



17. Stoch, F., 1995. The ecological and historical determinants of crustacean diversity in groundwaters, or: why are there so many species. *Mémoires de Biospéologie*. Dostopno na: <http://www.faunaitalia.it/fstoch/pdf/Stoch, 1995b.pdf>
18. Uredba (EU) št. 528/2012 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. maja 2012 o dostopnosti na trgu in uporabi biocidnih proizvodov. Uradni list Evropske unije, 167, 1–123.
19. Van Beelen, P., 2007. Ecologische risicobeoordeling van grondwater. RIVM rapport 711701055/2007.
20. Voituron, Y., de Fraipont, M., Issartel, J., Guillaume, O., Clobert, J., 2011. Extreme lifespan of the human fish (*Proteus anguinus*): a challenge for ageing mechanisms. *Biology Letters*, 7(1), 105–107. Dostopno na: <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/7/1/105.abstract>

POMEN RASTLIN ZA KROŽENJE VODE NA KOPNEM

prof. dr. ALENKA GABERŠČIK¹

Povzetek

Rastline imajo pomembno vlogo pri kroženju vode. Vodo sprejemajo skozi korenine in jo v procesu transpiracije sproščajo skozi listne reže. Oddana voda vpliva na klimatske razmere v krajini. Če je vode dovolj, je prehajanje vode skozi rastlino neprekinjeno. Kadar vode primanjkuje, rastline delno ali popolnoma zaprejo listne reže in tako uravnavajo oddajanje. Količina vode, ki prehaja skozi rastlino, je odvisna od dostopnosti vode in prilagoditve rastlin. Rastline vplivajo na kroženje vode tudi posredno, s tem da ugodno vplivajo na kakovost in količino tal, znižujejo lokalne temperature ter prestrezajo padavine in zmanjšujejo odtekanje vode in njen fizični vpliv na tla. Odstranjevanje rastlinstva povzroči zmanjšanje količine vode na območju. Pomemben dejavnik, ki vpliva na zadrževalno sposobnost vode v krajini, je tudi sestava tal. Danes so tla zaradi intenzivne obdelave večinoma spremenjena. Zmanjšani delež organskih snovi in spremenjena tekstura tal se odražata v povečanem odtekanju vode iz krajine.

Ključne besede: klima, rastline, tla, transpiracija, vodni krog

Abstract

Plants are an important element of water cycle. They take up water through roots and release it through stomata in the process of transpiration. The water released affects climatic conditions in the landscape. Sufficient amount of water assures undisturbed water flow through the plant. During water shortage, plants partially or completely close stomata and thus reduce transpiration. The amount of water passing through the plant depends on water availability and plant's adaptations. Plants also affect water cycle indirectly by lowering local temperatures, by their contribution to soil quality and quantity, and by intercepting precipitation and thereby reducing runoff and physical effect on soil. Vegetation removal therefore reduces the amount of water in the region. Another important factor that also affects water retention capacity of the landscape is soil quality. Nowadays, due to intensive agriculture, the majority of soils are degraded. Reduced organic matter content and altered soil texture increases water drainage from the landscape.

¹ Prof. dr. Alenka Gaberščik, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo



1. UVOD

Zemlja se od drugih planetov našega osončja razlikuje po veliki količini vode. Voda je vir življenja, zato lahko rečemo, da naš odnos do vode odraža naš odnos do življenja. Zadostna količina in dobra kakovost vode pomenita obilje, pomanjkanje in obremenjenost vode pa ogrožata življenje. Zavedanje o pomenu kakovostne vode v človeku obstaja že od nekdaj. Hvalospeve vodi najdemo v svetih knjigah. Za antične filozofe je bila voda princip in osnovni element. Vodo opevajo pesniki in o njej pišejo pisatelji (Haslam, 1991). In čeprav ista dragocena voda teče iz pip v naših stanovanjih, ji ne izkazujemo spoštovanja, ki si ga zasluži.

Kroženje vode, ki ga poganja sončna energija, omogoča stalno dostopnost vode. Stalna dostopnost je nujno potrebna, saj voda predstavlja osnovni vir za organizme in zagotavlja hrano. Voda omogoča rast rastlin; ne samo zato, ker je gradnik vsega živega, ampak tudi zato, ker je nujni del v procesu fotosinteze, v katerem nastaja večina organskih snovi na našem planetu. Kroženje vode obenem skupaj s sončevim sevanjem ustvarja klimatske razmere, ugodne za življenje. Pomemben del kroženja vode na kopnem so tudi rastline, ki s svojo dejavnostjo blažijo skrajnosti toplotnih razmer in količine vode v krajini.

