

MJERE PRIRODNOG RETENCIONIRANJA VODE

prof. emeritus Ognjen Bonacci, dipl. ing. građ.

1. UVOD

Nije nikakva novost ako se kaže da su prirodni vodni resursi na planeti, kako oni lokalni tako i regionalni i globalni, danas pod sve većim pritiskom. Kako se stvari sve ubrzanije pogoršavaju i prijete katastrofalnim posljedicama, neophodno je djelovati brzo i naći učinkovita rješenja za njihov dugoročni održivi razvoj.

Odgovor na pitanje „Na koji se način mora upravljati vodnim resursima da bi se osigurao njihov dugotrajno održivi razvoj?“ može dati holistički organizirana znanost udružena s inženjerskom praksom. Da bi se problemi mogli učinkovito riješiti potrebno je naći odgovore na sljedeća dva pitanja: (1) Što predstavlja prepreku održivom upravljanju vodnim resursima?; (2) Kako se voda može koristiti na učinkovitiji način koji će osigurati održivost sustava koji o njoj ovise?

Za nalaženje odgovora na prvo od postavljenih pitanja osnovne prepreke se nalaze u nepredvidivim i, čini se, opasnim (makar što se vode tiče) klimatskim promjenama i/ili varijacijama kombiniranim s prirodnom hidrološkom promjenjivosti pojavnosti vode u vremenu i prostoru. Kad se tome doda pritisak na vodne resurse koji jača uslijed nekontroliranog povećanja broja stanovnika na planeti i sve veće potrošnje vode za potrebe poljoprivredne i industrijske proizvodnje, nalaženje odgovora na prvo postavljeno pitanje istovremeno postaje sve složenije, ali i sve važnije.

Odgovor na drugo pitanje nalazi se u primjeni preventivnih strategija i novih tehnologija koje moraju voditi računa o povećanju ili barem dužem zadržavanju na nekom području postojećih prirodnih vodnih resursa te na smanjivanju potreba (potrošnje) za vodom uz istovremeno ispunjavanje svih razvojnih ciljeva ljudskog društva i potreba okoliša. Radi se o neophodnosti učinkovitijeg korištenja raspoloživih vodnih resursa. Praktična rješenja ove problematike pokušava dati novi koncept nazvan „Mjere prirodnog retencioniranja vode“ (*Natural Water Retention Measures*) u daljnjem tekstu NWRM (www.nwrm.eu).

NWRM inicijativa nastala je kao praktična primjena akcije EU nazvane *Blue print* utemeljene 2012. godine. Mjere koje ona predlaže usredotočene su na: (1) bolje korištenje postojeće i razvoj nove učinkovitije legislative vezane s vodnim resursima; (2) integriranje ciljeva vodne politike u ciljeve ostalih politika (ekonomske, društvene, ekološke itd.); (3) prevladavanje praznina, nejasnoća i kontradiktornosti u brojnim propisima koji se odnose na kakvoću vode i učinkovitost njenog korištenja. Izrada mjera bila je koordinirana od strane „IOWater“ (*Iowa's volunteer water quality monitoring program*), a rezultirala je s 53 ekoinženjerske mjere objavljene 2014. godine u publikaciji Europske komisije (www.nwrm.eu).

Mjere koje predlaže NWRM predstavljaju multi-funkcionalne postupke čiji je cilj zaštita i upravljanje vodnim resursima korištenjem prirodnih mjera i procesa. Mjere su zasnovane na pružanju podrške kapacitetu prirodnih i antropogenih ekosustava s ciljem osiguranja učinkovitijeg i održivog upravljanja vodnim resursima. Primjenjuju se i za ostvarenje uvjeta za izgradnju zelene infrastrukture (*green infrastructure*), što spada u problematiku obnove ekosustava i promjenu korištenja zemljišta.

NWRM mjere imaju potencijal za ostvarenje brojnih korisnih postignuća u koja spadaju ublažavanje rizika od poplava, popravljivanja kakvoće vode, prihranjivanje rezervi podzemnih voda, poboljšanje stanja i brojnosti staništa i pružanje podrške biološkoj raznolikosti. Kao takove ove mjere mogu pomoći ispunjavanju ključnih ciljeva politike EU-aproklamiranih u: (1) Okvirnim direktivama o vodama (*Water Framework Directive - WFD*); (2) Direktivama o poplavama (*Floods Directive - FD*); (3) Direktivama o staništima (*Habitats Directive - HD*); (4) Direktivama o pticama (*Birds Directive - BD*).

Mjere su usredotočene na stvaranje uvjeta za: (1) povećanje kapaciteta retencioniranja vode na površini terena; (2) zadržavanje vlage u tlu; (3) intenziviranje prihranjivanja podzemnih voda; (4) pružanje podrške

ekosustavima i popravljajući njihovog današnjeg stanja. Primjena NWRM postupaka: (1) pruža podršku zelenoj infrastrukturi; (2) povećava količinu površinskih i podzemnih voda; (3) ublažava ranjivost riječnih slivova od poplava i suša. Mjere koje predlaže NWRM pozitivno utječu na kemijski i ekološki status vodnih tijela obnavljanjem prirodnih funkcija ekosustava i usluga koje oni pružaju čovjeku i okolišu. Obnovljeni ekosustavi pridonose boljoj prilagodbi i ublažavanju utjecaja klimatskim promjenama. Osnovna ideja NWRM koncepta sastoji se u namjeri da se u suglasju s prirodom djeluje na obnovi ekosustava i prilagodbi na klimatske promjene. Prepoznato je da u tom smislu voda, a prema tome i hidrologija kao inženjerska i teoretska grana, igraju ključnu ulogu.

Pružanje podrške ekološkim uslugama bitno je za prevladavanje dva velika izazova pred kojima se nalazi čovječanstvo, ali i život na planeti. Radi se o ublažavanju siromaštva i zaštiti okoliša. FAO (*Food and Agricultural Organization of the United Nations*) je konstatirao da poljoprivreda ima potencijal da onečisti tlo, vodu, atmosferu i biološke resurse, ali ih, ako se s njom upravlja drugačije, može i unaprijediti. FAO naglašava da mnoge vlade subvencioniraju poljoprivredu, ali rijetko plaćaju za zaštitu okoliša. Taj bi se trend trebao drastično promijeniti, a u tome ključnu ulogu mogu odigrati mjere predložene NWRM konceptom. One mogu biti primijenjene samostalno ili u kombinaciji s brojnim drugim mjerama koje spadaju u područje agrotehnike, urbanizma, šumarstva, zaštite okoliša, ekologije itd. Činjenica je da se razmatrane mjere preklapaju s nizom drugih mjera koje su u primjeni u različitim privrednim granama te su uključene u koncept zelene infrastrukture.

Cilj je ovog rada da se naša stručna javnost upozna sa svih 53 mjera koje predlaže NWRM. Stoga će nastavno one biti iznesene i ukratko opisane. Kako se radi o vrlo različitim mjerama, od kojih neke više, a neke manje utječu na osiguranje održivosti vodnih i s njima vezanih sustava, u radu će veća pažnja biti usredotočena na one mjere koje su, prema našem mišljenju, bitne za obnovu i pružanje podrške održavanju kakvoće i raspoloživosti vodnih tijela u uvjetima naše klime i našeg načina korištenja vodnih resursa.

