

---

Zoran Šikić

# Sustavi gospodarenja vodom

---



---

SVEUČILIŠTE U ZADRU

ODJEL ZA EKOLOGIJU, AGRONOMIJU I AKVAKULTURU

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PRIMIJENJENE EKOLOGIJE U POLJOPRIVREDI Zadar, 2016.

---

doc. dr. sc. Zoran Šikić

## **SUSTAVI GOSPODARENJA VODOM**

### **Nakladnik**

Sveučilište u Zadru

www.unizd.hr

### **Za nakladnika**

prof. dr. sc. Dijana Vican, rektorica

### **Povjerenstvo za izdavačku djelatnost**

Josip Faričić, predsjednik

### **Recenzenti**

prof. dr. sc. Tatjana Vlahović

doc. dr. sc. Siniša Širac

### **Autori fotografija**

Šikić, Z., ostali izvori i

autori navedeni uz fotografije

### **Lektura**

Ivana Petešić

### **Računalna obrada i prijelom**

Grafikart d.o.o., Zadar

### **ISBN**

978-953-331-094-7

# Sadržaj

Predgovor	4
<b>Modul 1</b>	
<b>OSNOVE UPRAVLJANJA I GOSPODARENJA VODAMA</b>	<b>6</b>
Uvod	6
Značajke površinskih voda	9
Značajke podzemnih voda	11
Razvoj vodnog sektora kroz povijest	12
Vodni sektor danas	12
Upravljanje vodama u RH	13
Nacionalni pravni okvir	18
Međunarodni pravni okvir	19
Primjena modernih poljoprivrednih tehnologija	21
Zemljišni i vodni resursi RH	22
Integralno i održivo upravljanje vodama	25
Planiranje korištenja vodnih resursa	26
Raspored vodnih resursa prema vrsti zahvata voda	29
Iskorištavanje otpadnih voda	31
Voda kao komponenta ekosustava	31
Promišljanje održivog razvoja	32
Procjena utjecaja na okoliš	35
Ekološka mreža kao EU obveza	36
<b>Modul 2</b>	
<b>OSNOVE NAVODNJAVANJA</b>	<b>38</b>
Uvod	38
Norma navodnjavanja	38
Ciklus vode (biljka – tlo – voda)	41
Doziranje vode pri navodnjavanju	45
Izvor i kakvoća vode za navodnjavanje	48
Temeljni elementi za projektiranje navodnjavanja	51
Metode navodnjavanja	52
Vodni režim u uzgojnom supstratu zatvorenog prostora	54
Literatura	55
Popis tablica i slika	56
Bilješka o autoru	57

---

# Predgovor

---

Skripta za predmet Sustavi gospodarenja vodom namijenjena je ponajprije studentima polaznicima studija primijenjene ekologije u poljoprivredi na Odjelu za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru. Skripta je predviđena kao osnovna literatura za pripremu ispita i usvajanje znanja o osnovama upravljanja i gospodarenja vodama te navodnjavanju. U njoj je prikazano od kratke povijesti upravljanja vodama, legislative, ustroja i planiranja do tehnika navodnjavanja i izazova današnjice korištenja vode kao iznimno značajnog resursa. Prilagođena je sadržaju te ishodima učenja navedenog predmeta, izbjegavajući preveliku opsežnost druge literature. Na temelju navedenoga smatram da će ova skripta, prilagođena programu predmeta, unaprijediti kvalitetu nastave i olakšati učenje polaznicima ovoga predmeta.

Autor

## Popis kratica

BDP Bruto domaći proizvod  
CEB Razvojna banka Vijeća Europe  
DPSIR Metodologija indikatora održivosti  
DZZP Državni zavod za zaštitu prirode  
EEZ Europska ekonomska zajednica  
EC Europska komisija  
EM Ekološka mreža  
EU Europska unija  
EZ Europska zajednica  
FAO Svjetska organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda  
GIS Geografski informacijski sustav  
IRENA *Indicator Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agricultural Policy* (projekt poljoprivredno okolišnih indikatora)  
IU integralno upravljanje  
NLP Nacionalna lista pokazatelja  
NP Nacionalni park  
ODV Okvirna direktiva o vodama  
ODMS Okvirne direktive o morskoj strategiji  
PUO Procjena utjecaja na okoliš  
RH Republika Hrvatska  
SPUO Procjena utjecaja na okoliš planova, programa, strategija i zakonodavstva  
SUO Studija o utjecaju na okoliš  
UN Ujedinjeni narodi  
UNCED *United Nations Conference on Environment and Development*  
UNEP Program za okoliš UN-a  
UNESCO Organizacija Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu  
VGI Vodnogospodarska ispostava  
VGO Vodnogospodarski odjel

---

# Modul 1

## OSNOVE UPRAVLJANJA I GOSPODARENJA VODAMA

---

### Uvod

Voda je jedinstven i nezamjenjiv prirodni resurs ograničenih količina i neravnomjerne prostorne i vremenske raspodjele. Iz činjenice da su svi oblici života i sve ljudske aktivnosti više ili manje vezane uz vodu jasno proizlazi važnost odnosa prema vodi i značenje dokumenata kojima se taj odnos uređuje. Gospodarski razvoj i urbanizacija dovode s jedne strane do velikog porasta potreba za vodom, a s druge do ugrožavanja vodnih resursa i vodnoga okoliša. Voda tako može postati ograničavajući čimbenik razvoja te prijetnja ljudskom zdravlju i održivosti prirodnih ekosustava. Stoga je za svako društvo posebno važno da uravnoteži te odnose i osmisli politiku i strategiju uređenja, iskorištavanja i zaštite vodnih resursa.

Upravljanje vodama čine svi poslovi, mjere i radnje koje na temelju zakona (Zakona o vodama, Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva, Zakona o zaštiti okoliša, Zakona o zaštiti prirode i dr.) poduzimaju Republika Hrvatska, Hrvatske vode, jedinice lokalne i regionalne samouprave i neke druge javne institucije s državne razine.

Danas se upravljanje vodama temelji na sljedećim načelima:

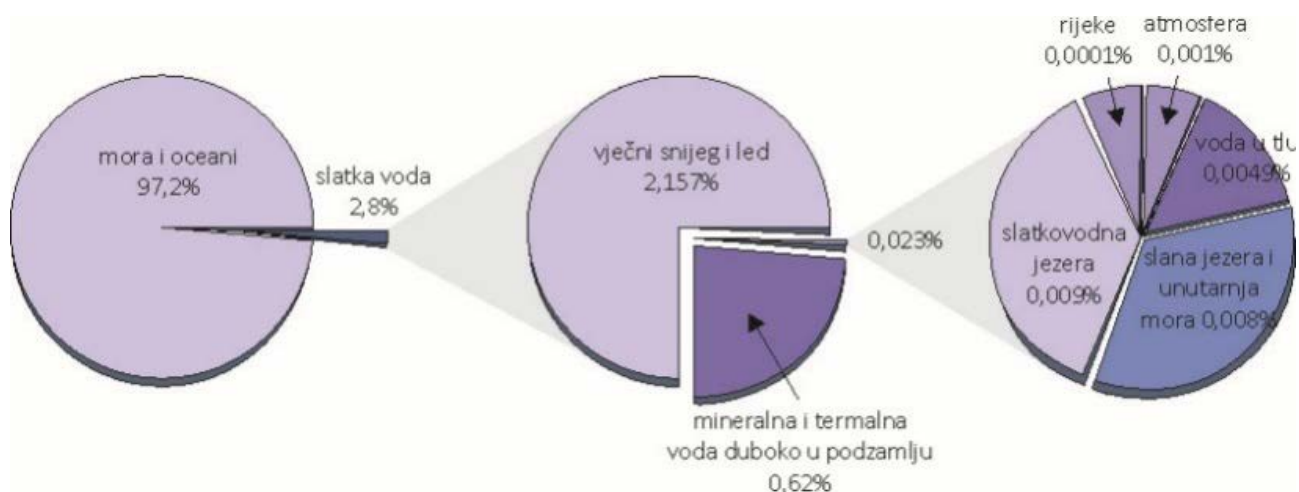
- Voda nije komercijalni proizvod kao neki drugi proizvodi, nego je naslijeđe koje treba čuvati, štiti i mudro i racionalno koristiti.
- Vodama se upravlja prema načelu jedinstva vodnog sustava i načelu održivog razvitka kojim se zadovoljavaju potrebe sadašnje generacije i ne ugrožavaju pravo i mogućnost budućih generacija da isto ostvare za sebe.
- Upravljanje vodama prilagođava se globalnim klimatskim promjenama.
- Za korištenje voda koje prelazi granice općeg korištenja, kao i za svako pogoršanje stanja voda, plaća se naknada razmjerno koristi, odnosno stupnju i opsegu utjecaja na promjene u stanju vodnih tijela, poštujući ekonomsko vrjednovanje voda, povrat troškova njezina korištenja i zaštite vodnoga okoliša i drugih sastavnica okoliša.
- Zaštita i korištenje voda temelji se na načelu predostrožnosti, poduzimanja preventivnih mjera, otklanjanja štete nanijete vodnom okolišu na mjestu njezina nastanka te načelima „onečišćivač plaća“, odnosno „korisnik plaća“.
- Pri provedbi aktivnosti na očuvanju, zaštiti i korištenju voda nadležna tijela odnosno nadležne pravne osobe sukladno zakonu donose odluke što bliže mjestu gdje je voda izložena nekom utjecaju ili gdje se koristi.
- Upravljanje rizicima od poplava zasniva se na načelima solidarnosti, prvenstva u potrebama, hitne službe, trajne imobilizacije i mobilizacije; planira se i koordinira

na razini vodnog područja u cilju smanjenja rizika od štetnih posljedica poplava, posebno po život, zdravlje i imovinu ljudi, okoliš, kulturnu baštinu, gospodarske djelatnosti i infrastrukturu.

- U donošenju planskih dokumenata, sukladno zakonu i posebnim propisima o zaštiti okoliša, osigurava se informiranje i sudjelovanje javnosti.
- Upravljanje vodama koje ima prekogranični utjecaj ostvaruje se suradnjom s drugim državama, sklapanjem i provedbom međunarodnih ugovora, obavješćivanjem o prekograničnim utjecajima na vode i vodni okoliš, o velikim nesrećama kako ih definiraju propisi o zaštiti okoliša, kao i međunarodnom razmjenom informacija o vodama i vodnom okolišu.

Uvažavajući temeljne stavove i politiku razvoja Republike Hrvatske te Ustavom i zakonima utvrđeno mjesto i ulogu vode u društvu, iz kojih proizlazi da su vode opće dobro koje ima osobitu zaštitu Republike Hrvatske i ne mogu biti ni u čijem vlasništvu te da su nezamjenjiv uvjet života i rada i kao takve iskorištavaju se uz zakonom utvrđene uvjete – od vodnoga se gospodarstva danas traži odgovarajuća razina usluga u funkciji zdravlja i sigurnosti stanovništva, proizvodnje hrane i razvoja drugih gospodarskih djelatnosti te zaštite ekosustava i vodnoga okoliša u cjelini. To podrazumijeva brigu za prostorni raspored i stanje količina i kakvoće voda i izgrađenost vodnoga sustava na način koji odgovara potrebama ukupnoga državnog prostora i svakoga vodnog i slivnog područja.

Voda na Zemlji tvori oceane, mora, rijeke, jezera, potoke, oblake i polarne kape (Slika 1.). Nalazimo je i ispod površine zemlje. Voda pokriva 71 % zemljine površine i nužna je za život kakav poznajemo. U Africi i Aziji gotovo tri četvrtine stanovništva nema čiste pitke vode. Približno 5 mil. ljudi umre svake godine od bolesti koje se prenose prljavom vodom. Prema procjenama čak 1,1 milijarda ljudi nema pristup pitkoj vodi, a 2,4 milijarde živi bez osnovnih sanitarnih uvjeta.



**Slika 1.** Raspored ukupne količine vode na Zemlji (preuzeto iz Bačani & Vlahović, 2012)

Prve važne preporuke o problemima vezanim za vodu i vodne resurse bile su formilirane na konferenciji Ujedinjenih naroda o vodama koja je održana 1977. godine u Mar del Plati (Argentina). Nakon konferencije Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju u Rio de Janeiru Opća skupština UN je Rezolucijom od 22. veljače 1993. odlučila da se 22. ožujak svake godine obilježi kao Svjetski dan voda i da se na taj dan, diljem svijeta, posebno skrene pozornost na probleme vezane za vodu i vodne resurse.

Prema biogeografskom položaju, Hrvatska se nalazi na razmeđu triju velikih ekoregija, Kontinentalne ekoregije (Panonske nizine), ekoregije Dinarida i ekoregije Sredozemnog mora.

Hrvatska se ubraja u skupinu vodom relativno bogatih zemlja u kojoj problemi s vodom i oko vode još nisu zaoštrjeni i vodni resursi zasad nisu ograničavajući čimbenik razvoja. Tako je prema istraživanjima UNESCO-a iz 2003. godine Hrvatska po dostupnosti i bogatstvu vodenih izvora na vrlo visokom 5. mjestu u Europi, a na 42. u svijetu. Bilance površinskih i podzemnih voda pokazuju da Hrvatska raspolaže velikim nejednoliko prostorno i vremenski raspoređenim količinama površinskih i podzemnih voda (Tablica 1.). Prosječne godišnje oborine u Hrvatskoj kreću se od 650 mm u istočnoj Slavoniji do 3.500 mm i više (Lividraga 3.800 mm) u Gorskom kotaru. Prosječna višegodišnja temperatura zraka u Hrvatskoj kreće se u rasponu od 3 do 17°C. Evapotranspiracija u Hrvatskoj kreće se u rasponu od 500 do 1000 mm, prosječno 700 mm, a prosječno otjecanje od oborina iznosi oko 40 % (Strategija upravljanja vodama, 2009).

Bilanca voda zasnovana je na analizama prosječnih tridesetogodišnjih podataka za Crnomorski i Jadranski sliv. Iskorišteni su izmjereni podatci oborina, temperatura zraka i protoka u vodotocima tijekom posljednjega neprekinutog 30-godišnjeg razdoblja (1961. – 1990.) koje se smatra reprezentativnim za donošenje pouzdanih zaključaka. U razdoblju od 1991. do 2000. godine meteorološki i hidrološki nizovi zbog ratnih su razaranja bili prekinuti gotovo na trećini hrvatskoga državnog teritorija. Prema prosječnoj vodnoj bilanci područje Hrvatske obiluje vodama, ali unutargodišnji raspored količina voda nije povoljan, jer postoji izrazita prostorna i vremenska neravnomjernost u rasporedu vodnoga bogatstva. Treba uzeti u obzir i objektivna ograničenja zbog kojih se samo dio voda iz prirode može privesti nekoj društveno-gospodarskoj svrsi. Riječ je o malovodnoj komponenti vodne bilance, tj. o onim vodama koje se ne smiju iskorištavati jer su nužne za održanje prirodnih ekosustava, te o velikovodnoj komponenti vodne bilance, tj. o dijelu velikih voda koje nije moguće ili nije isplativo zadržavati za kasniju uporabu. Postoji i niz drugih tehničkih, ekonomskih, okolišnih i političkih čimbenika koji ograničavaju mogućnost korištenja vodnim resursima.

Crnomorski sliv bogatiji je ako se u obzir uzmu vlastite i tranzitne vode, dok su vlastite vode Jadranskoga sliva znatno izdašnije po jedinici površine sliva. Vode koje dotječu iz Bosne i Hercegovine u Jadranski sliv nisu tranzitne u doslovnome smislu jer utječu u Jadransko more.

**Tablica 1.** Vodno bogatstvo RH (Strategija upravljanja vodama, 2009)

Ukupno vodno bogatstvo RH	111,66	x	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /god.
Crnomorski sliv	83,72	x	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /god.
Jadranski sliv	27,94	x	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /god.
Vodno bogatstvo po stanovniku	25.163 m <sup>3</sup> /god./st.		
Ukupno podzemne vode	9,13	x	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /god.
Crnomorski sliv – podzemne vode	2,66	x	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /god.
Jadranski sliv – podzemne vode	6,47	x	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /god.



## Značajke površinskih voda

Prostorni raspored površinskih voda (rijeke, jezera, prijelazne i priobalne vode) i podzemnih voda i njihova veza primarno su određeni morfološkim i hidrogeološkim značajkama područja Hrvatske. Sve vode dio su Crnomorskog ili Jadranskog sliva, a razvodnica ide kroz gorsko-planinsko područje. U Crnomorskom slivu dominiraju veći vodotoci kao što su Sava, Drava i Dunav s velikim brojem manjih vodotoka. U Jadranskom slivu gustoća i duljina površinskih vodotoka znatno je manja, ali postoje značajni podzemni tokovi kroz krške sustave. Ukupna duljina svih prirodnih i umjetnih vodotoka na prostoru Hrvatske procjenjuje se na oko 32.100 km (Strategija upravljanja vodama, 2009). U Jadranskom slivu Neretva je vodotok s vrlo velikim slivom dok se Lika, Zrmanja, Krka i Cetina ubrajaju u vodotoke s velikim slivovima. Vodotoka sa srednjom veličinom sliva ima oko 40-ak. Hrvatska ima malo prirodnih jezera, ali su specifična i još uvijek očuvanih prirodnih ljepota.

Područje Hrvatske karakteriziraju i značajna močvarna područja, posebno na poplavnim dijelovima slivova Drave, Dunava, Save i Neretve. Posebno je značajno pet lokaliteta koji su na Ramsarskom popisu vlažnih staništa, i to: Kopački rit u slivu Drave i Dunava, Lonjsko polje i ribnjak Crna Mlaka u slivu Save te područje donjeg toka Neretve (dio se prostire na područje Bosne i Hercegovine) i Vransko jezero u blizini Biograda na Moru i Zadra u Jadranskom slivu.

Na kontaktnim područjima priobalnog mora i kopna, gdje more znatno utječe na dinamiku kretanja i kvalitativne i ekološke značajke slatkih voda, pojavljuju se tzv. *prijelazne ili boćate vode*. Značajniji vodotoci u čijim se blizinama ušća osjeća utjecaj mora su: Dragonja, Mirna, Raša, Rječina, Zrmanja, Krka, Jadro, Žrnovnica, Cetina, Neretva i Ombla. Utjecaj mora osjeća se i u Vranskom jezeru kod Biograda na Moru, koje je kanalom Prosika i podzemnih putem povezano s morem, te u Baćinskim jezerima. Zbog specifičnih hidrogeoloških prilika i kanala Prosika moguć je prodor morske vode u jezero, pa voda Vranskog jezera nije pogodna za navodnjavanje u poljoprivredi. Navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta tako zaslanjenom i alkaliziranim vodom iz Vranskog jezera dugoročno je neodrživo (Romić 1994, 1995). Ono može ostaviti štetne posljedice na tlo u pogledu alkalizacije adsorpcijskog kompleksa, povećanja koncentracije soli u otopini tla, ali i u pogledu jačanja mobilizacije štetnih tvari, kao što je npr. kadmij. Mjereni podaci pokazuju da voda Vranskog jezera nije opterećena ispiranjem organske tvari iz tla Vranskog polja, niti ima značajnijeg ispiranja dušika iz tla Vranskog polja u jezero. Visoke vrijednosti elektrovodljivosti jezerske vode rezultat su miješanja s morskom vodom kako kroz vapnenačko-flišni greben tako i kroz kanal Prosika. Usporedbom dinamike razine vode u jezeru i razine mora s dinamikom koncentracije iona kalcija, magnezija, kloridnog te sulfatnog iona, vidljivo je da odnos razine vode u jezeru i razine mora ima direktan i snažan utjecaj na kemizam jezerske vode. Prodor morske vode u jezero izravno je povezan s dugotrajnijim sušnim razdobljima. Tako je 10-godišnje praćenje oborina i temperature na meteorološkoj postaji Biograd pokazalo povećanje aridnosti klime u odnosu na prethodno 20-godišnje razdoblje, što ima izravne posljedice na vodni režim Vranskog bazena.

*Jadransko more* je zatvorenog tipa, ukupne površine zajedno s otocima oko 138.600 km<sup>2</sup>. Ukupni volumen Jadranskog mora iznosi oko 35.000 km<sup>3</sup>, što čini 4,6 % volumena Sredozemnog mora. Geografsko-morfološka i klimatska obilježja prostora Hrvatske uvjetovala su i znatne razlike u režimima površinskih voda tako da na Crnomorskom slivu kod rijeke Drave dominira snježno-glacijalni režim, a kod rijeke Save prisutan je kišno-snježni režim. Površinske vode Jadranskoga sliva uglavnom imaju obilježja kišnog režima. Količinski režim voda podložan je prirodnim i antropogenim promjenama. Spoznaje o količinama i rasporedu površinskih voda oduvijek su bile nužne za planiranje iskorištavanja i zaštitu od voda, te se početkom 19. stoljeća na prostoru Hrvatske započinje s organiziranim mjerenjima vodostaja i određivanjima protoka. U 20. stoljeću započinju i mjerenja temperature vode, pronosa nanosa i pojava leda u znatno manjem opsegu. Postupno se povećavao i broj mjernih stanica, a posljednjih se petnaestak godina kretao od 450 do 500. Upravljanje vodnim

resursima kritično je tijekom ekstremnih situacija, suša i poplava kojih je pod utjecajima prirodnih i antropogenih čimbenika sve više. Trendovi suša i poplava te povećanja temperatura zraka u Hrvatskoj osobito su pojačani tijekom posljednjih petnaestak godina. Sustavno praćenje stanja kopnenih površinskih voda provodi se u skladu s godišnjim planom monitoringa. *Nacionalni monitoring* kakvoće voda radi ocjenjivanja promjena kakvoće započeo je sedamdesetih godina prošloga stoljeća. Prvi propis za ocjenu kakvoće voda donesen je 1981. godine (Uredba o klasifikaciji voda NN 15/1981), a izmijenjen i usklađen s UN/ECE smjernicama i razrađenom metodologijom 1998. godine (Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/1998, NN 137/2008). Donošenjem te Uredbe monitoring je značajnije unaprijeđen u pogledu učestalosti mjerenja, povećanog broja pokazatelja kakvoće voda i sustavnog prikupljanja, analize i pohrane podataka. Tek Uredba o standardu kakvoće voda iz 2010. godine (NN 89/2010) uvodi tipizaciju površinskih voda i tip-specifični sustav ocjenjivanja stanja voda te predviđa proširenje programa monitoringa pokazateljima hidromorfološkog stanja voda. Novom Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/2013) propisuju se standard kakvoće voda za površinske vode, uključivo i priobalne vode i vode teritorijalnog mora te podzemne vode, posebni ciljevi zaštite voda, kriteriji za utvrđivanje ciljeva, zaštite voda, uvjeti za produženje rokova za postizanje ciljeva zaštite voda, elementi za ocjenjivanje stanja voda, monitoring stanja voda i izvještavanje o stanju voda.