2. FIZIKALNA IZHODIŠČA KROŽENJA VODE

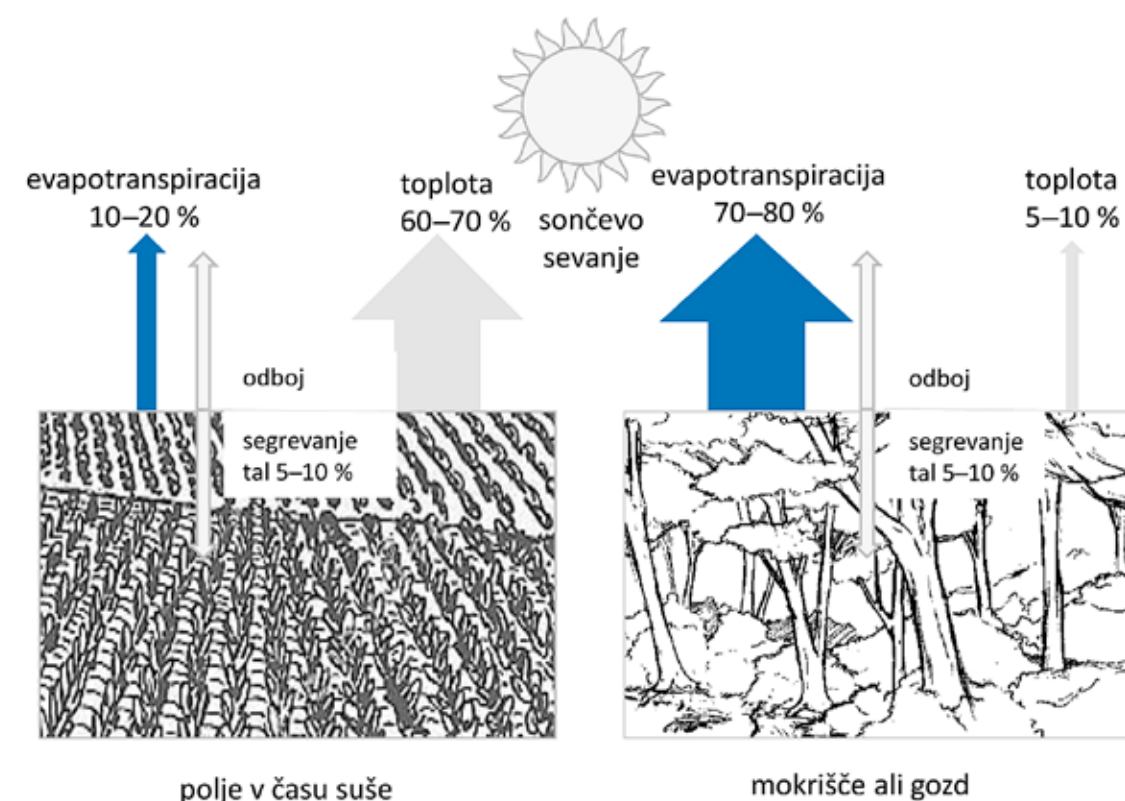
Za razumevanje vloge rastlin pri kroženju vode so pomembne nekatere fizikalne lastnosti vode. Voda ima visoko toplotno zmogljivost. Lahko veže in sprošča, prenese, odbije ali razprši energijo in na ta način hladi ali pa segreva naš planet. Ta lastnost ji daje pomembno vlogo pri uravnavanju dnevnih in sezonskih sprememb temperature ter blaženju vremenskih skrajnosti. Vodna para je najbolj zastopan toplogredni plin v ozračju, katerega koncentracije so med 1 in 4 %. Ob izhlapevanju vode v ozračje vodne molekule absorbirajo toploto in s tem hladijo Zemljino površje, ob utekočinjanju pa se toplotna energija sprosti in ozračje ogreje (Kravčik idr., 2008). V primeru pomanjkanja vode v ozračju in v tleh na določenem območju se zato lahko pojavijo visoke temperature in velika temperaturna nihanja. Količina vodne pare v ozračju je v ravnovesju s tekočo vodo na Zemlji. To ravnovesje je odvisno od temperature. Glede na Clasius-Claypertonoovo enačbo se količina vodne pare v ozračju podvoji, če se temperatura poveča za 10 °C (Raval in Ramanathan, 1989). Višje temperature pomenijo nižjo relativno vlago v ozračju. Večanje razlike med vodnim potencialom tal in ozračja povzroči izsuševanje kopnine in njeno nadaljnje segrevanje (Gorshkov idr., 2004). Pomembno vlogo pri uravnavanju toplote imajo tudi oblaki, saj odbijajo del kratkovalovnega sevanja. Obenem zadržijo del odbitega dolgovalovnega sevanja, ki bi sicer šlo v vesolje, in ustvarjajo učinek tople grede.

