

## UPOTREBLJIVOST VODA ZA NAVODNJAVANJE

Sima BELIĆ, Radovan SAVIĆ, Anđelka BELIĆ

Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8 .

### REZIME

Analiza količina i kvaliteta vode u Srbiji ukazuje da se na najvećem delu područja raspolaže sa dovoljnim količinama vode koja bi se koristila za navodnjavanje. Javlja se manje ili više izražen problem kvaliteta vode za sve korisnike pa i za navodnjavanje. Ocena upotrebljivosti vode za navodnjavanje se ne obavlja na većini sistema za navodnjavanje sto može dovesti do degradacije korišćenih prirodnih resursa ali i dobijanja prinosa gajenih biljaka čiji kvalitet ne odgovara nekim standardima. Upotrebljivost vode za navodnjavanje bi trebala da se ceni korišćenjem zakonima propisanih klasifikacija. Na isti način bi trebalo definisati dinamiku, lokalitete i način uzorkovanja vode.

### UVOD

Navodnjavanje je meliorativna mera kojom se praktično zaključuje ciklus stvaranja uslova za formiranje optimalnog vodno-vazdušnog režima zemljišta u biljnoj proizvodnji. Delimično, navodnjavanje utiče i na umanjivanje problema i posledica vazdušne suše, može uticati na racionalizaciju prihranjivanja i zaštite gajenih useva, uvek utiče na promenu agrotehnike, strukture proizvodnje, svojstva tretiranog zemljišta i dobijenih prinosa kulturnih biljaka. Pored količine vode koja je za navodnjavanje potrebna, sve veći značaj ima i ocena upotrebljivosti raspoloživih količina vode za navodnjavanje. Poseban značaj u tome ima ocena pogodnosti lokaliteta za navodnjavanje koji spregnuto ceni pogodnost zemljišta, količinu i kvalitet raspoloživih voda, proizvodnu strukturu itd. U vreme najavljenih ili tekućih globalnih promena

klime, navodnjavanje dobija sve veći značaj doprinoseći ostvarivanju visokih i stabilnih prinosa gajenih biljaka kao podloge za snabdevanje čovečanstva i domaćih životinja odgovarajućim količinama biljnih proizvoda. Sigurno da poseban značaj ima postojeći i budući kvalitet korišćene vode koji opredeljuje njihovu upotrebljivost u navodnjavanju.

Navodnjavanje ima veoma značajnu ekološku ulogu. Naime, navodnjavanje pruža velike mogućnosti za promenu svojstava osnovnog prirodnog sporoobnovljivog resursa u biljnoj proizvodnji o zemljišta. U uslovima sve češće pojave vode pogoršanog kvaliteta javljaju se brojni ograničavajući elementi posredno utičući na smanjenje potencijalno navodnjavanih zemljišta u cilju zaštite zemljišta i dobijanja prinosa gajenih biljaka odgovarajućeg - traženog kvaliteta.

Imajući u vidu da voda povezuje geosferu, atmosferu i biosferu, može se zaključiti da egzistencija čovečanstva zavisi od vode. Poslednjih godina su izraženi internacionalni interesi i debate u vezi sa vodom. Takođe, poznate svetske organizacije kao što su WHO, UNDP, UNICEF, WMO, UNESCO, FAO i UNEP učestvuju u specijalnim programima vezanim za vodne resurse. Isto tako, druge internacionalne, nacionalne i lokalne organizacije postaju aktivnije u oblasti voda. Jasna poruka, koja proizilazi iz svih tih napora, je da je voda dragoceni resurs čija je oskudica u porastu. Konkurencija između poljoprivrede, industrije i naselja za ograničene vodne resurse već je u mnogim zemljama uslovlila razvoj. Poljoprivreda nije samo najveći korisnik vode u smislu zapremine, nego je takođe i relativno nisko cenjen i visoko subvencionirani korisnik vode. Ove činjenice primoravaju vlade i

druge finansijere na ponovno razmatranje ekonomskih i socijalnih implikacija, kao i uticaja na životnu sredinu, do kojih dolazi kod velikih sistema za navodnjavanja. Pri tome, kvalitet vode za navodnjavanje je od posebne važnosti, naročito zbog toga što lokalni uslovi područja, pored generalnih parametara kvaliteta, uslovljavaju njenu primenljivost.

## RASPOLOŽIVE KOLIČINE VODE

"Jedno od osnovnih pitanja koje se najčešće postavlja hidrolozima i vodoprivrednicima je: Ima li ili nema dovoljno vode?, a zatim slede pitanja: Odakle se može dobiti, kada je ima, dokle će je biti, kakvog je kvaliteta, po koju cenu se može dobiti itd.? Procena vodnih resursa je davno prevazišla interes pojedinca: voda je postala nacionalni problem savremenih država i jedan od glavnih regionalnih, internacionalnih i globalnih problema sveta. Stoga i nije čudno da je moto proslave svetskog dana voda 1997. godine "Ima li dovoljno vode u svetu" (*Radić, 1997*). Uzroci nedostatka vode po pojedinim regionima su objektivna ograničenja prirodnog sistema i rast ljudske populacije tj. potreba za vodom. Najveće količine raspoložive slatke vode na kopnu se troše za potrebe navodnjavanja (*Radić, 1997*), što je i razumljivo vodeći računa o povećanim zahtevima za hranom u svetu. "Ljudsko društvo se u oblasti voda našlo u makazama dva suprotno usmerena procesa. S jedne strane, razvoj tehnologije, brzi demografski i urbani razvoj dovode do velikog povećanja potrošnje vode, sa sve strožim zahtevima i u pogledu zahtevanog kvaliteta. S druge strane, usled sve većeg zagađivanja površinskih i podzemnih voda, naglo se smanjuju količine kvalitetnih, upotrebljivih vodnih resursa" (*Dorđević, 1997*).

Na Planeti se za ljudske potrebe može koristiti samo jedan mali deo raspoloživih količina vode. Potrebe čovečanstva rastu a količina vode ostaje ista ili se delovanjem ljudske populacije zagađuju i time posredno umanjuje. Najveće količine vode koju čovek može vrlo lako da koristi za većinu namena su površinske vode. Izdanske vode su u većini slučajeva namenjene snabdevanju vodom za piće i slične namene. Često se javlja disharmonija prostorne i vremenske raspodele vode sa potrebama. U cilju

prevazilaženja ovakvog stanja čovek preduzima opsežne tehničke zahvate menjajući prirodni režim voda šireg ili užeg područja.

Kada se govori o korišćenju voda na Zemlji, konstatovano je da najveće učešće ima navodnjavanje. Za ovu namenu se koristi oko 3/4 raspoloživih količina vode na kopnu (*Radić, 1997*). Značajno je naglasiti da se voda za navodnjavanje koristi a ne troši. Naime, voda navodnjavanjem ulazi u ciklus koji nije prirodan hidrološki nego neki izmenjeni i korigovani. Voda ima značajnu ulogu u rastvaranju i transportu materija kroz gajene biljke i bez koje nema njihovog rasta i razvoja tj. dobijanja očekivanog visokog, stabilnog i kvalitetnog prinosa.