Na površinskim vodama ispituju se:

- biološki elementi koji ukazuju na prisutnu vrstu opterećenja, odnosno koji daju istovrsnu informaciju o stanju voda s učestalošću od jednom u tri godine, s izuzetkom fitoplanktona čija je učestalost šest puta godišnje (vegetacijska sezona od travnja do rujna)
- osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji na svim postajama, kao i specifični onečišćivači i ostale onečišćujuće tvari (na postajama gdje je njihova prisutnost indicirana), dvanaest puta godišnje (mjesečna dinamika u svim godinama trogodišnjeg ciklusa)
- hidromorfološki elementi kakvoće, ali samo na onim tijelima na kojima su evidentirane hidromorfološke promjene. Učestalost praćenja kontinuiteta rijeke i morfoloških uvjeta u rijekama i jezerima (hidromorfološki elementi kakvoće) je jednom u šest godina, dok se hidrološki režim prati kontinuirano.

Ispitivanje stanja voda provodi se na vodotocima čija se voda iskorištava ili planira iskorištavati za javnu vodoopskrbu, na vodama unutar nacionalnih parkova i parkova prirode, zatim u dijelovima vodotoka gdje su značajniji utoci državnih i prekograničnih voda te ispusti tehnoloških i komunalnih otpadnih voda i u dijelovima gdje se vodni resursi iskorištavaju ili planiraju iskorištavati za gospodarske potrebe (hidroelektrane, navodnjavanja, uzgajališta riba i drugo).

Ekološko stanje površinskih voda na području podsliva rijeke Save ocijenjeno je na najviše mjernih postaja kao umjereno i u dobrom ekološkom stanju, a i na većini postaja postignuto je dobro kemijsko stanje.

Na području podsliva rijeka Drave i Dunava dobro ekološko stanje površinskih voda nije postignuto na većini mjernih postaja, ali je na većini mjernih postaja postignuto dobro kemijsko stanje voda.

U jadranskom vodnom području vrlo dobro ili dobro ekološko stanje površinskih voda postignuto je samo na 37,23 % mjernih postaja, za razliku od kemijskog stanja voda koje je na gotovo svim mjernim postajama utvrđeno kao dobro stanje.

Nadalje, najveći dio hrvatskoga Jadranskog mora je oligotrofan, odnosno vrlo dobre kakvoće, a problem su zatvoreni priobalni dijelovi mora uz velike gradove (Pula, Rijeka, Šibenik, Split i slično).

Mikrobiološki pokazatelji najznačajniji su indikatori onečišćenja mora otpadnim vodama fekalnog porijekla, te se ocjena kakvoće mora na morskim plažama temelji na koncentracijama indikatora fekalnog onečišćenja čije su granične vrijednosti definirane u Uredbi o standardima kakvoće mora na morskim plažama.

## Značajke podzemnih voda

Hrvatsku možemo u hidrogeološkom smislu grubo podijeliti na sjevernu Hrvatsku, gdje najznačajnije vodonosne sustave grade primarno porozne stijene (šljunak i pijesak u dolinama Save, Drave i njihovih pritoka), dok su u južnoj Hrvatskoj značajne sekundarno porozne stijene – raspucali i okršeni vapnenci Dinarida.

Osnovna značajka Jadranskoga sliva jesu razvijeni krški vodonosnici. Pojave vodonosnika međuzrnske poroznosti su zanemarive, a kada postoje, njihova bilanca direktno je vezana za duboke krške vodonosnike. Temeljna obilježja krških slivova prostrane su zone prikupljanja vode u planinskim područjima vrlo bogatim oborinama (do 4000 mm godišnje) i vrlo kompleksni uvjeti izviranja na kontaktima okršenih vodopropusnih karbonatnih vodonosnika i zona vodonepropusnih klastičnih stijena ili pod uspornim djelovanjem mora. Tečenje vode vezano je za pukotinske sustave, a odlikuje se velikim brzinama podzemnih tokova (do 30 cm/s) i pojavama jakih krških izvora velikih amplituda istjecanja. Zbog male retencijske sposobnosti vodonosnika ljetna razdoblja karakterizira bitno smanjenje istjecanja na izvorima, a katkad i potpuna presušivanja. Kakvoća podzemnih voda uglavnom je vrlo dobra, a jedine probleme stvaraju povremena zamućenja i bakteriološka onečišćenja izvora kao posljedica jakih oborina, osobito nakon dugoga sušnog razdoblja.

Crnomorskim slivom dominiraju prostrane ravnice desnih pritoka Dunava, rijeka Drave i Save koje su ispunjene debelim naslagama kvartarne starosti. U njima su formirani vodonosnici međuzrnske poroznosti. Južni dio Crnomorskog sliva od razvodnice s Jadranskim slivom do rubnog dijela Panonskog bazena pripada krškom području Dinarida, jednakih ili sličnih hidrogeoloških karakteristika kao i krški vodonosnici Jadranskog sliva. Velike količine oborina u planinskom području u zoni razvodnice i brzi protoci kroz okršeno karbonatno podzemlje temeljni su uvjet za formiranje jakih krških izvora velikog raspona istjecanja.

Vodonosnici pukotinske poroznosti u sjevernom dijelu sliva zauzimaju razmjerno male površine i izgrađuju vršne dijelove gorskih predjela. Za razliku od krškog dijela Hrvatske, koji je razmjerno siromašan površinskim tokovima, hidrografska mreža sjevernog dijela vrlo je razgranata.

Aluvijalni vodonosnici u pridravskoj i prisavskoj ravnici odlikuju se velikom propusnošću, u njima su akumulirane znatne količine podzemne vode, a posebno je važna mogućnost ostvarenja inducirano napajanja vodonosnika. Uz Dravu i Savu razvili su se veliki gradovi i mnoštvo manjih naselja, izgrađene su brojne prometnice i velika industrijska postrojenja, a razvijena je i poljoprivredna djelatnost. Zbog tako visoke urbaniziranosti posebno osjetljivo pitanje vezano je za kakvoću vode i osiguranje dostatnih količina pitke podzemne vode u budućnosti.

Mineralne, geotermalne i termomineralne vode dio su prirodnih podzemnih vodnih resursa Hrvatske, a značajka im je povećana količina otopljenih minerala i/ili povećana temperatura. Njihova pojava uvjetovana je posebnim prirodnim značajkama sredina u kojima se one generiraju i nalaze. Po geološkoj građi ističu se dva bitno različita područja koja se razlikuju i po vrijednostima geotermijskoga gradijenta i gustoći toplinskog toka:

- Dinaridi s vrlo malim brojem pojava mineralnih voda
- područje Panonske nizine sa znatno većim brojem pojava mineraliziranih voda različita kemijskog sastava i temperatura.

Jednako kao i ostali prirodni resursi, i navedene vode po količini su ograničene, a hidrogeološki i geotermijski sustavi u kojima se nalaze osjetljivi su na eksploataciju. Na prostoru Hrvatske definirano je petnaest geotermijskih područja.

Zbog složenih hidrogeoloških odnosa te nedovoljne i neravnomjerne istraženosti vodonosnika određivanje zaliha podzemnih voda temelji se dobrim dijelom na procjenama, a zbog vodnogospodarske važnosti razmatrane su samo obnovljive zalihe podzemnih voda. Podzemne se vode ponajprije iskorištavaju za javnu vodoopskrbu te se njihova kakvoća uglavnom ocjenjuje prema pokazateljima definiranim Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08) i prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013 i NN 141/2013). Monitoring kakvoće podzemnih voda na području krša (pojedini izvori i zdenci) te na širem području grada Zagreba, kao i na nekim grupiranim cjelinama podzemnih voda (CPV) prati se i ocjenjuje i prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013). Za ilustraciju možemo izdvojiti sliv Vranskog jezera u kojem najveći dio podzemnih voda pripada kalcijsko-hidrokarbonatnom tipu, osim u priobalnoj zoni i dijelu Vranskog polja gdje su podzemne vode pod utjecajem mora.

## Razvoj vodnog sektora kroz povijest

Na području Hrvatske organizirano gospodarenje vodama, utemeljeno na uređenom vodnom pravu, uspostavlja se godine 1876. u Osijeku (tadašnja Kraljevina Hrvatske i Slavonije u sastavu Austro-Ugarske Monarhije) osnivanjem Društva za regulaciju rijeke Vuke s biskupom Strosmayerom na čelu. Hrvatski sabor kao najviše zakonodavno tijelo tadašnje Kraljevine Hrvatske i Slavonije donio je godine 1891. Zakon o vodnom pravu koji je cjelovito uredio područje voda, od pravnog statusa do održavanja vodnog sustava. Po sadržaju i načinu normiranja taj je zakon bio sličan vodnom zakonodavstvu tada najrazvijenijih europskih država. U tadašnjoj Krunovini Dalmaciji Zemaljski je sabor godine 1873. donio Zakon o vodnom pravu, a za sve što nije bilo uređeno tim Zakonom primjenjivao se austrijski Državni zakon o vodnom pravu. Pojedine odredbe Zakona o vodnom pravu Kraljevine Hrvatske i Slavonije primjenjivale su se sve do godine 1965. kada je stupio na snagu Zakon o vodama tadašnje SR Hrvatske. Zakonom o vodama iz godine 1965. teritorij tadašnje Hrvatske podijeljen je na četiri vodna područja. Prvi Zakon o vodama i Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva u samostalnoj Republici Hrvatskoj donio je Hrvatski sabor 1993. godine, a potom i 1995. godine. Usklađivanje vodnog zakonodavstva s pravnom stečevinom Europske unije započelo je donošenjem Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o vodama i Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva u prosincu 2005. godine. Zakoni o vodama tijekom vremena mijenjali su se ovisno o političkim prilikama i dominantnim društveno-gospodarskim problemima određenoga razdoblja. Na početku je prevladavala zaštita od velikih voda i uređenje režima voda na poljoprivredno vrijednim površinama. Slijedilo je intenzivnije angažiranje na korištenju voda i vodnih snaga (prvi moderni vodovodi u drugoj polovici 19. stoljeća, prva hidroelektrana 1895. godine, prva velika ribnjačarstva početkom 20. stoljeća). Urbanizacijom i razvojem industrije i turizma na značenju dobivaju komunalne vodne usluge (javna vodoopskrba i odvodnja) i zaštita kakvoće voda.

## Vodni sektor danas

U vodnom sektoru danas djeluju vodno gospodarstvo, vodnokomunalno gospodarstvo i ostali gospodarski subjekti koji pri obavljanju djelatnosti koriste vodu i vodno dobro. Vodno je gospodarstvo ustrojeno na državnoj razini i obuhvaća poslove od javnoga značenja. Djelovanjem stvara uvjete



za unapređenje općih uvjeta za život stanovništva, za razvoj društveno-gospodarskih djelatnosti, zaštitu okoliša te očuvanje ekosustava i biološke raznolikosti kojima je osnovni resurs voda. Svoje učinke vodno gospodarstvo ostvaruje i kroz rezultate drugih sektora ovisnih o vodi i uređenom vodnom režimu. Vodnokomunalno gospodarstvo djeluje na lokalnoj odnosno regionalnoj razini, na poslovima javne vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. Gospodarsko korištenje voda (proizvodnja električne energije, ribnjačarstvo, navodnjavanje, plovidba, turizam) obuhvaća one dionike u vodnom sustavu koji djeluju na tržišnim osnovama, tj. koji korištenjem vodom proizvode robu i usluge. Vodni sektor značajan je pokretač gospodarstva, osobito kroz pripremu, izgradnju, opremanje, održavanje i pogon vodnih građevina i sustava, što znatno pridonosi društveno-ekonomskom razvoju.

## Upravljanje vodama u RH

Jedinice lokalne i regionalne (područne) samouprave imaju ovlasti i obveze vezane za vodnu problematiku unutar njihova područja.

Vodna politika je u nadležnosti resornog ministarstva (Uprava vodnoga gospodarstva – trenutno Ministarstvo poljoprivrede) koje predlaže zakone i uredbe, odnosno donosi podzakonske akte na području politike voda, obavlja upravni i inspekcijski nadzor, ostvaruje međunarodnu suradnju. Ministarstvo predlaže Plan upravljanja vodnim područjima na prihvaćanje Vladi Republike Hrvatske nakon provedene strateške procjene utjecaja plana na okoliš i usuglašavanja plana s drugim resornim tijelima i sa susjednim državama.

U obavljanju svojih zadataka resorno ministarstvo (Uprava vodnoga gospodarstva) i Hrvatske vode surađuju s drugim administrativnim tijelima i znanstvenim i stručnim institucijama.

Hrvatske vode organizirane su po teritorijalnom i funkcionalnom principu. Hrvatske vode su pravna osoba za upravljanje vodama, osnovane Zakonom o vodama, koji je njihov osnivački akt, radi “trajnog i nesmetanog obavljanja javnih službi i drugih poslova kojima se ostvaruje upravljanje vodama u opsegu utvrđenom planovima i u skladu sa sredstvima”. Hrvatske vode su izvršno tijelo zaduženo za upravljanje vodama, odnosno provedbu i koordinaciju provedbe državne politike na području voda, uključujući izradu Plana upravljanja vodnim područjima u svim njegovim elementima: pripremi podloga, analizi stanja i problema, definiranju programa mjera, provedbi planiranih mjera (samostalno ili u suradnji s drugim dionicima), praćenju i ocjeni učinaka provedenih mjera, informiranju i konzultiranju javnosti i izvještavanju Europske komisije.

Tijelo upravljanja je Upravno vijeće, a voditelj poslovanja je generalni direktor.

Ustrojstvo Hrvatskih voda dijelimo na dvije osnovne cjeline: direkciju i vodnogospodarske odjele (VGO-i). Direkcija je podijeljena na Sektore, Službe i Zavod za vodno gospodarstvo te jedinice i Glavni vodnogospodarski laboratorij te Glavni centar obrane od poplava, a istima upravljaju dva zamjenika generalnog direktora Hrvatskih voda. Sektori su: Sektor razvitka, Sektor zaštite od štetnog djelovanja voda, Sektor korištenja voda, Sektor zaštite voda, Sektor planiranja i tehničke kontrole, Sektor financija, Sektor pravnih i kadrovskih poslova, Sektor informacijske i komunikacijske tehnologije, Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU-a, Sektor za podršku u pripremi i provedbi EU projekata. U sastavu direkcije nalaze se i jedinice za provedbu nacionalnog programa navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama, za provedbu nacionalnih vodnogospodarskih projekata, za provedbu projekata zaštite od onečišćenja u priobalnim gradovima te Jedinica za provedbu projekata zaštite od štetnog djelovanja voda koji se financiraju putem zajmova CEB-a i sredstava EU fondova.

Teritorijalne jedinice u upravljanju vodama su šest VGO-a i VGI-i (vodnogospodarski odjeli u čijem sastavu su vodnogospodarske ispostave). VGO-i na području RH su:

- VGO za srednju i donju Savu
- VGO za gornju Savu
- VGO za Muru i gornju Dravu
- VGO za Dunav i donju Dravu
- VGO za slivove sjevernog Jadrana
- VGO za slivove južnog Jadrana.

Vodoprivredne grane su: **korištenje voda, zaštita voda i zaštita od štetnog djelovanja voda.**

Zakon o vodama predviđa donošenje Strategije upravljanja vodama koja je osnovni planski dokument za upravljanje vodama na državnoj razini. Strategiju donosi Sabor Republike Hrvatske. Za svako vodno područje propisana je obveza donošenja planova upravljanja vodnim područjem, koji su osnove za upravljanje vodama na vodnim područjima i usuglašene su sa Strategijom upravljanja vodama, a donosi ih Vlada Republike Hrvatske svakih 6 godina. Plan upravljanja vodama izvršni je i planski dokument na temelju kojeg se prikupljaju prihodi i podmiruju izdatci za ostvarenje aktivnosti i mjera, mora biti usklađen s planovima upravljanja vodnim područjima, a donosi ga Upravno vijeće Hrvatskih voda za razdoblje od jedne godine. Osim vodnogospodarskih planskih dokumenata, i u područjima izvan vodnoga gospodarstva donose se razvojni akti u kojima je, u manjem ili većem opsegu, obuhvaćena problematika voda. To su: Strategija prostornog uređenja države, Nacionalna strategija zaštite okoliša, Strategija i akcijski plan očuvanja biološke i krajobrazne raznolikosti, Nacionalna šumarska politika i strategija, Strategija prometnog razvitka, Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske te planske osnove drugih gospodarskih sektora koji znatno ovise o vodama ili utječu na vode. Propisano je usklađivanje navedenih dokumenata i Strategije upravljanja vodama. Zakon o vodama propisuje uspostavu jedinstvenoga informacijskog sustava voda. Da bi se spriječilo neprimjereno iskorištavanje zemljišta potrebnih za održavanje i poboljšanje vodnog režima, odnosno za normalno funkcioniranje postojećih vodnogospodarskih sustava, za njihova redovita gospodarska i tehnička održavanja te za njihov razvoj, Zakonom o vodama određeno je da su zemljišne čestice koje obuhvaćaju vodonosna i napuštena korita površinskih kopnenih voda, uređene i neuređene inundacijske pojaseve te otoke u vodonosnim koritima vodno dobro. Pripadnost neke zemljišne čestice vodnom dobru upisuje se u katastre, zemljišne knjige i prostorne planove, a zakonom su propisana i posebna ograničenja i mjere kojih su se dužni držati vlasnici ili korisnici takvih zemljišnih čestica. Korištenjem voda, prema Zakonu o vodama, smatra se: zahvaćanje, crpljenje i uporaba površinskih i podzemnih voda za različite namjene, pri čemu je opskrba stanovništva vodom za piće javni interes i ima prvenstvo u odnosu na korištenje voda za ostale namjene koje su pretežno gospodarski interesi, podložni utjecajima tržišta (proizvodnja električne energije, navodnjavanje, uzgoj riba, plovidba, zahvaćanje mineralne i geotermalne vode, korištenje voda za šport i rekreaciju i slično). Što se tiče korištenja voda za pogon mlinova i pilana, ono je danas zanemarivo, ali dio objekata ima etnološku važnost.

Prema Zakonu o vodama koncesija za gospodarsko korištenje voda potrebna je za:

1. korištenje vodne snage radi proizvodnje električne energije
2. korištenje vodne snage za pogon uređaja, osim proizvodnje električne energije
3. zahvaćanje voda radi korištenja za tehnološke i slične potrebe
4. zahvaćanje mineralnih, termalnih i termomineralnih voda, osim u slučaju iz točke 8. ovoga stavka
5. zahvaćanje voda za navodnjavanje za različite namjene

6. korištenje voda za splavarenje, uključujući i korištenje voda za rafting, vožnju kanuima i drugim sličnim plovilima
7. korištenje voda za postavljanje plutajućih ili plovećih objekata na unutarnjim vodama radi obavljanja ugostiteljske ili druge gospodarske djelatnosti
8. zahvaćanje izvorskih, mineralnih i termomineralnih voda radi stavljanja na tržište u izvornom obliku, osim korištenja vode namijenjene ljudskoj potrošnji za prekograničnu prodaju, ili u prerađenom obliku, u bocama ili drugoj ambalaži
9. korištenje kopnenih voda radi uzgoja riba i drugih vodenih organizama pogodnih za gospodarski uzgoj.

Koncesija za gospodarsko korištenje voda (točka 1-9) nije potrebna Republici Hrvatskoj, jedinicama lokalne i područne (regionalne) samouprave ni pravnim osobama kojima su Republika Hrvatska, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave većinski udjeličar, dioničar ili osnivač s većinskim pravom odlučivanja, za korištenje voda radi pružanja javnih usluga po Zakonu o vodama ili posebnom zakonu ili radi zahvaćanja voda za prodaju vode u izvornom obliku na tržištima drugih zemalja.

Stupanj pokrivenosti uslugom **javne vodoopskrbe** (udio stanovništva koje ima mogućnost priključka na sustav javne vodoopskrbe) na razini Republike Hrvatske iznosi u prosjeku 93 %, dok je stupanj priključenosti (udio stanovništva priključenog na sustav javne vodoopskrbe) nešto niži i procijenjen je na prosječnih 84 % (svibanj 2015.), što znači da se iz javne vodoopskrbe može opskrbljivati približno 3.600.000 stanovnika. Stupanj prosječne opskrbljenosti vodom znatno je povećan u odnosu na 1990. godinu kada je iznosio 63 %. Prosječna specifična potrošnja vode u kućanstvima iznosi 135 l/st./dan (2006. godina), a kreće se u rasponu od 113 do 149 l/st./dan. Prema podacima za godinu 2006., prosječan gubitak vode u javnim vodoopskrbnim sustavima iznosio je 40 %, a procijenjen je na osnovi podataka o zahvaćenim i isporučenim količinama vode. Najveći gubici vode su na vodnom području dalmatinskih slivova. Hidroenergetski objekti i postrojenja u pravilu imaju višenamjenski karakter sa širim društvenim i vodnogospodarskim značenjem (zaštita od poplava, osiguranje vode za vodoopskrbu, proizvodnja električne energije, osiguranje vode za navodnjavanje, regulacija režima malih voda, sport i rekreacija i drugo). Najpogodnije lokacije za proizvodnju hidroenergije u Hrvatskoj već su iskorištene, a preostale su uglavnom dolinske lokacije s mogućim većim utjecajem na okoliš, pa tako i na režim površinskih i podzemnih voda. Poljoprivredna proizvodnja na prostoru Hrvatske u proteklom je razdoblju bila orijentirana na proizvodnju kultura za koje nije dominantno navodnjavanje (ponajprije žitarice i kukuruz), tako da su službeni podaci iz 2004. godine ukazivali da se na cjelokupnom teritoriju Hrvatske navodnjavalo 9.264 ha, što je činilo svega oko 0,86 % tada korištenih poljoprivrednih površina. Posljedice ovako malog postotka navodnjavanih površina bile su velike štete u poljoprivredi u sušnim godinama. Ukupne štete od suša u poljoprivredi u 2000. i 2003. godini nadmašile su 3,4 milijarde kuna. Provedbom Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama, navodnjavane površine u Hrvatskoj u dvije su godine povećane za više od 50 %, tako da se zaključno s 2012. navodnjava oko 17.164 ha poljoprivrednih površina, što čini 1,59 % poljoprivrednog zemljišta, i do danas se više nisu značajno povećavale. Vode za navodnjavanje zahvaćaju se iz rijeka i jezera, a rasprostranjeno je i nekontrolirano zahvaćanje podzemnih voda. Iako postoji značajan vodni potencijal i površine pogodne za navodnjavanje, do danas je izdan mali broj koncesija za navodnjavanje.