Voda se pojavlja v treh agregatnih stanjih, kar omogoča kroženje vode, ki je najobsežnejši masni pretok na našem planetu. Voda iz oceanov izhlapeva v ozračje, kjer se obori in vrne na Zemljo v obliki dežja ali snega. Od tam spet izhlapeva, pronica v tla, ali pa odteka po površini in se končno spet znajde v oceanih. Iz oceanov izhlapi 84 % vse padavinske vode, s kopnega pa 16 %. Od tega nad oceani pade 75 % padavin, nad kopnino pa 25 %. Razlika v padavinah odteka v morje z vodotoki. Za življenje na kopnem je zelo pomembno, koliko časa in koliko vode ostaja na celinah ter koliko jo s kopnine izhlapeva neposredno v ozračje. Na območju obsežnih gozdov in mokrišč se večina Sončeve energije porabi za evapotranspiracijo, medtem

ko se na kmetijskih površinah, kjer vode primanjkuje, večina energije sprosti kot toplota (slika 1). To se odraža v nižji relativni vlažnosti zraka in višjih temperaturah, kar negativno vpliva na rast rastlin in ostalo biocenozo. V zimskem času je na hladnejših območjih pomembno kopičenje vode v obliki snega, ki pomeni zaščito za rastline in talne organizme ter omogoča bujno rast rastlinam v spomladanskem času, ko se sneg tali.

Za premeščanje vode v tleh in po rastlinah so pomembne tudi adhezija, kohezija in kapilarnost. Kapilarnost je odvisna od zgradbe in teksture tal in omogoča dvigovanje vode po prostorskih velikosti 10–60 µm (Larcher, 2001). Tla, podvržena intenzivnemu kmetijstvu, imajo navadno manjšo zmogljivost za zadrževanje vode.

Izhlapevanje vode omogoča spremembo kakovosti vode, saj primesi in raztopljene snovi ne izhlapijo. Izhlapijo le molekule vode in s tem se voda očisti. Ker kemijsko čista voda ni ustrezna za organizme, je pomembno pretakanje vode po površju in njeno pronicanje v tla.



Slika 1: Energijska bilanca dveh različnih tipov krajin

Vir: Povzeto po Kravčik idr., 2008.

Voda spet pride na površino v izvirih ali pa se zbira kot podtalnica v tleh. Na tej poti se obogati z minerali, ki so potrebni za življenje. Na območjih, kjer sta človekova dejavnost in vnos tujih snovi v okolje povečana, se kakovost vode lahko poslabša. Nemalokrat se kakovost spremeni že v ozračju, saj voda spira in raztaplja snovi, ki se tam pojavljajo.