2. OPIS NWRM MJERA

Mjere koje predlaže NWRM podijeljene su u sljedeća četiri područja: (1) agrotehničko (13 mjera); (2) prirodno ili hidromorfološko (14 mjera); (3) urbano (12 mjera); (4) šumarsko (14 mjera). Nastavno će se s nekoliko rečenica i pokojom fotografijom opisati svaka od predloženih mjera s time da će biti iznesen i njen originalni engleski naziv kako bi čitateljima bilo lakše shvatiti o čemu se radi, pošto se neki tehnički pojmovi rijetko koriste u hrvatskom jeziku ili za njih nema odgovarajućih termina. Treba ukazati i na činjenicu da neke mjere ne pripadaju samo jednom od četiri područja, već pripadaju u više njih.

2.1 AGROTEHNIČKE MJERE

(1) Mjera nazvana *livade i pašnjaci (meadows and pastures)* preporuča pružanje podrške, tj. održavanje u prirodnom stanju livada i pašnjaka kao prostora koji su povremeno poplavljeni. Ovi prostori služe za zadržavanje vode povećavajući njeno retencioniranje u okolišu i usporavaju brzinu površinskog tečenja. Površinski sloj terena na njima je uvijek pokriven vegetacijom koja dodatno usporava brzinu tečenja po terenu, čime utječe na povećanje infiltracije vode u tlo i značajno smanjenje erozije površinskog sloja terena. Prethodno navedeno tlo čini plodnijim, a utječe i na poboljšanje kakvoće vode.

(2) Mjerom nazvanom *tampon trake (područja) i živice (buffer strip sandh edges)* želi se ukazati na važnu ulogu stalno zelenih prostora u okolišu koji pojačavaju učinkovitost infiltracije vode s površine, smanjuju brzinu njenog tečenja po terenu i povećavaju prirodnu retenciju vode. Istovremeno utječu na smanjivanje pronosa i transporta suspendiranih čestica, nitrata i fosfata proizvedenih agrotehničkim mjerama. Živice uzgajane uzduž dugih strmih padina mogu poslužiti za značajno smanjivanje erozije.

(3) Mjera pod nazivom *plodored (crop rotation)* česta je u poljoprivrednoj praksi. Radi se o postupcima uzgoja nizova različitih poljoprivrednih kultura na istom prostoru u uzastopnim sezonama. Ako se ova mjera ispravno koristi (izborom prikladnih kultura, tj. miješanjem biljaka s dubokim sustavom korijena onima s plitkim sustavom korijena) plodored može pomoći popravljajući strukturu i plodnost tla, ali i smanjenju erozije. Ova mjera je korisna i sa stanovišta ekologije i zaštite zdravlja okoliša.

(4) Mjera pod nazivom *konturna sjetva u trakama uzduž slojnica (strip cropping along contours)* česta je u primjeni u Sjevernoj Americi, dok se u europskoj praksi rjeđe koristi. Radi se o metodi poljoprivredne proizvodnje na dugim i uskim parcelama. Uobičajeno se na tim parcelama koristi i sustav plodoređa. Pojedine trake, s kulturama uzgojenim na njima, vrše funkciju prirodnih brana za vodu. Primjena ove metode preporuča se u slučajevima kad su padine vrlo duge ili jako strme te ne postoje učinkovitije alternativne metode za smanjenje vodne i eolske erozije. Neki slojevi ili biljke bolje apsorbiraju minerale i vodu te ih se preporuča uzgajati na ovakvim trakama.

(5) *Sjetva među redovima (inter cropping)* je praksa sisanja u dva ili više susjednih redova dviju ili više kultura. Cilj je, prije svega, da se postigne veći prinost na istoj površini nego kad bi se sijala samo jedna kultura. Međutim, ovaj postupak, ako se pažljivo i na znanstvenim osnovama izvodi, može pozitivno utjecati na retencioniranje vode u tlu i na smanjivanje erozije tla.

(6) *Izravna sjetva ili sjetva bez oranja (no till agriculture, zero tillage, direct drilling)* je mjera kojom se može povećati infiltracija vode u tlo i smanjiti erozija tla (zavisno o vrsti tla), a može se povećati zadržavanje organske materije i hranjiva u tlu. Ova se mjera ne može stalno koristiti, već se mora kombinirati s oranjem. Najveća

dobit od ove mjere je što se njome popravljiva biološka plodnost. Oranje predstavlja mehaničku modifikaciju tla.

(7) **Agrotehnika sa slabim zaoravanjem (*low till agriculture, conservation or reduced till*)** se koristi kod plodnih tala. Ona se sastoji od kombiniranja uzgoja kultura koje u tlu ostavljaju najmanje 30 % svoje mase tijekom razdoblja kritičnog za eroziju tla i plitkog zaoravanja. Takvim se postupcima usporava kretanje vode po terenu, čime se smanjuje opasnost od erozije i povećava infiltracija vode u tlo.

(8) **Zeleni pokrov (*green cover*)** je mjera koju je moguće primjenjivati za uzgoj kultura tijekom kasnog ljeta i rane jeseni na površinama pokrivenim plodnim tlom. Tlo koje je tijekom beskišnog ljeta bilo golo i ranjivo na eroziju se na taj način štiti od vodne i eolske erozije koja se često javlja tijekom kasnih ljetnih i ranih jesenskih dana.

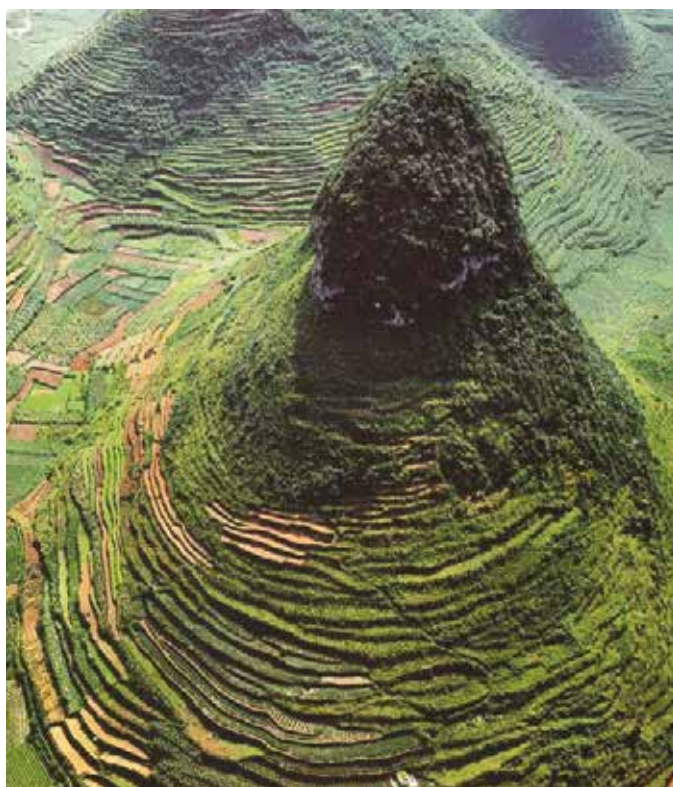
(9) **Rana sjetva (*early sowing*)** se odnosi na mjeru kad se sjetva obavlja do šest tjedana ranije od normalnih rokova za sjetvu. Time se utječe na raniji rast ozimih kultura, što pozitivno djeluje na smanjivanje brzine tečenja vode po površini terena u razdoblju proljeća kada padaju obilne oborine. Treba naglasiti da se radi o mjeri koja može rezultirati slabijim urodom pa s njenom primjenom treba biti vrlo oprezan. Opravdanost primjene ove mjere zavisi o klimatskim uvjetima i može biti korištena samo u toplijim južnim regijama.