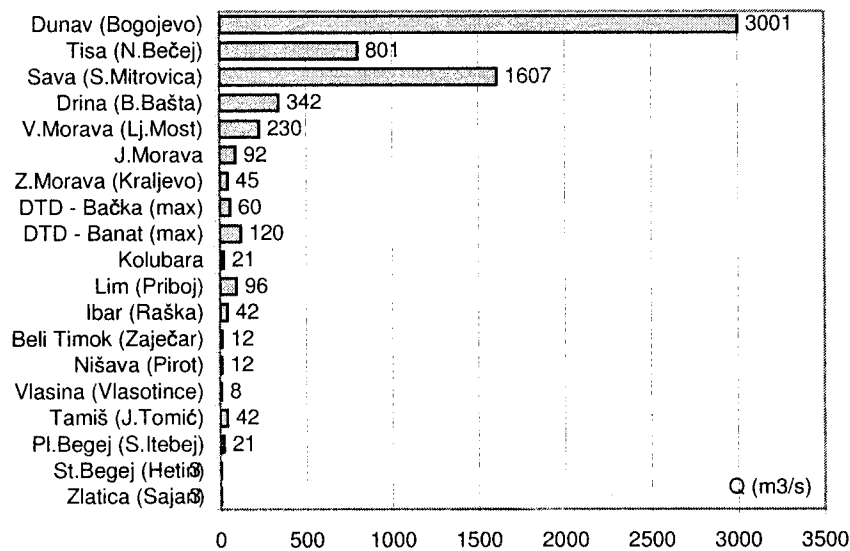
Posmatrajući stanje u Srbiji zapaža se prostorna i vremenska neusaglašenost potreba za vodom i raspoloživih količina. Poseban značaj, pri tom, ima kvalitet tj. upotrebljivost voda za pojedine namene. Dominantno izvoriste vode za sve namene su površinske vode. Značajnu ulogu imaju "veštačke površinske vode" tj. vodne akumulacije kojima se otklanja vremenska disharmoničnost raspoloživih količina i zahteva za vodom u pojedinim regionima. Mada su akumulacije višenamenski objekti njihova uloga u korišćenju vode za navodnjavanje je nesumnjivo značajna. Sistemi do sada formiranih akumulacija npr. u Severnoj Bačkoj, omogućuju efikasno navodnjavanje planiranih površina poljoprivrednog zemljišta. Ovo bez navedenog tehničkog zahvata ne bi bilo moguće zbog veoma nepovoljnog odnosa proticaja tokom vegetacionog perioda u vodotoku na kom je akumulacija formirana i zahteva za vodom na datom području. Pored formiranih akumulacija, npr. u regionu Severne Bačke, je prisutan manje ili više izražen nedostatak vode, pre svega za navodnjavanje. To je uslovalo početak gradnje regionalnog sistema za snabdevanje vodom ovog regiona.

Poseban značaj, kada su u pitanju izvorišta vode za navodnjavanje u Vojvodini, ima višenamenski Hidrosistem Dunav-Tisa-Dunav. Osnovna kanalska mreža (OKM) ovog hidrosistema omogućuje zahvatanje vode za navodnjavanje većih površina poljoprivrednog zemljišta od do sada izgrađenih sistema za navodnjavanje. Veliki problem predstavlja prisutna promena kvaliteta vode uslovljena načinom

korišćenja ovog hidrosistema. Naime, OKM se koristi i kao recipijent otpadnih voda industrijskih postrojenja i naselja što dovodi do promena kvaliteta voda i ograničenju njihove primene za različite korisnike pa i navodnjavanje. Od ukupnog broja zagađivača na teritoriji Vojvodine, 65% potiče iz industrije (metalna 19%, hemijska 9%, tekstilna i kožarska 14%, prehrambena 36% i naftna 22%), 23% iz poljoprivrede (stočarstva), 6% iz naselja (komunalne otpadne vode) dok 6% čine korisnici

termalnih voda, radionice za remont saobraćajnih sredstava i drugi.

Prema *Vodoprivrednoj osnovi Srbije (1995)*, kada su u pitanju površinske vode, raspolaže se sa količinama koje su prikazane na slici 1. Od tih količina deo se može nameniti za potrebe navodnjavanja okolnih površina poljoprivrednog zemljišta. Degradacija kvaliteta vode je značajno i dodatno ograničenje mogućnosti korišćenja raspoloživih količina vode bez obzira na vrstu izvorišta.



Slika 1. Prosečni proticaji nekih vodotoka u Srbiji, Q (m<sup>3</sup>/s), (VOS, 1995)

#### KRITERIJUMI ZA OCENU UPOTREBLJIVOSTI VODA ZA NAVODNJAVANJE

Ocena upotrebljivosti vode za navodnjavanje može se doneti na osnovu rezultata hemijskih analiza uz primenu neke od postojećih klasifikacija. Pri tome nastaju nedoumice koju od brojnih postojećih metoda upotrebiti za donošenje ovakve procene. Naime, kod nas se za opštu ocenu kvaliteta vode primenjuju kriterijumi *Uredbe o klasifikaciji i kategorizaciji voda i vodotoka...* (Službeni glasnik SFRJ 5/68 i 6/78) prema kojima se vode I, II i III bonitetne klase (od postojeće četiri) mogu koristiti i za navodnjavanje. Ovom Uredbom, za ocenu

kvaliteta voda i njihovu klasifikaciju uzimaju se u obzir fizičke, hemijske, biološke i radioaktivne osobine (svojstva) voda iskazane preko sledećih parametara: rastvoreni kiseonik, zasićenost kiseonikom, BPK<sub>5</sub>, HPK iz KMnO<sub>4</sub>, stepen saprobnosti, suspendovane materije, suvi ostatak, pH vrednost, vidljive otpadne materije, boja, miris, broj koliformnih klica, toksične materije, temperatura i stepen radioaktivnosti. Pored navedene Uredbe, problematika kvaliteta voda koje se mogu koristiti za navodnjavanje obuhvaćena je i *Pravilnikom o opasnim materijama u vodi* (Službeni glasnik SFRJ 8/78 i Službeni glasnik SRS 31/82). Pravilnikom su propisane čak 223 opasne materije koje se ne smeju

direktno ili indirektno unositi u vode, a čije se količine moraju utvrditi, između ostalog, i pri korišćenju voda za zalivanje povrća. Takođe, i *Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Službeni glasnik RS 23/94)* propisuje maksimalno dozvoljene količine (MDK) materija koje mogu da oštete ili promene proizvodne sposobnosti (plodnost) poljoprivrednog zemljišta i kvalitet vode za navodnjavanje, a čije poreklo je iz industrijskih otpadnih voda, izlivanja deponija, nepravilna upotreba mineralnih đubriva i sredstava za zaštitu bilja. Pod opasnim materijama u smislu ovog Pravilnika podrazumevaju se: kadmijum (0,01), olovo (0,1), živa (0,001), arsen (0,05), hrom (0,5), nikl (0,1) i fluor (1,5); a štetne materije su: bakar (0,1), cink (1,0) i bor (1,0). U zgradama iza naziva opasnih i štetnih materija date su njihove MDK (u mg/l) u vodi za navodnjavanje koje su navedene u Pravilniku.