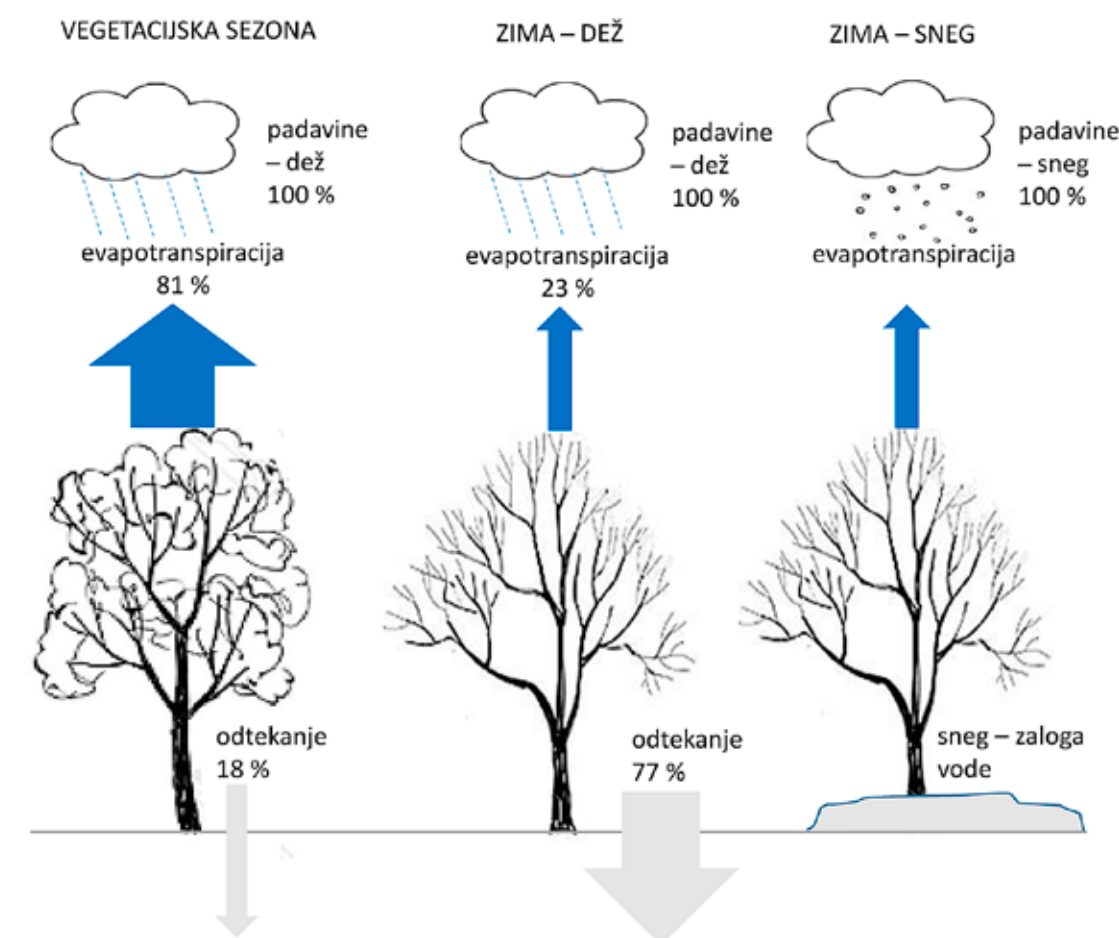


3. KROŽENJE VODE IN RASTLINE

Voda se vrača v ozračje v procesu izhlapevanja (evaporacije). V primeru krajine za izhlapevanje uporabljamo izraz evapotranspiracija, ki je skupen izraz za evaporacijo in transpiracijo. Dejanska evapotranspiracija je količina vode, ki se pretvori v vodno paro in izhlapi iz ekosistema (iz različnih vlažnih in odprtih vodnih površin (evaporacija) in iz rastlin v procesu transpiracije). Ta količina vode je enaka količini vode, ki prihaja v ekosistem zaradi padavin, skupaj s tisto, ki zapusti sistem s pronicanjem v tla in odtekanjem po površini. Neposredno je odvisna od strukture in funkcije ekosistemov, predvsem od rastlinske biomase in lastnosti tal (Schlesinger idr., 1990). Transpiracija pa je tisti del vode, ki prehaja iz rastlin v ozračje skozi listne reže (stomatna transpiracija), skozi kutikulo (kutikularna transpiracija) in skozi periderm (peridermalna transpiracija). Raziskave v različnih ekosistemih so pokazale pozitivno razmerje med biomaso rastlin in transpiracijo, čeprav se zaradi specifičnih prilagoditev raven transpiracije razlikuje med vrstami in ekološkimi skupinami rastlin (Larcher, 2001). Pri nekaterih vrstah so prilagoditve rastlin vgrajene (stalne), pri drugih pa so posledica visoke fenotipske plastičnosti, ki omogoča prilagajanje rastočih rastlin in razvijajočih se rastlinskih tkiv trenutnim okoljskim razmeram (Schulze idr., 2005).