(10) **Gradnja tradicionalnih terasa (*traditional terracing*)** jedna je od najstarijih mjera koja se primjenjuje na cijelom svijetu i u najrazličitijim klimatskim područjima. Uloga terasa je sprečavanje formiranja površinskih (najčešće bujičnih tokova), a time i značajno smanjivanje erozije i povećanje infiltracije oborinske vode u tlo, što rezultira povišenjem vlage u tlu i njegove plodnosti. Tradicionalne terase grade se na strmim terenima uzduž izohipsi. Grade se na različite načine, uglavnom od prirodnog materijala. U području dinarskog krša one su obično građene od kamena očišćenog s terena kao suhozidovi (slika 1). Prikaz fascinante vrste tradicionalne kineske terase dana je na fotografiji na slici 2. Treba naglasiti da neke od prethodno navedenih NWRM mjera uključuju djelomično i funkciju tradicionalne terase.

(11) **Obrada tla s kontroliranim prometom ili obrada uz stalne prohode (*controlled traffic farming*)** predstavlja organizaciju sustava transporta koji ograničava promet svim poljoprivrednim strojevima na strogo definiranim prometnicama unutar poljoprivredne površine. Današnja tehnologija poljoprivredne proizvodnje koristi teške strojeve koji svojim prolazom utječu na zbijanje tla i smanjenje njegovih prirodnih svojstava infiltracije vode, ali i na smanjenje plodnosti. Ukoliko se ne vodi računa o kretanju strojeva (posebno onih teških) procijenjeno je da oni prometuju na oko 75 % poljoprivrednih površina. Tlu je potrebno dosta vremena, čak i nekoliko godina, da se oporavi. Kretanje strojeva treba smanjiti na oko 15 % površine na kojoj se vrši uzgoj poljoprivrednih kultura. Stalne kontrolirane prometne površine su obično međusobno paralelne.



Slika 1: Kameni suhozidovi snimljena na otoku Hvaru



Slika 2: Terasa u Kini

(12) **Smanjena gustoća uzgoja stoke (*reduced stocking density*)** primjenjuje se kao NWRM mjera stoga jer stoka, osobito ona krupna, može vrlo negativno utjecati na površinski sloj tla. Može ga zbijati, razarati njegovu prirodnu strukturu, zagađivati ga te uništavati vegetaciju koja na tom prostoru raste. Sve navedeno utječe na smanjenje infiltracije, na zadržavanje vode na površini tla te povećanje isparavanja, čime se smanjuje prirodni dotok vlage u tlo. Zbijeno tlo povećava brzinu tečenja vode po terenu utječući na mogućnost pojave poplava i ugrožavajući kakvoću vode. Smanjenjem gustoće uzgoja stoke sve te negativne posljedice bit će ublažene, iako ne i uklonjene.

(13) **Prekrivanje površine tla (*mulching*)** vrši se slojem nekog materijala stavljenim na površinu terena sa svrhom da: (1) sačuva vlagu u tlu; (2) popravi plodnost i zdravlje tla; (3) smanji rast korova; (4) popravi vizualne karakteristike okoliša. Kao pokrovni sloj tla za potrebe NWRM koriste se razni organski materijali. Pokriveno tlo ili oko postojećih biljaka. Pokrivanje gnojivom ili kompostom povećat će aktivnost crva i drugih organizama, što će utjecati na povećanje kapaciteta tla za prijem vode, ali i na plodnost tla.

2.2 PRIRODNE ILI HIDROMORFOLOŠKE MJERE

(1) **Formiranje bazena i umjetnih jezera (*basins and ponds*)** na površini terena služi za zadržavanje vode koja inače slobodno otječe po površini terena. Radi se o retencijskim i detencijskim prostorima koji predstavljaju prirodne depresije ili umjetne iskope koji mogu biti korišteni za povremeno skladištenje velikih voda sa svrhom ublažavanja poplava te za povećanje infiltracije vode s površine u podzemlje. Detencijski prostori razlikuju se od retencijskih samo po tome što ovi posljednji nemaju kontrolirane izlaze. Detencijski prostori zadržavaju vodu tijekom određenog vremena te ju polagano ispuštaju kroz prirodne ili umjetno izrađene odvodne organe. Voda sakupljena u retencijskim prostorima polagano se infiltrira u podzemlje i isparava se. Dimenzije oba spomenuta prostora razlikuju se i ovise o prirodnim uvjetima, ali mogu biti povećane ili smanjene umjetnim objektima. U bazenima (*detention basins*) tijekom beskišnog razdoblja nema vode, dok se u umjetnim jezerima (*retention ponds, flood storage reservoirs, shallow impoundments*) voda zadržava duže vremena po prestanku oborina. Za prostore u kojima se voda zadržava koriste se prirodne depresije, čije je dimenzije moguće povećati manjim građevinskim mjerama. Bazeni i umjetna jezera utječu na: (1) povećanje infiltracije vode (prihranjivanje podzemnih voda); (2) smanjivanje erozije; (3) ublažavanje poplava; (4) stvaranje močvarnih područja itd.

(2) **Obnova i pružanje podrške razvoju močvara (*wetland restoration and management*)** jedna je od mjera koje se danas najčešće preporučuju upravo stoga jer močvare spadaju u najugroženije prostore na planeti. Njihova ekološka vrijednost smatra se neprocjenjivo važnom za pružanje podrške biološkoj raznolikosti. Da bi se sačuvala ova ekološki važna područja, 1971. godine donesena je, tzv. Ramsarska konvencija, kojom se štite močvarna područja od međunarodnog značenja. Radi se o međunarodnom ugovoru u kojem su navedene upute za očuvanje i održivo korištenje močvara, njihovih resursa i njihove uloge u pružanju podrške lokalnim, regionalnim i globalnim ekosustavima.

Među postupcima koji se koriste za ispunjavanje zacrtanih ciljeva spadaju: (1) tehničke mjere kojima se u prirodne suhe depresije dovodi voda ili se grade niski nasipi kojima se zadržava više vode u prirodnim močvarama ili se u postojećim nasipima otvaraju otvori kroz koje poplavne

vode ulaze u močvarna područja; (2) mjere kao što su sječa stabala i promjena korištenja zemljišta. Sve prethodno navedeno ima za cilj popravljavanje hidrološkog režima postojećih, a osobito obnovu degradiranih močvarnih područja. U urbanim sredinama grade se umjetne močvare koje pomažu: (1) ublažavanju poplava; (2) popravljaju kakvoće vode; (3) stvaranju staništa za degradirane i ugrožene biljne i životinjske vrste; (4) podizanju estetskih kvaliteta okoliša itd.