Toplovodni ribnjaci smješteni su uglavnom uz tokove većih rijeka u nizinskim krajevima Hrvatske. Za uzgoj hladnovodne ribe izuzetno su važne kakvoća i količina vode, tako da su smješteni u blizini riječnih izvora ili u gornjim dijelovima vodotoka. Na području dalmatinskih slivova nema toplovodnih ribnjaka, a evidentirano je 5 hladnovodnih ribnjaka. Na području Crnomorskog sliva ribnjaci su i važna staništa biljnih i životinjskih vrsta, a posebno zaštićenih vrsta ptica.

**Zaštita voda** uključuje načelo održivog razvoja i jedinstvo vodnog sustava radi osiguranja odgovarajućega vodnog režima (količina i kakvoća voda), koji se temelji na odredbama Zakona o vodama, propisa iz područja zaštite voda od onečišćenja te uvažavanju i drugih dokumenata. Poslovi zaštite voda namjenski se financiraju iz naknade za zaštitu voda koja se plaća prema količini ispuštene otpadne vode i stupnju utjecaja na pogoršanje kakvoće i uporabljivosti vode, a u skladu s mjerilima i uvjetima utvrđenima podzakonskim aktima. Zakon predviđa da naknada za zaštitu voda ne smije biti manja od cijene pročišćavanja otpadnih voda, što pouzdano danas nije slučaj. Jedna od najdjelotvornijih mjera zaštite voda jest ekonomska mjera, odnosno primjena načela “onečišćivač plaća”. Onečišćenje voda od poljoprivrede i turizma procijenjeno je na temelju sljedećih indikatora pritiska: zemljišne površine, vrste i namjene iskorištavanja zemljišta, proračuna hranjiva i procjene tla. Pritisak je vrjednovan na temelju pokazatelja vezanih na redovne poljoprivredne aktivnosti, tako da su u procjenu tereta onečišćenja iz poljoprivrede uvrštena potrošnja mineralnih gnojiva i količine organskoga gnojiva sa životinjskih farmi, ali i njihova prostorna raspodjela. Značajniji pritisak na kakvoću voda, posebno priobalnog mora, jest turizam. Iako onečišćenje od turizma čini manji dio od ukupnog pritiska stanovništva, s obzirom na to da se pojavljuje u kratkom razdoblju tijekom turističke sezone, koje je ujedno i pretežito sušno razdoblje, značajan je problem osobito pri planiranju, izgradnji i održavanju infrastrukture za zaštitu priobalnog mora. Odlagališta otpada u Hrvatskoj jedan su od značajnijih nekontroliranih izvora onečišćenja voda. Ukupna količina proizvedenog otpada u Hrvatskoj procjenjuje se na oko 13,2 milijuna tona godišnje ili oko 2,97 tona godišnje po stanovniku. Podatci o rasprostranjenosti neopasnog i opasnog otpada u prostoru još su uvijek nepotpuni, ali se poduzimaju aktivnosti na unaprjeđivanju sustava praćenja. Vrlo često se otpad odlaže na obale, inundacije, bivše rukavce, pa i u same vodotoke, kanale ili stare šljunčare. Većinu lokalnih onečišćenja, odnosno onečišćenja na manjim vodotocima izaziva upravo ovakvo odlaganje otpada različitog sastava, od kojeg je dio i opasan. Budući da većina postojećih odlagališta otpada u prošlosti uglavnom nisu građena sukladno važećim propisima, dio procjednih voda iz tih odlagališta nekontrolirano završava u okolišu i ugrožava kakvoću voda, što je posebno rizično u krškim područjima. U ostale značajnije izvore ili potencijalne izvore onečišćenja, koji su relevantni u prostoru, ubrajaju se: naftovodi, cjevovodi i plinovodi kojima se transportiraju opasne tvari i energenti, spremišta opasnih tvari i izvori termalnog onečišćenja. Uspješnost zaštite voda iz točkastih izvora onečišćenja, definiranih kao točke koncentriranog unosa onečišćujućih tvari, izravno ovisi o izgrađenosti sustava javne odvodnje koji je definiran kao sustavno i organizirano sakupljanje otpadnih voda, pročišćavanje i ispuštanje u prijamnik te obradba mulja koji nastaje u procesu pročišćavanja. S druge strane, uspješnost zaštite voda od raspršenih izvora onečišćenja ovisi o učinkovitosti mjera kontrole kretanja i korištenja opasnim tvarima i hranjivima te mjera zaštite koje se provode na drugim izvorima onečišćenja (otpad, onečišćenje zraka, oborinske vode itd.).

Na teritoriju Republike Hrvatske za operativne aktivnosti preventivne, redovne i izvanredne obrane od poplava, kroz izgradnju vodnih građevina za obranu od poplava, održavanje postojećeg sustava obrane od poplava te organizacijom operativne obrane od poplava na teren, nadležne su Hrvatske vode zajedno s resornim ministarstvom, odnosno Upravom vodnoga gospodarstva. Uređenje vodotoka i drugih voda obuhvaća: građenje, tehničko i gospodarsko održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracijsku odvodnju, tehničko i gospodarsko održavanje vodotoka i vodnog dobra te druge radove kojima se omogućuju kontrolirani i neškodljivi protoci voda i njihovo namjensko iskorištavanje.

**Zaštita od štetnoga djelovanja voda** obuhvaća djelovanja i mjere za: obranu od poplava, obranu od leda na vodotocima, zaštitu od erozija i bujica te za otklanjanje posljedica od takvih djelovanja. Pri obavljanju takvih radova poštuju se uvjeti zaštite prirode. Poplave su prirodni fenomeni koji se pojavljuju i čije se pojave ne mogu izbjeći, ali se poduzimanjem različitih preventivnih građevinskih i negrađevinskih mjera rizici od poplavlivanja mogu smanjiti na prihvatljivu razinu. Zbog



navedenog izrađuju se Planovi upravljanja rizicima od poplava sa svrhom utvrđivanja prioriteta čijom se realizacijom povećava razina zaštite na nedovoljno šticećenim područjima na kojima se mogu očekivati velike materijalne štete, ljudske žrtve i štetan utjecaj poplava na okoliš i ljudsko zdravlje, u pravilu na područjima nedovoljno šticećenih gradova i većih naselja. Tu su posebno bitne i prihvatljive retencije koje primaju velike vode i smanjuju opasnost od poplava (Slika 2.). Poplave su opasne elementarne nepogode i na mnogim mjestima mogu uzrokovati gubitke ljudskih života, velike materijalne štete, devastiranje kulturnih dobara i ekološke štete. Veliki dijelovi hrvatskoga teritorija ugroženi su erozijom kao posljedicom djelovanja voda. Intenzivni procesi vodne erozije s mnoštvom razornih bujica osobito su prisutni na jadranskim slivovima s flišnom podlogom (središnja Istra, dijelovi Kvarnerskog primorja i Gorskog kotara, dijelovi Like, Dalmacije i otoka). Sustavi melioracijske odvodnje grade se radi brze i učinkovite odvodnje viška vode s poljoprivrednih i drugih nizinskih površina, a pretpostavka za njihovu gradnju jest prethodna zaštita melioracijskih područja od poplava vanjskih voda. Nužan su preduvjet za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju te za zaštitu od poplava unutarnjih voda na ravničarskim područjima. Višenamjenski sustavi uređenja i korištenja voda i zemljišta gospodarski su povoljni i sukladno prethodno prihvaćenim ocjenama utjecaja na okoliš i prirodu, ekološki prihvatljivi vodnogospodarski sustavi. Koriste se za opskrbu vodom, proizvodnju električne energije, navodnjavanje, plovidbu, zaštitu od poplava, melioracijsku odvodnju, uzgoj riba, sport i rekreaciju, ali isto tako i za smanjenje onečišćenja voda nizvodnim oplemenjivanjem malih voda te za prihranjivanje podzemnih voda.



**Slika 2.** Terenska nastava u retenciji Parka prirode „Lonjsko polje“

## Nacionalni pravni okvir

U Ustavu Republike Hrvatske vode se navode kao opće dobro od posebnog interesa zajedno s morem, zračnim prostorom, rudnim bogatstvom, zemljištem, šumom i drugim dobrima i resursima. Područje voda pravno je uređeno Zakonom o vodama, kojim se “uređuje pravni status voda i vodnog dobra, način i uvjeti upravljanja vodama, organiziranja i obavljanja poslova i zadataka kojima se ostvaruje upravljanje vodama; osnovni uvjeti za obavljanje djelatnosti vodnoga gospodarstva; ovlasti i dužnosti tijela državne uprave i drugih pravnih subjekata, te druga pitanja značajna za upravljanje vodama”. Financiranje vodnoga gospodarstva uređeno je Zakonom o financiranju vodnoga gospodarstva. Pojedinačne odredbe o vodama nalaze se i u zakonima kojima se uređuju druga pravna područja, a to su osobito: Zakon o zaštiti okoliša, čije se pojedine odredbe odnose na vode kao bitni dio okoliša, Zakon o zaštiti prirode, koji se bavi zaštitom vodenih i kopnenih ekosustava i bioraznolikosti, Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda, koji se odnosi i na poplave, erozijske nepogode i nagomilavanje leda na vodotocima, Zakon o plovidbi unutarnjim vodama, koji propisuje ovlasti i obveze u vezi s otvaranjem i obilježavanjem plovni putova na unutarnjim vodama i njihovim tehničkim održavanjem, te Zakon o komunalnom gospodarstvu, koji je prije sadržavao odredbe o komunalnim djelatnostima opskrbe pitkom vodom i odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda. U procesu planiranja treba uvažavati i djelokrug nadležnosti koje su utvrđene Zakonom o prostornom uređenju i gradnji, Zakonom o šumama, Zakonom o poljoprivrednom zemljištu, Zakonom o izvlaštenju, Zakonom o slatkovodnom ribarstvu, Zakonom o energiji i drugim zakonima. Prema Zakonu o financiranju vodnoga gospodarstva, aktivnosti u vodnom gospodarstvu financiraju se iz izvornih sredstava Hrvatskih voda i fiskalnih sredstava na državnoj i lokalnim razinama.

Izvorni prihodi vodnoga gospodarstva, što ih plaćaju korisnici u vodnom sustavu, su sljedeći:

- vodni doprinos
- naknada za korištenje voda
- naknada za zaštitu voda
- naknada za vađenje pijeska i šljunka
- naknada za uređenje voda
- naknada za melioracijsku odvodnju
- naknada za melioracijsko navodnjavanje.

Sredstva iz pojedinih izvora, koja su uvedena i koja se naplaćuju, troše se namjenski u skladu s godišnjim Planom upravljanja vodama. Vodnokomunalne djelatnosti financiraju se iz samostalnih prihoda (cijene vodnih usluga) i sredstava iz proračuna jedinica lokalne/regionalne samouprave (namjenske naknade za razvoj). Za gospodarsko korištenje voda dobivaju se određena prava, tj. koncesije na vodama i, u skladu s tim pravima, gospodarski subjekti sami planiraju, izgrađuju i održavaju vodne građevine za vlastite potrebe i koriste se vodom na propisani način uz plaćanje naknade. Godišnji prihodi od ugovorenih koncesija raspoređuju se između jedinica lokalne samouprave i Državnog proračuna. U financiranju melioracijske odvodnje i melioracijskog navodnjavanja u osnovi nema većih nepoznanica. Ono spada u obuhvat načela “korisnik plaća”, a korisnici su korisnici melioracijskih sustava (zemljovlasnici poljoprivrednog zemljišta). Jedina je dvojba da li primijeniti “načelo skupne solidarnosti”, na što i u kojem opsegu. Načelo ekonomske cijene vode jedan je od postulata Okvirne direktive o vodama. U RH cijene vode variraju u rasponu od 9,23 kn do 27,79 kn/m<sup>3</sup> isporučene vode.

## Međunarodni pravni okvir

Zbog svoga položaja Hrvatska je napose upućena na suradnju u upravljanju vodama sa svim susjednim državama i širim međunarodnim okruženjem. Međunarodna suradnja regulirana je međunarodnim ugovorima i potpisanim konvencijama i sporazumima iz područja voda, koji su dio pravnoga okvira za upravljanje vodama u Hrvatskoj. Ukupna međunarodna suradnja u sektoru voda regulirana je Konvencijom o zaštiti i uporabi prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera (Helsinška konvencija, Helsinki 1992.).

Konvencija o zaštiti morskog okoliša i obalnog područja Sredozemnog mora (Barcelonska konvencija, Barcelona, 1976. i 1995.) uređuje široku multilateralnu suradnju u upravljanju priobalnim područjem u Sredozemlju. Regionalna suradnja u zaštiti jadranskog područja je u začetku, u okviru Jadransko-jonske inicijative (Ancona, 2000.).

Međunarodna suradnja na slivu Dunava uređena je Konvencijom o suradnji na zaštiti i održivoj uporabi rijeke Dunav (Dunavska konvencija, Sofija, 1994.). Konvencijom su se stranke obvezale težiti održivom i pravednom gospodarenju vodama, uključujući očuvanje, poboljšanje i racionalnu uporabu površinskih i podzemnih voda u slivu Dunava. Za provedbu Dunavske konvencije nadležna je Međunarodna komisija za zaštitu rijeke Dunav (ICPDR) sa sjedištem u Beču.

Na subregionalnoj razini na snazi je Okvirni sporazum o slivu rijeke Save (Kranjska gora, 2002.). Cilj mu je uspostava međunarodnog režima plovidbe na Savi i pokretanje vodnogospodarske suradnje Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije. Za provedbu Okvirnog sporazuma nadležna je Međunarodna komisija za sliv rijeke Save (Savska komisija) sa sjedištem u Zagrebu. Savska komisija organizira i koordinira izradu plana upravljanja cjelinom sliva rijeke Save.

Međudržavna pitanja u upravljanju vodama rješavaju se u okviru bilateralnih sporazuma sa susjednim državama. Republika Hrvatska dosad je sklopila sljedeće bilateralne vodnogospodarske sporazume:

1. Sporazum o vodnogospodarskim odnosima između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Mađarske (*Narodne novine*, Međunarodni ugovori, br. 10/94)
2. Ugovor između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Bosne i Hercegovine o uređenju vodnogospodarskih odnosa (*Narodne novine*, Međunarodni ugovori, br. 12/96)
3. Ugovor između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređivanju vodnogospodarskih odnosa (*Narodne novine*, Međunarodni ugovori, br. 10/97)
4. Ugovor između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Crne Gore o međusobnim odnosima u području upravljanja vodama (*Narodne novine*, Međunarodni ugovori, br. 1/08)

Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC) i Okvirna direktiva o morskoj strategiji (2008/56/EC) najvažniji su pravni dokumenti Europske zajednice u području upravljanja vodama kojima se uspostavljaju novi okviri u odnosu na istraživanje, zaštitu i poboljšanje kvalitete vodenih resursa u čitavoj Europskoj zajednici.

Vodeni ekosustavi ubrajaju se u ekosustave koji su najviše promijenjeni i ugroženi ljudskom djelatnošću. Izvor su pitke vode, koriste se u proizvodnji električne energije, transportu, ključni su za razvoj poljoprivrede i stočarstva, ali su i recipijenti otpadnih voda iz kućanstava i industrije. Rastući pritisci na vodene resurse rezultirali su gubitkom i degradacijom staništa, smanjenjem biološke raznolikosti te pogoršanjem kakvoće i smanjenjem količine vode, što predstavlja opasnost za buduće generacije. Kao odgovor na rastuće prijetnje kojima su vodeni ekosustavi izloženi, Europska unija razvila je Okvirnu direktivu o vodama, koja po prvi puta stvara jedinstveni legislativni okvir zaštite



svih vodnih resursa te njihove biološke raznolikosti na području Europe. Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta i Vijeća kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Europske zajednice na području politike voda, ukratko Okvirna Direktiva o vodama EU-a (ili još kraće ODV), usvojena je 23. listopada 2000. godine. ODV je najznačajniji dio EU legislative o vodi do današnjeg dana, a osmišljen da poboljša i integrira način na koji se upravlja vodnim tijelima diljem Europe. Okvirna Direktiva o vodama pruža opsežan pregled vodnih ekosustava i upravljanje vodom s krajnjim ciljem da se postigne dobar status svih vodnih tijela. Direktiva pokriva istovremeno i površinske i podzemne vode, pri čemu površinske vode uključuju rijeke i jezera (kopnene vode), kao i obalne i prijelazne vode (npr. estuariji). Budući da je "okvirna", Direktiva ima naglasak na uspostavljanju uvjeta za poticanje uspješne i učinkovite zaštite voda na lokalnoj razini tako što pruža zajednički pristup i zajedničke ciljeve. Međutim, mehanizmi i specifične mjere potrebne za postizanje "dobrog stanja" ostavljeni su na odluku svakoj državi članici EU i odgovornost su nadležnih vlasti imenovanih na državnoj razini.

#### **ODV se temelji na 5 ključnih načela:**

1. **Cjelovitost:** cijeli vodeni sustav uzet je u obzir na koordiniran način, sinergije su identificirane, a dupliciranje izbjegnuto. Vodni sustav uključuje podzemnu vodu, površinsku vodu i morsku vodu.
2. **Integrirani pristup:** povezuje se s drugim sektorima, kao što su agronomija i prostorno uređenje.
3. **Transparentnost:** sudjelovanje javnosti i savjetovanje je središnji predmet.
4. **Ekonomski pristup:** ekonomičnost mjera i učinkovita uporaba vode kroz odgovarajuće politike cijene su ključna pitanja.
5. **Ekološki pristup:** sveukupni je cilj postići dobru kakvoću vodenog tijela. To uključuje dobar ekološki status koji je ocijenjen kroz opsežan biološki monitoring.

ODV predviđa jasan plan za postizanje dobrog statusa svih vodenih tijela. Počinje karakterizacijom površinskih i podzemnih vodenih sustava i naposljetku rezultira opsežnim planom za upravljanje riječnim slivom koji se sastoji od detaljnih postupaka za postizanje dobrog statusa.

Koje su temeljne točke za osiguranje održivog upravljanja riječnim slivom?

- Prvo, morate znati točno gdje se nalaze problemi.
- Drugo, morate slijediti ekonomska načela.
- I treće, javnost mora biti uključena.

Druge ključne direktive za osiguranje dobrog stanja voda među ostalim su **Direktiva o obradi komunalnih otpadnih voda** (91/271/EEZ), usvojena s ciljem zaštite okoliša od štetnih učinaka ispusta otpadnih voda iz urbanih područja i industrije, te **Direktiva o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima** (91/676/EEZ), usvojena s ciljem smanjenja i sprječavanja onečišćenja voda uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora. U Okvirnu direktivu o vodama uključeno je nekoliko aspekata koji se tiču zona ranjivih na eutrofikaciju i zona ranjivih na nitrate kao zaštićenih područja prema Okvirnoj direktivi.

Resursi podzemnih voda presudni su za opskrbu vodom. Stoga je usvojena **Direktiva o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i degradacije** (2006/118/EZ) kako bi se spriječilo onečišćenje podzemnih voda i kako bi se učinkovito borilo protiv tog onečišćenja. To se nastoji učiniti kroz definiranje kriterija za procjenu kemijskog stanja podzemnih voda i kriterija za identifikaciju značajnih i trajnih uzlaznih trendova onečišćivanja podzemnih voda, kao i kroz definiranje osnove koja

je potrebna kako bi se preokrenuli negativni trendovi te kako bi se spriječilo i ograničilo neizravno ispuštanje tvari koje onečišćuju podzemne vode.

Odnos voda i zdravlja predstavlja osjetljivo područje upravljanja vodama. **Direktiva o vodi za piće** (98/83/ EZ) usmjerena je na to da osigura kakvoću vode za piće, odnosno vode koja se koristi u proizvodnji hrane i napitaka.

Još jedna direktiva, ona o **upravljanju kakvoćom voda za kupanje** (2006/7/EZ), usmjerena je na očuvanje, zaštitu i poboljšanje kakvoće okoliša i poboljšanje zaštite ljudskog zdravlja.

Imajući u vidu važnost količine voda na raspolaganju za korištenje, prihvaćena je **Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava** (2007/60/EC).

Također treba spomenuti sljedeće direktive: Direktiva o strateškoj procjeni utjecaja na okoliš (2001/42/EC), Direktiva o procjeni utjecaja na okoliš (85/337/EEC), Direktiva o pticama (79/409/EEC) te posebno Direktiva o staništima (92/43/EEC).

Ostvarenje razvojnih ciljeva vodnoga gospodarstva znatno je ubrzano korištenjem bespovratnih sredstava iz fondova Europske unije, i to najprije iz pretpristupnih, a nakon ulaska u Europsku uniju iz kohezijskih i strukturnih fondova.

Republika Hrvatska prihvatila je sve obaveze i uskladila svoje zakonodavstvo u odnosu na zahtjeve ovih Direktiva. Ako analiziramo provedbu ovih Direktiva u Republici Hrvatskoj, možemo reći da su, u odnosu na Okvirnu direktivu o vodama (ODV), Hrvatske vode izradile plan upravljanja vodnim područjima koji uključuje uspostavu sustavnog istraživanja svih kategorija površinskih voda, među kojima se nalaze i prijelazne i priobalne vode. Sustavno istraživanje ekološkog i kemijskog stanja prijelaznih i priobalnih voda uspostavljeno je 2012. godine donošenjem Uredbe o standardu kakvoće voda, a kao rezultat provedenih postupaka tipizacije prijelaznih i priobalnih voda, određivanja položaja i veličine vodnih tijela, analize vodnih tijela, nominacije kandidata „Jako promijenjenih vodnih tijela“, određivanja zaštićenih područja unutar vodnih tijela i objave. Za provedbu Okvirne direktive o morskoj strategiji (ODMS) je, sa strane Ministarstva zaštite okoliša i prirode, pripremljena Uredba o uspostavi okvira za djelovanje Republike Hrvatske u zaštiti morskog okoliša, imenovan je stručni nacionalni odbor za izvršenje zadaća iz navedene uredbe, izrađen je temeljni nacionalni dokument za provedbu ODMS „Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša hrvatskog dijela Jadrana“, izrađen je dokument „Skup značajki dobrog stanja okoliša za morske vode pod suverenitetom RH i Skup ciljeva u zaštiti morskog okoliša i s njima povezanih pokazatelja“. Posebna pažnja usmjerena je na postizanje osnovnih zahtjeva ovih Direktiva, tj. postizanje „Dobroga ekološkog i kemijskog stanja“ u područjima prijelaznih i priobalnih voda te „Dobrog stanja okoliša“ u području morskih voda Republike Hrvatske.