Rastline predstavljajo večino kopenske biomase in pomembno vplivajo na kroženje vode in podnebje. Po drugi strani pa temperature in razpoložljivost vode določajo njihovo razširjenost. Čeprav rastline vsebujejo od 80 do 95 % vode, je v rastlinah in ostalih organizmih shranjen neznaten delež svetovnih zalog vode (le približno 0,00004 %). Voda v rastlinah je pomembna za obstoj in delovanje rastlin ter za organizme, ki se hranijo z njimi. Za ustvarjanje ugodnih okoljskih razmer pa je ključen delež vode, ki prehaja skozi rastline. Rastline vodo sprejemajo skozi korenine in jo sproščajo v procesu transpiracije skozi listne reže. Gonilna sila tega procesa je razlika med vodnim potencialom tal, rastlin in ozračja (Schulze idr., 2005). Sproščanje vode v tem procesu je lahko izjemno veliko. Na primer, drevo sprosti od nekaj litrov do nekaj sto litrov vode na dan, odvisno od vrste in velikosti rastline ter okoljskih razmer (Larcher, 2001). Rezultat transpiracije je hlajenje rastlin ter nižanje lokalnih temperatur in povečanje relativne vlažnosti zraka, kar ugodno vpliva na lokalno klimo. Količina vode, ki izhlapi skozi listne reže, je precej višja od tiste, ki izhlapi skozi druge strukture (npr. periderm, kutikulo), zato imajo listne reže ključno vlogo pri uravnavanju izhlapevanja vode iz kopenskih rastlin (Buckley, 2005). Rastline oddajanje vode dejavno nadzorujejo; ob zadostni količini vode je njeno prehajanje skozi rastlino neprekinjeno, ob primanjkljaju vode pa rastline z vodo varčujejo na ta način, da delno ali popolnoma zaprejo listne reže. Pomen rastlin za sproščanje vode je odvisen od celovitosti rastlinstva in je na različnih območjih različen. Na primer, padavine v Kaliforniji so v glavnem odvisne od vode, ki izhlapi iz Pacifika, medtem ko je tudi do 50 % padavin v Amazoniji posledica prisotnosti tropskih gozdov (Gurevitch idr., 2002). Raziskave so pokazale, da odstranjevanje rastlin povzroči zmanjšanje količine padavin in pregrevanje območja. Na polsušnih in sušnih območjih razvrednotenje ekosistemov in odstranitev vegetacije povzročata prerazporeditev padavin, izgubo finih delcev tal in zmanjšano produktivnost ter vodita v širjenje puščav (Schlesinger idr., 1990). Primerjava povodij z različno rabo tal razkriva blažilno vlogo vegetacije pri spremembah pretokov vodotokov v povodjih z večjim odstotkom gozdnih površin ter postopnejše zmanjševanje pretokov vodotokov v sušnem obdobju v povodjih z visokim deležem mokrišč (Roa-Garcia idr., 2011). Daljše in ponavljajoče se pomanj-

kanje vode ima tudi negativni učinek na lokalno vegetacijo. Na območju Sredozemlja opažajo spremembe v prevladujoči vegetaciji zaradi vse pogostejših suš (Anav in Marotti, 2011).



Slika 2: Sezonske spremembe evapotranspiracije in odtekanja vode v zmernem listopadnem gozdu

Vir: Povzeto po Larcher, 2001.

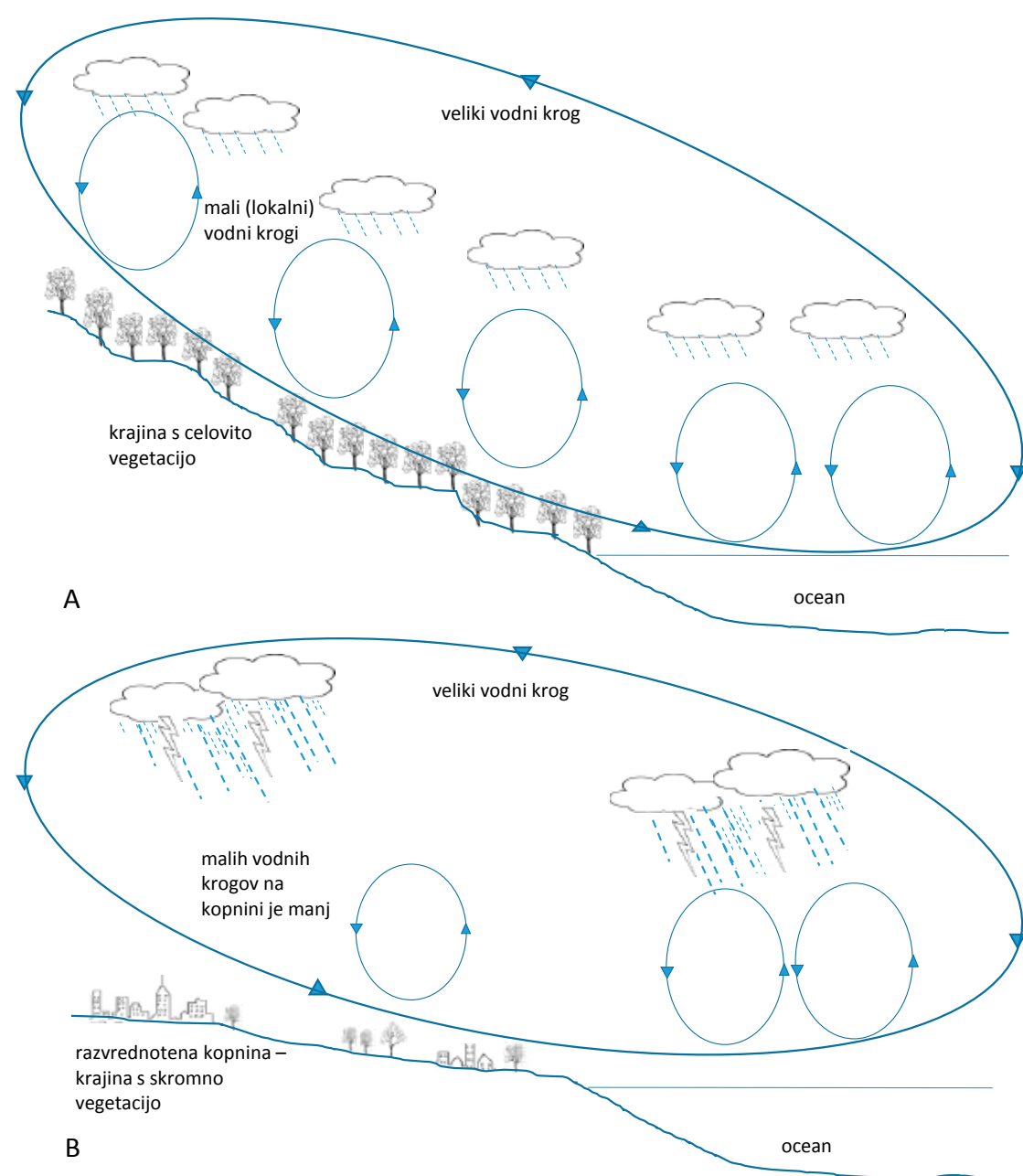
Rastline vplivajo na kroženje vode tudi posredno, tako da prestrezajo padavine in na ta način zmanjšujejo njihov neposredni mehanski vpliv na tla (spiranje in odnašanje tal) ter zmanjšujejo tveganje za poplave. Če rastlinsko odejo odstranimo, se spiranje in odnašanje tal močno povečata predvsem v hribovitih območjih. Zaradi tega se prožijo zemeljski plazovi in nastajajo poplave, kar še dodatno negativno vpliva na naravo.