(3) **Obnavljanje plavljenih područja i upravljanje njima (*flood plain restoration and management*)** spada u jednu od mjera koja se danas najčešće preporuča i za koju se osobito zalažu ekolozi. Povijesno gledano plavljena područja već tisuće godina predstavljaju mjesta živih socio-ekonomskih aktivnosti i gustog naseljavanja. Ljudske zajednice koje su se na tim, općenito plodnim i bogatim, prostorima naselile bile su od samih početaka suočene s potrebama zaštite od poplava. Tijekom povijesti čovjek je radikalno mijenjao prirodni riječni sustav u nadi da će biti u mogućnosti konačno obraniti svoje građevine i bogatstva od plavljenja. Međutim, on to ne samo da nije uspio, već je načinio mnogo dugoročnih šteta prvenstveno prirodnom okolišu. Kad su se poduzimale mjere obrane od poplava, uglavnom se zaboravilo da poplave igraju ključnu ulogu u pružanju podrške biološkoj produktivnosti i raznolikosti u plavljenim područjima, a preko njih i u širem prostoru sliva. Poplave značajno pridonose plodnosti tla, formiranju staništa te donosu i izmjeni hranjiva i organizama. Nanos koji bude transportiran tijekom poplava ne predstavlja samo mrtvu materiju, već i plodne sastojke, hranjiva, sjeme i biološke organizme.

U posljednjih dvadesetak godina razmišljanje o toj složenoj problematici se značajno promijenilo, što je utjecalo na intenziviranje napora na obnavljanju plavljenih područja i na drugačijem upravljanju s njima. Problem je da su antropogeni zahvati na rijekama u posljednja dva stoljeća bili tako veliki da masovna, bezbolna i brza obnavljanja plavljenih područja nisu moguća. O tome najbolje svjedoči činjenica da je do sada vrlo mali broj plavljenih i vlažnih područja obnovljen prvenstveno stoga jer su na tim prostorima izgrađeni skupi i važni objekti ili se na njima vrše druge važne ekonomske ili socijalne aktivnosti (Bonacci, 2015.). Međutim, bez obzira na to o ovoj se mjeri sve intenzivnije vodi računa.

(4) Jedna od mjera koja spada u skupinu napora za obnavljanje otvorenih vodotoka je i mjera nazvana **restauracija riječnih meandara (*re-meandering*)**. Brojni prirodni vodotoci, osobito u razvijenim zemljama, regulirani su i kanalizirani, što je uzrokovalo niz negativnih posljedica kao što su: (1) povećanje brzine tečenja; (2) povećana erozija dna i obala; (3) povećanje maksimalnih protoka, a time i opasnosti od poplava nizvodno; (4) smanjivanje biološke raznolikosti i općenito negativne ekološke posljedice; (5) devastacija estetskih vrijednosti krajolika itd. Restauracijom meandara, kao prirodnih riječnih oblika, moguće je smanjiti neke od prethodno navedenih negativnih posljedica. Problem s ovom mjerom je kao i s onom prethodno opisanom da za obnovu meandara treba

veliki prostor koji je često nemoguće osigurati jer se na njemu već nalaze objekti i odvijaju aktivnosti koje je teško, skupo pa i nemoguće zanemariti.

(5) **Vraćanje u prirodno stanje (renaturalizacija) dna vodotoka (*stream bed re-naturalization*)** mjera je koju se preporuča poduzeti na vodotocima koji su kanalizirani i čije su dno i obale zabetonirane ili obložene kamenim i drugim nepropusnim materijalima. Dno i obale prirodnih otvorenih vodotoka formirani su od materijala koji je najčešće porozan, tj. sadrži neku od brojnih vrsta povezanih pukotina kroz koje se vrši dinamični kontakt vode s okolnim podzemnim vodama. To se područje naziva hiporeička zona i predstavlja ekoton koji igra niz važnih ekoloških uloga. Dinamična interakcija između površinskih i podzemnih voda čini da je ovo područje od velike biološke i kemijske aktivnosti bitno za pružanje podrške biološkoj raznolikosti i održivom razvoju. Betoniranjem i drugim radovima uloga hiporeičke zone se ili bitno smanji ili u cijelosti ukida, što ima katastrofalne posljedice za ekosustave koji o toj zoni ovise. Ova mjera koju NWRM predlaže kao jednu od značajnijih predlaže zamjenu betoniranih ili na druge načine kanaliziranih korita i obala s različitim vegetacijskim strukturama koje trebaju pružiti podršku stabilnosti obala od urušavanja. Radi se o primjeni koncepta nazvanog *plant engineering* koji primjenjuje kombinirane tehnike i principe ekologije i inženjerstva s ciljem stabilizacije dna i obala koristeći prvenstveno (ali ne i isključivo) vegetaciju.

(6) **Obnova povremenih ili sezonskih vodotoka (*restoration and reconnection of seasonal streams*)** jedna je od mjera koja se značajno ne razlikuje od dvije prethodno iznesene. Radi se o nešto složenijem i zasigurno problematičnijem zahvatu na otvorenim vodotocima u kojima se tečenje javlja tek povremeno i čija su hidrološka svojstva vrlo različita od godine do godine. Uloga ovih vodotoka je bitna s ekološkog, ali i privrednog stajališta. Treba biti svjestan da će varijacije i/ili promjene klime kao i nekontrolirano korištenje površinskih i podzemnih voda, osobito u sušnim regijama gdje postoje ovi vodotoci, u bliskoj budućnosti dodatno otežavati upravljanje njihovim vrijednim i često nezamjenjivim vodnim resursima.

(7) **Povezivanje starih (napuštenih) meandara i sličnih depresija s glavnim koritom (*reconnection of oxbow lakes and similar features*)** predstavlja mjeru kojom se ponovo uspostavlja stalna komunikacija vode s matičnim vodotokom između neaktivnih meandra i sličnih prirodnih depresija koje više nisu povezane s glavnim koritom. Na taj se način obnavlja trajna lateralna veza rijeke i njenog plavljenog područja. Napušteni meandri odsječeni od glavnog korita predstavljaju depresije koje su suhe ili ispunjene vodom samo tijekom poplava. Povezivanjem s glavnim koritom pojačava im se ekološka funkcija, te oni igraju učinkovitiju ulogu u sustavu obrane od poplava, a mogu vršiti i ulogu stalno vlažnih prostora ili močvara. Voda iz tako obnovljenih i s glavnim koritom ponovno povezanih meandara prihranjuje podzemnu vodu u širem području.

(8) **Vraćanje u prirodno stanje materijala koji tvori dno korita (*riverbed material renaturalization*)** predstavlja mjeru koja je ključna za obnavljanje funkcije hiporeičke

zone. U brojnim vodotocima su zbog antropogenih zahvata odneseni slojevi koji tvore prirodno dno. Postupak renaturalizacije predstavlja vraćanje strukture i sastava dna sličnog onome koji je postojao prije antropogenih zahvata. Pri tome treba voditi osobito računa o granulometrijskom sastavu, ali i o mineraloškom te kemijskom sastavu materijala kojim se vrši renaturalizacija.

(9) **Proces uklanjanje brana i drugih poprečnih pregrada na otvorenim vodotocima (*removal of dams and other longitudinal barriers*)** u snažnom je porastu, prije svega u SAD-u. Pregrade na otvorenim vodotocima utječu na prirodne hidrodinamičke i geomorfološke procese sprečavajući ili značajno mijenjajući prirodnu dinamiku transporta nanosa, a time i prirodnu ravnotežu vodotoka. Na riječne ekosustave djeluju na sljedeća tri načina: (1) mijenjaju nizvodni dotok vode i nanosa, čime modificiraju biogeokemijski ciklus kao i strukturu i dinamiku akvatičnih i priobalnih staništa; (2) mijenjaju temperaturu vode čime utječu na vitalne bioenergetske procese flore i faune; (3) predstavljaju prepreku slobodnom i prije njihove izgradnje prirodnom uzvodno-nizvodnom kretanju organizama i hranjiva, čime sprečavaju biotičku izmjenu bitnu za pružanje podrške održivom razvoju cjelovitog ekosustava. Njihovim uklanjanjem trebale bi se obnoviti prirodne vrijednosti vodotoka te omogućiti slobodna migracija ribljih vrsta. Treba naglasiti da se radi o kontroverznoj mjeri čije su stvarne posljedice dugoročne, nedovoljno poznate, pa, nažalost, mogu biti i negativne.

(10) **Stabilizacija riječnih obala prirodnim materijalima (*natural bank stabilization*)** spada u jednu od mjera obnavljanja vodotoka, a usmjerene su na stabilizaciju obala. Obale moraju biti stabilne i elastične, a na njima je potrebno omogućiti rast vegetacije koja predstavlja stanište za brojne životinjske vrste te stvara hlad potreban za boravak i mrijest riba. Pri obnovi riječnih obala treba težiti poboljšanju njihove ekološke, ali i estetske uloge, što je moguće postići izborom odgovarajuće vegetacije. Rješenja se preporuča zasnivati na principima bio-inženjeringa.

(11) **Mjera uklanjanja krutih zaštita obala (*elimination of river bank protection*)** predstavlja preduvjet za ostvarenje niza prethodno spomenutih mjera vraćanja vodotoka u prirodno stanje. Radi se o potrebi uspostavljanja lateralnih i prirodnih veza vode u rijeci s njenim bočnim prostorima eliminiranjem betoniranih obala i njihovom stabilizacijom prirodnim materijalima.

(12) **Mjera ponovnog uspostavljanja jezera (*lake restoration*)** primjenjuje se u slučajevima u kojima su jezera bila drenirana i kada su zbog toga smanjena ili u potpunosti uklonjena. Funkcija jezera kao stalnih vodnih tijela višestruko je značajna tako da ih je potrebno sačuvati i obnoviti. Jezera treba restaurirati tako da njihova struktura i funkcija budu što sličnije onoj prirodnoj koja je bila prije njihovog uklanjanja.

(13) **Obnavljanje prirodnih svojstava infiltracije, tj. prihranjivanja podzemnih voda (*restoration of natural infiltration to ground water*)** važno je stoga jer su brojni antropogeni zahvati, prije svega urbanizacija i

industrijalizacija, ali i intenzivna agrotehnika utjecali na značajno smanjivanje prihranjivanja podzemnih voda. Kao posljedica toga su razine podzemnih voda u mnogim područjima bitno smanjene, što je utjecalo i na smanjenje protoka (osobito u periodu recesije) u otvorenim vodotocima. Mehanizmi za pojačavanje kapaciteta infiltracije su: (1) površinske građevine koje povećavaju prihranjivanje podzemnih voda (npr. infiltracijski bazeni i kanali); (2) upojni bunari; (3) potpovršinsko izravno prihranjivanje.

(14) **Obnavljanje funkcije poldera (*re-naturalisation of polder areas*)** je mjera koja je slična prethodno opisanim mjerama obnove močvara i jezera. Polder je nisko ležeća hidrološka umjetna depresija okružena nasipima. Polder nema vezu s vanjskim vodama na drugi način nego kroz ručno manipulirane naprave. Njegovim renaturaliziranjem postiže se učinak boljeg zadržavanja vode u tom prostoru kao i pružanje podrške biološkoj raznolikosti.

2.3 MJERE U URBANIM PROSTORIMA

(1) **Zeleni krovovi (*green roofs*)** predstavljaju višeslojne sustave koji pokrivaju krovove zgrada različitom vegetacijom. Zeleni se krov može definirati i kao svaki otvoreni biljem zasijan prostor od tla odvojen građevinskom ili drugom strukturom. Izgradnja zelenih krovova vrši se s ciljem naturalizacije urbanog pejzaža uz istovremeno povećanje razina udobnosti života za stanovnike tako izvedene zgrade. Postoje dvije vrste zelenih krovova. Ekstenzivni zeleni krovovi grade se korištenjem biljaka koje traže malo održavanja, kao što su biljke s malim korijenjem i izvorne biljke i trave koje pružaju izvrsno pokrivanje. Intenzivni krovni sustavi traže dodatne drenažne ćelije da bi se prilikom intenzivnih oborina voda drenirala s krova, ali i da bi se ventilirao cijeli sustav. Zeleni krovovi imaju i hidrološku funkciju zadržavanja oborinskih voda, smanjivanja koeficijenta otjecanja i smanjivanja vrha hidrograma, a time i smanjivanja opasnosti od poplava u urbanim područjima.

(2) **Sakupljanje kišnice (*rainwater harvesting*)** jedan je od najstarijih načina opskrbe vodom. Sustav se sastoji od nakapne plohe s koje se kišnica slijeva u rezervoar u kojem se ona skladišti. Izvedbe kao i dimenzije nakapnih ploha i rezervoara mogu biti najrazličitije. Još prije nekoliko desetaka godina ovo je bila jedina metoda opskrbe vodom na našim otocima i u priobalju, ali i na cijelom Mediteranu kao i u brojnim drugim državama. Treba naglasiti da se ova tradicionalna metoda danas sve češće koristi u brojnim državama i to sve više u onim najrazvijenijim kao što su SAD, Njemačka, Australija itd.

(3) **Propusne površine (*permeable surfaces*)** su dizajnirane tako da omogućavaju oborinama da se infiltriraju kroz njihove otvore na površini u podzemlje. Na taj se način povećava infiltracija vode u tlo, a time i prihranjivanje rezervi podzemnih voda i vlage u tlu. Ujedno se smanjuje količina i brzina otjecanja po terenu, čime se utječe na smanjenje opasnosti od poplava. Propusne površine mogu biti izvedene na dva načina. U jednom se slučaju radi o primjeni materijala koji propuštaju vodu na

cijeloj površini (porozni betoni, armirana trava itd.), dok se u drugom slučaju primjenjuju razne vrste prefabriciranih ploča u kojima postoje otvori kroz koje voda može infiltrirati u tlo. U hrvatskom se jeziku za ove strukture koristi i naziv pokrov s travnim otvorima.

(4) **Kanali pokriveni vegetacijom (*vegetated swales, bio swales*)** predstavljaju plitke, široke umjetne kanale koji mogu skladištiti manje ili više zagađenu vodu s urbanih površina te ju provoditi u željenom smjeru bez izlivanja po površini. Utječu na povećanje infiltracije, smanjenje veličine poplava i filtriranje polutanata i sedimenata, čime se štiti okoliš u gradovima i naseljima. Predstavljaju zelenu alternativu konvencionalnim sustavima površinske kanalizacijske mreže.

(5) **Kanali i potočići (*channels and rills*)** su plitki površinski, većinom prirodni tokovi dizajnirani i preuređeni tako da predstavljaju komponentu koncepta održivog sustava površinske drenaže (*sustainable drainage system*). U njima se uzgaja vegetacija, čime se vizualno utječe na poboljšanje urbanog krajolika te pruža podrška biološkoj raznolikosti. Njihova funkcija identična je onoj opisanoj kod kanala pokrivenih vegetacijom.