Međutim, u našim propisima nema posebnih odredbi vezanih za specifične potrebe kod navodnjavanja, niti je definisana i određena posebna klasifikacija prema kojoj bi se vršila ocena upotrebljivosti vode u ove svrhe. Odnosnom, neophodno je naglasiti da se bonitetnim klasama, tj. ocenom koju one daju, ne zadovoljavaju u potpunosti potrebe svih korisnika vode. Posebno je to izraženo prilikom procene upotrebljivosti vode za navodnjavanje jer se ne uzimaju u obzir parametri od neposrednog agronomskog interesa (*Belić i Savić, 1994, 1994a; Belić et al, 1997*).

U nastojanju da se problematika primene odgovarajuće klasifikacije razreši na najbolji način kontaktirane su brojne strane institucije i prikupljeni podaci o primeni različitih klasifikacija za određivanje kvaliteta vode za navodnjavanje. Analizirajući stanje u ovoj oblasti u nekim susednim zemljama može se steći uvid o sličnostima i razlikama u primenjenim klasifikacijama i zakonskim propisima u oblasti kvaliteta vode za navodnjavanje.

Kao iskustvo, veoma je interesantan pristup u zakonskoj regulativi Mađarske gde je od 1989. godine u primeni Uputstvo za procenu kvaliteta vode za navodnjavanje i njenu upotrebu u poljoprivredi. Ovaj vrlo detaljan materijal jasno

defiše određivanje pokazatelja kvaliteta vode za navodnjavanje, uticaj na biljke, uticaj na zemljište, definiše klasifikaciju namenjenu oceni upotrebljivosti vode za navodnjavanje, preporučuje način ispitivanja voda i predstavlja uzajamno delovanje voda i zemljišta. Pored toga, slično kao i kod FAO klasifikacije, daju se najzastupljenije soli rastvorene u vodi za navodnjavanje, otpornost biljaka na zaslanjenost voda, daju se granične vrednosti pojedinih toksičnih komponenti itd. Slična situacija je i u Bugarskoj gde su granične vrednosti parametara po kategorijama vode svrstani u generalne fizičke i neorganske hemijske pokazatelje, organska zagađenja, neorganske materije iz industrije, organske materije iz industrije i biološke pokazatelje. U Grčkoj ne postoje posebni zakonski propisi kojima je pokrivena problematika upotrebljivosti vode za navodnjavanje ali merodavne institucije daju preporuke i limite korisnicima sistema za navodnjavanje, pri tome su osnova za takve prepruke kriterijumi FAO. Prema Slovačkim tehničkim standardima definisan je obim analiza voda, zemljišta i navodnjavanih biljaka. Standardi po kategorijama vode daju granične vrednosti brojnih parametara.

Indeks kvaliteta je broj koji treba da obuhvati grupu najvažnijih pokazatelja kvaliteta i koji odražava promene tih pokazatelja na odgovarajući način. Na ovoj vrsti ocene kvaliteta vode nešto intenzivnije se u svetu radi od sredine šezdesetih godina ovog veka. Nešto rašireniji od ostalih je indeks kvaliteta potekao iz Scottish Development Department-a (*Štambuk-Giljanović i Smolčić, 1980*). Ovaj indeks kvaliteta vode predstavlja na određeni način sintezu brojnih ranijih predloga, poreklom pre svega iz SAD, Kanade i Velike Britanije. Pri tom je za ocenu kvaliteta vode odabrano je 10 pokazatelja sa sledećim koeficijentima težine ( $k_t$ ): rastvoreni kiseonik ( $k_t=0,18$ ), BPK<sub>5</sub> ( $k_t=0,15$ ), amonijum jon ( $k_t=0,12$ ), pH vrednost ( $k_t=0,09$ ), oksidi azota ( $k_t=0,18$ ), ukupan fosfor ( $k_t=0,08$ ), suspendovane materije ( $k_t=0,07$ ), temperatura vode ( $k_t=0,05$ ), EC<sub>w</sub> ( $k_t=0,06$ ), verovatan broj Coli ( $k_t=0,12$ ). Izvorni koeficijenti težine nastali su kao rezultat ankete među stručnjacima odgovarajućih profila iako se u skladu sa vladajućim uslovima za region primene mogu korigovati njihove vrednosti ili uključivati neki drugi pokazatelji (*Štambuk-Giljanović i Smolčić, 1980*).

Neki ispitivani profili na površinskim vodama Vojvodine (Belić *et al*, 1999), prema graničnim vrednostima predloženim od Scottish Development Department-a, imaju WQI=15-66 od potencijalnih 100 indeksnih poena koji označavaju vodu najboljeg kvaliteta (tabela 1). Takvo stanje upućuje na vrlo široki spektar moguće upotrebljivosti ovih voda. Ako se vode razvrstaju u 10 klasa čije bi granice bile na po svakih 10 poena (Štambuk-Giljanović i Smolčić, 1980) zapaža se da je vode Dunava moguće svrstati u

4-6 klasu. Pri tom je značajno napomenuti da je voda na ulaznom profilu Bezdán (WQI=41-61) nešto lošijeg kvaliteta od vode na izlaznom profilu Banatska Palanka (WQI=42-66). Prema istim pokazateljima vode Tise mogu se svrstati u 4-7 klasu sa WQI=37-60. Slična je situacija i sa rekom Savom (WQI=35-61). Vodotoci u Banatu imaju znatno niže vrednosti WQI=18-55. Posebno je nepovoljna situacija na Starom Begeju čiji ulazni profil ima WQI=18-29 tj. 8-9 klasu.