Pomemben dejavnik, ki prav tako vpliva na zadrževalno sposobnost vode v krajini, je sestava tal. Zmogljivost tal za vodo (ali tako imenovana poljska kapaciteta) se spreminja glede na tip tal (Larcher, 2001). Drobnozrnata tla, tla z veliko vsebnostjo koloidov in tla, bogata z organskimi snovmi, zadržijo veliko vode, medtem ko iz grobih tal z malo organskimi snovmi voda hitro odteče. Za rastline so tla z veliko zadrževalno sposobnostjo ključnega pomena, saj jim olajšajo preživetje suše. Danes so tla zaradi intenzivne obdelave večinoma že zelo spremenjena. Največje težave vseh obdelovalnih površin so zmanjšanje deleža organskih snovi in spremenjena zgradba in tekstura tal. Površinsko odtekanje vode povečuje tudi zbijanje in



skorjavost tal, kar je posledica delovanja težke mehanizacije na kmetijskih površinah. Duran in Pleguezuelo (2008) sta povzela rezultate različnih raziskovalcev in pokazala, da je odtekanje vode pri 60-% pokritosti tal z rastlinami od 1–65 %, pri 100-% pa od 0–37 %.

Kroženje vode na našem planetu je odvisno od vodnih tokov v oceanih, od celinskih vodnih teles ter od zgradbe in delovanja kopenskih ekosistemov, vključno s prevladujočimi rastlinskimi vrstami in značilnostmi tal. Globalno kroženje vode je sestavljeno iz malih in velikih vodnih krogov (slika 3). Veliki vodni krog predstavlja izmenjavo vode med oceani in kopnim (Kravčik idr., 2008).



Slika 3: Kroženje vode v celoviti (A) in razvrednoteni krajini (B)

Vir: Povzeto po Kravčik idr., 2008.