## Primjena modernih poljoprivrednih tehnologija

Početakom 90-ih u RH se prelazi na tržišno gospodarstvo. U to vrijeme poljoprivredu u RH karakteriziraju:

- višegodišnji pad proizvodnje
- neuravnotežena ponuda i potražnja
- negativna vanjskotrgovinska bilanca
- postupno smanjenje udjela u BDP-u.

Stoga gospodarski pokazatelji ukazuju na neučinkovito korištenje raspoloživih resursa, spor obrt kapitala i pad proizvodnosti. Usmjerenje k održivoj poljoprivredi u EU i kod nas će se odraziti na način da se svako planirano povećanje proizvodnosti prati s velikom pozornošću. Uočavaju se određeni

nedostatci u sustavu državne potpore poljoprivredi na način da su povećana sredstva potpore, a koji su rezultirali vrlo slabim pomacima u proizvodnji. Očigledan je problem poljoprivrednog zemljišta i neodgovarajuće upravljanje u velikim poljoprivrednim poduzećima. Također, velik je udjel neregistrirane trgovine određenim proizvodima. U isto vrijeme RH je samodostatna u proizvodnji pšenice, kukuruza, vina, mesa, peradi, jaja. Očigledno je da za povećanje proizvodnje i konkurentnosti treba ukloniti ili umanjiti navedena ograničenja. Poljoprivredna gospodarstva karakterizira veličina i struktura posjeda, pa tako obiteljska gospodarstva čine 80 % zemljišta pri čemu je 70 % manje od 3 ha. Okrupnjivanje ili komasacija je nužnost za moderne poljoprivredne tehnologije jer se njome grupira posjed, rješavaju imovinsko-pravni odnosi i poduzimaju hidro-tehničke mjere na način da se uređuju poljoprivredne površine te poboljšavaju svojstva tla hidromelioracijskim i agromelioracijskim mjerama. Nužni su hidromelioracijski sustavi površinske i podzemne odvodnje, izgradnja melioracijskih kanala, crpnih stanica te gravitacijske odvodnje.

RH provodi poljoprivrednu politiku preko nadležne uprave ministarstva, Uprave za poljoprivredno zemljište. Zaštita poljoprivrednog zemljišta u nadležnosti je Zavoda za tlo. Inspekcijski nadzor u prvom stupnju obavljaju županijski uredi – poljoprivredni inspektori.

U svijetu se trenutno navodnjava 17 % zasijanih površina, a na njima se proizvodi 40 % svjetske hrane. Poljoprivreda koristi 70 % zahvaćenih količina vode u globalnim razmjerima, a u Europi 30 %. U RH se navodnjava oko 17.164 ha poljoprivrednih površina što čini 1,59 % poljoprivrednog zemljišta, a realno je navodnjavati oko 100.000 ha (Hrvatske vode, 2015.).

Politika gospodarenja vodom u EU uobličena je Okvirnom direktivom o vodama i vodi se načelima okolišne i etičke održivosti. S jedne strane zadovoljavanje potreba za vodom treba biti zagarantirano, a s druge prekomjerno iskorištavanje iznad praga obnove ne smije biti dopušteno. Unutar Europske vodne politike navodnjavanje je ključno pitanje, i to u prvom redu zbog velikih količina vode koje koristi. Obrana od poplava i izgradnja sustava površinske i podzemne odvodnje bitne su mjere uređenja zemljišta koje prethode navodnjavanju.

Ograničenja su u “*know-how*” jer:

- nedovoljna primjena navodnjavanja nije rezultat nedostatka znanja i stručnosti
- ograničenja su u transferima znanja sa znanstvene i stručne razine do krajnjeg korisnika
- poljoprivredno-savjetodavna služba ima ulogu prijenosa znanja do krajnjih korisnika
- poljoprivredno-obiteljska gospodarstva su stara, svega 0.002 % ima višu i visoku naobrazbu.

## Zemljišni i vodni resursi RH

Tlo je jedno od temeljnih prirodnih bogatstava RH i značajan dio može se koristiti za poljoprivrednu proizvodnju. Sve površine koje se koriste za poljoprivredu nisu pogodne ili nisu jednako pogodne za navodnjavanje (Slika 3.).

Na temelju Osnovne pedološke karte izrađena je Namjenska pedološka karta pogodnosti tala za obradu RH (Bogunović i sur., 1996). Ova karta preklapljena je s Kartom staništa (DZZP) te se dobila Namjenska pedološka karta poljoprivrednog zemljišta RH.

Razdjeli tala su:

- automorfna tla
- hidromorfna tla
- halomorfna tla
- subakvalna tla.

Na poljoprivrednom zemljištu RH izdvojeno je 36 tipova tala. Najveću ukupnu površinu zauzimaju lesivirana tla (12.1 % površine RH). Tla se dijele na 72 niže jedinice tala, a na temelju kojih je izvršena procjena pogodnosti za navodnjavanje. Pogodnost tala za navodnjavanje označava se:

- **Red pogodno (P)**, s tri podklase,
- **Red nepogodno (N)**, s dvije podklase.



**Slika 3.** Zemljišni resursi i navodnjavanje kod Vranskog jezera nedaleko Zadra (arhiva, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Kad su u pitanju vodni resursi, izrađena je Karta potencijala vodnih resursa sa 6 rangova potencijala:

1. Vrlo visok potencijal
2. Visok potencijal
3. Srednji potencijal
4. Umjereni potencijal
5. Nizak potencijal
6. Vrlo nizak potencijal

Ako promatramo ulogu vode u ekološkom okruženju trebamo istaknuti:

- zaštićena područja prirode (Slika 4.)
- zaštićena područja vode za piće ili vodozaštitne zone (18,8 % kopnene površine) na kojima postoje ograničenja za poljoprivredu u I i II vodozaštitnoj zoni dok u III i IV nema ograničenja
- minska polja.





**Slika 4.** Zaštićene vode NP Plitvička jezera (izvor arhiva Parka)

Velikim projektima navodnjavanja mora prethoditi Procjena utjecaja na okoliš. Projektima navodnjavanja unutar ekološke mreže ili ako ima utjecaj na mrežu, provodi se Postupak procjene utjecaja na ekološku mrežu. Navodnjavanje može imati utjecaj na kakvoću voda povećanjem koncentracije nitrata, a na razini EU donesena je Nitratna direktiva koja propisuje Pravila dobre poljoprivredne prakse. Moguća su i fizikalna i kemijska oštećenja tla te pojava irigacijske erozije tla kad je infiltracijska sposobnost tla manja od intenziteta navodnjavanja te odnošenje erodiranog materijala izaziva gubitak oraničnog horizonta. Kemijska oštećenja su zaslanjenost i štetne tvari kao npr. teški metali. Utjecaj na živi svijet uglavnom je rezultat prenamjena površina kao što su šumska zemljišta, livade, močvare i sl., a što su područja visoke biološke raznolikosti.

Voda ima značajnu ulogu u socioekonomskom okruženju. Uočljiv je rast vrijednosti BDP-a iz poljoprivrede, ali istodobno udjel poljoprivrede u BDP-u se umanjuje. To zapravo govori o zaostajanjima poljoprivrede i pratećih djelatnosti za rastom ukupnoga gospodarstva. Broj zaposlenih u poljoprivredi, lovstvu, šumarstvu, ribarstvu i prehrambenoj industriji je na razini 10 % ukupno zaposlenih i u stalnom je opadanju. Ako ocjenjujemo konkurentnost proizvodnje, zadovoljavajuće stanje je u proizvodnji kukuruza, uljane repice, jabuka i jaja.

Bilanciranje vodnih resursa i potreba vrlo je važno. Svako zahvaćanje vode utječe na postojeću vodnu bilancu i biološki minimum vodotoka. Većina vodotoka kod nas ima malovodna razdoblja upravo kad je vegetacijska sezona i potreba za navodnjavanjem najveća. Hidrološki režim površin-



skih voda u korelaciji je s razinom podzemnih voda. Prekomjerno zahvaćanje vode rezultira snižavanjem razine podzemnih voda što u priobalnom području izaziva intruziju slane vode. Jedno od rješenja je izgradnja akumulacija za navodnjavanje, međutim treba imati na umu da je i to prelazak s prirodnoga hidrološkog režima na regulirani koji izaziva niz promjena u okolišu.

## Integralno i održivo upravljanje vodama

Integralnim upravljanjem uspostavljaju se veze među pojedinačnim sektorima i razinama upravljanja kako bi se postigli cjeloviti ciljevi, a prije svega:

- korištenje resursa tako da se ne prekorači prihvatni kapacitet resursne baze
- obnavljanje oštećenih resursa za tradicionalne ili za nove namjene
- očuvanje ekosustava
- smanjenje rizika u slučaju posebno osjetljivih resursa
- poticanje sukladnih aktivnosti i usklađivanje onih koje su na prvi pogled međusobno isključive
- zadovoljenje ekonomskih i ciljeva zaštite okoliša uz minimalan trošak za društvo
- jačanje ljudskih potencijala i institucionalnih kapaciteta
- očuvanje i promicanje društvene jednakosti i uvođenje participacijskoga pristupa.

Kao što to sam naziv govori, integralno upravljanje pretpostavlja postojanje mehaniz(a)ma koji će osigurati različite oblike integracije, a to su u prvom redu:

- **sustavna:** uzimaju se u obzir svi bitni međuodnosi i problemi
- **funkcionalna:** intervencije upravljačkih tijela moraju biti u skladu s ciljevima i strategijama upravljanja područjem
- **ekosustavna:** integracija različitih ekosustava
- **vertikalna:** integracija među institucijama i razinama vlasti u okviru istoga sektora
- **horizontalna:** integracija među različitim sektorima na istoj administrativnoj razini
- **planerska:** integracija među planovima na različitim prostornim razinama, koji ne smiju biti u sukobu glede ciljeva, strategija i planskih prijedloga
- **vremenska:** koordinacija i usuglašavanje kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih planova i programa.

Vrlo bitno je definiranje ključnih sudionika ili dionika i ključnih problema. Ključne faze integralnog upravljanja (IU) su:

### 1. Pokretanje procesa

Kako bi se proces pokrenuo, potrebno je zadovoljiti neke ključne preduvjete:

- postojanje političke volje i javne svijesti
- raspoloživost ključnih informacija o ekosustavima, kao i svijest o njihovoj vrijednosti i o mogućnostima održivoga upravljanja
- odgovarajući ljudski i tehnički resursi
- financijska podrška.

Ključni rezultat ove faze je sporazum ili neki drugi službeni dokument o početku procesa IU.

## 2. Priprema

Priprema obuhvaća:

- Uspostavu procesa – ključni rezultat ove (pod)faze je izrada operativne matrice (engl. *log-frame*).
- Definiranje vizije i ciljeva – ključni rezultat ove (pod)faze je plan IU-a koji u sebi integrira ključne rezultate svih prethodnih faza.

## 3. Planiranje

Planiranje obuhvaća:

- Analize i predviđanja – ključni rezultat ove (pod)faze je prijedlog optimalnoga scenarija razvoja.
- Plan integralnoga upravljanja područjem – ključni rezultat ove (pod)faze je plan IU-a koji u sebi integrira ključne rezultate svih prethodnih faza.

## 4. Provedba

Provedba obuhvaća:

- Provedbu plana IU – da bi se moglo pristupiti provedbi plana, on mora biti formalno usvojen na odgovarajućoj administrativnoj razini.
- Praćenje i vrjednovanje – osnovni cilj ove (pod)faze je utvrđivanje učinaka plana IU-a i stupnja ostvarenja ciljeva zadanih procesom IU-a. Njome se omogućuje periodična analiza i prilagodba ciljeva u svjetlu promijenjenih društvenih okolnosti i istinske mogućnosti ostvarenja učinaka.

Strateški instrumenti IU su Procjene utjecaja na okoliš i prirodu.

Provedbeni instrumenti IU su:

- alati u procesu razvoja održivih djelatnosti npr. prihvatni kapacitet područja
- prostorne baze podataka
- edukacija i participacija.

## Planiranje korištenja vodnih resursa

Izrada određene dokumentacije potrebna je za ostvarenja objekata i sustava za navodnjavanje kao sastavnog dijela trajnog programa i održivoga gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama. U RH smo gotovo na početku rješavanja navedenog zadatka te ne postoji domaća zakonska i ostala regulativa. Stoga se predlaže izrada odgovarajuće dokumentacije za navodnjavanje prema programu FAO-a.

### Plan navodnjavanja

Plan navodnjavanja obuhvaća:

- Definiranje područja s opisom glavnih prirodnih obilježja te osnovnih podataka o studijskoj i projektnoj dokumentaciji, kao i o postojećem stupnju izrađenosti i održavanju postojećih vodnogospodarskih objekata i sustava.
- Prikaz osnovnih elemenata prostornih planova područja s odgovarajućim društveno-ekonomskim pokazateljima, a posebno o uređenosti zemljišta i poljoprivrednoj proizvodnji područja.

- Sistematizaciju i analizu klimatskih, topografskih, hidroloških i pedoloških podataka s prikazom zemljišnih i vodnih resursa s ciljem definiranja agroekoloških uvjeta proizvodnje na melioracijskom području s mjerodavnim prostornim elementima uključujući i ograničenja.
- Posebno je značajan odabir najbolje lokacije zahvata te definiranje količine i kakvoće vode za navodnjavanje, i to kako dijela tako i cijeloga melioracijskog područja.
- Prijedloge rješenja objekata zahvata, dovoda vode do natapnih površina, kao i distribucija vode u skladu s terenskim obilježjima područja te zahtjevima optimalnog razvoja pojedinih biljnih kultura.

Plan navodnjavanja sadrži:

- ✓ Uvod
- ✓ Opće elemente plana s društvenom i ekonomskom osnovom
- ✓ Prirodna obilježja prostora
- ✓ Analizu vodnih i zemljišnih resursa
- ✓ Prikaz organizacije prostora za navodnjavanje (uključujući ograničenja)
- ✓ Zahvat vode
- ✓ Dovod vode
- ✓ Distribuciju vode
- ✓ Pripremu zemljišta
- ✓ Prijedlog koncepcije navodnjavanja
- ✓ Predvidive troškove ostvarenja plana
- ✓ Održavanje i upravljanje sustavom
- ✓ Subjekte u procesu planiranja i korištenja sustava navodnjavanja
- ✓ Očekivane koristi i ekonomske pokazatelje plana navodnjavanja.

Posebno treba imati na umu nužnost korektne suradnje stručnjaka i znanstvenika različitih područja i disciplina, a u skladu s opisom poslova konkretnog plana navodnjavanja, sve s ciljem izrade kvalitetnih i provedivih planova navodnjavanja.

#### **Predinvesticijski, investicijski i idejni projekti navodnjavanja sadrže:**

- ✓ Opći dio
- ✓ Agroekološke uvjete proizvodnje
- ✓ Agronomsku osnovu proizvodnje
- ✓ Ekonomsku osnovu projekta.

Opći dio sadrži:

- Uvod
- Osnovne razloge i ciljeve navodnjavanja područja
- Subjekte na realizaciji navodnjavanja područja.

Agroekološki uvjeti proizvodnje sadrže podatke o:

- Klimi
- Tlu
- Hidrologiji
- Hidrografiji
- Pedološkoj osnovi
- Podzemnim vodama
- Kartu pogodnosti područja za navodnjavanje.

Agronomska osnova proizvodnje sadrži:

- Plodored
- Potrebe za vodom u planiranoj proizvodnji
- Obroke
- Turnus i način navodnjavanja
- Uređenje zemljišta za potrebe navodnjavanja.

Ekonomska osnova projekta sadrži:

- Tržište izgradnje
- Troškove rada i održavanja
- Analizu vrijednosti budućih rezultata
- Financijski tok ulaganja
- Izvore financiranja
- Ekonomske uvjete i pokazatelje realizacije projekta
- Vrijeme povrata kapitala
- Neto sadašnju vrijednost projekta
- Internu stopu povrata i ekonomsku isplativost projekta.

Detaljni projekti navodnjavanja su glavni i izvedbeni projekti navodnjavanja, a sadrže:

- Projektnu osnovu
- Tehničko rješenje
- Podatke o održavanju i upravljanju
- Opise, troškovnike i nacрте.

Projektna osnova sadrži:

- Hidrološku i/ili hidrogeološku osnovu
- Bilancu raspoloživih voda za navodnjavanje
- Geomehaničke značajke
- Infrastrukturna ograničenja i uvjete.

Tehničko rješenje sadrži:

- Hidrauličke, statičke i druge izračune
- Definiranje zahvata voda
- Distribuciju vode do korisnika
- Sustave za navodnjavanje na parceli
- Energetske izvore za pogon sustava
- Ostalu infrastrukturu.

Podatci o održavanju i upravljanju sadrže:

- Opće elemente
- Specifične elemente
- Tehničku suradnju i edukaciju
- Pogon i održavanje sustava za navodnjavanje.

Opisi, troškovnici i nacрте sadrže:

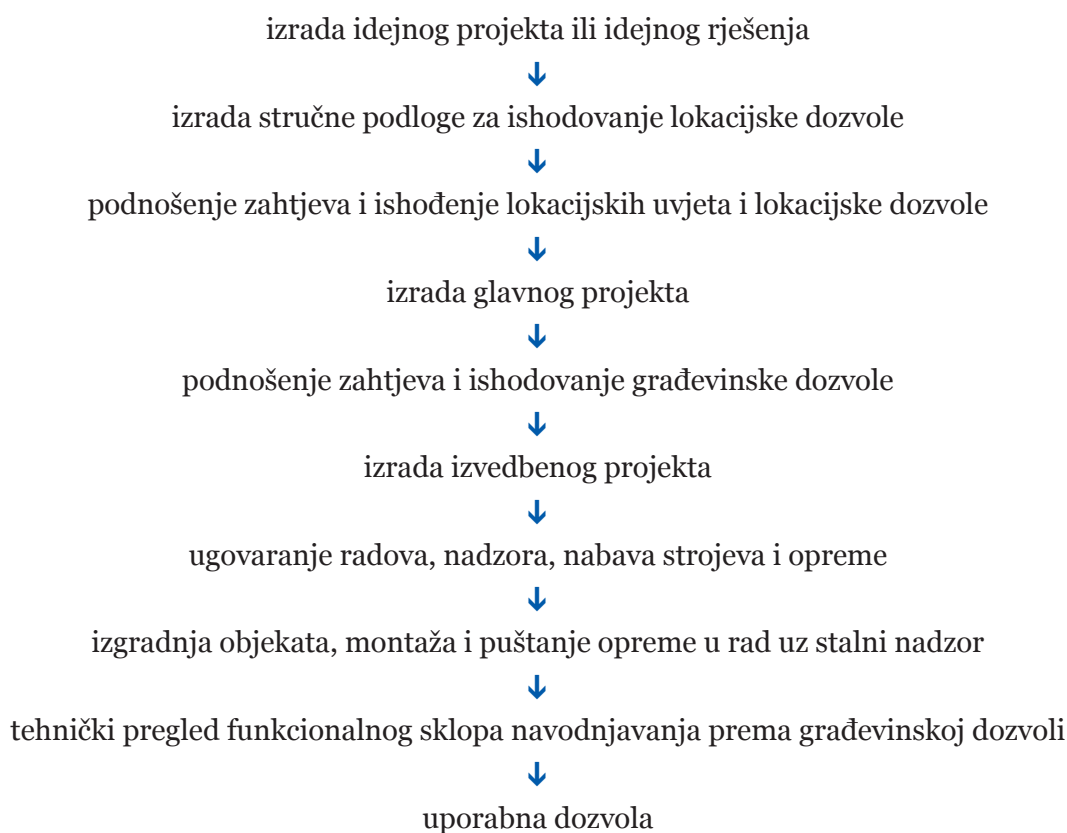
- Tehnološke elemente izvođenja radova
- Troškovnike radova po vrstama
- Nacрте i detaljna tehnička rješenja.

Izrada projektne dokumentacije mora biti usklađena sa:

- Zakonom o gradnji
- Zakonom o vodama
- Ostalim posebnim zakonima i propisima.

Za izdavanje građevinske dozvole nadležan je Ured državne uprave u županiji, osim za zahvate većeg obima (velike brane, regulacijske i zaštitne građevine na državnim i međudržavnim vodotocima te zahvate vode za navodnjavanje kapaciteta većeg od 500 l/s) za koje je nadležno Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja. Izradu projektne dokumentacije te provedbu stručnog nadzora mogu provoditi samo ovlaštene pravne osobe ili ovlaštene inženjeri pojedinci.

### Postupak izrade dokumentacije i ishodovanja dozvole za sustave za navodnjavanje



### Raspored vodnih resursa prema vrsti zahvata voda

Osnovni vidovi pojavljivanja voda su površinske i podzemne vode. Površinske vode su tekuće vode u riječnoj mreži te vode u prirodnim i umjetnim jezerima, tj. akumulacijama, a tu se ubraja i prihvaćena i zadržana kišnica u čatrnjama (šternama, gusternama i cisternama).

Za prikaz prostornog rasporeda površinskih voda izrađena su 4 kartografska prikaza u GIS-u (M:500.000):

- Hidrografska karta Hrvatske
- Karta postojećih akumulacija i retencija
- Karta planiranih akumulacija i retencija
- Karta slivova podzemnih voda.

Značajniji vodotoci iz kojih bi se u hidrološki prosječno vlažnim godinama mogle zahvatiti određene količine vode za navodnjavanje su Sava, Drava, Kupa, Dunav, Korana, Lonja, Una, Dobra, Cetina, Mura i Neretva. Kvantifikacija količine vode za navodnjavanje predmet je detaljnih hidroloških analiza. Za vrijeme suša u prirodnim uvjetima na srednjim i manjim vodotocima reducirana je mogućnost zahvaćanja vode za navodnjavanje. Granična vrijednost ispod koje zahvaćanje vode nije dopušteno je biološki minimum. Na manjim vodotocima (Bednja, Vuka, Česma, Glina, Orľjava, Mirna, Karašica itd.) izgradnja akumulacija temeljni je uvjet osiguravanja zaliha vode za navodnjavanje (Slika 5.). Akumulacije imaju pretežito višenamjenski karakter. Retencije služe za obranu od poplava. Akumulacije hidroelektrana također imaju višenamjenski karakter, a to znači i mogućnost korištenja vode za navodnjavanje. Planirane vodne stepenice, tj. višenamjenske akumulacije na Savi, Dravi, Muri, Dobri, Mrežnici, Korani i Kupi također imaju potencijal za navodnjavanje uz svu ekološku upitnost. Korištenje voda iz prirodnih jezera za navodnjavanje upitno je jer su neka jezera već pod nekim oblikom zaštite, a postoji inicijativa da se sva prirodna jezera u RH zaštite nekim oblikom zaštite. Vodne zalihe hvatanjem kišnice tradicionalne su u Primorju, Dalmaciji i na otocima, ali prvenstveno za vodoopskrbu. Ovaj oblik sve se manje koristi zbog izgradnje suvremenih vodoopskrbnih sustava, međutim za stvaranje zaliha za navodnjavanje može se preporučiti tamo gdje druga tehnička rješenja nisu primjenjiva (otoci). Podzemne vode ovise o karakteristikama vodonosnika pa tako razlikujemo aluvijalne vodonosnike s međuzrnskom poroznošću i karbonatne vodonosnike s pukotinskom i kavernožnom poroznošću. Ovisno o tehničkom načinu zahvaćanja podzemnih voda, razlikujemo vodonosnike sa slobodnim vodnim licem (otvorene vodonosnike) te zatvorene i poluzatvorene vodonosnike. Izrađena je i GIS karta slivova podzemnih voda. Generalno eksploatacijske zalihe podzemnih voda u odnosu na površinske su manje (sliv Zrmanje procijenjen je na 30 m<sup>3</sup>/s).



**Slika 5.** Terenska nastava na Sveučilišno dobro Baštica, akumulacija za navodnjavanje



## Iskorištavanje otpadnih voda

Upravljanje i korištenje pročišćenom otpadnom vodom nije razvijena djelatnost u Republici Hrvatskoj, ali je segment o kojem se sve više govori. Iskorištavanje otpadne vode uz odabir kvalitetne (ne i najskuplje) tehnologije u procesu pročišćavanja dovodi do znatnih novčanih ušteda i osigurava subjektu iskorištavanje materijalnih sredstava u druge svrhe. Kontrola ispuštanja otpadnih voda u cilju zaštite voda i vodnoga okoliša provodi se prema načelima otklanjanja štete na izvoru nastanka, kombiniranog pristupa i principa „onečišćivač plaća“. Postoje različite tehnologije i uređaji za biološko pročišćavanje otpadnih voda. Trenutačnim razvojem situacije u području zaštite voda i budućim trendovima voda će imati svoju tržišnu cijenu, a u tim uvjetima svaki projekt uštede vode, pa tako i ponovna uporaba otpadne vode, bit će dobrodošao u vodoopskrbnom sustavu. Sedamnaest posto (17 %) otpadnih voda u izraelskim općinama je pročišćeno i ponovno iskorišteno, uglavnom za navodnjavanje neprehrambenih usjeva. Uz to, velike poljoprivredne površine koje okružuju veće gradove slično se navodnjavaju pročišćenim otpadnim vodama. Od sredine 1990-ih u Kaliforniji se koristi više od 606 milijardi litara (160 milijuna galona) prerađene otpadne vode godišnje za navodnjavanje, ponovno punjenje površinskih vodenih tokova i u industrijskim procesima. Za ponovno korištenje vode u poljoprivredi ili za navodnjavanje Svjetska zdravstvena organizacija uspostavila je posebne smjernice koje definiraju prihvatljive mikrobiološke limite za vodu koja se ponovno koristi. Pročišćene otpadne vode koriste se u svijetu za natapanje krmnog bilja, livada, pašnjaka, od žitarica koriste se za kukuruz, pšenicu i ječam te industrijske biljke pamuk, duhan, šećernu repu, trsku itd. Najteže probleme u vodi čine teški metali kao što su kadmij, olovo, bakar i živa. Fekalne vode mogu izazvati zaraze – virusima (hepatitis) i bakterijama (kolera, salmonela). U RH se pročišćenim otpadnim vodama za sada navodnjavaju uglavnom travnjačke površine, a manje vinova loza i maslinici. Nadalje, postavlja se i pitanje koliko energije bacimo u okolinu kada koristimo toplu vodu za pranje ruku, tuširanje, pranje robe i posuđa. Svakom od ovih radnji značajan dio korisne toplinske energije bacamo u kanalizaciju. Sustav odvodnje otpadnih voda se u gradovima kao što su Oslo, Stockholm i Zurich iskorištava za zagrijavanje i hlađenje zgrada. Oni koriste izmjenjivače u cijevima sustava odvodnje za iskorištavanje topline iz otpadnih voda koje u kombinaciji s toplinskom pumpom dovode na razinu dovoljnu za grijanje objekata.

## Voda kao komponenta ekosustava

Općenito su ekosustavi skup određenih biotskih i abiotskih ekoloških čimbenika u kome se odvijaju određeni procesi i vladaju složeni međuodnosi. Ovisno o vrsti i kriterijima podjele razlikujemo:

- morske ekosustave
- riječne ekosustave
- šumske ekosustave
- antropogene ekosustave itd.

U antropogenim ekosustavima razlikujemo:

- agroekosustav
- ljudski ekosustav
- urbani ekosustav.

Od ekosustava treba razlikovati okoliš. Najčešća definicija okoliša kroz propise je da je okoliš prirodno okruženje: zrak, tlo, voda i more, klima, biljni i životinjski svijet u ukupnosti uzajamnog

djelovanja i kulturna baština kao dio okruženja koji je stvorio čovjek. Nadalje, potrebno je razlikovati pojam okoliš od pojma priroda, odnosno zaštitu okoliša od zaštite prirode (Tablica 2.).

**Tablica 2.** Usporedni prikaz Okoliš – Priroda

OSNOVNE RAZLIKOVNE KARAKTERISTIKE	ZAŠTITA PRIRODE	ZAŠTITA OKOLIŠA
<b>Objekt</b>	priroda i krajolik kao sustav aktivnosti u prirodnim razvojnim tijekovima, uz naglasak na biotskoj komponenti po znanstvenim etičkim i estetskim kriterijima	okoliš kao sustav odnosa u vezi s ljudskim potrebama ili interesima s obzirom na prirodu, prije svega iz gospodarskih i zdravstvenih razloga
<b>Mjerila vrijednosti</b>	ekocentrična	antropocentrična
<b>Ciljevi</b>	- nesmetani razvoj - prirodna cirkulacija u prirodi na temelju samoregulacije	- trajan razvoj okoliša kako bi se mogao koristiti - materijalna efikasnost cirkulacije u prirodi
<b>Metodika zaštite</b>	ekološka prirodna samoregulacija	tehnička rješenja

Nadalje, ekologija je znanost o domaćinstvu prirode, o međusobnim utjecajima žive i nežive prirode, o ovisnosti živih bića i njihove životne sredine. Prema tome, bavi se odnosima među živim organizmima, kao i njihovim utjecajem na okoliš u kojem obitavaju te utjecajem tog okoliša na njih. Dakle, ekologija nije isto što i zaštita okoliša. Možemo reći da se zaštita okoliša bavi onečišćenjima koja uzrokuju promjene ekosustava, i to promjenom staništa, što uzrokuje smanjenje biološke raznolikosti te promjenom klime i neplanskim korištenjem prirodnih resursa, što opet uzrokuje smanjenje količina i kvalitete prirodnih resursa. Zaštita prirode bavi se zaštitom vrsta i staništa, zaštićenih područja svih razina važnosti, ekosustavima i biološkom raznolikošću itd. I zaštita okoliša i zaštita prirode kao strukovne (stručne) djelatnosti baziraju se na znanstvenim načelima i aktivnostima koje se provode unutar ekologije kao znanstvene discipline, napose na istraživanjima i praćenjima stanja, tj. monitoringu okoliša i prirode. Vodu kao komponentu ekosustava trebamo koristiti na održiv način da ne dovedemo u pitanje njezinu obnovljivost. Alat za to je upravljanje i gospodarenje vodama na integralan način i s multidisciplinarnim pristupom. Nužno je pojasniti što bi u biti značilo koristiti prirodan resurs na obnovljiv način.

## Promišljanje održivog razvoja

Pojmovi održivi razvoj i održivost još uvijek izazivaju brojne znanstvene i stručne polemike te se zapravo radi o političkom i globalnom konceptu koji je u početku percipiran prvenstveno na probleme okoliša, i to najčešće slabije razvijenih zemalja. Tek nakon Konferencije o okolišu i razvoju Ujedinjenih naroda (*United Nations Conference on Environment and Development – UNCED*) u Rio de Janeiru 1992. godine koncept se počinje pojavljivati u nacionalnim strateškim i razvojnim dokumentima. Međutim, iako je koncept privlačan i 'razumljiv svima', još uvijek ne postoje precizni odgovori radi li se o cilju ili standardu razvoja. Vezano uz ovaj pojam treba istaknuti kako održivi razvoj u biti pretpostavlja usklađivanje ekonomskih, ekoloških i društvenih aspekata razvoja te je



stoga presudna interdisciplinarnost pristupa, a to znači i istraživanja. S druge strane pak, ako želimo promatrati sektorski odvojeno, možemo zaključiti kako je ekonomiste uvijek zanimao ekonomski rast i učinkovitost, ekološke zaštita i cjelovitost ekosustava, a sociologe pravednost i sigurnost za sve članove društva. Stoga je za očekivati kako je potrebno ujediniti istraživačke napore i ponuditi ideju prihvatljivu svima, a najveći istraživački izazovi upravo su tamo gdje se discipline isprepliću.

Istraživanjima održivog razvoja bavio se Cifrić (2001). O mogućim krivim interpretacijama, a upravo zbog nedostatne definiranosti upozorava Pravdić (1997, 2002) proučavajući iskustva Hrvatske, dok Črnjar i Šišić (2004) proučavaju primjenu u tranzicijskim zemljama. U domaćoj je literaturi nedostatak obrazovanja za okoliš prepoznat kao značajan čimbenik koji usporava primjenu koncepta (Lay, 1999; Cifrić, 2002; Lay et al., 2007). Na važnost institucija u ovome konceptu upozoravaju Pravdić (2001), Lay (2003), Lučin et al. (2004) i Črnjar et al. (2008). Održivi razvoj turizma bio je tema više radova (Starc, 1998; 1999; Krbec, 2000; Pravdić, 2003; Črnjar i Serdinšek, 2005), a od sektora koji su posebno analizirani mogu se izdvojiti vodno gospodarstvo (Gereš, 2007) i prometni sustavi (Pašalić, 2005). Ekonomski institut iz Zagreba objavio je *Participativno upravljanje za održivi razvoj* (2009). Šikić (2012) u svojoj doktorskoj disertaciji *Tlo i voda u održivom gospodarenju zaštićenim područjima na primjeru Parka prirode Vransko jezero* također se bavio ovom temom.

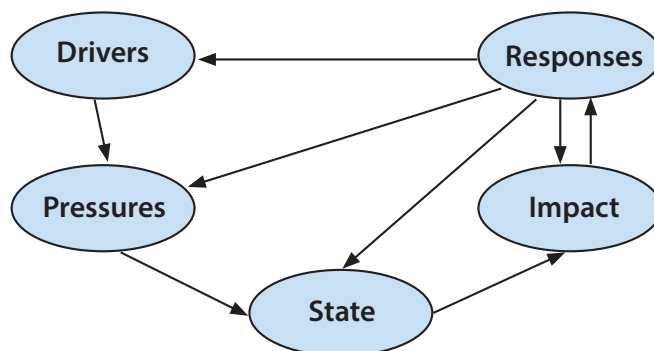
U konceptu održivog razvoja mogu se posebno istaknuti upravo lokalne samouprave koje su zapravo najaktivnije u implementaciji takvoga, održivog razvoja i da su većim dijelom upravo oni spoznali da je provođenje pristupa dobrog upravljanja nužno za implementaciju održivog razvoja. To u konačnici obuhvaća integriranje ekonomskih, društvenih i okolišnih elemenata te analiziranje dugoročnih učinaka svih razvojnih politika. Pri tom je bitno staviti naglasak na dugoročnost kako bi se smanjio učinak kratkoročnih političkih ciljeva i inih interesa. Da bi se to postiglo, potrebni su i određeni preduvjeti kao što su razvojni dokumenti, raspodjela odgovornosti među institucijama (nacionalnim i lokalnim), financiranje, ali i djelovanje nacionalnog tijela koje bi imalo ulogu uključivanja dionika u cjelokupni proces te na kraju povezanost s lokalnom razinom. Osim analiziranja lokalne dimenzije održivog razvoja, uspostava sustava pokazatelja/indikatora održivosti i njihove uloge u učinkovitom upravljanju su vrlo vjerojatno dvije teme koje su se nametnule najznačajnijima u ovome segmentu. U vezi lokalne dimenzije održivog razvoja najčešće se postavlja pitanje decentralizacije kao jedan od značajnih instrumenata učinkovitijega lokalnog razvoja. U zadnje vrijeme primjećuje se pomak od vladanja prema upravljanju, što se ponajprije oslikava promjenama u načinu pružanja javnih usluga. I upravo pojam *dobro upravljanje* ima više značenja i formi, a jedna od njih je i održivost. Zato je dobro upravljanje glavna pretpostavka za postizanje održivog razvoja na lokalnoj razini. Vežano za ulogu pokazatelja, treba na početku istaknuti da je većina onih koji su dosad razvijeni za lokalne samouprave fokusirana u prvom redu na financijsko upravljanje i promicanje financijske neovisnosti. U tom kontekstu posebno su bitne informacije kao ključni resurs za oblikovanje svake učinkovite politike. Uzimajući u obzir hrvatsku situaciju, najčešće ustvrdimo nedostatak kvalitetnih informacija na lokalnoj razini. Europska iskustva pokazuju kako je ovaj problem rješiv sakupljanjem većeg broja i vrsta podataka te upravo kvalitetnim definiranjem pokazatelja. Znači, vrlo su bitne informacije o vrstama podataka, alatima, razvojnim pristupima, dionicima (lokalna uprava, nevladine udruge, razvojne agencije i sl.). Tek nakon toga potrebno je definirati kvalitetne i reprezentativne pokazatelje, a koji su onda vrlo bitni za donositelje odluka na svim razinama, posebno zato što nam ukazuju na snage i slabosti određenih područja. Upravo to je razlog zašto kapaciteti lokalnih jedinica za sakupljanje i širenje informacija trebaju biti značajnije unaprijeđeni. Kao sljedeći korak nameće se pitanje: mogu li pokazatelji pomoći u upravljanju (područjima)?

Što su zapravo pokazatelji? Oni zamjenjuju složnije informacije koje se ne mogu izravno mjeriti i pokazuju što se događa u nekom većem sustavu te predstavljaju reprezentativne vrijednosti nekoga promatranog slučaja. Pokazatelji kvantificiraju informaciju agregiranjem različitih mjerenja u jednu brojčanu reprezentativnu veličinu, a rezultat je izvedena informacija. Dobar pokazatelj trebao bi biti

sveobuhvatan, jasno definiran, ponovljiv, razumljiv i praktičan donositeljima odluka, ali i temeljen na znanstvenim načelima. Jedan od mogućih modela pokazatelja koristi se u *Izvešću o stanju okoliša (Environmental State Report)* koji izrađuje *Program za okoliš UN-a (UNEP)*. U istom se analiziraju i opisuju višedimenzionalne i složene teme poput održivosti, energetske učinkovitosti i dobrog upravljanja (engl. *good governance*) i koriste se različiti pokazatelji. U zadnje vrijeme istraživači najviše koriste DPSIR metodologiju koju koristi i Europska agencija za okoliš (Slika 6.).

Pokretači (engl. *driving forces* – D) osnovni su pokretački mehanizmi s negativnim utjecajem (npr. poljoprivrede, energetike, turizma, prometa, industrije itd.) koji uzrokuju (pokreću) pritiske (engl. *pressures* – P) kao što su emisije onečišćujućih tvari, urbanizacija i dr. Stanje (engl. *state* – S) opisuje trenutno stanje kao npr. trenutnu kvalitetu zraka, tla, vode i sl. Takvo, uvjetno kazano blagostanje može biti narušeno bilo zbog smanjenih mogućnosti prirodnih sustava da opskrbljuju proizvodnju dobara i usluga ili izravno kroz gubitak vrijednosti okoliša. Utjecaj (engl. *impact* – I) posljedica je pritisaka (primjerice, eutrofikacija obalnih ili vodnih područja, fragmentacija staništa, ekonomske štete i dr.). Odgovor (engl. *response* – R) su mjere i instrumenti koji se bave određenim područjima i/ili sektorima (primjerice, prihvaćene konvencije, pravni propisi, ekonomski i drugi instrumenti i alati i dr.). Međutim, iako se DPSIR percipira kao dobar okvir za okolišna pitanja, ima i nekih nedostataka kao npr. nedostatak međugeneracijske perspektive, nije jasno razgraničenje između pritisaka, stanja i odgovora i uglavnom je orijentiran na odgovore politike, a ipak pomalo u drugom planu ostaje odgovor ekosustava na pritiske.

Slika 6. DPSIR model



Također, održivo gospodarenje zemljištem (isto) možemo definirati kao korištenje zemljišnih resursa, tla, vode, biljaka i životinja za proizvodnju dobara koja zadovoljavaju ljudske potrebe, a čime se istovremeno dugoročno osigurava proizvodni potencijal tih resursa i zemljišta u cjelini i održavanje njihovih okolišnih funkcija (*Earth Summit UN-a, 1992*). Samo takvo gospodarenje jamči dugoročnu isplativost ulaganja u određene prirodne resurse, bez bojazni od nepredvidivih stresova ili relativno skupih zaštitnih mjera. Europska agencija za okoliš provela je opsežan projekt IRENA (*Indicator Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agricultural Policy, 2011*) kojim su utvrđeni poljoprivredno-okolišni indikatori kako bi se podatci mogli sustavno i ujednačeno promatrati. U projektu je definirano 35 indikatora podijeljenih na pet skupina po DPSIR sustavu. Cilj razvijanja poljoprivrednog DPSIR sustava bio je odrediti ključne čimbenike koji utječu na odnose između poljoprivrede i okoliša te odražavaju složenu uzročno-posljedičnu vezu između čimbenika. Pri tome ne treba zaboraviti da osim utvrđenih pokazatelja najčešće postoje i drugi društveni, ekonomski i financijski čimbenici koji mogu snažno utjecati na promjene u načinu gospodarenja na nekom poljoprivrednom području i pri tome značajno utjecati na okoliš. U više strateških dokumenata izrađenih u RH prepoznata je potreba za jasnim tumačenjem podataka i obavijesti neophodnih za donositelje odluka. Stoga je Agencija za zaštitu okoliša RH kroz projekt *Izrada Nacionalnog*

popisa poljoprivredno-okolišnih i indikatora zaštite tla obradila 15 poljoprivredno-okolišnih indikatora/pokazatelja na način da budu u skladu s IRENA indikatorima (*Izrada Nacionalnog popisa poljoprivredno-okolišnih i indikatora zaštite tla*, 2007). Kriteriji za odabir indikatora bili su njihova reprezentativnost za ocjenu stanja poljoprivredno-okolišnog područja te dostupnost podataka potrebnih za njihov izračun i prikaz (Agencija za zaštitu okoliša RH: *Tlo, Kopneni okoliš: Poljoprivredno okolišni indikatori Republike Hrvatske*, 2005). Godine 2011. izrađen je novi Nacrt nacionalne liste pokazatelja (NLP, 2011). U konačnici, putem dobro odabranih pokazatelja moguće je razumjeti međusobni utjecaj npr. poljoprivrede i turizma kao gospodarskih grana na okoliš.

Na osnovu svega iznesenoga može se zaključiti da je održivi razvoj politički i prvenstveno globalni koncept, ali i cilj, te je zaista veliki izazov njegova operativna provedba i način kako ga implementirati. Donositelji odluka žele, ali i moraju znati koje preduvjete trebaju ispuniti i što trebaju promijeniti, što poduzeti i koje odluke donijeti, koje projekte i na koji način provoditi da bi osigurali održivi razvoj stvarno, a ne samo deklarativno. Stoga je na početku opravdano pitanje i odgovor na isto, je li održivi razvoj cilj ili koncept, a nakon toga i koju metodologiju i alate treba koristiti. DPSIR je trenutno jedna od najprihvaćenijih metodologija (ne i jedina) za koju je potreban cijeli niz pouzdanih informacija, a u implementaciju ne bi smjeli krenuti bez kvalitetno definiranih pokazatelja ili indikatora održivosti. Ozbiljna istraživanja i rasprave na ovu temu očigledno tek slijede.

## Procjena utjecaja na okoliš

Pravna osnova za procjenu utjecaja na okoliš su međunarodne konvencije, zakonodavstvo EU i zakonodavstvo RH, i to posebno Zakon o zaštiti okoliša, Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš, Uredba o strateškoj procjeni utjecaja na okoliš te Uredba o informiranju i sudjelovanju javnosti i zainteresirane javnosti u pitanjima zaštite okoliša. Vrste procjene utjecaja na okoliš su Procjena utjecaja na okoliš pojedinog zahvata (PUO) i Procjena utjecaja na okoliš planova, programa, strategija i zakonodavstva (SPUO – strateška procjena). Procjena utjecaja na okoliš pojedinog zahvata definira se kao postupak kojim se sagledava mogući nepovoljni utjecaj pojedinog zahvata na okoliš u ranoj fazi njegove pripreme i određuju mjere zaštite okoliša, kako bi se nepovoljni utjecaji sveli na najmanju moguću mjeru i postigla najveća moguća očuvanost okoliša. Strateška procjena utjecaja na okoliš definira se kao sustavni proces vrjednovanja utjecaja na okoliš predloženih inicijativa za donošenje programa, planova i politika (strategija), a u cilju da se osigura da su pitanja zaštite okoliša u potpunosti uključena i odgovarajuće usmjerena u što je moguće ranijoj fazi odlučivanja, ravnopravno s gospodarstvenim i socijalnim promišljanjima. SPUO se obvezno provodi za planove i programe iz područja poljoprivrede, šumarstva, ribarstva, energetike, industrije, rudarstva, prometa, telekomunikacija, turizma, gospodarenja otpadom i gospodarenja vodama. U ovu grupu također pripadaju prostorni planovi županija i Prostorni plan Grada Zagreba. Po drugom kriteriju SPUO se obvezno provodi za planove i programe koje donosi (usvaja):

- Hrvatski sabor
- Vlada Republike Hrvatske
- Županijska skupština.

S druge strane, Procjena utjecaja na okoliš (PUO) provodi se prije izdavanja lokacijske dozvole ili nekoga drugog odobrenja i provodi je tijelo državne uprave nadležno za poslove zaštite okoliša ili Upravno tijelo u županijama (Grad Zagreb) nadležno za poslove zaštite okoliša. Provodi se temeljem izrađene Studije o utjecaju na okoliš namjeravanog zahvata. Koraci u postupku PUO su tzv. *screening* i *scoping*. *Screening* ili kategorizacija daje odgovor na pitanja je li potrebno provesti PUO i koji tip PUO-a je potreban. *Scoping* (*Terms of Reference*) je obuhvat i daje odgovor što treba istraživati, granice pogođenog područja/sustava (obuhvat zahvata), glavne utjecaje, moguće (realne) alterna-

tive te odgovor kako će se PUO provoditi, sastav ekspertne grupe i plan za istraživanje, uključivo konzultacije s javnosti. Vrlo bitan korak u postupku PUO je utvrđivanje mjera zaštite okoliša. Vrste mjera zaštite okoliša razlikuju se kad je projekt prihvatljiv za okoliš, kad se propisuju dodatni sustavi za kontrolu onečišćenja te kad se propisuje plan upravljanja okolišem i nadoknada štete na okolišu lokalnim zajednicama. Za PUO se priprema i ocjenjuje Studija o utjecaju na okoliš (SUO). Ciljevi Studije o utjecaju na okoliš su davanje informacija onima koji odlučuju i pogođenim strankama. SUO dokumentacija treba biti objektivna, znanstvena, pristupačna i s mogućnošću kontrole kvalitete.

## Ekološka mreža kao EU obveza

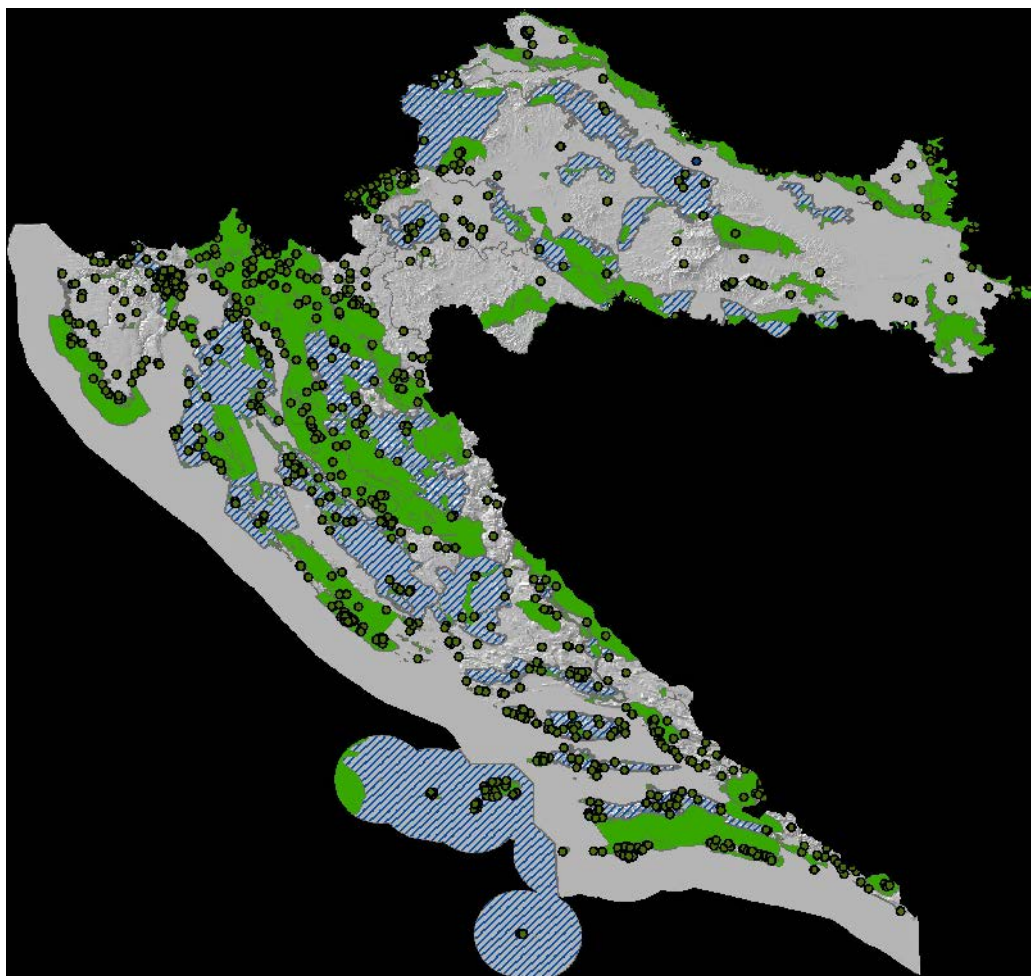
Pravna osnova za ocjenu prihvatljivosti za ekološku mrežu su međunarodne konvencije, zakonodavstvo EU i zakonodavstvo RH, a posebno Zakon o zaštiti prirode, Uredba o proglašenju Ekološke mreže i Pravilnik o ocjeni prihvatljivosti plana, programa i zahvata za ekološku mrežu. Razlikujemo Ocjenu prihvatljivosti plana i programa i Ocjenu prihvatljivosti zahvata. Ekološka mreža EU ili Natura 2000 – *Habitats and Birds Directives* (Slika 7.) obuhvaća područja važna za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova Europske unije “26,000 sites covering 18% of the EU territory” (<http://ec.europa.eu/environment/nature>).

Na slici 8. prikazana je ekološka mreža RH.



**Slika 7.** Ekološka mreža EU Natura 2000  
<http://ec.europa.eu/environment/nature>





**Slika 8.** Ekološka mreža RH (izvor DZZP)

Ocjena prihvatljivosti plana i programa obavezna je za plan i program koji sam ili s drugim planovima i programima može imati značajan utjecaj na ciljeve očuvanja i cjelovitost područja ekološke mreže i uvijek ju provodi Ministarstvo nadležno za zaštitu prirode. Ocjena prihvatljivosti zahvata sastoji se od Prethodne ocjene zahvata, Glavne ocjene zahvata s ocjenom drugih pogodnih mogućnosti i utvrđivanja prevladavajućega javnog interesa i kompenzacijskih uvjeta. Sagledava isključivo utjecaj zahvata na ciljeve očuvanja i cjelovitost područja Ekološke mreže (EM) i za svaki zahvat koji može imati značajan utjecaj na ciljeve očuvanja i cjelovitosti područja EM bez obzira na to nalazi li se lokacija zahvata unutar ili izvan područja EM. Ne provodi se za zahvate koji su neposredno povezani s upravljanjem EM, zahvate unutar izgrađenog dijela građevinskog područja i kod postupaka legalizacije izgrađenih objekata (rješenje o izvedenom stanju, potvrda o izvedenom stanju). Prethodnu ocjenu provodi nadležno Ministarstvo ili upravno tijelo županije nadležno za poslove zaštite prirode, i to kao samostalni postupak. Rezultat ili ishod postupka je da zahvat nema značajan utjecaj, o čemu se izdaje potvrda, ili da zahvat može imati značajan utjecaj, o čemu se izdaje rješenje ili mišljenje. Glavnu ocjenu zahvata provodi nadležno ministarstvo ili upravno tijelo županije nadležno za poslove zaštite prirode. Provodi se kao samostalni postupak ili u okviru postupka PUO i na temelju Studije glavne ocjene ili poglavlja u SUO i izrađuje ih isključivo ovlaštenik sukladno Zakonu o zaštiti okoliša. Rezultat (ishod postupka) je rješenje o Glavnoj ocjeni. Ako planirani zahvat ima štetan utjecaj, zahtjev se odbija (upućuje se na mogućnost pokretanja postupka utvrđivanja prevladavajućega javnog interesa i kompenzacijskih uvjeta). Ako planirani zahvat nema štetan utjecaj, dopušta se zahvat uz mjere ublažavanja. Utvrđivanje prevladavajućega javnog interesa i kompenzacijskih uvjeta provodi Ministarstvo i pritom se odlučuje o imperativnim razlozima prevladavajućega javnog interesa, uključujući one socijalne i gospodarske naravi.

---

## Modul 2

# OSNOVE NAVODNJAVANJA

---

### Uvod

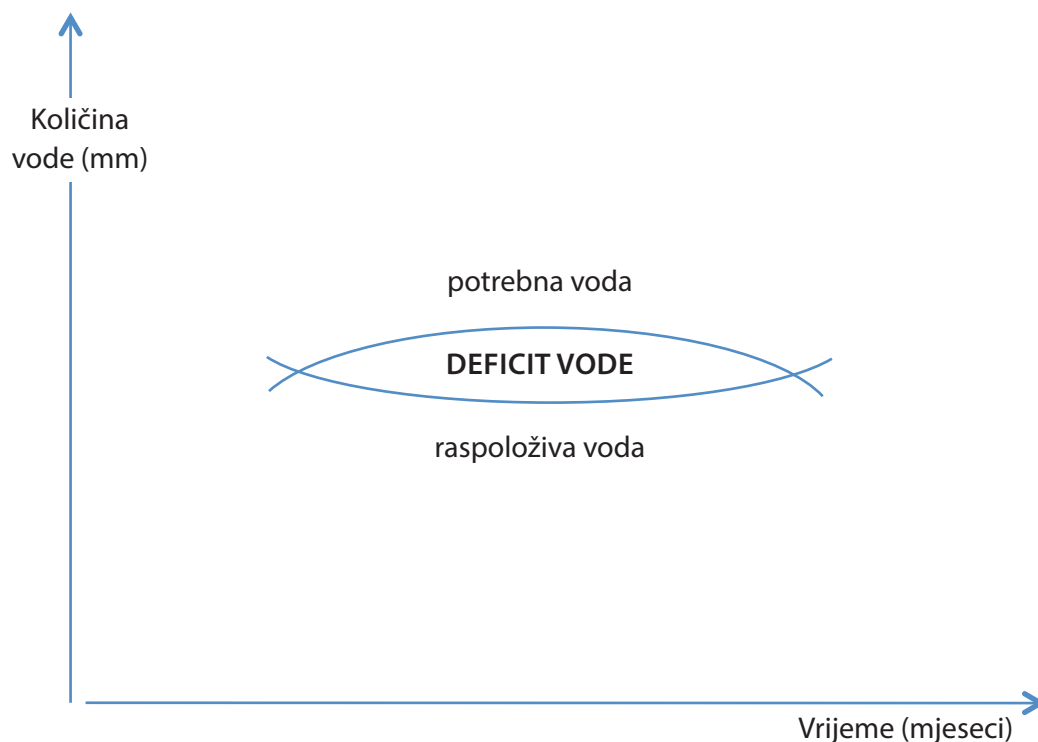
Navodnjavanje su primjenjivali i najstariji narodi. Početci datiraju iz razdoblja prije deset tisuća godina. U dolinama Eufrata, Tigrisa i Nila te u Indiji primjenjuje se već sedam tisuća godina. U Europi su najprije navodnjavana tla u Italiji, Grčkoj, Engleskoj i Španjolskoj, a nakon toga u Francuskoj i Nizozemskoj. Prema podatku FAO iz 1983. u svijetu se navodnjavalo 14,5 % ukupno obradivih površina, a danas je to na razini 17 %. U RH se navodnjava svega 0,86 % ukupno korištenih poljoprivrednih površina. Potreba primjene navodnjavanja razlikuje se pri uzgoju biljaka na poljima i u zatvorenom prostoru. Kod uzgoja u zatvorenim prostorima potrebno je tijekom vegetacije stalno navodnjavati. Na poljima potreba navodnjavanja najviše ovisi o klimatskim prilikama. Postoje različiti kriteriji za određivanje potrebe primjene navodnjavanja, i to:

- prema količini oborina
- prema temperaturi i vlažnosti zraka
- prema Langovu kišnom faktoru
- prema De Martonneovu indeksu suše
- prema Seljaninovu hidrotermičkom koeficijentu.

Treba naglasiti da navedeni kriteriji daju samo indikacije o potrebi primjene navodnjavanja jer ne uzimaju u obzir mikroklimatske prilike, svojstva tla i zahtjeve pojedinih kultura.

### Norma navodnjavanja

Ako se od ukupno potrebne količine vode odbije ukupno raspoloživa voda u vegetacijskom razdoblju, dobivamo normu navodnjavanja. To je dakle ukupna količina vode koju je potrebno dodati navodnjavanjem za vrijeme vegetacije. Ovo je ustvari neto norma navodnjavanja, a zbog gubitka vode pri navodnjavanju (evaporacije, površinsko otjecanje i filtracija) neto norma korigira se pomoću koeficijenta iskorištenja vode te dobijemo bruto normu navodnjavanja. Vrijednost ovoga koeficijenta ovisi o načinu dovoda i raspodjele vode po navodnjavanoj površini, klimatskim prilikama te načinu eksploatacije sustava za navodnjavanje i u pravilu iznosi 0,35 – 0,95. Smatra se da pri eksploataciji sustava navodnjavanja vrijednost ovoga koeficijenta treba biti iznad 0,8. Vrijednosti potrebnih i raspoloživih voda dobiju se zbrajanjem mjesečnih vrijednosti u vegetacijskom razdoblju, a njihov odnos prikazan je na slici 9.



**Slika 9.** Odnos potrebne i raspoložive vode

Potrebna voda odgovara vrijednosti evapotranspiracije, a to znači ukupnoj količini vode koja se gubi transpiracijom (gubitak vode iz biljke) i evaporacijom (voda koja se isparavanjem gubi s površine tla) s određene površine u određenom vremenu. Ukupna se potrebna količina vode može odrediti eksperimentalno (direktno) ili određenim metodama (proračunima) na temelju klimatskih i drugih elemenata (indirektno). Nije pronađen način koji odgovara potpuno i za sve uvjete. Ni eksperimentalni način nije jednostavan zbog opreme i održavanja točno određenih uvjeta tijekom eksperimenta te se najčešće primjenjuju indirektno metode koje uzimaju u obzir temperaturu zraka, deficit vlažnosti zraka, veći broj klimatskih elemenata te klimatske elemente s koeficijentima pojedinih kultura. U praksi navodnjavanja često se koriste metode po Thornthwaitu, Ivanovu, Šarovu (temperatura zraka), Blaney-Criddeu (koeficijentu kultura), Alpatijevu (deficit vlažnosti zraka) te Turcu i Penmanu (više klimatskih elemenata) (Tomić, 1988.).

*Vodna bilanca* često se koristi u našoj praksi (studije, projekti) jer sadrži podatke o potencijalnoj i stvarnoj evapotranspiraciji te deficitu i suficitu vode na određenoj lokaciji. Određivanje vodne bilance kod većine metoda polazi od činjenice da sposobnost primanja vode i njezina zadržavanja ovisi o tipu tla, dubini profila i svojstvima tla te da kapacitet tla može varirati od nekoliko mm (plitka tla) do više od 400 mm (duboka tla). Danas se kod nas pri izračunavanju vodne bilance polazi od činjenice da tlo sadrži 100 mm rezerve vode u zoni rizosfere i da je tada potpuno zasićeno.

*Evapotranspiracija* je prilično konstantna dok se ovih 100 mm vode ne evapotranspirira. Nakon punjenja kapaciteta od 100 mm ostale količine oborina otječu i čine višak vode. Ako u tlu nema vode, do padanja oborina evapotranspiracija je jednaka nuli.

*Raspoloživa voda* predstavlja vodu u tlu koja je na raspolaganju biljkama tijekom vegetacije. Potječe od vode koja se nalazi u tlu na početku vegetacije odnosno mjeseca, od oborinske vode i od podzemne vode koja se kapilarno diže do korijenove zone (rizosfere) i izračunava se prema formuli:

$$R = r + h + w \quad (1)$$

pri čemu je:

$R$  = raspoloživa voda za biljke za određeni mjesec ili vegetacijsko razdoblje (mm)

$r$  = zaloha vode u zoni rizosfere na početku mjeseca ili vegetacijskog razdoblja (mm)

$h$  = korisne (efektivne) oborine koje je tlo upilo tijekom mjeseca ili vegetacijskog razdoblja (mm)

$w$  = raspoloživost podzemne vode biljci tijekom mjeseca ili vegetacijskog razdoblja (mm)

Teško je precizno utvrditi korisne oborine i utjecaj podzemne vode te se oni utvrđuju pomoću posebnih koeficijenata. Smatra se da je dobro isključiti korisne oborine ako je palo manje od 3 mm/dan odnosno tijekom ljeta manje od 5 mm/dan. Korisne oborine određuju se prema relaciji:

$$h = \beta h_0 \quad (2)$$

pri čemu je:

$h$  = korisna (efektivna) oborina (mm)

$h_0$  = količina oborine (mm)

$\beta$  = koeficijent iskorištenja oborina

(koriste se tablice, a u suprotnom se koristi srednja vrijednost 0,85)

Utjecaj podzemne vode na raspoloživu vodu za biljke u pojedinim mjesecima odnosno tijekom vegetacije ovisi o njezinoj dubini, o dubini korijena i o klimatskim prilikama (Tablica 3.). Budući da se ovi elementi tijekom vegetacije mijenjaju, mijenja se visina i brzina kapilarnog dizanja vode, pa ne postoji mogućnost sigurnog određivanja utjecaja podzemne vode na količinu ukupne raspoložive vode za biljke. Ovaj utjecaj približno se određuje sljedećom formulom (Vučić, 1976):

$$w = kw \times E_{\text{poten.}} \quad (3)$$

$w$  = količina raspoložive vode koja potječe od podzemne vode (mm/mjesec)

$E_{\text{poten.}}$  = potencijalna evapotranspiracija (mm/mjesec)

$kw$  = koeficijent utjecaja podzemne vode na raspoloživu vodu za biljke

**Tablica 3.** Koeficijent utjecaja podzemne vode na raspoloživu vodu za biljke

Vrsta tla	Dubina podzemne vode u m			
	1,0 m	1,5 m	1,75 m	2,0 m
Teško tlo	0,25 – 0,20	0,17 – 0,15	0,10 – 0,08	0,05
Srednje tlo	0,20 – 0,17	0,15 – 0,10	0,07 – 0,05	0,02
Lako tlo	0,15 – 0,12	0,08 – 0,05	0,03 – 0,02	0,00



**Tablica 4.** Potrebna i raspoloživa voda u nekim mjestima

Mjesto	Potrebna voda u mm	Raspoloživa voda u mm
Osijek	140	346
Zagreb	50	224
Zadar	260	234
Knin	139	309
Split	348	173
Opuzen	261	629

U tablici 4. prikazani su prosječni godišnji podatci o potrebnoj i raspoloživoj vodi, međutim o potrebi navodnjavanja puno bitniji nam je mjesečni raspored potrebne i raspoložive vode. Primjerice, prema prosječnim godišnjim podatcima u Kninu imamo suficit vode, međutim stvarna situacija je takva da na toj lokaciji imamo za vrijeme vegetacijske sezone deficit vode.

### Ciklus vode (biljka – tlo – voda)

Za reguliranje nedostatka vode u tlu navodnjavanjem nužno je poznavati odnos biljka – tlo – voda. Biljke koriste vodu, a s njom i hranjive tvari iz tla pomoću korijenova sustava te je zbog toga značajno poznavati korijen i njegovu ulogu u hranidbi biljke. Korijenovim dlačicama biljka upija vodu i u njoj otopljene mineralne tvari iz tla na principu difuzije i osmoze čija maksimalna snaga može biti ona koja odgovara tlaku od oko 15 bara. Osmotski i difuzni tlak koncentracije u biljci treba biti 2 – 5 bara veći u usporedbi s koncentracijom vode u tlu jer bi u protivnom voda iz korijenovih dlačica prelazila u tlo (npr. slana tla). Korijenove dlačice upijaju samo vodu s kojom su u neposrednoj vezi zbog čega je u tlu potrebna lako pristupačna voda jer na taj način biljka troši manje energije za primanje vode i u njoj rastopljene hranive tvari. Kod nedostatka lako pristupačne vode u tlu voda se drži većim silama za čestice tla, te biljka povećava osmotski tlak u korijenovim dlačicama. Trošenjem energije na primanje potrebne vode u takvim uvjetima biljka usporava rast, odnosno stvaranje biljne mase, a što je razlog za primjenu navodnjavanja. Osim same vode potrebno je osigurati povoljan odnos vode i zraka u tlu te dovoljnu količinu mineralnih hraniva u pristupačnom obliku. Ova tri faktora zajedno s toplinom u tlu poboljšavaju se hidrotehničkim i agrotehničkim mjerama. Upijanje vode, gibanje vode kroz biljku i ishlapljivanje kroz puči najsavršeniји je automatski mehanizam. Od ukupno upijene vode kroz korijen svega 2 % troši se na izgradnju vlastite suhe tvari (ostatak je transpiracija). Količina isparene vode u litrama potrebna biljci za stvaranje jednog kilograma suhe tvari naziva se koeficijent transpiracije.

Koeficijenti transpiracije kreću se u vrlo širokim granicama, ovisno o vrsti, sorti i ekološkim uvjetima (tablica 5).

**Tablica 5.** Vrijednosti koeficijenta transpiracije za različite kulture

Kultura	Koeficijent transpiracije
kukuruz, repa	300 – 400
ječam, raž, tvrde pšenice	400 – 500
krumpir, suncokret, kelj, pamuk, meke pšenice	500 – 600
grašak, grah, zob, krastavac, crvena djetelina	600 – 700
lucerna, soja, lan	> 700

Transpiracija se odvija uglavnom preko dana. Brzina gibanja vode kroz biljku varira do 180 cm/h što ovisi o klimatskim prilikama. Uvriježeni termin “kritično razdoblje biljke za vodu” značajan je za praksu. Kod jednogodišnjih biljaka kritično razdoblje vezano je za formiranje generativnih organa, a kod višegodišnjih vezano je za stvaranje organske tvari i formiranje generativnih organa. Od ukupne količine upijene vode čak 40 % odnosi se na najpliću četvrtinu dubine korijena, 30 % na drugu, 20 % na treću te samo 10 % na zadnju, najdublju četvrtinu. U prirodi tlo čini posebnu, specifičnu zonu – pedosferu, koja se formirala između atmosfere i litosfere. Tlo je u biti rastresit supstrat, nastao iz litosfere dugotrajnim djelovanjem više faktora kroz pedogenetske procese. Tlo osigurava biljkama prvenstveno vodu i hraniva, a zatim ih opskrbljuje zrakom i toplinom. Tlo nije homogena masa, već propusni medij koji se sastoji od krute i tekuće faze te zraka. Krutu fazu tla čine čestice različitih veličina od čestica kamena, šljunka, pijeska pa do čestica praha i gline, odnosno koloida. Krutu fazu osim čestica mineralnog podrijetla čine i različite organske tvari kao što su ostaci biljnog i životinjskog podrijetla te mikroorganizmi. Voda se uglavnom u tlu drži u kapilarnim, a zrak u nekapilarnim porama. Kruta faza tla uglavnom je ustaljena dok se količine vode i zraka mijenjaju i u međusobnoj su ovisnosti. Od fizikalnih svojstava tla tekstura, struktura i porozitet određuju vodozračne uvjete koji su značajni za opskrbu biljaka vodom, kisikom i toplinom, a time i za primjenu melioracijskih mjera. Kvantitavni odnos pojedinih frakcija određuje teksturni ili mehanički sastav tla. Atterbergova je klasifikacija teksturnog sastava međunarodno prihvaćena, a i kod nas se najčešće primjenjuje (Tablica 6.).

**Tablica 6.** Atterbergova klasifikacija teksturnog sastava (Atterberg, 1912)

Teksturna klasifikacija tla (frakcija)	Veličina (efektivni promjer) čestica
kamen	> 20 mm
šljunak	20 – 2 mm
krupni pijesak	2 – 0,2 mm
sitni pijesak	0,2 – 0,02 mm
prah	0,02 – 0,002 mm
glina	<0,002 mm

Struktura tla je nakupljanje mehaničkih elemenata u strukturne agregate. Dijele se prema veličini na mikroagregate (<0,25 mm) i makroagregate (>0,25 mm). Mikroagregate u makroagregate povezuju humusne tvari i mineralni koloidi (kod crvenica željezo i aluminij).

**Osnovne vrste agregata su:**

- kockasti
- stubasti
- plosnati.

Dobra struktura tla nositelj je povoljnih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla. U strukturnom tlu postoje uvjeti za osiguravanje maksimalne količine vode i hraniva, dovoljno zraka kroz cijelo vegetacijsko razdoblje. Zato strukturu tla treba smatrati ključem za visoku i sigurnu biljnu proizvodnju. Održavanje povoljne strukture postiže se pravilnom obradom tla, gnojidbom organskim i mineralnim gnojivima te primjenom pravilnog plodoreda. Porozitet tla čine pore, odnosno slobodan prostor koji se nalazi između čestica tla i strukturnih agregata te unutar agregata tla. Omjer volumena svih pora i ukupnog volumena tla predstavlja ukupan porozitet, a izražava se u postotcima (%). Ukupan porozitet najviše ovisi o veličini, obliku i rasporedu čestica, strukturi tla i količini organske tvari (Tablica 7.).

**Tablica 7.** Ocjena tla prema poroznosti (Gračanin, 1947)

Ocjena tla	Ukupan porozitet (% vol.)
vrlo porozna	>60
porozna	45 – 65
slabo porozna	30 – 45
vrlo slabo porozna	<30

Zračni je kapacitet tla količina zraka u tlu nakon što je ono zasićeno vodom. Optimalan zračni kapacitet ovisi o vrsti poljoprivredne kulture te za pšenicu i zob iznosi 10 – 15 %, a za ječam i šećernu repu 15 – 20 % volumenskih udjela. Koncentracija kisika i ugljičnog dioksida mijenja se dubinom, ali i tijekom godine, a ovisi o sastavu organskih tvari unijetih u tlo. Voda služi za biokemijske funkcije te za transport hranjivih tvari kroz biljku. Voda u tlu dijeli se na kemijsku, higroskopsku, opnenu, kapilarnu i gravitacijsku ili cijednu vodu.

S obzirom na pokretljivost, voda se u tlu može podijeliti na:

- a) vezanu ili nepokretnu vodu
- b) slobodnu ili pokretnu vodu.

**Vezana ili nepokretna voda** je voda koja se drži velikim silama za čestice tla ili unutar pora. Ona je nepokretna i obično je nepristupačna biljkama. Unutar vezane vode razlikuju se kemijska voda, higroskopska voda i opnena ili filmska voda.

*Kemijski vezana* voda dio je čvrste faze tla te je kemijskim vezama u kristalnoj rešetki minerala i spojeva vezana za čestice tla pa je nekorisna za kulturne biljke.

**Higroskopsku vodu** biljke također ne mogu koristiti jer su molekule vode čvrsto vezane za čestice tla znatnim molekularnim silama koje odgovaraju tlaku od 3 Mpa pa do više od 500 Mpa.

**Opnena ili filmska voda** obavija čestice tla u obliku tanje ili deblje opne, a vezana je čvrsto površinskim silama, ponekad se slabo giba od čestice do čestice tla i djelomično je korisna za biljke.

**Slobodna ili pokretna voda** je voda koja se drži manjim silama za čestice tla, pokretna je i kreće se u poroznom tlu u svim smjerovima. Pristupačna je korijenju biljaka, a razlikuju se dvije kategorije vode: kapilarna i gravitacijska.

*Kapilarna voda* ispunjava fine kapilarne pore tla te se drži ili kreće u njima pod utjecajem kapilarnih sila. Vrlo je pokretna u svim smjerovima i pristupačna je za kulturne biljke. Ona čini najveću i najznačajniju zalihu vode u tlu za sve biljke i zato je od posebne važnosti za poljoprivrednu praksu.

*Gravitacijska ili cijedna voda* je najpokretnija voda u tlu. Ulazi u njega prirodnim oborinama, navodnjavanjem ili plavljenjem i ne zadržava se u njemu trajnije, nego protječe i cijedi se u podzemnu vodu. Prolazi kroz krupne (nekapilarne) pore tla i giba se prema dolje pod utjecajem sile teže. Korisna je za biljke, ali samo u kratkom vremenu prolaska kroz zonu korijenova sustava (rizosferu). Voda se javlja u tlu i u obliku leda (kod nas do dubine 50 cm).

Energija kojom se voda drži u tlu u uskoj je vezi s prisutnom količinom vode. Energija držanja vode povećava se smanjenjem količine vode u tlu. Pri kontaktu suhog tla sa zrakom zasićenim vodenom parom tlo prihvaća maksimalnu količinu higroskopske vode. Nakon toga tlo prima vodu u tekućem obliku (opnena i kapilarna) tako da se povećanjem količine vode smanjuju sile njezina držanja za tlo. Najveću količinu vode tlo je primilo kada su popunjene kapilarne i nekapilarne pore, sile držanja u tom trenutku u pravilu ne postoje te se gravitacijska voda procjeđuje pod utjecajem sile teže.

Za reguliranje vodnog režima u tlu bitno je razlikovati vodne konstante tla: vlažnost venuća, lentokapilarnu vlažnost, poljski vodni kapacitet i maksimalni vodni kapacitet.

**Vlažnost venuća** je količina vode u tlu pri kojoj biljka počinje venuti. Izražava se u postotku (%) i ovisi o vrsti tla. Razlikujemo početnu i trajnu vlažnost venuća.

**Lentokapilarna vlažnost** je granica između vezane vode i vode koja se slobodno giba. Ova konstanta je mjera za određivanje početka navodnjavanja. Radi se o količini vode koju tlo drži silom što odgovara tlaku od 0,625 Mpa ili 6,25 bara i najpraktičnije ju je odrediti u laboratoriju.

**Poljski vodni kapacitet** je količina vode koju tlo u prirodnim uvjetima, nakon obilnog vlaženja i poslije gravitacijskog procjeđivanja, može maksimalno zadržati. Kad je dostignuta vrijednost poljskoga vodnog kapaciteta, voda se više ne procjeđuje kroz tlo. Smatra se da je ova konstanta gornja granica optimalne vlažnosti pa ga treba odrediti za svako meliorirano tlo.

**Maksimalni vodni kapacitet** je maksimalna količina vode koju tlo može primiti, ali je ne može zadržati. U trenutku kada je tlo primilo maksimalnu količinu vode, sve su pore ispunjene vodom te je takvo stanje tla vrlo nepovoljno za uzgoj biljaka jer je voda istisnula zrak iz pora.

Između vodnih konstanti nema oštrih granica te se one međusobno preklapaju. Konstanta s većom kvantitativnom vrijednosti sadrži u sebi i ostale koje su manjih vrijednosti.

Prilikom prirodnog vlaženja oborinama i navodnjavanjem voda se giba prema dolje (descendentno), a prema gore (ascendentno) kada se tlo suši ili vlaži kapilarno od podzemne vode. Vlaga se u tlu giba od vlažnije zone (manjeg napona vlažnosti) prema manje vlažnoj zoni (većeg napona vlažnosti). Gibanje vode u tlu uglavnom uzrokuju kapilarne sile, sile gravitacije te hidrostatski tlak.

Temeljni oblici gibanja vode u tlu su kapilarno gibanje, infiltracija i filtracija.

**Kapilarno gibanje** vode uzrokovano je razlikom napona vlažnosti tla/molekularnim silama privlačenja čestica tla i vode i površinskom napetošću vode, odnosno razlikom u kapilarnom potencijalu. Ovisi o fizikalnim i kemijskim svojstvima tla, promjeru kapilarnih pora i temperaturi tla. Poznajući kapilarno gibanje za konkretno tlo, mogu se postići veći efekti u primjeni melioracijskih mjera. Tako se može prekidom kapilarne veze smanjiti gubitak vode ishlapljivanjem/evaporacijom, primjenom pravodobne i pravilne obrade površinskog sloja tla.

**Infiltracija** je proces upijanja vode u suho tlo te ulazak vode u tlo oborinama ili navodnjavanjem. Vrlo je važna za reguliranje vode u tlu jer o njoj ovisi je li tlo uopće pogodno za navodnjavanje, a utječe i na izbor načina navodnjavanja. Infiltracija se mijenja tijekom godine.

**Filtracija** je gibanje vode kroz tlo zasićeno vodom, a odvija se pod djelovanjem sile gravitacije i eventualno hidrostatskog tlaka. Nastupa nakon završene infiltracije kada su sve pore tla ispunjene vodom, a voda se kreće kroz makropore.

Pristupačna voda u tlu je ona koja pripada intervalu između poljskoga vodnog kapaciteta i vlažnosti trajnog venuća. Ovom spoznajom nastala je potreba da se riješi pitanje **optimalnog intervala vlažnosti** i njegovih graničnih vrijednosti. Za navodnjavanje je posebno bitno poznavati donju granicu optimalne vlažnosti i obično je 50 – 60 % poljskoga vodnog kapaciteta.

Najvažnije koristi od navodnjavanja proizlaze iz vode kao vegetacijskog čimbenika. Stoga, voda za biljke i tlo je važna jer:

- je sastavni dio biljke, tj. voda izgrađuje biljke
- regulira režim hranidbe biljke
- regulira toplinski režim biljke
- posreduje u procesu fotosinteze
- pomaže razvoju mikroflore
- utječe na mikroklimu prizemnog sloja
- utječe na temperaturu tla i biljke
- utječe na procese u tlu
- omogućuje dvije sjetve
- popravlja socijalno stanje kroz mogućnost zapošljavanja.

S druge strane, problemi navodnjavanju su:

- ispiranje hraniva i osiromašenje obradivog sloja
- pogoršanje fizikalnih svojstava i erozija tla
- zamočvarivanje tla
- zaslanjivanje tla.

Tako npr. zamočvarivanje nastaje kada razina podzemne vode prijeđe dubinu koja je nepovoljna za uzgajane kulture na način da dolazi do istiskivanja zraka iz pora tla, a time i do promjena u biokemijskim procesima i mineralizaciji organske tvari. Zaslanjivanje se pojavljuje kao posljedica navodnjavanja na dva načina. Prvi se način pojavljuje pri dizanju razine podzemne vode koja je zaslanjena uslijed navodnjavanja većim količinama vode od normalnog obroka. Drugi se način zaslanjivanja tla pojavljuje ukoliko se navodnjavanje izvodi slanom vodom ili bočatom vodom, odnosno vodom s povećanim sadržajem klorida.

## Doziranje vode pri navodnjavanju

Temeljna dva elementa za doziranje pri navodnjavanju su:

- obrok navodnjavanja
- trenutak kada treba početi navodnjavanjem.

**Obrok navodnjavanja** je količina vode koja se dodaje jednim navodnjavanjem, a izražava se u m<sup>3</sup>/ha ili u mm. Obrok navodnjavanja ovisi o dubini tla koje se želi navlažiti, vrsti tla i vlazi u tlu prije navodnjavanja. Dubina tla koju treba navlažiti ovisi o dubini korijena, odnosno o vrsti kulture i fazi razvoja biljke (Tablica 8.). Obrokom navodnjavanja treba navlažiti tlo do poljskoga vodnog kapaciteta do određene dubine.



**Tablica 8.** Dubina navodnjavanja u odnosu na vrstu kulture i fazu razvoja biljke

Kultura	faza razvoja	dubina (cm)
KUKURUZ	5 – 6 listova	30 – 40
	metličanje	70 – 80
	voštana zrioba	90 – 100
RAJČICA	ukorjenjivanje	30 – 40
	razvoj lišća	40 – 50
	razvoj plodava	50 – 60
GRAŠAK	ukorjenjivanje	20 – 30
	cvjetanje	30 – 40
	nalijevanje zrna	40 – 60

Budući da tlo treba zasititi do poljskoga vodnog kapaciteta, za određivanje obroka navodnjavanja treba poznavati vlažnost tla prije navodnjavanja. Razlika vrijednosti poljskoga vodnog kapaciteta i trenutačne vlažnosti tla u stvari predstavlja obrok jednog navodnjavanja:

$$O = 100 vt h (P - T) \dots \dots (4)$$

pri čemu je:

O = obrok navodnjavanja (m<sup>3</sup>/ha)

Vt/ρ = masena gustoća tla (g/cm<sup>3</sup>)

h = dubina vlaženja tla (m)

P = poljski vodni kapacitet (% mase)

T = trenutačna vlažnost tla (% mase)

**Trenutak početka navodnjavanja** jedan je od najznačajnijih elemenata u praktičnoj primjeni navodnjavanja. Ako se određuje stihijski, dolazi do neracionalnog dodavanja vode što djeluje štetno. Ako su navodnjavanja češća nego je potrebno, narušavaju se fizikalna svojstva tla te ispiranja hraniva iz rizosfere. Ako su rjeđa, ne može se postići visoka i kvalitetna proizvodnja te je navodnjavanje nerentabilno.

U praksi se početak navodnjavanja određuje na nekoliko načina:

- prema morfološkim promjenama na biljkama
- procjenom vlažnosti tla
- pomoću turnusa navodnjavanja
- prema kritičnim razdobljima biljke za vodu
- pomoću unutarnjih fizioloških promjena biljke
- obračunavanjem svakodnevne evapotranspiracije
- prema stanju vlažnosti tla.

Početak navodnjavanja prema **morfološkim promjenama na biljkama** temelji se na praćenju razvoja biljaka, promjeni boje i turgora, odnosno venuća biljaka. Ovo je najstariji način i nažalost još se dosta upotrebljava u praksi. Kada se na biljkama primijete promjene, one su već izgubile tempo rasta. Nesigurnost ovog načina pokazuje i činjenica da većina biljaka za toplu vremena oko podneva pokazuju znakove venuća za što uzrok nije nedovoljna količina pristupačne vode u tlu, već povećana transpiracija.

Početak navodnjavanja **procjenom vlažnosti tla** temelji se na praktičnom terenskom ocjenjivanju plastičnosti (ljepljivosti) tla, odnosno ovisi o teksturi tla. Ovaj način više odgovara za određivanje trenutka pogodnosti obrade tla, a manje za navodnjavanje. Ne preporuča se.

Početak navodnjavanja **pomoću turnusa navodnjavanja** predstavlja vremensko razdoblje u danima između dva navodnjavanja, a određuje se prema:

$$T = O / Ud... (5)$$

pri čemu je:

T = turnus navodnjavanja (dani)

O = obrok navodnjavanja (mm)

Ud = dnevni utrošak vode (mm/dan)

Obrok navodnjavanja je količina fiziološki aktivne vode tla koju biljka može lako koristiti. Dnevni se utrošak vode temelji na poznavanju vrijednosti potencijalne evapotranspiracije, a dobije se dijeljenjem mjesečne vrijednosti s brojem dana. Određivanje ovom metodom pogodno je samo za aridne prilike i za uzgoj u zatvorenom prostoru. Izvan tih prilika primjenjuje se modificirani turnus navodnjavanja. Modifikacija ovisi o količini prirodnih oborina u razdoblju između dva navodnjavanja. U praksi se odgađa navodnjavanje za cijeli turnus ukoliko unutar teorijskog turnusa padne više od 25 mm kiše. Ako padne 10 – 25 mm, odgađa se za pola turnusa, a ako padne ispod 10 mm, obavlja se po određenom turnusu.

Početak navodnjavanja prema **kritičnim razdobljima biljke za vodu** temelji se na poznavanju faza razvoja pojedinih vrsta. Unaprijed planirano navodnjavanje ne uzima u obzir prirodne oborine te zanemaruje mogućnost navodnjavanja prije i poslije kritične faze te navodnjavanje ovom metodom ne smije predstavljati krutu metodu.

Kod početka navodnjavanja pomoću **unutarnjih fizioloških promjena biljke** najčešće se u praksi koristi koncentracija staničnog soka i usisna sila lišća.

Kada se početak navodnjavanja određuje obračunavanjem **svakodnevne evapotranspiracije**, najčešće se koristi Bioklimatska metoda po Vučiću, a temelji se na određivanju bioklimatskog koeficijenta. Radi jednostavnosti u praksi se primjenjuje prosječna vrijednost koeficijenta cijeloga vegetacijskog razdoblja.

Za početak navodnjavanja najviše se koristi metoda prema **stanju vlažnosti tla** i ona je najtočnija. U novije doba za početak navodnjavanja koristi se stanje kada se sadržaj vode smanji na vrijednost koja odgovara donjoj granici optimalne vlažnosti, odnosno lentokapilarne vlažnosti tla. Iz tog razloga potrebno je mjeriti vlažnost tla i to se u pravilu radi na dva načina:

- laboratorijskim mjerenjem
- mjerenjem na terenu.

Postoje instrumenti za izravno i indirektno mjerenje vlažnosti tla. Za izravno mjerenje najpoznatiji su **tenziometri** kojima se zapravo mjeri napon vlažnosti, a u pravilu mjere raspon od 0 – 0,9 bara. Postavljaju se u tlo na dubinu na kojoj želimo mjeriti vlažnost. Sušenjem tla tenziometar pokazuje veću vrijednost. Čim je **napon vlažnosti u tlu blizu 0,9 bara, treba navodnjavati**.

## Izvor i kakvoća vode za navodnjavanje

Temeljni uvjeti za navodnjavanje su dovoljne količine i potrebne kemijske, fizikalne i biološke značajke vode. Voda se dovodi do natapnih površina gravitacijski i pumpama/crpka (Slike 10. i 11.), odnosno otvorenim kanalima ili cjevovodima.



**Slika 10.** Pumpe za navodnjavanje na sustavu Baštica

Danas postoji čitav niz metoda analize i ocjene kakvoće vode za navodnjavanje. Sve metode baziraju se na utvrđivanju ukupnih količina soli u vodi, odnosu koncentracije iona natrija (Na) prema ionima kalcija i magnezija (Ca + Mg), prisustvu vrlo štetnih soli klora (Cl), bora (Br) te elektrovodljivosti. Vode pogodne za navodnjavanje mogu sadržavati od 1,1 – 1,7 g/l raznih soli.

Najčešće se kakvoća vode određuje prema vrijednosti **irigacijskog koeficijenta (Ki)** (Tablica 9.) i **SAR vrijednosti**. Još se koristi i klasifikacija US Salinity Laboratory i Neugebauerova klasifikacija. Irigacijski koeficijent određuje se prema količini iona natrija, kloridnog i sulfatnog iona.



**Slika 11.** Terenska nastava na Sveučilišnom dobru Baštica, pogonski dio sustava za navodnjavanje

**Tablica 9.** Kakvoća vode i uvjeti korištenja iskazani prema Steblerovu irigacijskom koeficijentu

Ki	ocjena vode	uvjeti korištenja
>18	dobra	upotreba bez posebnih postupaka
18 – 6	zadovoljavajuća	postupci za sprječavanje zaslanjivanja, osim prirodno dreniranih tala
5,9 – 1,2	nezadovoljavajuća	potrebna umjetna drenaža
<1,2	loša	nije pogodna

**SAR (Sodium Adsorption Ratio)** označava odnos natrija prema zemnim alkalijama (Ca i Mg), a služi za određivanje zamjenjivog natrija u tlu, odnosno pokazatelja potencijalne adsorpcije natrija (koncentracije u uglatim zgradama su ekvivalentne koncentracije):

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]/2}} \quad (6)$$



Ako je udio natrija velik, opasnost od alkalizacije tla je velika, a ako dominiraju kalcij i magnezij, opasnost od alkalizacije tla je mala.

Klasifikacija prema **US Salinity Laboratory** zasnovana je na vrijednostima elektrovodljivosti, kao pokazatelja koncentracije soli i vrijednosti SAR-a. Elektrovodljivost se mjeri posebnom elektrodom i standardnim konduktometrom, a izražava se u dS/m.

### ***Upotrebljivost vode glede ukupne mineralizacije:***

- C1 – Niska ukupna mineralizacija (malo slana voda); može se koristiti za većinu usjeva, a intenzivnije procjeđivanje trebat će ostvariti samo u tlima ekstremno niske propusnosti.
- C2 – Srednja ukupna mineralizacija (srednje slana voda); može se primijeniti pri umjerenom procjeđivanju, kod biljaka s umjerenom tolerancijom u odnosu na mineralizaciju te uz kontrolu saliniteta.
- C3 – Visoka ukupna mineralizacija (slana voda); ne može se koristiti u tlima s ograničenim procjeđivanjem, a može se koristiti samo pri posebnim kontrolama saliniteta te kod biljaka koje su tolerantne na visok sadržaj soli.
- C4 – Vrlo visoka ukupna mineralizacija (vrlo slana voda); voda nije za navodnjavanje, osim u posebnim slučajevima, i to u jako propusnim tlima dobrim procjeđivanjem i izuzetnom drenažom uz biljke koje su ekstremno tolerantne na visok salinitet podzemnih voda.

### ***Upotrebljivost vode glede količine natrija:***

- S1 – Mala količina natrija; voda se može koristiti za sve vrste tala.
- S2 – Srednja količina natrija; takva će voda biti nepodobna za sitnozrna tla, a može se koristiti za krupnozrnata tla, odnosno tla s mnogo organske supstance.
- S3 – Visoki sadržaj natrija; iziskuje posebnu pripremu tla: drenažu, dobro procjeđivanje i dodavanje organske supstance.
- S4 – Vrlo visoki sadržaj natrija; uglavnom su to vode neupotrebljive za navodnjavanje, osim ako imaju nisku ukupnu mineralizaciju i ako se vodi dodaju gips ili drugi aditivi kako bi se primarna kakvoća izmijenila.

Osnova **Nejgebauerove klasifikacije** je stupanj saliniteta, izražen preko suhog ostatka, kao pokazatelja opasnosti od zaslanjivanja i odnosa kalcija i magnezija prema natriju kao pokazatelja opasnosti od alkalizacije zemljišta.

