se racionalizacija kanalne mreže, a time čuvanje obradivih površina mora postaviti kao prioritetan zadatak u fazi planiranja. Ako se pažljivo ne provede analiza tečenja, lako se mogu usvojiti neracionalne i skupe dimenzije kanala, a isto tako i preveliki kapaciteti crpki u crpnim postajama. Na primjeru područja Kuti pokazan je postupak proračuna kanalne mreže i kapaciteta crpki.

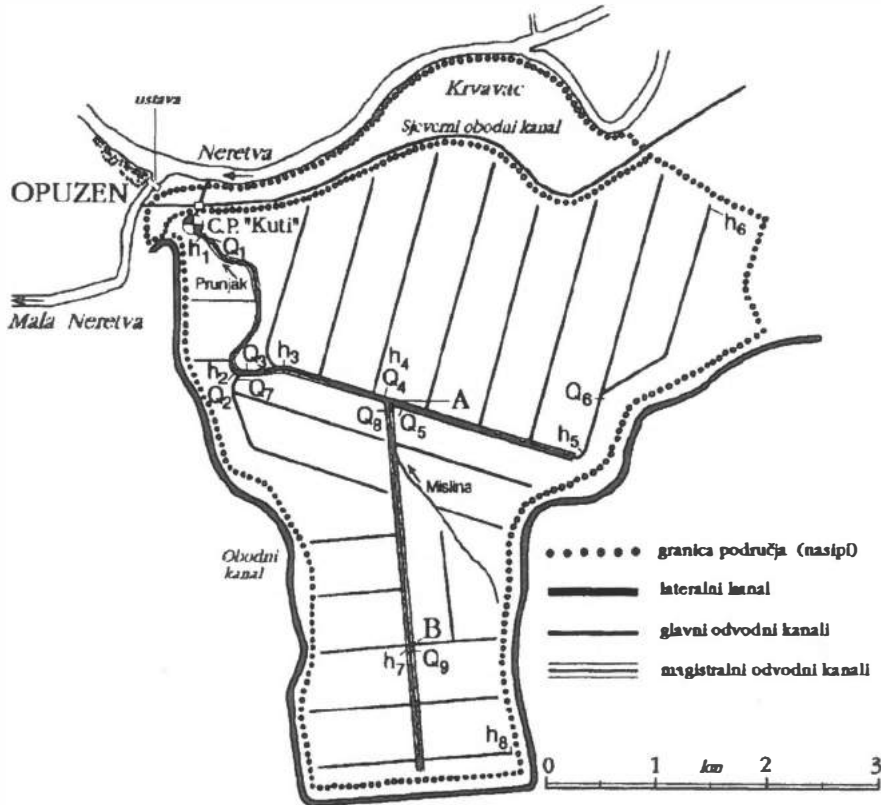
2. Sustav za odvodnju Kuti

Izgradnja je započeta još 1978. godine, prekinuta 1980., nastavljena 1986., te ponovo prekinuta 1990. godine. Objekti obrane od poplava gotovi su, oko 80% radova. Izgrađena je i prva etapa glavnih kanala za odvodnju.

Ovo područje prostire se istočno od Opuzena na površini oko 2400 ha. Izrazito je vodoravno i močvarno omeđeno krškim masivom i rijekom Neretvom. Odvodnja oborinske vode i vode koja dolazi putem izvora iz viših područja može se provesti samo crpljenjem i prebacivanjem u Neretvu. Naime, buduće kote terena bit će niže od -1.00 do -1.50 m n.m., dakle ispod srednje razine mora. Za površinu 1730 ha izrađena je studija odvodnje i idejnim projektom postavljena kanalna mreža (slika 2). Zbog norme odvodnje kanali su projektirani vrlo duboki i široki. Kanalna mreža je razgranata s osnovnom "T" mrežom sekundarnih kanala. Zbog gotovo vodoravnoga područja i vrlo dugih glavnih kanala na mjestu crpne postaje potrebna je vrlo duboka odvodnja. Glavni kanali postavljeni su približno okomito na magistralne s razmakom 500 m. Detaljna mreža u obliku "T" kanala s pristupnim putovima formira table 120x1000 do 3000 m. Lokalna odvodnja s parcela postiže se krovastom baulacijom nagiba 0.6% i drenažnim sustavom. Tlo je dosta propusno, pa se očekuje oko 3 m³/s procjedne vode iz 18.5 km dugačkoga obodnog kanala.

Prema idejnom projektu odvodnje i obrane od poplave iz 1974. godine kanalna mreža je dimenzionirana na 25-godišnju vodu (kišu). Glavni kanali su odabrani širine 18 do

30 m i dubine 4 do 6.5 m sa širinom dna 5 m. Nagib pokosa je 1:2. Ukupna dužina ovih kanala je 35.6 km. Iskop magistralnih i glavnih kanala iznosi 2.062.300,00 m³ materijala. Kapacitet crpki u crpnoj postaji odabran je 24 m³/s, s visinom dizanja 7.40 m, od -3.50 m n.m. u usisnom bazenu do 3.90 m n.m. u izlaznome razdjelnome bazenu. Crpke su projektirane klasično sa smještajem u čvrstome objektu. Projektna dokumentacija bila je nekoliko puta na provjeri jer su se tijekom vremena mijenjali ulazni parametri i kriteriji.

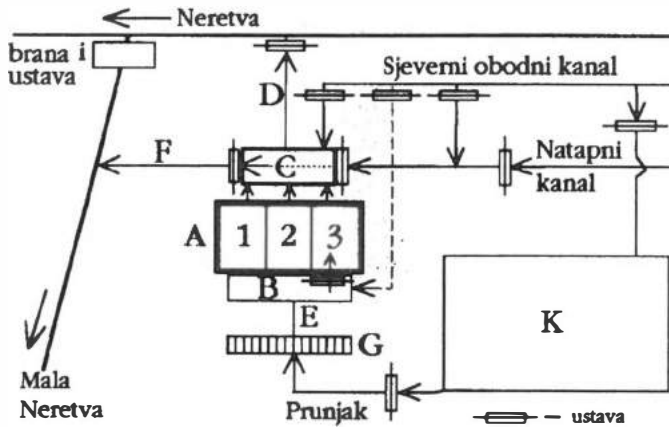


Slika 2. Hidromelioracijski sustav Kutina, glavna kanalna mreža

Figure 2. Drainage system Kutina, main channels

Iskustvo je na već postojećim hidromelioracijskim sustavima ovoga područja ukazivalo na činjenicu da su raniji kriteriji i metode proračuna uglavnom dali predimenzionirana crpna postrojenja. Tako je npr. sustav Opuzen-ušće projektiran za 3600 ha u uvjetima ljetne odvodnje, a podsustav Vidrice površine 600 ha u uvjetima zimske odvodnje. Na osnovi toga određena je količina vode 21 m³/s koja bi trebala doći do crpne postaje Modrić na lokaciji ušća Male Neretve. Dosad je na Modrić pripojeno oko 2000 ha i u proteklih 30 godina rada crpki količina vode nije prelazila 10 m³/s. U međuvremenu detaljnije je proučena mikroklima i raspolaže se s više mjerenja i promatranja s točnijim podacima. Promijenila se cijena energiji i cijena održavanja. U proteklom razdoblju izvršena je i korekcija veličine ornitološko-ihitiološkoga rezervata. Dakle, sve su to razlozi koji upućuju na ponovno dimenzioniranje hidromelioracijskoga sustava Kutina koji je većim dijelom još u fazi projektiranja.

Nakon svih provjera dokumentacije zadržan je koncept s dvije osnovne terase odvodnje, 1700 ha u području Kuti s dubokom odvodnjom, i 300 ha u području sjeverno od obodnoga kanala s plitkom odvodnjom. Svaka terasa ima odgovarajuće crpke na zajedničkoj lokaciji crpne postaje Kuti. Kroz lokaciju te crpne postaje prolazi natapni kanal s dotokom 7 m³/s. Shematski prikaz organizacije sustava odvodnje prikazan je na slici 3.



Slika 3. Shematski prikaz odvodnje područja Kuti; A-crpna postaja, B-uisni bazen, C-ispusni razdjelni bazen, D-ispusni kanal u Neretvu, E-glavni dovodni kanal, F-ispust natapnoga kanala u Malu Neretvu, G-rešetka, K-mreža kanala duboke odvodnje
Figure 3. Scheme of Kuti area; A-pump station, B-intake basin, C-outlet basin, D-outflow channel into Neretva, E-main inflow channel, F-outflow irrigation channel into Mala Neretva, G-bar screen, K-channels of deep melioration Kuti

U dijelu duboke odvodnje proces mora biti kontroliran. Vodostaji u kanalima moraju se održavati u odgovarajućem režimu zbog kontroliranoga sazrijevanja i mineralizacije tresetnih površina u određenim uvjetima vlažnosti, pa je za to predviđeno više ustava.

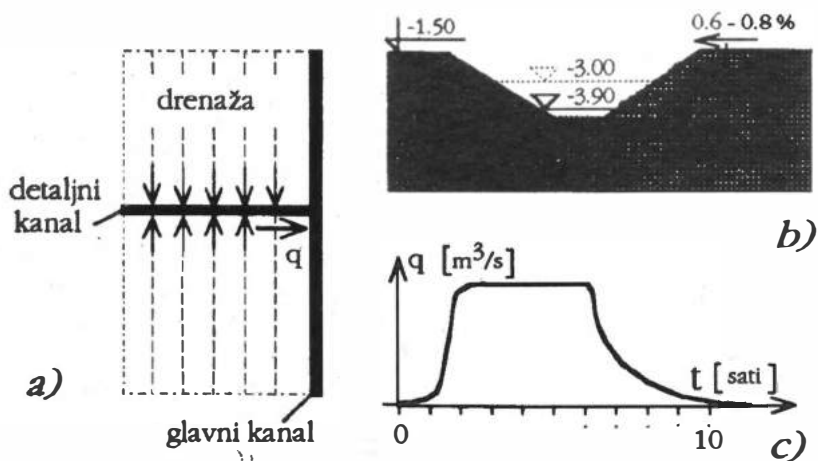
Ranija visina dizanja 7.40 m ukupne vode koja dolazi do crpki može se reducirati odgovarajućim načinom upravljanja ustavama na odvodno razdjelnom bazenu crpne postaje. U vrijeme svih srednjih i manje povišenih vodostaja, te srednjih protoka rijekom Neretvom (kote na ispustu u rijeku +2.00 do 2.50 m n.m., odnosno do protoka rijekom oko 1900 m³/s) voda iz sustava može se crpiti u Neretvu. Kad su izvanredni uvjeti (pri protoku Neretvom oko 2900 m³/s čemu odgovara vodostaj +3.90 m n.m.) cijela crpljena količina vode usmjeri se u Malu Neretvu u kojoj je pri takvim uvjetima niži vodostaj, oko +1.80 m n.m.

Agrotehničke mjere i kulture određuju kriterij dopuštenih visokih vodostaja u sustavu (režim vodostaja u kanalima i podzemne vode), tako da duže trajanje visokih voda ne uzrokuje veće štete na biljkama.

3. Proračun kanalske mreže i crpki

Kiša koja padne na teren drenažom i dijelom otjecanjem po površini prikuplja se u detaljne kanale i zatim ulijeva u glavnu kanalnu mrežu. Kako je teren skoro vodoravan tečenje u mreži kanala moguće je uspostavljanjem gradijenta slobodne površine vode što se postiže radom crpki.

Hidrološka obrada jakih kiša s meteoroloških postaja Metković i Dubrovnik ekstrapolirana je na promatrano područje iz čega je dobiven skup krivulja intenziteta, trajanja i ponavljanja, odnosno bruto oborina. Zatim je izračunata funkcija dotoka s terena i iz drenažnoga sustava u glavnu kanalnu mrežu za različite vjerojatnosti (za povratni period 5, 10, 15 i 25 godina) i vrijeme trajanja. Usvojena je 25-godišnja kiša koja se inače uzima za poljoprivredne melioracijske površine bez urbanizacije. Shematski prikaz dotoka u glavnu kanalnu mrežu prikazan je na slici 4. Za svaku pripadajuću površinu detaljnom kanalu određen je hidrogram vode koja dotječe u glavni kanal.



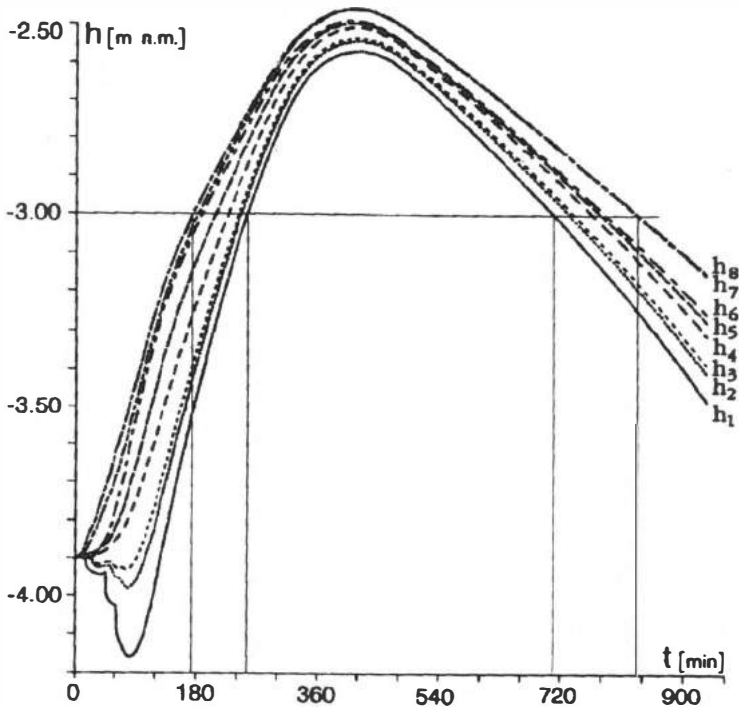
Slika 4. Dotok u glavnu kanalnu mrežu iz detaljnih kanala: a) pripadajuća površina, b) normalni profil detaljnoga kanala, c) dotok u glavni kanal

Figure 4. Inflow into main channels from detailing channel; a) dependent area, b) cross section of detailing channel, c) inflow hydrograph

U ranijim radovima uz pretpostavku prirodnoga slijevanja efektivne oborine prema crpnoj postaji Kuti dobiven je hidrogram na lokaciji crpki po Ven Te Chowu, s tim da je efektivna oborina određena po SCS metodi [1]. U proračun je uzeta i volumetrija kanala (dio volumena iznad kote -3.00). Dobiven je najveći protok 18.3 m³/s. Samo ovaj podatak (hidrogram) nije dovoljan za analizu rada crpki, a time i za određivanje kapaciteta, jer ne daje obavijest o tome što se događa u mreži kanala, nema podataka o promjeni vodostaja i protoka po vremenu. Zato je nužno provesti detaljniju analizu nestacionarnoga tečenja u cijelome sustavu odgovarajućom metodom ili modelom. S obzirom da je u ovakvoj mreži kanala moguće tečenje u svim smjerovima, primijenjen je matematički model zasnovan na potpunim hidrodinamičkim jednadžbama [3, 6, 7]. Tečenje je u mirnom režimu. Jednadžbe se integriraju primjenom tehnike konačnih elemenata. Glavni kanali podijeljeni su na 93 elementa i 94 čvora (spojevi s detaljnim kanalima). U čvorovima su zadavani ulazni hidrogrami (dotok iz detaljnih kanala), a

na mjestu crpki odgovarajući režim rada (uključivanje pojedinih crpki stupnjevano). Hidraulička hrapavost kanala ovisi o održavanju i obraslosti biljem. U proračunu je odabrana prosječna vrijednost Stricklerova koeficijenta $k=35$. Obradeno je više varijanti s različitim dimenzijama kanala i kapaciteta crpki. Karakteristični rezultati promjene vodostaja i protoka u nekim točkama mreže (naznačene na slici 2.) prikazani su na slikama 5. i 6. U početnom stanju na crpkama se crpila količina vode $3 \text{ m}^3/\text{s}$ koja u sustav dolazi vodotokom Mislina i procjeđivanjem iz obodnih kanala.

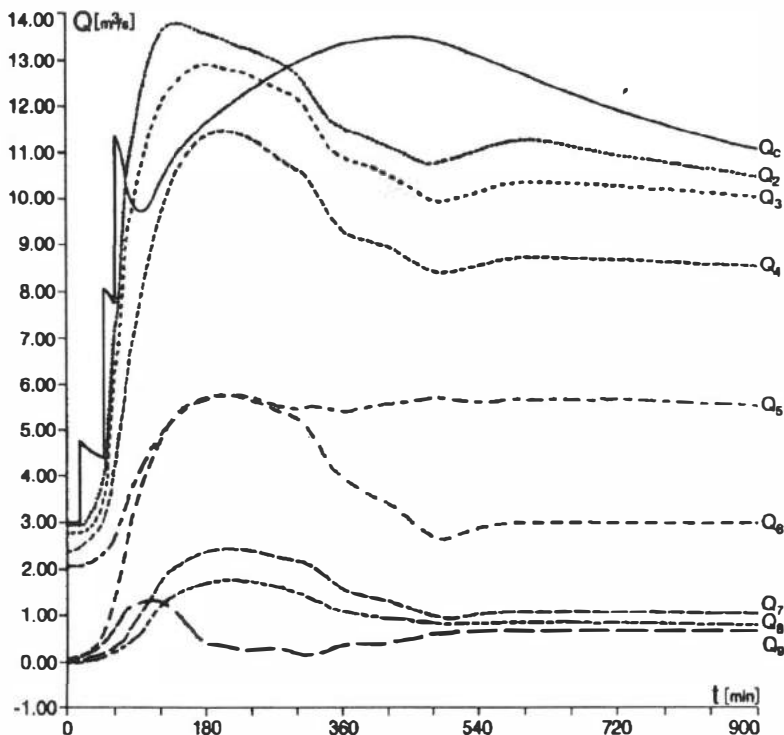
U samim kanalima pokazala se vrlo velika inertnost toka, što je značajno za odabir



Slika 5. Vodostaji u karakterističnim točkama mreže

Figure 5. Water level in the characteristic points of channels

crpki. Naime, učinkoviti rad crpnoga podstrojenja ne postiže se ugradnjom crpki velikoga kapaciteta, nego uspostavljanjem pravilnoga režima rada. Ako se naglo (u relativno kratkom intervalu) uključe sve crpke, dolazi do iscrpljivanja usisnoga bazena, a da se tok u kanalima praktično nije pokrenuo. Rješenje je u pravovremenom stupnjevanju uključivanja crpki prema dobivenim podacima o tečenju u kanalima, za što je nužno predvidjeti i praćenje i dojavu stanja u karakterističnim točkama sustava (npr. točke A i B na slici 2).



Slika 6. Protoci u karakterističnim točkama sustava
 Figure 6. Discharges in the characteristic points of channels

4. Zaključci

U hidromelioracijskim sustavima proces se otjecanja nakon kiše i odvodnja suvišne vode mora strogo kontrolirati. Stoga je nužno raspolagati dobrim mjerenjem ulaznih vrijednosti i primijeniti odgovarajuće metode ili modele za proračun. Na prikazanome primjeru sustava Kuti provedeni proračuni dali su nam osnovni uvid u prirodu tečenja glavnim kanalima. Za učinkovito upravljanje sustavom nužno je provesti dodatne istražne radove na osnovi kojih će se učiniti detaljnija analiza i pogonski pravilnik, a trajno treba organizirati opažanje i mjerenje u karakterističnim točkama sustava (monitoring).

Na osnovi rezultata proračuna odabran je kapacitet crpki 12 m³/s, što je upola manje od ranije projektiranog. Toliko smanjenje kapaciteta crpki u potpunosti je promijenilo projektne parametre. Znatno su smanjene investicije za opremu, olakšani su uvjeti rješavanja građevinskih objekata na slabo nosivu tlu, izbjegnuta je izgradnja dalekovoda od Metkovića s transformatorom za pokrivanje snage crpki. Općenito, bitno su umanjena investicijska ulaganja. Moderna tehnologija izrade uronjenih crpki velikih kapaciteta 3 do 4 m³/s omogućava smanjene betonskih radova, posebno izostavljanje zgrade koja je potrebna za klasične crpke. Te crpke mogu se relativno lako rasporediti u usisnom bazenu, a ujedno takva je oprema relativno lako prenosiva prema potrebi. Održavanje je jednostavno. Naročito se ističe vrlo dobro uklapanje u okoliš bez glomaznih zgrada. Nedavno je završena crpna postaja Mislina-Kuti kapaciteta 0.5 m³/s, maksimalno automatizirana, jednostavna i sigurna u radu. Prema

tome, dobro je crpne postaje rješavati na prilagodljiv način tako da se mogu relativno jednostavno raditi izmjene na osnovi iskustava tijekom eksploatacije.

Proračunima je pokazano da je moguće smanjiti i dimenzije glavnih kanala u odnosu na ranije projektirane, sužavanjem dna kanala za 2 do 3 m. Na taj način sačuvalo bi se oko 8.75 ha obradive površine. Na kraju važno je napomenuti da bilo kako složene analize, detaljna mjerenja i opažanja ili veliki kapaciteti crpki ne mogu dati rezultata u zapuštenome sustavu, pa je organizacija pravilnoga održavanja sustava od izuzetne važnosti.

Literatura

1. Chow, V.T.: Handbook of Applied Hydrology; McGraw Hill, New York, 1964.
2. Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske: Priručnik za hidrotehničke melioracije; knjiga 1 do 6, Zagreb 1983. do 1993.
3. Jović, V., Vranješ, M.: Matematički model nestacionarnog tečenja u prirodnim koritima i kanalima; X Savjetovanje Jugoslavenskog društva za hidraulička istraživanja, Sarajevo, 9-13. 10. 1990.
4. Kos, Z.: Hidrotehničke melioracije tla, 1. dio, Odvodnjavanje; Fakultet građevinskih znanosti Rijeka, Rijeka, 1982.
5. Singh, V.P.: Rainfall-Runoff Modeling; Prentice Hall, 1984.
6. Vranješ, M.: Rješenje nestacionarnog toka u mreži kanala i rijeka; disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1992.
7. Vranješ, M., Jović, V., Bojanić, D., Braun, M., Filipović, M.: Analysis of Flood Control Solution by Applying a Mathematical Model, XVIIth Conference of the Danube Countries, Budapest, 5-9 Septembere, 1994.
8. Idejni projekt Kuti, JVP Opuzen, 1974. do 1988.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Zorko Kos

R 2-26

Natapanje i održivi razvoj

SAŽETAK: *Razvoj i stanje natapanja u svijetu i utjecaj toga razvoja na sveopći razvoj narodnog gospodarstva. Utjecaj natapanja na razvoj poljoprivredne proizvodnje. Mjesto i uloga natapanja u sveopćem razvoju vodoprivrede sa svrhom realizacije ciljeva za održivi razvoj svih privrednih i neprivrednih djelatnosti. Utjecaj natapanja na kompleksan razvoj vodoprivrednih grana sada i u daljoj budućnosti.*

Natapanje i okoliš. Pozitivne i negativne strane razvoja natapanja u općem trendu zaštite okoliša i održanja biološke ravnoteže. Predvidive mjere za održivi razvoj vodoprivrede i zaštite okoliša u neposrednoj budućnosti.

Natapanje u Hrvatskoj. Mogući razvoj natapanja u Hrvatskoj u sljedećem dugoročnom razdoblju. Usporedba mogućnosti razvoja natapanje poljoprivrede u Hrvatskoj u odnosu na susjedne zemlje. Koje su prednosti i mane razvoja natapanja i koji je značaj tog poduhvata na opći gospodarski razvoj države. Raspoložive količine vode kako za natapanje, tako i za ostale gospodarske djelatnosti u dugoročnom planskom razdoblju. Zaključci i preporuke za razvoj vodnoga gospodarstva u budućnosti.

KLJUČNE RIJEČI: *natapanje, vodoprivreda, održivi razvoj, zaštita okoliša, planiranje, akumulacije.*

Irrigation and Sustainable Development

ABSTRACT: *Global irrigation development and situation, and effect of this development on general development of national economy. Effect of irrigation on development of agricultural production. Position and role of irrigation in general development of water resources management aimed at realization of sustainable development in all economic and non-economic activities. Effect of irrigation on complex development of water resource management sectors, presently and in distant future.*

Irrigation and environment. Positive and negative aspects of irrigation development within a general trend of environmental protection and biological balance conservation. Predictable measures for sustainable development of water resources management and environmental protection in the immediate future.

Irrigation in Croatia. Possible development of irrigation in Croatia in the next long-term period. Comparison of possibilities for development of irrigated agriculture in Croatia and neighboring countries. Advantages and disadvantages of irrigation development, and significance of this activity on the general economic development of the country. Available water quantity, both for irrigation and for other economic activities in the long-term planning period. Conclusions and recommendations for future development of the water resources management.

KEY WORDS: *irrigation, water resources management, sustainable development, environmental protection, planning, reservoirs*

1. Općenito

Među dostignućima i blagodatima koje nam je dalo, odnosno koje smo uspjeli razviti i stvoriti u 20-tom stoljeću, bez sumnje je i spoznaja da ovakvim putem, načinom i "razvojem" kakav se dosad prakticirao, čovječanstvo ne može nastaviti i u 21-om stoljeću. Naime, konačno je sazrela svijest da se način na koji je naša civilizacija dostigla ovako visok stupanj razvoja, standarda i blagostanja ne može se ekstrapolirati, odnosno produžiti i u budućnosti. Cijena tog razvoja nije upravljanje, već neadekvatna eksploatacija čitava niza prirodnih bogatstava (voda, zrak, tlo itd.), što je dovelo do sveukupne degradacije i zagađenja prirodnog okoliša. Samo u toku ovoga stoljeća ključni su se pokazatelji stanja bitnih parametara okoliša na Zemlji pogoršali u većoj mjeri negoli u proteklih nekoliko tisuća godina, i to "razvojnim aktivnostima" čovjeka. Stanje je postalo alarmantno i prijeti sveopćom katastrofom ako se hitno ne poduzmu odgovarajuće mjere na globalnom planu za drastično smanjenje svih oblika zagađenja i zaštite tla, voda i atmosfere, odnosno cjelokupne biosfere.

Natapanje je, kao jedna od bitnih gospodarskih aktivnosti čovječanstva s ciljem osiguranja dovoljne količine prehrambenih i drugih poljoprivrednih proizvoda, staro koliko i civilizacija. Činjenica da su se najveće i najmoćnije svjetske civilizacije koje su dosad "pohodile" Zemlju pojavile i razvile upravo u područjima bogatim vodom i razvijenim sustavima za natapanje rječito govori o značenju i općem utjecaju vode na društveni i gospodarski razvoj pojedinih regija i Zemlje kao cjeline.

Općenito uzevši, natapanje u poljoprivrednoj proizvodnji osigurava sljedeće:

- postizanje gornje granice biološkoga potencijala uroda poljoprivrednih usjeva uz adekvatno osiguranje ostalih bitnih čimbenika razvoja;
- privođenje poljoprivrednoj proizvodnji površina koje se u tom klimatu, zbog neadekvatne opskrbe vodom, ne bi mogle koristiti za proizvodnju kulturnog bilja;
- uvođenje onih usjeva i onih sorti u određeno područje, koji se zbog neadekvatne prirodne opskrbe vodom ne bi inače u tom klimatu mogli uzgajati;
- zaštitu usjeva od prirodnih nepogoda;
- postizanje kakvoće određenih proizvoda radi određene namjene (stolno voće, npr.);
- prehranu i zaposlenje stanovništva u nekim nerazvijenim i autarkičnim državama;
- zaposlenost nacionalnoga gospodarstva (kemijska industrija, mehanizacija, prerada, marketing i dr.);
- podizanje životnoga standarda i osiguranje zaposlenosti u ruralnim područjima zemlje, i drugo.

2. Natapanje u okviru vodoprivrednih djelatnosti

Kao što je znano, sveukupne vodoprivredne djelatnosti mogu se grupirati u četiri vodoprivredna područja, i to:

- korištenje voda i vodotoka
- zaštita od voda
- zaštita voda
- upravljanje vodama.

Globalno gledano, natapanje je bilo, jest, a vjerojatno će i ostati najveći korisnik voda. Dok je još početkom ovoga stoljeća poljoprivreda koristila više od 90% ukupno utrošene vode na Zemlji, u 2000-toj se prognozira da će taj udio pasti na oko dvije

trećine i vjerojatno se na toj razini i stabilizirati. Treba napomenuti da se to relativno smanjenje dogodilo unatoč činjenici da su se površine pod natapanjem u ovom stoljeću povećale od 40 milijuna u 1900. na oko 300 milijuna koliko se računa da će dostići 2000. godine. Iako to povećanje iznosi oko 7,5 puta, ono je bitno manje od povećanja u industriji i za komunalne potrebe. Neki vizionari prognoziraju da će se natapane površine u sljedećih 50-tak godina povećati na oko 400 milijuna hektara i na toj se razini stabilizirati! U svakom slučaju, razvoj je natapanja osigurao visoku učinkovitost poljoprivredne proizvodnje, obilje prehrambenih proizvoda i eliminaciju gladi kao posljedice mogućnosti i stabilnosti proizvodnje hrane. Činjenica da je sredinom 80-tih godina 36 posto svjetske proizvodnje hrane dobivano na 15% natapanih površina (a u SAD na 12% površina - 37% biljne proizvodnje) jasno ukazuje na učinkovitost natapanja u poljoprivredi.

Kod planiranja vodoprivrednih sustava susreće se sa sljedećim vrstama rješenja:

- jednonamjenskim;
- višenamjenskim;
- kompleksnim
- integralnim.

Dok su jednonamjenska i višenamjenska rješenja više-manje jasno prepoznatljiva time što se jednonamjenska odnose na korištenje vodnoga potencijala za jednu namjenu (granu - npr. energetiku), a višenamjenska za dvije ili više (npr. energetiku i natapanje), dotle je više zbrke u definiranju kompleksnih i integralnih rješenja. Mi ćemo kompleksnim nazvati ono rješenje koje na optimalan način osigurava korištenje totalnoga vodnoga potencijala, odnosno u kome su obuhvaćene sve vodoprivredne grane. Integralno je pak ono kompleksno rješenje kod kojega su se tokom optimizacije planski ciljevi uskladili ne samo sa svim korisnicima vodnoga gospodarstva, već i sa svim korisnicima prostora na danom području.

Stupanj razvoja natapanja u Hrvatskoj najbolje ćemo sagledati ako iznesemo nekoliko ključnih statističkih podataka. U 1989. u Hrvatskoj se od ukupno 2.034.000 ha obradivih poljoprivrednih površina natapalo oko 6.000 ha, što čini 0,29%. Istodobno se u nama susjednim zemljama koje se nalaze u istim ili sličnim klimatskim prilikama natapalo:

Italija	33%
Mađarska	3,5%
Rumunjska	33%
Bugarska	32%
Grčka	41%

Dakle, u tim se zemljama natapalo 15 i 100 puta u prosjeku više nego u nas. Čak se i u zemljama za koje se to ne bi očekivalo, jer se nalaze u daleko povoljnijim klimatskim uvjetima, natapalo bitno više. Primjerice: Njemačka 4%, Danska 16%, Nizozemska 56%. Prema tome: natapati ili ne - ne treba dokazivati, jer je to već odavno dokazano na svih pet kontinenata. Pitanje je samo kako što lakše, brže i bezbolnije u tom pogledu dostići razvijeniji svijet. Uspoređujući stanje razvoja natapanja s ostalim vodoprivrednim granama, uočiti ćemo bitno nesuglasje: dok se npr. opskrba vodom pučanstva, hidroenergetika, uređenje voda i dr. više-manje uklapaju u neka opća svjetska kretanja u toj domeni, dotle za natapanje to ne možemo nikako tvrditi. Čak ako za kriterij uspjeha - neuspjeha uzmemo i ideologijsko-režimske značajke, ne dobivamo odgovora, jer kako u kapitalističkom, tako i u bivšem komunističkom bloku

dobivamo iste - za nas porazne rezultate. Iz toga slijedi očigledan zaključak da ključ problema treba tražiti u neadekvatnoj gospodarskoj politici bivše Jugoslavije, što se, nažalost, ništa nije promijenilo ni do današnjega dana. Za nadati se da će se to bitno promijeniti u neposrednoj budućnosti.

3. Natapanje i održivi razvoj

Općenito uzevši, održivi razvoj može se definirati kao sveukupnost planskih i razvojnih aktivnosti kod čega se ne "eksploatiraju" prirodna bogatstva (voda, tlo, zrak, šume), već se ona koriste na način i u mjeri koja osigurava njihovu prirodnu ili umjetnu regeneraciju, tako da opća bilanca stanja ostane nepromjenjena. Na temelju tog postulata treba razraditi metodologiju i strategiju razvoja vodoprivrednih oblasti i grana tako da sveukupnost vodnoga bogatstva, po količini i kvaliteti ostane u granicama svojih prirodnih vrijednosti. Dakle, mijenjati se može namjena - korisnik, položaj, raspoloživost po vremenu i sl. Iz ovoga slijedi da pravilno planirano i organizirano korištenje vode za natapanje - u našim uvjetima - ne samo što ne remeti održivi razvoj, već može, u izvjesnoj mjeri, i unaprijediti takav trend.

Održivi se razvoj, interpretiran pomoću sustavne analize, može u domeni gospodarstva, zaštite okoliša, razvoja, upravljanja i sl. sažeti u nekoliko sljedećih načela:

- a) Da bi se ostvarile postavke održivoga razvoja, problemi se moraju rješavati i razvoj planirati pomoću višeciljne analize. Naime, nijedan od osnovnih ciljeva koje obično danas koristimo za optimalizaciju sustava (gospodarski, ekološki) ne može biti vladajući, već se oni moraju analizirati i rješavati u skladnoj interakciji, osiguravajući opći optimum. Dakako, u domeni natapanja u tom se sklopu pojavljuje veći broj pridruženih ciljeva koji se odnose na bilje, vodu, tlo i sl. koji svi moraju zadovoljiti uvjete određene optimalnosti takovih rješenja. Prema tome, održivi je razvoj u neku ruku plod, rezultat i sažeto rješenje višeciljne analize.
- b) U postupku izrade analiza potrebne zaštite okoliša pridružene nekom programu gospodarskoga razvoja (npr. kod natapanja) neophodno je provesti analizu rizika. Rizik definiramo kao mjeru vjerojatnosti nepoželjnih učinaka. Kod toga treba odgovoriti na pitanja: što može ići naopako, koja je vjerojatnost za to, i koje su posljedice? Da bi se odredio prihvatljiv rizik (sigurnost), on se mora kvantificirati, a potom utvrditi mjera do koje se njime može upravljati. Veličina rizika koja je primjerena pravilima upravljanja i pogona vodoprivrednim sustavom sljedeći je važan čimbenik održivoga razvoja.
- c) Kod razmatranja stanja održivoga razvoja jedna je od bitnih komponenata analiza vremenska dimenzija. Naime, nije dovoljno da planirani gospodarski razvoj i rizik pridružen stupnju zaštite okoliša bude zadovoljavajući i prihvatljiv danas, već mora zadovoljavati potrebe i budućih generacija. Prema tome sadašnji pristup planiranju mora sadržavati strateške elemente budućega razvoja u odnosu na mogućnosti, potrebe, alternative, posljedice, utjecaje i sl. Dakle, takva utjecajna analiza sadrži strateško planiranje u užem smislu i analizu osjetljivosti, koja ukazuje na promjene koje mogu nastupiti u izlazu sustava uslijed izmjene ulaznoga naloga ili sustavnih parametara.

Narasle potrebe vode za sve namjene, a pogotovo planske proporcije za budućnost, nalažu da se raspoloživo vodno bogatstvo mora realocirati kako u vremenu tako i u prostoru. Izravnavanje protoka vodnih tokova i vremenska i prostorna preraspodjela značajnih količina voda bitna se pretpostavka za podmirenje naraslih potreba u većini regija sa značajnom potrošnjom sada, a pogotovo u budućnosti. Takva rješenja imaju i pozitivnih i negativnih reperkusija na stanje okoliša u razmatranoj regiji. U pozi-

tivne ubrajamo osiguranje potrebne količine vode za različite namjene, smanjenje vršnih protoka na vodotocima, povećanje stupnja sigurnosti od poplava i druge. Negativni učinci takvih rješenja su: zahvat u prirodni okoliš, promjene biotopa, stvaranje socijalnih napetosti i dr. Zadatak je stručnjaka - planera koji se bave razvojnim projektima korištenja voda da primjenom sustavne višeciljne analize detaljno i savjesno pojedinačno razmotre svaki cilj u sklopu integralnoga rješenja danog sustava kako bi se našlo prikladno optimalno rješenje na osnovi zajedničkoga nazivnika svih bitnih elemenata razvoja.

4. Održivi razvoj i okoliš

Razvoj vodoprivrednih sustava, u svezi s razvojem ljudskoga društva, prošao je dosada kroz nekoliko karakterističnih faza koje možemo sažeti u tri osnovne, i to:

- a) faza obilja vode u kojoj su se gradili jednonamjenski sustavi; koristila su se izvorišta koja su bila najjeftinija i najpogodnija za potrošača; problem zaštite voda nije bio izražen jer je prirodna autopurifikacija bila više-manje dovoljna, a zaštita je od voda imala nizak stupanj sigurnosti jer nisu bila ugrožena veća materijalna dobra;
- b) druga faza ili faza racionalizacije nastupa kada se počelo osjećati pomanjkanje količina kvalitetne vode za sve potrošače. Počinju se uvoditi zakonske mjere ograničenja i gospodarske mjere poticanja pojedinih potrošača na štednju kako bi se osigurale dovoljne količine za sve namjene. Povećava se stupanj zaštite od voda u sve napučenijim dolinama; raste problem zaštite voda, a javljaju se i brojni primjeri sukoba interesa;
- c) treća je faza vremenske i prostorne preraspodjele vode. Gradi se veliki broj akumulacijskih jezera kako bi se prevladao jaz između potrebnih i raspoloživih količina voda u pojedinim sezonama i regijama. Voda se izravna sezonski i prebacuje iz sliva u sliv, iz jedne države u drugu, te postaje predmet međunarodnih odnosa. To je faza ne samo kompleksnih, već i integralnih međunarodnih vodoprivrednih sustava. U mnogim se zemljama formiraju organizacije za upravljanje cjelokupnim nacionalnim fondom voda, kako bi se to bogatstvo što pravičnije i svrsishodnije iskoristilo.

U svjetlosti tih činjenica, ekologiju treba shvatiti kao odnos društva prema životu, prema napretku, prema budućnosti. Ona zadire u sve pore društvenih i gospodarskih aktivnosti i ne može se odvojeno i pojedinačno razmatrati ni rješavati. Održivi razvoj bez ekoloških komponenata ne može biti ciljem razmatranja jer ne izražava sveukupnost sadašnjega stanja vodoprivredne problematike. Ekologija zadire u vode, tlo i zrak i svekoliku prirodu; prisutna je u svakoj gospodarskoj grani i zadire u svaki razvojni projekt.

Veza između održivoga razvoja u vodoprivredi i zdrave ekološke osnove može se sažeti u sljedećem:

- a) izradom kompleksnih i integralnih planova razvoja koji će se skladno uklopiti u ekološko okruženje i posebno voditi računa o zaštiti endemijskih vrsta, osiguranju normalnoga reprodukcijanskoga ciklusa svih životinja, zaštiti sliva od erozije te će osigurati jednake ili bolje životne uvjete svim biocenozama koje su imale prije gradnje vodoprivrednoga sustava;
- b) planiranjem vodoprivrednoga razvoja, poštujući komponentu održivosti, treba koristiti samo obnovljiv dio vodnoga potencijala, odnosno ne eksploatirati, već samo upotrijebiti onaj dio bogatstva koji je, u uobičajenim prirodnim ciklusima, obnovljiv u određenim razdobljima;

- c) načelom da se svi vodoprivredni planovi i razvojni projekti rade dugoročno i za sliv kao cjelinu na osnovi općeprihvaćenih vodoprivrednih postulata i drugih važećih pravila;
- d) osiguranjem organizacijskih, pravnih i financijskih preduvjeta za ostvarenje navedenih ciljeva.

Što se tiče zaštite okoliša kod nas (u bivšoj Jugoslaviji) bilo je znakovito da se o tome mnogo govorilo i pisalo, a malo radilo. Nažalost, ni sad se situacija nije bitno izmijenila, mada su se neki bitni koraci u tom pravcu već učinili. Uzmimo za primjer zagađivanje okoliša (posebno izlazne pravce iz većih naselja) kućnim otpacima. Gotovo da nema većega naselja i grada (pa i sela!), a da na izlaznim cestovnim pravcima nema nekoliko divljih deponija kućnih otpadaka (olupine perilica, hladnjaka, automobila, papir, tekstil i sl.). Da li je to rezultat samo nesavjesnosti, javašluka i neodgovornosti tamošnjih stanovnika - putnika ili i nečega drugog? Da li se samo u nas to događa ili bi se to činilo i drugdje pod istim uvjetima? Mislim da je za taj "nered" u najvećoj mjeri kriva "državna" regulativa. Uzmimo za primjer stari papir, koji, usput budi rečeno, mi uvozimo, a nemilosrdno ga rasipamo uzduž i poprijeko. Zašto? Odgovor je sasvim jasan i decidan: ne želimo koristiti svoj! Prema sredstvima javnoga priopćavanja u strukturi kućnoga otpada papir čini 30% ukupne količine. Iz istoga izvora doznajemo da mu je otkupna cijena 2 lipe po kilogramu, odnosno 20 kuna po toni. Kako prostorni metar ogrijevnoga drva košta (iz njega se može izraditi i papir!) oko 200 kuna, a teži u prosjeku 400 kg, izlazi da 1 kg drva košta 50 lipa, pa se dobije dojam da proizvodnja papira od staroga papira košta 25 puta više od proizvodnje papira od bukovih cjepanica. K tome treba dodati i troškove prikupljanja staroga papira (po ulicama, parkovima itd.), odvoz na smetlište i uređenje deponija što dodatno povećava troškove "eliminiranja otpada".

Dakle, problem je u neadekvatnoj politici odnosa društva prema otpacima koji je ujedno i sekundarna sirovina. Ako i kada se to riješi, onda će bar 80% materijala s divljih deponija "automatski" nestati. Dokaz je za to stanje te problematike u razvijenim zemljama iz kojih mi uvozimo upravo te sirovine (stari papir, staro željezo, krpe i sl.). Prema tome cijena 1 kg starog papira ne samo da bi trebala biti jednaka cijeni ogrijevnog drva, već i znatno viša uključujući i troškove prerade, prikupljanja, odvoza, pripreme deponija i sl. Tada bi okolice naših gradova imale sasvim drugačiju sliku! Prema tome, ne trebamo se čuditi što takovih pojava ima, već se moramo čuditi što toga nema više!