V uravnoteženih razmerah naj bi bila količina po kopnem odtekle vode enaka količini padavin, ki so nastale zaradi izhlapevanja oceanske vode. Takšno kroženje bi bilo popolno in brez izgub. Neugoden vpliv človeka na zadrževalno sposobnost krajine za vodo povzroča odtekanje vode po najkrajši možni poti v reke in nato v morja, zaradi česar je odtekanje vode s kontinentov večje od količine padavin, nastalih z izhlapevanjem oceanske vode. Posledično se kopno izsušuje, raven podtalnice pa se niža. Mali vodni krog je lokalno kroženje vode, ki poteka tako na kopnem kot tudi na območju oceanov. V malem vodnem krogu se z določenega območja izhlapela voda v obliki padavin tja tudi vrne. Na kopnem je lokalno kroženje vode odvisno od celovitosti vegetacijske odeje ter prisotnosti vodnih površin v krajini (Kravčik idr., 2008). V krajini s celovito rastlinsko odejo in s številnimi vodnimi telesi se padavinska voda v veliki meri vrača na območje svojega izhlapevanja, kar zagotavlja zadostno količino zmernih padavin in ugodne temperature. Najvplivnejši ekosistemi so gozdovi, ki uravnavajo 1/3 vodotokov našega planeta (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), ter mokrišča z neprekinjeno dostopnostjo vode za rastline. Tropski gozdovi so še posebej učinkoviti; pokrivajo le 6 % površine planeta, vendar prejmejo skoraj polovico svetovnih padavin. V razvrednoteni krajini z revno vegetacijo in redkimi vodnimi telesi se padavinska voda zadržuje manj časa in hitro odteče oziroma izhlapi, kar se odraža v pomanjkanju padavin in ekstremnih razmerah, kot so nevihte s poplavi ter pogosta suša in visoke temperature.

Poleg privzemanja in sproščanja vode imajo rastline tudi druge neposredne in posredne vplive na vodni krog. Delujejo kot fizična past za padavine (dež, sneg), kar je še posebej pomembno ob lahkih in zmernih padavinah, ter omogočajo premeščanje vode po rizosferi. Posredno pa rastline vplivajo na kroženje vode s spreminjanjem energijskega ravnovesja (s spreminjanjem albeda in pretvorbo toplote v latentno toploto), s sproščanjem različnih snovi, ki služijo kot kondenzacijska jedra za padavine, kot so terpeni in metil halogenidi, ter z vplivom na kakovost tal (udeležnost pri nastajanju tal, vpliv na kakovost in utrjevanje tal).

Vodni režim v krajini lahko spremenijo tudi invazivne vrste. Takahashi in sodelavci (2011) so primerjali domorodne gozdove z vrsto *Metrosideros polymorpha* in gozdove z invazivno vrsto *Psidium cattleianum* v nacionalnem parku na Havajih ter ugotovili, da je bila zmogljivost zadrževanja vode naravnega dela gozda dvakrat večja v primerjavi z deli gozda, kjer se je pojavljala invazivna vrsta.

4. ZAKLJUČEK

Zemlja je biogeni sistem, kjer pretok energije in kroženje snovi potekata skozi prehranjevalne mreže organizmov. S tem organizmi vplivajo na vse sfere našega planeta: ozračje, vodo, tla in biosfero. Spremembe v eni sferi vplivajo na druge, kar se je izkazalo tudi pri medsebojnem vplivu kroženja vode in lastnosti krajine ter posledično spreminjanju padavinskega režima. Ker vsaj delno poznamo medsebojne vplive, lahko današnje razmere nekoliko ublažimo. Ključni ukrep je krepitev lokalnega kroženja vode in povečanje zmogljivosti krajine za zadrževanje vode. To nam omogočajo povečanje deleža gozda in mokrišč v krajini, izboljšanje zgradbe in delovanja vodotokov, gradnja mokrišč za čiščenje odpadnih voda, spreminjanje kmetijskih praks v smeri povečanja deleža organskih snovi v tleh ter zmanjšanje obsega tlakovanih povr-



šin in povečevanje zelenih površin v mestih, vključno s parki in zelenimi strehami. Vsi ti ukrepi bi hkrati ugodno vplivali tudi na kroženje ogljika in blažili učinek tople grede.