(6) **Trake kroz koje se procjeđuje voda (*filter strips*)** su propusne trake pokrivene vegetacijom (najčešće niskom travom) smještene u urbanim područjima između nepropusnih (asfaltiranih i/ili betoniranih) gradskih prometnica. Unutar ovih traka se mogu uzgajati i ukrasne biljke i visoka stabla, čime se značajno utječe na estetsko i ekološko oplemenjivanje urbanog krajolika. Često se izvode između traka širokih gradskih prometnica. Njihova uloga je identična onoj opisanoj u prethodne tri mjere.

(7) **Jarak za infiltriranje vode (*infiltration trench*)** predstavlja plitki iskopani kanal čija je površina obložena kamenjem kroz koji je moguća brza infiltracija vode u podzemlje. Kako se radi o uskim trakama najrazličitijih dimenzija, one mogu biti uklopljene na brojnim mjestima u urbanim prostorima. Posebno su pogodna za postavljanje u područjima za rekreaciju. Njihova funkcija identična je onoj opisanoj u prethodne četiri NWRM mjere.

(8) **Upojni bunari (*soakways*)** su ukopane strukture koje omogućavaju da se kišnica i druge vrste vode s urbanih površina brzo i izravno provedu u podzemlje. Mogu biti izvedeni na vrlo različite načine kao široke bušotine ispunjene šljunkom ili kao montažni objekti izrađeni od betona, cigala, polietilena itd. Dubina im zavisi o razini podzemne vode i vrsti terena u koje se polažu. Upojni bunari mogu biti locirani na kraju kanala prekrivenih vegetacijom, kanala i potočića, traka kroz koje se procjeđuje voda te jaraka za infiltriranje vode. Općenito nisu povezani s drugim podzemnim elementima urbanog kanalizacijskog sustava.

(9) **Vrtovi za sakupljanje kišnice (*rain gardens, bioretention area*)** su male površine terena u kojima se uzgaja različita vegetacija. Služe za skladištenje i infiltraciju oborinskih voda. Obično su smješteni neposredno uz zgrade, tako da sakupljaju vodu s krovova i provode je izravno u podzemlje ne dozvoljavajući da se dalje razlijeva po urbanim prostorima. Na taj način pozitivno utječu i na smanjenje opasnosti od poplava.

(10) Kako je već prethodno u slučaju prirodnih ili hidromorfoloških mjera bilo izneseno **detencijski bazeni** (*detention basins*) zadržavaju vodu tijekom određenog vremena te ju polagano ispuštaju kroz prirodne ili umjetno izrađene odvodne organe. U urbanim prostorima ove strukture predstavljaju depresije pokrivene vegetacijom (najčešće travom). Uloga im je zadržavanje vode koja dotječe s nepropusnih urbanih površina. U njima se odlažu sedimenti, ali i polutanti. Svoju ulogu vrše tijekom padanja oborina i kratko vrijeme poslije. Zbog toga su idealni za lociranje u parkovima i područjima namijenjenim za rekreaciju. U njima je moguće uzgajati i stabla.

(11) U **retencijskim umjetnim jezerima** (*retention ponds*) voda se zadržava duže nego u detencijskim, često i trajno. Razlog tome je u činjenici što oni nemaju nikakve umjetne ili prirodne organe za ispuštanje vode u otvorene vodotoke, kanale ili jezera. Voda iz njih infiltrira se u podzemlje i isparava u atmosferu. U slučaju ako ne služe za trajno zadržavanje vode u njima, uloga im je identična kao i kod detencijskih bazena. U slučaju trajnog zadržavanja vode oni funkcioniraju kao jezera u urbanim prostorima.

(12) **Infiltracijski bazeni** (*infiltration basins*) su vegetacijom pokrivene površine projektirane da prihvate dotok s nepropusnih urbanih prostora i omogućе odlaganje urbanih sedimenata s njihovim pripadnim polutantima te omogućе da se voda infiltrira u podzemlje. Radi se o prostorima koji su većinom godine suhi. Njihova je uloga vrlo slična onoj koju vrše detencijski bazeni. Utječu na povećanje vlage u tlu i prihranjivanje podzemnih voda te prihranjivanje otvorenih vodotoka tijekom sušnih razdoblja.

2.4 MJERE U ŠUMARSTVU

(1) **Šumski priobalni tampon** (*forest riparian buffers*) je pojas uzduž obala otvorenog vodotoka u kojem rastu stabla i brojna druga vegetacija. Uloga ovoga pojasa od golemog je ekološkog značenja. Isti se može uzgajati i u urbanim prostorima gdje je njegova uloga još značajnija nego u šumama. Stabla i vegetacija u priobalnom pojasa učinkovito upijaju nutrient te pomažu pročišćavanju vode. Pojas služi i za učvršćivanje stabilnosti obala, te stvaranja hlada i staništa za ribe i vodozemce.

(2) **Održavanje šuma u gornjim dijelovima riječnih slivova** (*maintenance of forest cover in headwater areas*) predstavlja vrlo važnu NWRM mjeru. Razlog tome leži u činjenici što gornji dijelovi slivova igraju ključnu ulogu u strukturi, funkcioniranju, produktivnosti, kompleksnosti i održivosti nizvodnih dijelova sliva. Bitni su za kontrolu hidrološkog ciklusa te formiranje hidrograma velikih voda i pojavu poplava u nizvodnim područjima. U gornjim dijelovima slivova padaju najveće i najintenzivnije količine oborina. Gusti šumski pokrov ublažava eroziju koju oni izazivaju te smanjuje brzinu i količinu otjecanja po terenu. Sprečavanje pretjerane sječe šuma u gornjim dijelovima slivova višestruko je važan zadatak. Činjenica je da su mnogi gradovi smješteni u dijelovima slivova neposredno ispod gornjih izvorskih dijelova vodotoka, što ovoj mjeri daje dodatnu važnost. Sjetimo se samo glavnog grada

Hrvatske, Zagreba, ali i New York-a, Istambula i Singapura.

(3) **Pošumljavanje slivova umjetnih rezervoara** (*afforestation of reservoir catchments*) bitno je za smanjivanje erozije u slivu akumulacije. Ako se ona ne smanji može doći do brzog punjenja skladišnog prostora nanosom i umanjivanja ili potpunog prestanka funkcioniranja njenog rada. Pošumljavanjem se pozitivno utječe na kakvoću vode u akumulaciji. Treba naglasiti da pretjerano pošumljavanje sliva umjetnih akumulacija može imati i negativne posljedice na hidrološku bilancu zbog povećanog zadržavanja vode u sustavu krošanja i povećane evapotranspiracije.

(4) **Ciljano pošumljavanje sa svrhom "hvatanja" oborina** (*targeted planting for "catching" precipitation*) je mjera koja se preporuča na slivovima u području Mediterana. Analize su pokazale da oborinski režim u tom području reagira na varijacije temperatura zraka i vlage. Sječa šumskog pokrova na padinama mediteranskih slivova značajno je promijenila klimatske karakteristike i smanjila količine oborina u brojnim područjima. Ciljanim pošumljavanjem sprečava se dezertifikacija i ublažavaju posljedice suša u razmatranom području.