Tabela 1. Prikaz prosečnog stanja kvaliteta nekih površinskih voda po bonitetnim klasama i WQI (Belić *et al*, 1999)

Profil	Klase boniteta vode	WQI	Prisutnost opasnih i štetnih materija
Bezdán	III-III/IV	41-61	fenoli, Fe, Hg, Ni
Novi Sad	III-III/IV	47-55	fenoli, Fe, Hg
Banatska Palanka	III-II/III	42-66	fenoli, Fe, Hg, Zn
Martonoš	III-II/III	38-60	fenoli, Fe, Hg, Mn, Ni, Cr
Novi Bečej	II-III	43-56	fenoli, Fe, Hg, Mn, Ni, Cr
Titel	III	37-58	fenoli, NH <sub>4</sub> , Fe, Hg, Mn, Ni, Cr
Sremska Mitrovica	II/III	35-61	sulfidi, Fe, Ni, Hg
Ostružnica	II/III	42-61	
Vrbica	IV-van klase	33-55	fenoli, Hg, Fe, Cr
Srpski Itebej	IV-van klase	26-49	NH <sub>4</sub> , fenoli, Fe, Hg, Cr
Hetin	van klase	18-29	NH <sub>4</sub> , fenoli, Hg, Cr, Pb
Jaša Tomić	(III)-IV	24-52	fenoli, Fe, Hg, Ni, Cr
Novo Miloševo	(III)-III/IV	29-49	Fe
Vlajkovac	III-IV	37-51	Hg, Cr
Sombor	(III)-III/IV	41-65	
Vrbas	van klase		fenoli, Fe, Hg
Bač	(III)-III/IV	48-61	fenoli, Hg, Fe
Bačko Gradište	IV-van klase	32-59	fenoli, Hg, Cr
Novi Sad	III-IV	40-57	Hg, Fe
Srbobran	IV-van klase	15-33	fenoli, NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , Fe, Hg
Zobnatica	III		Pb, Cu, Ni

Klase boniteta voda su analizirane u istom periodu kao i kod analize vrednosti WQI. Bonitetne klase (Belić *et al*, 1999) ukazuju da je na većini istraživanih profila prisutna stabilna III klasa. Vode Dunava su III-III/IV klasa izuzev profila Banatska Palanka gde se pojavljuje II/III klasa. Pored toga vode Dunava su povremeno optrećene koncentracijama fenola, Fe, Hg, Ni i Zn većim od propisane MDK. Vode Tise i Save mogu se svrstati u II-III bonitetnu klasu. Na

istraživanim profilima Tise registrovana je pojava koncentracije fenola, Fe, Mn, Hg, Ni, Cr i NH<sub>4</sub>, a na Savi sulfida, Fe, Ni i Hg iznad MDK. Male vodotoke u Banatu odlikuje kvalitet voda koji se može svrstati van bonitetnih klasa, izuzev Tamiša gde je voda IV bonitetne klase. Na svim profilima pojavljuju se iznad MDK vrednosti fenoli, Hg, Fe, Cr a na Begeju i NH<sub>4</sub>. Nešto je bolja situacija na analiziranim profilima OKM HS DTD u Banatu na kojima se voda

svrstava u III-IV bonitetnu klasu, a od opasnih i štetnih materija se javlja povremeno Hg, Fe i Cr. Analizirane profile OKM HS DTD u Bačkoj karakteriše nešto bolja situacije jer se voda svrstava u III klasu a na profilima Vrbas i Bačko Gradište van klase. Jedina analizirana akumulacija Zobnatica ima vodu III klase.

Zapaža se da, iako zasnovane na oceni sličnih parametara, bonitetna klasa i WQI, ipak daju nešto drugačije ocene. Osnovni kvalitet WQI je što prilikom ocene upotrebljivosti voda korisnika ne stavlja u dilemu. Izraženiji je problem kvalitet sprovedenih analiza, bilo da se radi o fizičko-hemijskim ili bakteriološkim. Rezultati kvaliteta voda iskazanih klasama boniteta, koji su objavljeni u godišnjacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, mogu dovesti do izvođenja nedovoljno tačnih ili potpuno pogrešnih ocena kada je u pitanju upotrebljivost površinskih voda za navodnjavanje.

Za ocenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje mogu biti primenjeni ekološki, agronomski, tehnički i ekonomski kriterijumi (Bezdina, 1989). Ekološki kriterijumi namenjeni su oceni kvaliteta voda sa aspekta zaštite životne sredine od zagađivanja i obezbeđenje adekvatnih sanitarno-higijenskih i medicinsko-bioloških uslova u sistemu za navodnjavanje. Agronomski kriterijumi se koriste za ocenu kvaliteta vode sa aspekta očuvanja i poboljšanja plodnosti zemljišta sprečavajući intenziviranje procesa salinizacije i alkalizacije. Tehnička merila služe oceni kvaliteta vode i njenog uticaja na očuvanje elemenata melioracionog sistema (sprečavanje procesa korozije, kolmiranja, obrastanja itd.). Ekonomski kriterijumi imaju zadatak da ukažu na mogućnosti dobijanja najjeftinijeg proizvoda u uslovima navodnjavanja, vodeći računa o svojstvima vode. Sve klasifikacije moraju rešavati problem sprečavanja nagomilavanja polutanata u zemljištu (Chang et al, 1995). Pored toga poljoprivredni proizvodi dobijeni sa navodnjavanih površina moraju biti zdravstveno bezbedni.

Osnovno merilo za izbor klasifikacije voda može biti i istoriografska provera ispravnosti pretpostavki o nepovoljnom delovanju korišćenih voda na zemljište

i biljku. U ovom poglavlju daje se uporedni pregled sledećih agronomskih klasifikacija vode za ocenu njene upotrebljivosti u navodnjavanju: Steblerov irigacioni koeficijent (Vučić, 1976), klasifikacija Nejgebauera (Vučić, 1976), klasifikacija U.S. Salinity laboratory (Vučić, 1976), klasifikacija Mozejka (Gavrilov et al, 1990), klasifikacija Vorotnika (Gavrilov et al, 1990), FAO klasifikacija (Ayers & Westcot, 1985), modifikovana FAO klasifikacija (Ayers & Westcot, 1985), klasifikacija SEV-a (Edinie kriterii ..., 1982) i klasifikacija Miljkovića (Miljković, 1986, 1989). Osnova navedenih klasifikacija je stepen i tip saliniteta korišćenih voda. Savremenije metode - FAO, Miljković, Bezdina (1989) obuhvataju direktno i uticaj soli rastvorenih u vodi na infiltraciona svojstva zemljišta, specifičnu toksičnost nekih jona na gajene biljke, a delimično i ekološki uticaj.

Osnovu za ocenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje predstavljaju brojne klasifikacije. One su nastale u različitim klimatskim, hidrološkim, zemljišnim i proizvodnim uslovima. Većina do sada poznatih i korišćenih klasifikacija vodi poreklo iz aridnih sredina za koje je osnova norma navodnjavanja oko 1000 mm. Zbog toga postoji izražena potreba prilagođavanja klasifikacija, ili ocena koje one daju, vladajućim lokalnim uslovima. Ovo je težak posao koji mora biti zasnovan na rezultatima eksperimentalnog rada obavljenog na karakterističnim lokalitetima. Korišćenje tako dobijenih ili prilagođenih klasifikacija je relativno jednostavan posao, mada tumačenje rezultata mora vršiti stručnjak odgovarajućeg profila.