**Fizikalna svojstva vode bitna za navodnjavanje** su temperatura vode i količina krutih čestica. Niska temperatura negativno djeluje na razvoj biljaka, mikrobiološke procese u tlu te na hranidbu biljaka. Minimalna temperatura vode za navodnjavanje koja ne izaziva štetu na biljkama je 19 °C, maksimalna je 34 °C, a optimalna 29 – 30 °C. Količina suspendiranih čestica u vodi za navodnjavanje vrlo je bitan fizikalni parametar. Nepoželjne čestice za navodnjavanje su one od 0,10 – 0,15 mm promjera jer se lako talože u uređajima za navodnjavanje. Stoga, količina suspendiranih čestica u vodi može izravno utjecati na izbor načina i sustava navodnjavanje ili dijelova opreme unutar sustava.



## Temeljni elementi za projektiranje navodnjavanja

Kad se utvrdi potreba navodnjavanja, pristupa se ispitivanju tla. Na terenu se obavi morfološki opis tla, a ako se rade laboratorijske analize, uzimaju se uzorci tla u poremećenom i neporemećenom obliku.

Trajanje navodnjavanja računamo na način:

$$t = O / I \quad (7)$$

pri čemu je:

t = trajanje navodnjavanja (min)

O = obrok navodnjavanja (mm)

I = intenzitet navodnjavanja (mm/min)

Za svaki sustav navodnjavanja u pravilu postoje podatci o intenzitetu navodnjavanja.

**Neto hidromodul navodnjavanja** je količina vode koju treba neprekidno dovoditi do navodnjavane površine u l/s/ha. Radni hidromodul je količina vode koja se dovodi kroz 16 sati dnevno na jedinicu površine u l/s/ha. Stvarni radni hidromodul:

$$Hsr = O / (T \times 57\,600) \dots\dots(8)$$

pri čemu je:

Hsr = stvarni radni hidromodul (l/s/ha)(litra/sekunda/hektar)

O = obrok navodnjavanja (l/ha)

T = turnus navodnjavanja (dani)(najmanje 16 dana)

**Turnus navodnjavanja** je vrijeme između dva navodnjavanja u danima.

$$T = O / Ud \dots\dots (9)$$

pri čemu je:

T = turnus navodnjavanja (dani)

O = obrok navodnjavanja (mm)

Ud = dnevni utrošak vode (mm/dan)

Orijentacijski se broj navodnjavanja kroz vegetacijsko razdoblje određuje:

$$\text{Broj navodnjavanja} = N / O \dots\dots(10)$$

pri čemu je:

N = norma navodnjavanja (mm)

O = obrok navodnjavanja (mm)

### Primjer 1.:

Ako je norma navodnjavanja 339,3 mm, a obrok navodnjavanja 72,8 mm, onda je potrebni broj navodnjavanja =  $339,3 / 72,8 = 4,66$  ili 4 – 5 navodnjavanja.

Ukupno potrebne količine vode koje treba osigurati navodnjavanjem određuju se za vegetacijsko razdoblje i najveću mjesečnu potrebu, a ovise o nedostatku vode i površini na kojoj se navodnjava.

Primjer 2.:

a) Za vegetacijsko razdoblje

$P_v$  (potrebna voda) = 339,3 mm = 3 393 m<sup>3</sup>/ha odnosno za 200 ha

$P_v = 3\,393 \times 200 = 678\,600$  m<sup>3</sup> vode

b) Za najveću mjesečnu potrebu

$P_{mj}$  (mjesečna potreba) = 100,6 mm = 1 006 m<sup>3</sup>/ha odnosno za 200 ha

$P_{mj} = 1\,006 \times 200 = 201\,200$  m<sup>3</sup> vode

## Metode navodnjavanja

Danas se svi sustavi i načini navodnjavanja mogu svrstati u sljedeće metode:

- Površinsko navodnjavanje
- Podzemno navodnjavanje
- Navodnjavanje kišenjem
- Navodnjavanje kapanjem.

Unutar svake metode postoji određeni broj načina navodnjavanja unutar kojih su se razvili sustavi koji se razlikuju po tehnici i primjeni. Koju od navedenih metoda, a unutar njih koji način, odnosno sustav treba izabrati ovisi o sljedećim faktorima: vrsti kulture, svojstvima tla, veličini i obliku proizvodne površine, klimatskim uvjetima, konfiguraciji terena, izvoru vode te investicijskim ulaganjima i troškovima održavanja.

**Površinsko navodnjavanje** je najstarija metoda koja zahtijeva dosta rada u pripremi površine. Razlikuju se tri načina:

- prelijevanje ili rominjanje
- preplavlivanje ili potapanje tla
- navodnjavanje brazdama.

Kod prelijevanja ili rominjanja voda se prelijeva preko uređene površine u nagibu. Navodnjavana površina dijeli se na parcelice u obliku uskih traka. Ovaj način prikladan je za kulture gustog sklopa, primjena za žitarice, krmne kulture te livade i pašnjake. Voda se dovodi kanalima i razlikujemo dva sustava:

- uzduž parcelice
- poprijeko na dužu stranicu parcelice.

Kod preplavlivanja ili potapanja tlo se preplavljuje ili potapa, a dijeli se na:

- sustav kazeta
- sustav lokava.

Kod sustava kazeta cijela površina je pod vodom, a kod potapanja lokvama samo dio parcele. Sustav lokava koristi se za navodnjavanje drvenastih kultura (voćarske kulture, vinova loza, ukrasno bilje). Tehnički dijelovi navodnjavanja prelijevanjem i preplavlivanjem su zapornice, izljevi i razni mjerači protoka.

Navodnjavanje brazdama prvenstveno se koristi za kulture koje se siju ili sade u redove. Dubina vode u brazdama je 1/3 – 1/4 dubine brazde. Protok protočnim brazdama je 0,1 – 0,2 l/s, a brzina vode 10 – 20 cm/s. Postoje protočne i neprotočne brazde ovisno je li brazda na kraju otvorena ili zatvorena. Ovim načinom voda se troši ekonomičnije. Tehnički dijelovi natapanja brazdama su: natapne cijevi natege, zapornice i ustave, natapni cjevovodi i mjerači protoka, a služe za raspodjelu i mjerenje vode u brazdama.

**Podzemno navodnjavanje ili subirigacija** je metoda gdje se voda dovodi otvorenim kanalima i/ili podzemnim cijevima te infiltrirajući se u tlo i dizanjem uslijed kapilarnih sila, osigurava vodu u zoni rizosfere.

Uvjet dovođenja vode **otvorenim kanalima ili prirodnim vodotokom** je propusno tlo, ravan teren s padom manjim od 0,5 promila i nedaleka prisutnost prirodnih vodotoka s dovoljnom količinom vode.

**Navodnjavanje podzemnim cijevima** podrazumijeva sve sustave koji vodu dovode kroz tlo na određenoj dubini, a korištenjem podzemnih cijevi odgovarajuće poroznosti ili perforacije. Prednost je što se tlo vlaži kapilarnim širenjem vode pa mu se ne pogoršava struktura, a nedostatak što se slabije natapa površinski sloj, što je problem za biljke u prvim fazama razvoja.

Prednosti **navodnjavanja kišenjem** su:

- upotreba u raznim topografskim uvjetima
- pripremni radovi na tlu nepotrebni ili minimalni
- ne zauzima se obradiva površina
- ne ograničava se mehanizacija
- ekonomično doziranje vode
- tlo je manje izloženo.

Nedostatci ove metode su:

- cijena uređaja
- pogonski troškovi
- upotreba pri jakom vjetru
- otežana manipulacija cijevima.

Načini navodnjavanja kišenjem su **klasični, samohodnim uređajem i hidromaticima**.

Kod klasičnog navodnjavanja kišenjem uređaj zahvaća vodu, tlači je kroz cijevi te rasprskivačem navodnjava. Poznati su prenosivi, polustabilni i stabilni sustav.

Kod navodnjavanja samohodnim uređajem razlikujemo samohodno bočno kišno krilo, samohodnu kružnu prskalicu i samohodnu sektorsku prskalicu.

- Navodnjavanje kišenjem hidromaticima uglavnom se koristi za veće površine i postoje dva tipa:
  - samohodni uređaj za kružno kišenje
  - samohodni uređaj za linijsko kišenje.

**Navodnjavanje kapanjem** je najnovija metoda. Dodavanje vode može biti kontinuirano i povremeno. Sastoji se od pogonskog dijela s glavom sustava, glavnog cjevovoda i kapaljki.

Prednosti su:

- prikladno je za intenzivne kulture
- štedi energiju, vodu i radnu snagu
- uz vodu mogu se dodavati i hranive tvari
- ne pogoršavaju se fizikalna svojstva tla
- točnost doziranja vode
- nema utjecaja vjetra.

Nedostatci su:

- začepljenje kapaljki
- nije pogodna za veće površine.

## Vodni režim u uzgojnom supstratu zatvorenog prostora

Pod zatvorenim prostorima podrazumijevamo staklenike i plastenike, a u kojima u pravilu uzgajamo povrćarske i cvjećarske kulture. Ovdje je najbitniji dobar izbor supstrata i povoljan vodni režim, i to iz razloga što je supstrat u direktnoj vezi s vodozračnim i solnim režimom u rizosferi. Pri uzgoju kultura u zatvorenom prostoru primjenjuje se intenzivno navodnjavanje i gnojidba koji uvjetuju suvišnu vodu i lako topive soli u zoni korijenova sustava. U nedostatku dreniranosti supstrata suvišne soli ne ispiru se, pa nepovoljni vodo-zračni i solni režim ugrožavaju uzgoj kultura. Stoga treba postojati dobra drenaža supstrata i pravilno doziranje vode. **Uspješan uzgoj kultura u zatvorenom prostoru ostvariv je samo u uvjetima pravilnog reguliranja vodnog režima u uzgojnom supstratu.** Za reguliranje nedostatka vode u supstratu najbitniji su:

- trenutak navodnjavanja
- obrok navodnjavanja
- način primjene navodnjavanja za pojedine kulture.

U pravilu svim kulturama odgovara vlažnost supstrata u intervalu od 100 – 70 % fiziološki aktivne vode. Trenutak navodnjavanja određujemo mjerenjem trenutačne vlažnosti u supstratu ili prema evapotranspiraciji. U zatvorenim prostorima najčešće se upotrebljavaju stacionarni sustavi navodnjavanja kišenjem te u zadnje vrijeme sve više navodnjavanje kapanjem.

Kulture koje se uzgajaju u staklenicima osjetljive su prema koncentraciji soli u supstratu. Efikasno rješavanje suvišnih soli jedino je moguće u uvjetima dobre, prirodne ili umjetne dreniranosti. Ispiranje može biti početno ili redovito. Početno se obavlja prilikom izmjene kultura, a količina vode potrebna za ispiranje računa se pomoću posebnih formula ili određuje pomoću grafikona po Bernsteinu. Određena količina vode za početno ispiranje dodaje se navodnjavanjem u jednom, dva ili više navrata prije sadnje odnosno sjetve kulture. Redovito ispiranje obavlja se tokom vegetacije. Ako voda kojom se navodnjava ima srednji sadržaj topivih soli (0,3 g/l), odnosno pripada drugoj klasi po kvaliteti, može se bez bojazni upotrebljavati za navodnjavanje na relativno propusnom supstratu i za kulture srednje tolerantnosti prema solima. Tako npr. ako godišnje dodajemo 700 mm vode navedene kvalitete, u supstrat će se svake godine unijeti 2 100 kg soli po hektaru. Stoga, ako se tijekom vegetacije ne primjeni redovito ispiranje suvišnih soli, zaslanjenost supstrata stalno će rasti, a time i štetni utjecaj na proizvodnju. Količina vode za redovno ispiranje soli određuje se pomoću grafikona US Salinity Laboratory i zapravo povećavamo obrok navodnjavanja za određeni postotak.

## Literatura

- Agencija za zaštitu okoliša RH (2005): Tlo, Kopneni okoliš: Poljoprivredno okolišni indikatori Republike Hrvatske.
- Atterberg, A. (1912): Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifizierung der Böden Mittelschwedens. *Int. Mitt. Bodenkunde*, 1314.
- Bačani, A. & Vlahović, T. (2012): Hidrogeologija, primjena u graditeljstvu. Sveučilište u Splitu Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- Cifrić, I. (2001): Ruralni metabolizam. Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol.10 (2001), 1/2, str. 27 – 41.
- Cifrić, I. (2002): Dubinski ekološki pokret: Ekozofija T. Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol.11 (2002), 1/2, str. 29 – 55.
- Črnjar, M. & Šišić, S. (2004): Economies in Transition - Importance of Regional Authorities for Sustainable Development// Economics and Management of Transformation/ Falnita, Eugen, editor(s). Timisoara: West University of Timisoara, Faculty of Economic Sciences, 2004. str. 707 – 719.
- Črnjar, M. & Serdinšek, D. (2005): *Strategic management - precondition for sustainable tourism development// Održivi razvoj turizma / Vujić, Vidoje, editor(s). Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet za turistički i hotelski menadžment Opatija, 2005. str. 86 – 97.*
- Črnjar, M., Rafajac, B., Rončević, N. (2008): Stavovi srednjoškolaca na Kvarnerskim otocima spram zaštite okoliša, u: Uzelac, V., Vujičić, L. (ur.). *Cjeloživotno učenje za održivi razvoj*: zbornik, sv. 2 (str. 301 – 306), Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Učiteljski fakultet.
- Črnjar, M., Vahtar-Jurković, K., Rončević, N. (2008): Uloga regionalne samouprave u edukaciji za održivi razvoj: primjer Primorsko-goranske županije, u: Uzelac, V. Vujičić, L. (ur.). *Cjeloživotno učenje za održivi razvoj*: zbornik, sv. 2 (str. 9 – 19) Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Učiteljski fakultet.
- Ekonomski institut (2009): Participativno upravljanje za održivi razvoj. ISBN 978-953-6030-38-5 Zagreb, (urednici: Kordej-De Villa, Ž., Stubbs, P., Sumpor, M.), str. 1 – 211, Zagreb.
- Gereš, D. (2007): Vodni resursi i navodnjavanje u priobalju i krškom zaleđu Hrvatske. Priručnik za hidrotehničke melioracije III-3. Sveučilište u Rijeci. Građevinski fakultet, Rijeka.
- Gračanin, M. (1947): *Pedologija II: Fiziografija tala*. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.
- Hrvatske vode (2009): Strategija upravljanja vodama. Zagreb.
- Hrvatske vode (2015): Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina 2014. - 2023. Zagreb.
- Krbec, D. (2000): „Agenda 21 za turizam: prilog određenju pojmovnog okvira za Razvojnu strategiju hrvatskog turizma“. Cifrić, I., ured., Znanost i društvene promjene, str. 285 – 303, Zagreb: Hrvatsko sociološko društvo i Zavod za sociologiju Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Lay, V. (1999): Održivi razvoj i obrazovanje. Doktorska disertacija. Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Lay, V. (2003): Proizvodnja budućnosti Hrvatske: integralna održivost kao koncept i kriterij. Društvena istraživanja, 12(3-4), str. 311 – 334.
- Lay, V. Zeman, Z. Šimleša, D. Geiger, M. Puđak, J. Špoljar Vržina, S. & Branilović, J. (2007): Razvoj sposoban za budućnost; prinosi promišljanju održivog razvoja Hrvatske. Zagreb: Institut društvenih znanosti. str. 1 – 283.
- Lučin, P., Črnjar, M., Rukavina, D., Lenac, Z., Legović, T., Bošnjaković, B., Crnković-Stumpf, B., Vujić, V., Mičović, V. (2004): Elaborat o osnivanju Regionalnog centra za održivi razvoj. Rijeka: Sveučilište u Rijeci.
- Ma, Q. L., G. N. Rao (1997): Chemical fractionation of cadmium, copper, nickel, and zinc in contaminated soils. *J. Environ. Qual.*, 26, 259 – 264.
- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva (2005): NAPNAV – Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u RH. Zagreb.
- Mittermeier, R. A., et al. (2010): Fresh Water The Essence of life. CEMEX and iLCP.
- Pašalić, Ž. (2005): Neki izazovi upravljanju održivim razvojem prometnih sustava. *Suvremeni promet: časopis za pitanja teorije i prakse prometa*, 1-2, str. 11 – 15.
- Pravdić, V. (1997): An Analysis of Sustainable Development and Environmental Protection in Postcommunist Countries: The Case of Croatia – A Point of view. *Intern. J. Environmental Studies*, 53 (1997) 195 – 214.
- Pravdić, V. (2001): Održivi razvoj i održivost: institucionalizacija i rasprave o tim terminima od Rio de Janeiro 1992. do Johannesburga 2002. *Socijalna ekologija*, 10(4), 223 – 233.
- Pravdić, V. (2002): Sustainability and Sustainable Development: the Use in Policies and the Ongoing Debate on These Terms. *Croatian International Relations Review (Institute for International Relations, Zagreb)* 7 (2001) str. 93 – 100.
- Pravdić, V. (2003): Sustainable Development: Its Meaning, Perception, and Implementation – the Case of Ecotourism in Croatia. *Društvena istraživanja*, 12(3-4), str. 285 – 309.
- Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) i (NN 141/2013).
- Pravilnik o ocjeni prihvatljivosti plana, programa i zahvata za ekološku mrežu (NN br. 118/09).
- Romić, D. (1994): Navodnjavanje zaslanjenim vodama u agroekološkim uvjetima Vranskog bazena. Disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Romić, D. (1995): Režim vode Vranskog jezera i procjena njene kakvoće za navodnjavanje. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 60(1): str. 27 – 44.
- Romić, D., Romić, M. & Bakić, H. (2009): Kvaliteta tala i monitoring površinskih voda u slivu Vranskog jezera; I faza – Kvaliteta tla. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 108+28 p.
- Starc, N. (1998): Financiranje održivog razvitka. U Kutle, A., ured., *Financiranje u zaštiti okoliša*, str. 313 – 319, Zagreb: Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša.



- Starc, N. (1999): Održivi razvoj, turizam i ocjena ulagačkih pothvata. Baletić, Z. ured., Hrvatsko gospodarstvo u tranziciji, str. 345 – 360, Zagreb: Ekonomski institut, Zagreb.
- Sundseth, K. & Creed, P. (2008): NATURA 2000 Protecting Europe's biodiversity. European Commission.
- Šikić, Z. (2012): Tlo i voda u održivom gospodarenju u zaštićenim područjima prirode na primjeru Parka prirode Vransko jezero. Disertacija. Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu. 117 str.
- Tomić, F. (1988): Navodnjavanje. Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske i Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Uredba o informiranju i sudjelovanju javnosti i zainteresirane javnosti u pitanjima zaštite okoliša (NN br. 64/08).
- Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN br. 64/08, 67/09).
- Uredba o proglašenju ekološke mreže (NN,109/07). Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/2013)
- Uredba o strateškoj procjeni utjecaja na okoliš (NN br. 64/08).
- Uredba o uspostavi okvira za djelovanje Republike Hrvatske u zaštiti morskog okoliša (NN br. 136/2011).
- Vučić, N., 1976: Navodnjavanje poljoprivrednih kultura, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva (NN br. 153/09, 90/11, 56/13, 154/14).
- Zakon o vodama (NN br. 153/09, 63/11,130/11,56/13 i 14/14).
- Zakon o zaštiti okoliša (NN br. 80/13, 153/13, 78/15).
- Zakon o zaštiti prirode (NN br. 30/13).
- <http://www.wfd-croatia.eu/templates/radnaHrv.asp?si-fraStranica=591> (pristupljeno 22. 10. 2015.)

## Popis tablica i slika

- Tablica 1. Vodno bogatstvo RH
- Tablica 2. Usporedni prikaz Okoliš – Priroda
- Tablica 3. Koeficijent utjecaja podzemne vode na raspoloživu vodu za biljke
- Tablica 4. Potrebna i raspoloživa voda u nekim mjestima
- Tablica 5. Vrijednosti koeficijenta transpiracije za različite kulture
- Tablica 6. Atterbergova klasifikacija teksturnog sastava (Atterberg, 1912)
- Tablica 7. Ocjena tla prema poroznosti (Gračanin, 1947)
- Tablica 8. Dubina navodnjavanja u odnosu na vrstu kulture i fazu razvoja biljke
- Tablica 9. Kakvoća vode i uvjeti korištenja iskazani irigacijskim koeficijentom
- Slika na naslovnici: Akumulacija za navodnjavanje Baštica kod Zadra
- Slika 1. Raspored ukupne količine vode na Zemlji (preuzeto iz Bačani & Vlahović, 2012)
- Slika 2. Terenska nastava u retenciji Parka prirode Lonjsko polje
- Slika 3. Zemljišni resursi i navodnjavanje kod Vranskog jezera nedaleko Zadra (arhiva Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu)
- Slika 4. Zaštićene vode NP Plitvička jezera (izvor arhiva Parka)
- Slika 5. Terenska nastava na Sveučilišno dobro Baštica, akumulacija za navodnjavanje
- Slika 6. DPSIR model
- Slika 7. Ekološka mreža EU Natura 2000
- Slika 8. Ekološka mreža RH (izvor DZZP)
- Slika 9. Odnos potrebne i raspoložive vode
- Slika 10. Pumpe za navodnjavanje na sustavu Baštica
- Slika 11. Terenska nastava na Sveučilišnom dobru Baštica, pogonski dio sustava za navodnjavanje

## Bilješka o autoru

Zoran Šikić rođen je 1964. u Starigrad Paklenici. U veljači 1987. diplomirao je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od 2008. – 2011. državni tajnik je za zaštitu prirode u Ministarstvu kulture, a od 2005. – 2008. pomoćnik ministra na čelu Uprave za zaštitu prirode. Bio je član Radne skupine za pregovore s EU za poglavlje 27. Okoliš. Od 1987. do 2005. zaposlen je u Javnoj ustanovi NP „Paklenica“, a u istoj je od 1992. – 2005. direktor odnosno ravnatelj. Na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 16. ožujka 2012. obranio je doktorsku disertaciju *Tlo i voda u održivom gospodarenju u zaštićenim područjima prirode na primjeru Parka prirode Vransko jezero*. Od 1. rujna 2012. zaposlen je na Odjelu za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru gdje i danas radi. Nositelj je i izvodi nastavu na preddiplomskom studiju Primjenjene ekologije u poljoprivredi iz predmeta Mediteranske šumske kulture i poljsko šumsko gospodarenje, Sustavi gospodarenja vodom, Vegetacija Mediteranskog područja, Održivo gospodarenje prirodnim pašnjacima, Agroekologije i Osnova ekologije. Upisan je u znanstveni registar u Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta pod matičnim brojem 337201.