(5) **Promjena namjene korištenja zemljišta** (*land use conversion*) je opći pojam za različite promjene u fizičkom okolišu. Pošumljavanje predstavlja jednu od najčešćih mjera te vrste. Pozitivne posljedice za okoliš zavise o vrsti stabala koja se koristi za pošumljavanje. Radi se o složenom interaktivnom procesu u kojem ključnu ulogu igraju brojni čimbenici: (1) vrsta stabala (domaće ili egzotične vrste, oblik krošnje, voda koju pojedina vrsta upotrebljava za transpiraciju, listopadna ili zimzelena, brzina rasta itd.); (2) tlo na kojem se vrši sadnja; (3) geomorfološka svojstva terena itd. Treba napomenuti da pošumljavanje u sušnim regijama može uzrokovati nedostatak vode na lokalnom području. Međutim, na širem regionalnom i globalnom području pošumljavanje uvijek pozitivno djeluje na intenziviranje hidrološkog ciklusa.

(6) **Trajni šumski pokrov** (*continuous cover forestry*) je mjera koja se odnosi na širok spektar postupaka koji pripadaju šumarskoj praksi, a čiji je cilj poboljšanje hidrološkog režima. Glavni je cilj smanjivanje sječe. Sječom ogoljene površine ne bi smjele biti veće od 0,25 ha. Ova mjera osigurava da nema slobodnog prostora između krošnji stabala, tj. da je površina terena uvijek pokrivena krošnjama stabala. Na taj način tlo nikada nije izravno izloženo oborinama, što utječe na smanjivanje erozije i produkciju nanosa.

(7) **Transport "osjetljiv na vodu"** (*"water sensitive" driving*) je mjera koja predlaže da se transport teških šumskih strojeva u šumskim područjima ne vrši van stalnih šumskih putova kako bi se ublažile negativne posljedice na kakvoću vode. Posebno treba izbjegavati transport teških vozila sa širokim gumama u vlažnim područjima gdje je podzemna voda blizu površine terena ili čak izbija na površinu. Šumske putove ili samo pravce kretanja treba tako projektirati da se erozija smanji na najnižu moguću mjeru.

(8) **Odgovarajuće vođenje putova i prijelaza preko otvorenih vodotoka** (*appropriate design of roads and stream crossings*) pomaže u smanjivanju negativnih utjecaja na ranjivi i vrijedni akvatični šumski okoliš. Loše projektirani i izvedeni prijelazi preko otvorenih vodotoka u šumovitim područjima mogu uzrokovati brojne negativne posljedice kao što su: (1) povećanje ili sprečavanje pronosa nanosa; (2) promjenu morfoloških svojstava otvorenih vodotoka; (3) uzrokovanje plavljenja uzvodno od prijelaza. Osobito je važno pravilno dimenzionirati otvor mosta ili propusta da objekt bude sposoban propustiti velike vode.

(9) **Umjetna jezera za zaustavljanje sedimenta** (*sediment capture ponds*) treba graditi u područjima gdje otvoreni vodotoci pronose velike količine nanosa. Radi se pregradama najčešće izrađenim od trupaca iza kojih se formira umjetno jezerce. Cilj im je zadržavanje sedimenata i biljnog otpada. Radi se o privremenim objektima koji su korisni i za očuvanje kakvoće vode. Ako se pokaže korisnim, moguće je svako određeno vrijeme izvršiti čišćenje sedimenata iz ovih umjetnih jezera.

(10) Mjera nazvana **grubi šumski otpad** (*coarse woody debris*) može u otvorenim vodotocima, koji protječu kroz šumski prostor, biti od ekološke i hidrološke koristi. Radi se o korištenju prirodno otpalih krupnijih dijelova stabala (velikih grana i debala) za formiranje pregrada na otvorenim vodotocima, čija je funkcija identična onoj opisanoj u prethodnoj mjeri. Osim smanjivanja brzine tečenja vode, smanjivanja vrha hidrograma, produljivanja njegovog trajanja i zadržavanja sedimenta, ova mjera utječe na poboljšanje akvatične biološke raznolikosti zadržavajući hranjivo i formirajući staništa i zaklone za mriještenje riba.

(11) **Urbani šumski parkovi** (*urban forest parks*) vrše brojne i važne hidrološke i ekološke usluge unutar osjetljivih i ranjivih urbanih aglomeracija. Šume u gradovima utječu na popravljavanje kakvoće zraka, ublažavaju lokalne mikroklimatske ekstreme, poboljšavaju biološku raznolikost koja je osobito ugrožena u gradovima. Njihov pozitivni utjecaj na zdravlje ljudi i okoliša je značajan. Tlo na kojem se razvija šuma obično ima veliki kapacitet infiltracije, što pridonosi boljem prihranjivanju vodonosnika podzemnih voda koje je u gradovima smanjeno zbog pokrivenosti njegove površine nepropusnim materijalima.

(12) **Uzgoj stabala u urbanim prostorima** (*trees in urban areas*) vrši brojne važne uloge. Radi se najčešće o uzgajanju drvoreda duž gradskih ulica. Oni tijekom vrućih ljetnih dana stvaraju hlad. Osim toga, njihova estetska uloga je nezamjenjiva. Krošnje stabala predstavljaju staništa brojnim ptičjim vrstama. Krošnje stabala zadržavaju oborine i time smanjuju iznos vode koja padne na nepropusne gradske površine te ulazi u oborinsku ili mješovitu kanalizaciju, a može uzrokovati lokalne poplave i štete na skupoj urbanoj infrastrukturi.

(13) **Strukture za kontrolu vrha hidrograma u upravljanim šumama** (*peak flow control structures in managed forests*) se projektiraju i izvode s ciljem smanjivanja brzine tečenja vode i vremena koncentracije. Radi se o gradnji i korištenju mreže jaraka i prirodnih graba

u šumama u kojima se zadržava voda i nanos. Njihovo vrijeme trajanja je ograničeno, ali ga je moguće povećati čišćenjem nanosa nataloženog u njima.

(14) **Područja tečenja po površini terena u šumama u tresetištima** (*overland flow areas in peatland forests*) predstavljaju NWRM mjeru koja se masovno primjenjuje u Finskoj, ali može biti korištena i na bilo kojem području istovjetnih svojstava u Europi. Koristi se za svodenje na minimum negativnih utjecaja korištenja šuma na kakvoću vode. Područja na kojima se formira tečenje po površini terena sakupljaju višak nanosa nastao tijekom održavanja graba i izgradnje šumskih putova. Ove strukture predstavljaju polupropusne brane izgrađene u šumskim grabama. One usporavaju i zadržavaju vodu i sedimente formirajući močvarna područja koja imaju značajnu ekološku vrijednost.

3. NADOPUNE NWRM MJERA I ZAKLJUČCI

Osim prethodno opisane 53 mjere predložene u konceptu NWRM u svijetu postoje i brojna druga rješenja od kojih se neka tek dijelom mogu smjestiti u jednu ili više od prethodno opisanih mjera. Nastavno će biti navedeno nekoliko mjera s tim da treba naglasiti da postoje i brojne druge.

Primjera radi, navodi se mjera koja se masovno primjenjuje u Južnoj Africi, a koja je prikazana na fotografiji na slici 3 (Anonimus, 2003.). Primjenjuje se na ravničarskim ili blago nagnutim terenima na kojima se izgradnjom malih pregrada, visine do 10 cm, formiraju kasete veličine oko 2m×1m. Mjera je nazvana sakupljanje kišnice (*water harvesting*). Nasipi sprečavaju brzo otjecanje vode preko terena i formiranje povremenih tokova, čime se utječe na značajno smanjivanje erozije. Osim toga se bitno povećava infiltracija vode s površine terena u podzemlje. Vlaga u tlu se zadržava duže vremena i služi za razvoj biljaka koje se na tom području uzgajaju. Da bi se spriječilo brzo isparavanje vode s površine terena, preporuča se pokrivanje dijelova pojedine kasete u kojima se voda zadržava s priručnim materijalom (ostatkom vegetacije). Između kasete je omogućeno tečenje vode stvaranjem otvora u nasipima na najnižem dijelu pojedine kasete. Autori članka smatraju da je ta mjera ključna za osiguranje stabilne proizvodnje hrane u Africi (Anonimus, 2003.).

Gradnja podzemnih brana u mnogim, prije svega aridnim, područjima Afrike i Srednjeg Istoka predstavlja tradicionalnu mjeru kojom se površinske i poplavne vode učinkovito zadržavaju u podzemlju (Stevanović, 2016.). Treba naglasiti da podzemne brane imaju i svoj nadzemni dio kojim se formira prostor u kojem se akumulira voda. Vrlo često se radi o pragovima izrađenim na povremenim bujičnim tokovima koji se formiraju neposredno poslije padanja intenzivnih i kratkotrajnih oborina.

Vezano s postupkom sakupljanja kišnice, koji predstavlja jednu od najstarijih metoda opskrbe vodom na planeti, treba naglasiti da se danas sve više koristi i sakupljanje magle i rose. Na slici 4 prikazan je uređaj za sakupljanje magle koji se koristi u planinskim dijelovima Saudijske Arabije. Na gornjoj slici se nalazi crtež uređaja,

dok je na donjoj dana fotografija dva uređaja montirana na terenu. Tijekom 24 sata jedna mreža površine 1 m² sakupi i do 20 l vode.

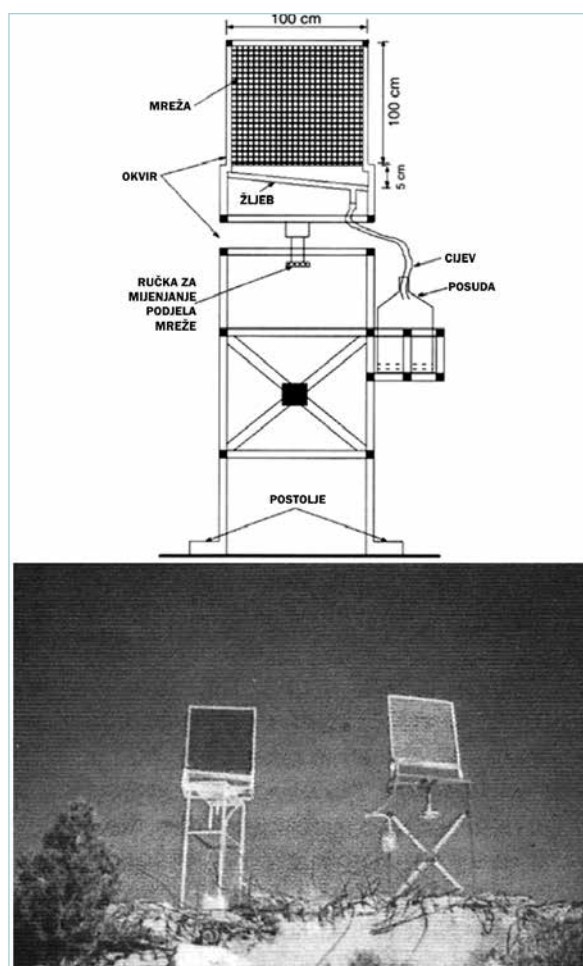
Kao što se iz prethodno izloženog može zaključiti, jedna od najčešćih i najučinkovitijih mjera se može smjestiti u skupinu najrazličitijih vidova vraćanja u prirodno stanje vodotoka i ostalih vodnih tijela (močvara, umjetnih i prirodnih jezera, vodonosnika podzemnih voda itd.). U tom smislu renaturalizacija reguliranih vodotoka predstavlja fundamentalni izazov u najrazvijenijim državama svijeta. Radi se o problemima ulaska u strukturu složene i adaptabilne prirode riječnih ekosustava. Strategija obnove mora ići za tim da popravi cjeloviti sustav, njegovu strukturu, funkcije i dinamiku. Većina studija i izvedenih projekata se suočava s istim problemima vezanim s neophodnom prostornom i vremenskom dimenzijom djelatnosti koje moraju biti poduzete da bi se postigli željeni, potrebni dugoročni ciljevi obnove. Projekti obnove trebaju biti planirani i projektirani na osnovi razumijevanja geomorfoloških i ekoloških procesa. Nije dovoljno samo oponašati prirodne oblike, što se vrlo često radi, pa stoga takovi zahvati ne rezultiraju željenim pozitivnim učincima.

Prilikom primjene NWRM mjera treba biti vrlo oprezan. One mogu uzrokovati i niz negativnih posljedica, neke više, a neke manje. Kao prvo treba strogo voditi računa o lokalnim karakteristikama terena i klime na kojima se želi poduzeti neka od prethodno opisanih mjera. Neke od predloženih mjera traže brižno i skupo održavanje kako bi vršile svoju funkciju. U suprotnom mogu uzrokovati više štete nego koristi. O toj problematici napisan je cijeli priručnik pod znakovitim naslovom „Demistificiranje NWRM“ (Koseglu i Moran, 2014.).

Unatoč sve boljim saznanjima i sve većim naporima da se u praksi primijene mjere koje predlaže NWRM, neophodno je vrlo intenzivno raditi na njihovom poboljšanju, ali i na podizanju svijesti ne samo najšire javnosti, već i stručnjaka i političara. Predložene mjere moraju biti dio integralnog upravljanja vodnim resursima svakog pojedinog prostora. Posebno treba voditi računa o specifičnosti svakog pojedinog razmatranog slučaja kod kojeg se želi primijeniti neka od navedenih mjera. Pri tome se mora voditi računa o klimatskim, hidrološkim, hidrogeološkim, geomorfološkim, ekološkim, ali i društvenim čimbenicima. Radi se o obećavajućoj inicijativi čiji uspjeh u praksi može znatno poboljšati danas vrlo loše stanje stvari u razmatranom segmentu upravljanja vodnim resursima. ■



Slika 3: Fotografija načina sakupljanja kišnice na ravničarskim terenima u Južnoj Africi



Slika 4: Uređaj za sakupljanje magle koji se koristi u Saudijskoj Arabiji

LITERATURA

- Anonimus (2003.): Waterharvesting: a key to foodsecurity for Africa? *TheWater Wheel* 3: 17-20.
- Bonacci, O. (2015.): Space for theriver – prostor za rijeku. *Hrvatske Vode* 23(93): 222-231.
- Koseglu, N., Moran, D. (2014.): *Demistifying Natural Water Retention Measures*. Foundation for Water Research, TheListons, UK.

- Stevanović, Z. (2016.): Damming underground flow to enhance recharge of karst aquifers in the arid and semi-arid worlds. *Environmental Earth Sciences* 75(1): 35(1-14). www.nwrm.eu (posjet 2. svibnja 2016.)