U Srbiji se danas za kontrolu kvaliteta vode u navodnjavanju koriste starije i ne dovoljno detaljne klasifikacije kao što su Steblerov irigacioni koeficijent, klasifikacija po Nejgebaueru i klasifikacija Američke laboratorije za zaslanjena zemljišta. Sigurno da se za ocenu upotrebljivosti može preporučiti klasifikacija predložena od strane FAO (Belić et al, 1996, 1997, 1997a) ili kategorizacija Miljkovića (Belić i Savić, 1994). Ove savremene klasifikacije zahtevaju veći obim hemijske i biološke analize voda od uobičajenih, što je jedan od dokaza njihovog kompleksnijeg pristupa oceni upotrebljivosti voda, ali je to i jedan od razloga što se danas ne koriste šire u našoj praksi.

Dosadašnja iskustva ukazuju da Steblerov irigacioni koeficijent daje blagu procenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje. Bez obzira na ovu konstataciju, do sada nisu činjeni pokušaji utvrđivanja drugih graničnih vrednosti u okviru ove klasifikacije. Međutim, zbog jednostavnosti primene i potrebnog relativno skromnog obima hemijske analize, Steblerov irigacioni koeficijent se u proceni upotrebljivosti voda koristi.

Nasuprot tome, klasifikacija predložena od strane Američke laboratorije za zaslanjena zemljišta (US Salinity Laboratory), nastala u aridnim uslovima, preko SAR vrednosti i elektrokonduktiviteta, ceni opasnost od alkalizacije i salinizacije navodnjavanog zemljišta. Procena koja se dobija pri tom je strožija zbog toga što se, u našem okruženje normom navodnjavanja, zemljištu dovodi manja količina vode. Slično kao kod Steblerovog irigacionog koeficijenta nisu eksperimentalno korigovane originalne granične vrednosti i time obezbeđeno kvalitetnije određivanje upotrebljivosti voda. Najveću primenu našlo je široko korišćenje SAR (Sodium Adsorptio Ratio) vrednosti kao veličine merodavne za procenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje. Može se reći da odnos jona  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  i  $Na^+$ , koju ova vrednost obuhvata, daje pouzdanu ocenu. To je i razlog što se SAR vrednost, zajedno sa nekim drugim dopunskim pokazateljima, koristi i u savremenijim klasifikacijama.

Klasifikacija Nejgebauera, iako nastala pre 50 godina, preko sadržaja  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  i suvog ostatka jednostavno i lako daje pouzdanu procenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje. Poredeći ovu klasifikaciju sa prethodnim, može se konstatovati da ona u našim uslovima daje, za vrlo sličan obim potrebne hemijske analize voda, najrealniju ocenu.

Pošto isti kvalitet vode koja se koristi za navodnjavanje nema isti uticaj na tretirano zemljište, gajene biljke i opremu, zavisno i od tehnike navodnjavanja, ukazala se potreba kompleksnije procene upotrebljivosti. Ovakva ocena obuhvata moguć uticaj na promene svojstava zemljišta, tj. njegovog sonog režima i infiltracionih svojstava, uticaj i toksičnost za gajene biljke i delovanje na korišćenu opremu. Pomenute savremene

klasifikacije (FAO, Miljković) omogućuju dobijanje kvalitetne ocene navedenih dejstava. Međutim, i u ovom slučaju moguće su potencijalne neusaglašenosti. Naime, FAO klasifikacija predlaže granične vrednosti sadržaja teških metala i mikroelemenata u vodi, za normu navodnjavanja od oko 1000 mm. Ove savremenije klasifikacije zahtevaju nešto veći obim hemijskih analiza vode, kao i periodično praćenje promena svojstava zemljišta. Najbitnija razlika ogleđa se u tome što su granične vrednosti nekih relevantnih parametara daju za karakteristične tipove zemljišta tj. oblika dominantnog glinovitog minerala. Prema Miljkovićevoj klasifikaciji posebno se analizira, pored intenziteta, i forma salinizacije vode. Na osnovu toga, dominantnih glinovitih minerala u zemljištu, SAR vrednosti i vrednosti RSC (Residual Sodium Content), toksičnosti hlorida i nitrata dobija se kvalitetna i kompleksna ocena upotrebljivosti vode za navodnjavanje.

Pored ovih, postoji i niz drugih savremenih klasifikacija u svetu. Međutim, kao i većini prethodnih slučajeva, neophodna je prilagođavanje graničnih vrednosti lokalnim uslovima. S tim ciljem je potrebno zasnovati oglede koji treba da daju osnovu za izbor merodavne klasifikacije, omogućće korekciju nekih vrednosti u njima, predlože dinamiku i lokalitete uzorkovanja vode i zemljišta, daju elemente za izbor vrste i obima analiza vode i zemljišta.

Neophodno je naglasiti da se opšta kategorizacija voda, definisana bonitetnim klasama, ne može koristiti u procesu procene upotrebljivosti vode za navodnjavanje. Razlog za to je jednostavan. Ovom kategorizacijom su obuhvaćeni parametri koji, sa aspekta navodnjavanja, nemaju značaj ili je taj značaj neznatan.

#### **UPOTREBLJIVOST VODA ZA NAVODNJAVANJE U SRBIJI**

Sadržaj soli u površinskim vodama Srbije u funkciji je od klimatskih i hidroloških prilika, svojstava podloge, antropogenih i drugih uticaja, kako na samom području Srbije, tako i na teritoriji zemalja iz kojih vodotoci dotiču.

Velike reke odlikuje nizak stepen mineralizacije (prosečna vrednost suvog ostatka, S.O. oko 300 mg/l, ili EC oko 500 S/cm). Slična situacija je i sa vodom ostalih prirodnih vodotoka, akumulacija i većine deonica OKM HS DTD u Bačkoj. Manji vodotoci Banata i severne Bačke, akumulacije formirane na njima i deonice kanala DTD kroz Banat, kod kojih su izraženiji uticaji otpadnih i drenažnih voda i voda koje se slivaju sa poljoprivrednih površina i loš kvalitet voda koje dotiču iz susednih zemalja, sadrže nešto veće količine vodorastvorljivih soli (S.O. u proseku do 1.000 mg/l, a maksimalna vrednost i preko 1.500 mg/l, ili maksimalna EC i preko 3.000 S/cm).

Preovlađujući katjon u površinskim vodama je u najvećem broju slučajeva kalcijum i nešto ređe natrijum, dok su u pogledu sadržaja anjona to gotovo bez izuzetka bikarbonati.

U našoj dosadašnjoj praksi u najširoj upotrebi bile su klasifikacije vode za navodnjavanje prema: Steblerovom irigacionom koeficijent, Nejgebaueru i US Salinity Laboratory. Primenom ovih klasifikacija dobijene su ocene pogodnosti primene površinskih voda Srbije na analiziranim lokalitetima (tabela 2.).

Najblaži kriterijumi za ocenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje dati su Steblerovim irigacionim koeficijentom koji uzima u obzir samo sadržaj i međusobni odnos pojedinih jona (Na, Cl, SO<sub>4</sub>). Prema Stebleru preko 90% uzoraka nalazi se u najvišoj klasi voda koje se bez ograničenja mogu primeniti za navodnjavanje.

Po Nejgebaueru analizirani uzorci se u najvećem broju slučajeva mogu svrstati u Ia, Ib klasu, odnosno u "besprekorne vode". Samo na nekim profilima (Novo Miloševo, Melenci, Martonoš i Novi Bečej) tokom analiziranog perioda javlja se II klasa ("dobre vode") ili III klasa na akumulaciji Zobnatica.

Kod klasifikacije US Salinity Laboratory posebno se razmatra opasnost od zaslanjavanja i alkalizacije. Prema datim kriterijuma većina površinskih voda Vojvodine je umereno zaslanjena i uglavnom pripada klasi C2 izuzev akumulacije Zobnatica gde je u klasi C3. Opasnost od pojave štetne adsorpcije natrijuma nije u značajnoj meri izražena i sve vode se

mogu svrstati u klasu S1, odnosno u vode sa malim sadržajem natrijuma.

Klasifikacija površinskih voda Srbije izvršena je i prema dve novije metode, FAO (*Ayers at al, 1985*) i Miljković (*Miljković, 1989*), za čije korišćenje u našim uslovima postoje realne osnove, a istovremeno predstavljaju bitan pomak u određivanju upotrebljivosti vode za navodnjavanje. Pored u osnovi istog pristupa (pomenutog kod predhodnih klasifikacija) za ocenu stepena zaslanjenosti voda, ove metode uzimaju u obzir i neke dodatne kriterijume koji daju sveobuhvatniji pogled na stanje kvaliteta površinskih voda (korigovana vrednost SAR, sadržaj rezidualnog natrijuma, toksičnost itd.).

Kod obe primenjene metode, utvrđen je stepen saliniteta prema kom površinske vode uglavnom pripadaju I klasi. Kod postupka koji predlaže FAO određene su i klase vode prema uticaju na infiltraciona svojstva zemljišta i mogućem toksičnom delovanju na biljke. Prema klasifikaciji Miljkovića određen je još i tip saliniteta po kome se najveći broj uzoraka može svrstati u bikarbonatne. Samo neki analizirani profili u Vojvodini imaju povremeno, pored bikarbonatnih, bikarbonatno-hloridne i bikarbonatno-sulfatne vode.

Nakon izvršene ocene upotrebljivosti površinskih voda Srbije za potrebe navodnjavanja prema svim primenjenim klasifikacijama (Stebler, Nejgebauer, US SL, FAO, Miljković) može se konstatovati da je najveći broj uzoraka voda dobrog kvaliteta. Ako se pored toga uzme u obzir i dobar kvalitet voda velikih vodotoka, koji potencijalno predstavljaju daleko najznačajnije resurse, jasno je da je područje Srbije, globalno posmatrano, obezbeđeno dovoljnim količinama vode za navodnjavanje zadovoljavajućih svojstava.

Međutim, ovakvo, na prvi pogled dobro stanje kvaliteta površinskih voda Srbije samo sa aspekta navodnjavanja ne bi smelo da zavara. Upotrebljivost voda za potrebe navodnjavanja mora se ceniti savremenijim klasifikacijama u njihovom punom obimu. Odnosno, uzimajući u obzir i ostale predviđene kriterijume i parametre navedene u ovim klasifikacijama (teški metali, gvožđe, pH vrednost, bakteriološka i enzimska aktivnost), specifične



zahteve nekih načina navodnjavanja (npr. kap-pokap), ili pak striktno poštovanje propisa datih u relevantnim Uredbama i Pravilnicima. U tom slučaju bi npr., samo na osnovu letimične analize podataka iz Hidrološkog godišnjaka - Kvalitet voda za 2001. godinu, RHMZ, čak i vode Dunava, zatim Tise, Starog i Plovnog Begeja, Nere, Krivaje, pojedinih deonica kanala DTD, Zapadne Morave, Kolubare itd. povremeno bile neupotrebljive za navodnjavanje zbog prelaska u IV bonitetnu klasu, ili prekomernog sadržaja (iznad propisanih MDK) najčešće bakra i žive, ali i nekih drugih materija čije prisustvo može nepovoljno da se odrazi na navodnjavano zemljište, biljke, opremu i uređaje, a u najgorem slučaju i na zdravlje ljudi i životinja.

Interesantno je naglasiti da se često ocena kvaliteta za navodnjavanje ne poklapa sa bonitetnom klasom

vode. To je i uočljivo iz tabela 1 i 2. Na većini analiziranih profila, voda je sa aspekta navodnjavanja besprekorna a svrstana je u bonitetnu klasu III ili čak III/IV. Samo voda u akumulaciji Zobnatica spada u II/III bonitetnu klasu a za navodnjavanje ima veoma ograničenu primenu tj. spada u III klasu po Nejgebaueru. Ovakva situacija je donekle razumljiva zato što bonitetne klase obuhvataju parametre koji nisu uključeni u klasifikacije upotrebljivosti vode za navodnjavanje (npr. BPK<sub>5</sub>, HPK). Zbog toga se ocena kvaliteta vode izražena bonitetnom klasom sa aspekta navodnjavanja može smatrati samo orijentacionom a u praksi se ne bi smele donositi odluke o položaju i veličini navodnjavanih površina bez detaljne ocene korišćenjem neke od predloženih klasifikacije za ocenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje.

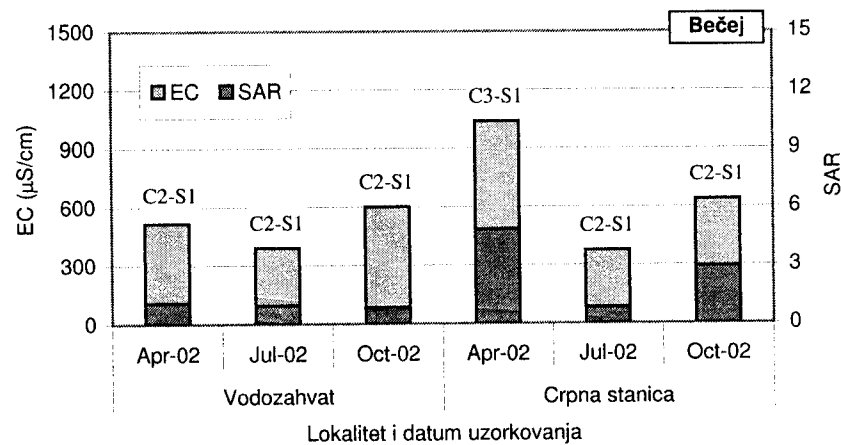
Tabela 2. Upotrebljivost površinskih voda Srbije za navodnjavanje prema klasifikacijama Steblera, US Salinity Laboratory, Nejgebauera, FAO i Miljkovića (Belić, Savić, Belić, 1997)

Vodotok	Profil	Klasifikacija						
		Stebler	US SL	Nejgeb.	FAO		Miljković	
					Salinitet	Toksičn.	Salinitet	Tip salin.
Dunav	Novi Sad	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Tisa	Martonoš	> 18	C2 - S1	II	I	I	I	b-s, b-h
Tisa	Novi Bečej	> 18	C2 - S1	II	I	I	I	b-s, b-h
Sava	Sr.Mitrovica	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Kan. DTD	Sombor	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Kan. DTD	Melenci	> 18	C2 - S1	II	I	I	I	b-h, b-s
Kan. DTD	N.Miloševo	> 18	C2 - S1	II	I	I	I	b-h, b-s
Drina	B.Bašta	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Kolubara	Draževac	> 18	C2 - S1	Ia	I-II	I	I	b
V.Morava	Lj.Most	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
V.Morava	V.Plana	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Z.Morava	Kraljevo	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
J.Morava	Aleksinac	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
J.Morava	VI. Han	> 18	C2 - S1	II	I-II	I	I-II	b, b-s
Beli Timok	Zaječar	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Lim	Priboj	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Nišava	Pirot	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Ibar	Raška	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Vlasina	Vlasotince	> 18	C2 - S1	Ia	I	I	I	b
Zobnatica	B.Topola	> 18	C3 - S1	IIIb	II	II	II	b-s

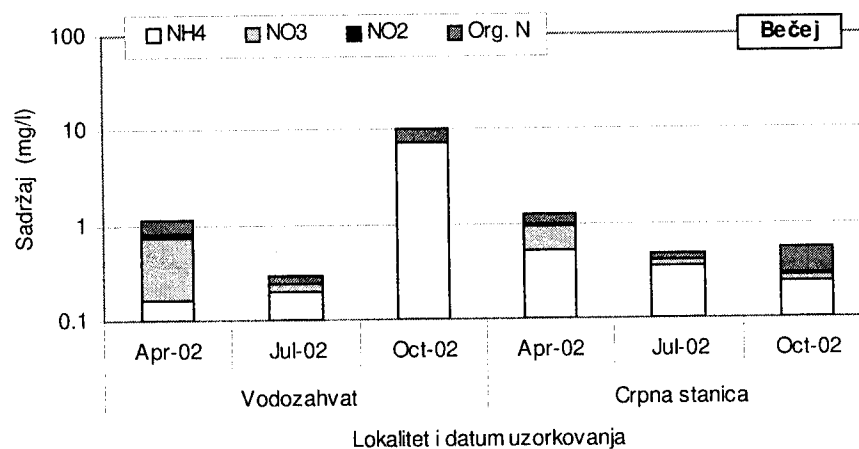
(Tip salin.: b-HCO<sub>3</sub>, s-SO<sub>4</sub>, h-Cl)

Kao ilustracija primene nekih od navedenih klasifikacija vode za navodnjavanje u nastavku se prikazuje stanje i promene kvaliteta vode glavnog dovodnog kanala najvećeg sistema za navodnjavanje u našoj zemlji u okviru PIK Bečež. Kvalitet voda praćen je duž ovog kanala, ukupne dužine 24 km, počev od vodozahvata na kanalu OKM DTD do najudaljenije tačke kod crpne stanice na sistemu za navodnjavanje Bečež II jug. Kontinualno praćenje svojstava vode u vremenu i duž kanala omogućava uvid u promene kvaliteta koje se dešavaju pre svega pod uticajem suvišnih površinskih i pozemnih voda koje gravitiraju ka ovom kanalu i potrošnje vode iz

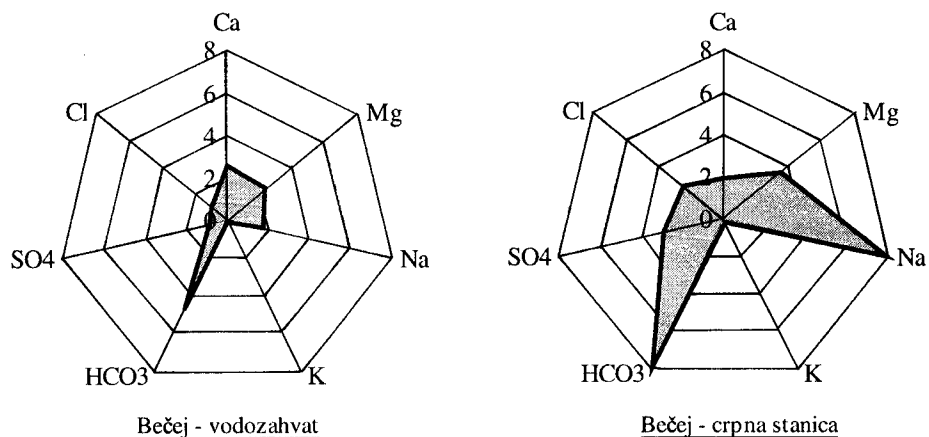
kanala, odnosno priliva sveže vode iz OKM DTD. Uticaj drenažnih voda je posebno izražen u prolećnom periodu i proteže se najčešće do momenta početka navodnjavanja. Povećana mineralizacija u tom periodu zahteva dodatne aktivnosti na području sistema za navodnjavanje koje se ogledaju, pre svega, u potrebi "razblaživanja - osvežavanja" tih voda kako bi se po zemljište nepovoljni uticaji sveli na razumnu meru. Za ovu operaciju voda se evakuše iz dovodnog kanala u OKM a "sveža" manje mineralizovana voda iz OKM se dovodi i koristi za navodnjavanje. Ovakvo stanje potvrđuju i dati prilozi.



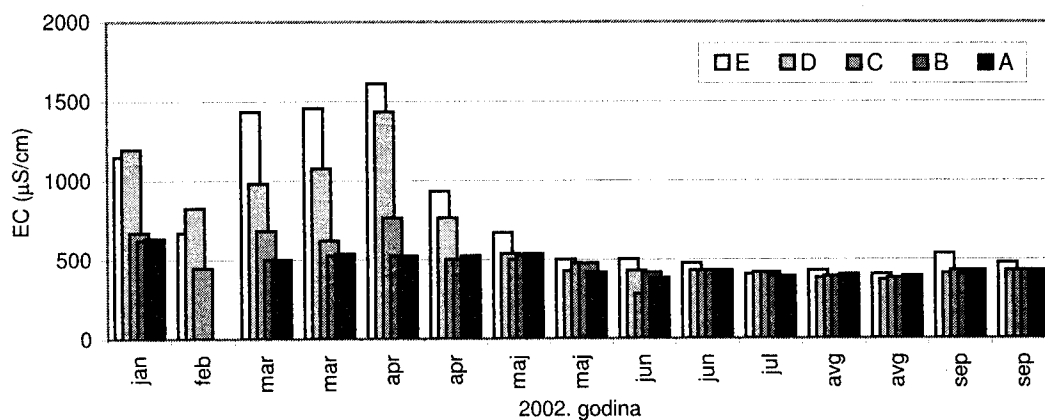
Slika 2. Elektroprovodljivost, vrednost SAR i klasa vode prema US Salinity Laboratory na dovodnom kanalu sistema za navodnjavanje Bečež II jug tokom 2002. godine



Slika 3. Sadržaj različitih oblika azota u vodi dovodnog kanala sistema za navodnjavanje Bečež II jug tokom 2002. godine



Slika 4. Mineralizacija vode prema Alekinu, parametri u [meq], dovodni kanal sistema za navodnjavanje Bečej II jug, april 2002 godine



Slika 5. Promena elektroprovodljivosti vode duž dovodnog kanala sistema za navodnjavanje Bečej II jug počev od vodozahvata (oznaka A), preko međuprofila (redom B, C, D) do crpne stanice (E), tokom 2002. godine

## ZAKLJUČAK

Navodnjavanje kao aktivnost koja u biljnoj proizvodnji, u cilju dobijanja visokih i stabilnih prinosa odgovarajućeg kvaliteta, dobija ulogu obavezne mere zahteva sistematsko praćenje stanja upotrebljivosti korišćene vode. Obim analiza voda, ali i analiza zemljišta i gajenih biljaka, mora biti prilagođen preporukama savremenijih klasifikacija npr. FAO, Miljković. Pored toga, neophodno je organizovati detaljna osmatranja voda u cilju dobijanja podloga za overu ili korekciju ponuđenih

graničnih vrednosti koje su u predloženim klasifikacijama date. Ova istraživanja moraju predstavljati podlogu za donošenje podzakonskih akata tj. pravilnika koji ovu problematiku regulišu i omogućuju njeno sprovođenje. Dosadašnji pristup da se primenjuju klase boniteta voda nisu odgovarajuće rešenje u procesu ocene upotrebljivosti vode za navodnjavanje.

Analiza upotrebljivosti vode za navodnjavanje na području Srbije ukazuju prisustvo opasnih i štetnih materija. Prema podacima iz Hidrološkog godišnjaka

RHMZ za 2001. godinu zapaženo je da se na većem broju profila voda zbog sadržaja opasnih i štetnih materija prelazi u IV bonitetnu klasu što ograničava njenu upotrebu i za navodnjavanje.

Upotrebljivost vode za navodnjavanje mora se vršiti na vodozahvatima sistema za navodnjavanje ili na vodozahvatima navodnjavanih područja. Posebnu pažnju treba posvetiti manjim vodotocima, koji služe kao izvorište vode za navodnjavanje npr. DKM, značajnih površina poljoprivrednog zemljišta.

#### LITERATURA

- [1] ++++++ (1995) Vodoprivredna osnova Republike Srbije, str. 345, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd.
- [2] Ayers R.S., Westcot D.W. (1985) Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and drainage paper 29, Rev. 1. Rome.
- [3] Belić, S. (1997) Pogodnost lokaliteta za navodnjavanje, Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, Vol 21, No 2, str. 19-26, Novi Sad.
- [4] Belić, S. Belić, Anđelka (1996) Klasifikacije vode za navodnjavanje i integralni pristup zaštiti životne sredine, str. 497-501, Konferencija Zaštita voda 96, Ulcinj.
- [5] Belić, S. Belić, Anđelka Savić, R. (1999) Mogućnosti procene upotrebljivosti vode za navodnjavanje, Letopis naučnih radova, vol 23, No 1-2, str. 81-89, Novi Sad.
- [6] Belić, S. et al. (1997a) Ispitivanje parametara kvaliteta voda neophodnih za određivanje merodavne klasifikacije prilikom ocene upotrebljivosti vode za navodnjavanje, Poljoprivredni fakultet, Institut za uređenje voda, JVP Srbijavode, Novi Sad.
- [7] Belić, S. et al. (1996) Upotrebljivost voda Vojvodine za navodnjavanje, str. 136, Poljoprivredni fakultet, Institut za uređenje voda, Novi Sad.
- [8] Belić, S. Savić, R. (1994) Kako utvrditi upotrebljivost vode za navodnjavanje, Savremena poljoprivreda, Vol. 42, No 5, str. 93-97, Novi Sad.
- [9] Belić, S. Savić, R. (1994a) Mogućnost primene savremenijih klasifikacija vode za navodnjavanje, Voda i sanitarna tehnika 1-2, str. 45-53, Beograd.
- [10] Belić, S. Savić, R. Belić, Anđelka (1997) The Importance of Choosing a Proper Method for Evaluation of Irrigation Water Quality, Drought and Plant Production, Proceedings 2, pp. 281-288, Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija, Beograd
- [11] Bezdina S.J. (1989) Principi i metodi ocenki kačestva vodi dlja orošenija, MiVH 8, p. 23-26, Moskva.
- [12] Chang A.C. Page A.L. Asano T. Hespanhol I. (1995) Developing Human Health-Related Chemical Guidelines for Reclaimed Wastewater Irrigation, Proceedings book from Second International Symposium On Wastewater Reclamation and Reuse, pp. 1025-1034, Iraklio, Greece.
- [13] Đorđević, B. (1997) Voda kao ključni faktor održivog razvoja Srbije, U: Procena vodnih resursa "Ima li dovoljno vode u svetu", 29-47, Jugoslovensko društvo za hidrologiju, Beograd
- [14] Edinije kriterii kačestva vod, SEV, 1982, Moskva.
- [15] Gavrilov V.M. et al (1990) Kačestvo poverhnostnih vod, ispoljzujemih dlja orošenjija v Azerbejdžane, MiVH 5, p. 13-16, Moskva.
- [16] Miljković N. (1986) Klasifikacija površinskih i podzemnih voda u Vojvodini sa aspekta njihove primene za navodnjavanje, II kongres o vodama Jugoslavije, str. 1360-1373, Ljubljana.
- [17] Miljković N. (1989) Savremeni pristup proceni kvaliteta vode za navodnjavanje, Vodoprivreda 21, 119-120, str. 307-312, Beograd.
- [18] Radić Z. (1997) Ima li dovoljno vode u svetu, U: Procena vodnih resursa "Ima li dovoljno vode u svetu", 15-27, Jugoslovensko društvo za hidrologiju, Beograd
- [19] Štambuk-Giljanović N. Smolčić V. (1980) O ocjenjivanju kvaliteta vode pomoću indeksa, Vodoprivreda 12, str. 75-80, Beograd.
- [20] Vučić N. (1976) Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

## WATER USABILITY FOR IRRIGATION

by

Sima BELIĆ, Radovan SAVIĆ, Anđelka BELIĆ  
Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad

### Summary

Water quantity analyses in Serbia pointed out good providing with water for irrigation in the largest part of the area. More or less, quality problem is present for all users as well as for irrigation use. Estimation of water usability for irrigation does not accomplished on majority of irrigation systems, what

can produce deterioration of natural resources, but also, harvest quality without requested standards. Usability of water for irrigation should be established using appropriate classification according to due legislative. On the same way, dynamics, localities and sampling way should be defined.