5. Natapanje u Hrvatskoj

U prethodnom su izlaganju istaknute značajke i koristi od natapanja za narodno gospodarstvo kao i stanje te vodoprivredne grane u nama susjednim zemljama. Prema tome, ne treba više dokazivati treba li natapanje ili ne, odnosno je li rentabilno jer je to već višekratno u svijetu učinjeno. Pitanje je samo kako u toj grani što brže dostići razvijeniji svijet.

Hrvatska ima sve preduvjete da poljoprivredu u uvjetima natapanja razvije u sam svjetski vrh. Zato joj stoji na raspolaganju veoma značajan fond kvalitetnih poljoprivrednih tala u kontinentalnom dijelu, ali i veoma pogodne oaze u obalnome pojasu, gdje se mogu uspješno uzgajati sredozemne kulture i zimski usjevi. Raspoložive analize pokazuju da postoje sve fizičke, hidrološke i gospodarske pretpostavke da se natapanje može razviti na oko 680.000 ha tla, čime bi se naša zemlja svrstala u nekakav sadašnji prosjek zemalja sličnih klimatskih i zemljopisnih značajki. Uz dobro gospodarenje tlom i adekvatnom poljoprivrednom službom, naša bi zemlja, koristeći najnovija dostignuća znanosti u toj domeni, mogla proizvoditi hrane za oko 20 milijuna

stanovnika. Kako u najrazvijenijim zemljama jedan djelatnik zaposlen u neposrednoj poljoprivrednoj proizvodnji osigurava posao za 10-15 djelatnika u posrednoj proizvodnji koja se temelji na poljoprivredi (mehanizacija, kemijska industrija, prerada, marketing i dr.), jasno je da samo snažna poljoprivreda može brzo i učinkovito podići zemlju u sam vrh gospodarske moći.

Danas je u svijetu osnovni ograničavajući čimbenik za razvoj natapanja nedostatak vode. Ima zemalja koje čine sve moguće pokušaje i poduzimaju svakojače mjere da povećaju fond raspoložive količine vode (berba kiše, korištenje otpadnih voda, desalinizacija mora i dr.). Hrvatska ima tu sreću da se, bar u sljedećih 100 godina, ne treba plašiti poteškoća oko osiguranja vode za sve namjene, jasno pod uvjetom da se raspoloživo bogatstvo adekvatno koristi.

Prema dostupnim podacima (Margeta 1992.) raspoložive količine vode u Hrvatskoj iznose 45,23 km³ godišnje, što daje prosječno otjecanje od 17,18 km³. 1985.g. ukupna je potrošnja vode iz javnih sustava iznosila 460 milijuna m³ (40% domaćinstva i 60% industrija), što iznosi 2,6% od dotoka. Uz pretpostavku da se u sljedećem razdoblju od 30-50 godina privede natapanju svih planiranih 680.000 ha, uz prosječnu normu od 4.000 m³/ha, te da se potrošnja za ostale namjene utrostruči, tada bi Hrvatska ukupno trošila oko 4,1 km³ vode godišnje, što bi prema sadašnjemu broju stanovnika iznosilo oko 890 kubnih metara po stanovniku godišnje što je na razini sadašnje potrošnje razvijenih zemalja. Time bi se iskoristilo oko 23,8% raspoloživoga dotoka. Usto, postoje još značajne rezerve koje se odnose na dotoke vodotocima iz susjednih zemalja (Sava, Drava, Neretva i dr.) i na mogućnost reciklaže i recirkulacije industrijskih i korištenja za natapanje otpadnih voda. Prema tome, uz razumno gospodarenje i adekvatnu politiku u Hrvatskoj ne bi trebalo biti većih problema s vodom, bar u sljedećih 100 godina.

Treba se, međutim, osloboditi arhaičnih navika i predrasuda kao npr. da vode nema ako je nema u neposrednoj blizini, odnosno na dohvat ruke. Voda je sirovina kao i ugljen, nafta, žito i sl. i nju se raspoređuje i prebacuje prema potrebi iz jednoga kraja u drugi što je danas u svijetu normalna pojava. Prema tome, ako vode nema dovoljno u Istri, ima je zato u Gorskom kotaru odakle je treba dovoditi; ako je nema dovoljno u Dalmaciji, prebacuje se iz Hercegovine i Like itd. Srećom, raspoloživo vodno bogatstvo Hrvatske relativno je ravnomjerno raspoređeno, pa ni takvi, svakako skupi zahvati, neće biti nužni još dugo vremena.

6. Zaključak

Razvoj natapanja u Hrvatskoj, koji neminovno predstoji, imat će neke bitne reperkusije ne samo na razvoj vodnoga gospodarstva Republike, već i na cjelokupni održivi razvoj zemlje. U sljedećih nekoliko desetljeća treba očekivati da će se:

1. u cijelosti iskoristiti raspoložive vodne količine iz prirodnih izvorišta i kvalitetnih podzemnih vodonosnih horizonata;
2. povećane potrebe za sve namjene potom će se dijelom namirivati iz tekućega dotoka u panonskom dijelu države, odnosno izravnanjem površinskoga dotoka gradnjom niza akumulacija u tim i drugim krajevima;
3. Gradnja niza akumulacija za izravnanje površinskog dotoka, što je uzela široki zamah u zadnjih 40-tak godina u cijelome svijetu, ima, uz neke negativne, i niz pozitivnih učinaka u koje ubrajamo i sljedeće:
 - a) akumulacije smanjuju velike vode u nizinama i time olakšavaju osiguranje nizinskih područja od mogućih poplava;

- b) akumulacije izravnavaju godišnji protok u nizinske dijelove vodotoka i time povećavaju njegovu moguću upotrebu za različite namjene (plovidbu, derivaciju vode za vodoopskrbu, natapanje i sl.);
- c) gradnja akumulacija u brdskim dijelovima slivova omogućuje brži i intenzivniji razvoj tih područja koja su obično pasivna i nerazvijena, i to promicanjem tercijarnih djelatnosti kao što su rekreacija, ribničarstvo, turizam i sl.;
- d) realizacija programa akumulacija u brdskim dijelovima slivova obavezno uključuje zaštitu tla od erozije i uređenje bujica što ima učinkovit utjecaj na opće stanje zaštite okoliša i povećanje fonda raspoloživa vodnoga bogatstva.
4. Razvoj natapanja u Hrvatskoj ima i neke opće pozitivne utjecaje na održivi razvoj općenito. Npr.:
- a) povećanjem natapnih površina u svim dijelovima republike povećava se i gospodarska aktivnost u tim područjima čime se uravnotežuje populacija po jedinici površine i onemogućuje koncentracija pučanstva u određenim gradovima;
- b) veća potrošnja vode na poljoprivrednim površinama ravnomjernije raspoređuje vodu po čitavom području države, čime se omogućuje obogaćivanje podzemnih vodonosnih slojeva;
- c) dostignuti stupanj natapanja od prije spomenutih 680.000 ha i potrošnja vode za druge namjene osigurava da se bar jedna četvrtina od mogućega dotoka vrati u atmosferu u istom području i na istom mjestu gdje je i dospjela na tlo, čime se skрати put kruženja vode u prirodi i onemogućuju popratne negativne pojave.
5. Ravnomjerniji razvoj poljoprivrede i šumarstva kao posljedica razvoja natapanja osigurava povećanje fonda intenzivnih zelenih površina koje proizvode kisik i ozon za tako ranjenu i osakaćenu zemljinu atmosferu i time doprinosi saniranju ekoloških problema globalnih razmjera.
6. I, konačno, održivi razvoj cjelokupnoga narodnog gospodarstva nezamisliv je bez svrsishodne, ravnomjerne i učinkovite upotrebe na čitavom području republike osnovne sirovine bez koje ne može opstati nijedno živo biće, a to je voda. Prema tome, preduvjet bilo kakva kvalitetna razvoja svrhovita je upotreba vode na čitavome teritoriju. Kako se danas u svijetu dvije trećine ukupne količine vode troši za potrebe natapanja poljoprivrednih usjeva, onda je očigledno da je adekvatna upotreba vode ključ sveukupnoga održivog razvoja svake zemlje, pa tako i naše Hrvatske.

Literatura:

1. Biswas, Asit K.: Sustainable Water Development: a Global Perspective, Water International, 17 (1992.), 68-80
2. Haimes, Yacov Y.: Sustainable Development: a Holistic Approach to Natural Resource Management, Water International 17 (1992.), 187-192
3. Kos, Zorko: Vodoprivreda u budućnosti, II. dio, Hrvatske vode, 1 (1993.)3, 165-173.
4. Kos, Zorko: Povijesni pregled razvoja navodnjavanja. Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, Navodnjavanje, knjiga 1., str. 1-60
5. Margeta, Jure: Osnove gospodarenja vodama. Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 1992.
6. xxx Vode Hrvatske, Monografija, JVP "Hrvatska vodoprivreda", Zagreb, 1991.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Lidija Tadić, Željko Vidaček,
Đuro Kadić, Zdenko Tadić

R 2-27

Prilog racionalnom projektiranju natapanja na primjeru objekta Žestilje u Slavoniji

SAŽETAK: U radu se razmatra i analizira stupanj točnosti ulaznih hidroloških i hidropedoloških parametara, te rizik pojave od suše na primjeru objekta Žestilje u Slavoniji. Proračunom i analizom komponenata u bilanci vode prema modelu Cropwat ukazuje se na one komponente koje značajno utječu na proračunske elemente natapanja uz pitanje stupnja rizika koji se može prihvatiti. Najveća pažnja posvećena je analizi ulaznih oborina, kao osnovnoj hidrološkoj veličini, čiji je utjecaj na proračun potreba biljaka za vodom presudan. Koeficijent varijacije C_v mjesečnih količina oborina varira od 0,38 u lipnju do 0,85 u mjesecu rujnu. Između 50%-tne i 80%-tne vjerojatnosti pojava oborina, prosječno povećanje potreba za vodom - natapanje kultura je 39-42%. Najveće ukupne potrebe natapanja za povrtnu su kulture - mrkvu i peršin 338 mm. Bruto obrok natapanja varira od 81-443 mm vode. Područje Žestilje kraj Našice predstavlja dobru osnovu za daljnje analize i provjere planova i projekata natapanja širega područja Slavonije.

KLJUČNE RIJEČI: stupanj točnosti, bilanca vode u tlu, rizik pojave suše

Contribution to the Economic Irrigation Design: Žestilje Project in Slavonia

ABSTRACT: The paper analyses and discusses the input hydrological and hydro-pedological parameters accuracy degree, and the drought risk on the example of the Žestilje Project in Slavonia. The calculation and component analysis in the water balance according to the Cropwat model indicate which components have significant effect on irrigation calculation elements and what risk levels are acceptable. Particular attention is paid to the input precipitations analysis, as the basic hydrological quantity, whose effect of the calculation of the plant water requirement is crucial. The coefficient of variation, C_v , of the monthly precipitations varies between 0.38 in June and 0.85 in September. For the precipitation occurrence probability of 50-80%, an average increase in irrigation water requirements is 39-42%. The maximum total irrigation requirement of 338 mm is for vegetables, i.e. carrot and parsley. The gross water supply ratio varies between 81 and 443 mm. The Žestilje area in the vicinity of Našice is a good example for further analyses and verification of irrigation projects and schedules for the broader Slavonia region.

KEY WORDS: accuracy degree, soil water balance, drought risk

Lidija Tadić, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta, Osijek,
dr. Željko Vidaček, red. prof., Agronomski fakultet Sveučilišta, Zagreb
Đuro Kadić, dipl. ing. agr., PP "Hana", d.o.o. Našice
Zdenko Tadić, dipl. ing. građ., "Hidroing", Poduzeće za projektiranje s p.o. Osijek

Uvod

U proteklom razdoblju u nas se najviše ili isključivo rješavao problem viška vode u tlu. Rezultat su toga potpuno izgrađeni sustavi površinske odvodnje na oko 600.000 hektara, sustavi podzemne odvodnje na oko 161.000 hektara i sustavi dopunskoga natapanja na oko 5.000 hektara površine. Međutim, to ne znači da se nije planiralo i projektiralo na regionalnome i lokalnome planu. Na primjer, Kurtagić i Jugo 1954, Vidaček 1981, Tadić 1993. i 1994. planiraju i/ili projektiraju natapanje na području Slavonije.

Kod projektiranja sustava za natapanje točnost ulaznih veličina bilance i proračuna elemenata sustava predstavljaju ključni problem. Potreba vode za natapanje uvelike ovisi od klimatskih veličina koje se uzimaju u osnovnu bilancu, a čiji varijabilitet zamjenjuju statistički računane veličine. Odabir statističkih ulaza, posebice oborina, bitno određuje konačne računске potrebe, te je njihov senzitivitet potrebno detaljnije istražiti. Sadašnji način obrade podataka putem računara i programskih paketa kao što su SWATRE (Feddes, 1984), DRAINMOD (Skaggs, 1978, 1991), SIDRA (Les-safre, Zimmer 1987), MUST (De Laat, 1985), CROPWAT (Smith, 1992), osiguravaju brzu i detaljnu analizu i proračune. Neki rezultati primjene ovoga posljednjeg modela predmet su naših detaljnijih razmatranja.

Osnove elemenata sustava za navodnjavanje dobro su definirane u stručnoj literaturi (Tomić, 1992, Kos 1992, Gereš 1992) pri čemu se ponovno ističe važnost ulaznih klimatskih parametara u odnosu na daljnje proračune. Već i izbor metode proračuna bilance vode ili evapotranspiracije značajno utječe na konačni rezultat proračuna.

U okviru ovoga rada analizirani su podaci agrometeoroloških postaja Šipovac i Našice, dok je proračun proveden za područje eksperimentalnoga polja Žestilje veličine 80 ha.

1. Proračun komponenti bilance vode

Bilancu vode u sustavu tlo-biljka-atmosfera određuju ulazne i izlazne komponente odnosno prirodna i/ili umjetna kiša, evaporacija i transpiracija, zalihe vode u tlu i eventualno otjecanje viška vode iz referentne dubine tla (Vidaček et al., 1993).

Ulazni podaci - agrometeorološke veličine su definirane podacima mjerne postaje Našice i postaje Šipovac koja se nalazi oko 1,5 km od predmetne lokacije Žestilje.

Za bilancu i proračun potreba vode za natapanje usvojen je dekadni proračun. Referentna evapotranspiracija (ET₀) izračunata je modificiranom Penman-Monteith jednadžbom, a potrebe vode za pojedine kulture u planiranome plodoredu matematičkim modelom Cropwat (Smith, Ibid.). Rezultati su ulaznih veličina oborina analizirani statistički. Njihova disperzija je iskazana preko koeficijenta varijacije (C_v), dok je analiza izlaznih veličina iskazana indeksno ili nominalno.

2. Matematički model CROPWAT

Cropwat je računalni program (Smith, Ibid.) za proračune potreba vode kultura, potreba vode za natapanje i rasporeda natapanja u različitim agroklimatskim i biljno-proizvodnim uvjetima. Postupci proračuna temelje se na ranije objavljenim metodama u FAO Irrigation and Drainage Papers (Doorenbos, Pruitt, 1977. i Doorenbos, Kassam, 1979).

Ulazni elementi baziraju se na mjernoj ili računskoj oborini, kao i temperaturnim elementima (srednjoj, dnevnoj ili minimalnoj i maksimalnoj temperaturi zraka). Ovi ulazni podaci značajno definiraju proračune.

Uz vlažnost zraka, brzinu vjetra i trajanje Sunčeva sjaja, te zemljopisne karakteristike lokacije (zemljopisna dužina, širina i nadmorska visina), potrebno je definirati kulture sa svim njihovim osobitostima (početak sadnje/sjetve, faze razvoja i njihovo trajanje, koeficijenti kultura po fenofazama). Potrebno je napomenuti da u okviru modela postoji nekoliko ponuđenih baza podataka koje nije preporučljivo direktno i nekritički primjenjivati za naše područje bez prethodne kalibracije.

Model je kalibriran za područje projekta Žestilje (Z. Tadić et al., 1994), posebice u dijelu karakteristika tla i elemenata kultura. U okviru projekta analizirano je 12 ratarskih kultura predviđenih plodoredom: paprika, cikla-maksi, cikla-bebi, grah, mrkva, peršin, krumpir, postrni kupus, sjemenska šećerna repa - prva i druga godina, sjemenski kukuruz.

U navedenom proračunu potreba vode za natapanje i rasporeda natapanja po kulturama, korišteni su sljedeći ulazni podaci i kriteriji:

- evapotranspiracija kultura ili potencijalne potrebe vode (ETk);
- efektivne oborine raznih vjerojatnosti pojava (% Pef);
- rokovi sjetve, sadnje, berbe, žetve;
- hidropedološke značajke (infiltracija, kapacitet fiziološki aktivne vode - FAv);
- razna stanja (inicijalna) vlažnost tla u vrijeme sjetve ili sadnje usjeva;
- 85%-tna iskorištenost sustava za natapanje - mogući gubici vode na proizvodnoj tabli;
- početak natapanja kod 80%-tnog gubitka lako pristupačne vode u tlu;
- završetak natapanja kod stanja poljskoga kapaciteta tla (PKv) za vodu ili punoga kapaciteta fiziološki aktivne vode tla (FAv).

3. Rezultati analize

Na osnovi projektiranih potreba vode za natapanje analiziran je element utjecaja ulaznih veličina na oborine u odnosu na dobiveni rezultat.

Veličine oborina znatno variraju tijekom promatranoga razdoblja (Šipovac, 1980-1993) što je iskazano u tablici 1, iz koje je vidljivo da je u vegetacijskom razdoblju varijabilitet oborina znatan.

Tablica 1: Koeficijenti varijacije Cv mjesečnih količina oborina
Table 1: Coefficients of variations Cv for monthly precipitation values

Mjeseci	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Cv	0.80	0.68	0.49	0.53	0.77	0.38	0.66	0.46	0.85	0.67	0.74	0.84

Pritom je posebno značajan mjesec lipanj koji je za veliki broj kultura značajan u njihovu razvoju. U tom mjesecu oborine su najstabilnije (Cv = 0.38), a srednja je mjesečna vrijednost oborina 93.0 mm. Ujedno to je mjesec u godini koji bitno definira elemente navodnjavanja kontinentalnoga područja.

Kako bi se rizik pojave suše smanjio na prihvatljivu mjeru, ne samo u pojedinim mjesecima, već tijekom cijeloga vegetacijskog razdoblja, a ipak se poštivala načela racionalnosti u gospodarenju vodom, analizirane su oborine čije su vjerojatnosti pojave 50%, 60%, 70%, 75% i 80%. Pri određivanju vjerojatnosti koristile su se empirijske distribucije (Hazena).

Povećanjem veličine povratnoga razdoblja pojava oborina povećavaju se računске ili projektne potrebe kultura za vodom (tablica 2).

Tablica 2: Odnos vjerojatnosti ulaznih oborina i prosječnoga povećanja potreba za vodom

Table 2: Relationship between the rainfall exceedance and mean increasing of irrigation requirement

Vjerojatnost oborina	50%	60%	70%	75%	80%
Potrebe vode, indeksno za razdoblje V-VIII mjeseci	100	103	106	123	139
Potrebe vode, indeksno za razdoblje IV-IX mjesec	100	107	114	128	142

Ovi podaci zasad imaju teoretski karakter, pa je jedna od zadaća eksperimentalnoga polja Žestilje njihova provjera.

4. Rezultati proračuna

Potrebe su vode za natapanje pojedinih kultura (PNk) na području Žestilja izračunate po dekadama i sveukupno sljedećem izrazu i ranije citiranu računalnome programu (Smith, Ibid):

$$PNk = ETk - Pef \text{ (mm)}$$

gdje su:

ETk = evapotranspiracija kultura

Pef = efektivne oborine

Prikazujemo samo ukupne neto potrebe natapanja paprike, maksi cikle, bebi cikle, graha, mrkve i peršina, krumpira, postrnoga kupusa, sjemenske šećerne repe prve i druge godine i sjemenskoga kukuruza (tablica 3).

Tablica 3: Neto ukupne potrebe natapanja kultura, mm

Table 3: Net total crop irrigation requirements, mm

Kultura	Razdoblje	ETk	Pef 75%	PNk
		mm		
Paprika	V-IX	499,9	203,2	299,1
Maksi cikla	IV-IX	566,5	215,1	351,3
Bebi cikla	IV-VI	267,3	128,0	139,3
Grah	VI-VIII	395,4	169,1	230,8
Mrkva i peršin	IV-VIII	556,7	218,8	337,9
Krumpir	V-IX	472,0	190,2	281,9
Postrni kupus	VII-X	308,9	117,8	191,1
Šećerna repa 1. god.	VIII-X	111,1	90,1	35,5
Šećerna repa 2. god.	IV-VII	346,5	162,8	183,9
Sjemenski kukuruz	V-IX	545,6	226,6	322,5

Tumač - Explanation: ET_k - evapotranspiracija kultura - crop evapotranspiration;
 Pef 75% - effective rainfall at 75% probability of exceedance;
 PN_k - potrebe natapanja kultura - crop irrigation requirements

Rezultati rasporeda natapanja po kulturama za područje Žestilje uključuju broj natapanja, interval u danima, datum, neto obrok, bruto obrok i hidromodul natapanja, odnosno ukupno bruto i neto obrok natapanja. Za ovu priliku objavljujemo ukupni neto i bruto obrok natapanja, te maksimalni i minimalni sezonski hidromodul natapanja pojedinih kultura, tablica 4.

Tablica 4: Neto i bruto obrok, te hidromodul natapanja kultura

Table 4: Net and gross gift for crop irrigation and flow

Kultura	Neto obrok	Bruto obrok	Hidromodul l/s/ha
	mm		
Paprika	338,8	398,6	0,13-0,60
Maksi cikla	376,4	442,8	0,11-0,54
Bebi cikla	109,8	122,2	0,15-0,32
Grah	195,5	230,0	0,11-0,56
Mrkva i peršin	341,1	401,3	0,10-0,52
Krumpir	290,6	341,9	0,11-0,60
Postrni kupus	220,3	259,2	0,25-0,44
Šećerna repa 1. god.	69,1	81,3	0,21
Šećerna repa 2. god.	169,0	198,8	0,15-0,39
Sjemenski kukuruz	283,3	333,3	0,11-0,55

5. Zaključno

Na osnovi izvršenih proračuna i analiza nameće se nekoliko zaključaka nastalih u funkciji što racionalnijega određivanja potreba biljaka za vodom. Točnost se može povećati primjenom što dužega mjernoga niza hidroloških ulaznih podataka, u prvom redu oborina. Primjena matematičkih modela daje prihvatljive rezultate, ali nužna je njihova kalibracija na konkretnim lokacijama, pokusnim ili kontrolnim poljima koja će vjerojatno u budućnosti dati točnije odgovore na neka pitanja na koja je ovaj rad ukazao, a jedno od njih je i pitanje međusobnoga odnosa prihvatljivoga rizika od pojave suše i racionalnog gospodarenja vodom.

Izvori

Doorenbos, J., Pruitt, W.O. et al. (1977): Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper, No 24. rev., Rome

Doorenbos, J., Kassam, A.H., et al. (1979): Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper, No 33, Rome

- Gereš, D. (1992): Hidrotehničke melioracije, Dio III, Navodnjavanje, Građevinski kalendar
- Kos, Z. (1992): Povijesni pregled razvoja navodnjavanja, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II/1
- Kurtagić, M., Jugo, B. (1954): Problemi navodnjavanja istočne Slavonije, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb
- Madramootoo, C.A. (1993): Field Scale Simulation Modelling of Subsurface Drainage Systems, Report of International Program for Technology Research in Irrigation and Drainage, The World Bank
- Smith, M. (1992): Cropwat a Computer Program for Irrigation Planning and Management, FAO Irrigation and Drainage Paper, No 46, Rome
- Tadić, Z. et al. (1994): Izvedbeni projekt navodnjavanja područja Žestilje, Hidroing - Poduzeće za projektiranje s p.o., Osijek
- Tadić, Z. et al. (1994): Studija navodnjavanja područja IPK Osijek, Hidroing - Poduzeće za projektiranje s p.o., Osijek
- Tomić, F. (1992): Istraživački rad i podloge za projektiranje i izvođenje sustava navodnjavanja, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II/1
- Vidaček, Ž. (1981): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u istočnoj Slavoniji i Baranji (disertacija), Agronomski fakultet Sveučilišta, Zagreb
- Vidaček, Ž., Tomić, F., Romić, D. (1993): Bilanca vode u tlu po metodama Thornthwaite-a i Palmer-a. Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, knjiga 2, Građevinski fakultet Rijeka i HDON, Zagreb
- x x x FAO (1992): Guidelines for the Design of Agricultural. Investment project, FAO Investment Centre Technical Paper 7, Rome



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Ivan Šimunić, Frane Tomić,
Nikola Stipić, Sulejman Redžepović

R 2-28

Koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ u drenažnim vodama pri različitim sustavima detaljne odvodnje

SAŽETAK: U dvogodišnjim istraživanjima 1991. i 1992. god. na melioracijskom pokusnom polju "Jelenščak" u Kutini pratili smo koncentraciju $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ u drenažnim vodama na različitim sustavima detaljne odvodnje razmaka cijevne drenaže od 15 m, 20 m, 25 m i 30 m, s ugradbom hidrauličkog filter materijala-šljunka i bez njega. Istraživanja su obavljena na pseudoglej-glejnom tlu. U 1991. god. uzgajan je kukuruz, koji je gnojen s ukupnom količinom od 202 kg/ha dušika, a u 1992. god. uzgajana je zob i gnojidba je obavljena s 50 kg/ha ukupne količine dušika.

Uzorci drenažne vode analizirani su u svakoj godini na svakoj varijanti sustava detaljne odvodnje u četiri navrata. Rezultati su pokazali da se prosječna koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ u 1991. god. kretala od prosječno najniže vrijednosti 13.0 mg/l, do prosječno najviše koncentracije od 16.3 mg/l. U 1992. god. prosječna koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ kretala se od prosječno najniže vrijednosti od 11.0 mg/l do prosječno najviše vrijednosti od 13.1 mg/l. Prosječna koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ u 1991. god. kretala se od prosječno najniže vrijednosti 1.12 mg/l do prosječno najviše vrijednosti od 1.54 mg/l. U 1992. god. prosječno najniža koncentracija utvrđena je u vrijednosti od 0.53 mg/l do prosječno najviša koncentracija od 0.70 mg/l.

Rezultati istraživanja obrađeni su statistički, pritom je utvrđeno da nije bilo značajnih razlika između varijanata pokusa s obzirom na koncentraciju ispranih mineralnih oblika dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$) iz tla.

KLJUČNE RIJEČI: koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$, sustavi detaljne odvodnje, drenažne vode, gnojidba, kukuruz, zob.

$\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ Concentrations in Drainage Waters in Different Pipe Drainage Systems

ABSTRACT: During the two-year investigation works conducted in 1991 and 1992 at the Jelenščak Reclamation Test Field, Kutina, the concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NH}_4\text{-N}$ were monitored in drainage waters of different pipe drainage systems, with pipe distances of 15 m, 20 m, 25 m and 30 m, with the hydraulic filter material - gravel - or without it. The investigations were performed in pseudogley and gley soils. In 1991, the corn was cultivated, fertilized with the total of 202 kg/ha of nitrogen, and in 1992 the oat was cultivated and fertilized with the total of 50 kg/ha of nitrogen.

Ivan Šimunić, Frane Tomić, Nikola Stipić, Sulejman Redžepović
Agronomski fakultet, Zagreb

The drainage water samples were analyzed for each year and all pipe drainage system alternative four times. The results have proven that the average concentration of NO_3-N in 1991 ranged from the average minimum value of 13.0 mg/l to the average maximum concentration of 16.3 mg/l. In 1992, the average concentration of NO_3-H ranged from the average minimum value of 11.0 mg/l to the average maximum value of 13.1 mg/l. The average concentration of NH_4-N in 1991 ranged from the average minimum value of 1.12 mg/l to the average maximum value of 1.54 mg/l. In 1992, the determined average minimum value was 0.53 mg/l to the average maximum concentration of 0.70 mg/l.

The results were statistically analyzed and it was determined that there were no significant differences between the alternative tests with respect to the concentrations of the mineral forms of nitrogen (NO_3-N and NH_4-N) washed out from the soil.

KEY WORDS: NO_3-N and NH_4-N concentrations, pipe drainage systems, drainage water, fertilization, corn, oat

Uvod

Od ukupne količine dušika, koji se s mineralnim gnojivima unese u tlo biljka apsorbira oko 50%, oko 25% se imobilizira u tlu i oko 25% se gubi ispiranjem, denitrifikacijom i drugim mehanizmima (Azam et al., 1985). Poznato je da se nitratni oblik dušika slabo veže na koloidne čestice tla, stoga je važno utvrditi dinamiku njegovog ispiranja.

Budući da se dušik najvećim dijelom ispire u nitratnom obliku to je opasnost za onečišćenje okoliša uglavnom vezana za nitratni oblik, a manje za amonijski i nitritni oblik. Osim što prekomjerna koncentracija nitrata u vodi povećava onečišćenje voda, takva voda, ako se upotrebljava za piće, može kod malene djece i životinja izazvati methemoglobinemiju (Prat et al., 1984.). Različiti sustavi detaljne odvodnje mogu utjecati na povećanu koncentraciju i količinu ispranih oblika dušika. Koncentracija i količina ispranih nitrata i amonijaka drenažnim vodama s poljoprivrednih površina ovisi o više čimbenika, ponajprije o količini i o vrsti dodanog mineralnog gnojiva, fizičkim svojstvima tla, količini i rasporedu oborina te uzgajanoj kulturi (Baker et al., 1971 i Vančura et al., 1988).

U ovom radu nastojali smo za istraživano ekološko područje srednje Posavine utvrditi koncentraciju nitratnog i amonijskog oblika dušika za svaku istraživanu varijantu detaljne odvodnje, odnosno koja varijanta postiže najbolje rezultate glede što manjeg onečišćenja drenažnih voda. Kako su ova istraživanja u nas od posebnog interesa, a realtivno im se malo posvećivalo pozornosti, on će se i nastaviti.

Metodika rada

Istraživanja su obavljena na melioracijskom pokusnom polju "Jelenščak" u Kutini, smještenom na području Lonjskog polja, kazeta 8. Područje se nalazi na prosječnoj nadmorskoj visini 97.4 m. Prije uređenja polje se upotrebljavalo kao ekstenzivni pašnjak s pretežitom hidrofилnom vegetacijom. Drenske cijevi su postavljene 1989. godine i ulijevaju se izravno u odvodne kanale razmaka 200 m. Razmak drenskih cijevi je: 15 m, 20 m, 25 m i 30 m. Svaki je razmak u kombinaciji s kontakt (filter) materijalom-šljunkom (šljunak 5-25 mm postavljen je na 0.4 mm od površine tla) i bez kontakt (filter) materijala - šljunka, što čini 8 kombinacija.

Tablica 1. Istraživane varijante detaljne odvodnje

Razmak cijevne drenaže (m)	Filtracijski (kontakt) materijal (šljunak)	Oznaka varijante
15 m	s	R15-FM
	bez	R15-FM ₀
20 m	s	R20-FM
	bez	R20-FM ₀
25 m	s	R25-FM
	bez	R25-FM ₀
30 m	s	R30-FM
	bez	R30-FM ₀

Rebraste perforirane cijevi (promjera 65 mm s uzdužnim padom $I=3\%$) postavljene su na prosječnoj dubini 1.0 m. Kalcifikacija je obavljena kalcijevim karbonatom u količini od 9.0 t/ha.

Prema uobičajenoj agrotehnici u 1991. god. u proljeće (30. travnja) zasijan je kukuruz, hibrid Bc 492. Gnojdbom je ukupno dodano 202 kg/ha N. Berba je obavljena 20. listopada. U 1992. god. u proljeće (30. ožujka) zasijana je zob, sorta Flemings regent. Gnojdbom je ukupno dodano 50 kg/ha N. Žetva je obavljena 27. srpnja.

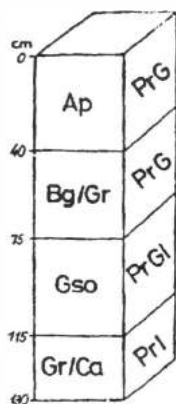
Uzorci drenažne vode za određivanje $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ na svakoj istraživanoj varijanti uzimani su u svakoj istraživanoj godini u četiri navrata. U 1991. god. to je bilo: 4. siječnja, 24. svibnja, 4. listopada i 15. Studenog, a u 1992. god. uzorci vode su uzimani 7. siječnja, 11. veljače, 21. listopada i 10. studenog.

U laboratoriju su koncentracije NO_3^- određene spektrofotometrijski, fenoldisulfonskom kiselinom, a NH_4^+ Nesslerovim reagensom.

Rezultati su obrađeni statistički.

Radi lakšega tumačenja utvrđenih rezultata prikazani su ukratko stanišni čimbenici - tlo i klima.

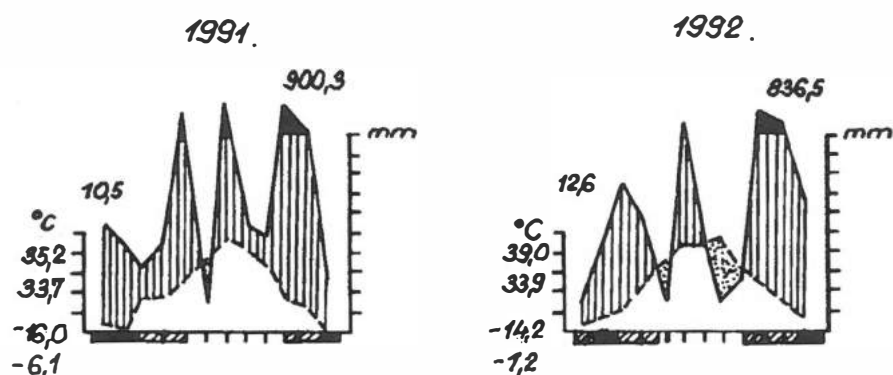
Prema našoj klasifikaciji tlo na kojem su obavljena istraživanja je pseudoglej-glej, hidromeliorirani. Građu pedološkog profila s hidropedološkim podacima prikazujemo na grafikonu 1, a njegova važnija fizička i kemijska svojstva prikazujemo u tablici 2.

Grafikon 1. Građa profila pseudoglej-glejnog tla i njegovi hidropedološki podaci

1. Tip tla: Pseudoglej-glej, hidromeliorirani, srednje duboki, (srednje duboka podzemna voda)
2. Temeljni način vlaženja tla: pseudoglejni i hipoglejni
3. Hidraulička provodljivost tla za vodu:
 - a) vertikalna (lab. metoda)
 - 40-75 cm - 0,011 m/dan (vrlo mala)
 - 75-115 cm - 0,011 m/dan (vrlo mala)
4. Uslojenost profila tla: Ap-Bg-Gso/r-Gr,c
5. Dubina do nepropusnog horizonta D u m: oko 2,0 m
6. Maksimalno podizanje razine podzemne vode mjereno od površine tla u m: 0,75 m

Tablica 2. Važnija fizičko-kemijska svojstva tla

Dubina u cm	Kv		Kz %	gr/cm ³ tla		Glina %	Prah %	pH u n-KCl	mg/100 gr tla		Humus %
	vol %	mm		Stv	Stp				P ₂ O ₅	K ₂ O	
0-40	44	176	4,2	1,35	2,65	46	47	5,39	5.9	5.04	4.52
40-75	42	147	3,9	1,48	2,73	44	50	5,20	0	4.07	0.53
75-115	46	184	5,6	1,39	2,70	34	60	7,01	0	0.5	0
115-130	45	67,5	3,6	1,46	2,74	25	63	7,35	0	0	0



Graf 2. Klimadijagrami prema Walteru - Kutina "Jelenščak"

Klimu i njezino značenje u sklopu ovih istraživanja prikazujemo kroz klimadijagram prema Walteru (grafikon 2).

Iz grafikona 2. vidi se da je u obje godine istraživanja prevladavala humidna klima, a u pojedinim dijelovima godine izrazito humidna. Aridnost klime u 1991. god. zabilježena je u lipnju, a u 1992. god. u dva navrata u svibnju i ponovno u kolovozu i u rujnu. Također se može primijetiti veći višak vode u jesensko zimskom i u kasnoproljetnom razdoblju.

Rezultati istraživanja i rasprava

Rezultate dvogodišnjih istraživanja koncentracije nitratnog i amonijskog oblika dušika u drenažnim vodama na raznim sustavima detaljne odvodnje prikazujemo u tablicama 3 i 4.

Tablica 3. Koncentracija NO₃-N i NH₄-N u mg/l u drenažnoj vodi u 1991. godini

Datum uzimanja uzoraka	4. 01. 1991		24. 05. 1991		4. 10. 1991		15. 11. 1991		Prosječna koncentracija	
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
R15FM	17.6 15.7	0.72 0.78	32.1 33.7	2.68 2.38	7.6 8.3	0.64 0.62	7.3 7.9	0.58 0.58	16.3	1.12
R15FM ₀	14.5 12.6	0.56 0.84	27.3 26.9	3.58 3.15	6.6 6.2	0.85 0.56	6.5 6.0	0.71 0.72		
R20FM	18.0 16.2	0.69 0.62	29.8 32.2	2.96 2.38	7.1 7.2	0.64 0.55	6.5 6.3	0.52 0.68		
R20FM ₀	11.9 12.1	1.04 0.85	28.6 26.4	3.61 3.56	6.7 5.8	0.61 0.55	6.8 5.8	0.58 0.58		
R25FM	16.9 15.1	0.56 0.84	31.4 32.1	2.54 2.68	7.7 7.5	0.70 0.55	7.2 7.3	0.71 0.78		
R25FM ₀	13.5 12.9	0.84 1.00	29.0 25.5	4.34 4.18	6.4 7.2	0.46 0.51	7.0 7.2	0.52 0.48		
R30FM	16.1 16.1	0.70 1.38	29.2 32.2	4.68 2.24	7.0 7.7	0.78 0.70	7.1 7.2	0.71 0.65		
R30FM ₀	12.8 12.8	1.20 1.14	27.7 25.9	2.90 2.40	6.4 6.7	1.08 1.09	6.1 5.5	1.02 0.85		
Prosječna koncentr.	14.7	0.86	29.4	3.14	7.0	0.69	6.7	0.67	14.5	1.34

Tablica 4. Koncentracija NO₃-N i NH₄-N u mg/l u drenažnoj vodi u 1992. godini

Datum uzimanja uzoraka	7. 01. 1992.		11. 02. 1992.		21. 10. 1992.		10. 11. 1992.		Prosječna koncentracija	
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
R15FM	6.6 7.8	0.70 0.76	7.0 7.0	0.84 0.70	32.1 27,9	0.42 0.35	7.0 9.2	0.35 0.27	13.1	0.55
R15FM ₀	5.3 5.3	0.62 1.06	4.6 4.7	0.56 0.72	25.0 25.6	0.41 0.25	9.2 8.3	0.27 0.47	11.0	0.55
R20FM	6.4 5.7	0.98 1.12	5.7 5.2	0.98 0.98	28.4 35.6	0.45 0.39	6.8 6.7	0.34 0.34	12.6	0.70
R20FM ₀	5.1 5.6	0.96 0.62	4.9 5.0	1.00 0.84	28.4 31.6	0.45 0.39	6.2 7.5	0.39 0.35	11.8	0.63
R25FM	7.0 6.7	0.98 0.82	7.6 7.1	0.98 1.28	28.0 28.2	0.43 0.42	6.7 6.7	0.34 0.34	12.3	0.70
R25FM ₀	6.9 7.1	0.70 0.70	6.3 6.8	0.84 0.84	31.0 26.0	0.42 0.41	6.2 7.5	0.39 0.43	12.1	0.58
R30FM	7.0 6.7	0.70 0.56	5.4 6.5	0.84 0.56	33.6 28.0	0.39 0.43	6.2 7.0	0.39 0.35	12.6	0.53
R30FM ₀	5.7 5.3	0.84 0.84	4.4 4.3	0.84 0.84	31.0 28.4	0.42 0.45	7.8 6.4	0.27 0.25	11.6	0.59
Prosječna koncentr.	6.3	0.81	5.8	0.85	29.2	0.41	7.2	0.34	12.1	0.60

Iz tablice 3 vidi se da je u 1991. god. prosječna koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ za sve varijante iznosila 14,5 mg/l. Najveća prosječna godišnja koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ iznosila je 16,3 mg/l, a utvrđena je za varijantu R15-FM, a najniža prosječna godišnja koncentracija iznosila je 13,0 mg/l i zabilježena je u varijantama R15-FM₀ i R15-FM₀. Godišnja razlika u prosječnoj koncentraciji $\text{NO}_3\text{-N}$ između varijanti iznosila je 3,3 mg/l.

Iz iste tablice vidi se da je prosječna koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ za sve varijante iznosila 1,34 mg/l. Najviša godišnja koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ iznosila je 1,54 mg/l, a utvrđena je u varijanti R25-FM₀, dok je najniža godišnja koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ iznosila 1,12 mg/l i utvrđena je za varijantu R15-FM. Razlika između prosječno najviše i najniže vrijednosti u koncentraciji $\text{NH}_4\text{-N}$ iznosila je 0,43 mg/l.

Iz tablice 4. vidi se da je u 1992. god. prosječna koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ za sve varijante sustava detaljne odvodnje iznosila 12,1 mg/l. Najviša prosječna koncentracija od 13,1 mg/l utvrđena je za varijantu R15-FM, a najniža od 11,0 mg utvrđena je za varijantu R15-FM₀. Godišnja razlika u prosječnoj koncentraciji $\text{NO}_3\text{-N}$ između navedenih varijanata iznosila je 2,1 mg/l.

Iz iste tablice vidi se da je prosječna koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ za sve varijante iznosila 0,60 mg/l. Najviša prosječna godišnja koncentracija od 0,70 mg/l utvrđena je za varijantu R20-FM, a najniža prosječna godišnja koncentracija u vrijednosti od 0,53 mg/l utvrđena je za varijantu R30-FM. Razlika između prosječne godišnje najviše i najniže vrijednosti u koncentraciji $\text{NH}_4\text{-N}$ iznosila je 0,17 mg/l.

Kako je koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ oblika dušika u drenažnoj vodi ponajprije ovisna o količini i rasporedu oborina tijekom godine i dodanoj količini dušika gnojidbom, to smo se odlučili pratiti koncentraciju mineralnih oblika dušika u različito doba godine.

Rezultate dvogodišnjih istraživanja nitratnog i amonijskog oblika dušika, prema različitim datumima uzimanja uzoraka, prikazujemo također u tablicama 3. i 4.

Iz tablice 3. vidi se da je najveća koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ utvrđena 24. svibnja i prosječno je za sve varijante iznosila 29,4 mg/l. Najniže vrijednosti su zabilježene 15. studenog i prosječno je za sve varijante utvrđena vrijednost od 6,7 mg/l. Razlika između prosječno najviše i prosječno najniže vrijednosti $\text{NO}_3\text{-N}$ prema datumima uzimanja uzoraka iznosila je 22,7 mg/l.

Promatrajući rezultate koncentracije $\text{NH}_4\text{-N}$, prema datumima uzimanja uzoraka, uočava se da su u 1991. godini, također, najviše vrijednosti utvrđene 24. svibnja, a najniže 15. studenog. Prosječno za sve varijante 24. svibnja utvrđena je vrijednost koncentracije od 3,14 mg/l, a 15. studenog od 0,67 mg/l. Razlika u koncentraciji $\text{NH}_4\text{-N}$ između prosječno najviše i najniže vrijednosti u datumima uzimanja uzoraka iznosila je 2,47 mg.

Prema datumima uzimanja uzoraka drenažne vode u 1992 godini vidi se da je prosječno najveća koncentracija $\text{NO}_3\text{-N}$ utvrđena 21. listopada i iznosila je 29,2 mg/l, a prosječno najniža vrijednost utvrđena je 11. veljače u prosječnoj vrijednosti od 5,8 mg/l. Razlika između prosječno najviše i prosječno najniže vrijednosti $\text{NO}_3\text{-N}$, prema datumima uzimanja uzoraka, iznosila je 23,4 mg/l.

Iz iste tablice za istu godinu vidi se da je prosječno najviša koncentracija $\text{NH}_4\text{-N}$ za sve varijante zabilježena 11. veljače, a iznosila je 0,85 mg/l, a prosječno najniže vrijednosti koncentracije $\text{NH}_4\text{-N}$ zabilježene su 10. studenog, a utvrđena vrijednost iznosila im je 0,34 mg/l. Razlika u koncentraciji $\text{NH}_4\text{-N}$ između prosječno najviše i najniže vrijednosti prema datumima uzimanja uzoraka iznosila je 0,51 mg/l.

Slične rezultate su utvrdili **Jani i Klaghofer (1975.)** u Petzenkirchenu (Donja Austrija) u trogodišnjem istraživanju NO_3 na dreniranim površinama. Tom prilikom su utvrdili prosječnu koncentraciju od 14,3 mg/l NO_3 . **Foerster, (1984.)** za područje sjeverozapadne Njemačke u petogodišnjem istraživanju utvrdio je prosječnu koncentraciju od 24,5 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ i 0,91 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$. **Šoškić et al., (1987.)** na proizvodnim su površinama pilot farme "Ježevo" (Gornja Posavina) utvrdili prosječnu koncentraciju $\text{NO}_3\text{-N}$ od 9,4 mg/l do 12,9 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ i 0,7 mg/l do 0,8 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$.

Na temelju dvogodišnjih rezultata, utvrđenih za prosječnu koncentraciju $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ oblika dušika prema varijantama sustava detaljne odvodnje, analizom varijance je utvrđeno da između varijanti nije bilo statistički opravdane razlike. (tablice 5. i 6.). Također na temelju dvogodišnjih rezultata, utvrđenih za prosječnu koncentraciju $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ oblika dušika prema datumima uzimanja uzoraka drenažne vode, analizom varijance je utvrđeno da unutar jednoga datuma nije bilo statistički opravdane razlike (tablice 7. i 8.).

Prema **Wrobelu i Hankeu (1987.)**, dozvoljena gornja granica nitrata u vodi u zemljama EU-a opada od 90 mg/l NO_3 do 50 mg/l NO_3 . (20,3 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ do 11,3 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$). Graničnu vrijednost od 50 mg/l NO_3 navode **Veh i Edom (1987.)**. Prema N.N. 2/84 za I. i II. kategoriju vode dozvoljeno je 44,3 mg/l NO_3 (10 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$) i 1 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$, za III. i IV. kategoriju vode do 66 mg/l (15 mg $\text{NO}_3\text{-N}$) i 10 mg/l NH_4 .

Tablica 5. Prosječne koncentracije $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l prema varijantama sustava detaljne odvodnje, u razdoblju 1991. i 1992. godina

Varijante sustava detaljne odvodnje	STATISTIČKI PODACI ZA $\text{NO}_3\text{-N}$ u mg/l									
	1991.					1992.				
	x	s	s_x	c.v.	v.š.	x	s	s_x	c.v.	v.š.
R15FM	16.3	20.58	7.27	126.4	(7.3-33.7) 26.4	13.1	17.50	6.18	126.8	(6.6-32.1) 25.5
R15FM ₀	13.3	16.90	5.97	126.9	(6.0-27.3) 21.3	11.0	14.80	5.23	134.5	(4.6-25.6) 21.0
R20FM	15.4	19.62	6.93	127.3	(6.3-32.2) 25.9	12.6	18.12	6.40	144.3	(5.2-35.6) 30.4
R20FM ₀	13.0	16.74	5.92	128.6	(5.8-28.6) 22.8	11.8	16.93	5.98	143.6	(4.9-31.6) 26.7
R25FM	15.7	19.82	7.00	126.6	(7.2-32.1) 24.9	12.3	16.35	5.78	133.5	(6.7-28.2) 21.5
R25FM ₀	13.6	17.04	6.02	125.4	(6.4-29.0) 22.6	12.1	16.25	5.74	135.3	(6.2-30.1) 23.9
R30FM	15.3	19.34	6.83	126.3	(7.0-32.2) 25.2	12.6	17.59	6.22	140.2	(5.4-33.6) 28.2
R30FM ₀	13.0	16.56	5.85	127.5	(5.5-27.7) 22.2	11.6	16.53	5.84	143.1	(4.3-30.1) 25.8

Tablica 6. Statistički podaci za NH₄-N mg/l prema varijantama sustava detaljne odvodnje, u razdoblju 1991. i 1992. godina

Varijante sustava detaljne odvodnje	STATISTIČKI PODACI ZA NO ₃ -N u mg/l									
	1991.					1992.				
	x	s	s _x	c.v.	v.š.	x	s	s _x	c.v.	v.š.
R15-FM	1.12	1.49	0.53	133.0	(0.58-2.68) 2.10	0.55	0.63	0.22	114.5	(0.27-0.84) 0.57
R15-FM _O	1.37	1.92	0.68	140.1	(0.56-3.58) 3.02	0.55	0.64	0.23	116.4	(0.25-1.06) 0.81
R20-FM	1.13	1.55	0.55	137.2	(0.52-2.96) 2.44	0.70	0.82	0.29	117.1	(0.34-1.12) 0.78
R20-FM _O	1.42	2.03	0.72	142.9	(0.55-3.61) 3.06	0.63	0.72	0.25	114.3	(0.35-1.00) 0.65
R25-FM	1.18	1.54	0.54	130.5	(0.56-2.68) 2.12	0.70	0.84	0.30	120.0	(0.34-1.28) 0.94
R25-FM _O	1.54	2.36	0.83	153.2	(0.46-4.34) 3.88	0.58	0.66	0.23	113.8	(0.34-0.84) 0.50
R30-FM	1.48	2.12	0.75	143.2	(0.65-4.68) 4.03	0.53	0.59	0.21	111.3	(0.35-0.84) 0.49
R30-FM _O	1.46	1.73	0.61	118.5	(0.85-2.90) 2.05	0.59	0.69	0.24	116.9	(0.25-0.84) 0.59

Prema graničnim vrijednostima, utvrđeni prosječni rezultati NO₃-N i NH₄-N oblika dušika u svim varijantama nalaze se na granici između blažih i oštrijih vrijednosti. U pojedinom razdoblju godine vrijednosti su koncentracije NO₃-N i NH₄-N u granici 11,3 mg/l NO₃-N odnosno 0,7 mg/l NH₄-N, a u nekim su razdobljima godine (24. svibanj 1991. i 21. listopad 1992.) utvrđeni rezultati iznad dopuštene granice. Visoku koncentraciju

Tablica 7. Prosječne koncentracije NO₃-N mg/l prema datumima uzimanja uzoraka, u razdoblju 1991. i 1992. godina

Vrijeme uzimanja uzoraka	x	s	s _x	c.v.	v.š.	Vrijeme uzimanja uzoraka	x	s	s _x	c.v.	v.š.
4.01.1991	14.7	15.29	3.8	104.1	(11.9-18.0) 6.1	4.01.1991	0.86	0.92	0.2	107.0	(0.56-1.38) 0.82
24.05.1991	29.4	30.45	7.6	103.7	(25.5-33.7) 8.2	24.05.1991	3.14	3.33	0.8	106.0	(2.24-4.68) 2.44
4.10.1991	7.0	7.27	1.8	103.9	(5.8-8.3) 2.5	4.10.1991	0.69	0.73	0.2	105.8	(0.46-1.09) 0.63
15.11.1991	6.7	6.98	1.7	103.9	(5.5-7.9) 2.4	15.11.1991	0.67	0.69	0.2	103.0	(0.52-1.02) 0.50
7.01.1992	6.3	6.52	1.6	104.1	(5.1-7.8) 2.7	7.01.1992	0.81	0.85	0.2	104.9	(0.56-1.12) 0.56
11.02.1992	5.8	6.07	1.5	105.0	(4.3-7.6) 3.3	11.02.1992	0.85	0.90	0.2	105.9	(0.56-1.28) 0.72
21.10.1992	29.2	30.3	7.6	103.7	(25.0-33.6) 8.6	21.10.1992	0.41	0.42	0.1	102.4	(0.25-0.45) 0.20
10.11.1992	7.2	7.66	1.9	107.0	(6.2-9.2) 3.0	10.11.1992	0.34	0.36	0.1	105.9	(0.25-0.47) 0.22

Tablica 8. Prosječne koncentracije NH₄-N mg/l prema datumima uzimanja uzoraka, u razdoblju 1991. i 1992. godina

NO₃-N i NH₄-N od 24. svibnja 1991 godine prouzročila je velika količina oborina (tijekom svibnja je palo 155,9 mm oborina) nakon proljetne sjetve i gnojidbe kukuruza. Do spomenutog datuma biljka nije mogla usvojiti ukupno dodano biljno hranjivo pa je vjerojatno zbog toga došlo do njegova ispiranja. U 1992. godini najveća vrijednost koncentracije NO₃-N utvrđena je 21. listopada, nakon prvih jesenskih kiša, odnosno s početkom tečenja sustava detaljne odvodnje, što upozorava na zaključak da je u ljetnom razdoblju ostao "višak" ukupnih nitrata u tlu kojeg zob u suhom ljetnom razdoblju nije utrošila. Iz svega navedenog mogli bismo zaključiti da veliku pozornost moramo usmjeriti na problematiku vezanu uz gnojidbu dušikom na sustavima detaljne odvodnje, vodeći računa o uzgajanoj kulturi, stadiju razvoja i meteorološkim uvjetima određenog ekološkog područja.

Zaključci

Na temelju dvogodišnjih rezultata istraživanja koncentracije NO₃-N i NH₄-N oblika dušika u drenažnim vodama pri različitim sustavima detaljne odvodnje na melioracijskom pokusnom polju "Jelenščak" u Kutini može se zaključiti:

1. Prosječna koncentracija NO₃-N u 1991. god. kretala se od najniže vrijednosti 13,0 mg/l i utvrđena je za varijante R₂₀-FM₀ i R₃₀-FM₀, a najviše vrijednosti koncentracije utvrđene su od 16,3 mg/l za varijantu R₁₅-FM. U 1992. god. prosječna koncentracija NO₃-N kretala se od prosječno najniže vrijednosti 11,0 mg/l (R₁₅-FM₀) do prosječno najviše vrijednosti 13,1 mg/l, a utvrđena je za varijantu R₁₅-FM.
2. Prosječna koncentracija NH₄-N u 1991. god. kretala se od prosječno najniže vrijednosti 1,12 mg/l (R₁₅-FM) do prosječno najviše vrijednosti od 1,54 mg/l, a zabilježena je za varijantu R₂₅-FM₀. U 1992. god. prosječno najniža koncentracija utvrđena je u vrijednosti od 0,53 mg/l u varijante R₃₀-FM, a prosječno najviša koncentracija od 0,70 mg/l utvrđena je za varijantu R₂₀-FM.
3. Rezultati istraživanja pokazuju da nije bilo statistički signifikantno opravdanih razlika u koncentraciji različitih mineralnih oblika dušika (NO₃-N i NH₄-N) između testiranih sustava detaljne odvodnje.
4. Najviša prosječna koncentracija NO₃-N i NH₄-N u 1991. god. utvrđena je 24. svibnja, poslije sjetve te gnojidbe kukuruza i relativno visoke količine oborina. U 1992. god. prosječno najviša koncentracija NO₃-N zabilježena je 21. listopada, poslije sušnog ljeta (kultura zob) i s prvim jačim jesenskim kišama.
5. Utvrđeni prosječni rezultati koncentracije NO₃-N i NH₄-N na sustavima detaljne odvodnje upozoravaju na svu složenost vezanu uz problematiku gnojidbe pri prihrani usjeva tijekom vegetacije dušičnim gnojivima, te se stoga mora voditi računa o količini gnojidbe, stadiju razvoja, kao i o meteorološkim uvjetima.

Literatura

1. Azam, F., K.A. Malik.: Transformation in soil and availability to plants of ¹⁵N applied as inorganic fertilizer and legume residues. *Plant and Soil*, 86, 3-13., 1985.
2. Baker, J.L., H.P. Johnson.: Impact of subsurface drainage on water quality. *Proc. of the 3rd national Drainage Symposium*, ASAE Publication, No 77-1., 1971.
3. Foerster, P.: Stoffgehalte im Draen und im Grundwasser und Stoffansteige in einem Standboden Nordwest Deutschlands bei Mineralduengung und bei zusactzlicher Guelenduenng, *Kali-Briefe (Buentehof)*, 17/5, 373-405., 1984.

4. Jani, V., E. Klaghafer.: Auswirkung der Mineralduengung auf Oberflaechen und Draenwasser, Sonderdruck aus Verocffentlichungen der Landwirtschaftlich - Chemischen Bundesversuchsanstalt, Linz., 1975.
5. Pratt, P., W.A. Jury.: Polution of the unsaturated zone with nitrate. Ecol.Stud., 47, 52-67., 1984.
6. Šoškić, M., LJ. Đumija, J. Manitašević., F. Pavlić.: Količina dušika u drenažnim vodama u ovisnosti o različitim sistemima detaljne odvodnje. Agrohemija br. 4, Beograd., 1987.
7. Vančura, V., F. Kunc.: Soil microbial associations, Elsevier Amsterdam, 1988.

Tema 3.
VRIJEME, KLIMA, RELJEF
I HIDROLOŠKE PRILIKE



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Marjana Gajić-Čapka

R 3-01

Klimatološki podaci i upravljanje vodama

SAŽETAK: *Za potrebe iskorištavanja voda korisnicima stoje na raspolaganju dvije osnovne grupe meteoroloških podataka: klimatološki podaci (povijesni) koje primarno koriste planeri i projektanti, i sinoptički podaci (trenutni) koje trebaju operativne službe.*

Podaci se mjere, motre i registriraju u stalnoj mreži sinoptičkih, klimatoloških, kišomjernih i specijalnih postaja. Ukoliko se unutar osnovne mreže meteoroloških postaja ne mjere specifični elementi potrebni korisniku ili gustoća mreže meteoroloških postaja nije dovoljna na nekom području za određenu namjenu, u skladu s ugovorenim potrebama korisnika postavljaju se dodatne meteorološke postaje ili se obavljaju povremena specijalna mjerenja u značajnim vremenskim situacijama pomoću stacionarnih i mobilnih meteoroloških postaja.

Ovi izvorni podaci predstavljaju podloge za namjenske obrade kao što su npr. određivanje prosječnih vrijednosti za različite vremenske skale, vjerojatnosti pojavljivanja karakterističnih klimatskih elemenata, trajanje razdoblja s određenim karakteristikama, prostorne raspodjele, vremenske promjene, analize ekstremnih vrijednosti i dr. Odabir i način prikazivanja meteoroloških parametara moraju proizići iz uskoga stručnoga kontakta meteorologa i stručnjaka koji rade na području upravljanja vodama.

U ovom radu dan je prikaz načina prikupljanja klimatoloških podataka, te pregled osnovnih i izvedenih klimatoloških veličina i nekih načina njihove analize za potrebe vodoprivrede s ilustracijama za različita klimatska područja Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: *mreža meteoroloških postaja, osnovni i izvedeni klimatološki podaci, prostorne i vremenske klimatske promjene*

Climatological Data and Water Resources Management

ABSTRACT: *The water users have two major groups of meteorological data at their disposal in water utilization - climatological data (historical) primarily used by the planners and designers, and synoptical data (current) needed by the on-site services.*

The data are measured, monitored, and recorded within the permanent network of synoptical, climatological, rain gauge and special stations. The additional weather stations are set or occasional special measurements carried out under significant weather conditions using the stationary and mobile stations when the basic network of weather stations does not measure specific elements required by the user, or when the network density is insufficient in a particular area for a particular purpose.

The original data are the background for dedicated analyses, such as determination of average values for various time scales, occurrence probability for characteristic weather elements, duration of periods with particular characteristics, space distribution, time changes, analyses of extreme values, etc. The method of meteorological parameters selection and presentation should result from professional contacts between the meteorologists and the water resources management experts.

The paper describes the climatological data collecting method and gives a review of the basic and deduced climatological values, and some methods of their analyses for the purposes of water resources management, with illustrations for various climatological regions in Croatia.

KEY WORDS: *weather stations network, basic and deduced meteorological data, space and time weather changes*

1. Uvod

Uz atmosferu, voda je osnovni prirodni izvor koji koristi čovjeku, a ovisan je o atmosferskim procesima. Stoga se primijenjena klimatologija za područje upravljanja vodama neminovno bavi meteorološkim elementima hidrološkoga ciklusa, i to u onolikoj mjeri koliko se oni odnose na vodne potencijale i rad hidroinženjera.

Za potrebe iskorištavanja voda korisnicima stoje na raspolaganju dvije osnovne grupe meteoroloških podataka: klimatološki podaci (historijski podaci), koje primarno koriste planeri i projektanti, i sinoptički podaci (trenutni podaci), koje trebaju operativne službe u vodoprivredi.

U ovome radu dan je kratak prikaz načina prikupljanja klimatoloških podataka, te pregled osnovnih i izvedenih klimatoloških veličina i nekih načina njihove analize za potrebe vodoprivrede s ilustracijama za različita klimatska područja Hrvatske.

2. Prikupljanje meteoroloških podataka

Državni hidrometeorološki zavod u Zagrebu, kao nacionalna služba, organizira i održava osnovnu mrežu meteoroloških postaja prema propisima Svjetske meteorološke organizacije. Zbog različite promjenljivosti meteoroloških parametara u vremenu i prostoru, rad meteoroloških postaja organiziran je u nekoliko kategorija koje se razlikuju u razmacima između termina motrenja, gustoći mreže postaja i izboru meteoroloških parametara koji se motre.

a) Sinoptičke postaje obavljaju prizemna motrenja svaka 3 sata po UTC-u (universal time coordinated) radi mogućnosti koordinacije prognoze vremena širom svijeta. Uz terminska mjerenja i motrenja, registriraju se glavni meteorološki parametri. Ovi zapisi su podloge za redovna očitavanja satnih vrijednosti. Tijekom dana bilježi se vrijeme trajanja i intenzitet meteoroloških pojava. Količina oborine mjeri se četiri puta dnevno i to u 01, 7, 13 i 19 sati po srednjoeuropskom vremenu odnosno u 06, 12, 18 i 24 sata po svjetskom (UTC) vremenu. U Hrvatskoj je prema stanju 31. 12. 1993. radilo 37 sinoptičkih postaja.

Aerološke postaje mjere vertikalnu raspodjelu meteoroloških parametara: tlaka, temperature i vlažnosti zraka, te brzine i smjera vjetra do 30 km visine. Radiosondažna mjerenja provode se trenutno samo na jednoj lokaciji u Hrvatskoj i to na opservatoriju Zagreb-Maksimir.

b) *Klimatološke postaje* rade po lokalnome vremenu s mjerenjima i motrenjima tri puta na dan u 7, 14 i 21 sat po mjesnom vremenu i to slijedećih elemenata: tlaka zraka, temperature zraka, vlažnosti zraka, smjera i jačine (ili brzine) vjetra, vidljivosti, trajanja sijanja Sunca, naoblake, dnevne količine oborine u 7 sati, te vrste, intenziteta i trajanja pojava tijekom dana. Prema stanju 31. 12. 1993., u Hrvatskoj su radile 73 klimatološke postaje.

c) *Kišomjerne postaje* postavljene su na gušćoj mreži negoli prethodne dvije grupe meteoroloških postaja. One mjere oborinu u 7 sati ujutro po lokalnom vremenu, te samo visinu sniježnog pokrivača i intenzitet i trajanje pojava tijekom dana. Krajem 1993. godine u Hrvatskoj je radilo 280 kišomjernih postaja.

Napomenimo da je navedeni broj aktivnih meteoroloških postaja u Hrvatskoj upola manji od gustoće osnovne mreže koju zahtijeva Svjetska meteorološka organizacija (Katušin, 1994). Kako za hidrološke potrebe, bilo istraživačke ili operativne, osnovna meteorološka mreža postaja ne zadovoljava u potpunosti ni svojim programom ni gustoćom, nužno je uvođenje dodatnih mjerenja na postajama osnovne mreže u okviru osnovne djelatnosti, kao i postavljanje novih mjernih mjesta sa standardnim ili specijalnim programom prema zahtjevima i mogućnostima financiranja korisnika.

d) *Specijalne mreže postaja* postavljaju se radi ispunjavanja pojedinih zadataka:

- *totalizatori* pretežno u planinskim područjima gdje skupljaju oborinu kroz dulje vremenske intervale, pa daju podatke o godišnjoj količini, a na nekim lokacijama i polugodišnjoj količini oborine. Trenutno ih u Hrvatskoj ima 20.
- *ombrografi* pretežno postavljene kao investitorske specijalne postaje. Registriraju tekuću oborinu u toplom dijelu godine (pluviografi), te u hladnom na lokacijama gdje su postavljene ombrografi s grijanjem (nifografi). Trenutno u Hrvatskoj radi 71 pluviograf o kojima vodi brigu Državni hidrometeorološki zavod.
- *gusta mreža kišomjera* radi dobivanja finije strukture oborinskoga režima. Posebno u planinskim područjima služi za utvrđivanje utjecaja orografije i vertikalnih gradjenata. Takva mreža bila je npr. postavljena u Nacionalnome parku Plitvice.
- *mreža za određivanje kemijskog sastava* oborine, odnosno njezine kvalitete. Državni hidrometeorološki zavod obavlja ta mjerenja i neke analize za odabrane lokacije u Hrvatskoj.
- *mreža u malim hidrološkim bazenima* (2000 km^2) za mjerenje oborine koja se koristi u studijama vodne bilance.

d) *Daljinska mjerenja* pomoću radara i satelita predstavljaju noviju dopunu konvencionalnih metoda mjerenja oborine. Iako ne daju direktno mjerenje oborine i iako su njihovi podaci manje točni od mjerenja in situ u klasičnoj mreži, oni imaju prednost u prikazu prostorne raspodjele i trenutnome davanju tih podataka što je u hidrološkoj praksi primjenjivo npr. za najavu poplava.

f) *Drugi izvori podataka*, kao što su s jedne strane historijski i zamjenski podaci (dugogodišnja pojedinačna mjerenja, zapisi o jakim kišama, poplavama i sušama, analize ledene kore, godova i informacije o lošim usjevima), a s druge strane matematički modeli, koriste se za dopunu znanja o režimu oborine, kao npr. o klimatskim promjenama, ekstremnim događajima, kombiniranim parametrima, koji su rezultat djelovanja više meteoroloških veličina i sl.

3. Obrada podataka

Prije nego što se izmjereni klimatološki podaci pohrane ili koriste, prolaze proces kontrole koja se provodi u nekoliko koraka.

Prvo se pregledava dnevnik motrenja, dakle kontrola unutar postaje, provjeravajući granične vrijednosti pojedinih elemenata, veličinu promjene u odnosu na prethodnu vrijednost i sklad između elemenata.

U drugom koraku slijedi unos podataka na medij i niz kontrola pomoću računala: kontrola karaktera (nelogičnost znakova i brojki), kontrola potpunosti, logička kontrola za svaki element, odnos između pojedinih elemenata.

U trećem koraku provodi se prostorna kontrola mjesečnih vrijednosti vizuelno iz tabličnih prikaza radi traženja sistematske greške, a zatim strojno ispitivanje razlika u prostoru prema zadanim kriterijima. Za utvrđena odstupanja u mjesečnim vrijednostima provodi se grafička kontrola vrijednosti po danima za dotični mjesec za susjedne postaje.

Kontrola preciznosti dijagnostičkoga je karaktera, a ne ispravljačkoga, i služi kao osnova za upozorenja motriteljima o njihovoj sklonosti prema nekim subjektivnim ocjenama (npr. parni ili neparni brojevi, određeni smjerovi vjetra).

Svrha svih kontrola nije samo ispravljanje, nego i preventiva radi smanjenja broja pogrešaka motritelja.

Kontrola meteoroloških podataka koji se primaju s automatskih meteoroloških postaja u skladu je s kontrolama koje se provode u klasičnoj mreži postaja, a proširene su i usklađene s karakterom kraćih vremenskih intervala prijema podataka.

4. Pohranjivanje podataka

Klimatološki podaci pohranjeni su na magnetskim medijima i tiskani u klimatološkim izvještajima. Za oborinske podatke postoje posebni mjesečni pregledi oborine s dnevnim podacima i nekim osnovnim statistikama hidrometeora. Na osnovi posebnih zahtjeva korisnika digitaliziraju se pluviogrami i očitavanja količine oborine za kraće vremenske intervale od nekoliko minuta do nekoliko sati i pohranjuju na magnetne medije.

5. Analize osnovnih i izvedenih klimatoloških podataka

Primijenjena klimatologija na području iskorištavanja voda koristi osnovne mjerene i izvedene klimatološke veličine. Izračunavaju se njihove prostorne raspodjele, područni srednjaci, vjerojatnosti pojavljivanja ekstremnih događaja kratkih ili dugih trajanja, klimatske promjene.

Opće klimatske karakteristike nekoga područja prvenstveno su definirane općom cirkulacijom atmosfere, zemljopisnom širinom i njegovim položajem prema morima. Zbog izloženosti raznolikim lokalnim utjecajima, kao što su udaljenost od mora, nadmorska visina, tip tla i vegetacija, izloženost strujanjima, gradske i vodene površine, klimatološke veličine pokazuju veliku prostornu promjenljivost na području koje pokriva Hrvatska. Slika 1 pokazuje primjere prisutnosti različitih klima, ne samo na udaljenim lokacijama, već i na blizim, ali izloženim različitim lokalnim utjecajima (npr. Rijeka - Platak, razlika u nadmorskoj visini cca 1000 m, a zračna udaljenost cca 14 km). U danom prikazu klime su definirane odnosom srednjih mjesečnih temperatura zraka i količina oborine (Fosterov dijagram). Takvi prikazi koriste se pri ocjeni utjecanja voda, kao i u ocjeni poljoprivrednoga potencijala. Iz ovih odnosa može se uočiti karakter režima vlažnosti promatranoga područja u pojedinim mjesecima, odnosno godišnjim dobima.

5.1. Prostorne razdiobe

Za prikazivanje *prostornih razdioba* osnovnih ili izvedenih klimatoloških veličina koriste se mjerenja u točkama konvencionalne (osnovne) meteorološke mreže.

Prije nego što se pristupi izradi prostorne razdiobe *oborine* (karte izohijeta), provjerava se vremenska i prostorna reprezentativnost postaje koja odstupa od okolnih postaja, tj. ispituje se jednolikost načina mjerenja i obrade podataka u cijelom razdoblju mjerenja, te na svim postajama mreže. Smatra se da je potrebno poznavanje 30-godišnjih prosjeka količine oborine da bi se stekao uvid u prave klimatske oborinske karakteristike. Kraći nizovi mogu u izvjesnoj mjeri iskrivljavati pravu klimatsku sliku jer mogu obuhvatiti suše ili kišovitiye razdoblje od normalnih oborinskih prilika. Da bi se ocijenila veličina i predznak tog odstupanja, preporučuje se raditi komparativnu analizu oborinskih prilika kratkoga niza s onima iz 30-godišnjeg niza za barem jednu reprezentativnu postaju unutar svakoga klimatski koherentnoga područja.

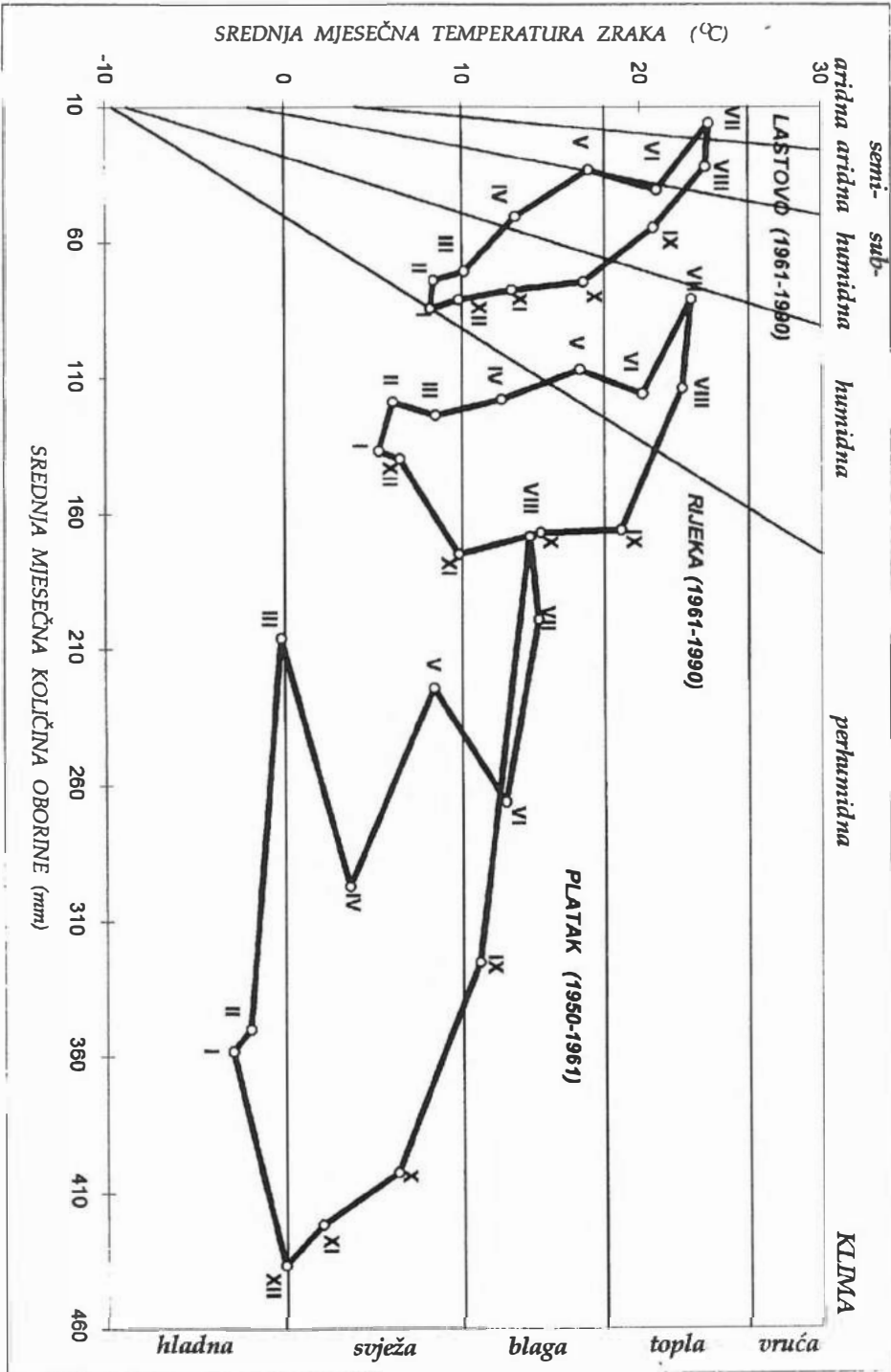
Izrada karata izohijeta zahtijeva utvrđivanje postojećih prirodnih zakonitosti promjene količine oborine s visinom, i definiranje klimatskih oborinskih zona unutar kojih vrijede isti vertikalni gradijenti oborine, izraženi određenom krivuljom.

Takvi su kartografski prikazi vrlo traženi. No, pri zadovoljavanju tih zahtjeva, često se susrećemo s problemom gustoće mreže i time realizacije prostornih analiza na kartama traženog mjerila i gustoće izolinija. Tako je npr. za potrebe elektroprivrednih organizacija za projekt katastra malih vodnih snaga u Hrvatskoj izrađena godišnja karta izohijeta za razdoblje 1969-1978. za pojedinačna slivna područja i za Hrvatsku u cjelini u mjerilu 1:500.000, što je najviše dopuštala postojeća mreža meteoroloških postaja, koje mjere oborinu na području cijele Hrvatske (Gajić-Čapka i dr., 1985). Međutim, hidrološke studije često zahtijevaju meteorološke podatke za manja područja ili pojedinačne bazene. Za detaljnije karte izohijeta potrebno je bolje poznavanje lokalnoga oborinskoga režima. Tako je za područje Gorskoga kotara i dijela Kvarnera napravljena godišnja karta izohijeta na karti mjerila 1:200.000, što je omogućila postojeća gušća mreža investitorskih kišomjernih postaja.

Uvođenje modernih instrumenata i opreme za postupke regionalizacije zahtijeva prenošenje subjektivnih metoda za određivanje prostornih vrijednosti iz točaka u objektivne računarske metode, koje opisuju fizikalne procese i njihove odnose. Ovi pristupi još su na početku, a najrazvijeniji su u Njemačkoj, Švicarskoj, Francuskoj i SAD-u.

Srednja *područna oborina*, koja se može odrediti na više načina (Srebrenović, 1986; Bonacci, 1994) izračunava se u hidrološkome dijelu službe za prosječne godišnje količine oborine u okviru proračuna površinskoga otjecanja na nekom slivu.

Uz oborinu, *sniježni pokrivač* ima također značajnu ulogu u vodoprivrednim aktivnostima, kao što su npr. obrana od poplava i procjena zaliha vlage u tlu. Mjeri se u osnovnoj mreži meteoroloških postaja. Gušća mreža mjerenja postoji u Gorskom kotaru, a trebalo bi je proširiti i na Liku. To su područja na sudaru klimatskih utjecaja s kontinenta i mora gdje se u različitim vremenskim situacijama mogu očekivati i vrlo raznolika svojstva sniježnoga pokrivača, pa je stoga i analiza njihove varijabilnosti vrlo značajna. Neki važni elementi koji karakteriziraju pojavu i hidrološke posljedice sniježnoga pokrivača mogu biti: datum prvoga i posljednjega dana sa snježnim pokrivačem, trajanje snježenoga pokrivača, visina novoga snijega, maksimalna visina sniježnoga pokrivača ili novoga snijega i datum njihova javljanja, te gustoća snijega. I dok se visina sniježnog pokrivača mjeri na svim postajama, podaci o njegovoj gustoći prikupljaju se samo s 19 postaja u Hrvatskoj. Treba napomenuti da sistematski kartografski prikazi navedenih parametara sniježnoga pokrivača za Hrvatsku nisu na-



Slika 1. Fosterovi dijagrami za različita klimatska područja.

Figure 1. Foster diagrams for different climatic regions.

pravljene za novije razdoblje, već postoje samo prikazi iz Atlasa klime SFRJ za razdoblje 1931-1960.

Pojava snijega česta je na područjima koja su udaljena i nisu pristupačna, te je organiziranje redovnih mjerenja sniježnoga pokrivača skupo. U tim slučajevima primjenjuju se daljinska mjerenja (meteorološki sateliti), i to operativno posebno u SAD-u i Norveškoj.

Osim analiza vezanih uz veliku prostornu promjenljivost, istraživanje sniježnoga pokrivača zavređuje posebnu pozornost i s obzirom na globalne klimatske promjene. Prostorna promjenljivost *temperature zraka* značajno je manja od promjenljivosti oborine i prvenstveno ovisi o nadmorskoj visini. Međutim, na mikroskali mogu se javiti veći gradijenti i razlike, ako je temperaturni režim lokalno uvjetovan prisutnošću izgrađenih gradskih površina, otvorenih vodenih površina, šuma, udolina ili prijevoja.

Prostorna promjenljivost *vlažnosti zraka* uglavnom ovisi o temperaturi zraka i prisutnosti vodenih površina.

Prostorna promjenljivost *zračenja i trajanja sijanja Sunca* ovisi o naoblaci, a ova o vlazi i mutnoći atmosfere.

Prostorna promjenljivost *vjetra* pri tlu bitno ovisi o orografiji. U načelu, snaga vjetra raste s visinom i veća je na otvorenim vodenim površinama nego nad kopnom. Na smjer i brzinu vjetra primarno utječe lokalna orografija.

Srednja *evapotranspiracija* za područje od posebnoga je interesa za utvrđivanje vodne ravnoteže ili detaljnih modela za sliv. Može se ocijeniti ili iz proračuna klimatoloških varijabli za područje i karakteristika područja, ili iz proračuna evapotranspiracije u točkama ili za manja područja prema odgovarajućim klimatološkim podacima. Mogućnost primjene daljinskih mjerenja za procjenu evapotranspiracije za područje tekući je zadatak istraživanja u svijetu.

5.2. Statistička obrada podataka oborine

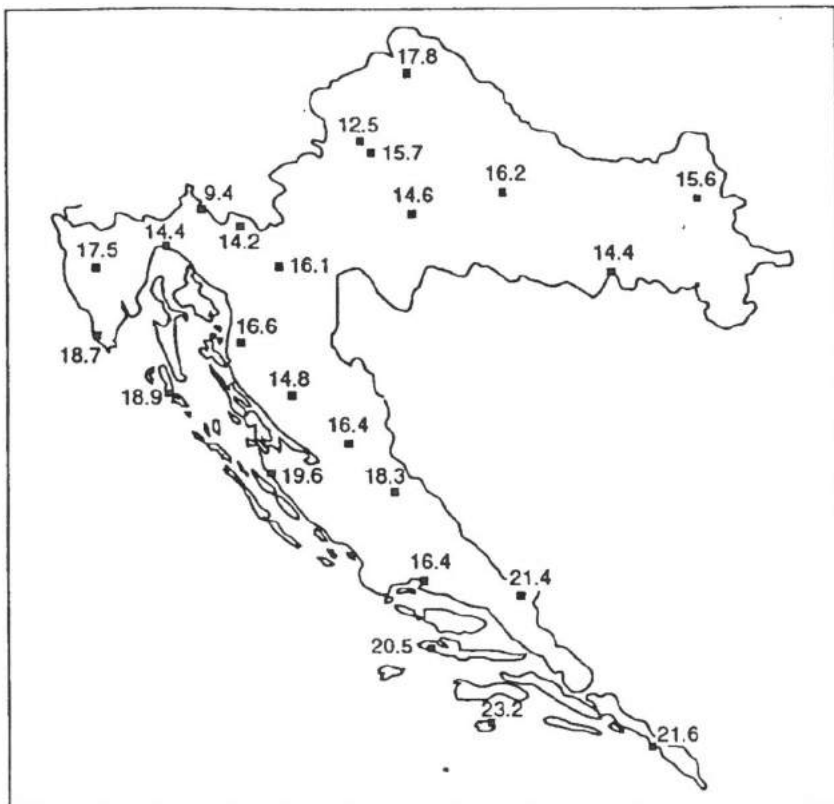
Vremenska promjenljivost oborine vrlo je različita u raznim krajevima Hrvatske (sl. 2). Obično se izmjenjuju oborinska razdoblja različitih količina, intenziteta i trajanja. Stalna promjena intenziteta javlja se i tijekom jedne oborinske epizode ili perioda.

Vremenska promjenljivost oborine može se prikazati na različitim vremenskim skalama s različitim intervalima sumiranja količina oborine (npr. dnevni, mjesečni ili godišnji srednjaci). Ona je od godine do godine to manja što se radi o količinama za dulji interval (mjesec, godinu). Količine oborine u pojedinim mjesecima određuju srednje godišnje promjene. Od mjeseca do mjeseca promjene mogu biti značajne. *Mjesečne i godišnje količine oborine* izračunavaju se redovito, a na poseban zahtjev određuju se i količine oborine za hidrološku godinu i polugodišta (zimsko i ljetno), ili npr. odnos između ljetne i zimske količine oborine.

Osnova za detaljne analize podataka koji se mjere u redovnoj mreži postaja *dnevne su količine oborine*. One se mjere u 7 sati ujutro po lokalnome vremenu i odnose se na prethodna 24 sata. Njihove statističke obrade s obzirom na maksimalne količine i količine po određenim klasama, koje su korisne u studijama o poplavama i malim vodama, mogu biti:

- maksimalne dnevne količine po mjesecima
- maksimalne 2- ili 3- dnevne količine oborine po mjesecima
- broj dana s količinom oborine 1.0 mm i 10.0 mm

Podaci o dnevnim količinama ne daju informaciju o tome kada, koliko dugo, s kakvim intenzitetom i kakvim tijekom je oborina padala. Tu dodatnu informaciju hidrolozi



Slika 2. Koeficijenti varijacije godišnjih količina oborine

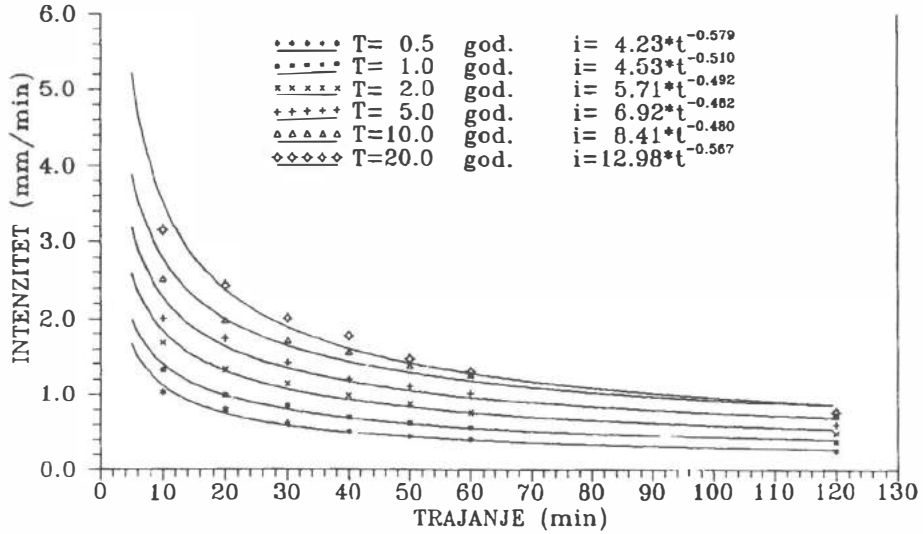
Figure 2. Coefficients of variation of annual precipitation amounts

moгу dobiti iz *registracija oborine* (pluviograma) i to za intervale od nekoliko minuta do nekoliko sati.

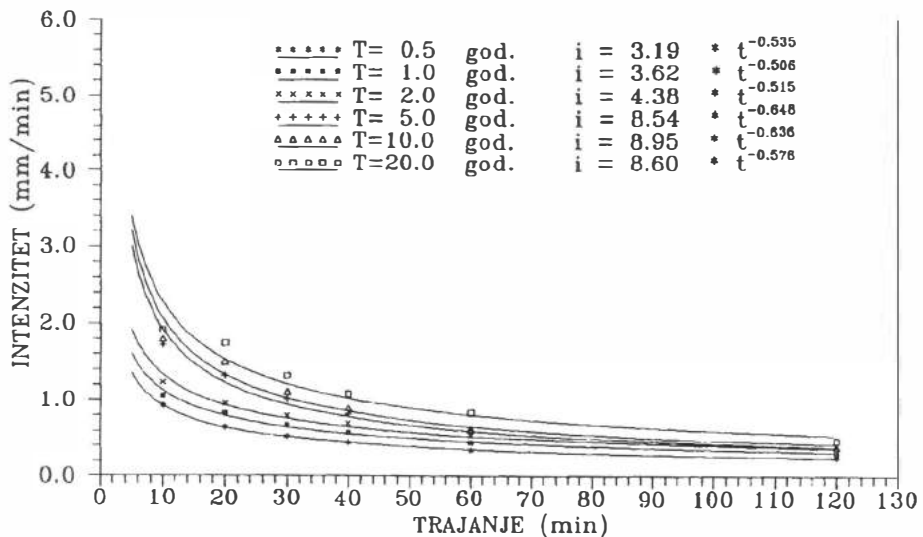
Statistička obrada *jakih oborina* kao ekstremnoga događaja nužna je u cijelom nizu podloga za projektiranje novih ili rekonstrukciju postojećih objekata, kao što su npr. dimenzioniranje objekata odvodnje u gradovima, na prometnicama ili poljoprivrednim površinama, konstrukcija retencija na malim ili velikim slivovima radi ublažavanja (smanjenja) vodnih poplavnih valova. Jake oborine oborinske su epizode ili periodi jakoga intenziteta u odnosu na trajanje, koje se redovito događaju rijetko, tj. najviše jednom ili dva puta godišnje. One mogu biti kratkotrajne (pljusкови kiše) s velikim i vrlo promjenljivim intenzitetom i ograničenom oborinskom zonom, ali isto tako dugotrajne s malim i malo promjenljivim intenzitetom i širokom oborinskim zonom. Mehanizmi njihova stvaranja bitno se razlikuju.

Statistička ocjena ekstremnih oborina može se provesti prilagodavanjem teorijskih razdioba *godišnjim ekstremnim vrijednostima* količina oborine različitih trajanja radi procjena maksimalnih količina koje se mogu očekivati za različite povratne periode. Primjenjuje se više funkcija razdiobe: Galton, Pearson, Log-Pearson, Jenkinson, Gumbel, kao jedno rješenje Jenkinsona, a koje je npr. Svjetska meteorološka organizacija preporučila 1981. godine (Sevruc i Geiger, 1981).

Drugi je pristup pomoću *nizova prekoračenja*, tj. količina oborine koje su u određenom intervalu vremena (npr. od 5 minuta do 24 sata) premašile zadani prag. Određuju se količine (intenziteti) oborine za tražene povratne periode iz empiričkih razdioba učestalosti količina (intenziteta) oborine za svako trajanje posebice. Tim podacima pridružuju se teorijske krivulje, tj. funkcionalna veza između količina (intenziteta) oborine i njezina trajanja za pojedine povratne periode (HTP, odnosno ITP krivulje). Na sl. 3. prikazane su ITP krivulje za dvije lokacije u različitim klimatskim zonama Hrvatske.



Gospić, 1971 - 1990.



Slika 3. ITP - krivulje
Figure 3. ITP - curves

Za proračune procjene ekstrema potrebno je raspolagati s dugogodišnjim nizovima podataka. Ako su navedene statističke obrade jakih oborina provedene prema 30-godišnjim nizovima podataka, dopuštaju procjene o očekivanim maksimalnim oborinama s povratnim periodom najviše 100 godina. Međutim, ispitivanje *duljine normalnoga niza* na podacima maksimalne količine oborine kratkoga trajanja (od 10 minuta do 24 sata) na najduljem raspoloživ nizu takvih podataka u Hrvatskoj (Zagreb - Grič od 1908. godine) pokazala su, da za dobivanje što stabilnijih rezultata procjena u klimatskom smislu, treba raspolagati sa što duljim nizovima podataka, 50-60 godina (Gajić-Čapka, 1990). Zasad u Hrvatskoj ne raspoložemo s tako dugačkim nizovima za veći broj lokacija. U okviru znanstvenog projekta "Meteorološke i hidrološke elementarne nepogode" provodi se ispitivanje karakteristika parametara razdiobe maksimalnih dnevnih količina oborine za područje Hrvatske na osnovi 40-godišnjih nizova. Ovi bi rezultati trebali dati regionalne modele i naći svoju neposrednu primjenu u praksi.

U hidrološkoj praksi *područne oborine od jakih oborina* od bitnoga su značaja. Međutim, uvjeti pod kojima je potrebno izvesti takve vrijednosti su složeni i uključuju uvažavanje ekstremnih vrijednosti, dostupnih klimatskih analiza i ovisnost o topografiji. Pritom, ograničenja su prostorna homogenost ili kvazihomogenost oborinskih polja za vrijeme pljuskova kiše ili trajnih oborina. U usporedbi s ekstremnom oborinom u točki, područni srednjak opada s povećanjem područja. Ovo djelovanje uvažava se u krivuljama redukcije, koje daju odnos između količine i područja za pojedina trajanja (Liebscher, 1993).

Za objekte obrane od poplava, kad se zahtijeva veća sigurnost, preporuča se korištenje *vjerojatno maksimalne oborine* (PMP-probable maximum precipitation), koja se može odrediti pomoću statističkih i fizikalnih metoda uzimajući u obzir orografiju. Prema WMO (1986) definira se "kao najveća meteorološki moguća količina oborine za dano trajanje, za danu veličinu područja nevremena na određenoj lokaciji i u određeno doba godine, ne uzimajući u obzir dugoročne klimatske trendove". Dakle, takve studije moraju razmatrati sinoptičke i orografske granične uvjete uz uvažavanje lokalne klime. Praktična primjenjivost navedene definicije traži optimizaciju različitih zahtjeva, kao što su prilagođavanje građevinskih radova, uvažavanje nužne sigurnosti i troškova gradnje te stavljanja objekta u pogon. To se može postići samo uskom suradnjom meteorologa, hidrologa i graditelja.

5.3. Varijabilnost klime i utjecaj na vodno gospodarstvo

Tijekom prošlosti klima se mijenjala, i pojavljivala su se toplija i hladnija razdoblja. Varijabilnost se klime u vremenu utvrđuje iz podataka mjerenja, koja za neka mjesta postoje još od XVII. stoljeća, ili na skali koja seže u daleku prošlost od tisuće godina prema karakteristikama godova, kore ledenjaka, varijacija sunčeve energije i zemljine orbite. Npr. na vremenskoj skali posljednjih 100 godina kod vremenskih nizova godišnjih količina oborine u nizu evropskih zemalja prisutni su 10-12-godišnji i 20-22-godišnji periodi koji se vjerojatno mogu povezati s 11-godišnjim ili dvostrukim sunčevim ciklusom. U vremenskim oborinskim nizovima u Hrvatskoj, kao i u Španjolskoj i Grčkoj, 11-godišnji period nije utvrđen kao signifikantan (Gajić-Čapka, 1994).

Efekt staklenika uzrokuje varijacije klime na Zemlji, koje ovise o promjeni koncentracije plinova staklenika. S razvojem industrijske civilizacije pojavio se antropogeni porast plinova staklenika zbog emisije pri sagorijevanju fosilnih goriva, uništavanja šuma, isušivanje velikih vodenih površina itd., što izgleda uzrokuje klimatske promjene, koje će biti brže i veće od bilo kojeg prijelaza, koji se dešavao u prošlosti Zemlje.

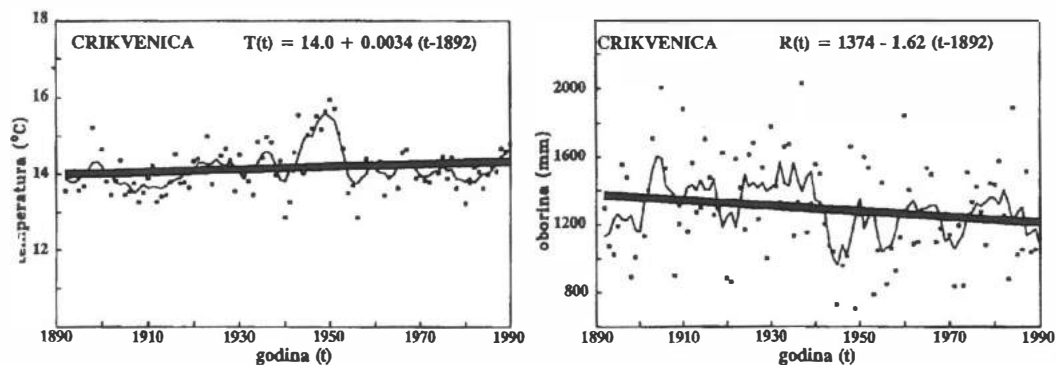
Prema meteorološkim podacima širom svijeta, utvrđen je porast temperature zraka od 0.5°C u proteklih 100 godina, što još nije dovoljno veliko da se može odvojiti od prirodne varijabilnosti kao rezultirajući signal antropogenoga efekta staklenika. Klimatske promjene istražuju se pomoću numeričkih modela atmosfere i oceana uz pretpostavke raznovrsnih scenarija npr. emisije plinova. Prema nekim modelima može se očekivati porast temperature zraka na Zemlji od 0.2°C do 0.5°C u dekadi uz dvostruko povećanje emisije CO_2 . Analiza trenda temperature zraka u proteklih 100 godina na istočnoj obali Jadrana prema podacima Crikvenice pokazala je blagi porast srednje godišnje temperature (0.34°C u 100 godina). Zatopljenje je najvidljivije u jesen (0.70°C u 100 godina) i zimi (0.63°C u 100 godina) i manje izraženo ljeti (0.25°C u 100 godina). Istodobno proljetne temperature pokazuju pad (-0.21°C u 100 godina) (Pandžić i dr., 1993). Ilustracija sekularnog trenda srednje godišnje temperature zraka data je na slici 4.

Globalni modeli daju i opće izgleda promjena parametara hidrološkoga ciklusa, kao što su oborina, vlaga tla i otjecanje. Ti izgledi nisu jednaki svugdje na Zemlji i mijenjaju se po godišnjim dobima i pojedinim područjima Zemlje. Stoga se razvijaju regionalni modeli modifikacijom globalnih modela, i uvažavajući njihove rezultate, tako da se mogu detaljnije istraživati karakteristike klimatskih promjena za manja područja. Istraživanje trenda godišnjih količina oborine za raspoložive sekularne nizove podataka u Hrvatskoj (Osijek, Zagreb-Grič i Crikvenica) pokazalo je pad oborine za sve lokacije, ali statistički signifikantan samo na istočnoj kontinentalnoj postaji. Ta činjenica mogla bi biti od posebne važnosti za aktivnosti u vodnom gospodarstvu i poljodjelstvu istočne Slavonije. Opadajući trend godišnjih količina u Hrvatskoj pridružuje se općemu opadajućem trendu u jugoistočnoj Europi i središnjem dijelu Srednje Europe. Prema jednadžbama trenda za proteklih 100 godina procijenjen je pad od 0.23 mm po godini za Zagreb-Grič, 0.99 mm po godini za Osijek i 1.78 mm po godini za Crikvenicu, što izraženo u odnosu na višegodišnji srednjak za svaku postaju iznosi 0.026% za Zagreb-Grič, 0.144% za Osijek i 0.138% za Crikvenicu. Analiza sezonskih količina za Zagreb i Crikvenicu ukazuju da opadanje kod količina oborine hladnog polugodišta (Zagreb) te jesenjih i ljetnih (Crikvenica) uglavnom doprinose padu godišnjih količina (Gajić-Čapka, 1992, 1993; Pandžić i dr., 1993).

Očekivane promjene ne samo prosječnih, već i ekstremnih temperatura, ne samo godišnjih ili sezonskih količina oborine, već i učestalosti kratkotrajnih jakih oborina te trajanja sušnih i kišnih perioda, također će imati utjecaja i na pojedinačne komponente hidrološkog ciklusa, a time i na režim riječnih tokova. Može se očekivati da će porast srednje godišnje temperature izazvati povećanje evapotranspiracije, te uz smanjenje ljetnih oborina, pojačano isušivanje tla i smanjenje podzemnih zaliha vode ljeti, kao i produljavanje razdoblja s niskim vodostajima na rijekama krajem ljeta i početkom jeseni. Nadalje, pomicanje granice snijega i leda u visokim planinskim krajevima smanjilo bi područja sa zalihama vode u obliku snijega u ljetnim mjesecima. Veći dio pale oborine otjecao bi odmah ili nakon kratkog zadržavanja u obliku snijega. Time bi bilo povećano otjecanje u zimskim mjesecima i taj bi dio nedostajao ljeti.

Zatopljenje atmosfere zbog efekta staklenika dovelo bi i do povećanja temperature vode i tla, i time do promjene kemijskih i bioloških stanja vode, odnosno njezine kvalitete.

Djelovanje očekivanih klimatskih promjena na režim vodnih tokova povećat će probleme i zahtijevati brojne akcije u mnogim granama vodnoga gospodarstva, ako ne bude moguće obuzdati porast temperature zraka smanjenjem proizvodnje energije iz



Slika 4. Trendovi srednjih godišnjih temperatura zraka (lijevo) i srednjih godišnjih količina oborine (desno)

Figure 4. Trends of mean annual temperatures (left) and mean annual precipitation amounts (right)

fosilnih izvora, što u velikoj mjeri ovisi o političkim odlukama. U vodoopskrbi mogli bi se očekivati povećani zahtjevi za vodom u ljetnim mjesecima u poljodjelstvu, industriji i kućanstvima. Proizvodnja energije u hidroelektranama bila bi manja ljeti zbog nižega vodostaja. Kod termoelektrana javio bi se problem hlađenja zbog smanjenja vodotoka i porasta temperature vode zbog čega je smanjen gradijent izmjene topline. Niži vodostaji ljeti uzrokovali bi smanjenje dubine korita i ometanje plovidbe, a češće poplave duže zastoje u plovidbi. Učestalije i jače poplave bile bi veća opasnost za stanovništvo i imovinu i trebali bi se razviti dodatni projekti zaštite od poplava. Zbog porasta razine mora može se očekivati dublje prodiranje morske vode u riječna ušća, pomicanje granice slatke i slane vode u unutrašnjost, te potreba zaštite obale i modifikacija lučke infrastrukture. U krajevima gdje bi se pojačale konvektivne, jake oborine sistemi odvodnje u gradovima i na poljoprivrednim površinama ne bi mogli propuštati te količine vode i moglo bi doći do poplavljanja i erozije tla.

Gore navedena djelovanja očekivanih promjena klime dosad su ispitivana u nizu radova navedenih u popisu literature u publikaciji Liebschera (1993).

Osim navedenih aktivnosti koje dovode do povećanja efekta staklenika i time do klimatskih promjena makro razmjera, čovjek može djelovati i nekim svojim drugim aktivnostima na promjene klime mezo- i mikro-skale, npr. urbanizacijom, izgradnjom umjetnih vodenih površina, sadnjom vegetacije, modifikacijom oborine ili obranom od tuče.

6. Zaključak

Zbog složenosti djelovanja meteoroloških čimbenika na vodno gospodarstvo potrebno je nastaviti, ali i dalje poticati i zacrtavati nova primijenjena klimatološka istraživanja u uskoj suradnji meteorologa, hidrologa i graditelja.

Literatura

- Bonacci, O.: Oborine glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus, Geing, Split, str. 341, 1994.
- Gajić-Čapka, M., Pleško, N., Zaninović, K.: Precipitation climate zones according to vertical gradients in Croatia, Yugoslavia. XII Internacional Conference on Carpathian Meteorology, Beograd, 30.9.-4.10.1985. Zbornik meteoroloških i hidroloških radova 2, SHMZ, Beograd, 91-93, 1985.
- Gajić-Čapka, M.: Maximum Precipitation for Different Short-Term Intervals. Theor. Appl. Climatol. 41, 33-39, 1990.
- Gajić-Čapka, M.: Stationarity, trend and periodicity of precipitation at Zagreb-Grič observatory from 1862 to 1990. Hrv. meteor. čas., Vol. 27, 1-10, 1992.
- Gajić-Čapka, M.: Fluctuations and Trends of Annual Precipitation in Different Climate Regions of Croatia, Theor. Appl. Climatol., Vol. 47, 215-221, 1993.
- Gajić-Čapka, M.: Periodicity of Annual Precipitation in Different Climate Regions of Croatia, Theor. Appl. Climatol., Vol. 49, 213-216, 1994.
- Katušin, Z.: Meteorological station network in Croatia and wars, Hrv. meteor. čas., Vol. 29, 47 - 56.
- Liebscher, H.: Climatological data and climate information for water resources projects, Technical reports in hydrology and water resources, No. 39, WMO/TD - No. 585, Geneva, pp 121, 1993.
- Pandžić, K., Juras, V., Gajić-Čapka, M., Sijerković, M., Zaninović, K.: Climatic Conditions on the Islands of Cres and Lošinj within the Global Climate Change, Hrv. meteor. čas., Vol. 28, 43-58, 1993.
- Sevruk, B., Geiger, H.: Selection of distribution types for extremes of precipitation, Operational Hydrology, No. 15, WMO - No. 560, Geneva, pp. 64, 1981.
- Srebrenović, D.: Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb, str. 509, 1986.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Marina Mileta

R 3-02

Oborina od magle na Velebitu

SAŽETAK: U radu su uspoređeni podaci o količini oborine izmjerene standardnim Hellmannovim kišomjerom i kišomjerom s mrežicom s glavne meteorološke postaje Zavižan (1594 m) na Velebitu, za 30-godišnje razdoblje (1962-1991). Kišomjer s mrežicom koji mjeri i oborinu od magle prosječno godišnje sakupi 106% više oborine nego standardni kišomjer. Maksimalni su mjesečni iznosi u studenom. Analizirana je ovisnost količine oborine od magle sa brojem dana s maglom, te režim strujanja za studeni 1964-1991 za dane s maglom i u dane bez magle. Ista mjerenja u kontinentalnome dijelu Hrvatske i na nižim nadmorskim visinama pokazuju mnogo niže vrijednosti. Tako na Sljemenu (988 m) kišomjer je s mrežicom izmjerio 12% više oborine nego standardni kišomjer (za razdoblje 1955-1971), dok u Opekama (96 m) kod Lipovljana kišomjer s mrežicom ima deficit od 5% (za razdoblje 1970-1981).

KLJUČNE RIJEČI: Zavižan, oborina od magle, kišomjer s mrežicom

Fog Precipitations on the Velebit Mountain

ABSTRACT: *The paper compares data on precipitation amounts gaged by the standard Hellmann' raingage and the fog collector measured at the main weather station at Zavižan (1594 m a.s.l.), on the Mt. Velebit, for the 30-year period (1962-1991). The fog collector, which also measures the fog precipitation, collects in average by 106% more precipitation per year than a standard raingage. Maximum monthly values are for November. The dependance of the fog precipitation amounts on a number of foggy days is analyzed, as well as the air flow regime for the period November 1964-1991 for the foggy and fogless days. The same measurements in the continental regions of Croatia and at lower elevations above sea level have given considerably lower values. So, on Mt. Sljeme (988 m a.s.l.) the fog collector measured by 12% more precipitations than the standard raingage (for the period 1955-1971), while in Opeke (96 m a.s.l.) near Lipovljani the fog collector has a deficit of 5% (for the period (1970-1981).*

KEY WORDS: Zavižan, fog precipitations, fog collector

Uvod

Ideja i način mjerenja oborina od magle potekle su od Japanca Tabata (1953) koji je predložio specijalni kišomjer za tu svrhu želeći ispitati oborinu od magle na obali Hokkaido, Japan. Johanes Grunow prilagodio je instrument planinskim uvjetima i postavio ga na opservatoriju Hohenpeissenberg (975 m) u Bavarskoj, Njemačka.

U Hrvatskoj su mjerenja započela na inicijativu i pod vodstvom profesora Kirigina godine 1954. po metodi Grunowa i to na Zavižanu i na Sljemenu. On je obradio i prvi 11-godišnji niz mjerenja. Dobio je na Zavižanu 149% više oborine u kišomjeru s mrežicom nego standardnim Hellmanovim kišomjerom, a na Sljemenu je ta razlika iznosila 13%. Taj manjak nagomilavanja oborina od magle na Sljemenu objasnio je većom udaljenosti Sljemena od obale, manjom nadmorskom visinom, i izoliranim položajem planine Medvednice. Broj se postavljenih kišomjera proširivao, ali su ostala mjerenja mnogo kraća, često i nepotpuna (Sveti Jure Biokovo, vrh Učke, Skrad i druge) osim na Zavižanu gdje su mjerenja neprekinuta do danas. Ipak ta mjerenja ukazuju da postoje područja i u našoj zemlji gdje stvarna količina oborine znatno premašuje količinu izmjerenu standardnim kišomjerom. Poznavanje iznosa količine oborine od magle može biti interesantno za mnoge djelatnosti: od građevinarstva (gdje materijal mijenja svojstva uslijed vlage), šumarstva, prometa, vodoprivrede, elektroprivrede i druge.

Općenito o mjerenju oborine

Količina oborine mjeri se standardnim Hellmannovim kišomjerom površine otvora 200 cm^2 . Izmjerena količina oborine ne odgovara uvijek stvarnoj količini koja padne na vodoravnu površinu iste veličine. Naime, kod mjerenja Hellmannovim kišomjerom pretpostavlja se da oborina pada okomito na otvor kišomjera, ali vjetar ima veliki utjecaj na putanju oborine, pogotovo kod sitnih kapi rosulje ili pahuljica snijega.

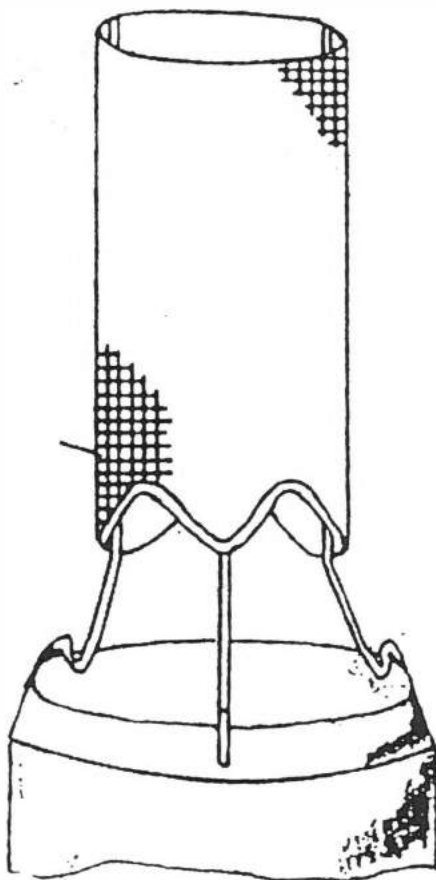
Kod tihog vremena i kod nagiba 45° primit će površina samo 70% od iste horizontalne površine. Problem mjerenja oborine sve je izraženiji porastom nadmorske visine zbog jakoga vjetra i vijavica. Tim problemom bavi se Svjetska meteorološka organizacija, a brojni su autori tome posvetili pažnju (Loewe 1960, Kirigin 1972, Sevruc 1986, Milković 1989). Rezultati radova J. Milković pokazuju da standardni kišomjer tipa Hellmann (na Pargu) pokazuje deficit od 6-17,9% u odnosu na kišomjer koji služi kao etalon, a propisala ga je Svjetska meteorološka organizacija.

Način mjerenja oborine od magle

Mjerenje oborina od magle vrši se Grunowim kišomjerom. Grunow kišomjer ili Grunow lovac magle ili kolektor magle u nas nosi naziv kišomjer s mrežicom radi svoje konstrukcije. Radi se o običnom kišomjeru koji ima dodatak od žičane mrežice. Ta žičana mrežica ima oblik cilindra površine 200 cm^2 (20 cm visine dijametra 10 cm) koja je jednaka površini otvora standardnoga Hellmanovog kišomjera. Slika 1 prikazuje kišomjer sa mrežicom. Količina oborine od magle razlika je u količini oborine izmjerene kišomjerom s mrežicom i standardnoga Hellmannovog kišomjera. Ta se mjerenja vrše svakodnevno. Grunow je (1960) proučavajući čimbenike koji doprinose depozitu oborine od magle na mrežici primjenio relaciju Albrechta za iznos količine oborine M

$$M = F v W t C \quad (1)$$

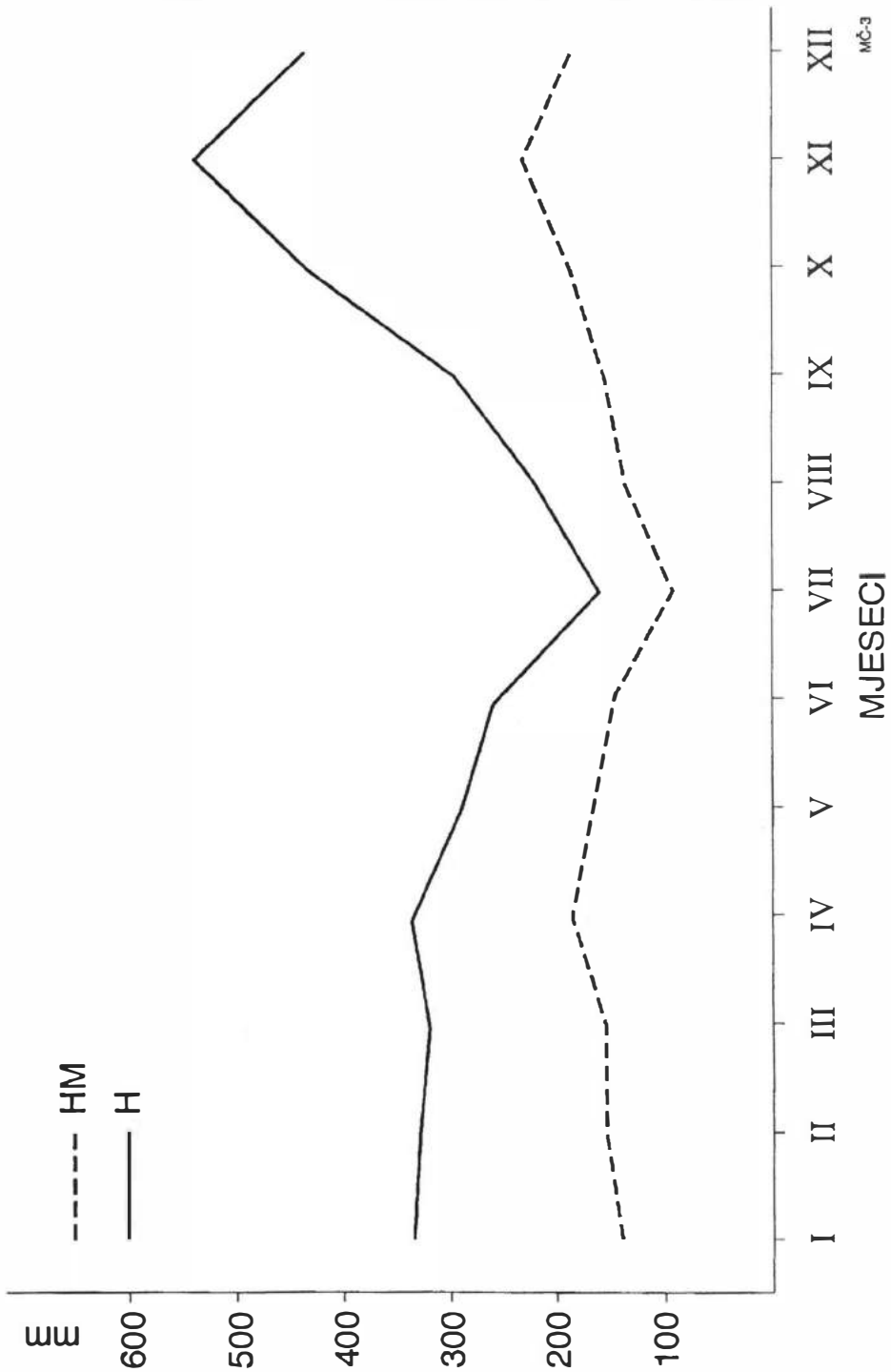
Faktor F ovisi o dimenziji rupica na mrežici, dok je v brzina vjetra, W je količina sadržaja vode u magli, t vrijeme izloženosti magli, dok faktor C ovisi o radijusu rešetke, radijusu kapljica magle i brzini vjetra. Osim navedenoga, našao je da količina oborina od magle ovisi o lokaciji kišomjera (što podrazumijeva nadmorsku visinu i udaljenost od mora), izloženost i vjetru, strujama te o sinoptičkoj situaciji.



Slika 1. Kišomjer s mrežicom
Figure 1 Fog collector

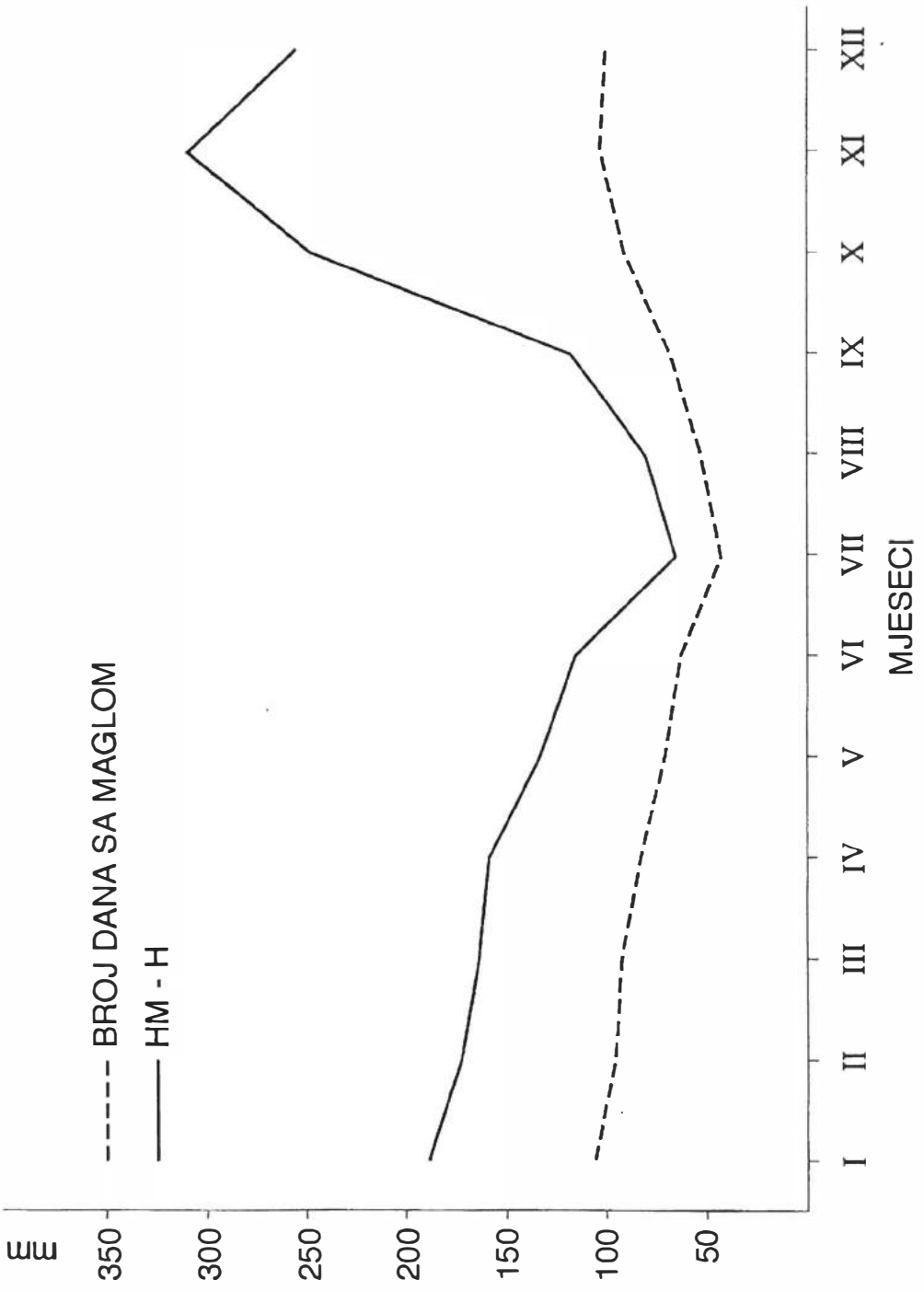
Rezultati mjerenja na Zavižanu

Obradeni su 30-godišnji podaci paralelnoga mjerenja oborine kišomjernom mrežicom i standardnoga kišomjera tipa Hellmann na glavnoj meteorološkoj postaji Zavižan (1594 m). Postaje je okružena vrhuncima koji nadvisuju postaju u smjeru jugoistoka do jugozapada. Smjerovi od jugozapada do sjeveroistoka potpuno su otvoreni prema moru. Smještaj postaje je na jugozapadnoj padini ispod vrha Vučjak. Slika 2 prikazuje srednje mjesečne vrijednosti za dva promatrana kišomjera. Vidimo da se njihovi iznosi znatno razlikuju. Srednja godišnja količina oborine izmjerena standardnim kišomjerom (H) iznosi 1919 mm, a kišomjera s mrežicom (HM) 3960 mm. Godišnji je hod sličan. Oba imaju maksimalne iznose kao i maksimalne međusobne razlike u studenome, a minimalne u srpnju. Slika 3 prikazuje ovisnost količine oborine od magle o broju dana s maglom. Izračunata vrijednost korelacije između tih dviju veličina iznosi 0,578. Srednja mjesečna količina oborine izmjerena kišomjerom s mrežicom u studenome iznosi 541 mm. Apsolutni mjesečni maksimum za studeni bio je 1965. godine. Tada je kišomjer s mrežicom izmjerio 1294,6 mm, a Hellmannov



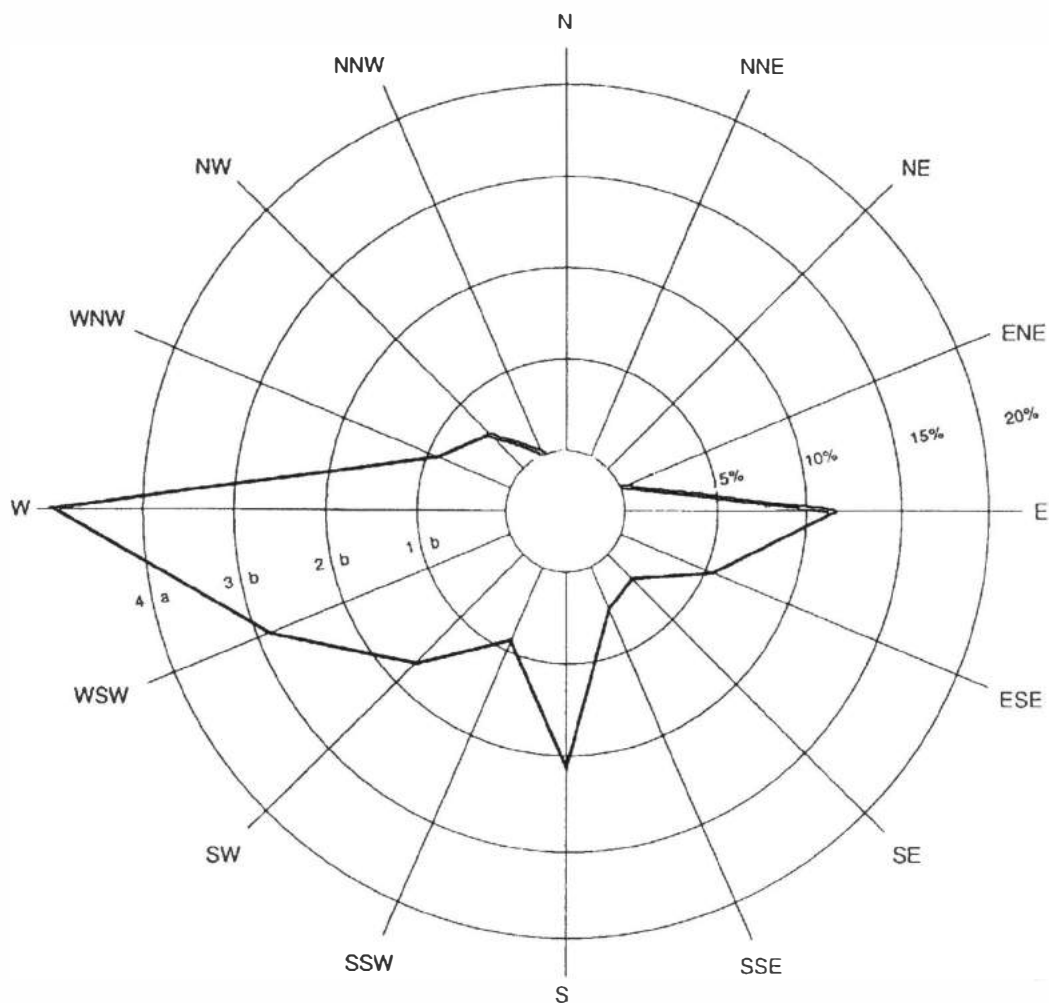
Slika 2. Srednje mjesečne količine oborine izmjerene kišomjerom s mrežicom HM) i Hellmannovim kišomjerom (H)

Figure 2 Mean monthly precipitation amounts measured with fog collector (HM) and normal Hellmann rain gauge (H)



Slika 3. Srednje mjesečne količine oborine od magle (HM-N) i srednji mjesečni broj dana s maglom
Figure 3. Mean monthly fog precipitation amounts (HM-H) and Mean monthly days with fog

431,3 mm. Mjesečna vrijednost oborina od magle iznosila je 863,3 mm. Toga studenoga bilo je 26 dana sa maglom, u 10 dana je zabilježena kiša, a u 12 dana snijeg. Dnevna maksimalna razlika u količini oborine između promatranih kišomjera iznosila je 98 mm, a tog dana je osim magle bio zabilježen snijeg, kiša i smrznuta kiša. Izračunate čestine smjerova vjetra (slika 4) pokazuju da je navedenoga mjeseca najčešće puhao vjetar iz zapadnoga smjera (30%). Na Zavižanu nema stalnoga zapisa vjetra, pa je ruža vjetra dobivena iz podataka opažanja u terminima motrenja (7, 14, 21 sat). U tablici 1 dana je raspodjela smjera vjetra u dane s maglom i dane bez magle (srednja vrijednost za studeni 1964-1991). U dane s maglom ima više istočnoga i zapadnoga vjetra, manje južnog i manje tišina. Razlog je tome i pružanje Velebita okomito na smjer E-W.



Slika 4. Raspodjela smjera vjetra za studeni 1965.

Figure 4. Distribution of wind direction for November 1965

Tablica 1. Raspodjela smjerova vjetra za studeni 1964-1991. u dane s maglom i dane bez magle**Table 1.** Direction of wind direction for Novembers (1965-1991) for days with fog and days without fog

SMJER	SREDNJA ČESTINA U %	
	U DANE S MAGLOM	U DANE BEZ MAGLE
N	0	0.4
NNE	0	0
NE	0	0
ENE	0	0
E	37.3	30.0
ESE	5.8	4.3
SE	5.4	6.0
SSE	1.6	2.8
S	3.4	7.6
SSW	2.2	2.0
SW	9.0	7.1
WSW	6.1	3.2
W	24.1	18.5
WNW	2.1	2.8
NW	1.3	7.0
NNW	0	0.4
C	1.0	6.7

Količina oborine od magle na ostalim postajama

U tablici 2. prikazani su depoziti oborine od magle u odnosu na Hellmannov kišomjer na postajama gdje su se obavljala mjerenja kišomjerom s mrežicom. Radi se često o nepotpunim podacima s kraćim razdobljem mjerenja, ali je očita ovisnost depozita oborina od magle o nadmorskoj visini.

Tablica 2. Popis postaja na kojima su se vršila mjerenja kišomjerom s mrežicom**Table 2.** Stations with fog collector

POSTAJA	Nadmorska visina	Razdoblje mjerenja	Depozit od magle u odnosu na Hellmannov kišomjer
1. Sveti Jure Biokovo	(1762 m)	1969-1979	260%
2. Vrh Učke	(1372 m)	1969-1971	80%
3. Sljeme	(999 m)	1965-1971	12%
4. Skrad	(675 m)	1963-1967	4%
5. Opeke	(96 M)	1970-1981	-5%

Zaključak

Analiza podataka količine oborine izmjerene kišomjerom s mrežicom na Zavižanu za razdoblje 1962-1991. pokazuje da u prosjeku taj kišomjer izmjeri godišnje oko 2040 mm više oborine nego standardni kišomjer. Mjesečna maksimalna razlika u količini oborine između kišomjera s mrežicom i standardnoga kišomjera (oborina od magle) iznosila je 863 mm, a prisjetimo se da je godišnja količina oborine za Zagreb 883 mm. Mjerenja, doduše kratka, i s prekidima na Sv. Juri Biokovo ukazuju na još veće vrijednosti. Podaci o količini oborine od magle mogli bi pomoći za bolje poznavanje vodenoga potencijala na našim planinskim područjima.

Literatura

- Grunow, J. 1960. The Productiveness of fog Precipitation in Relation to the Cloud droplet Spectrum, Monograph No 5, American Geophysical Union.
- Kirigin, B. 1972. A Contribution to the Problem of Precipitation Measurements in Mountainous Areas, Distributio of Precipitation in Mountainous Areas, Geilo Simposi WMO No. 326. Vol, 1-12.
- Loewe, F. Fog Precipitation, Seminar on Rain, Paper No. 2 Sydney 1960.
- Milković, J. 1989. Preliminarni rezultati međunarodne usporedbe mjerenja krutih oborina, Rasprave 24, Zagreb, str. 87-94.
- Milković, J. 1989. Preliminary Results of the International Comparison of Solit Precipitation Measurements, Rasprave 24, Zagreb, Vol. 87-94.
- Sevruck, B. 1986. Correction Precipitation Measurements Swiss Experience. International Workshop on the of Precipitation Measurements, Zurcher Geographische Schriften No. 23, 187-196.



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Josip Juras, Vjera Juras i Ksenija Zaninović

R 3-03

Praćenje anomalija količina oborina

SAŽETAK: Bioekološki sustav vrlo je osjetljiv na međugodišnje promjene količina oborina. Zbog toga je potrebno da se veća odstupanja od prosječnih količina uoče i pravilno ocjene i prije nego što njihove posljedice postanu očite.

U ovom radu razmatraju se metode monitoringa anomalija količina oborina za različite vremenske intervale: od jednoga mjeseca pa do više uzastopnih mjeseci. Kao primjer za ilustraciju analizirani su podaci o mjesečnim, sezonskim i godišnjim količinama oborina u Zagrebu.

Kao pogodna zajednička veličina za ocjenu intenziteta anomalija količina oborina unutar različitih vremenskih intervala akumulacije može poslužiti percentil ili povratni period određen pomoću teorijskih razdioba čestina. Minimalna količina obavijesti, potrebna za ocjenu anomalija količina oborina srednje su vrijednosti i pripadni koeficijenti varijacije kao mjere njihove prirodne međugodišnje promjenljivosti.

KLJUČNE RIJEČI: promjenljivost oborine, praćenje anomalija količina oborina, sezonske količine oborina, analiza oborinskih podataka

Monitoring of Precipitation Amounts Anomalies

ABSTRACT: The bio-ecological system is very sensible to inter-annual changes in precipitation amounts. Therefore, it is necessary to observe and correctly evaluate the major deviations from the average amounts even before their consequences are visible.

The present paper discusses methods for monitoring of precipitation amount anomalies for various time intervals: from one month to several successive months. The data on monthly, seasonal and annual precipitation data for Zagreb were taken as an illustration.

A percentile, or a return period determined by theoretical distribution of particles can be used as an appropriate common value for determination of precipitation amount anomaly intensity within various accumulation intervals. Minimum information required for evaluation of precipitation amount anomaly is the mean value and respective coefficient of variation as a measure of their natural inter-annual variability.

KEY WORDS: precipitation variability, monitoring precipitation amount anomaly, seasonal precipitation amounts, precipitation data analysis

mr. Josip Juras, Geofizički zavod "Andrija Mohorovičić", Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

Vjera Juras, prof, Državni hidrometeorološki Zavod, Zagreb

mr. Ksenija Zaninović, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

1. Uvod

Poznavanje ukupnih količina oborina koje su pale u nekom mjestu (ili području) tijekom određenoga razdoblja vrlo je važno pri planiranju mogućih mjera u cilju smanjenja štetnih posljedica koje obično prate veoma male ili veoma velike količine oborina. U ovisnosti o svrsi korištenja te obavijesti, mijenja se i duljina vremenskoga intervala, kao i veličina područja za koje su te informacije potrebne. Za potrebe ocjene opasnosti od bujica potrebno je raspolagati trenutnim intenzitetima oborina ili ukupnim količinama oborina za relativno kratko razdoblje od nekoliko sati. S druge strane, za identifikaciju klimatskih fluktuacija u režimu oborina nužno je raspolagati podacima za vrlo dugačka razdoblja od bar nekoliko desetaka godina. Prema tome, postoji vrlo široki raspon vremenskih intervala za koje su potrebni podaci o ukupnoj količini oborina, i to po mogućnosti u što gušćoj mreži točaka.

U ovom radu razmatraju se različite metode pomoću kojih bi se taj relativno veliki skup podataka na pogodan način mogao prikazati i interpretirati. U sljedećem odjeljku daje se kratki prikaz sadašnjega stanja u praćenju anomalija količina oborina na globalnoj, regionalnoj i lokalnoj skali. U trećem odjeljku daje se prikaz različitih metoda za ocjenu odstupanja količina oborina od prosječnih vrijednosti na primjeru višemjesečnih količina oborina u Zagrebu. U četvrtom odjeljku ukratko se razmatra pitanje najpogodnije teorijske razdiobe za opis višemjesečnih suma oborina.

U zaključcima su navedene neke pretpostavke koje bi trebalo prethodno ostvariti kako bi sistem permanentnog praćenja anomalija oborina odgovorio na vrlo različite zahtjeve korisnika.

2. Povijest praćenja oborina i sadašnje stanje

Zbog velikoga utjecaja koji oborine imaju na bioekološki sustav, pa prema tome i na čovjeka, njihovo pomno praćenje vjerojatno je staro koliko i ljudska civilizacija. O tome svjedoče i brojni zapisi u Bibliji. Međutim, neprekidna instrumentalna mjerenja započela su tek prije dva do tri stoljeća. Zbog ogromnih prostranstava oceana i nenaseljenih područja, naše su današnje spoznaje čak i o prosječnoj godišnjoj količini oborina za cijelu Zemlju još uvijek prilično nepouzdana, a procjene se kreću u širokim granicama od 950 do 1150 mm (Rasmusson i Arkin, 1993). Sistematska praćenja anomalija količina oborina na globalnoj skali organizirana su u okviru Svjetske meteorološke organizacije (SMO) i započela su već početkom ovoga stoljeća. S preko tisuću postaja širom svijeta, početkom svakoga mjeseca prikupljaju se CLIMAT izvještaji koji sadrže informacije o srednjim vrijednostima najvažnijih klimatskih elemenata za protekli mjesec. Pored ukupne količine oborine, izvještaj sadrži i podatak o broju dana s oborinom 1.0 mm te oznaku kategorije (kvintila) kojoj izmjerena količina pripada s obzirom na njezin iznos. Granice kategorija određene su na osnovi izmjerenih vrijednosti od 1961 od 1990, tako da je opažena čestina u svim kategorijama jednaka i iznosi 20%. Na primjer, šifrom $R_d=1$ označava se da se izmjerena količina može ubrojiti u grupu od šest najmanjih mjesečnih količina koje su u dotičnom mjestu izmjerene u prethodnom 30-godišnjem razdoblju. Klasifikacija količina na samo pet kategorija pokazala se u praksi isuviše grubom, pa pojedine meteorološke službe izmjerenu količinu klasificiraju na mnogo detaljnijoj skali od nula do 100 pomoću percentila teorijske razdiobe čiji su parametri također određeni iz podataka prethodnog 30-godišnjeg razdoblja. Takav sustav klasifikacije anomalija koristi se u "Biltenu" Državnog hidrometeorološkog zavoda i u "Climate Diagnostics Bulletin" američke meteorološke službe (NOAA).

Druga vrlo rasprostranjena metoda za ocjenu anomalija količina oborine jest ona pomoću postotka u odnosu na prosječnu vrijednost. Takvi prikazi mogu se naći u nizu redovnih meteoroloških biltena, kao što su Grosswetterlagen Europas i Witterung in Übersee, koje izdaje njemačka meteorološka služba.

Nedostatak je analize anomalija količina oborina koje se oslanjaju isključivo na razmatranje mjesečnih vrijednosti u tome što ozbiljan manjak oborine koji je nastao zbog manjka u nizu od nekoliko uzastopnih mjeseci može ostati nezapažen, iako svaki pojedini mjesec nije bio izrazito sušan. Iz navedenoga slijedi da je poželjno pratiti anomalije količina oborine na svim vremenskim skalama.

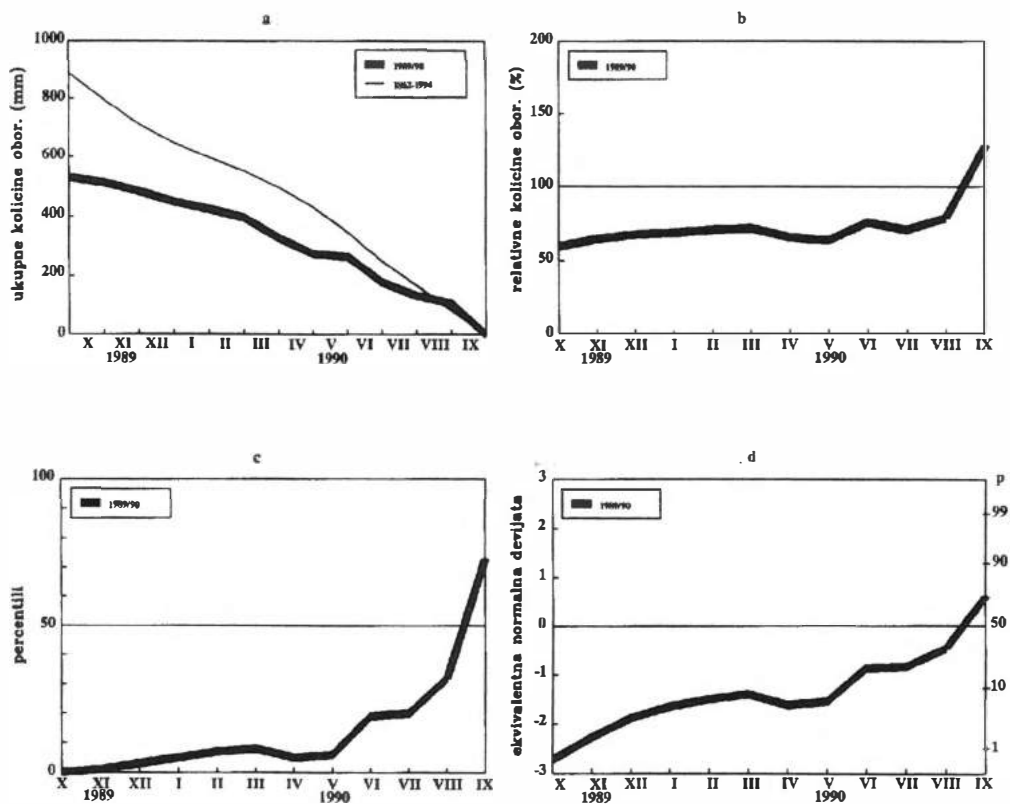
3. Anomalije višemjesečnih zbrojeva oborina

Na primjeru podataka za Zagreb želimo prikazati različite načine pomoću kojih se mogu na zoran način pratiti ukupne količine oborina unutar razdoblja duljih od mjesec dana. Na sl. 1. prikazane su, na četiri različita načina, ukupne količine oborina koje su u Zagrebu pale tijekom mjesec dana (rujan 1990), dva mjeseca (rujan i kolovoz iste godine), pa do ukupnih količina za cijelu hidrološku godinu od listopada 1989. do rujna 1990.

Na sl. 1a akumulirane količine u pojedinome razdoblju uspoređuju se s odgovarajućim prosječnim vrijednostima. Slaba strana takvoga načina prikazivanja je što su odstupanja od prosjeka obično relativno mala i teško uočljiva. Na sl. 1b krivulja prikazuje postotak palih oborina u odnosu na odgovarajuće prosječne vrijednosti, a nedostak te metode u tome je što jedan te isti manjak (višak) oborina izražen u postocima ima sasvim različit značaj ako se odnosi na razdoblje od mjesec dana ili na razdoblje od godinu dana. Anomalije od desetak posto u mjesečnim vrijednostima ostaju obično potpuno nezapažene, dok isti manjak u godišnjim vrijednostima može imati zamjetne negativne posljedice. Ako se svakoj od razmatranih vrijednosti pomoću odgovarajuće statističke razdiobe pridruži odgovarajući percentil (sl. 1c), krivulja koja predodređuje anomalije poprima sve vrijednosti iz intervala od 0 do 100 s jednakom vjerojatnošću i zorno predodređuje je li dotična vrijednost uobičajena za dotično mjesto ili se radi o vrlo rijetkoj pojavi.

Prikazivanje na dijagramu koji ima omeđene granice na osi ordinata, kao što je to urađeno u prethodnom primjeru, nije najpogodnije. Na takvome je dijagramu teško razlikovati slučajeve sa približno sličnim vrijednostima percentila (u blizini ekstremnih vrijednosti 0 i 100), a upravo su ti slučajevi najčešće od posebne važnosti. Zbog toga je bolje da je u području ekstremnih vrijednosti skala razvučenija što se može postići uvođenjem nelinearne skale za percentile, koja je linearna obzirom na ekvivalentnu normalnu devijaciju (END). U slučaju normalne razdiobe END predstavlja omjer između odstupanja količine oborina od srednje vrijednosti i standardne devijacije. U prvoj aproksimaciji može se pretpostaviti da razdiobe višemjesečnih količina oborina imaju normalnu razdiobu, pa na primjer vrijednost $END = -1$ označava da je u dotičnom razdoblju količina oborina bila za jednu standardnu devijaciju manja od prosječne vrijednosti.

Odabrani primjer koji je prikazan na sl.1 opisuje povijest dugotrajne suše u hidrološkoj godini 1989/90. Sušno razdoblje trajalo je od listopada 1989. i završilo relativno obilnim oborinama u rujnu 1990, kada je palo 105 mm oborina (sl.1a), što je 128% prosječnih količina oborina za taj mjesec (sl.1b). Međutim, posljedice dugotrajne suše osjećale su se u vodoopskrbi i nakon tih obilnih kiša. Gledajući ponašanje krivulje na sl.1.b-d vidi se da proširivanjem razmatranoga razdoblja na prethodne mjesece (idući



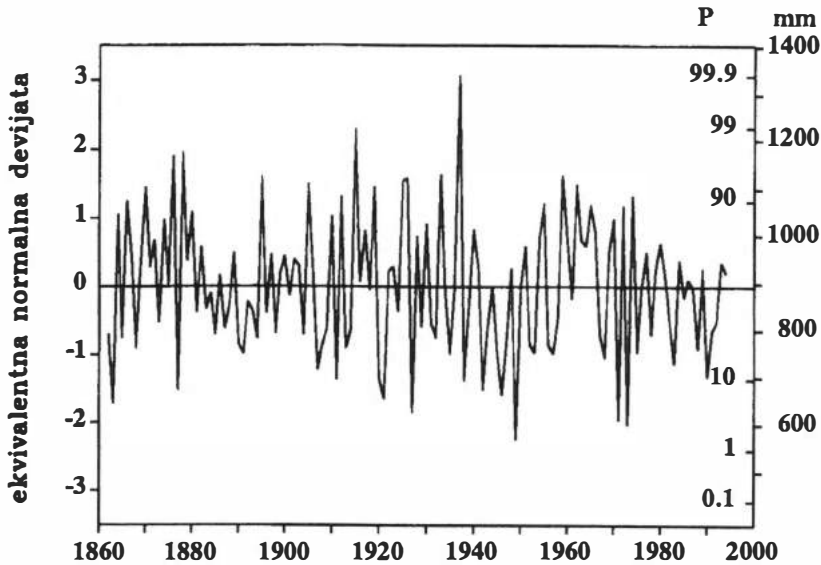
Slika 1. Prikaz ukupnih količina oborina tijekom različitih neprekidnih razdoblja koja sva završavaju rujnom 1990: (a) ukupne količine oborine (deblja linija) u usporedbi s prosječnim vrijednostima (tanja linija); (b) ukupne količine izražene u postocima od prosječnih; (c) pripadne vrijednosti kumulativnih čestina (percentili u %); (d) isto kao i (c) samo s nelinearnom skalom za percentile.

Figure 1. Precipitation amounts during different continuous periods all of them ending with September 1990: (a) Total precipitation amounts (thick line) comparing with means (thin line); (b) total amounts as the percentages of means; (c) corresponding values of cumulative frequencies (percentiles in %); (d) same as (c) only with nonlinear scale for percentiles

u smjeru od desna na lijevo) sve krivulje pokazuju tendenciju kretanja prema niskim vrijednostima ukupnih količina oborina. U tom razdoblju od 12 mjeseci količine oborina bile su nešto iznad prosjeka još samo u ožujku, što se na sva četiri dijagrama primjećuje kao blagi šiljak na krivuljama. Tako veliki broj uzastopnih mjeseci s manjkom oborine, koji je naročito bio izražen u kolovozu i svibnju 1990, te u listopadu 1989, uvjetovao je da je ukupna količina oborina tijekom hidrološke godine 1989/90. bila izuzetno mala (530 mm), što je tek 60% prosječne vrijednosti (887 mm), a odgovarajuća vrijednost percentile od 0.4 upućuje da se radi o izuzetno rijetkoj pojavi s povratnim periodom dužim od 100 godina. U 133 godine, za koje postoje kontinuirana mjerenja, samo je u hidrološkoj godini 1945/46. izmjerena nešto manja količina (520 mm). U Prilogu 1. navedene su odgovarajuće vrijednosti percentila za količine oborina u Zagrebu za sve hidrološke godine od 1862/63. do danas. Prilog 2.

sadrži godine poredane prema padajućim vrijednostima količina oborina u dijelu vegetacijskoga razdoblja (svibanj - srpanj).

Zanimljivo je da su opisanom sušnom razdoblju prethodile vrlo obilne oborine tijekom ljeta 1989, kad je u Zagrebu od početka lipnja do kraja kolovoza palo 517 mm, što iznosi 238% prosječnih količina. Pripadni percentil iznosi 99.6, što odgovara povratnomu periodu od preko 100 godina. Izmjenjivanje kišnih i sušnih godina lijepo se može pratiti na sl. 2. gdje su prikazane količine oborina za kalendarsku godinu. U nizu slučajeva ekstremno kišne godine slijedile su ekstremno sušne godine i obratno.



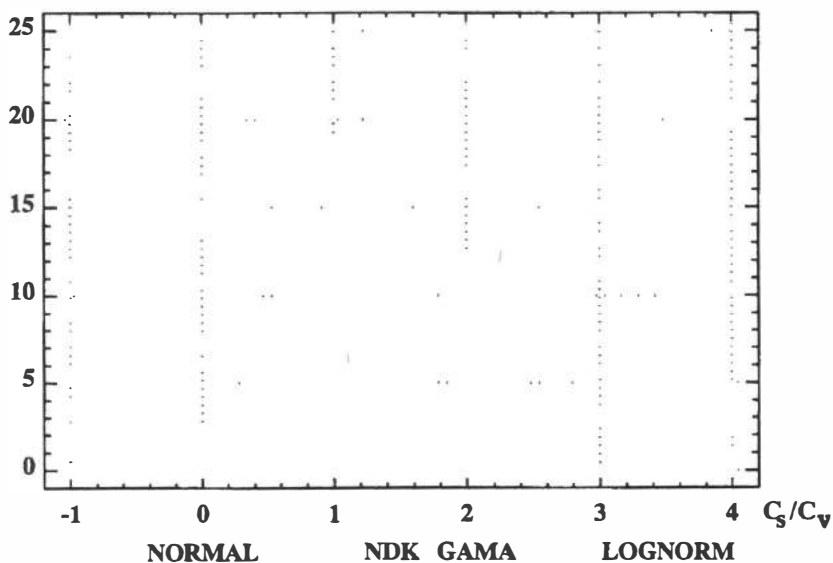
Slika 2. Godišnje količine oborina na postaji Zagreb - Grič. Na lijevoj ordinati navedene su vrijednosti ekvivalentne normalne devijate (END), a na desnoj odgovarajuće vrijednosti percentila (P) i količine oborina (mm)

Figure 2. Annual precipitation amounts at Observatory Zagreb - Grič. At the left ordinate are the values of equivalent normal deviate (END), at the right corresponding percentiles (P) and precipitation amounts (mm).

Takve slučajeve predstavljaju razdoblja: 1876-78, 1910-13, 1937-38, 1970-75. Ta tendencija izmjenjivanja ekstremno kišnih i sušnih godina očituje se i u koeficijentu korelacije između uzastopnih godišnjih količina koji je relativno malen i negativan (-0.21), ali statistički značajan na razini signifikantnosti od 0.05. Postoje dva slučaja kad su u dvije uzastopne godine količine oborine bile izuzetno niske (visoke), odnosno da su obje bile niže (više) od najdonjega (najgornjeg) decila njihove teorijske razdiobe. To su bile godine 1920-21, odnosno 1925-26. Za razliku od godišnjih količina, uočeno je da anomalije količina oborina u susjednim mjesecima, naročito u zimskome razdoblju, imaju isti predznak. To se odražava i na koeficijentima autokorelacije između količina oborina u susjednim mjesecima koji su pozitivni, ali ne i statistički značajni. To upućuje na činjenicu da jednom uspostavljen režim cirkulacije atmosfere, koji pogoduje znatnijim količinama oborina u zimskom razdoblju, pokazuje tendenciju održati se i kroz dulje vrijeme.

4. Izbor teorijske razdiobe za ocjenu količina oborina

Pitanje izbora najpogodnije teorijske razdiobe za ocjenu pojedinih količina oborina pomoću percentila od sekundarnoga je značaja ako ta ocjena služi samo da se dobije prva, gruba predodžba o tome je li neka količina izuzetno rijetka pojava za dotično mjesto ili sasvim uobičajena pojava. Međutim, u slučajevima kad se na osnovi teorijskih razdioba donose stanoviti zaključci, koji služe pri planiranju i izvođenju određenih projekata, izbor optimalne statističke razdiobe za prikaz količina oborina može biti od suštinske važnosti. Razdiobe višemjesečnih količina oborina mijenjaju se od slučaja do slučaja i mogu poprimiti vrlo različite oblike. To se može zaključiti iz sl. 3 na kojoj je prikazana čestina omjera između koeficijenta simetrije i koeficijenta varijacije za 144 različita uzorka mjesečnih i višemjesečnih zbrojeva oborina u Zagrebu. Taj omjer varira u vrlo širokim granicama, od -0.6 do 3.8. Male vrijednosti koeficijenta asimetrije (i razmatranog omjera) upućuju na slučajeve kada su opažene razdiobe vrlo blizu normalnoj razdiobi. Naprotiv, visoke vrijednosti omjera upućuju da su blizu lognormalnoj razdiobi. Zbog toga postaje razumljivo da se u literaturi mogu naći preporuke da se godišnje količine mogu prikazati i pomoću normalne razdiobe (WMO, 1983) i pomoću log-normalne razdiobe (Bonacci, 1994). Mod razdiobe razmatranog omjera C_s/C_v vrlo je blizu vrijednosti 1.5, a to je teorijska vrijednost za normalnu razdiobu drugoga korijena (NDK). Zato smo za određivanje percentila za navedeni primjer uporabili tu razdiobu. Razdioba je detaljnije je opisana u radu Juras (1994).



Slika 3. Relativne čestine omjera koeficijenta asimetrije i koeficijenta varijacije za mjesečne i višemjesečne količine oborine u Zagrebu. Naznačene su statističke razdiobe na koje upućuju vrijednosti tog omjera.

Figure 3. Relative frequencies of the ratio between coefficient of skewness and coefficient of variation for monthly and multi-monthly precipitation amount. Appropriate statistical distribution which this ratio suggested are indicated (NDK = square-root-normal distribution).

Napomenimo da je u SAD-u izrađen atlas (Guttman i dr., 1994), kojim se pomoću gama razdiobe može lako ocijeniti anomalija količina oborine za bilo koje mjesto i za bilo koje razdoblje koje počinje bilo kojim kalendarskim mjesecom a traje 1, 2, 3, 6, 12, 24, 36 ili 60 mjeseci.

5. Zaključci i preporuke

Stalnim praćenjem višemjesečnih količina oborina moguće je ocijeniti stanje rezervi vode za potrebe vodoopskrbe, kao i stanje hidroenergetskih potencijala. Ozbiljniji manjci u vodnim rezervama ne nastupaju naglo. Zbog toga je njihovim stalnim praćenjem moguće poduzeti određene mjere i prije nego oni dostignu kritične vrijednosti. Tu mislimo prvenstveno na vodoopskrbu otoka vodom, gdje je kišnica često jedini izvor vode. Obavijesti o trenutnom stanju vodnih rezervi mogu se ubrojiti u grupu temeljnih podataka o stanju čovjekove okoline. Zbog toga ti podaci moraju biti dostupne svima. Mislimo da su dnevne novine najpogodnije sredstvo za prijenos takvih podataka jer bi time ovi najsvježiji podaci najbrže došli do najširega kruga korisnika. Oblici bročanoga i slikovnoga prikaza podataka koji se razmatraju u ovome radu (sl. 1., Prilog 1. i 2.) nisu jedini i optimalni, tako da bi mišljenje ovoga skupa za nas bila dragocjena.

U uvodu je istaknuta važnost informacija o količinama oborina unutar različitih vremenskih intervala. Zbog toga su informacije o količinama oborina u intervalima kraćim od mjesec dana daleko važnije u praksi. Tu bismo ubrojili: trenutne intezitete mjerene pomoću radara i podatke o 6-, 12- i 24-satnim količinama oborina koji su sastavni dio redovnih meteoroloških izvještaja. Zbog velike prostorne i vremenske promjenljivosti oborina, gustoća mreže točaka s tim podacima mora biti daleko veća nego za podatke koji se odnose na dulja razdoblja. Zato su i problemi vezani uz oblikovanje, interpretaciju i distribuciju tako velikoga broja podataka daleko složeniji. Teškoće u tome da i ti podaci budu dostupni širokom krugu korisnika u realnom vremenu nisu nepremostive. Stoga se preporučuje izrada odgovarajućih podloga i kartografskih prikaza srednjih mjesečnih vrijednosti količina oborine i pripadnih koeficijenata varijacije za Hrvatsku, budući da su ti podaci zasad vrlo oskudni.

Literatura

- Bonacci, O., 1994: Oborine glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus. Geing, Split, 341 pp.
- Guttman, N.B., J.R.M. Hosking and J.R. Wallis, 1994: The 1993 Midwest extreme precipitation in historical and probabilistic perspective. Bull. Amer. Meteor. Soc., 75, 1785-1792.
- Juras, J., 1994: Some common features of probability distribution for precipitation. Theor. Appl. Climat., 49 (2), 69-76
- Rasmusson, E.M. and P. A. Arkin, 1993: A global view of large-scale precipitation variability, Journal of Climate, 6, 1495-1522.
- WMO, 1983: Guide to climatological practices. 2nd ed. WMO No. 100



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Ivan Penzar, Krešo Pandžić, Branka Penzar

R 3-04

Odnos oborinske i isparene vode

SAŽETAK: Razlika u količini vode koju tlo prima oborinom i koju bi moglo izgubiti evapotranspiracijom jest temelj vodnoga obračuna za površinski sloj tla i, ujedno, veličina nužna pri razmatranju sušnih razdoblja. Mjesečne vrijednosti tih razlika na odabranim meteorološkim postajama za razdoblje 1961-1990. prikazane su na dijagramima rizika. Pritom je potencijalna evapotranspiracija E određena iz srednjih mjesečnih podataka o temperaturi i vlažnosti zraka. Razlike između dijagrama za pojedine postaje mogu se objasniti različitostima klime. Jaki vjetrovi bura i jugo, koji u proračunu potencijalne evapotranspiracije nisu posebno uvaženi, vjerojatno povećavaju potencijalnu evapotranspiraciju u hladnom dijelu godine na Jadranu.

KLJUČNE RIJEČI: količina oborine, potencijalna evapotranspiracija, sušno razdoblje.

Precipitation and Evaporation Water Ratio

ABSTRACT: The difference in amount of water received by the soil through precipitations and the amount of water which could be lost by evapotranspiration is the basis of the hydraulic balance for the soil surface layer and also the amount required for analyses of the periods of draught. The monthly values of these differences for selected rain gauge stations for the period 1961-1990 are shown in risk diagrams. The potential evapotranspiration is deduced from the mean monthly data on air temperature and humidity. The difference between the diagrams for individual stations may be explained by differences in climate. Strong winds, bora and sirocco, which are not specially respected in potential evapotranspiration calculations probably increase it in a colder part of a year in the Adriatic.

KEY WORDS: precipitation amount, potential evapotranspiration, period of drought

1. Uvod

U prirodi postoji gotovo neprekinuti tijek vodene pare sa Zemljine površine u atmosferu i povremeno vraćanje vode oborinom, u tekućem ili u čvrstom stanju, iz atmosfere na tlo. Meteorološki uvjeti za isparavanje nisu uvijek jednako povoljni. Isparavanju pogoduju viša temperatura, niža relativna vlažnost zraka i vjetar. Postoji više metoda za procjenu potencijalne ili moguće evapotranspiracije, tj. ukupnog isparavanja izravno s tla, s vodenih i ledenih površina i preko biljnih puči.

Prof. dr. sc. Ivan Penzar, Geofizički zavod Andrije Mohorovičića, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

dr. sc. Krešo Pandžić, znanstveni suradnik, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb
Branka Penzar, podaci ????

Stvarna evapotranspiracija može biti manja od potencijalne ako manjka vode za isparavanje. To se u našim klimama događa povremeno, a ako potraje više dana govorimo o sušnome razdoblju. Kada nema oborine, pa se zaliha vode u tlu evapotranspiracijom smanji do kritične vrijednosti, biljke ugibaju, a istodobno presušuju vodotoci i vodne akumulacije. Ako zbog toga nastupe poremetnje u nacionalnom gospodarstvu, sušno je razdoblje prešlo u sušu.

Sušna se razdoblja mogu definirati na različite načine - samo na temelju meteoroloških veličina ili njihovom kombinacijom s pojavama u prirodi ili u gospodarstvu (Palmer 1965). Definicija ovisi o cilju istraživanja, ali redovito joj je osnova odnos između količine oborine i moguće evapotranspiracije. U istraživanjima za poljodjelstvo valja uz to uvažiti kapacitet tla za vodu. To se može učiniti kada je razlika između oborinske vode i moguće evapotranspiracije već poznata. Treba samo račun početi od razdoblja u kojemu je tlo bilo zasićeno vlagom (Penzar 1976, Penzar i Penzar 1978).

2. Podaci i metoda

U ovom radu razmatramo razliku između količine oborine i potencijalne evapotranspiracije na odabranim meteorološkim postajama u Hrvatskoj i to u posljednjem standardnom klimatološkom razdoblju, a to je ono od 1961. do 1990. Oborinski podaci su mjesečne količine iz arhiva Državnog hidrometeorološkog zavoda, a moguća evapotranspiracija E (hPa) je procijenjena (Pandžić 1985) iz srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka t ($^{\circ}\text{C}$), relativne vlažnosti zraka u (%) i ravnotežnog tlaka vodene pare e_s (hPa) prema izrazu

$$E = C e_s (100 - U)^{1/2}$$

gdje je:

$$\begin{array}{ll} C = 0,6 & \text{za } t < 0 \\ C = 0,63 + 0,024 t & \text{za } 1 < t < 21 \\ C = 1,13 & \text{za } t > 21 \end{array}$$

Formula vrijedi za prosječno vjetrovite položaje, tako da bi uvažavanje bure i juga u proračunu vjerojatno povećalo vrijednosti potencijalne evapotranspiracije na Jadranu u hladno doba godine.

3. Rezultati

Rezultati istraživanja prikazani su grafikonima u prilogu. To su dijagrami rizika (Penzar i Penzar 1976) za višak (+), odnosno manjak (-) oborinske vode u odnosu na moguću isparenu vodu. Prikazuju vjerojatnost (na ordinati) da u nekom mjesecu (na apscisi) razlika između oborinske i moguće isparene vode, iskazana milimetrima, bude manja od iznosa navedenoga na izolinijskama. Iz dijagrama se također može za svaki mjesec očitati vrijednost spomenute razlike uz određenu, zadanu vjerojatnost.

Evo nekih primjera. U Lastovu od travnja do listopada nedostaje oborinske vode uz vjerojatnost barem 67%, a u Splitu je taj nedostatak gotovo siguran (vjerojatnost 90%) u lipnju, u srpnju, u kolovozu i u rujnu. U cijeloj je Hrvatskoj srpanj, mjesec s najvećim rizikom za manjak vode, no vjerojatnost za taj rizik nije svugdje jednaka. Najmanja je u Gorskom kotaru. U Ogulinu iznosi 40%, što znači da u deset godina šest puta kiša u srpnju namiruje potrebu za evapotranspiracijom. No, višak oborine tamo premašuje 100 mm samo jednom u deset godina (izopleti 100 pripada u srpnju vjerojatnost 90%).

Osim takvih konkretnih podataka, dijagrami pokazuju i neke opće značajke klima u Hrvatskoj, od kojih navodimo najvažnije.

- Najmanja, često i negativna razlika između oborinske vode i potencijalne evapotranspiracije vlada ljeti, osobito na Jadranu. Visokoj temperaturi, koja u to doba potiče evapotranspiraciju u cijeloj Hrvatskoj, pridružuje se na Jadranu i ljetni oborinski minimum kao drugi uzrok manjka vode (Penzar i Penzar, 1979-80 i 1981).
- U sjevernoj se Hrvatskoj vjerojatnost za ljetni manjak vode povećava od zapada prema istoku (u srpnju Sisak 74%, Bjelovar 80%, Osijek 90%). To je posljedica poznatog slabljenja atmosferskih fronta putem prema istoku u to doba godine.
- Povećana je vjerojatnost za višak vode u studenom gotovo u cijeloj Hrvatskoj, osim na krajnjem jugu i istoku gdje je višak još vjerojatniji u prosincu. Ta se činjenica podudara s položajem oborinskog maksimuma u godišnjem hodu (Penzar i Penzar 1979-80 i 1981), a potječe od promjene staza sredozemnih ciklona tijekom jeseni i zime.
- Višak oborinske vode u odnosu prema vodi koja bi se mogla ispariti ne smanjuje se pravilno od zime prema ljetu, već postoji proljetni zastoj u tom smanjenju. Na srednjem i južnom Jadranu on pada u veljaču i ožujak, zatim, idući prema sjeveru i unutrašnjosti, postaje izrazitiji u travnju, a u sjevernoj je Hrvatskoj vidljiv u svibnju i lipnju. Potječe od proljetnog porasta naoblake (Goldberg 1931, 1942) koji ima različite uzroke (Penzar i Penzar 1985), a posljedica mu je niža temperatura zraka (slabija evapotranspiracija) i povećana količina oborine.

Usporedba dijagrama rizika pokazuje da su na našem srednjem i južnom primorju (Lastovo i Split) vjerojatnosti za manjak vode općenito najveće. Postaje Rovinj, Knin i Rijeka nalaze se u prijelaznom području prema Gorskom kotaru (Ogulin), gdje su vjerojatnosti za višak vode najveće u Hrvatskoj. U sjevernoj, kopnenoj Hrvatskoj se režim višaka i manjaka vode mijenja tijekom godine na mnogo umjereniji način.

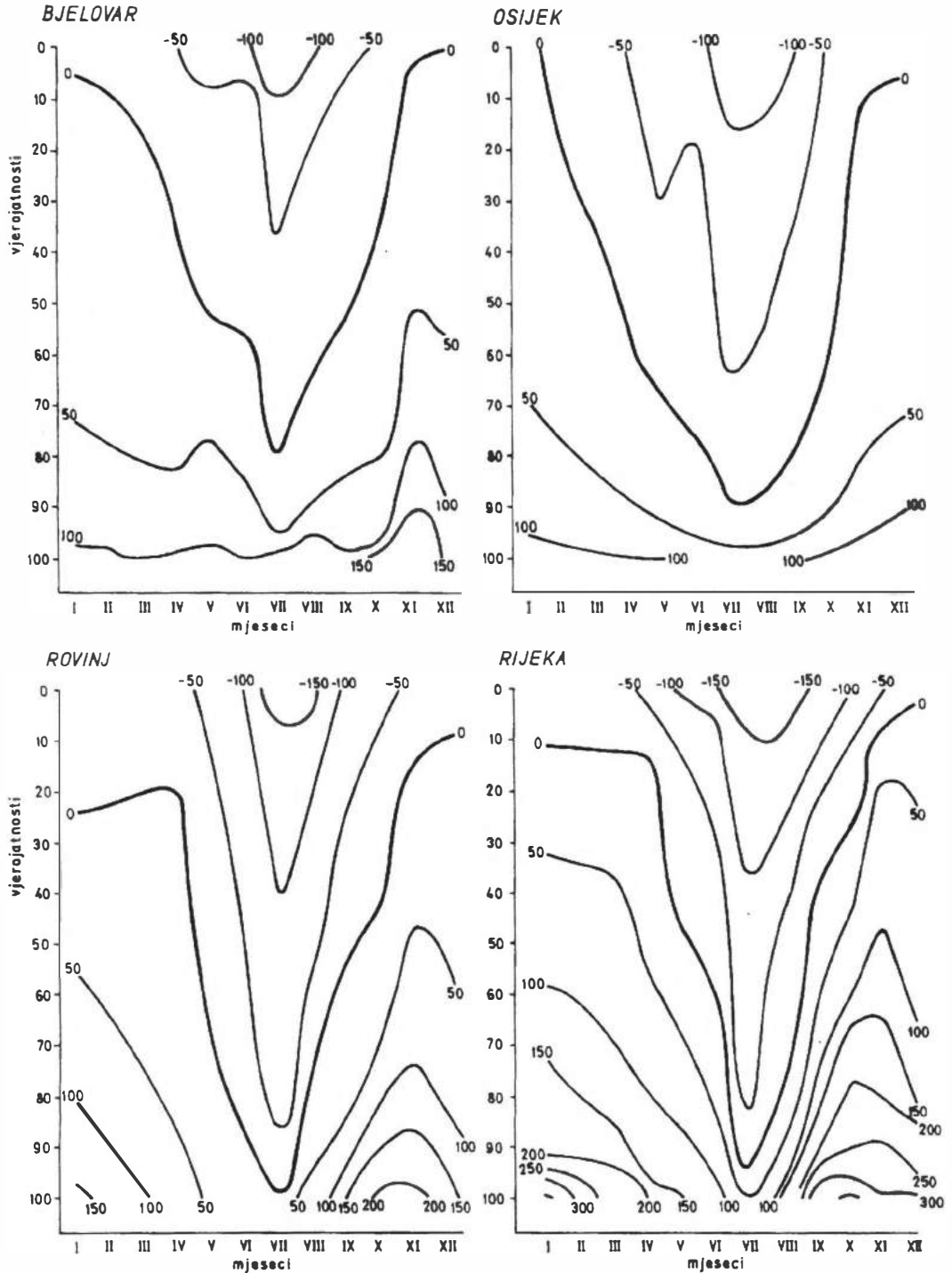
Literatura

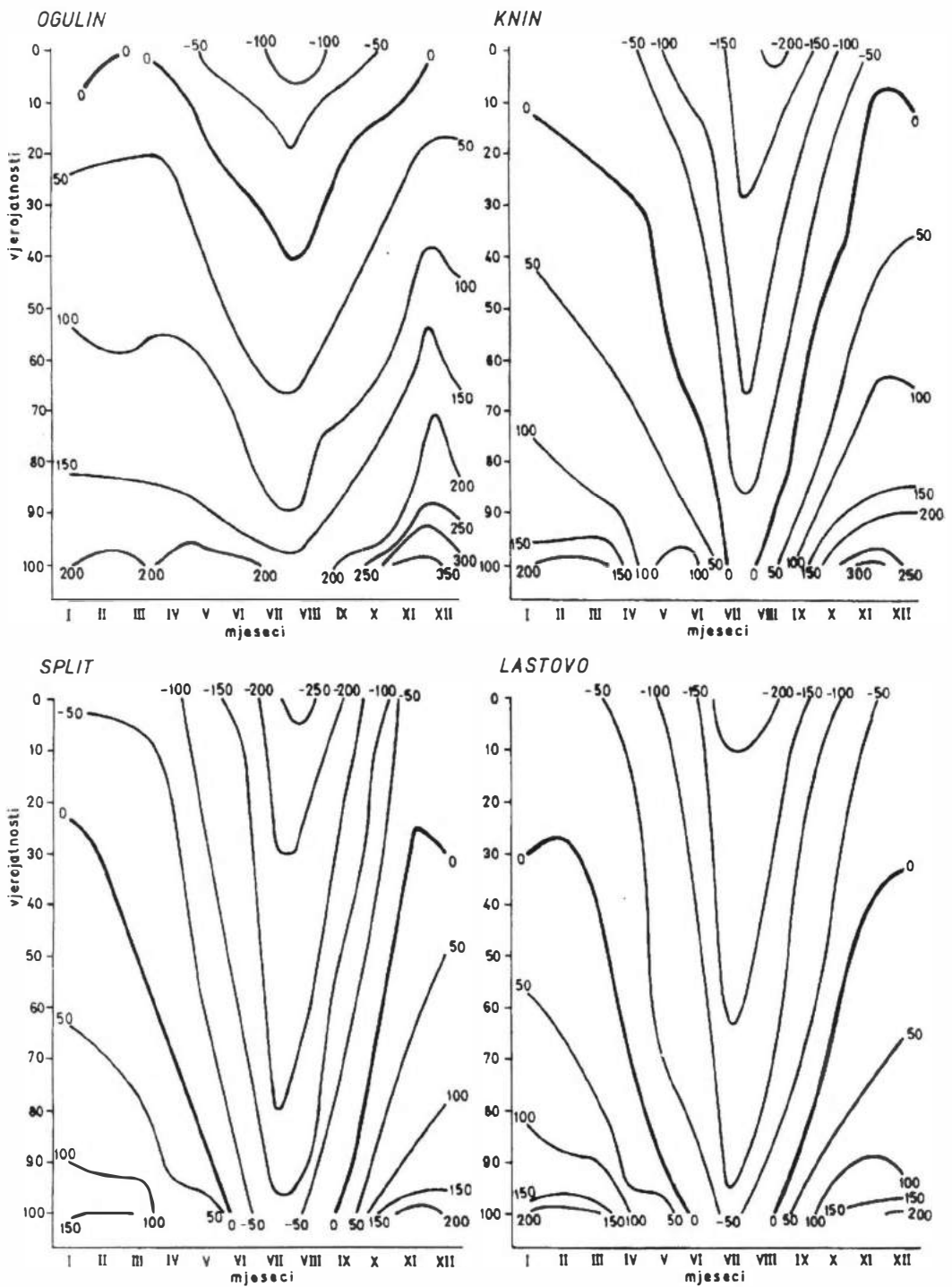
- Goldberg, J. 1931: Godišnji i dnevni period oblačnosti u Zagrebu. Rad JAZU 241, 1-64.
- Goldberg (Letnik), J. 1942: Naoblaka i sijanje sunca. U: Škreb i sur., Klima Hrvatske (iz Zemljopisa hrvatske), Matica hrvatska i Geofizički zavod, Zagreb, 90-104.
- Palmer, W.C. 1965: Meteorological drought. US Weather Bureau, Technical Paper 45, Washington D.C, US Dept. of Commerce, 58 pp.
- Pandžić, K. 1985: Bilanca vode na istočnom primorju Jadrana. Republički hidrometeorološki zavod SRH, Rasprave 25, 21-29.
- Penzar, B. 1976: Indeksi suhoće za Zagreb i njihova statistička prognoza. Republički hidrometeorološki zavod SRH, Rasprave i prikazi 13, 1-58.
- Penzar, I. i B. Penzar 1976: Procjena suhoće i vlažnosti na temelju oborine, zaliha vode u tlu i potencijalne evapotranspiracije. Poljoprivredna znanstvena smotra 36 (46), 113-138.
- Penzar, I. i B. Penzar 1978: Proračun zaliha vode u tlu. Poljoprivredni pregled XX, Sarajevo, 99-108.
- Penzar, B. i I. Penzar 1979-80 i 1981: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj, Dio I. Geografski glasnik 41-42, 27-48, Dio II. Geografski glasnik 43, 27-49.
- Penzar, B. i I. Penzar 1985: O proljetnom režimu sunčanosti u Hrvatskoj. Geofizika 2, 141-162.

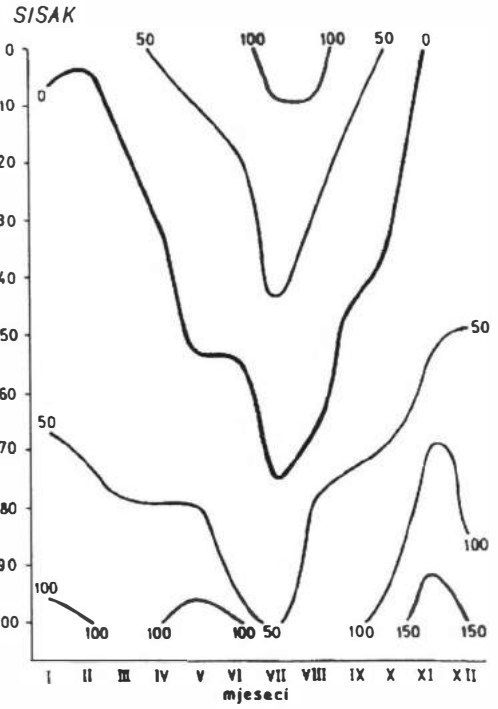
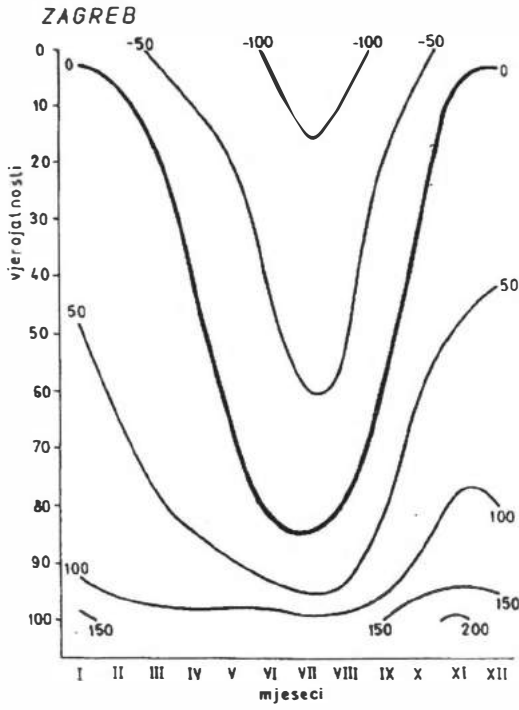
Prilog

Dijagrami rizika za višak, odnosno manjak, oborinske vode potrebne za evapotranspiraciju na 10 meteoroloških postaja u Hrvatskoj

Diagrams showing the risks of surplus or deficit of precipitation water necessary for potential evapotranspiration at 10 meteorological stations in Croatia









1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Mihovil Kisegi, Dušan Trninić, Krešo Pandžić,
Dražen Glasnović i Tomislava Slamar

R 3-05

Povezanost oborina i protoka u sjevernoj Hrvatskoj

SAŽETAK: Cilj rada je utvrditi vezu između godišnjih količina oborine i protoka na širem području sjeverne Hrvatske, te istražiti njihov trend u zadnjih stotinjak godina. Za tu svrhu upotrebljeni su oborinski podaci s devet meteoroloških postaja iz razdoblja 1891.-1990. te godišnje protoke za šest hidroloških postaja iz razdoblja 1931.-1990. Primjenom metode glavnih komponenata utvrđena je korelativna veza između oborina na širem prostoru i odgovarajućih protoka na dijelu dunavskog sliva. Također su utvrđeni slabiji trendovi obaju parametara.

KLJUČNE RIJEČI: sjeverna hrvatska, oborine, protoke, trend

Relation Between Precipitation and Discharge over the Northern Croatia

ABSTRACT: The objective of this paper is to determine the relation between the annual precipitation and discharge amounts in the broader northern Croatian region, and to research their trends during the past hundred years. For the purpose, the precipitation data from nine weather stations were used for the period 1891-1990, and the annual discharge data from six recording stations for the period 1931-1990. The Principal Component Analysis (PCA) method was used to determine a correlation between the precipitation in the wider region and corresponding discharges in the part of the Danube basin. The poorer trends for both parameters were also determined.

KEY WORDS: Northern Croatia, precipitations, discharges, trend

mr. Mihovil Kisegi, dipl.ing.fiz., dr.sc. Dušan Trninić, dipl.ing.kult.teh., dr.sc.Krešo Pandžić, Dražen Glasnović, dipl.ing.fiz., Tomislava Slamar, ing.građ., Državni hidro-meteorološki zavod, Zagreb

1. Uvod

Problemom povezanosti polja mjesečnih oborina i protoka na manjim slivovima (Kupa, Cetina) bavili su se Pandžić i Trninić (1991, 1992.) te Pandžić, Srebrenović i Grgić (1995.). U tim radovima obrađena su relativno kratka razdoblja 1961.-1980. odnosno 1961.-1985. Ipak, utvrđena je razmjerno čvrsta veza između navedenih polja. Ustanovljeno je da bi eventualna prognoza mjesečnog oborinskog polja omogućila procjenu odgovarajućih protoka.

Sada se može postaviti pitanje može li se slična veza očekivati između godišnjih protoka. Da bi se to utvrdilo, potrebno je promatrati duže razdoblje i šire područje, nego što je to bio slučaj u prethodnom istraživanju. Takva analiza može doprinijeti ispitivanju trendova oborina i protoka na širem području. Procjena trenda oborine, uz upotrebu veze s protokama, mogla bi poslužiti za procjenu trenda protoka.

2. Metoda

Za vremensko-prostornu analizu polja varijabli je veoma pogodna metoda glavnih komponentata (Principal Component Analysis; PCA). Ona je također primijenjena u prethodno navedenim radovima.

Glavne komponente se opisuju pomoću tri obilježja: komponentna opterećenja, komponentni bodovi i svojstvene vrijednosti. Prvi ukazuju na to kakav je utjecaj pojedine glavne komponente na dijelu polja polaznih (manifestnih) varijabli a drugi su vrijednosti komponentata (varijabli uzročnica povezanosti manifestnih varijabli). Treće obilježje ukazuje na važnost pojedine komponente (Preisendorfer, 1988.).

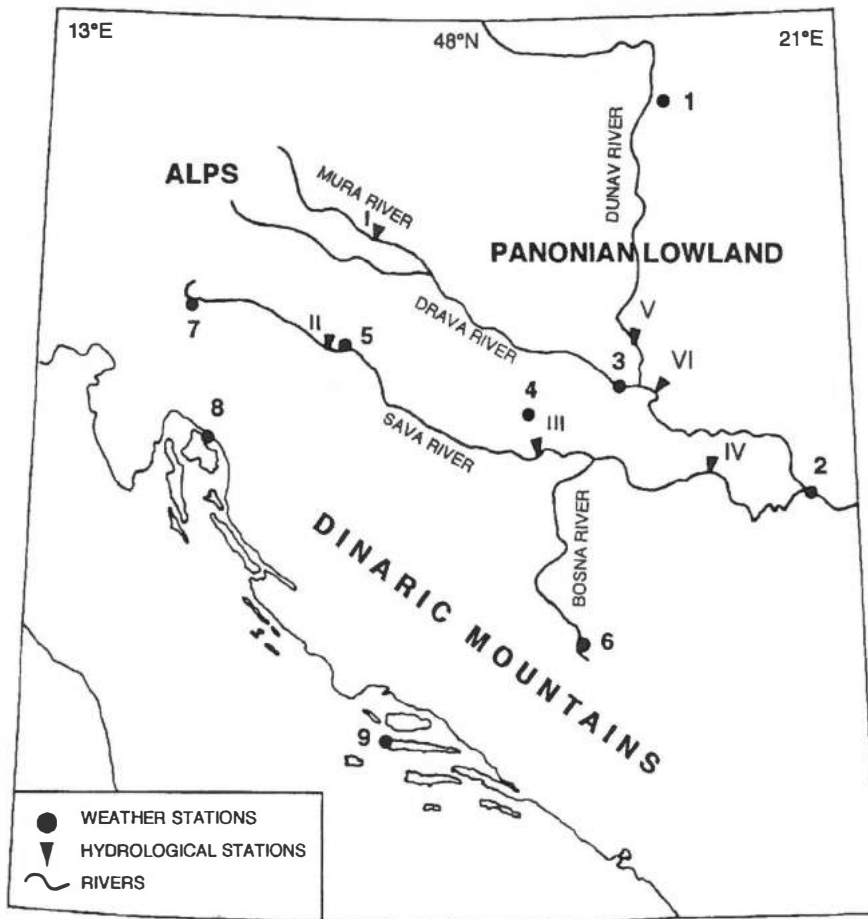
Konačno, primijenjena je teorija linearnoga trenda (Mitchell, 1966.) na pojedine komponente. Takva analiza može dati informaciju o tendenciji promatranih polja na širem prostoru.

3. Podaci

Shodno postavljenome cilju trebalo je prikupiti odgovarajuće vremenske nizove godišnjih oborina i protoka na promatranom području. To je uspješno obavljeno za devet meteoroloških i šest hidroloških postaja. Prve su raspoređene na znatno širem području od sjeverne Hrvatske (Hvar, Budimpešta) dok su podaci protoka uglavnom odnose na to područje (slika 1). Oborinski nizovi se odnose na razdoblje 1891.-1990. dok su protoke na raspolaganju samo za razdoblje 1931.-1990. Zbog ograničenog broja podataka ovo se istraživanje može smatrati preliminarnim jer bi, u slučaju eventualne praktične primjene postignutih rezultata, bilo poželjno iskoristiti što veći skup raspoloživih podataka.

4. Rezultati

Ovdje se može odvojiti nekoliko podskupina rezultata: matrice korelacije, komponentna opterećenja i komponentni bodovi. Svi se odnose, kako na oborinsko, tako i polje protoka.



Slika 1. Šire područje Hrvatske s naznačenom mrežom meteoroloških i hidroloških postaja

Figure 1. Wider area of Croatia including weather and hydrological station network

Matrice korelacije

Upotrebom stogodišnjih nizova oborina i šezdesetgodišnjih nizova protoka, standardne definicije koeficijenata korelacije te kompjuterskih programa izračunate su dvije matrice korelacije. Prva se odnosi na oborine (reda 9x9), a druga na protoke (reda 6x6). Budući da su korelacijske matrice simetrične, prikazani su samo elementi iznad njezine dijagonale.

Oborinska matrica prikazana je u Tablici 1. Analiza matrice pokazuje da su korelacije između godišnjih oborina pozitivne na cijelom području. Nadalje, najveći koeficijenti su između geografski bližih postaja iako je to pravilo narušeno za udaljenije postaje. Tako, na primjer, iako je postaja 1 udaljenija od postaje 2, u odnosu na postaju 9, nešto je veći koeficijent korelacije između postaje 1 i 9 nego između 2 i 9. Teško je reći je li to posljedica atmosferskih procesa ili je pak u pitanju "bijeli šum" u podacima s obzirom na to da je riječ o sekularnim nizovima.

Tablica 1. Matrica korelacije godišnjih oborina na širem području Hrvatske
Table 1. *Correlation matrix for annual precipitation over wider area of Croatia*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	.425	.642	.566	.531	.565	.439	.465	.315
2		1.00	.433	.475	.395	.518	.277	.314	.257
3			1.00	.745	.610	.509	.484	.556	.340
4				1.00	.667	.507	.505	.609	.245
5					1.00	.550	.675	.648	.310
6						1.00	.373	.315	.417
7							1.00	.647	.299
8								1.00	.309
9									1.00

Matrica korelacije za protoke prikazana je pak u tablici 2. Ona uključuje jednu hidrološku postaju na Muri, tri na Savi i dvije na rijeci Dunavu. Najveći koeficijent korelacije je između protoka na Dunavu, zatim na Savi i konačno protoka na Muri i ostalim rijekama. Iz toga se može zaključiti da su koeficijenti korelacije veći što su hidrološke postaje bliže, uz uvjet da pripadaju istom vodotoku.

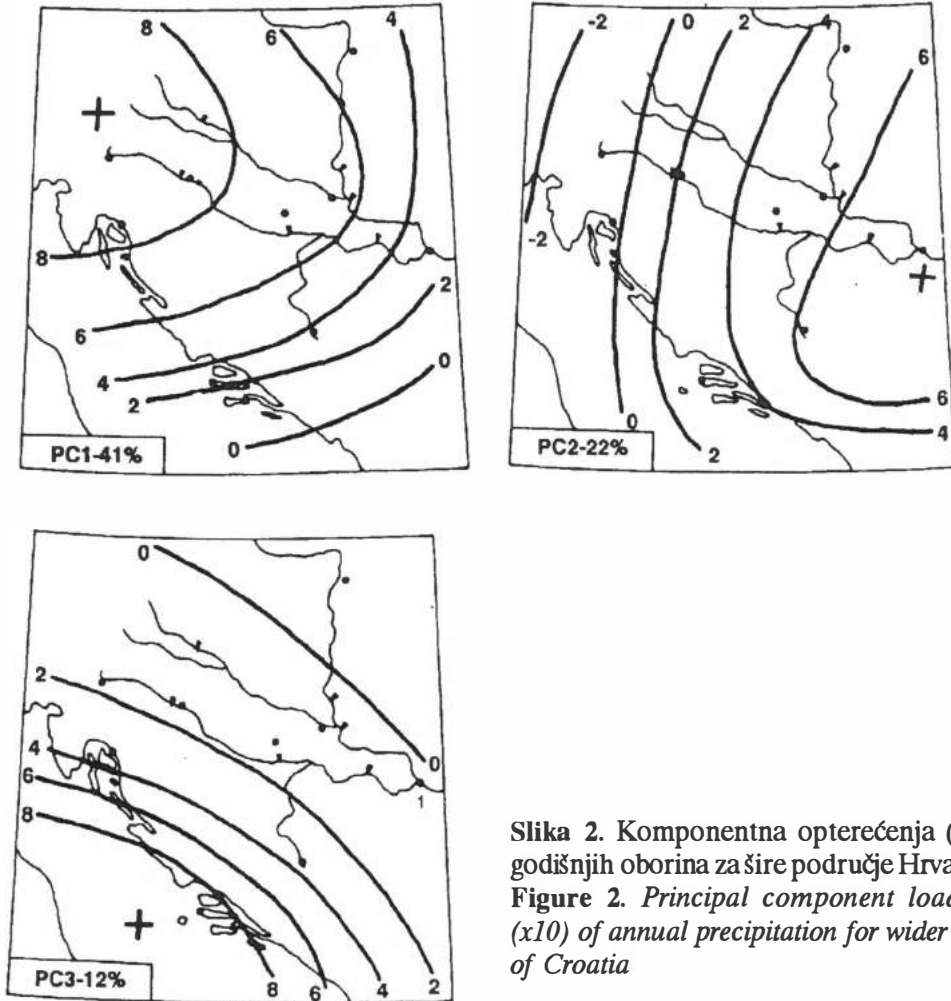
Tablica 2 Matrica korelacije godišnjih protoka na rijekama sjeverne Hrvatske
Table 2 *Correlation matrix for annual discharges on the rivers of northern Croatia*

	1	2	3	4	5	6
1	1.00	.419	.318	.232	.284	.261
2		1.00	.817	.677	.272	.348
3			1.00	.954	.535	.596
4				1.00	.627	.685
5					1.00	.980
6						1.00

Komponentna opterećenja

Upotrebom gornjih matrica korelacije i Hotellingovog postupka ekstrakcije komponenata (Jolliffe, 1986; Pandžić, 1988.), izračunate su svojstvene vrijednosti, komponentna opterećenja i komponentni bodovi kako za oborine, tako i za protoke. Nakon toga, izvršena je i VARIMAX rotacija glavnih komponenata (Richman, 1986).

Na slici 2. prikazana su VARIMAX rotirana komponentna opterećenja za oborine. Vidljivo je da prva komponenta opisuje najveći postotak ukupne varijance (41 %) i treća najmanje (12 %). Ostale komponente su zanemarene jer opisuju razmjerno mali postotak ukupne varijance. Također se uočava da prva komponenta ima najveći utjecaj u sjeverozapadnom dijelu promatranog područja, druga u istočnome i treća u južnome. To je najvjerojatnije posljedica tri tipa atmosferske cirkulacije koja preusmjerava gibanje atmosferskih poremećaja iz jednog područja u drugo (Penzar i Penzar, 1980; Gajić-Čapka, 1983; Pandžić, 1988.).

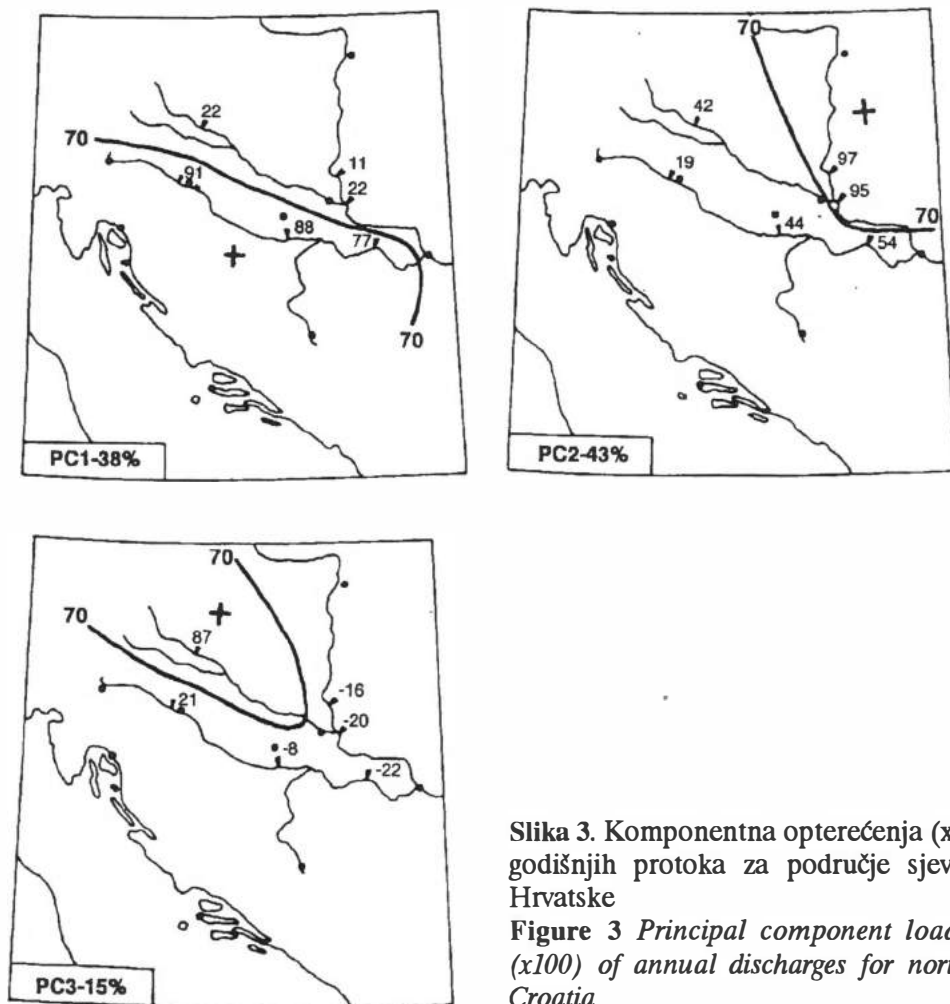


Slika 2. Komponentna opterećenja ($\times 10$) godišnjih oborina za šire područje Hrvatske
 Figure 2. Principal component loadings ($\times 10$) of annual precipitation for wider area of Croatia

Razdioba komponentnih opterećenja protoka je pak uglavnom vezana za pojedine riječne tokove, odnosno riječne slivove (slika 3). Najveći postotak varijance vezan je za komponentu s maksimalnim opterećenjima na Dunavu (43 %), zatim uz "savsku" komponentu (38 %) i najmanji uz komponentu s maksimumom na Muri (15 %). Vjerojatno su pojedine komponente usko vezane uz raspodjelu oborina, a to znači indirektno uz atmosfersku cirkulaciju (Pandžić i Trninić, 1992.).

Komponentni bodovi i njihov trend

Za razliku od komponentnih opterećenja, koja ukazuju na prostorni raspored utjecaja pojedinih glavnih komponenata (u našem slučaju), komponentni bodovi su mjera intenziteta komponenata po vremenu (u pojedinoj godini). Tako, pozitivne vrijednosti ukazuju na pojačan utjecaj pojedine komponente, a negativne smanjen u odnosu na neko prosječno stanje.

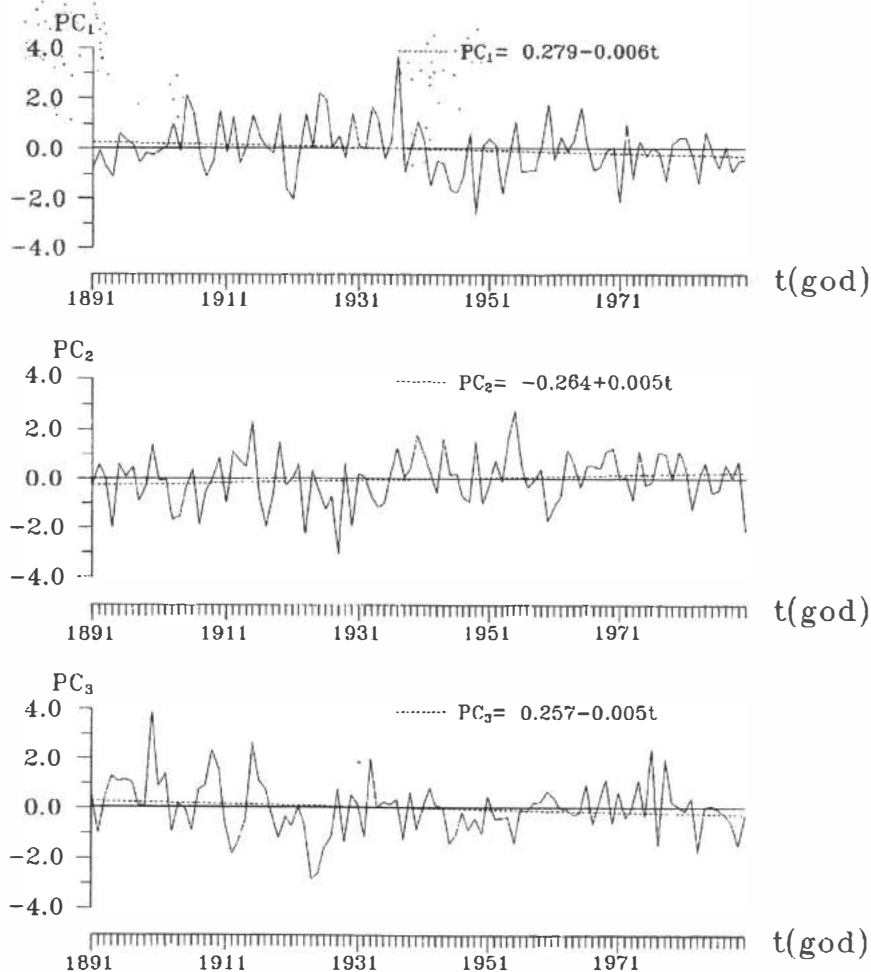


Slika 3. Komponentna opterećenja (x100) godišnjih protoka za područje sjeverne Hrvatske

Figure 3 Principal component loadings (x100) of annual discharges for northern Croatia

Na slici 4 predočeni su komponentni bodovi za stogodišnje nizove oborina. Kod prve i treće komponente zapaža se slabiji negativni, a kod druge pozitivni trend. To bi moglo značiti da je godišnja oborina u Hrvatskoj bila pod prevladavajućim utjecajem čimbenika koji su doveli do postupnog njenog smanjenja. To je primjećeno osobito zadnjih desetak godina (iskustvo autora).

Komponentni bodovi za protoke šezdesetgodišnjeg razdoblja prikazani su na slici 5. Iz prikaza se može zaključiti da u zadnjih šezdesetak godina prevladavaju utjecaji koji smanjuju protoke na većini rijeka sjeverne Hrvatske. U slučaju treće komponente taj utjecaj ima suprotno djelovanje u zadnjih petnaestak godina promatranog razdoblja. To se može pripisati intervenciji čovjeka na slivu Drave i Save, tj. izgradnji akumulacija.



Slika 4. Komponentni bodovi godišnjih oborina na širem području Hrvatske za razdoblje 1891.-1990., uključujući linearne trendove

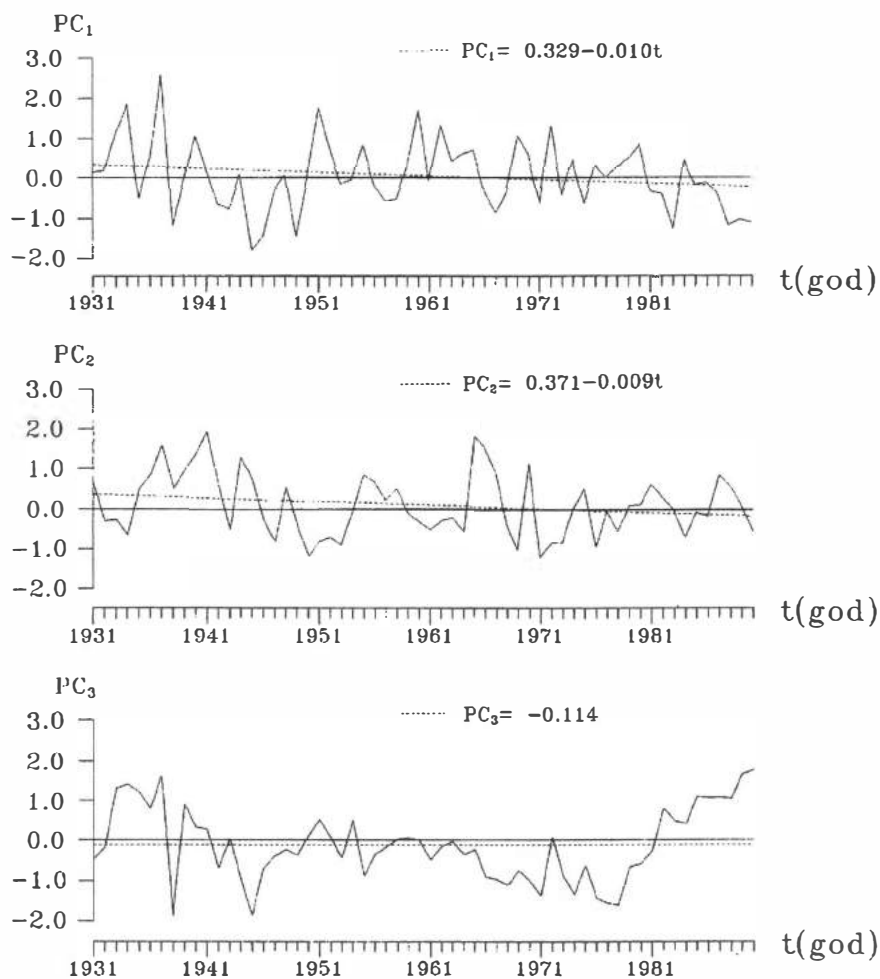
Figure 4 *Principal component scores of annual precipitation for wider area of Croatia and period 1891-1990 including linear trends*

Konačno, može se promatrati korelativna ovisnost oborinskih komponenata i komponenata protoka. Prikaz odgovarajuće korelacione matrice prikazan je u tablici 3. Može se uočiti da prva oborinska komponenta ima najčvršću vezu (koeficijent 0.740) s prvom komponentom protoka, dakle "savskom". Također, ona ima pozitivnu korelaciju i s ostale dvije komponente protoka. Također, postoji pozitivna korelacija između druge i treće oborinske komponente i odgovarajućih komponenata protoka. Takav rezultat može se objasniti prostornim rasporedom utjecaja pojedinih komponenata.

Tablica 3. Matrica korelacije glavnih oborinskih i komponenata protoka na širem području Hrvatske

Table 3. Correlation matrix of precipitation-discharge principal components referenced to the wider Croatian area

protoke	oborine		
	1	2	3
I	.740	.084	.253
II	.217	.252	-.105
III	.341	-.244	-.026



Slika 5. Komponentni bodovi godišnjih protoka na području sjeverne Hrvatske za razdoblje 1931.-1990., uključujući linearne trendove

Figure 5 Principal component scores of annual discharges for northern Croatia and period 1931-1990 including linear trends

5. Zaključak

Analiza matrice korelacije za godišnje oborine na širem području Hrvatske ukazuje na prevladavajuću ovisnost veličine njezinih elemenata o geografskoj udaljenosti meteoroloških postaja. Inače, korelacija je pozitivna za sve postaje, ali na samoj granici signifikantnosti za najudaljenije. Analogan zaključak može se izvesti za korelacije između godišnjih protoka s tom razlikom što osim o geografskoj udaljenosti ti koeficijenti ovise i o pripadnosti postaje vodotoku.

Tri su glavne komponente odabrane kao signifikantne, kako za slučaj oborina, tako i za protoke. Prostorna raspodjela komponentnih opterećenja ukazuje na tri osnovana uzroka koji uvjetuju raspored godišnjih oborina i protoka na promatranome području. To je u uskoj vezi s atmosferskom cirkulacijom koja preusmjerava atmosferske poremećaje na različite putanje u pojedinim godinama.

Analiza trenda komponentnih bodova ukazuje na kojem je području bio rastući ili opadajući utjecaj pojedinih komponenata. U većini slučajeva zabilježen je opadajući utjecaj kako na oborine tako i na protoke što je u skladu s opažanjima u zadnjih nekoliko desetljeća. Izuzetak čine područja gornjih tokova rijeka gdje je utjecaj ljudske aktivnosti bio dominantan (odnosi se na protoke).

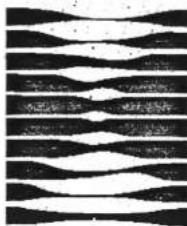
Konačno, analiza matrice korelacije komponenata oborine i protoka ukazuje na postojanje signifikantne korelacije između prve oborinske komponente i komponenata protoka. Međusobna korelacija između ostalih komponenata je ispod ili na granici signifikantnosti.

Daljnja istraživanja mogu se usmjeriti prema uključivanju većeg broja, kako meteoroloških, tako i hidroloških postaja te uključivanjem drugih parametara prvenstveno onih vezanih uz atmosfersku cirkulaciju i uz temperaturu svjetskih oceana. Cilj je procijeniti trend godišnjih oborina, a na osnovi njih i protoka na slivovima rijeka.

Literatura

- Gajić-Čapka, M. 1983: O vezi ljetnog maksimuma oborine i atmosferskih sistema u sjevernoj Hrvatskoj. Zbornik meteoroloških i hidroloških radova (Beograd), 9, 34.-43.
- Jolliffe, I.T. 1986: Principal component analysis. Springer, New York, 247 pp.
- Mitchell, J.M. 1966: Climate changes. WMO Tech. Note 79, 79 pp. Pandžić, K. 1988: Principal component analysis of precipitation in the Adriatic-Pannonian area of Yugoslavia. J. Climatol. 8, 357-370.
- Pandžić, K. and D. Trninić, 1991: Principal component analysis of the annual regime of hydrological and meteorological fields in a river basin. Int.J.Climatol., 11, 909.-922.
- Pandžić, K. and D. Trninić, 1992: Principal component analysis of a river basin discharge and precipitation anomaly fields associated with the global circulation. J.Hydrol., 132, 343.-360.
- Pandžić, K. and K. Cesarec, 1995: Analiza oborina i protoka na rijeci Cetini (u pripremi).
- Penzar, B. i I. Penzar, 1980: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborine u Hrvatskoj. Geogr. Glas. (Zagreb), 41, 28.-48.
- Preisendorfer, R.W. 1988: Principal component analysis in meteorology and oceanography. Elsevier, Amsterdam, 425 pp.
- Richman, M.B. 1986: Rotation of principal components. J. Climatol. 3, 28.-48.

**JAVNO VODOPRIVREDNO
PODUZEĆE
HRVATSKA
VODOPRIVREDA**
(Public Water-Management
Enterprise)



JVP HRVATSKA VODOPRIVREDA

Zagreb, Avenija Vukovar 220
Centrala: 041/61-05-22
Direktor: 041/51-26-83
Telefax: 041/51-68-44
Telex: 041 - 22348 RII - JVP "IIV"
Žiro -račun 30102-601-8376 SDK Zagreb

**Proizvodi/usluge: Zaštita od štetnog djelovanja voda, korištenje voda,
zaštita voda od zagađivanja**

**(Products/Services: Water protection systems, water utilization and
anti-pollution systems)**

- Studijsko razvojni poslovi u vodoprivredi, priprema vodoprivrednih osnova i vodoprivrednih planova
- Organiziranje i vođenje jedinstvenog informatičkog sustava vodoprivrede i vodoprivredne dokumentacije
- Zaštita od štetnog djelovanja voda - kontrola, prognoziranje i obavještanje o stanju voda; ugrađivanje i održavanje vodotoka; obrana od poplava i leda; redovito održavanje, obnavljanje i izgradnja zaštitnih vodoprivrednih objekata i drugi poslovi zaštite od štetnog djelovanja voda
- Zaštita voda od zagađivanja - praćenje stanja i kvalitativnih promjena voda; priprema i provođenje planova za zaštitu voda
- Osiguranje zaliha voda - utvrđivanje i praćenje stanja zaliha voda za potrebe stanovništva, gospodarske i druge namjene; planiranje razvoja vodoopskrbe; kontrola korištenja voda i drugi poslovi osiguravanja zaliha voda
- Izvršavanje javnih ovlaštenja u vodoprivredi u skladu sa zakonom

ORGANIZACIJSKE JEDINICE:

HRVATSKA VODOPRIVREDA - O.J. SPLIT
58000 Split, Vukovarska 35
Telefon: 058/51-38-78, 51-35-44
Telefax: 058/52-58-91

HRVATSKA VODOPRIVREDA - O.J. RIJEKA
51000 Rijeka, Giovanni Ciotta 176
Telefon: 051/39-187, 39-006
Telefax: 051/36-947

HRVATSKA VODOPRIVREDA - O.J. OSIJEK
54000 Osijek, Splavarska 2a
Telefon: 054/12-53-22
Telefax: 054/41-936

HRVATSKA VODOPRIVREDA - O.J. ZAGREB
41000 Zagreb, Avenija Vukovar 220
Telefon: 041/61-05-22
Telefax: 041/51-68-44



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Krešo Pandžić, Ksenija Cesarec, Branko Grgić

R 3-06

Analiza oborina i protoka na rijeci Cetini

SAŽETAK: Glavni cilj je ovoga proučavanja ustanoviti vezu između mjesečnih oborina i srednjih mjesečnih protoka na području sliva Cetine. Za tu svrhu upotrebljava se metoda glavnih komponenata (Principal Component Analysis, PCA) kao i vremenski nizovi mjesečnih oborina i protoka za razdoblje 1961.-1985. Također se upotrebljavaju i podaci prizemnog tlaka sa šireg europsko-atlantskog područja. Rezultati pokazuju da postoji čvrsta korelativna veza između oborina i protoka, osim za hidrološku postaju koja je neposredno ispod jezera Peruća. Također je utvrđena veza ovih parametara sa spomenutim poljem tlaka zraka. Tako, prognoza polja tlaka može se upotrijebiti za procjenu oborina i protoka na promatranom slivu.

KLJUČNE RIJEČI: Cetina, oborine, protoke, prognoza

An Analysis of Precipitations and Discharge on the Cetina River

ABSTRACT: The main objective of this study is to establish a relation between monthly precipitation and discharge field over the Cetina River basin. For that purpose, the Principal Component Analysis (PCA) technique is used as well as time series of monthly precipitation and discharge for the period 1961-1985. In addition, the European-Northern Atlantic surface pressure data are used. The results indicate a high correlation between precipitation and discharge except for the hydrological station immediately downstream the Peruća reservoir. Also, a correlation between these parameters with said air pressure field is indicated. So, the forecasts of pressure field can be used for estimation of precipitation and discharge over considered river basin.

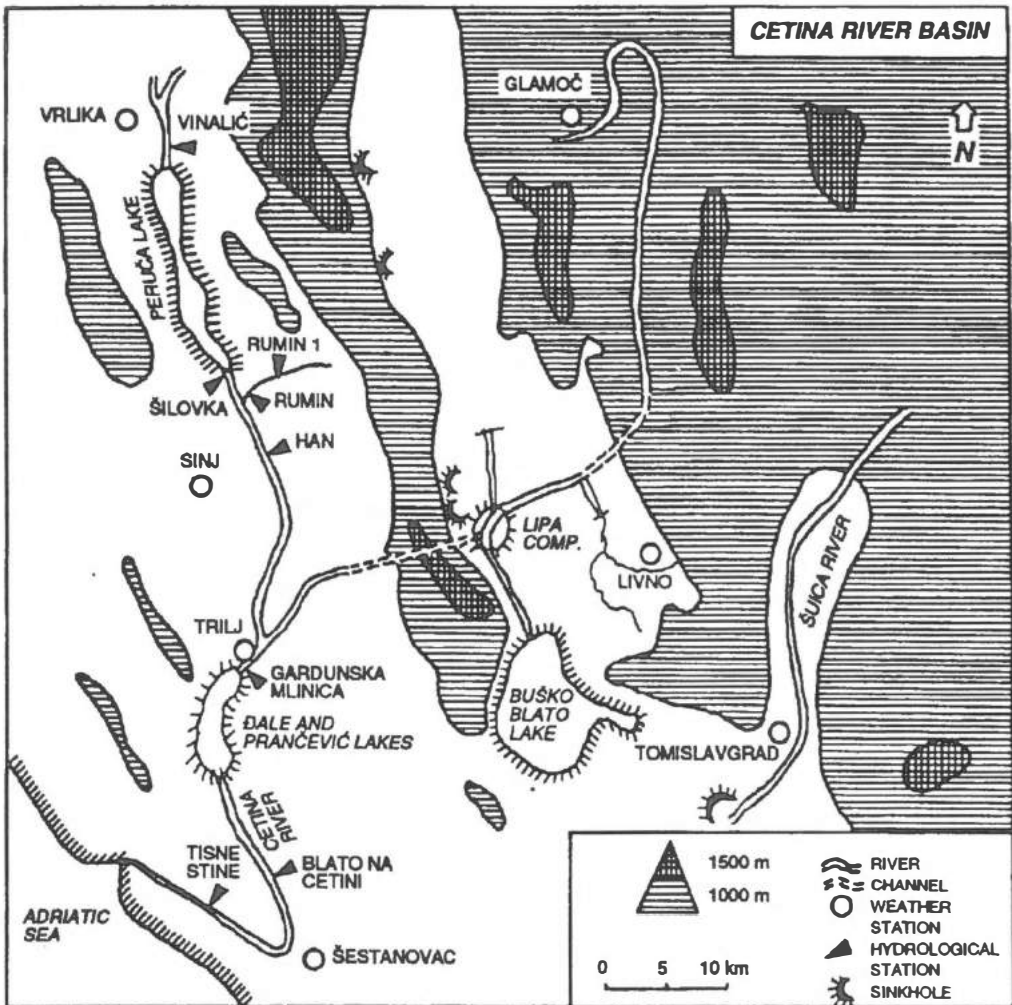
KEY WORDS: the Cetina, precipitation, discharge, forecast

1. Uvod

Područje krša vrlo je specifično s hidrološke točke gledišta (Srebrenović, 1986; Bonacci, 1987). Jedna od osnovnih karakteristika je vodna propusnost. Zbog toga postoje poteškoće pri izračunavanju vodne bilance na takvom području. Također je teško definirati hidrološke granice slivova rijeka na takvim područjima koja obiluju podzemnim vodotocima.

Istočna obala Jadrana je također bogata kršem. Tome području pripada sliv rijeke Cetine, koji ima razvijenu podzemnu i slabo razvijenu površinsku hidrografiju. Zbog toga je i hidrološka granica toga sliva slabo definirana, a Cetina se vodama prihranjuje s horizonata kraških polja, smještenih u planinskom zaleđu (slika 1).

dr. Krešo Pandžić, dipl. ing. fiz. i mr. Ksenija Cesarec, dipl. ing. fiz.
Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb
mr. Branko Grgić, dipl. ing. građ., Hrvatska elektroprivreda, Split



Slika 1. Razdioba meteoroloških i hidroloških postaja na slivu rijeke Cetine
 Figure 1. Distribution of weather and hydrological stations over the Cetina river basin

Postavlja se pitanje kakva je veza između mjesečnih oborina i srednjih mjesečnih protoka na ovako problematičnom području. Neke naznake mogu se uočiti u radovima Pandžića i Trninića (1991,1992) u kojima se razmatra sličan problem za sliv rijeke Kupe. Iako je i sliv Kupe dijelom kršovit, utvrđena je čvrsta veza između oborina i protoka na cijelom njegovom području. Stoga, treba očekivati da će veza između ovih parametara na slivu Cetine također biti značajna.

2. Metoda

U statističkom smislu ovdje se raspoloživo s tri skupine varijabli (polja): oborine, protoke i prizemni tlak. One se nazivaju i manifestnim varijablama. Uz pretpostavku da su pojedine varijable iz skupine međusobno u korelaciji, može se postaviti pitanje uzroka te povezanosti. Odgovor na to pitanje može dati komponentna analiza (PCA) tih varijabli. Prilikom te analize utvrđuju se nove varijable uzročnice (faktori) koje se zovu glavne komponente. Pomoću njih može se u određenoj mjeri objasniti poveza-

nost polaznih varijabli. Pritom se rabe pojmovi: komponentna opterećenja i komponentni bodovi. Prvi su mjera povezanosti glavnih komponenata sa svakom polaznom varijablom i drugi su mjera intenziteta samih glavnih komponenata (Preisendorfer, 1988; Pandžić i Kisegi, 1990).

Obično je broj signifikantnih glavnih komponenata, koje opisuju polje polaznih varijabli, znatno manji od broja polaznih varijabli što olakšava njihovu analizu. Nadalje, glavne se komponente mogu upotrijebiti za grupiranje (tipizaciju) polaznih varijabli u homogene gupe (tipove). Konačno, dobiveni tipovi mogu se upotrijebiti u procjeni jednog skupa polaznih varijabli na osnovi drugog.

3. Podaci

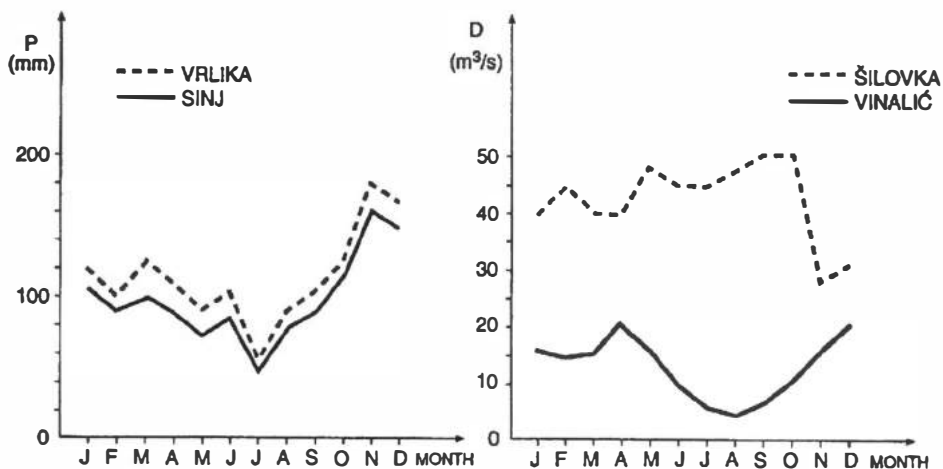
Upotrebljavaju se tri skupine podataka: mjesečne količine oborine, srednje mjesečne vrijednosti protoka za područje sliva Cetine i srednje mjesečne vrijednosti tlaka zraka za šire europsko-atlantsko područje. Svi se odnose na razdoblje 1961.-1985. Oborine se promatraju za 7 postaja, protoke za 8 (slika 1), a vrijednosti tlaka promatraju se na mreži 12x19 točaka.

4. Rezultati

Mogu se promatrati dvije vrste veze između meteoroloških i hidroloških polja: prva, koja se odnosi na njihov godišnji režim i, druga, na njihove anomalije (odstupanja od godišnjega hoda). Šhodno tome, razmatrit će se odvojeno dvije skupine rezultata.

a) Godišnji hod

Kako ovo područje pripada sjeveroistočnome dijelu Sredozemlja, njegova klimatska obilježja u skladu su s tim položajem. Naime, godišnji hod oborine ima oblik karakterističan za šire područje: maksimum je u zimskom i minimum u ljetnom dijelu godine (Penzar i Penzar, 1982; Maheras, 1985; Pandžić, 1988.).



Slika 2. Godišnji hod mjesečnih oborina i protoka na slivu rijeke Cetine
 Figure 2. Annual regime of monthly precipitation and discharge for some stations of the Cetina river basin

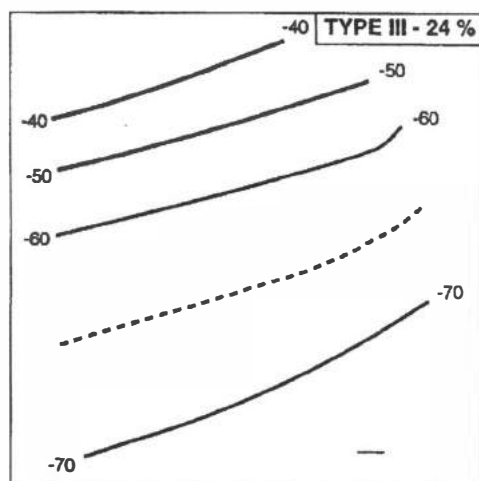
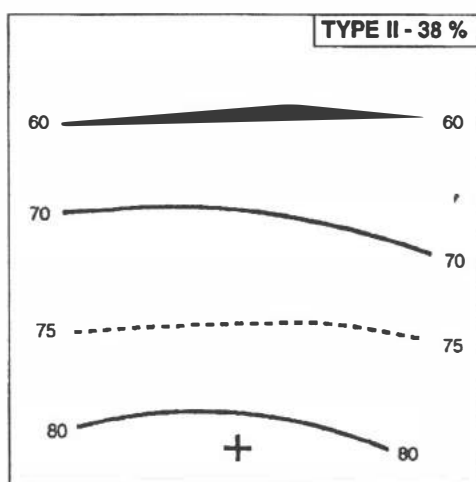
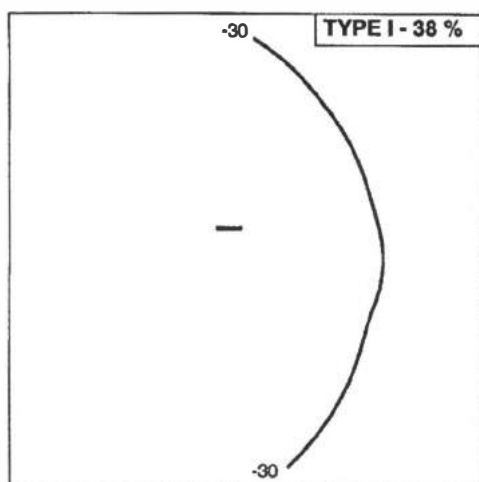
Zaista, gornje pretpostavke mogu se potvrditi rezultatima prikazanim na slici 2a. Sa slike je vidljivo da dvije, razmjerno bliske meteorološke postaje na slivu (Vrlika i Sinj), imaju sličan godišnji oborinski ciklus. Maksimum oborina je u studenom, a minimum u srpnju. Taj ciklus može se objasniti čestinom prolaska ciklona po van Bebberovim stazama (Pandžić, 1988.).

Za dvije hidrološke postaje blizu meteoroloških, godišnji hod bi trebao biti sličan (Pandžić i Trninić, 1991.). Međutim, to nije slučaj (slika 2b). Uzrok tomu je utjecaj čovjeka preko regulacije vode u jezeru Peruća, na što će se ukazati i kasnije.

b) Anomalije

Osim analize godišnjega ciklusa, za dobivanje potpunije slike o vremensko-prostor-nim karakteristikama promatranih polja korisno je razmatrati njihova odstupanja od njega, tj. anomalije. Za tu svrhu može se upotrijebiti metoda glavnih komponentata.

Primjenom te metode, analognim postupkom kao u radu Pandžića i Kisegija (1990b) dobivena su tri signifikantna tipa anomalija za svako promatrano polje varijabli. Prvi i treći oborinski tip odnose se na slučaj kada je oborina ispod višegodišnjeg prosjeka na cijelom slivu, a treći tip sadrži pozitivne anomalije (slika 3).

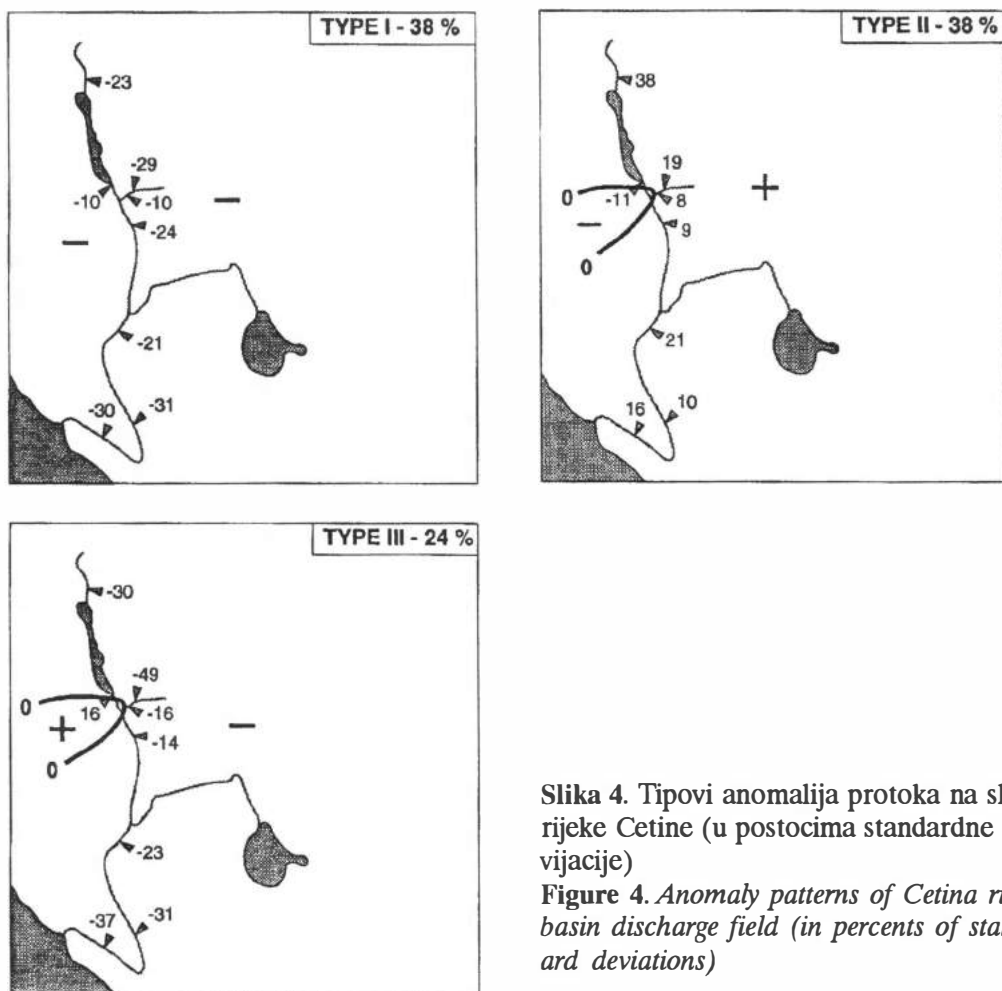


Slika 3. Tipovi anomalija oborine na slivu rijeke Cetine (u popostocima standardne devijacije)

Figure 3. Anomaly patterns of Cetina river basin precipitation field (in percents of standard deviations)

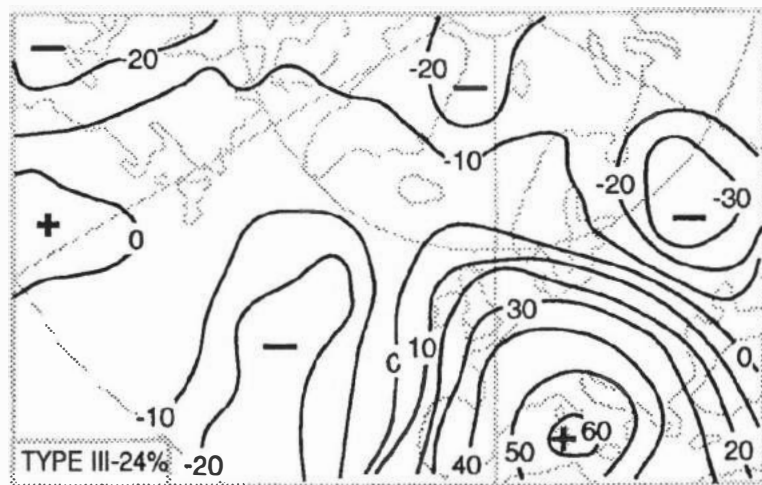
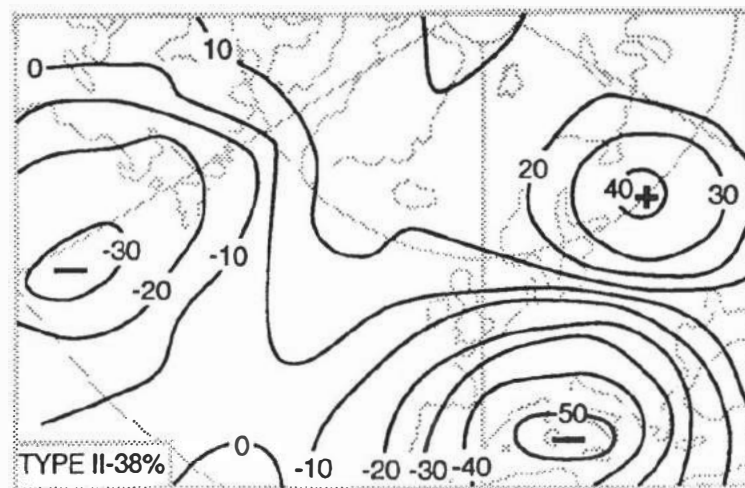
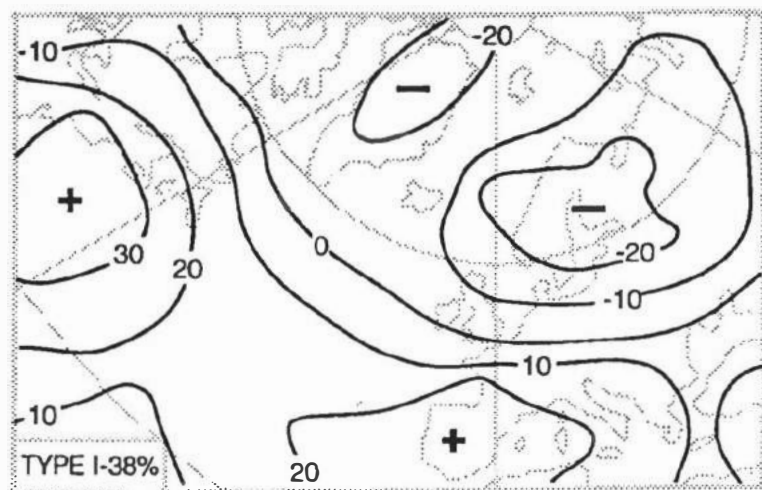
Odgovarajuće anomalije protoka predstavljene su na slici 4. One su dobivene oborinskom tipizacijom. Stoga se može tvrditi da negativnom (pozitivnom) oborinskom tipu pripada negativan (pozitivnan tip protoka). Izuzetak je hidrološka postaja Šilovka, koja ima suprotan predznak anomalija kod drugoga i trećega tipa. To je posljedica regulacije protoka na brani Peruća. Moglo bi se zaključiti, prema tim rezultatima, da se voda akumulira u tome jezeru za vrijeme kišnijeg, a eksploatira za vrijeme sušnijeg razdoblja kada je smanjena mogućnost eksploatacije manjih akumulacija na slivu.

Posljednji korak ovoga proučavanja je izračunavanje anomalija prizemnog tlaka na europsko-atlantskom području. Rezultati su predstavljeni na slici 5. Vidljivo je da negativnim oborinskim anomalijama oborina i protoka na slivu odgovara razdioba pozitivnih anomalija tlaka zraka na Sredozemlju, a pozitivnim anomalijama tih polja odgovaraju negativne anomalije tlaka. To je svakako u uskoj vezi s čestinom anticiklona odnosno ciklona na tome području.



Slika 4. Tipovi anomalija protoka na slivu rijeke Cetine (u postocima standardne devijacije)

Figure 4. Anomaly patterns of Cetina river basin discharge field (in percents of standard deviations)



Slika 5. Tipovi anomalija površinskog tlaka zraka na europsko-atlanskom području (u postocima standardne devijacije)

Figure 5. Anomaly patterns of European-Northern Atlantic surface pressure field (in percents of standard deviations)

5. Zaključak

Godišnji hod oborina na slivu Cetine ima karakteristike prepoznatljive za šire područje dijela Sredozemlja kojemu pripada. Naime, ističe se jesenski maksimum i ljetni minimum. Sličan oblik imaju i protoke, osim na postajama gdje je utjecaj ljudske regulacije znatan, tj. neposredno ispod jezera Peruće.

Dobivena su tri tipa anomalija oborina i protoka: dva negativna i jedan pozitivan. Protoke u dobroj mjeri prate oborine po predznaku, osim na postaji Silovka, na kojoj je utjecaj regulacije vode u jezeru Perući izrazit.

Konačno, gornjim tipovima oborina i protoka odgovaraju određeni tipovi anomalija tlaka zraka na europsko-atlantskom području. Stoga, prognoza tlaka zraka mogla bi se upotrijebiti za procjenu anomalija navedenih parametara. To bi, nadalje, omogućilo planiranje gospodarenja vodama na slivu. Analogan postupak bi se mogao primijeniti i na kraća vremenska razdoblja za koja su već danas dostupna prognostička polja tlaka zraka.

Rezultati pokazuju da je moguća uspješna primjena metode glavnih komponenata za proučavanje veze između meteoroloških i hidroloških parametara na slivu rijeke Cetine.

Literatura

- Bonacci, O., 1986: Karst hydrology. Springer Verlag, Amsterdam, 184 pp.
- Maheras, P., 1985: A factorial analysis of Mediterranean precipitation. Arch. Met. Gephys. Bioklimatol. SER. B, 36, 1-14.
- Pandžić, K., 1988: Principal component analysis of precipitation in the Adriatic-Pannonian area of Yugoslavia. J. Climatol. ,8, 357-370.
- Pandžić, K. and M. Kisegi, 1990a: Principal component analysis of a local temperature field within the global circulation. Theor. Appl. Climatol., 41, 177-200.
- Pandžić, K. and M. Kisegi, 1990b: Principal component analysis of a local precipitation field within the global circulation. Beitr. Phys.
- Pandžić, K. and D. Trninić, 1991: Principal component analysis of the annual regime of hydrological and meteorological fields in a river basin. Int.J.Climatol.,11, 990-922.
- Pandžić, K. and D. Trninić, 1992: Principal component analysis of a river basin discharge and precipitation anomaly fields associated with the global circulation. J.Hydrol., 132, 343-360.
- Penzar, B. and I. Penzar, 1982: Presentation of Croatian precipitation annual regime by means of Koppen's scheme (in Croatian). Radovi (Zagreb), 17, 3-9.
- Preisendorfer, R.W., 1988: Principal component analysis in meteorology and oceanography. Elsevier, Amsterdam, 425 pp.
- Srebrenović, D., 1986: Applied hydrology (in Croatian). Tehnička knjiga, Zagreb. 509 pp.

"BOVJE"

41000 ZAGREB, Ilica 54
tel/fax 01 433 578

BOVJE je prvi proizvođač uređaja za dezinfekciju voda u Republici Hrvatskoj. Na osnovi dugogodišnjeg iskustva razvijeni su vlastiti uređaji otopinskih i plinskih klorinatora, koji su ugrađeni i provjereni u praksi u mnogim komunalnim i industrijskim vodovodima širom Hrvatske.

Uz proizvodnju **BOVJE** izvodi montažu, servis i održavanje svojih uređaja, uređaja i opreme drugih proizvođača.

PROIZVODNI PROGRAM KLORINATORA

- otopinski klorinatori kapaciteta: 50 - 100 - 300 lit.
- plinski klorinatori s ručnim, poluautomatskim i automatskim doziranjem.

Uz vlastitu proizvodnju **BOVJE** je zastupnik za Hrvatsku njemačke tvrtke vrhunske tehnologije **"ALLDOS" Dosiertechnik** i proizvodnog programa:

- membranske dozirne pumpe
 - M 205 0,2 - 14 lit/h max 10 BAR
 - M 220 7,0 - 400 lit/h max 10 BAR
- dozirne pumpe visoke tehnologije:
 - KM 257 5,0 - 1.150 lit/h max 25 BAR
 - KM 287 5,0 - 220 lit/h max 200 BAR
 - HKM 270 1.000 - 4.000 lit/h max 8 BAR
- vaakum klorinatori:
 - C 105 max 4.000 gr CL₂/h
 - V 107/ V 115 max 10.000 gr CL₂/h
 - V 120/ V 130 max 200 gr CL₂/h
- klordioksid:
 - C 164 max 500 gr CLO₂/h
 - C 165 max 2.350 gr CLO₂/h

OBRATITE NAM SE SA PUNIM POVJERENJEM

vL. FRANJO TRUMBETAŠ



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Mirko Orlić

R 3-07

Vodostaj Jadranskoga mora i klima

SAŽETAK: *U radu se istražuje mijenjanje razine Jadranskog mora na osnovi srednjih mjesečnih vodostaja zabilježenih u Rovinju, Bakru, Splitu i Dubrovniku u posljednjih četrdesetak godina. Usporedba anomalija vodostaja i anomalija tlaka zraka, registriranih u Puli, Rijeci, Splitu i Dubrovniku, ukazuje na statistički jasnu povezanost: promjeni tlaka zraka od 1 mbar odgovara promjena vodostaja od oko 2 cm. Utvrđena regresijska veza omogućava korekciju izgladenih anomalija vodostaja te pouzdanije utvrđivanje dugogodišnjih pomaka razine mora. Analiza trenda unutar 30-godišnjeg kliznog otvora pokazuje da se tijekom proteklih četrdesetak godina u Jadranu očitivalo (a) globalno uzdizanje razine mora, (b) regionalni pomaci površine mora te (c) lokalni tektonski procesi. Pri tome se srednje- i južnojadransko priobalje uzdizalo, u odnosu prema sjeverno-jadranskoj obali, brzinom od oko 1 mm/a, a regionalno usporavanje dominiralo je nad mogućim globalnim ubrzanjem porasta vodostaja.*

KLJUČNE RIJEČI: *Razina mora, tlak zraka, Jadran, klimatske fluktuacije, klimatske promjene.*

Adriatic Sea Level and Climate

ABSTRACT: *The paper investigates the Adriatic sea-level changes on the basis of monthly mean sea levels registered in Rovinj, Bakar, Split and Dubrovnik over the last forty odd years. A comparison of sea-level and air-pressure anomalies recorded in Pula, Rijeka, Split and Dubrovnik reveals a statistically significant relationship: a 1 mbar air pressure change corresponds to a 2 cm sea-level change. The relationship enables smoothed sea-level anomalies to be corrected and, consequently, long term sea-level changes to be determined more reliably. An analysis of trends over a 30-year sliding window shows that during the past forty odd years three processes were at work in the Adriatic area (a) global sea-level rise, (b) regional sea-level change, and (c) local tectonic movements. The analysis also reveals that the central and south Adriatic coast was rising relatively to the north Adriatic coast at a 1 mm/a mean speed, whereas the regional deceleration dominated over a possible global acceleration in the sea-level raise.*

KEY WORDS: *sea level, air pressure, the Adriatic, climatic fluctuations, climatic changes*

1. Uvod

Od sredine 18. stoljeća porasla je u atmosferi koncentracija tzv. plinova staklenika (ugljkova dioksida, metana, dušikova oksida, klorofluorouglijaka...), poglavito zbog industrijskog razvoja. Plinovi staklenika propuštaju kratkovalno Sunčevo zračenje koje stiže na Zemlju, ali apsorbiraju dugovalno zračenje što ga odašilje Zemlja. Porast koncentracije tih plinova implicira zadržavanje topline uz površinu Zemlje, tj. pojačavanje efekta staklenika. U posljednjih 100 godina temperatura zraka pri površini Zemlje povisila se za oko 0,5°C. Međutim, to je moglo biti uzrokovano raznim procesima, a ne samo izmijenjenim efektom staklenika. Klimatolozi očekuju da će promjene u efektu staklenika postati vidljivije tijekom idućih 50 godina, kad bi se temperatura zraka trebala povisiti za još najmanje 1°C (Houghton et al., 1990.).

Među pojavama do kojih dovode promjene temperaturnih prilika pri površini Zemlje, izdvaja se zagrijavanje i termalno širenje mora kao i otapanje ledenjaka, što je pak uzrokom porasta srednjeg vodostaja mora i oceana. Utvrđeno je da se razina mora i oceana tijekom proteklog stoljeća uzdizala brzinom od 1 do 2 mm/a. Prognoze najavljuju znatno ubrzanje u budućem porastu vodostaja. Najvjerojatnijim se smatra uzdizanje razine mora od oko 60 cm do 2100. godine (Woodworth, 1993.), što odgovara brzini porasta od barem 5 mm/a.

Mogućnost takvih promjena zabrinjava mnoge države, kojima bi poplave mogle ugroziti obale. To je bilo povodom da se širom svijeta istraže dosadašnja mijenjanja vodostaja i da se provjeri jesu li već započele promjene koje bi se mogle pripisati čovjekovom utjecaju. Nedavno provedena takva analiza za postaju Bakar, na kojoj je prikupljen najdulji niz uniformnih mareografskih podataka u Hrvatskoj, dala je iznenađujući rezultat: na toj je postaji zabilježeno *usporavanje* uzdizanja razine Jadranskoga mora prema kopnu (Orlić i Pasarić, 1994.). Svrha je ovoga rada da se taj zaključak provjeri pomoću podataka s drugih postaja koje u Hrvatskoj raspolažu relativno dugim vremenskim nizovima vodostaja (Rovinj, Split, Dubrovnik). Nadalje, dat će se preliminarna interpretacija dobivenog rezultata, a ujedno i razmotriti je li opravdan optimizam koji on izaziva.

2. Podaci

Osnova za istraživanje vodostaja mora su mareografski podaci. Okosnicu mareografske mreže u Hrvatskoj čine četiri postaje sa zapisima koji su dugi četrdesetak i više godina: Rovinj (1955.-), Bakar (1929.-1939., 1949.-), Split (1929.-1941., 1954.-) i Dubrovnik (1954.-). Ovdje treba naglasiti da bakarski podaci za prva tri mjeseca 1951. godine nisu pouzdani (Orlić i Pasarić, 1994). Nadalje, splitski podaci prikupljeni prije i nakon Drugog svjetskog rata nisu usporedivi. Naposljetku, dubrovačka postaja prve je dvije godine radila s mnogim prekidima, a morala je biti isključena i za vrijeme najjačih napada na Dubrovnik zimi 1991/92. godine.

Uz izuzetke koji su upravo navedeni, sve četiri odabrane postaje uredno su održavane i - što je posebno važno za analizu koja će se provesti - instrumenti su baždareni jednom do dva puta godišnje. Ulazni podaci za ovaj rad bili su srednji mjesečni vodostaji, pohranjeni u Geofizičkom zavodu u Zagrebu (Bakar 1951.-1993.) i Državnom hidrografskom institutu u Splitu (Rovinj 1955.-1992., Split 1954.-1992., Dubrovnik 1956.-1991.). Treba spomenuti da su isti podaci arhivirani i u Permanent Service for Mean Sea Level (Birkenhead, Velika Britanija). Uvažavajući različita ograničenja

mehaničkih mareografa, kao i način obrade podataka, Orlić i Pasarić (1994) su procijenili da je preciznost određivanja mjesečnih srednjaka vodostaja ± 1 mm.

Za ovo istraživanje bili su potrebni i podaci o tlaku zraka prikupljeni u blizini postaja na kojima je mjereno vodostaj. Državni hidrometeorološki zavod u Zagrebu stavio je na raspolaganje mjesečne srednjake tlaka i temperature zraka za postaje Pula, Rijeka, Split i Dubrovnik. Odabrani su vremenski intervali za koje su mareografski podaci bili upotrebljivi; s izuzetkom pulske postaje čiji su podaci bili dostupni samo do kraja 1990. godine. Iz izvornih meteoroloških podataka određene su srednje mjesečne vrijednosti tlaka zraka pri površini mora.

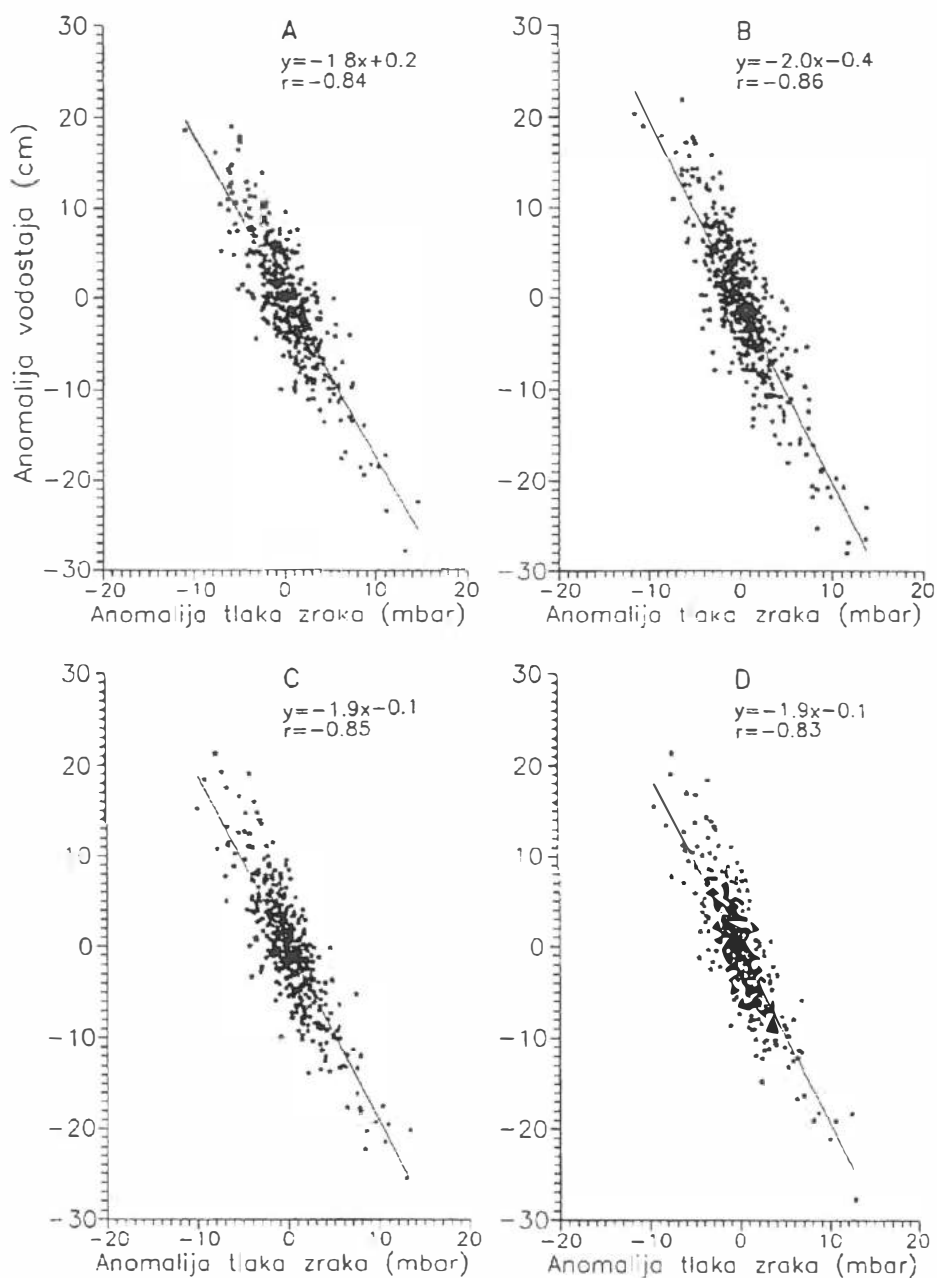
Prije nego što se pristupilo analizi mareografskih i barografskih podataka, provjerena je njihova kvaliteta tako da su izračunate razlike simultanih vrijednosti zabilježenih na svim parovima postaja. Postupak je ukazao na pojedina značajna odstupanja na postajama Rovinj (veljača i ožujak 1958.), Bakar (veljača 1983.) i Pula (listopad 1960.). Te su vrijednosti nadomještene iznosima dobivenim na osnovi podataka sa susjednih postaja, upotrebom linearnih regresijskih veza utvrđenih za parove postaja.

3. Fluktuacije vodostaja

U vremenskim nizovima mjesečnih srednjaka vodostaja i tlaka zraka može se uočiti godišnji ciklus koji varira iz godine u godinu. Pogodni način analize takvih nizova jest da se odredi prosječni godišnji hod kao i odstupanja od tog hoda - tzv. anomalije. Usporedba prosječnih godišnjih hodova tlaka zraka i vodostaja ne pokazuje neku korespondenciju. Naime, prosječne promjene u moru uzrokovane su ne samo utjecajem tlaka zraka, već i djelovanjem vjetra te protoka topline i vlage iz atmosfere i s kopna, a ti faktori nisu uvijek i svugdje međusobno povezani.

Promatraju li se, međutim, anomalije, korespondencija je meteoroloških i oceanografskih veličina očigledna. Slika 1 prikazuje rezultat regresijske analize za četiri lokacije duž hrvatske obale Jadrana (Pula - Rovinj, Rijeka - Bakar, Split i Dubrovnik). Na svim je lokacijama dobivena regresijska veza koja je statistički signifikantna na 99-postotnoj razini. Porastu (smanjenju) tlaka zraka od 1 mbar odgovara smanjenje (porast) vodostaja od oko 2 cm. To je znatno više nego što predviđa tzv. ravnotežna teorija, prema kojoj bi odnos trebao biti 1 mbar - 1 cm. Jedan od mogućih razloga takvoga odstupanja je rezonantni prijenos energije iz atmosfere u more, no teorijske analize ne pokazuju da taj proces djeluje u Sredozemlju (Malačić i Orlić, 1993.). Drugo, vjerojatnije objašnjenje, jest da na more ne utječe samo tlak zraka, već i drugi faktori (npr. vjetar), koji su s njim povezani.

Posebnu pozornost na Slici 1 privlače veće anomalije tlaka zraka i vodostaja. Detaljna analiza u vremenskoj domeni pokazuje da je jedan niz izuzetnih anomalija zabilježen od kraja 1988. godine. Tada je srednji mjesečni vodostaj pao ispod prosjeka i, osim u jesenskim mjesecima, zadržao se na niskim vrijednostima do kraja promatranog razdoblja. U vodostajima se pritom ogledala dominacija anticiklonalnih stanja nad Jadranom i Sredozemljem. A ova su se pak mogla dovesti u vezu s anomalno niskim temperaturama površine mora, posebice u sjeverozapadnom Atlantiku (Orlić, 1990; Pasarić i Orlić, 1992; Orlić i Pasarić, 1994.). Takvo daljinsko djelovanje u skladu je s rezultatima empirijskih i teorijskih istraživanja, koja su pokazala da pojava anomalno hladne vode u blizini Newfoundlanda zimi pogoduje stvaranju perzistentne anticiklone u području Europe (Palmer, 1986.).



Slika 1. Rezultat regresijske analize anomalija tlaka zraka zabilježenih u Puli (A), Rijeci (B), Splitu (C) i Dubrovniku (D), te anomalija vodostaja registriranih u Rovinju (A), Bakru (B), Splitu (C) i Dubrovniku (D). Razdoblja za koja su analizirani podaci navedena su u tekstu.

Figure 1. Result of the regression analysis of the air-pressure anomalies recorded at Pula (A), Rijeka (B), Split (C) and Dubrovnik (D), and sea-level anomalies registered at Rovinj (A), Bakar (B), Split (C) and Dubrovnik (D). Intervals covered by the data are given in the text.

4. Promjene vodostaja

Kako je već rečeno u uvodu, od posebnog je interesa u ovome radu trend promjene vodostaja. Da bi se taj trend istražio, a ujedno razmotrila i moguća ubrzavanja/usporevanja, definiran je 30-godišnji klizni otvor i smjer je prilagođavan podacima unutar tog otvora. Postupak je proveden, kako na izgladenim anomalijama vodostaja, tako i na anomalijama vodostaja koje su izgladene i, uz to, korigirane uvažavanjem lokalnog meteorološkog efekta. Rezultat dobiven za četiri promatrane lokacije prikazan je na Slici 2.

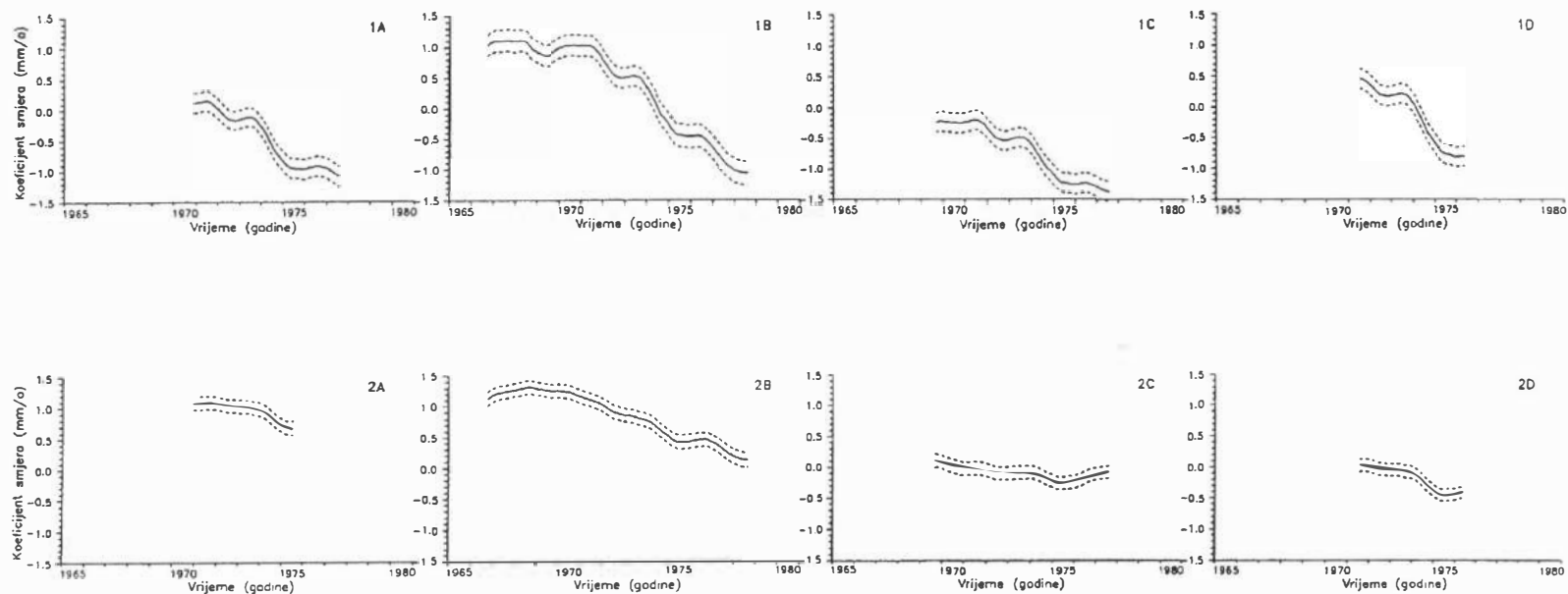
Lijepo se vidi da su raspon dobivenih koeficijenata smjera i pripadne standardne greške manji za korigirane negoli za nekorrigirane podatke. Međutim, svi nizovi ukazuju na opadanje koeficijenata smjera u vremenu. Time je pokazano da je realno usporavanje u uzdizanju razine mora prema kopnu, prethodno uočeno na bakarskoj mareografskoj postaji (Orlić i Pasarić, 1994.). Ujedno, otvorena je mogućnost da se analiziraju prostorne razlike u relativnim pomacima mora prema kopnu.

Kako pokazuje Slika 2 za korigirane podatke, postoje znatne razlike između Pule - Rovinja i Rijeke - Bakra s jedne strane, te Splita i Dubrovnika s druge strane. Na prve dvije lokacije mora se uzdizalo prema kopnu, a vremenske promjene očitovale su se u usporavanju tog uzdizanja. Na druge dvije lokacije mora je veći dio vremena opadalo relativno prema kopnu, a s vremenom je došlo do intenziviranja toga procesa. Takva bi se opažanja mogla objasniti superpozicijom triju gibanja: globalnim odmicanjem površine mora od središta Zemlje (Woodworth, 1993.), regionalnim pomicanjem razine mora te lokalnim tektonskim pomacima određenim u odnosu na središte Zemlje. Priroda mareografskih mjerenja onemogućava da se odrede apsolutne brzine tih gibanja, čak i ako se uvaži široko prihvaćena procjena da se globalno eustatsko uzdizanje odvija brzinom od 1 do 2 mm/a. Međutim, iz Slike 2 slijedi da se srednje- i južnojadransko priobalje uzdiže u odnosu na sjevernojadransku obalu brzinom od oko 1 mm/a. To je u skladu s procesima podvlačenja jadranske platforme pod Dinaride, koji su intenzivniji i praćeni jačom seizmičkom aktivnošću u srednjem i južnom negoli u sjevernom Jadranu (M. Herak, osobno priopćenje, 1995).

5. Zaključak

Na kraju, valja se vratiti problemu koji je izložen u uvodu, naime promjenama u brzini pomicanja razine mora. Pritom će se zanemariti lokalni tektonski pomaci, koji se u relativno kratkim razdobljima, za koja postoje mareografska mjerenja, po svoj prilici odvijaju konstantnom brzinom. U skladu s interpretacijom iznesenom u prethodnom poglavlju, u Jadranu se opažaju dva procesa: globalni porast vodostaja i regionalni pomaci razine mora. Činjenica da je opaženo usporavanje u porastu vodostaja jasno pokazuje da je globalno ubrzavanje, ako se uopće počelo zbivati, bilo nadjačano regionalnim usporavanjem.

Očigledno, da bi se mogli analizirati efekti globalnih klimatskih promjena u Jadranu, treba prethodno istražiti pomake razine mora na regionalnoj skali. Upotrebom regresijske analize relativno kratkih vremenskih nizova unutar 30-godišnjeg kliznog otvora ne može se doći do pouzdanih zaključaka o tim procesima. Razabire se tek da su u pitanju nelinearne promjene vodostaja u vremenu, da se te promjene očituju u cijelom Jadranu i da ih vjerojatno treba dovesti u vezu s nekim meteorološkim i/ili termohalnim efektima. Do sada opažene promjene brzine vezane uz regionalne procese - cca 1 mm/a tijekom desetak godina - izgledaju male u usporedbi s onima koje se očekuju na globalnoj skali. Međutim, bez pravog razumijevanja regionalne varijabilnosti nemoguće je predvidjeti hoće li se ti regionalni procesi nastaviti i tako kompenzirati globalni efekt, ili će globalne klimatske promjene tek ponešto ublaženo djelovati i na Jadran.



Slika 2. Koeficijenti smjera i pripadne standardne greške, određeni analizom trenda unutar 30-godišnjeg kliznog otvora. Postupak je proveden na izgladenim anomalijama vodostaja u Rovinju (A), Bakru (B), Splitu (C) i Dubrovniku (D), bez (1) i nakon (2) korekcije lokalnog meteorološkog efekta.

Figure 2. Slopes and corresponding standard errors, determined by an analysis of trends over a 30-year sliding window. The procedure was carried out on smoothed sea-level anomalies originating from Rovinj (A), Bakar (B), Split (C) and Dubrovnik (D), without (1) and after (2) correcting for the local meteorological effect.

Zahvala

Zahvaljujem mr Miroslavi Pasarić na pomoći pri obradi podataka. Ovo je istraživanje potpomognuto sredstvima Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske.

Literatura

- Houghton J. T., Jenkins G. J., Ephraums J. J. (eds): *Climatic Change - The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990, 365 pp.
- Malačić V., Orlić M.: On the origin of the inverted barometer effect at subinertial frequencies, *Il Nuovo Cimento*, 16 C, 1993, 265 - 288.
- Orlić M.: Planetarne klimatske promjene uzrokovale niski vodostaj Jadranskog mora, *Ekološki glasnik*, 1/7-8, 1990, 48 - 54.
- Orlić M., Pasarić M.: Vodostaj Jadranskog mora i globalne klimatske promjene, *Pomorski zbornik*, 32, 1994, 481. - 501.
- Palmer T. N.: Gulf Stream variability and European climate, *Meteorological Magazine*, 115, 1986, 291 - 297.
- Pasarić M., Orlić M.: Response of the Adriatic sea level to the planetary-scale atmospheric forcing, in Woodworth P. L. (ed): *Sea Level Changes - Determination and Effects*, Geophysical Monographs 69, American Geophysical Union, Washington, 1992, 29 - 39.
- Woodworth P. L.: A review of recent sea-level research, *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*, 31, 1993, 87 - 109.



HIDROPROJEKT - ING

PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE D.D.
ZAGREB, Draškovićeva 33 - 35
Telefon: 453-141, 453-146 • Telefaks: 415-408, 453-146

PROJEKTIRANJE I INŽENJERING

- Hidrotehnički objekti •
- Vodovod i kanalizacija naselja i industrije •
 - Objekti komunalnih djelatnosti ◦
 - Uredaji za kondicioniranje vode za piće ◦
- Uredaji za pročišćavanje otpadnih voda naselja i industrije ◦
 - Regulacija vodotoka ◦
 - Melioracija polja ◦
 - Plovni putovi i pristaništa ◦
 - Ekološki projekti ◦



1. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
Dubrovnik, 24. - 27. svibnja 1995.
ODRŽIVI RAZVOJ I UPRAVLJANJE VODAMA

Višnja Šojat i Dunja Borovečki

R 3-08

Kemijski sastav i svojstva oborine na meteorološkim postajama Rijeka, Senj i Šibenik

SAŽETAK: Razmatran je kemijski sastav i svojstva oborina, a u svezi s tim udio kiselih kiša i taloženje tvari u 1993. i 1994. godini. Na priobalnim meteorološkim postajama Rijeka Kozala (120 m n/v), Senj Lopica (26 m n/v) i Šibenik (77 m n/v) u prikupljenim dnevnim uzorcima oborina određeni su: ioni klorida, sulfata, nitrata, fluorida, amonijaka, natrija, kalija, kalcija i magnezija, zatim pH i električna provodljivost. Postaje Rijeka, Senj i Šibenik uključene su u svjetski monitoring preko Svjetske meteorološke organizacije (WMO) u svezi s provedbom programa praćenja globalnog onečišćenja zraka (GEMS, MED POL) (1, 2, 3, 4). Navedene postaje pokrivaju područje s razvijenom industrijom i prometom (Rijeka i Šibenik) područje sa slabo razvijenom industrijom, ali u ovim ratnim godinama pojačanim intenzitetom prometa (Senj). Rezultati ispitivanja pokazuju da je najveća učestalost kiselih kiša na području Rijeke oko 40%.

Ukupno godišnje taloženje sumpora na ispitivanom području višestruko prelazi kritične godišnje vrijednosti od 0,20 do 0,50 g/m² za taloženje na tlo i površinske vode (5). Godišnje taloženje dušika iz nitrata nalazi se unutar kritičnih vrijednosti od 1,0 do 2,0 g/m². Međutim, atmosferski unos ukupnog anorganskog dušika (iz nitrata i amonijaka) veći je od 2,0 g/m².

Kemijski sastav oborina, odnosno količina istaloženih tvari ovisi o klimatskim karakteristikama ispitivanog područja, godišnjem dobu, lokalnim izvorima emisije, količini i intenzitetu oborine i utjecaju daljinskog prijenosa (6, 7). Rezultati provedenih istraživanja već sada upozoravaju na onečišćenje atmosfere i neophodna su podloga za daljnje planiranje gospodarskog razvoja i izgradnje novih izvora emisije štetnih tvari.

KLJUČNE RIJEČI: kisele kiše (acid rain), taloženje (deposition)

Chemical Composition and Characteristics of Precipitations in Rijeka, Senj and Šibenik Raingauge Stations

ABSTRACT: Chemical composition and characteristics of precipitations, and participation of acid rains during 1993 and 1994 was analyzed. In daily samples of precipitations taken at the coastal raingauge stations Rijeka - Kozala (120 m a.s.l.), Senj - Lopica (26 m a.s.l.) and Šibenik (77 m a.s.l.) the presence was detected of chloride ions, sulphates, nitrates, fluorides, ammonia, sodium, calcium, potassium and magnesium, and pH and electric conductivity.

Mr. Višnja Šojat, dipl. inž. biotehn., načelnik odjela za zrak i
Dunja Borovečki, dipl. inž. kem., načelnik odjela za vode
Državni hidrometeorološki zavod RH, Zagreb

The stations in Rijeka, Senj and Šibenik are included in the global monitoring system through the World Meteorological Organization (WMO) with respect to implementation of the global air pollution monitoring system (GEMS, MED POL) - (1, 2, 3, 4). The subject stations cover the region with developed industry and traffic (Rijeka and Šibenik), and the region with poorly developed industry which, due to the war circumstances, has an increased traffic volume (Senj). The research results indicate that the highest incidence of the acid rains is in the Rijeka region, i.e. 40%.

Total annual sulphur deposition in the researched area exceeds the critical annual soil and surface water deposition amounts of 0.20 to 0.50 g/sq.m. by several times (5). Annual deposition of nitrogen from nitrates is within the critical amounts of 1.0 to 2.0 g/sq.m. However, the atmospheric ingress of total anorganic nitrogen (from nitrites and ammonia) exceeds 2.0 g/sq.m.

The chemical composition of precipitations, namely the amount of deposited substances depends on the climatic characteristics of researched area, season, local emission sources, amount and intensity of precipitations, and remote transportation effect (6, 7). The results of conducted research works are already warning of the atmospheric pollution. They are the valuable data for further planning of economic development and construction of new detrimental polluters.

KEY WORDS: acid rain, deposition

Uvod

Državni hidrometeorološki zavod prati onečišćenje zraka i oborina od 1971. godine (plinovite komponente i kemizam oborine) na meteorološkim i klimatološkim postajama u skladu s preporukama Svjetske meteorološke organizacije (WMO). Cilj praćenja je pronalaženje dugoročnih promjena razine globalnih koncentracija pojedinih štetnih tvari i uočavanja utjecaja na klimu i ekosisteme.

Od 1981. uz plinovite komponente, SO₂, NO₂, NH₃ i dim prikupljaju se i dnevni uzorci oborina. Na slici 1. prikazana je mreža postaja na području Hrvatske.

Ispiranjem onečišćenja iz atmosfere oborinom-mokro taloženje, uz atmosferski prisutno gravitacijsko taloženje, izaziva izravne i posredne utjecaje na čovjeka, ekosisteme šuma i voda te biosferu (8, 9, 10, 11). U pojedinim ekosistemima ima mnogo primjera jačeg zakiseljavanja tla koje je bilo pod utjecajem velike količine oborine(12).

Iz literature, poznati su podaci o kiselosti oborine na različitim područjima Zemlje. Tako je npr. kiselost oborine, tj. njezina pHvrijednost u područjima sjeverozapadne i zapadne Europe i u ugroženim područjima SAD- a između 3 i 5. Čista oborinska voda, koja je u ravnoteži s atmosferskim ugljičnim dioksidom (330 ppm), ima pHvrijednost 5,6. Oborine koje imaju nižu od te pHvrjednosti nazivamo kiselim kišama (13, 14).

U 1993. godini u Hrvatskoj je najkiselija kiša pala na području Rijeke (studeni, pH 3,2).

Materijali i metode

Na tri postaje Rijeka, Senj i Šibenik prikupljani su dnevni uzorci oborina tzv. "bulk" metodom (polietilenska boca i lijevak) u meteorološkom terminu od 07 sati prvoga dana do 07 sati sljedećega dana. Određivani su sastav i svojstva oborine: kiselost oborine – pH vrijednost, električna provodljivost, kloridi, nitrati, amonijak, fluoridi, natrij, kalij, kalcij i magnezij. Ovisno o svrsi ispitivanja, program mjerenja proširuje se na određivanje metala: aluminijska, olova, kadmija, žive, bakra, cinka, nikla, željeza, mangana i drugih.



Slika 1. Mreža postaja za praćenje onečišćenja zraka
 Figure 1. Air and precipitation quality stations network

Kemijski sastav uzoraka određen je standardnim metodama za analizu oborine koje preporučuje Svjetska meteorološka organizacija radi usaglašavanja metoda na svjetskoj razini i usporedivosti podataka (15, 16, 17, 18). Za izračunavanje dnevnoga taloženja koristili smo se podacima o količini oborine na meteorološkim postajama (19).

Rezultati i rasprava

Onečišćenje je promatrano s obzirom na kiselost oborine te s obzirom na suho i mokro taloženje tvari. Taloženje tvari u ovisnosti o količini oborine prikazano je po godišnjim dobima u tablicama 1. i 2.

Godišnji udio kiselih kiša i raspon pH vrijednosti dnevnih uzoraka nalazi se u tablici 3.

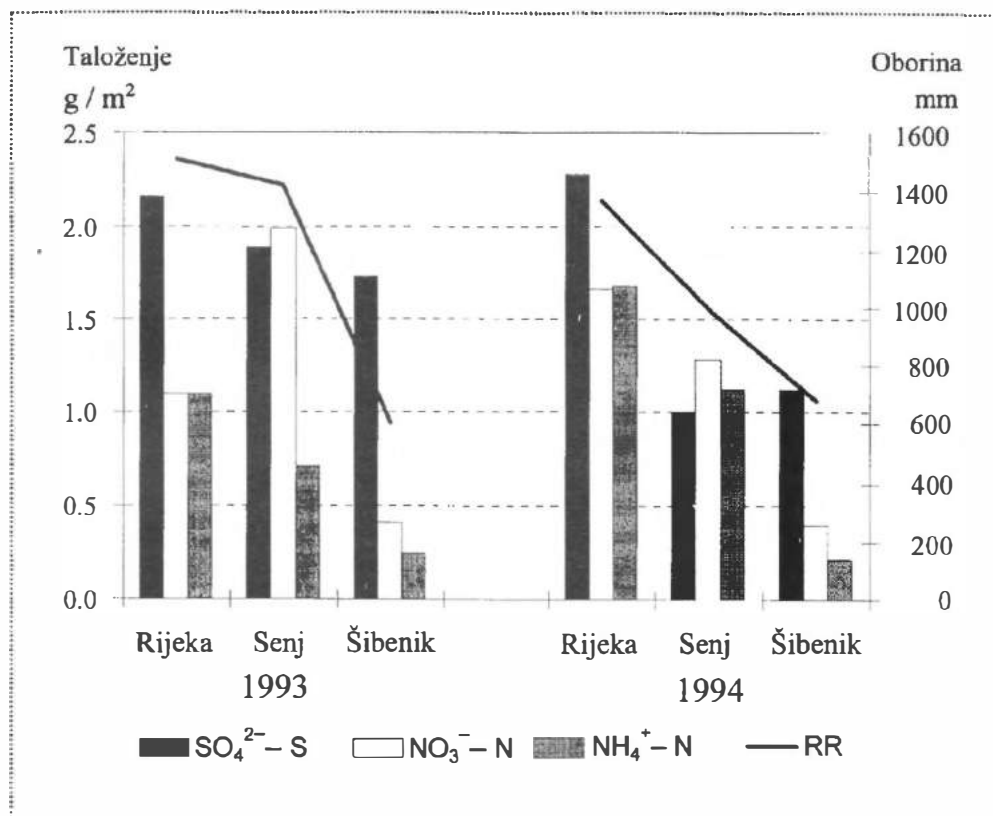
Tablica 1. Ukupno sezonsko i godišnje taloženje glavnih iona u oborini u Rijeci, Senju i Šibeniku za 1993. godinu, u g/m^2 **Table 1.** Total seasonal and annual deposition of major ions in precipitation at Rijeka, Senj and Šibenik for 1993, g/m^2 .

Sezona	Postaja	RR (mm) ukupna	RR (mm) analizirana	H ⁺ ($\times 10^{-3}$)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	F ⁻ ($\times 10^{-3}$)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Zima	Rijeka	70	66	1.69	0.23	0.25	0.17	0.15	2.65	0.20	0.08	0.20	0.09
	Senj	122	122	0.05	0.17	0.16	0.07	0.10	3.77	0.10	0.20	0.29	0.08
	Šibenik	67	31	0.01	0.24	0.43	0.11	0.09	8.63	0.15	0.07	0.11	0.04
Proljeće	Rijeka	259	250	1.15	0.30	0.35	0.21	0.33	6.57	0.13	0.25	0.29	0.07
	Senj	212	207	0.09	0.27	0.27	0.27	0.20	4.77	0.21	0.24	0.45	0.09
	Šibenik	77	32	0.01	0.55	0.50	0.12	0.05	2.32	0.10	0.12	0.36	0.05
Ljeto	Rijeka	408	403	2.13	0.94	0.94	0.32	0.23	5.05	0.93	1.31	0.50	0.19
	Senj	353	348	0.06	0.77	0.36	0.55	0.16	15.33	0.32	0.42	0.81	0.10
	Šibenik	103	32	0.03	0.79	1.38	0.16	0.16	8.98	0.36	0.33	2.26	0.36
Jesen	Rijeka	774	681	14.35	4.66	0.57	0.39	0.38	7.95	2.60	0.86	1.34	0.41
	Senj	735	734	0.26	2.99	1.10	1.11	0.24	6.93	1.46	0.68	2.00	0.31
	Šibenik	354	343	1.69	1.83	0.44	0.15	0.07	6.93	0.85	0.36	0.78	0.22
Godina	Rijeka	1512	1399	18.82	5.97	2.16	1.10	1.10	22.45	3.81	2.55	2.31	0.76
	Senj	1422	1411	0.46	4.21	1.89	1.99	0.71	30.72	2.11	1.53	3.56	0.58
	Šibenik	600	437	2.28	3.23	1.73	0.41	0.25	19.77	1.43	0.73	2.27	0.49

Tablica 2. Ukupno sezonsko i godišnje taloženje glavnih iona u oborini u Rijeci, Senju i Šibeniku za 1994. godinu, u g/m^2 **Table 2.** Total seasonal and annual deposition of major ions in precipitation at Rijeka, Senj and Šibenik for 1994, g/m^2 .

Sezona	Postaja	RR (mm) ukupna	RR (mm) analizirana	H ⁺ ($\times 10^{-3}$)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	F ⁻ ($\times 10^{-3}$)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Zima	Rijeka	292	286	7.52	1.64	0.46	0.34	0.25	6.17	0.85	0.28	0.79	0.15
	Senj	129	129	0.05	0.44	0.16	0.21	0.62	4.23	0.28	1.26	0.61	0.09
	Šibenik	169	142	0.08	0.27	0.39	0.11	0.05	7.62	0.19	0.13	0.49	0.05
Proljeće	Rijeka	300	288	1.65	0.69	0.94	0.68	0.67	9.14	0.50	0.70	1.08	0.14
	Senj	242	239	0.27	0.50	0.36	0.41	0.24	6.39	0.29	0.21	1.05	0.16
	Šibenik	199	165	0.04	0.25	0.17	0.13	0.05	11.61	0.24	0.10	0.71	0.08
Ljeto	Rijeka	346	337	0.52	1.46	0.43	0.28	0.37	8.74	0.93	0.66	0.77	0.14
	Senj	241	238	0.10	1.29	0.14	0.12	0.12	5.81	0.67	0.25	0.29	0.10
	Šibenik	104	89	0.02	0.40	0.20	0.05	0.07	3.36	0.18	0.16	0.45	0.05
Jesen	Rijeka	431	429	2.39	1.04	0.46	0.37	0.39	13.73	0.97	0.41	0.71	0.13
	Senj	378	378	0.71	1.54	0.33	0.54	0.13	11.81	0.37	0.41	1.41	0.22
	Šibenik	207	198	0.28	0.66	0.36	0.12	0.05	7.07	0.25	0.16	0.36	0.47
Godina	Rijeka	1370	1340	12.1	4.82	2.28	1.66	1.68	37.8	3.25	2.03	3.35	0.56
	Senj	990	984	1.14	3.77	1	1.28	1.12	28.3	1.61	2.14	3.37	0.57
	Šibenik	679	594	0.44	1.61	1.12	0.4	0.22	29.3	0.86	0.55	1.97	0.69

Na slici 2. prikazana je ovisnost godišnjeg taloženja iona sumpora (iz sulfata) i dušika (iz nitrata i amonijaka) o ukupnoj količini oborine na postajama Rijeka, Senj i Šibenik. U tablicama 1. i 2. uočljiva su odstupanja u ukupnoj i u analiziranoj količini kiše. Najveće odstupanje bilo je u Šibeniku u 1993. godini samo 72% kiše je analizirano. Do razlike dolazi iz objektivnih, a ponekad i subjektivnih razloga (pre mala količina prikupljenog uzorka za analizu, ratna zbivanja).



Slika 2. Ukupno godišnje taloženje sumpora (SO_4^{2-} S) i dušika (NO_3^- N, NH_4^+ N)
Figure 2. Total annual deposition of sulphur (SO_4^{2-} S) and nitrogen (NO_3^- N, NH_4^+ N)

Od promatranih gradova, Rijeka ima najveću učestalost kiselih kiša. U 1993. godini njihov udio iznosio je 42%, a u 1994. godini 38%. Atmosferski unos iona vodika kreće se u rasponu od 2,28 do 18,82 mg/m². Pojava kiselih kiša vjerojatno je potpomognuta strujnim i oborinskim režimom dotičnog područja (6, 7).

Posljedice kiselih kiša već su davno uočene na šumama Gorskog kotara i Plitvičkih jezera Čorkova uvala. Prema praćenju kemizma oborine na Plitvičkim jezerima od 1984. do 1991. godine udio kiselih kiša u pojedinim godinama iznosio je i više od 70% (10, 11, 20, 21). U Senju i u Šibeniku kiselih kiša bilo je znatno manje (17%). Najniža pHvrijednost izmjerena je u uzorcima oborine prikupljene u Šibeniku (3,86).

Višegodišnja istraživanja ukazuju da je čestina pojavljivanja, kao i kiselost oborina, najveća u hladnom dijelu godine, ali nije zanemariva niti u toplijem. Ta pojava je više izražena u kontinentalnom području i na sjevernom Jadranu nego na južnom Jadranu (21, 22, 23, 24, 25).

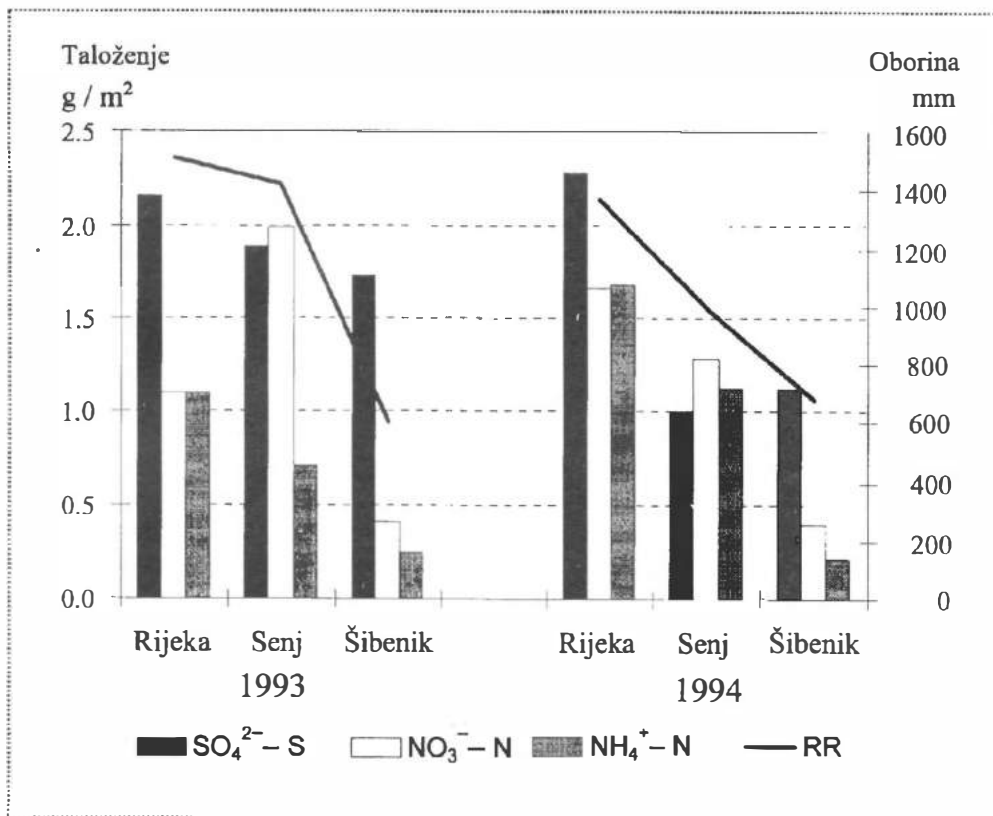
Tablica 1. Ukupno sezonsko i godišnje taloženje glavnih iona u oborini u Rijeci, Senju i Šibeniku za 1993. godinu, u g/m^2 **Table 1.** Total seasonal and annual deposition of major ions in precipitation at Rijeka, Senj and Šibenik for 1993, g/m^2 .

Sezona	Postaja	RR (mm) ukupna	RR (mm) analizirana	H ⁺ ($\times 10^{-3}$)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	F ⁻ ($\times 10^{-3}$)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Zima	Rijeka	70	66	1.69	0.23	0.25	0.17	0.15	2.65	0.20	0.08	0.20	0.09
	Senj	122	122	0.05	0.17	0.16	0.07	0.10	3.77	0.10	0.20	0.29	0.08
	Šibenik	67	31	0.01	0.24	0.43	0.11	0.09	8.63	0.15	0.07	0.11	0.04
Proljeće	Rijeka	259	250	1.15	0.30	0.35	0.21	0.33	6.57	0.13	0.25	0.29	0.07
	Senj	212	207	0.09	0.27	0.27	0.27	0.20	4.77	0.21	0.24	0.45	0.09
	Šibenik	77	32	0.01	0.55	0.50	0.12	0.05	2.32	0.10	0.12	0.36	0.05
Ljeto	Rijeka	408	403	2.13	0.94	0.94	0.32	0.23	5.05	0.93	1.31	0.50	0.19
	Senj	353	348	0.06	0.77	0.36	0.55	0.16	15.33	0.32	0.42	0.81	0.10
	Šibenik	103	32	0.03	0.79	1.38	0.16	0.16	8.98	0.36	0.33	2.26	0.36
Jesen	Rijeka	774	681	14.35	4.66	0.57	0.39	0.38	7.95	2.60	0.86	1.34	0.41
	Senj	735	734	0.26	2.99	1.10	1.11	0.24	6.93	1.46	0.68	2.00	0.31
	Šibenik	354	343	1.69	1.83	0.44	0.15	0.07	6.93	0.85	0.36	0.78	0.22
Godina	Rijeka	1512	1399	18.82	5.97	2.16	1.10	1.10	22.45	3.81	2.55	2.31	0.76
	Senj	1422	1411	0.46	4.21	1.89	1.99	0.71	30.72	2.11	1.53	3.56	0.58
	Šibenik	600	437	2.28	3.23	1.73	0.41	0.25	19.77	1.43	0.73	2.27	0.49

Tablica 2. Ukupno sezonsko i godišnje taloženje glavnih iona u oborini u Rijeci, Senju i Šibeniku za 1994. godinu, u g/m^2 **Table 2.** Total seasonal and annual deposition of major ions in precipitation at Rijeka, Senj and Šibenik for 1994, g/m^2 .

Sezona	Postaja	RR (mm) ukupna	RR (mm) analizirana	H ⁺ ($\times 10^{-3}$)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	F ⁻ ($\times 10^{-3}$)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Zima	Rijeka	292	286	7.52	1.64	0.46	0.34	0.25	6.17	0.85	0.28	0.79	0.15
	Senj	129	129	0.05	0.44	0.16	0.21	0.62	4.23	0.28	1.26	0.61	0.09
	Šibenik	169	142	0.08	0.27	0.39	0.11	0.05	7.62	0.19	0.13	0.49	0.05
Proljeće	Rijeka	300	288	1.65	0.69	0.94	0.68	0.67	9.14	0.50	0.70	1.08	0.14
	Senj	242	239	0.27	0.50	0.36	0.41	0.24	6.39	0.29	0.21	1.05	0.16
	Šibenik	199	165	0.04	0.25	0.17	0.13	0.05	11.61	0.24	0.10	0.71	0.08
Ljeto	Rijeka	346	337	0.52	1.46	0.43	0.28	0.37	8.74	0.93	0.66	0.77	0.14
	Senj	241	238	0.10	1.29	0.14	0.12	0.12	5.81	0.67	0.25	0.29	0.10
	Šibenik	104	89	0.02	0.40	0.20	0.05	0.07	3.36	0.18	0.16	0.45	0.05
Jesen	Rijeka	431	429	2.39	1.04	0.46	0.37	0.39	13.73	0.97	0.41	0.71	0.13
	Senj	378	378	0.71	1.54	0.33	0.54	0.13	11.81	0.37	0.41	1.41	0.22
	Šibenik	207	198	0.28	0.66	0.36	0.12	0.05	7.07	0.25	0.16	0.36	0.47
Godina	Rijeka	1370	1340	12.1	4.82	2.28	1.66	1.68	37.8	3.25	2.03	3.35	0.56
	Senj	990	984	1.14	3.77	1	1.28	1.12	28.3	1.61	2.14	3.37	0.57
	Šibenik	679	594	0.44	1.61	1.12	0.4	0.22	29.3	0.86	0.55	1.97	0.69

Na slici 2. prikazana je ovisnost godišnjeg taloženja iona sumpora (iz sulfata) i dušika (iz nitrata i amonijaka) o ukupnoj količini oborine na postajama Rijeka, Senj i Šibenik. U tablicama 1. i 2. uočljiva su odstupanja u ukupnoj i u analiziranoj količini kiše. Najveće odstupanje bilo je u Šibeniku u 1993. godini samo 72% kiše je analizirano. Do razlike dolazi iz objektivnih, a ponekad i subjektivnih razloga (pre mala količina prikupljenog uzorka za analizu, ratna zbivanja).



Slika 2. Ukupno godišnje taloženje sumpora ($SO_4^{2-} S$) i dušika ($NO_3^- N$, $NH_4^+ N$)
 Figure 2. Total annual deposition of sulphur ($SO_4^{2-} S$) and nitrogen ($NO_3^- N$, $NH_4^+ N$)

Od promatranih gradova, Rijeka ima najveću učestalost kiselih kiša. U 1993. godini njihov udio iznosio je 42%, a u 1994. godini 38%. Atmosferski unos iona vodika kreće se u rasponu od 2,28 do 18,82 mg/m². Pojava kiselih kiša vjerojatno je potpomognuta strujnim i oborinskim režimom dotičnog područja (6, 7).

Posljedice kiselih kiša već su davno uočene na šumama Gorskog kotara i Plitvičkih jezera Čorkova uvala. Prema praćenju kemizma oborine na Plitvičkim jezerima od 1984. do 1991. godine udio kiselih kiša u pojedinim godinama iznosio je i više od 70% (10, 11, 20, 21). U Senju i u Šibeniku kiselih kiša bilo je znatno manje (17%). Najniža pH vrijednost izmjerena je u uzorcima oborine prikupljene u Šibeniku (3,86).

Višegodišnja istraživanja ukazuju da je čestina pojavljivanja, kao i kiselost oborina, najveća u hladnom dijelu godine, ali nije zanemariva niti u toplijem. Ta pojava je više izražena u kontinentalnom području i na sjevernom Jadranu nego na južnom Jadranu (21, 22, 23, 24, 25).

Tablica 3. Kisele kiše na postajama Rijeka, Senj i Šibenik u 1993. i 1994. godini
Table 3. Acid rain at Rijeka, Senj and Šibenik in 1993 and 1994.

Mjerna postaja	1993. godina			1994. godina		
	N	pH – vrijednost min – max	Udio kiselih kiša (%)	N	pH – vrijednost min – max	Udio kiselih kiša (%)
Rijeka	80	3,98 – 8,74	42	78	4,17 – 7,48	38
Senj	86	5,48 – 7,53	1	80	4,52 – 7,46	7
Šibenik	40	3,86 – 7,93	6	44	4,88 – 7,18	4

N – broj analiziranih uzoraka

Istraživanjima Liss P. i suradnika utvrdilo se da za nastanak kiselih kiša nije isključivi krivac čovjek, nego i sama priroda. Fitoplankton oceana proizvodi dimetilsulfid (DMS), koji se oksidira u razne kiseline, uključujući metan, sulfonsku kiselinu, sumpor dioksid i sulfat. Plankton u proljeće i ljeto proizvodi značajne količine takvih kiselih plinova od kojih nastaje kisela kiša. Posljedice su osobito uočljive u slabije industrijaliziranim morskim područjima kao što su Škotska, Irska i Skandinavija (26). Ukupno godišnje taloženje sumpora na sve tri postaje, tijekom cijele godine, višestruko prelazi kritičnu granicu (5). U odnosu na ukupnu količinu oborine, taloženje sumpora u 1993. godini najveće je u Rijeci $2,16 \text{ g/m}^2$, zatim Senju $1,89 \text{ g/m}^2$, te u Šibeniku $1,73 \text{ g/m}^2$.

U 1994. godini, najveće taloženje sumpora bilo je u Rijeci $2,28 \text{ g/m}^2$, Senju $1,00 \text{ g/m}^2$ i Šibeniku $1,12 \text{ g/m}^2$. Taloženje dušika iz nitrata i amonijaka bilo je najveće u 1993. godini u Senju $2,70 \text{ g/m}^2$ a u 1994. godini u Rijeci $3,32 \text{ g/m}^2$ (slika 2.).

Zaključak

Rezultati analiza dnevnih uzoraka oborina upućuju da je onečišćenje prikazano kiselošću oborina i ukupnim taloženjem tvari, najveće na području Rijeke. Godišnja učestalost kiselih kiša u Rijeci je oko 40%, a unos vodikovih jona $2,28 - 18,82 \text{ mg/m}^2$. U jednoj godini istaloži se oko 2 g/m^2 sumpora i $2,3 \text{ g/m}^2$ ukupnog anorganskog dušika.

Opterećenje oborine štetnim tvarima u Senju i u Šibeniku znatno je manje. Ipak, taloženje sulfata, tj. štetnoga sumpora, na sve tri postaje višestruko odstupa od kritične godišnje granice za taloženje na tlo i površinske vode ($0,2 - 0,5 \text{ g S /m}^2$). Taloženje dušika iz nitrata kreće se unutar dozvoljenih graničnih vrijednosti ($1,0 - 2,0 \text{ g N /m}^2$). Atmosferski unos ukupnog anorganskog dušika (iz nitrata i amonijaka) veći je od 2 g N /m^2 . Sezonske promjene atmosferskog unosa štetnih tvari ne pokazuju očekivanu ovisnost taloženja o količini oborine.

Promjene u kemijskom sastavu taloga, složen su proces, ovisan o emisiji štetnih tvari, izmjene meteorološkog režima, klimatskim promjenama i o čitavome nizu teško odredivih utjecaja. Tumačenje i analiza podataka upućuju na potrebu statističke obrade i izrade matematičkih modela za dijagnozu i prognozu stanja atmosfere i njezinog utjecaja na okoliš.

Rezultati istraživanja iznijeti u ovome radu upućuju na potrebu objektivnijeg monitoringa onečišćenja zraka (mjerjenja teških metala u oborini i aerosolima) s uvođenjem procesnih analizatora, ali i na potrebu uspostave katastra onečišćenja.

Istodobno s mjerenjima kemizma oborina trebalo bi pratiti promjene u ekosistemima šuma, voda i živoga svijeta, a posebno čovjeka.

Literatura

1. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME: Longterm programme for pollution monitoring and research in the Mediterranean (MED POL) Phase II, UNEP Regional Seas Reports and Studies XIO. 28. Rev., UNEP, 1986. Athens, 1986.
2. Tuncel, G: The MED POL manual on airborne pollution measurements, UNEP, Athens, 1993.
3. Erdman, L., Sofiev, M., Subbotin, S., Dedkova, I., Afinogenova, O., Cheshuikina, T. and Pavlovskaya, L.: Assessment of pollution of the Mediterranean Sea by Sulphur and Nitrogen compounds and Heavy Metals in 1991, EMEP Meteorological synthesizing Centre East, Noscov, and WMO (A. Soudine) Geneva, UNEP, Athens, 1994, MAP Technical Reports Series No. 85.
4. Schaug, J. Pedersen, U., Skjelmoen, J.E. and Kvalvagnes: Data Report 1991, Part 1: Annual summaries, Part 2: Monthly and seasonal summaries, Norwegian Institute For Air Research, EMEP Cooperative programme for monitoring and evaluation, of the long range transmission of air pollutions in Europe.
5. Aniansson, B.: Acid Magazine, National Environmental Protection Board, Solna, Sweden, 1987,
6. Bajić, A., Cvitan, L., Gajić Čapka, M., Lončar, E., Mikić, B., Pleško, N., Vučetić, V., Zaninović, K., Žibrat, Z.: Meteorološke podloge za prostorno planiranje općine Rijeka, Državni hidrometeorološki zavod RH, Zagreb, studeni, 1992.
7. Zaninović, K., Gajić: apka, M., Lončar, E.: Klimatske, bioklimatske i disperzijske karakteristike općine Senj, Državni hidrometeorološki zavod RH, Zagreb, listopad, 1993.
8. Lovelock, J., E.: Air Pollution and climatic change, Atmospheric Environment, 1971, Vol. 5.
9. Munger, J. W.: Continental Scale Variations in Precipitation Chemistry, Environ, Sci., Technol. Vol. 17, No 1., 1983.
10. Prpić, B., Seletković, Z. i Ivkov, M.: Šumarski list, Savez društava inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske, Zagreb, 35, 1991.
11. Prpić, B.: Propadanje šuma u Hrvatskoj, Šumarski list, godina CXIII 68, Zagreb, 1989.
12. Ivanek, Šojat, V., divičnjak, Z i ostali: Šumarski list, Savez društava inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske, Zagreb, 35, 1991.
13. Vie Sage, R., Colin, J.L., Roulette Cadene, S.: Meteorological Effects on Acid Precipitation, Air Pollution and Plants, Weingeim, 1985.
14. NADP/NTN Coordination Office and Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University NADP/NTN ANNUAL DATA SUMMARY Precipitation Chemistry in the United States, 1992, Task Group on Deposition Monitoring, Lead Agency U.S. Geological Survey, Fort Collins, August, 1993.
15. WMO Operations Manual for Sampling and Analysis Techniques for Chemical Constituents in Air Precipitation, WMO, Geneva, 299, 1974.
16. International operaions handbok for measurement of background atmospheric pollution, Geneva, WMO, 491, 1978.

17. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 16Th Edition. APHA.AWWA.WPCF Washington, 1985.
18. J. Schaug, COoperative Programme for Monitoring and Evalnation of the Long Rauge Transmission fo Air Pollutants in Europe, Manual for sampling and Chemical Analysis, EMEP/Chem, Likestrom, Norway, 3 , 1977.
19. Državni hidrometeorološki zavod, PRAVILNIK o utvrđivanju mreže i program rada meteoroloških postaja od interesa za Hrvatsku, Zagreb, 1991.
20. Šojat, V.: Meteorološkoekološki bilten, Državni hidrometeorološki zavod RH, Zagreb, 19871994.
21. Šojat, V., Borovečki, D.: Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike u RH, Državni hidrometeorološki zavod RH, Zagreb, 19881994.
22. Eškinja, I., Šojat, V., Šoljić, Z., Borovečki, D., XIII. Skup hrvatskih kemičara, Hrvatska, Zbornik radova, Zagreb, 1993.
23. Šoljić, Z., Eškinja, I., Šojat, V., Vrhovac, A., Ekologija, Vol. 24 2, 1989.
24. Vidič, S., Šojat, V.: Precipitation Chemistry at Selected Coastal Sites in Croatia, Extended Abstracts of Papers Presented at the WMO Region VI Conference on the Measurement and Modelling of Atmospheric Composition Changes Including Pollution Transport, Sofia, Bulgaria, 48 Oct. 1993, WMO No. 91.
25. Đuričić, V., Vidič, S.: Acid precipitation at the northern Adriatic, Airborne pollution of the Mediterranean Sea, Report and Proceeding of the Second WMO/UNEP Workshop, MAP Technical Reports Series No. 64, UNEP, Athens, 1992.
26. Liss, P. (Pavušek, I. zaštita okoliša): Kemija u industriji 43, 12, Zagreb, 1994.



THYSSEN GUSS AG Schalker Verein

P. O. Box 10 01 23 · D-45801 Gelsenkirchen
Wanner Strasse 158 - 160 · D-45888 Gelsenkirchen
Telephone 99 49 - 2 09 - 166 - 1 · Telefax 99 49 - 2 09 - 166 - 21 45 · Telex 8 24 781

THYSSEN - Cijevi od Nodularnog lijeva za sve vrste tala
Fazonski komadi



AQUA ENGINEERING GESELLSCHAFT MBH

Moserstraße 29
A-5020 Salzburg / Austria (Europa)
Telephone .. 43 662 43 35 110
Telex 6 32 569 aethy-a
Telefax .. 43 662 43 35 11 42
43 17 15

SISTEMI ZA PROČIŠĆAVANJE
PITKIH I OTPADNIH VODA

ZASTUPNIK ZA HRVATSKU
AQUA-PROMET d.o.o.
Zagreb
Frankopanska 16 · 41000 Zagreb
Telefon: 278-670 · 432-782 · 432-746
Telefaks: 278-670



UKUPNE USLUGE KOD PROJEKTIRANJA I VOĐENJA PROJEKATA

- **Obrada otpadnih voda - Kanalizacija**
- **Opskrba vodom**
- **Modeliranje i projektiranje hidrauličkih sustava**
- **Zaštita morske obale - Regulacija rijeka**
- **Strojarski i elektro sustavi**
- **Gradevinske konstrukcije**
- **Projekti prometnica**
- **Višenamjensko korištenje voda**
- **Tehnička mjerenja i promatranja, automatsko upravljanje**
- **Geotehnički projekti, specijalna temeljenja**
- **Puštanje u pogon i vođenje postrojenja i uređaja**
- **Strukturna poboljšanja**
- **Studije o buci**
- **Geodetske usluge**



Predstavništvo za Hrvatsku • 41000 Zagreb • Mesnička 3 • Croatia

Tel : 433 980

Fax : 433 980

Victory House - Manor Royal Crawley • West Sussex RH10 2PN • England

Tel : +44 1293 511444

Fax : +44 1293 510333

A member of the Southern Water plc Group of Companies



INSTITUT ZA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

ZAVOD ZA HIDROGEOLOGIJU I INŽENJERSKU GEOLOGIJU

ZAGREB, SACHSOVA 2

TEL: 519-146 FAX: 512-260 E-Mail: hgjg@magi.igi.hr

DJELATNOSTI:

- Osnovna hidrogeološka karta R. Hrvatske
- Osnovna inženjersko geološka karta R. Hrvatske
- Istraživanje i projektiranje novih izvora pitke vode
- Proračun rezervi voda
- Zaštita voda

HIDROGEOLOŠKA KARTA REP. HRVATSKE



- Odvodnja prometnica
- Vododrživost površinskih i podzemnih akumulacija
- Geotehnička istraživanja za različite građevinske objekte i prometnice
- Sanacija pokosa
- Seizmička mikrozoniranja

- Znanstveni projekti s područja hidrogeologije i inženjerske geologije
- Izrada Geografskog informatičkog sustava

GEO-INFO tematski centar INSO projekta



INSTITUT ZA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA UTEMELJEN 1909. GODINE

POKROVITELJI

- JVP "Hrvatska vodoprivreda"
- Državna uprava za vode
- Ministarstvo znanosti i tehnologije
- UNESCO
- Državna uprava za zaštitu okoliša

ORGANIZATORI

- Hrvatski komitet za suradnju s Međunarodnim hidrološkim programom
- Hrvatsko društvo građevinskih inženjera
- Hrvatsko društvo za hidraulička istraživanja
- Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje
- Hrvatsko društvo za velike brane
- Hrvatsko društvo za zaštitu voda i mora
- Hrvatsko geološko društvo
- Hrvatsko geografsko društvo
- Hrvatsko hidrološko društvo
- Hrvatsko meteorološko društvo

Predsjednik konferencije: prof.dr. Ognjen Bonacci

Glavni tajnik konferencije: Ljudevit Tropan

Znanstveni odbor:

prof.dr. Josip Marušić - predsjednik

dr. Božidar Biondić

prof. dr. Zdravko-Mihael Doliner

prof. dr. Darko Mayer

dr. Krešo Pandžić

doc. dr. Josip Rupčić

prof. dr. Tomislav Šegota

prof. dr. Kosta Urumović

prof.dr. Marijan Vodopija

Organizacijski odbor:

Dragutin Mihelčić - predsjednik

prof. dr. Andrija Bognar

mr. Božidar Deduš

dr. Dragutin Gereš

Vladimir Goatti

Salih Hrustić

Ivo Iličić

mr. Janja Milković

Branko Pejaković

Josip Rubinić

Franjo Vančina