LITERATURA IN VIRI

1. Anav, A., Mariotti, A., Sensitivity of natural vegetation to climate change in the Euro-Mediterranean area. *Climate Research*, 2011, 46, 3, 277–292.
2. Buckley, T. N., The control of stomata by water balance. *New Phytologist*, 2005, 168, 2, 275–291.
3. Duran, Z. H. V., Pleguezuelo, C. R. R., Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomic Sustainable Development*, 2008, 28, 65–86.
4. Gorshkov, V. G., Makarieva, A. M., Gorshkov, V. V., Revising the fundamentals of ecological knowledge: the biota-environment interaction. *Ecological Complexity*, 2004, 1, 17–36.
5. Gurevitch, J., Scheiner, S. M., Fox, G., 2002. *The Ecology of Plants*. Sinauer Associates.
6. Haslam, S. M., 1991. *The Historic River. Rivers and culture down the ages* Cobden of Cambridge Press, Cambridge, England.
7. Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., Tóth, E., 2008. *Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm*. Krupa Print, Žilina.
8. Larcher, W., 2001. *Physiological Plant Ecology*, 4th edition. Springer Verlag, pp 232–295.
9. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
10. Raval, A., Ramanathan, V., Observational determination of the greenhouse-effect. *Nature*, 1989, 342, 6251, 758–761.
11. Schlesinger, W. H., Reynolds, J. G., Cuninghame, G. L., Huenneke, W. M., Jarrell, W. M., Virginia, R. A., Withford, W. G., Biological feedbacks in global desertification. *Science*, 1990, 247, 1043–1048.
12. Schulze, E. D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K., 2005. *Plant Ecology*. Springer, Heidelberg.
13. Takahashi, M., Giambelluca, T. W., Mudd, R. G., Delay, J. K., Nullet, M. A., Asner, G. P., Rainfall partitioning and cloud water interception in native forest and invaded forest in Hawai'i Volcanoes National Park. *Hydrological processes*, 2011, 25, 3, 448–464.

POJAVNOST, KROŽENJE IN UČINKI PROTIRAKAVIH ZDRAVIL V VODNEM OKOLJU

**dr. MARJETA ČESEN¹, doc. dr. TINA KOSJEK², prof. dr. BORIS KOMPARE³,
doc. dr. TINA ELERŠEK⁴, MATJAŽ NOVAK⁵, doc. dr. BOJANA ŽEGURA⁶,
prof. dr. METKA FILIPIČ⁷, doc. dr. FRANCESCO BUSETTI⁸,
prof. dr. ESTER HEATH⁹**

Povzetek

Preverjali smo pojavnost citostatikov ciklofosfamida (CP), ifosfamida (IF) in transformacijskih produktov (TP) ketociklofosfamida (keto-CP), N-dekloroetilciklofosfamida (N-decl-CP) in karboksiciklofosfamida (karboksi-CP) v slovenskih odpadnih vodah (OV). CP smo zaznali v bolnišnični OV (14–22000 ng/L), v vtoku v čistilno napravo (ČN; 19–27 ng/L) in iztoku iz ČN (17 ng/L), medtem ko smo IF določili samo v bolnišnični OV (48–6800 ng/L). Koncentracije karboksi-CP, N-decl-CP in keto-CP so znašale 213–13202 ng/L, 60–2099 ng/L in <LOD–178 ng/L v bolnišnični OV. Na ČN so bile koncentracije TP-jev <LOD. Proučevali smo tudi biološko in abiotsko odstranitev CP-jev in IF-ja. Najvišja odstranitev (99 % za CP-je in 94 % za IF) je bila dosežena z UV/O₃/H₂O₂. Med UV-obsevanjem smo identificirali TP-je (CP: N-decl-CP, keto-CP, imino-fosfamid, CP-TP138a, CP-138b; IF: N-dechloroethyl-ifosfamid, keto-ifosfamid, imino-ifosfamid, IF-TP138). Karboksi-CP je izkazal inhibicijo rasti *Synecococcus leopoliensis* (EC₅₀ = 17,1 mg/L). Genotoksičnost smo potrdili za CP, karboksi-CP in zmes (z metabolno aktivacijo +S9) in za karboksi-CP (brez -S9).

Ključne besede: abiotsko čiščenje, biološko čiščenje, citostatik, ekotoksičnost, genotoksičnost, metaboliti, odpadne vode, pojavnost, transformacijski produkt

- 1 Dr. Marjeta Česen, asistent z doktoratom, Odsek za znanosti o okolju, Institut Jožef Stefan, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
- 2 Doc. dr. Tina Kosjek, znanstvena sodelavka, Odsek za znanosti o okolju, Institut Jožef Stefan, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana
- 3 Prof. dr. Boris Kompare, profesor, Oddelek za okoljsko gradbeništvo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani
- 4 Doc. dr. Tina Eleršek, znanstvena sodelavka, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologija raka, Nacionalni inštitut za biologijo
- 5 Matjaž Novak, doktorski študent, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologija raka, Nacionalni inštitut za biologijo
- 6 Doc. dr. Bojana Žegura, znanstvena sodelavka, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologija raka, Nacionalni inštitut za biologijo
- 7 Prof. dr. Metka Filipič, profesor, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologija raka, Nacionalni inštitut za biologijo
- 8 Doc. dr. Francesco Buseti, znanstveni sodelavec, Curtin University, Curtin Water Quality Research Centre (CWQRC)
- 9 Prof. dr. Ester Heath, profesor, Odsek za znanosti o okolju, Institut Jožef Stefan, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana