Zbornik prispevkov posvetovanja

VODA IN GOZD

36. gozdarski študijski dnevi

Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Ljubljana, november 2020

Univerza *v Ljubljani*
Biotehniška fakulteta

36. gozdarski študijski dnevi

VODA IN GOZD

Zbornik prispevkov posvetovanja

Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Ljubljana, november 2020

Vsebina

9 **Janez Pirnat**
Uvodnik

13 **Pahernikova ustanova, Gr4A**
Posvet so omogočili

14 **Milan Kobal in sod.**
GreenRisk4ALPs: razvoj novih ekosistemskih pristopov za obvladovanje tveganj v povezavi z naravnimi nevarnostmi in podnebnimi spremembami – projekt interreg območje Alp

22 **Matjaž Mikoš in sod.**
Voda v gozdnem prostoru kot del hidrološkega kroga

Vpliv gozdov na vodno bilanco

30 **Janez Kermavnar in Urša Vilhar**
Vpliv zgradbe sestoja na prestrezanje padavin v urbanih gozdovih

36 **Erika Kozamernik in Urša Vilhar**
Pomen urbanih gozdov za varovanje vodnih virov

42 **Urša Vilhar**
Predlogi kazalnikov za spremljanje hidrološke funkcije gozdov

52 **Peter Frantar in sod.**
Gozd v vodnobilančnem modelu »mGROWA-SI«

Študije vodnih ekosistemov

60 **Mojca Golobič in sod.**
Gozd in voda kot prvini prepoznavnosti slovenskih krajin

64 **Jana Meljo in Nataša Smolar Žvanut**
Gozd in posebna raba površinskih voda

70 **Lidija Globevnik in Luka Snoj**
Ekosistemi poplavnih površin v Evropi

74 **Jernej Jevšenak in sod.**
*Voda kot omejujoč dejavnik debelinske rasti na padavinskem in višinskem transektu navadne smreke (Picea abies (*L.*)* H. Karst.*) v Sloveniji*

Urejanje hudourniških območij

82 **Barbara Žabota in sod.**
Ocenjevanje aktivnosti skalnih podorov z uporabo dendrogeomorfologije in metode štetja poškodb na drevesih (neme priče)

94 **Robert Robek in sod.**
Nove prakse varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi pri upravljanju državnih gozdov RS

102 **Milan Kobal in sod.**
Regionalno modeliranje pobočnih masnih premikov: Določanje erozijske ogroženosti pred skalnimi podori in snežnimi plazovi na primeru hudourniškega območja Velika Pišnica

110 **Miha Humar in sod.**
Kako zaščititi les v ogrožajočem okolju?

116 **Jože Papež in Milan Kobal**
Sonaravno urejanje voda na hudourniških območjih

Funkcije gozda pri gospodarjenju z vodo

132 **Luka Šparl**
Pomen gospodarjenja z gozdom za varstvo gozdnih potokov na primeru treh vrst Natura 2000, prednostnega evropskega varstvenega pomena, v kraj. parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib

138 **Matjaž Guček in sod.**
Obravnavanje naravnih nevarnosti in ogroženosti v gozdnogospodarskem načrtovanju

146 **Janez Pirnat in sod.**
Kako vplivajo nastajajoči sloji hidrografije na funkcije gozdov?

154 **Janez Pirnat, Milan Kobal**
Zaključki posvetovanja

160 **Petra Pečan**
Fotografski natečaj

Uvodnik

Janez PIRNAT[1]

Voda in gozd sta vedno privlačila ljudi zelo različnih zanimanj – pač zaradi prvinskosti in njunega pomena za življenje. Pri tem ne govorim samo o vodarjih in gozdarjih, pač pa tudi o drugih strokah. Nekaj primerov spoznajmo v nadaljevanju na primeru gradiva Slovenske akademije znanosti in umetnosti.

France Bezlaj je že v letih 1956 in 1961 izdal publikacijo SAZU Slovenska vodna imena, v kateri je na skoraj 700 straneh obravnaval takrat znana vodna imena: od pritoka ABNRCA (pritok reke pri Cerkljah na Gorenjskem) do imena ŽVIRGLEJ, kot se je imenoval studenec v Pirničah pri Tacnu. Ocenjujemo, da je skupaj predstavil več kot 1.400 vodnih imen. Po piščevem mnenju so imena večjih vodnih tokov relativno starejša kot krajevna imena, kajti kolonizacija se je širila ob rekah, ki so bile pomembna znamenja za orientacijo v prostoru. Slovenja je z vidika voda lahko zanimiva še po marsičem: od bogastva kraškega sveta pa navsezadnje do tega, da tod poteka ločnica med vodami, ki se stekajo v Sredozemsko morje, in tistimi, ki tečejo v Črno morje.

Na drugi strani pa je Francka Benedik v Razpravah (XIII) SAZU iz leta 1990 predstavila neverjetno pestro poimenovanje gozda v slovenskih govorih. Naj naštejemo najpogostejše, kot so: gozd, les, hosta, gošča, gmajna, šuma, bošk, boršt, gora, hrib, reber, brdo, meja, grmlje/grmovje/grmi, loza, log, tal, stelnik, gaj, planina, meka, broje. Tako poimenovanje kaže po eni strani na veliko pestrost slovenskega gozdnega prostora in hkrati vidne in nevidne ločnice v njem, ki jih je naselitev dolgo poznala in upoštevala.

Prvi Gozdarski študijski dnevi z naslovom Gozd in voda so potekali pred šestindvajsetimi leti v Poljčah. Lahko bi rekli, da je od takrat preteklo veliko vode, nekaterih tedanjih govornikov ni več med nami, drugi so pač še, z več znanja in vedenja ter seveda z novimi izzivi tako na področju vodarstva kot gozdarstva.

Da sta gozd in voda nujno povezana, ugotavljamo tudi dandanes. Najnovejši podatki, ki jih bomo navedli v letošnjih študijskih dneh, kažejo naslednjo podobo: če upoštevamo npr. eno drevesno višino, torej 25 m pas gozdov ob znanih vodotokih, ugotovimo, da v tem pasu leži skoraj 127.000 ha naših gozdov, torej gozdnih sestojev s tako ali drugače pomembno vodno funkcijo. To pa je izziv za vodarje, gozdarje, naravovarstvenike in seveda vse tiste, ki jim ni vseeno ne za naše vode ne za naše gozdove. Študijski dnevi, ki so pred vami, spoštovani bralci, naj bodo izziv za vodarje in gozdarje, da bi se iz povedanega in zapisanega veliko naučili, vsak zase in drug od drugega.

1 **janez.pirnat@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*

Posvet so omogočili

Pahernikova ustanova

Interreg
Alpine Space

EUROPEAN UNION

GREEN RISK 4 ALPS

European Regional Development Fund

Milan KOBAL[1], Jurij BEGUŠ[2], Michaela TEICH[3], Karl KLEEMAYR[4]

GreenRisk4ALPs: RAZVOJ NOVIH EKOSISTEMSKIH PRISTOPOV ZA OBVLADOVANJE TVEGANJ V POVEZAVI Z NARAVNIMI NEVARNOSTMI IN PODNEBNIMI SPREMEMBAMI – PROJEKT INTERREG OBMOČJE ALP

Ključne besede: *GreenRisk4ALPs, naravne nevarnosti, regionalno modeliranje pobočnih masnih premikov, varovalna vloga gozda, ekonomsko vrednotenje*

Izhodišča projekta GreenRisk4ALPs

Gozdovi v alpskem hribovitem prostoru opravljajo nenadomestljivo vlogo pri zmanjševanju erozijske nevarnost in erozijske ogroženosti, ki jih povzročajo hudourniki, snežni in zemeljski plazovi, masni oz. drobirski tokovi in skalni podori ter padajoče kamenje. Pozitivne vloge gozda pri varstvu pred naravnimi nevarnostmi se vse pogosteje zavedamo tudi pri načrtovanju (bio)tehničnih ukrepov varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi, vendar zavedanje še ni zadovoljivo. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani ter Zavod za gozdove Slovenije sta kot partnerja trenutno vključena v Interreg Območje Alp projekt GreenRisk4ALPs (*Development of ecosystem-based approaches for the support of risk management activities in connection with natural hazards and climate change*), kjer so glavni cilji:

- upoštevanje pozitivne vloge gozda pri trajnostnem obvladovanju in zmanjševanju vpliva naravnih nevarnosti ob hkratnem uravnoteženem obravnavanju zelene infrastrukture, tehničnih in preventivnih ukrepov,
- obravnavanje gorskih oziroma varovalnih gozdov kot nepogrešljiv del vseh ukrepov, tako aktivnih kot preventivnih, potrebnih za blaženje posledic naravnih nevarnosti,

1 **milan.kobal@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
2 **jurij.begus@zgs.si**, *Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
3 **michaela.teich@bfw.gv.at**, *Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaf, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck*
4 **karl.kleemayr@bfw.gv.at**, *Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaf, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck*

- z jasno strategijo, ki temelji na ekosistemskem pristopu, premagati konflikte in spore pri zmanjševanju ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi,
- v projekt vključiti vse pomembne deležnike in jim s strokovnim svetovanjem približati nove pristope k preventivnemu ukrepanju.

Kljub pomembni vlogi gozda pri zmanjševanju erozijske nevarnost in erozijske ogroženosti, pa je do sedaj bilo razvitih le nekaj strategij in političnih ukrepov, ki vključujejo vlogo gozda pri obvladovanju tveganj pred naravnimi nevarnostmi in hkrati upoštevajo različne interese in zahteve ter spredvidene stroške ukrepov. V prihodnosti lahko v alpskem prostoru pričakujemo hitro naraščanje izzivov, povezanih z omejenostjo poselitvenega prostora, povečevanjem stroškov varstva pred naravnimi nevarnostmi, naraščanjem konfliktov in zahtev ter razvoja ''spornih'' gospodarstev, kot je monokulturni turizem. Ob neupoštevanju vloge gorskih gozdov pri zmanjševanju tveganj pred naravnimi nevarnostmi, bo trajnostni razvoj alpskega prostora nemogoče doseči.

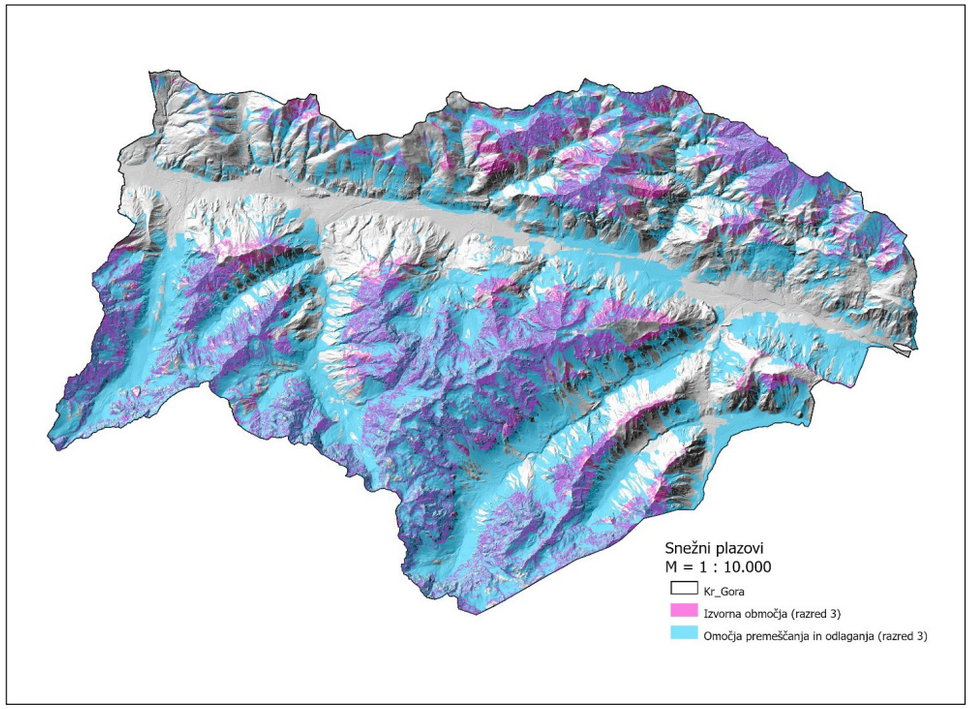
Namen projekta GreenRisk4ALPs

Namen projekta GreenRisk4ALPs je razvoj novih konceptov in strategij upravljanja z gozdovi v povezavi z zmanjševanjem tveganj pred naravnimi nevarnostmi in podnebnimi spremembami. Glavni cilji projekta so:

- upoštevanje vloge gorskega gozda pri trajnostnem obvladovanju naravnih nevarnosti ob uravnoteženem vključevanju biotehničnih, tehničnih in preventivnih ukrepov za zmanjševanje verjetnosti nastanka naravnih nesreč,
- obravnavanje gorskih gozdov kot nepogrešljivega dela vseh ukrepov, tako aktivnih kot tudi preventivnih, potrebnih za blaženje posledic naravnih nevarnosti,
- z jasno strategijo, ki temelji na ekosistemskem pristopu, premagati konflikte in spore pri zmanjševanju ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi,
- v projekt vključiti vse pomembne deležnike in jim s strokovnim svetovanjem omogočiti nove pristope k preventivnemu ukrepanju.

Dva ključna rezultati projekta bosta:

- nova orodja za oceno varovalne funkcije gozdov (ob upoštevanju klimatskih sprememb) imenovana FAT (*Forest Assessment Toolbox*),
- nova priporočila in smernice ''zelene'' strategije za obvladovanje tveganj v alpskem prostoru, ki bodo vključevala:
  i. komunikacijski načrt za participativno vključevanje vseh deležnikov v proces informiranja in odločanja,
  ii. koncepte za premagovanje nacionalnih omejitev pri ekosistemskem pristopu upravljanja z naravnimi nevarnostmi,
  iii. smernice na občinski ravni, ki bodo temeljile na ekosistemskem pristopu in bodo prednostno obravnavale ''zelene'' strategije pri obvladovanju tveganja naravnih nevarnosti.



Slika 1: Karta izvornih območij ter območij premeščanja in odlaganja snežnih plazov (razred 3) v občini Kranjska Gora v merilu 1 : 10.000 brez upoštevanja varovalnega učinka gozda.

Sodelujoči v projektu GreenRisk4ALPs

Projektu GreenRisk4ALPs (2.421.336,85 €) je del evropskega transnacionalnega programa Interreg Območje Alp, se je pričel aprila 2018 in se konča aprila 2021. Vodilni partner je Bundesforschungsund Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, v projekt pa je vključenih 12 projektnih partnerjev iz šestih alpskih držav (FR, IT, AT, CH, DE, SI). Slovenijo zastopata dva partnerja:

- Zavod za gozdove Slovenije (136.798,95 €),
- Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL (270.884,60 €).

Projekt so kot opazovalci v Sloveniji podprli:

- Občina Kranjska Gora,
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

Iz tujine so v projekt vključene raziskovalne inštitucije, zavodi in univerze iz naslednjih držav:

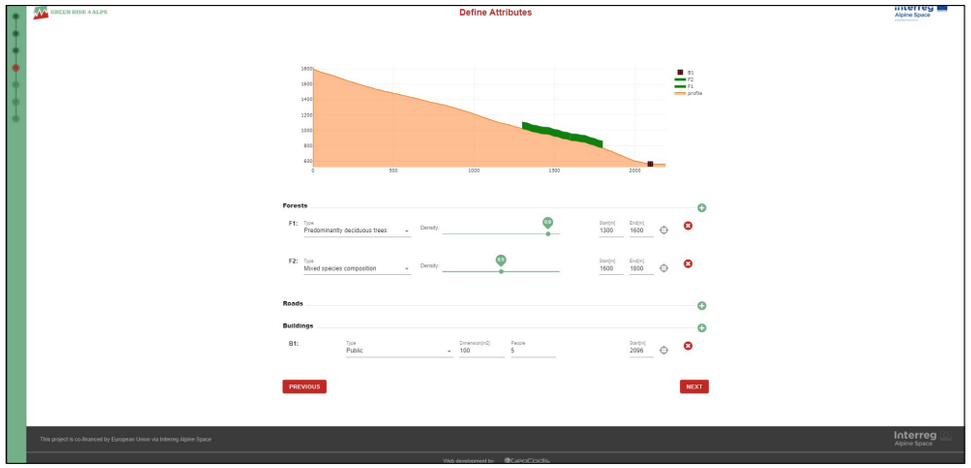
- Avstrija (*Bundesforschungsund Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft; Forsttechnischer Dienst für Wildbachund Lawinenverbauung; Forstbetrieb Franz Mayr-Melnhof-Saurau*),
- Francija (*Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, Groupement de Grenoble*),
- Italija (*Europäische Akademie Bozen / Accademia Europea di Bolzano – EURAC Research; Fondazione Montagna sicura - Montagne sûre; Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino*),
- Nemčija (*Georg-August-Universität Göttingen – Stiftung öffentlichen Rechts; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*),
- Švica (*Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL*).

Vse aktivnosti projekta se izvajajo na nivoju pilotnih akcijskih regij (PAR), ki jih je skupno šest: Courmayeur (Italija), Kranjska Gora (Slovenija), Oberammergau (Nemčija), Parc de Baronnie (Francija), Sterzing/Gossensass (Italija) in Vals/Brenner (Avstrija). Pilotne akcijske regije so hkrati aktivne projektne partnerice. Da bi spodbudili uspešen postopek implementacije rezultatov projekta in sodelovanje med nacionalnimi in multinacionalnimi upravnimi institucijami, so v projektni konzorcij vključeni še predstavniki EUSALP, Alpske Konvencije in CIPRA.

Delovni paketi projekta GreenRisk4ALPs

GreenRisk4Alps je razdeljen na pet delovnih paketov:

- Delovni paket 1 (PRONA): Delovni paket vodi Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL, glavni cilj pa je razvoj novih orodij in pridobivanje novih informacij na področju kompleksnega razmerja gozd – naravne nevarnosti – tveganje.
- Delovni paket 2 (ACTINA): Delovni paket vodi Bundesforschungsund Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. Cilj je na območju vseh držav projektnih partnerjev prepoznati pomembne deležnike in njihove strukture odločanja.
- Delovni paket 3 (DORA): Delovni paket vodi Europäische Akademie Bozen/ Accademia Europea di Bolzano – EURAC Research, osnovni cilj pa je poleg ocene tveganja vključevanje ekonomske presoje ukrepov. Rezultat PRONA, ACTINA in DORA bo novo inovativno orodje ''TEGRAV'', ki združuje analize tveganja ter metode za vrednotenje posrednih in neposrednih učinkov v smislu stroškov in stopnje varovanja, ki bodo temeljile na: i. tehničnih ukrepih, ii. ''zelenih'' ukrepih in iii. izogibanju škodnega potenciala.
- Delovni paket 4 (ACRI): Delovni paket vodi Georg-August-Universität Göttingen – Stiftung öffentlichen Rechts, cilj pa je oblikovanje nove komunikacijske strategije za reševanju konfliktov med različnimi interesi deležnikov.
- Delovni paket 5 (RIGOR): Delovni paket vodi Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, Groupement de Grenoble. Cilj tega delovnega paketa je seznanjene občin in drugih upravljavskih vladnih institucij z rezultati projekta in sicer z namenom učinkovitega izvajanja novo razvitih strategij.



Slika 2: Uporabniški vmesnik orodja FAT, ki je prosto dostopen na spletu in je namenjen analizi varovalnega učinka gozda ter ekonomskemu vrednotenju tehničnih in biotehničnih ukrepov varstva pred naravnimi nevarnostmi.

Viri

Projekt GreenRIsk4ALPs: http://www.alpine-space.eu/projects/greenrisk4alps

Vabljeno predavanje

Matjaž MIKOŠ[1], Mojca ŠRAJ[2], Nejc BEZAK[3]

VODA V GOZDNEM PROSTORU KOT DEL HIDROLOŠKEGA KROGA

Ključne besede: *eksperimentalna porečja, hidrološko modeliranje, hidrološke raziskave, meritve v hidrologiji, vegetacija*

Uvod

V gozdu je voda sestavni del hidrološkega kroga; za slovenske razmere z velikim deležem gozdnatosti (več kot 60 %) gre za pomemben element pri kroženju vode. Razumevanje povezave med posameznimi drevesi in gozdom postaja še pomembnejše v luči podnebne krize, ko želimo vedeti, kakšne so funkcije gozda v spremenjenih podnebnih razmerah. Za razumevanje so pomembne raziskave na različnih ravneh in izobraževanje vseh deležnikov, ki odločajo o vodah in gozdu. Prispevek obravnava vodo v gozdu kot del hidrološkega kroga skozi oči hidrološke znanosti na osnovi nekaj izbranih raziskav, ki so v potekale v slovenskem in v mednarodnem prostoru ob sodelovanju slovenske znanosti.

Metode

V prispevku prikazani rezultati temeljijo na raziskovalnem delu z uporabo dolgoletnih merjenih hidroloških in hidrometeroloških podatkov na postajah, ki so del mreže monitoringa Agencije RS za okolje (ARSO), pa tudi na krajših nekajletnih hidroloških meritvah raziskovalnega monitoringa v eksperimentalnih porečjih in/ali na postajah, ki jih več deset let razvija Katedra za splošno hidrotehniko na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (KSH UL FGG; Šraj in sod., 2016; Brilly in sod., 2020). Mednarodne povezave hidroloških raziskav potekajo vsa leta v okviru Medvladnega hidrološkega programa (IHP) UNESCO (https://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology), od leta 2016 tudi v okviru katedre UNESCO za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah (https://www.unesco-floods.eu/).

1 **matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si**, *UNESCO katedra za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL, Jamova c. 2, 1000 Ljubljana*
2 **mojca.šraj@fgg.uni-lj.si**, *UNESCO katedra za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL, Jamova c. 2, 1000 Ljubljana*
3 **nejc.bezak@fgg.uni-lj.si**, *UNESCO katedra za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL, Jamova c. 2, 1000 Ljubljana*

Rezultati

In zakaj je lahko gozd pomemben element pri razumevanju kroženja vode? Nedavne raziskave v Avstriji (Duethmann in sod., 2020) so pokazale, da konceptualni hidrološki model (uporabljen je bil švedski model HBV) potrebuje spremembe v svoji strukturi, če ga želimo uporabiti za podnebne razmere, ki bodo drugačne, kot so tiste, za katere je bil model umerjen. Avtorji so uporabili podatke iz obdobja 1978–2013 za 156 porečij v Avstriji in ugotovili odstopanje v trendu med opazovanimi in napovedanimi pretoki za 92±50 mm leto^{-1} v 35 letih. Če so v modelu pri oceni referenčnega izhlapevanja upoštevali vegetacijsko dinamiko s pomočjo satelitskih posnetkov, so lahko razložili razlike med opazovanimi in napovedanimi pretoki za 35±9 mm leto^{-1} v 35 letih. Pomemben dejavnik so bili tudi nehomogeni padavinski podatki, zato so uporabili le stalno mrežo padavinskih opazovalnic in razložili razlike v višini 37±26 mm leto^{-1} v 35 letih. Avtorji sklepajo, da je upoštevanje vegetacijske dinamike zelo pomembno pri uporabi hidrološkega modeliranja odzivov porečij na podnebne spremembe. Vsekakor ne smemo zanemariti vpliva nehomogenosti padavinskih podatkov, saj smo z istim modelom HBV v porečju Savinje (Kobold in Brilly, 2006) ugotovili, da se je napaka 10 % v oceni padavin prenesla v modelu v 17 % napako pri oceni pretoka.

Varovalna vloga gozdov je tudi v prestrezanju padavin in zmanjševanju erozije tal. Slovenija je ena izmed držav v Evropi z najvišjimi vrednostmi erozivnosti padavin (lokalno več kot 10.000 MJ mm ha^{-1} h^{-1} leto^{1}) ob veliki spremenljivosti. Analiza petminutnih padavinskih podatkov na desetih padavinskih postajah (vsaj 25 let meritev, skupaj 443 let podatkov) je pokazala, da so trendi erozivnosti padavin večinoma statistično nepomembni z večjim številom postaj s pozitivnim trendom kot negativnim (Petek in sod., 2018). Če bi odpravili prag za izračun erozivnosti padavin (12,7 mm) in upoštevali vse padavinske dogodke vseh intenzivnosti, bi se letna erozivnost v povprečju povečala za 10 %. Če v enačbi RUSLE za oceno izgube tal uporabimo namesto vgrajene enačbe za oceno kinetične energije padavin energijske enačbe, razvite za Slovenijo, se letna erozivnost padavin poveča za 20 %.

V pripravi je ocena erozivnosti padavin na ravni Evrope, in sicer za obdobje 1961–2018. Z uporabo povratnih analiz padavinskih podatkov in baze erozivnih dogodkov za območje Evrope smo namreč izračunali letne vrednosti erozivnosti padavin v Evropi. Na podlagi izračunov je mogoče določiti območja, kjer se erozivnost padavin povečuje (npr. V Evropa, območje Baltskih držav in Skandinavije, del Balkana, itn.), ter območja, kjer se erozivnost zmanjšuje (npr. večji del alpskega območja, J del Nemčije, del Balkana) – v povprečju gledano je pozitiven trend nekoliko prevladujoč.

In kakšno je prestrezanje padavin zaradi vegetacije? Vpliv le-te na podnebne razmere v mestnem okolju analiziramo že več let z meritvami prestrezanja padavin nad drevesi breze in pod njimi (*Betula pendula* Roth.) ter bora (*Pinus nigra* Arnold), ki so v mestnem parku v Ljubljani. Količina prestreženih padavin je odvisna od meteo-

roloških in vegetacijskih značilnosti. Večkratna korespondenčna analiza (MCA) je določala vpliv količine, intenzivnosti in trajanja padavin, števila dežnih kapljic, povprečnega prostorninskega premera, hitrosti vetra in njegove smeri na prestrezanje padavin. Analiza je temeljila na podatkih iz 176 dogodkov, zbranih v več kot treh letih opazovanj (Zabret in Šraj, 2020). Rezultati kažejo, da na prestrezanje padavin najbolj vplivata količina padavin in število dežnih kapljic. Na splošno se razmerje med prestreženimi padavinami in bruto padavinami zmanjša z daljšimi in intenzivnejšimi padavinami. Vpliv števila dežnih kapljic je odvisen tudi od njihove velikosti, kar se kaže zlasti pri borovcih (prestrezanje borovega drevesa se poveča z manjšimi kapljicami ne glede na njihovo število). Posebno je v rabi večkratna korespondenčna analiza za razliko od drugih statističnih metod (regresijska analiza, korelacijske matrike, regresijska drevesa, okrepljena regresijska drevesa) pokazala na nujno upoštevanje značilnosti vetra, saj je včasih zaradi bližine zgradb (mestno okolje) nastal vetrovni hodnik, ki je zmanjšal količino prestreženih padavin za obe drevesni vrsti.

Ogrevanje podnebja naj bi vplivalo na obseg in čas rečnih poplav, vendar doslej še ni bil ugotovljen dosleden obsežen signal o podnebnih spremembah v opaženih magnitudah poplav.

Slovenski podatki so bili del analize nastanka rečnih poplav v Evropi v zadnjih petih desetletjih, opravljenih s pomočjo vseevropske baze podatkov iz 4.262 opazovalnih vodomernih postaj, ki je ugotovila jasne vzorce pri spremembah nastanka poplav v Evropi (Blöschl in sod., 2017; 2019). Višje temperature bodo privedle do zgodnjih spomladanskih poplav zaradi taljenja snežne odeje po vsej severovzhodni Evropi; zapoznele zimske nevihte, povezane s polarnim segrevanjem, bodo povzročale zapoznele zimske poplave okoli Severnega morja in nekaterih delih ob sredozemski obali; zgodnejši viški vlažnosti tal bodo povzročili zgodnejše zimske poplave v zahodni Evropi.

Povečanje jesenskih in zimskih padavin bo povzročilo povečanje poplav v severozahodni Evropi; zmanjševanje padavin in povečano izhlapevanje bosta privedli do zmanjšanja poplav v srednjih in velikih porečjih v južni Evropi; nižja snežna odeja in njeno taljenje, kot posledica višjih temperatur, bosta v vzhodni Evropi zmanjšala poplave. Regionalni trendi spremembe magnitude poplav v Evropi se tako gibljejo od povečanja za približno 11 % na desetletje do zmanjšanja za 23 %. Ne glede na prostorsko in časovno spremenljivost uporabljenih podatkov so ugotovljene spremembe o poplavah v Evropi na splošno skladne z napovedmi podnebnega modela za naslednje stoletje, kar kaže, da se spremembe v poplavah zaradi podnebnih sprememb že dogajajo. Zato moramo podnebne spremembe toliko bolj upoštevati pri upravljanju z vodami, še posebno pri upravljanju poplavnih tveganj. V Sloveniji, ki je bila del analiziranih podatkov, podobno kot pri erozivnosti padavin ne moremo določiti enoznačnega trenda pri analizah nastanka poplav. Za slovenske razmere je primerneje analizirati pojave hudourniških poplav, po možnosti v gozdnem prostoru. Ekstremni dogodki, kot so hudourniške poplave in drobirski tokovi, so pogosti pojavi

na strmih hudourniških območjih, ki lahko povzročijo opazne morfološke spremembe. V območju gozdnatega hudournika Kuzlovec (~0,7 km^2, porečje Gradaščice) smo od leta 2012 do 2015 večkrat lasersko skenirali (TLS) strmo hudourniško strugo, da bi ugotavljali njene morfološke spremembe zaradi lokalnih nalivov različne intenzivnosti (Bezak in sod., 2017). Izdelali smo digitalne modele terena (DTM) s celicami velikosti 5 cm in jih primerjali med seboj. Največji padavinski dogodek je bil avgusta 2014 (ocenjena povratna doba več kot sto let), ko je največja enominutna količina padavin dosegla intenzivnost 288 mm h^{-1}, in ki je povzročil izgubo tal za magnitudo, večjo od povprečnega letnega sproščanja in odplavljanja zemljin. Dogodek je povzročil intenzivno premeščanje hudourniških plavin ter morfološko preoblikoval hudourniško strugo in zmanjšal hrapavost struge. Moč vodnega toka ob poplavni konici je bila ocenjena na ~ 500 W m^{-2}. Analiza je nakazala, da imajo tudi hudourniki v gozdnem prostoru ob močnih nalivih veliko erozijsko moč, ki odplavi veliko erozijskega drobirja v spodnje tokove, zato so v spodnjih tokovih potrebni tehnični ukrepi (zadrževalniki plavin; veliki škatlastii prepuste …), kadar jih prečkajo prometnice.

Razprava in zaključek

Voda v gozdu je del hidrološkega kroženja vode na Zemlji, kar moramo obravnavati kot njen del. Človekov odnos do voda se kaže v njegovem odnosu do vode in ravnanju z njo, izraženo v politiki do voda in upravljanju z njo. Pri tem je potrebno integralno upravljanje voda na ravni porečij (IRBM - Integrated River Basin Management) z vključevanjem vseh deležnikov in upoštevanjem prostega dostopa do javnih podatkov (Aarhuška konvencija, 1998) ter načrtovanjem za kratkoročna obdobja (dveletni državni proračun), srednjeročna obdobja (šestletni načrti urejanja voda, tudi voda v gozdnem prostoru) in dolgoročna obdobja (strategije do leta 2030 ali 2050).

Vse naše razumevanje z vodo povezanih procesov in naše odločitve morajo temeljiti na znanosti/raziskavah in izobraževanju, kar v najboljši meri povzema agencija UNESCO Združenih narodov. S svojimi aktivnostmi podpiramo cilje trajnostnega razvoja Agende 2030 Združenih narodov (https://sustainabledevelopment.un.org/), predvsem cilj 6, Čista voda in sanitarna ureditev, cilj 13, Podnebni ukrepi, pa tudi cilj 2, Odprava lakote, in cilj 15, Življenje na kopnem. Pozabiti tudi ne smemo zavez o zmanjševanju izpustov CO_2 ter ciljev Sendajskega okvira za zmanjševanje tveganj nesreč v obdobju 2015–2030 (https://www.undrr.org/implementing-sf) s povečevanjem varnosti skupnosti in odpornosti družbe kot celote.

Viri

Bezak N., Grigillo D., Urbančič T., Mikoš M., Petrovič D., Rusjan S. 2017. Geomorphic response detection and quantification in a steep forested torrent. Geomorphology, 291: 33–44.

Blöschl G. in sod. 2017. Changing climate shifts timing of European floods. Science, 357: 58–590.

Blöschl G. in sod. 2019. Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature, 573: 108–111.

Brilly M., Zabret K., Sapač K., Bezak N., Vidmar A., Mikoš M., Kobold M., Kryžanowski A., Šraj M. 2020. Razvoj hidrologije v Sloveniji. V: Raziskave s področja geodezije in geofizike 2019. Ljubljana, SZGG: 123-133.

Duethmann D., Blöschl G., Parajka J. 2020. Why does a conceptual hydrological model fail to predict discharge changes in response to climate change? Hydrology and Earth System Sciences Discussions. https://doi.org/10.5194/hess-2019-652. (In review).

Kobold M., Brilly M. 2006. The use of HBV model for flash flood forecasting. Natural Hazards and Earth System Sciences, 6: 407–417.

Petek M., Mikoš M., Bezak N. 2018. Rainfall erosivity in Slovenia: Sensitivity estimation and trend detection. Environmental Research, 167: 528-535.

Šraj M., Bezak N., Rusjan S., Mikoš M. 2016. Review of hydrological studies contributing to the advancement of hydrological sciences in Slovenia. Acta hydrotechnica, 29, 50: 47–71.

Zabret K., Šraj M. 2019. Evaluating the Influence of Rain Event Characteristics on Rainfall Interception by Urban Trees Using Multiple Correspondence Analysis. Water, 11, 12: 2659.

Vpliv gozdov na vodno bilanco

Janez KERMAVNAR[1], Urša VILHAR[2]

VPLIV ZGRADBE SESTOJA NA PRESTREZANJE PADAVIN V URBANIH GOZDOVIH

Ključne besede: *prepuščene padavine, odtok po deblu, drevesna sestava gozda, zastor krošenj dreves, intenzivnost padavin, intercepcija*

Uvod

Urbani gozdovi zagotavljajo številne ekosistemske storitve (Sanesi in sod., 2011). Z vidika ekologije sodijo med najpomembnejše naslednje funkcije: zadrževanje padavinske vode, uravnavanje količine in kakovosti vodnih virov, zaščita pred poplavami in uravnavanje mikroklime (Xiao sod., 1998; Chen in Jim, 2008; Armson sod., 2012). Urbani gozdni ekosistemi s prestrezanjem in zadrževanjem padavinske vode v krošnjah dreves pomembno vplivajo na količino in kakovost vodnih virov. Posledično blažijo erozijske procese in druge negativne učinke intenzivnih padavinskih dogodkov (npr. povečan površinski odtok padavin, poplavljanje) na širšem vodozbirnem območju (Schooling in Carlyle-Moses, 2015; Zabret in Šraj, 2015).

Sposobnost urbanih gozdov za prestrezanje padavin je odvisna od drevesne sestave in zgradbe gozdnega sestoja (Barbier sod., 2009). Iglavci imajo praviloma večjo intercepcijsko kapaciteto v primerjavi z listavci, ki pozimi odvržejo listje in je posledično njihova intercepcija takrat zmanjšana (Crockford in Richardson, 2000). velikost dreves in krošenj ter gostota dreves v sestoju pomembno vplivajo na prestrezanje padavin (Asadian in Weiler, 2009). Prav tako na količino intercepcije vplivajo nekateri meteorološki dejavniki, npr. intenzivnost padavin in njihova prostorska razporeditev (Bryant sod., 2005; Šraj sod., 2008a). Poznavanje optimalne sestave in zgradbe urbanih gozdov za prestrezanje padavin je ključnega pomena pri razvijanju strategij in načrtovanju ukrepov za blaženje negativnih učinkov površinskega odtoka padavinske vode in zmanjševanja poplavne ogroženosti (Kermavnar in Vilhar, 2017).

Kljub pomembni hidrološki funkciji urbanih gozdov primanjkuje študij, ki bi analizirale vplive različnih dejavnikov na prestrezanje padavin na nivoju celotnega urbanega gozdnega sestoja. V naši raziskavi smo se osredotočili na analizo podatkov o prepuščenih padavinah (delež padavin, ki prispe do gozdnih tal) v izbranih primest

1 **janez.kermavnar@gozdis.si**, *Oddelek za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
2 **ursa.vilhar@gozdis.si**, *Oddelek za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*

nih in urbanih gozdovih Ljubljane, ki se pomembno razlikujejo glede vrstne sestave in zgradbe sestoja. Namen raziskave je prepoznati, kateri dejavniki zgradbe sestoja vplivajo na sposobnost prestrezanja padavin urbanih gozdnih ekosistemov.

Metode

Raziskava je potekala na območju Mestne občine Ljubljana, kjer so urbani in primestni gozdovi izjemno pomembniza oskrbo s pitno vodo (Vilhar in Simončič, 2012). Izbrali smo tri gozdne sestoje primestnih in urbanih gozdov: (1) mešani gozd v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib, (2) obrežno rdečeborovje ob reki Savi v Gameljnah in (3) nižinski poplavni gozd listavcev ob reki Savi. V mešanem gozdu na Rožniku so glavne drevesne vrste hrast graden (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.), pravi kostanj (*Castanea sativa* Mill.) in navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.). Sklep drevesnih krošenj je sklenjen. Obrežno rdečeborovje je v bližini poplavnega gozda listavcev na dvignjeni rečni terasi (Verlič in sod., 2014). V strehi sestoja prevladuje rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.), v podstojni plasti pa so številni listavci, npr. lipovec (*Tilia cordata* Mill.), graden (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) in beli gaber (*Carpinus betulus* L.). Sklep krošenj je vrzelast oz. pretrgan. Obrečni poplavni gozd listavcev uspeva na rečni terasi, približno 2 m nad gladino reke Save (Vilhar in sod., 2013). Glavne drevesne vrste so gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), siva jelša (*Alnus incana* (L.) Moench.), lipovec (*Tilia cordata* Mill.), veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.), vrbe (*Salix* sp.) in črni topol (*Populus nigra* L.). Sklep drevesnih krošenj je rahel (Kermavnar in Vilhar, 2017). Izbrani gozdovi se razlikujejo tudi v nekaterih drugih parametrih sestojne zgradbe (Preglednica 1).

Preglednica 1: Izbrani parametri sestojne zgradbe treh primestnih in urb. gozdov Ljubljane.

Tip gozda	Višina dreves (m)	Premer dreves (cm)	Lesna zaloga ($m^3\ ha^{-1}$)	Zastor drevesnih krošenj (%)	Listavci / iglavci v lesni zalogi (%)
Mešani gozd	21.9	33.4	589.1	90-100	54 / 46
Obrežno rdečeborovje	11.7	13.5	151.1	50	21 / 79
Poplavni gozd listavcev	15.8	17.6	246.9	30-50	100 / 0

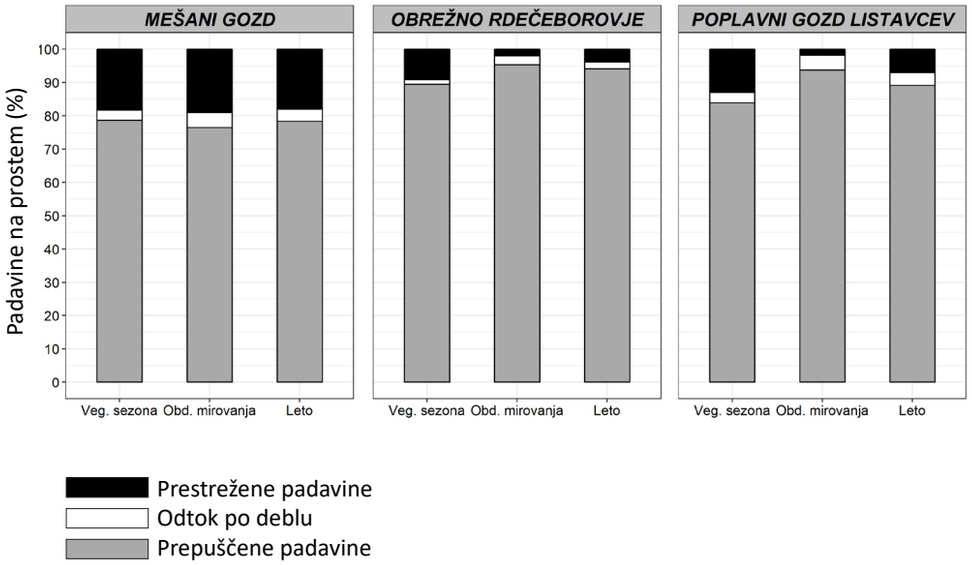
V vsakem gozdnem tipu so bile vzpostavljene raziskovalne ploskve (25 × 25 m) Gozdarskega inštituta Slovenije, na katerih smo spremljali prepuščene padavine v sestoju in padavine na prostem. Meritve smo izvajali v obdobju šestih let (2008–2013). Padavine na prostem smo merili z dežemeri oz. vzorčevalniki na odprtih površinah (travnikih) v neposredni bližini izbranih sestojev. V gozdnih sestojih smo prepuščene padavine merili s pomočjo vzročevalnikov, ki so bili sistematično razporejeni na raziskovalni ploskvi (Kermavnar, 2015). Odtok po deblu smo ocenili na podlagi podatkov za posamezno drevesno vrsto, ki smo jih pridobili s pregledomdosedanjih raziskav in literature. Odtok po deblu na nivoju sestoja smo izračunali kot tehtano aritmetično sredino, kjer smo kot uteži uporabili delež temeljnice drevesne vrste v sestojni temeljnici na raziskovalni ploskvi (Kermavnar in Vilhar, 2017). Vsota prepuščenih pada

vin in odtoka po deblu pomeni sestojne padavine. Razlika med količino padavin na prostem in sestojnimi padavinami so prestrežene padavine – intercepcija (Crockford in Richardson, 2000; Barbier in sod., 2009).

Podatke smo analizirali za tri različna obdobja: leto, vegetacijska sezona (obdobje olistanja; maj–oktober) in obdobje mirovanja vegetacije (listavci brez listja; november–april). Razmejitev obdobij je temeljila na fenoloških podatkih za posamezne drevesne vrste. Intenzivnost padavin (mm h^{-1}) je bila ocenjena na podlagi urnih podatkov za najbližjo meteorološko postajo Ljubljana Bežigrad (ARSO, 2015).

Rezultati

Letna količina padavin na prostem se je v obdobju 2008–2013 med leti zelo razlikovala. Na odprti površini v bližini mešanega gozda na Rožniku je letna količina padavin dosegla vrednosti od 1.057 mm do 1.673 mm. Na travniku v bližini obrežnega rdečeborovja in poplavnega gozda listavcev je znašala oed 845 mm do 1.605 mm. V povprečju je bil delež prepuščenih padavin največji v obrežnem rdečeborovju (94,1 ± 3,4 %) in najmanjši v mešanem gozdu (78,3 ± 7,1 %). V poplavnem gozdu listavcev so prepuščene padavine predstavljale 89,1 ± 5,4 % padavin na prostem. Odtok po deblu smo ocenili na 3,7 % v mešanem gozdu, 2,0 % v obrežnem rdečeborovju in 3,8 % v poplavnem gozdu listavcev. Intercepcija padavin na letni ravni je bila največja v mešanem gozdu (18,0 %), najmanjša pa v obrežnem rdečeborovju (3,9 %).



Slika 1: Prestrežene padavine, odtok po deblu in prepuščene padavine v izbranih primestnih in urbanih gozdovih Ljubljane (mešani gozd, obrežno rdečeborovje, poplavni gozd listavcev). Vrednosti, izražene kot odstotek padavin na prostem (%), so ločeno prikazane za tri obdobja: vegetacijska sezona (maj–oktober), obdobje mirovanja vegetacije (november–april) in leto.

V poplavnem gozdu listavcev je delež prestreženih padavin znašal 7,1 % (Slika 1).Ugotovili smo tudi razlike v deležu prepuščenih padavin med posameznimi obdobji. V poplavnem gozdu listavcev in obrežnem rdečeborovju so bile razlike v prepuščenih padavinah (in posledično tudi v intercepciji) med vegetacijsko sezono in obdobjem mirovanja vegetacije bistveno večje kot v mešanem gozdu na Rožniku. V obrežnem rdečeborovju in poplavnem gozdu listavcev je bila intercepcija večja v času vegetacijske sezone, medtem ko je bila intercepcija v mešanem gozdu nekoliko večja v obdobju mirovanja vegetacije (Slika 1).

Analiza intenzivnosti padavin za meteorološko postajo Ljubljana Bežigrad je pokazala, da je bila v obdobju 2005–2014 povprečna intenzivnost padavin v vegetacijski sezoni (1,86 mm h^{-1}) statistično značilno višja ($p < 0,001$) kot v obdobju mirovanja vegetacije (1,05 mm h^{-1}).

Razprava in zaključek

Prestrezanje padavin v krošnjah dreves je eden od najpomembnejših hidroloških procesov v gozdnih ekosistemih (Zabret in sod., 2016; Li in sod., 2016). Rezultati naše študije potrjujejo, da je intercepcijska sposobnost urbanih gozdov odvisna od drevesne sestave gozda in strukturnih značilnosti sestojev (npr. zastor drevesnih krošenj, velikost/višina dreves). Izsledki nakazujejo, da je optimalna zgradba sestoja, ki prispeva k največjemu deležu prestreženih padavin, v mešanem gozdu na Rožniku. V primerjavi s preostalima tipoma gozda (obrežno rdečeborovje in poplavni gozd listavcev) so za mešani gozd značilni večji delež iglavcev v lesni zalogi, večji zastor drevesnih krošenj in večja lesna zaloga sestoja. Dodatno so k večji intercepciji pripomogle tudi večje velikosti dreves (premer in višina), saj imajo po navadi takšna drevesa večje krošnje in posledično večjo intercepcijsko in zadrževalno sposobnost (Vilhar, 2016). Večji delež iglavcev v sestoju tudi pomembno vpliva na večjo intercepcijo v času mirovanja vegetacije, saj listavci pozimi odvržejo listje in je zato prestrezanje v krošnjah zmanjšano (Xiao in McPherson, 2011). Slednje potrjujejo tudi naši rezultati, saj smo za poplavni gozd listavcev in obrežno rdečeborovje ugotovili višje vrednosti intercepcije v času vegetacijske sezone, kar poudarjajo ugotovitve številnih dosedanjih študij (npr. Zabret in Šraj, 2015; Zabret in sod., 2016; Vilhar, 2016).

Na vpliv drevesne sestave gozda na prestrezanje padavin lahko sklepamo iz rezultatov za obrežno rdečeborovje, kjer je bila kljub največjemu deležu iglavcev v lesni zalogi intercepcija v povprečju najmanjša. V tem gozdu je glavna drevesna vrst rdeči bor, ki ima precej redko krošnjo in ne gradi sklenjenih sestojev, zlasti v primerjavi s smreko. Nasprotno so bila v mešanem gozdu na Rožniku v času raziskave številna smrekova drevesa velikih mer (Kermavnar, 2015). V mešanem gozdu je bila intercepcija v obdobju mirovanja celo nekoliko večja kot v vegetacijski sezoni, četudi bi v tem sestoju zaradi znatne prisotnosti listavcev (graden, kostanj) pričakovali ravno nasprotno. Slednje lahko razložimo z različno intenzivnostjo padavin. Za vegetacijsko sezono smo ugotovili večjo povprečno intenzivnost padavin kot za obdobje mirovan-

ja. Znano je, da so poleti padavinski dogodki (npr. kratkotrajni nalivi, nevihte z veliko intenzivnostjo padavin) precej različni od tistih pozimi (manjša intenzivnost padavin). Slednje lahko povzroči, da je intercepcijska in zadrževalna kapaciteta drevesnih krošenj, ne glede na drevesno vrsto, hitreje presežena (zasičena) in posledično nastane povečana količina prepuščenih padavin in odtoka po deblu (Bryant in sod., 2005; Šraj in sod., 2008b). Rezultati naše raziskave torej kažejo tudi na vpliv meteoroloških dejavnikov (intenzivnosti padavin) na količino prestrežene vode v urbanih gozdovih. To je še zlasti pomembno v luči okoljskih oz. podnebnih sprememb, ko smo priča čedalje pogostejšim ekstremnim vremenskim pojavom in vodnim ter drugim naravnim ujmam, ki ogrožajo mehansko stabilnost sestojev in zmanjšujejo zastor drevesnih krošenj nadstojne gozdne vegetacije.

Urbani gozdovi pomembno vplivajo na vodni krog in količino ter kakovost vodnih virov (Vilhar in Simončič, 2012). Hidrološka funkcija primestnih in urbanih gozdov se kaže preko procesa prestrezanja padavin, s katerim gozdni ekosistemi ugodno vplivajo na razporeditev padavinske vode, predvsem preko zadrževanja velikih količin vode ter uravnavanja odtoka. V tem prispevku smo povezali področji gozdne hidrologije in urbanega gozdarstva. Rezultati raziskave so lahko v pomoč pri gospodarjenju z urbanimi gozdovi, saj z gozdnogojitvenimi ukrepi pomembno vplivamo na zgradbo in vrstno sestavo urbanih gozdnih sestojev.

Viri

Armson D., Stringer P., Ennos A.R. 2012. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. Urban Forestry & Urban Greening, 11: 245–255.

ARSO. 2015. Arhiv opazovanih in merjenih meteoroloških podatkov. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor. https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/.

Asadian Y., Weiler M. 2009. A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia. Water Quality Research Journal of Canada, 44: 16–25.

Barbier S., Balandier P., Gosselin F. 2009. Influence of several tree traits on rainfall partitioning in temperate and boreal forests: a review. Annals of Forest Science, 66: 602–613.

Bryant M.L., Bhat S., Jacobs J. M. 2005. Measurement and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. Journal of Hydrology, 312: 95–108.

Chen W. Y., Jim C. Y. 2008. Assessment and Valuation of the Ecosystem Services Provided by Urban Forests. V: Carreiro M.M., Song Y.C., Wu J. (Ur.), Ecology, planning, and Management of Urban Forests. International Perspectives. New York, Springer-Verlag: 53–83.

Crockford R. H., Richardson D. P. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. Hydrological Processes, 14: 2903–2920.

Kermavnar J. 2015. Sestojne padavine v izbranih urbanih gozdovih Ljubljane. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 114 str.

Kermavnar J., Vilhar U. 2017. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. Urban Ecosystems, 20: 1373–1387.

Li X., Xiao Q., Niu J., Dymond S., Van Doorn N. S., Yu X., Xie B., Lv X., Zhang K., Li J. 2016. Process-based rainfall interception by small trees in northern China: the effect of rainfall traits and crown structure characteristics. Agricultural and Forest Meteorology, 218-219: 65–73.

Sanesi G., Gallis C., Kasperidus H. D. 2011. Chapter 2: Urban forests and their ecosystem services in relation to human health. V: Nilsson K., Sangster M., Gallis C., Hartig T., de Vries S., Seeland K., Schipperijn J. (Ur.), Forests, trees and human health. Springer: 2340 str.

Schooling J. T., Carlyle-Moses D. E. 2015. The influence of rainfall depth class and deciduous tree traits on stemflow production in an urban park. Urban Ecosystems, 18: 1261–1284.

Šraj M., Lah A., Brilly M. 2008a. Meritve in analiza prestreženih padavin navadne breze (*Betula pendula* Roth.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) v urbanem okolju. Gozdarski vestnik, 66: 406–416, 433.

Šraj M., Brilly M., Mikoš M. 2008b. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. Agricultural and Forest Meteorology, 148: 121–134.

Verlič A., Eler K., Ferlan M., Flajšman K., De Groot M., Hauptman T., Jurc D., Kobal M., Kutnar L., Levanič T., Marinšek A., Ogris N., Simončič P., Skudnik M., Vochl S., Žlindra D., Vilhar U. 2014. EMoNFUr – Zasnova mreže za spremljanje stanja nižinskega gozda in pogozditev v urbanem prostoru v Lombardiji in urbanega gozda v Sloveniji: zaključno poročilo o projektu. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana: 156 str.

Vilhar U., Simončič P. 2012. Identification of Key Indicators for Drinking Water Protection Service in the Urban Forest of Ljubljana. SEEFOR, 3: 103–113.

Vilhar U., Čarni A., Božič G. 2013. Rastne in vegetacijske značilnosti evropskega črnega topola (*Populus nigra* L.) v poplavnem gozdu ob reki Savi in temperaturne razlike med izbranimi rastišči. Folia biologica et geologica, 45: 193–214.

Vilhar U. 2016. Sestojne padavine v mešanih sestojih smreke in bukve na Pohorju. Gozdarski vestnik, 74: 28–45.

Zabret K., Šraj M. 2015. Can urban trees reduce the impact of climate change on storm runoff? Urbani izzivi, 26: 165–178.

Zabret K., Mikoš M., Rakovec J., Šraj M. 2016. Proces prestrezanja padavin: vpliv fenološke faze, trajanja padavinskega dogodka ter mikrostrukture padavin. Prispevek na konferenci (Raziskave s področja geodezije in geofizike), Ljubljana, Slovenia, Zbornik referatov: 111–121.

Xiao Q., McPherson E. G., Simpson J. R., Ustin S. L. 1998. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. Journal of Arboriculture, 24: 235–244.

Xiao Q., McPherson E. G. 2011. Rainfall interception of three trees in Oakland, California. Urban Ecosystems, 14: 755–769.

Erika KOZAMERNIK[1], Urša VILHAR[2]

POMEN URBANIH GOZDOV ZA VAROVANJE VODNIH VIROV

Ključne besede: *urbani gozdovi, ekosistemske storitve, oskrba s pitno vodo, raba tal, zelena infrastruktura*

Uvod

Gozdovi s svojimi ekosistemskimi storitvami pomembno prispevajo k varovanju vodnih virov, varovanju pred poplavami ter zmanjševanju onesnaženosti zraka (Bolund in Hunhammar, 1999; Vilhar in sod., 2010; Vilhar, 2017), še posebno v urbanih okoljih. Vpliv gozda na ohranjanje količine in kakovosti vodnih virov se veča z deležem površine gozdov v vodozbirnem zaledju (Sanders, 1986; Vilhar in sod., 2006). Boljša kakovost pitne vode v gozdnatih vodozbirnih območjih v primerjavi z drugimi rabami tal je posledica upočasnjenega kroženja hranil in ionov v gozdnih tleh, počasnejšega razkroja organske snovi, večje mikrobiološke aktivnosti, nižjih temperatur in manjših antropogenih posegov v gozdni prostor (Chang, 2003; Zupancic in sod., 2015). Hkrati gozd pomembno prispeva k zmanjševanju erozijskih pojavov, ki zaradi sproščanja sedimentov in plavja ogrožajo vodne vire (McPherson in sod., 1997). Gozd z drevesnimi krošnjami, listnim opadom in gozdnimi tlemi deluje tudi kot naravni filter za onesnaževala v zraku, vodi in tleh (Bolund in Hunhammar, 1999; Vilhar in sod., 2014).

Urbani gozdovi so specifični zaradi fizioloških, socialnih, ekonomskih in estetskih koristi (Konijnendijk in sod., 2006) oziroma ekosistemskih storitev (Tyrväinen in sod., 2003). V urbanih gozdovih so klimatske značilnosti, tla, vegetacija, dinamika tal ter tokovi energije kot rezultat ekoloških vzorcev in procesov, podobni kot v ostalih gozdovih (Dobbs in sod., 2011). Vendar se urbani gozdovi razlikujejo od naravnih ekosistemov po pogostnosti in obsegu motenj, povezanih z urbanizacijo (Vilhar, 2017). Urbanizacija lahko negativno vpliva na kakovost vodnih virov zaradi povečanih vnosov hranil, težkih kovin in organskih onesnaževal (Le Pape in sod., 2012). Urbanizacija prispeva tudi k večjemu in dlje trajajočemu površinskemu odtoku, ki je posledica pozidave tal (Armson in sod., 2013). V slovenski gozdarski stroki in zakonodaji (Zakon o gozdovih s spremembami in dopolnitvami, 1993, 1998, 2007, 2010) je že več desetletij uveljavljen koncept večnamenskega, več-funkcijskega oziroma več-ciljnega gospodarjenja z gozdovi (Bončina 2013) , ki zagotavlja različne funkcije gozda (Planinšek in Pirnat, 2012). Z vidika varovanja vodnih virov je najpomembnejša hidrološka funkcija gozda, ki je v Pravilniku o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (2010) definirana kot pomen gozda za mehansko in biološko čiščenje vode, ki odteče ali pronica z gozdnih površin, ter uravnavanje vodnega režima z zadrževanjem hitrega odtekanja padavinske vode (dežja) s površja (po pobočju in v globino), počasnejšim taljenjem snega, ohranjanjem vode v gozdnih tleh in rastlinah in zakasnjenim pronicanjem vode iz gozdnih tal v sušnih obdobjih. Poudarjeno hidrološko funkcijo imajo zlasti gozdovi v poplavnih, vodovarstvenih in potencialnih vodovarstvenih območjih, določenih v skladu s predpisi, ki urejajo vode.

Ocen, kako in v kakšnem obsegu urbani gozdovi prispevajo k ekosistemskim storitvam varovanja vodnih virov, je malo (Vilhar in sod., 2010; Dobbs in sod., 2011). V prispevku predstavljamo metodologijo za oceno ekosistemskih storitev urbanih gozdov za varovanje vodnih virov na podlagi merljivih kazalnikov in pripadajočih parametrov Metodologija predstavlja uporabno orodje za potrebe odločevalcev v gozdarstvu, vodo-oskrbi, prostorskem načrtovanju, urbanizmu, itd. (Pauleit in Duhme, 2000; Kristensen in Pirc-Velkavrh, 2003; Bealey in sod., 2007; Dobbs in sod., 2011; Maes in sod., 2012; Vilhar in Simončič, 2012).

Metode

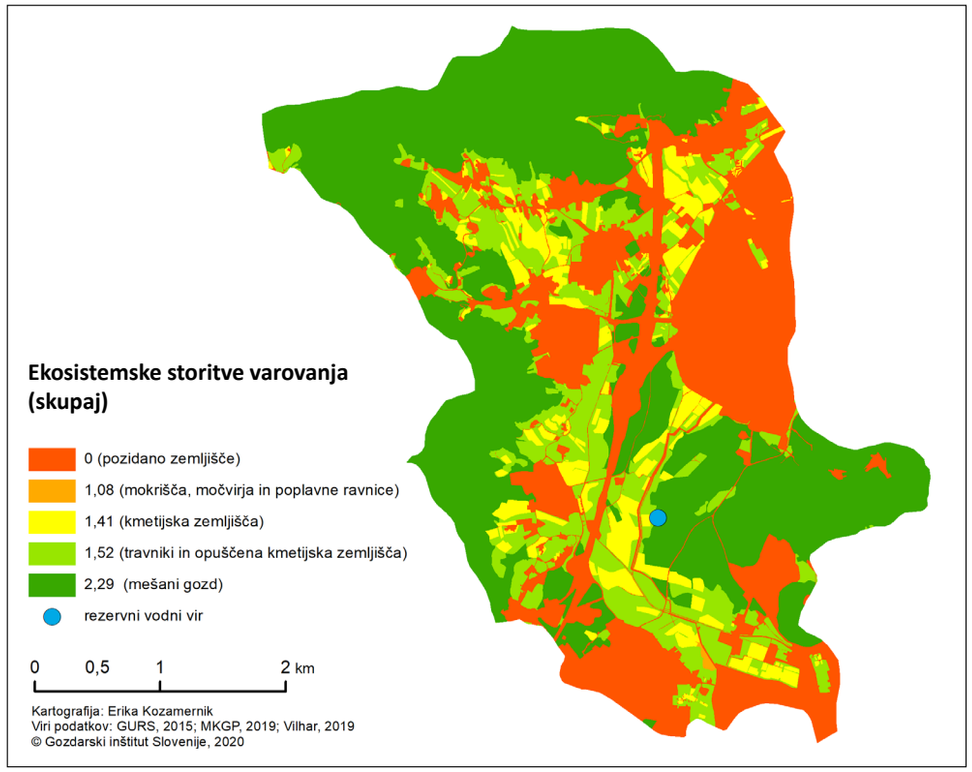
Za oceno ekosistemskih storitev (v nadaljevanju: ES) urbanih gozdov za varovanje vodnih virov smo uporabili nabor kazalnikov in pripadajočih parametrov, ki so rezultat različnih okoljskih raziskav in monitoringov voda, osnesnaženosti zraka, tal in gozdov. Relativne vrednosti izbranih kazalnikov smo primerjali za različne rabe tal s poudarkom na urbanih gozdovih... Metodologija ocenjevanja ES je v nadaljevanju predstavljena na primeru študijskega območja, ki predstavlja porečje vodotoka Glinščica in hkrati območje rezervnega vodnega vira za Mestno občino Ljubljana. V študijskem območju se prepletajo različne rabe tal, pri čemer prevladujejo gozdovi, ki pokrivajo 44,7 % celotnega območja. Kategorije dejanske rabe tal so bile razvrščene v združene kategorije rabe tal glede na njihov relativni prispevek k ekosistemskim storitvam varovanja vodnih virov: (1) mešani gozd, (2) kmetijska zemljišča, (3) travniki oziroma opuščena kmetijska zemljišča, (4) pozidana zemljišča ter (5) mokrišča, možvirja oziroma poplavne ravnice.

Rezultati

Za oceno prispevka posamezne rabe tal k ekosistemski storitvi varovanja vodnih virov so bili izbrani trije kazalniki in sicer a) ohranjanje kakovosti voda, b) uravnavanje količine voda ter c) zmanjševanje onesnaženosti zraka (Vilhar in Kozamernik, 2019).

1 **erika.kozamernik@gozdis.si**, *Oddelek za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
2 **ursa.vilhar@gozdis.si**, *Oddelek za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*

Za kazalnik »ohranjanja kakovosti voda« smo uporabili naslednje parametre: maksimalna koncentracija nitrata (NO_3) v podtalnici Ljubljanskega vodonosnika, dozdevna gostota tal ter C/N razmerje v tleh. Za kazalnik »uravnavanje količine voda« smo uporabili parametre: prestrezanje padavin v krošnjah ter zadrževalna sposobnost tal za vodo. Za kazalnik »zmanjševanje onesnaženosti zraka« pa smo uporabili parametre: letna koncentracija PM_{10}, število dni v letu s prekoračeno mejno koncentracijo PM_{10} (50 µg m-3) ter letna koncentracija NO_2.



Slika 1: Relativni prispevek urbanih gozdov ter ostalih rab tal v študijskem območju k ekosistemski storitvi varovanja vodnih virov.

Razprava in zaključek

Gozd s svojimi gostimi krošnjami, listnim opadom in gozdnimi tlemi deluje kot naravni filter za onesnaževala v zraku, tleh in vodi (Simončič in sod., 2000), zato je pomembno vedeti, v kolikšni meri gozd ohranja ali izboljšuje kakovost voda v primerjavi z drugimi rabami tal. Na podlagi rezultatov ugotavljamo, da urbani gozdovi v znatno večji meri prispevajo k ekosistemski storitvi varovanja vodnih virov kot ostale rabe tal. Največji prispevek urbanih gozdov je bil ugotovljen za zmanjševanje onesnaženosti zraka, kjer so kazalniki znatno višji kot za kmetijska zemljišča ali travnike. Prav tako je bil ugotovljen velik prispevek urbanih gozdov k uravnavanju količine voda, ki pa je bil podoben tudi za mokrišča, močvirja in poplavne ravnice. Pomemben je tudi prispevek urbanih gozdov k ohranjanju kakovosti voda, za katero pa so bile vrednosti kazalnikov podobne tudi pri kmetijskih zemljiščih ter travnikih. Za celotno študijsko območje, ki obsega porečje vodotoka Glinščica, ugotavljamo, da urbani gozdovi na 44,7 % površine dobro opravljajo ekosistemsko storitev varovanja vodnih virov. Razmeroma ugodno prispevajo k ES varovanja vodnih virov travniki oziroma opuščena kmetijska zemljišča ter kmetijska zemljišča z zelo podobnim relativnim prispevkom, ki v študijskem območju skupaj obsegajo 23,5 %. Malce slabši je prispevek mokrišč, močvirij in poplavnih ravnic, ki v študijskem območju obsegajo 1,2 % in so pomembni predvsem z vidika zadrževanja voda. Pozidana zemljišča, ki obsegajo kar 31,4 % površine študijskega območja, pa k ES varovanja vodnih virov ne prispevajo oziroma le to ogrožajo (Walsh in sod., 2005; Vižintin in sod., 2009).

Viri

Armson D., Stringer P., Ennos A. R. 2013. The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. Urban Forestry & Urban Greening, 12, 3: 282-286.

Bolund P., Hunhammar S. 1999. Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 29, 2: 293-301.

Bončina A., 2013. Razvoj večnamenskega gospodarjenja z gozdovi: funkcije gozda, ekosistemske storitve in prednostna območja. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana: 31-36.

Chang M. 2003. Forest hydrology: an introduction to water and forests. CRC Press LLC.

Dobbs C., Escobedo F. J., Zipperer W. C. 2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. Landscape and Urban Planning, 99, 3–4: 196-206.

Konijnendijk C. C., Ricard R. M., Kenney A., Randrup T. B. 2006. Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe. Urban Forestry & Urban Greening, 4, 3–4: 93-103.

Le Pape P., Ayrault S., Quantin C. 2012. Trace element behavior and partition versus urbanization gradient in an urban river (Orge River, France). Journal of Hydrology, 472–473, 0: 99-110.

McPherson E. G., Nowak D., Heisler G., Grimmond S., Souch C., Grant R., Rowntree R. 1997. Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. Urban Ecosystems, 1, 1: 49-61.

Planinšek Š., Pirnat J. 2012. Predlogi za izboljšanje sistema funkcij gozdov v Sloveniji. Proposals for Improvement of the System of Forest Functions in Slovenia. Gozdarski vestnik, 70, 5-6: 276-283.

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/10.

Sanders R. A. 1986. Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton. Ohio, Urban Ecology, 9, 3–4: 361-376.

Tyrväinen L., Silvennoinen H., Kolehmainen O. 2003. Ecological and aesthetic values in urban forest management. Urban Forestry & Urban Greening, 1, 3: 135-149.

Vilhar U., Planinšek Š., Ferreira A. 2010. Vpliv gozdov na kakovost virov pitne vode Mestne občine Ljubljana - Influence of forests on drinking water resources quality in the Municipality of Ljubljana. Gozdarski vestnik, 68, 5/6: 310-320.

Vilhar U., Simončič P., Kajfež-Bogataj L., Katzensteiner K., Diaci J. 2006. Influence of forest management practice on water balance of forest in the dinaric karst. All about karst & water: decision making in a sensitive environment. Vienna, 09.-11.10.2006: 290-295.

Vilhar U., Žlindra D., Rupel M., Simončič P. 2014. Spremljanje kakovosti zraka v gozdu - Monitoring of ambient air quality in forests. Vetrnica, 7, 109-119.

Vilhar U. 2017. The Urban Forest - Water Regulation and Purification. V: The Urban Forest. Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment.Pearlmutter D., Calfapietra C., Samson R., O'Brien L., Krajter Ostoić S., Sanesi G., Alonso Del Amo R. Springer: 41-47.

Zakon o gozdovih. 1993. Ur. l. RS, št. 30/93, 13/98, 67/02, 115/06, 110/07, 106/10.

Zupancic T., Kingsley M., Jason T., Macfarlane R. 2015. Why Nature Matters to Health – An Evidence Review. Toronto, Toronto Public Health: 2 Green City: 37 str.

Urša VILHAR[1]

PREDLOGI KAZALNIKOV ZA SPREMLJANJE HIDROLOŠKE FUNKCIJE GOZDOV

Ključne besede: *vodna bilanca gozda, sestojne padavine, odtok, gozdno-gospodarski ukrepi, kazalnik*

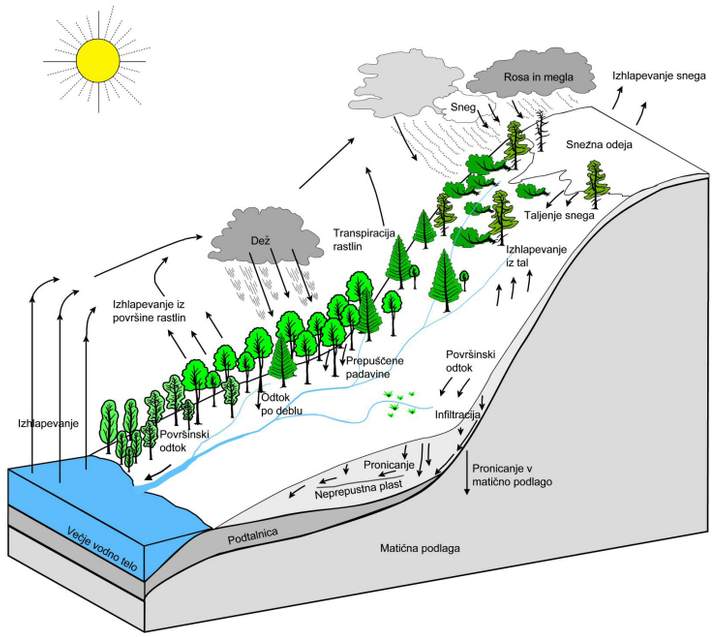
Uvod

Količina, oblika in časovna razporeditev padavin so izredno pomembni za gozdne ekosisteme, saj pomembno vplivajo na njihovo preskrbo z vodo. Hkrati so gozdovi pomembni zaradi hidrološke funkcije, saj s prestrezanjem padavin in zadrževanjem vode v tleh prispevajo k uravnavanju količine odtoka, varujejo pred poplavami ter zmanjšujejo onesnaženost zraka in tal (Bolund in Hunhammar, 1999; Chang, 2003; Vilhar in sod., 2014).

Z vidika trajnostnega razvoja gozdarstva ter varovanja vodnih virov v spremenljivem podnebju postaja vse večji pomen hidrološke funkcije mnogonamenskih gozdov. V gozdu je voda del gozdnega ekosistema in celovito gospodarjenje z njo je del celovitega in trajnostnega gospodarjenja z gozdom (Anko, 1994). Ohranjanje kakovosti in količine vodnih virov je izredno pomembna funkcija (oziroma ekosistemska storitev) gozdov v Sloveniji. Slabšanje kakovosti virov pitne vode je znamenje, ki kaže na pomanjkljivosti pri upravljanju z vodami ter našem odnosu do tega naravnega vira. Revizijsko poročilo o učinkovitosti dolgoročnega ohranjanja virov pitne vode namreč opozarja, da je večina površinskih in kar 3 od 21 podzemnih teles v slabem stanju (Anonymous, 2019).

Hidrološka funkcija gozda je v Pravilniku o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (2010) definirana kot pomen gozda za mehansko in biološko čiščenje vode, ki odteče ali pronica z gozdnih površin, ter uravnavanje vodnega režima z zadrževanjem hitrega odtekanja padavinske vode s površja, počasnejšim taljenjem snega, ohranjanjem vode v gozdnih tleh in rastlinah ter zakasnjenim pronicanjem vode iz gozdnih tal v sušnih obdobjih. Poudarjeno hidrološko funkcijo imajo zlasti gozdovi v poplavnih, vodovarstvenih in potencialnih vodovarstvenih območjih, določenih v skladu s predpisi, ki urejajo vode. Ocene, kako in v kolikšnem obsegu gozdovi prispevajo k hidrološki funkciji (Bouten in Jansson, 1995; Pauleit in Duhme,

1 **ursa.vilhar@gozdis.si**, *Oddelek za gozdno ekologijo, Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*



Slika 1: Kroženje vode od zg. gozdne meje do nižinskih poplavnih gozdov (avtor: Urša Vilhar).

2000; Vilhar in sod., 2010a; Dobbs in sod., 2011), so pomembne zaradi meril oziroma kazalnikov za spremljanje učinka gozdnogospodarskih ukrepov na zagotavljanje hidrološke funkcije gozda (Vilhar in sod., 2010a; Jamnik in sod., 2012; Vilhar in Simončič, 2012a; Vilhar in Kozamernik, 2020). Poznavanje optimalne sestave in zgradbe gozdnega sestoja za zagotavljanje hidrološke funkcije gozda je namreč ključnega pomena za prilagojeno gospodarje z gozdovi z namenom varovanja vodnih virov, usklajeno s smernicami Vodne direktive (2000/60/EC) in načrti upravljanja voda (Anonymous, 2016).

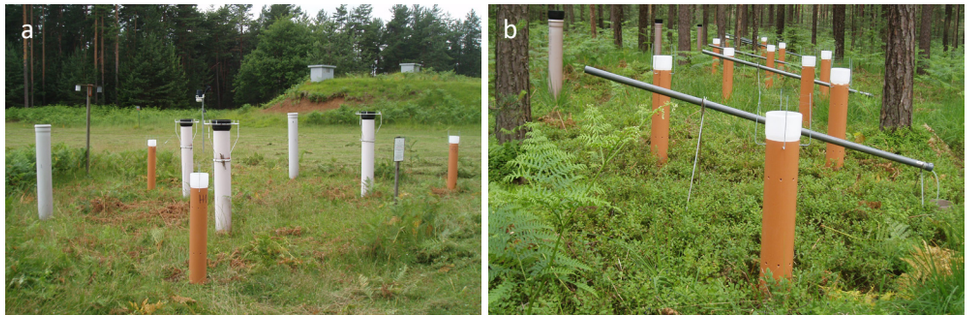
V prispevku predstavljamo raziskave gozdne hidrologije v Sloveniji, ki bi lahko prispevale k ovrednotenju hidrološke funkcije gozdov in izboru kazalnikov za njeno spremljanje.

Metode

Predstavljamo vpliv gozdnogospodarskih ukrepov na hidrološko funkcijo s tremi primeri raziskav Gozdarskega inštituta Slovenije na področju gozdne hidrologije.

V prvem delu predstavljamo rezultate raziskav o količini, obliki in časovni razporeditvi padavin na osmih ploskvah intenzivnega monitoringa gozdov v Sloveniji, na katerih smo v letih od 2004 do 2013 spremljali padavine na prostem, prepuščene pada-

vine, odtok po deblu ter sestojne padavine (Vilhar in sod., 2017). Ugotavljali smo, v kolikšni meri je količina sestojnih padavin v gozdu odvisna od geografske lege, reliefa in mešanosti drevesnih vrst. Primerjali smo tudi padavine na prostem s padavinami najbližje postaje ARSO. V drugem delu predstavljamo raziskave o vplivu osnovanja eksperimentlanih vrzeli v dinarskem jelovo-bukovem gozdu na sestojne padavine, evapotranspiracijo in odtok v podtalje (Vilhar, 2009). Prikazali smo vodno bilanco dinarskega jelovo-bukovega gozda ter posamezne elemente vodne bilance in pri tem uporabili modeliranje (Vilhar in sod., 2010b; Vilhar in Simončič, 2012b). Raziskave so potekale v gospodarskem gozdu ter pragozdu, kjer smo v letih od 2001 do 2007 spremljali padavine na prostem, prepuščene padavine in odtok po deblu. S hidrološkim modelom Brook90 smo v letih od 2001 do 2013 ocenili vodno bilanco gozda ter primerjali evapotranspiracijo in odtok v podtalje za izbrane sestoje in vrzeli v gospodarskem gozdu in pragozdu.

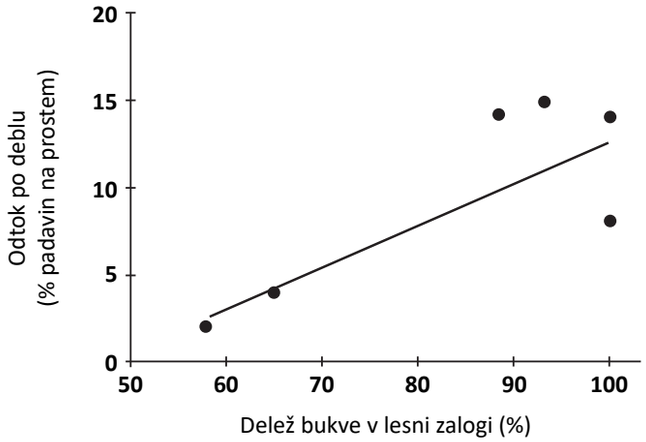


Slika 2: Vzorčevalniki za usedline na ploskvi Brdo v okviru intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov a - na prostem; b - v sestoju (foto: Daniel Žlindra).

Kot zadnjo predstavljamo raziskavo, kako v antropogenih smrekovih sestojih na Pohorju spremembe v mešanosti drevesnih vrst vplivajo na sestojne padavine in posledično na hidrologijo celotnega povodja (Vilhar in sod., 2015a; Vilhar, 2016). Raziskave so potekale v štirih sestojih smreke in štirih mešanih sestojih smreke in bukve v zgornjem porečju Oplotnice na Pohorju, kjer smo v letih od 2008 do 2014 spremljali padavine na prostem, prepuščene padavine in odtok po deblu.

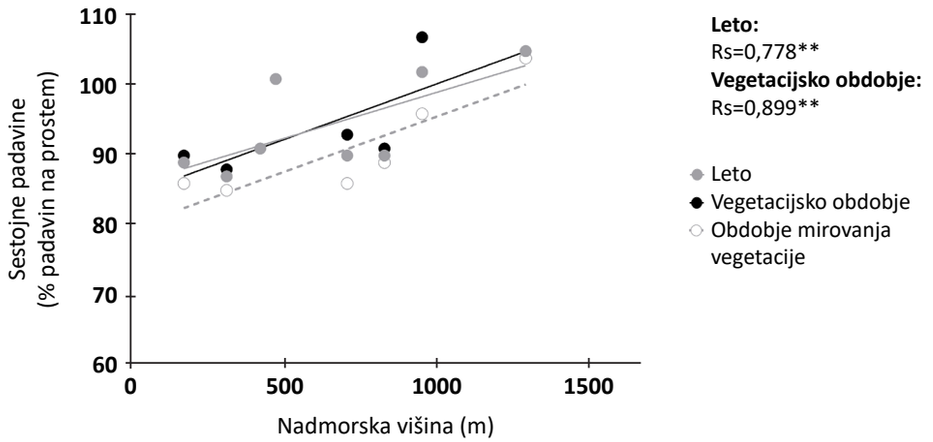
Rezultati

Na osmih ploskvah intenzivnega monitoringa gozdov v Sloveniji se je količina padavin zelo razlikovala zaradi razgibanega površja in splošne porazdelitve padavin v Sloveniji (Vilhar in sod., 2017). Letne prepuščene padavine na ploskvah so znašale od 77 % do 103 % padavin na prostem. Letni odtok po deblu na ploskvah s prevladujočo bukvijo je bil od 2 % do 15 % padavin na prostem. Letne sestojne padavine na ploskvah so v povprečju znašale 94 % padavin na prostem in so naraščale z nadmorsko višino ploskev. Padavine na prostem ter na najbližjih postajah ARSO so se večinoma

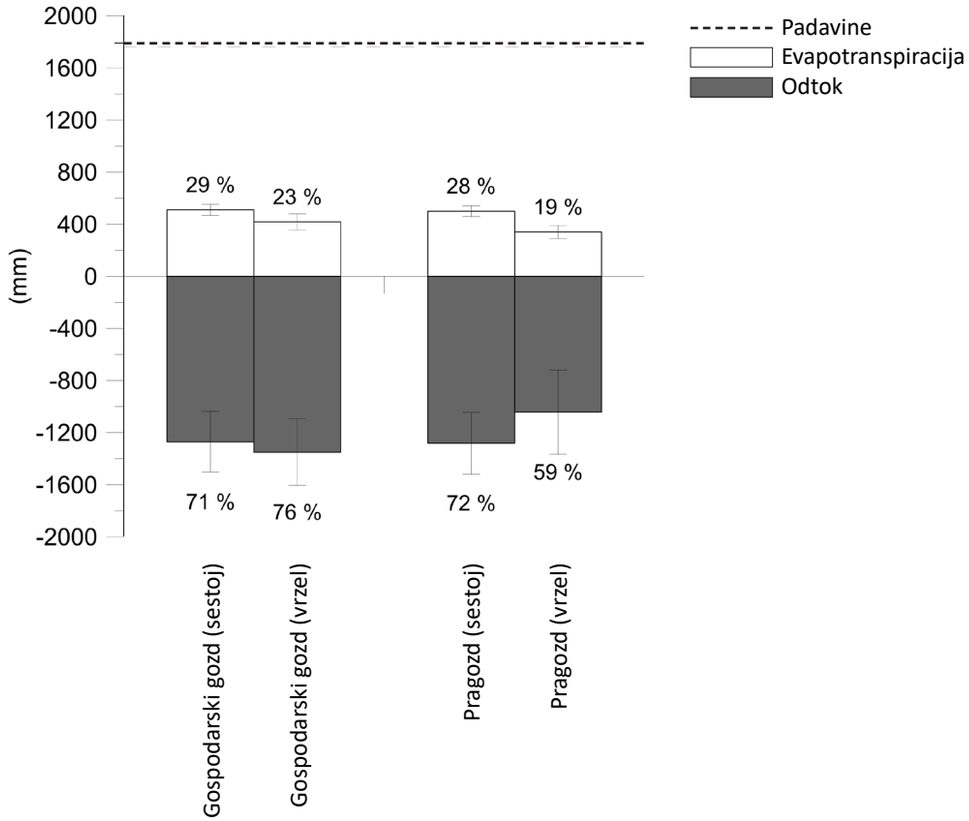


Slika 3: Odtok po deblu (% padavin na prostem) na ploskvah IMGE s prevladujočo bukvijo v odvisnosti od deleža bukve v lesni zalogi (%).

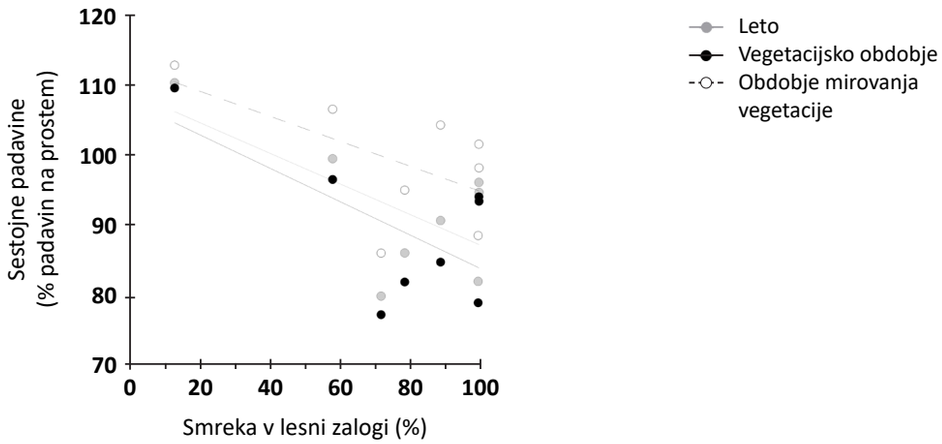
dobro ujemale, razen na ploskvah Fondek v Trnovskem gozu in Tratice na Pohorju, ki sta na topografsko razgibanih gorovjih. Jasne povezave med količino sestojnih padavin in mešanostjo drevesnih vrst nismo ugotovili, saj je nabor ploskev v raziskavi majhen, hkrati pa so geografsko tako oddaljene, da na sestojne padavine bolj vpliva splošna porazdelitev padavin v Sloveniji. V drugi raziskavi smo ugotovili, da tvorba eksperimentalnih vrzeli v dinarskem jelovo-bukovem gozdu pomembno vpliva na spremembo vodne bilance (Vilhar, 2009; Vilhar in sod., 2010b; Vilhar in Simončič, 2012b). Simulirani letni odtok v podtalje je bil največji v eksperimentalni vrzeli v gospodarskem gozdu (76 % padavin na prostem), najmanjši pa v vrzeli v pragozdu (59 % padavin na prostem). Letni odtok je bil zelo podoben v obeh sestojih – v gospodarskem gozdu je znašal 71 % padavin na prostem, v pragozdu pa 72 % padavin na prostem.



Slika 4: Letne sestojne padavine na ploskvah IMGE (% padavin na prostem) v odvisnosti od nadmorske višine (m).



Slika 5: Ocena evapotranspiracije in odtoka v podtalje s hidrološkim modelom Brook90 za izbrane sestoje in vrzeli v gospodarskem gozdu in pragozdu v letih od 2001 do 2013.



Slika 6: Delež sestojnih padavin (odstotek padavin na prostem) v odvisnosti od deleža smreke v lesni zalogi (%) v štirih sestojih smreke in štirih mešanih sestojih smreke in bukve v zgornjem porečju Oplotnice na Pohorju v obdobju 2008 - 2014.

Tudi letna evapotranspiracija je bila v obeh sestojih zelo izenačena: v gospodarskem gozdu je znašala 29 % padavin na prostem, v pragozdu pa 28 % padavin na prostem. V vrzelih je bila evapotranspiracija v skladu s pričakovanji precej manjša: v eksperimentalni vrzeli v gospodarskem gozdu je znašala 23 % padavin na prostem, v vrzeli v pragozdu pa 19 % padavin na prostem.

Raziskave v antropogenih smrekovih sestojih na Pohorju so pokazale, da spremembe v drevesni sestavi lahko pomembno vplivajo na sestojne padavine (Vilhar in sod., 2015a; Vilhar, 2016). Letne sestojne padavine na ploskvah so v povprečju znašale 92 % padavin na prostem, od tega 99 % v obdobju mirovanja vegetacije in 89 % v vegetacijskem obdobju. Ugotavljamo, da se z večanjem deleža smreke v lesni zalogi (in manjšanjem deleža bukve) zmanjšujejo letne sestojne padavine. Hkrati so sestojne padavine v vegetacijskem obdobju v povprečju 10 % manjše kot v obdobju mirovanja vegetacije, kar kaže na večje prestrezanje padavin v krošnjah mešanih sestojev v času olistanja.

Razprava in zaključek

Sestojne padavine kot vsota prepuščenih padavin ter odtoka po deblu so pomemben kazalnik za hidrološko funkcijo gozdov, predvsem z vidika uravnavanja vodnega režima z zadrževanjem prestreženih padavin v krošnjah dreves. V prispevku ugotavljamo, da mešanost drevesnih vrst v gozdovih smreke in bukve v porečju Zgornje Oplotnice na Pohorju pomembno vpliva na količino sestojnih padavin (Vilhar, 2016). Z večanjem deleža smreke v lesni zalogi so se letne sestojne padavine zmanjševale, kar kaže na večjo sposobnost zadrževanja vode v krošnjah mešanih sestojev, v katerih prevladuje smreka. Hkrati so bile sestojne padavine na obravnavanih ploskvah v vegetacijskem obdobju v povprečju 10 % manjše kot v obdobju mirovanja vegetacije, kar kaže na večje prestrezanje padavin v krošnjah mešanih sestojev v času olistanja. Take spremembe lahko vplivajo na hidrologijo celotnega povodja, saj večji delež listavcev v mešanih gozdovih prispeva k večjemu deležu prepuščenih padavin in odtoka po deblu, manjšemu prestrezanju padavin v krošnjah dreves ter večjemu celotnemu odtoku iz povodja (Vilhar in sod., 2015a).

Na spremembe odtoka v podtalje pomembno vpliva tudi tvorba večjih vrzeli v gozdu kot posledica gozdnogospodarskih ukrepov. V dinarskem jelovo-bukovemww gozdu je tvorba večjih vrzeli vplivala na večji odtok v podtalje in manjšo evapotranspiracijo v primerjavi s sestojem (Huff in sod., 2000; Cognard-Plancq in sod., 2001; Post in Jones, 2001; Brown in sod., 2005; Sun in sod., 2005). Odstranitev večjih dreves namreč vpliva na zmanjšanje transpiracije in intercepcije padavin v vrzelih (Zirlewagen in Von Wilpert, 2001). Nastanek vrzeli v pragozdnem rezervatu je mnogo manj vplival na spremembe vodne bilance, saj je bila vrzel manjša, v njej so ostala drevesa različne starosti, prisoten je bil že naravni podmladek in veliko ostankov podrtih dreves (Vilhar, 2009). Z vidika hidrološke funkcije je pomlajevanje pod zastorom, ki mu sledi

odpiranje več manjših vrzeli (tehnika gojenja, ki je trenutno v praksi), primernejši način za naravno pomlajevanje dinarskih jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji (Vilhar in sod., 2015b), saj bo tako optimalno uravnavanje vodnega režima s transpiracijo in z zadrževanjem prestreženih padavin v krošnjah dreves ter gozdnih tleh.

Na ploskvah IMGE se je količina padavin zelo razlikovala, kar smo zaradi razgibanosti reliefa in splošne porazdelitve padavin v Sloveniji (Cegnar, 2003) tudi pričakovali. Padavine na prostem in tudi delež sestojnih padavin v padavinah na prostem so se večali z nadmorsko višino ploskev. Pomembna je tudi geografska lega ploskev, saj se je količina padavin na prostem manjšala v smeri od juga proti severu ter od zahoda proti vzhodu, kar je bilo še posebno izrazito v vegetacijskem obdobju. V Sloveniji se količina padavin veča od Primorja do vrha alpskodinarske pregrade, nato pa se manjša z oddaljenostjo od morja proti severovzhodu države (Cegnar, 2003). Na skrajnem severovzhodu države je po navadi padavin manj kot 800 mm (ibid.), kar se ujema z rezultati naše raziskave, saj smo najmanjšo letno količino padavin na prostem izmerili na ploskvi Murska šuma (775 mm). Padavine na prostem ter na najbližjih postajah ARSO so se večinoma dobro ujemale, razen na ploskvah Fondek v Trnovskem gozu in Tratice na Pohorju, ki sta v topografsko razgibanih gorovjih. V primeru nerazpoložljivosti podatkov o padavinah v topografsko in reliefno razgibanih območjih je potrebna previdnost pri uporabi podatkov z najbližje postaje ARSO (Vilhar, 2010; 2016). Priporočamo vsaj nekajletne meritve padavin na prostem v neposredni bližini raziskovalnih ploskev v gozdu ter uporabo izpeljanih transfernih funkcij za daljše časovne nize. Jasne povezave med količino sestojnih padavin in mešanostjo drevesnih vrst nismo ugotovili. Nabor ploskev v raziskavi je namreč majhen, hkrati pa so geografsko tako oddaljene, da na razlike v padavinskem režimu v gozdu bolj vplivajo topografija, relief (Siegert in sod., 2016; Vilhar, 2016), geografska lega (Cegnar, 2003), intenzivnost padavin (Šraj in sod., 2008; Kermavnar, 2015) kot pa mešanost drevesnih vrst. Za ugotavljanje vpliva mešanosti drevesnih vrst na prostorsko in časovno razporeditev padavin v gozdu bi morali spremljati padavine na majhnem območju s čim enotnejšo topografijo, reliefom, orografskimi dejavniki ter obravnavati več ploskev z različnimi deleži drevesnih vrst (Siegert in sod., 2016; Vilhar, 2016).

Viri

Anko B. 1994. Gozd in voda: zbornik republiškega seminarja, Poljče, 11.-13. oktober 1994, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 257 str.

Anonymous. 2016. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021 M. Z. O. I. Prostor. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 295 str.

Anonymous. 2019. Učinkovitost dolgoročnega ohranjanja virov pitne vode. Revizijsko poročilo. Ljubljana, Računsko sodišče Republike Slovenije: 44 str.

Bolund P., Hunhammar S. 1999. Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, 29, 2: 293–301.

Bouten W., Jansson P. E. 1995. Water balance of the Solling spruce stand as simulated with various forest-soil-atmosphere models. Ecological Modelling, 83, 1-2: 245–253.

Brown E. A., Zhang L., Mcmahon T. A., Western W. A., Vertessy A. R. 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. Journal of Hydrology, 310, 1-4: 28–61.

Cegnar T. 2003. Podnebne spremembe in padavinski režim. 14. Mošičev vodarski dan: 200 str.

Chang M. 2003. Forest hydrology: an introduction to water and forests. CRC Press LLC: 392 str.

Cognard-Plancq A.-L., Marc V., Didon-Lescot J.-F., Norman M. 2001. The role of forest cover on streamflow down sub-Mediterranean mountain watersheds: a modelling approach. Journal of Hydrology, 254, 1-4: 229–243.

Dobbs C., Escobedo F. J., Zipperer W. C. 2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. Landscape and Urban Planning, 99, 3–4: 196–206.

EUR-Lex. 2000. Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. Water Frame Directive 2000/60/EC.

Huff D. D., Hargrove B., Tharp M. L., Graham R. 2000. Managing Forsts for Water Yield. The Importance of Scale. Journal of Forestry, December 2000: 15–19.

Jamnik B., Janža M., Prestor J., Smrekar A., Vilhar U., Bračič-Železnik B., Breg Valjavec M. 2012. Predlogi za izboljšanje razmer na področju upravljanja vodnih virov. Proposals for improving conditions in the area of managing water resources: 48 str.

Kermavnar J. 2015. Sestojne padavine v izbranih urbanih gozdovih Ljubljane. Stand precipitation in selected urban forests in the city of Ljubljana. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 103 str.

Pauleit S., Duhme F. 2000. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. Landscape and Urban Planning, 52, 1: 1–20.

Post D. A., Jones J. A. 2001. Hydrologic regimes of forested, mountainous, headwater basins in New Hampshire, North Carolina, Oregon, and Puerto Rico. Advances in Water Resources, 24, 9-10: 1195–1210.

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/10.

Siegert C. M., Levia D. F., Hudson S. A., Dowtin A. L., Zhang F., Mitchell M. J. 2016. Small-scale topographic variability influences tree species distribution and canopy throughfall partitioning in a temperate deciduous forest. Forest Ecology and Management, 359: 109–117.

Sun G., Mcnulty S. G., Lu J., Amatya D. M., Liang Y., Kolka R. K. 2005. Regional annual water yield from forest lands and its response to potential deforestation across the southeastern United States. Journal of Hydrology, 308, 1-4: 258–268.

Šraj M., Lah A., Brilly M. 2008. Meritve in analiza prestreženih padavin navadne breze (*Betula pendula* Roth.) in rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.) v urbanem okolju. Measurements and Analysis of Intercepted Precipitation of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) and Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Urban Area. Gozdarski vestnik, 66, 9: 406–416.

Vilhar U. (ur.). 2009. Vpliv gospodarjenja na vodno bilanco jelovo-bukovih gozdov Dinarskega krasa. Influence of management on water balance of the silver fir-beech forests in the dinaric karst. Studia forestalia Slovenica. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: str. 122.

Vilhar U. 2010. Padavinski režim v vrzelih in sestojih dinarskega jelovo-bukovega gozda. Precipitation regime in gaps and mature stands of Dinaric silver fir-beech forests. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 91: 3–10.

Vilhar U. 2016. Sestojne padavine v mešanih sestojih smreke in bukve na Pohorju. Throughfall in mixed beech-spruce forest in the Pohorje mountains Gozdarski vestnik, 74, 1: 28–45.

Vilhar U., Kestnar K., Vidmar A., Šraj M. 2015a. Meritve in modeliranje odtoka z dveh gozdnatih porečij na Pohorju. Measuring and modelling of runoff from two forested watersheds in Pohorje. Acta hydrotechnica, 28, 48: 49–64.

Vilhar U., Kozamernik E. 2020. Ekosistemske storitve urbanih gozdov za rezervni vodni vir. Ecosystem services of urban forests for a reserve water source. Gozdarski vestnik. (V tisku).

Vilhar U., Planinšek Š., Ferreira, A. 2010a. Vpliv gozdov na kakovost virov pitne vode Mestne občine Ljubljana. Influence of forests on drinking water resources quality in the Municipality of Ljubljana. Gozdarski vestnik, 68, 5/6: 310–320.

Vilhar U., Roženbergar D., Simončič P., Diaci J. 2015b. Variation in irradiance, soil features and regeneration patterns in experimental forest canopy gaps. Annals of Forest Science, 72, 2: 253–266.

Vilhar U., Simončič P. 2012a. Identification of Key Indicators for Drinking Water Protection Services in the Urban Forests of Ljubljana. SEEFOR South-east European Forestry, 3, 2: 103–113.

Vilhar U., Simončič P. 2012b. Water status and drought stress after gap formation in managed and semi-natural silver fir - beech forests. European Journal of Forest research, 131, 5: 1381-1397.

Vilhar U., Starr M., Katzensteiner K., Simončič P., Kajfež-Bogataj L., Diaci J. 2010b. Modelling drainage fluxes in managed and natural forests in the Dinaric karst: a model comparison study. European Journal of Forest Research, 129, 4: 729–740.

Vilhar U., Zupin R., Diaci J. 2017. Primerjava padavin na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdov v Sloveniji. Comparison of Precipitation on Forest Monitoring Plots in Slovenia. Gozdarski vestnik, 75, 2: 59–74.

Vilhar U., Žlindra D., Rupel M., Simončič P. 2014. Spremljanje kakovosti zraka v gozdu. Monitoring of ambient air quality in forests. Vetrnica, 7: 109–119.

Zirlewagen D., Von Wilpert K. 2001. Modeling water and ion fluxes in a highly structured, mixed-species stand. Forest Ecology and Management, 143, 1-3: 27–37.

Peter FRANTAR[1], Andrej DRAKSLER[2], Mišo ANDJELOV[3], Frank HERRMANN[4], Frank H. WENDLAND[5]

GOZD V VODNOBILANČNEM MODELU mGROWA-SI

Ključne besede: *vodna bilanca, napajanje, vodonosnik, podzemna voda, gozd*

Uvod

Model vodne bilance mGROWA omogoča poznavanje vodnega okolja, kar je osnova za uspešno trajnostno upravljanje z vodami. V Sloveniji je bilo narejenih več obdobnih vodnih bilanc, ki so obegale vse ozemlje (Kolbezen, 1998; Frantar, 2008; in drugi), z modelom GROWA in mGROWA-SI pa smo na Agenciji RS za okolje (ARSO) skupaj z raziskovalnim centrom Jülich v Nemčiji (FZJ) razvili zadnji celovit vodnobilančni model (Andjelov in sod., 2016). Vodnobilančni model vključuje nove metodološke pristope v prostorski natančnosti 100 m in v časovni natančnosti od enega dne do enega meseca. Model simulira kroženje vode na različnih vrstah rabe tal, tudi v gozdu. Pregledali smo metodo in analizo rezultatov izbranih vodnobilančnih elementov v obdobju 1981–2010 s poudarkom na napajanju podzemne vode.

Model mGROWA-SI

Model mGROWA-SI je deterministično rastrski model za modeliranje vodne bilance v mrežni osnovi. V vsaki 100 m rastrski celici modela se računajo točkovne vrednosti vodnobilančnih elementov. Osnovni namen modela je bil izdelava napajanja podzemne vode v sezonski časovni skali, vsi drugi elementi modela pa so rezultat potrebnih elementov za dosego osnovnega cilja. V celicah potekajo poenostavljeni hidrološki procesi. Geografski vhodni podatki za model so raba tal, topografija, neprepustne površine, prsti in značilnosti, globina do podzemne vode, hidrogeološke

1 **peter.frantar@gov.si**, *Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana*
2 **andrej.draksler27@gmail.com**, *Andrej Draksler s. p., Zg. Bitnje 14A, 4209 Žabnica*
3 **miso.andjelov@gov.si**, *Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana*
4 **f.herrmann@fz-juelich.de**, *Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, Nemčija*
5 **f.wendland@fz-juelich.de**, *Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, Nemčija*

enote in prepustnost, odvodnjavanje, zastajanje vode idr. Osnova hidrologije modela so meteorološki vhodni podatki: padavine in potencialno izhlapevanje ter meteorološki podatki za simulacijo snežne odeje (Frantar in sod., 2018; Herrmann in sod., 2015; Wendland in sod., 2013).

Na osnovi vseh podatkov v vsaki celici najprej poteka modeliranje procesa vode v prsti/tleh. Modul vode v tleh temelji na nemškem modelu vodne bilance v prsti BOWAB, ki je enodimenzionalen model večslojnih podmodelov vode v prsti. Vsak podmodel predstavlja del profila prsti in deluje na osnovi hidravličnih in pedoloških parametrov. Zelo uporaben produkt modela BOWAB je tudi kazalnik SWD – kazalnik primanjkljaja vode v prsti, ki je zelo uporaben pri analizah suš. Skupni odtok na osnovi modela BOWAB delimo na odtok in napajanje podzemne vode. Količino napajanja podzemne vode ocenjujemo glede na različne metodologije analize baznega odtoka. Na osnovi modula in rabe tal modeliramo tudi dejansko izhlapevanje ter uravnavamo skupni odtok. Oceno dejanskega izhlapevanja ocenjujemo za površine z rastlinsko odejo, posebne analize pa naredimo za območja urbanih površin, vodnih površin…

Osnova izračuna vpliva gozda v modelu je raba tal po sloju Corine Land Cover (CLC), ki razdeljuje gozdne površine Slovenije v tri tipe: mešan, listnat in iglast gozd. Modeliranje vodne bilance na osnovi vrste gozda simulira izhlapevanje ter porabo vode iz prsti na osnovi podatka o koreninskem sloju prsti ter na osnovi podatkov o koeficientih izhlapevanja (dejansko v primerjavi s potencialnim) na mesečni osnovi.

Sloj CLC opredeljuje gozd brez obrobnih kategorij, na 11.900 km^2, kar je 56 % Slovenije. V Sloveniji je torej gozd glavna vrsta pokrovnosti tal, ki opredeljuje vodno bilanco in s tem povezano rabo vode. Kot omenjeno model izračunava rabo vode gozda za tri glavne gozdne tipe, pri čemer pa uporablja povprečne mesečne vrednosti koeficientov izhlapevanja za celotno Slovenijo. Koeficienti izhlapevanja za glavne tipe gozda so bili pridobljeni in izvedeni iz rezultatov analiz podatkov na gozdnih ploskvah Gozdarskega inštituta Slovenije (Vilhar, 2016).

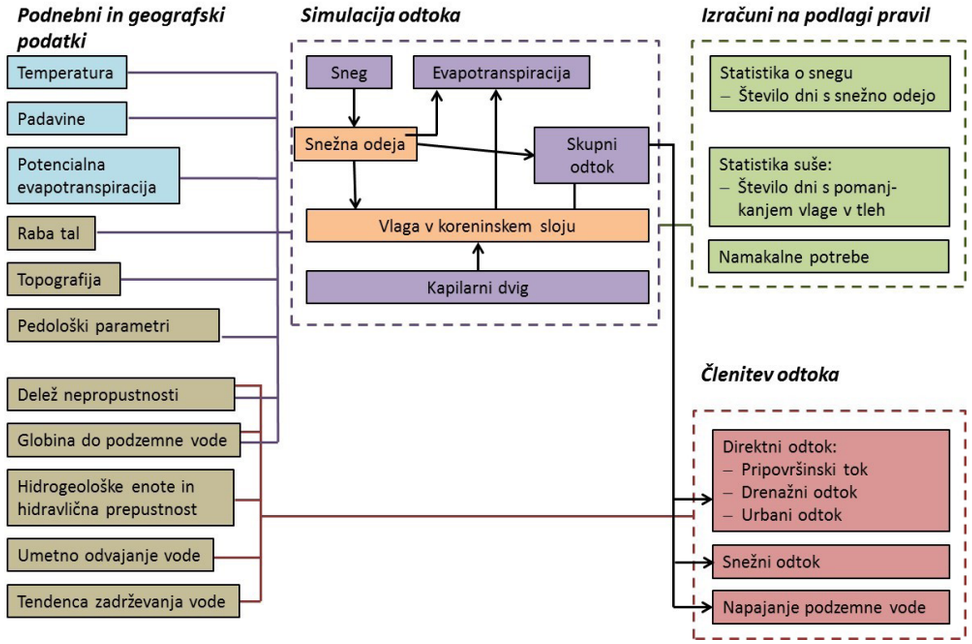
Zavedamo se, da je zaradi naravne geografske pestrosti sama posplošitev lahko tudi vprašljiva, izboljšana natančnost pa terja velik vložek za opredelitev novih natančnejših pogojev v modelu.

Preglednica 1: Koeficienti izhlapevanja za pokrovne tipe gozda v Sloveniji po mesecih uporabljeni v modelu mGROWA-SI.

CLC		jan.	feb.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sep.	okt.	nov.	dec.
311	**Listavci**	1,003	1,003	1,003	1,615	1,7	1,7	1,7	1,7	1,67	1,52	1,344	1,003
312	**Iglavci**	1,183	1,183	1,183	1,194	1,269	1,269	1,269	1,269	1,269	1,262	1,195	1,183
313	**Mešani**	1,173	1,173	1,173	1,173	1,416	1,45	1,45	1,45	1,45	1,41	1,173	1,173

Rezultati za gozdne površine in razprava

V Sloveniji prevladujejo gozdne površine. Njih njih je v povprečju za 6 % večje izhlapevanje, kot je povprečje v državi in za 14 % več kot na negozdnih površinah Slovenije. Največje je izhlapevanje iz listnatih gozdov, v povprečju 710 mm na leto, iz mešanih v povprečju izhlapi 654 mm, iz iglastih pa 596 mm vode na leto.



Slika 1: Shema procesa modela mGROWA-SI.

Odtok z gozdnih površin (846 mm na leto) je prav tako večji, kot je slovensko letno povprečje (801 mm). Z območij iglastih in mešanih gozdov je količina odtoka podobna slovenskemu povprečju, iz iglastih gozdov pa je količina odtoka večja za dobrih 20 %. V primerjavi z negozdnimi površinami Slovenije je gozdni odtok večji za 14 %.

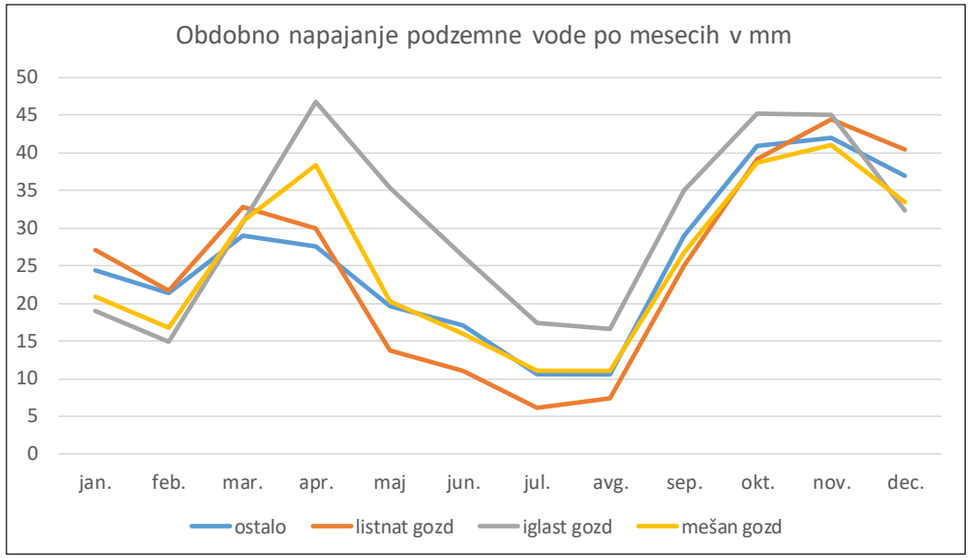
Napajanje podzemne vode neposredno s površine je z gozdnih površin enako slovenskemu povprečju. Iz listnatih in mešanih gozdov je napajanje nekoliko manjše od povprečja, iz iglastih gozdov pa preko tal v vodonosnike dobimo kar 17 % več vode, kot je letno obdobno slovensko povprečje.

Ugotavljamo, da v Sloveniji gozd pomembno vpliva na vodnobilančne elemente. Poleg tega, da je gozd najbolj prevladujoča raba tal v Sloveniji, so iz njega nadpovprečne količine izhlapevanj ter nadpovprečne količine skupnega odtoka. Količina napajanja podzemne vode na gozdnih površinah je podobna povprečju Slovenije (Preglednica 2).

Preglednica 2: Povprečne vrednosti izbranih letnih komponent vodne bilance v obdobju 1981-2000 v Sloveniji po vrstah rabe gozda (listnati, iglasti, mešani), na ostalem ozemlju in na vsem ozemlju Slovenije (Vir: Model mGROWA-SI).

	ETA (mm)	koef	Qn (mm)	koef	Qrn (mm)	Koef
Listnati	710	1,13	805	1,00	298	0,96
Iglasti	596	0,95	966	1,21	364	1,17
Mešani	654	1,04	821	1,02	304	0,98
Skupaj	663	1,06	846	1,06	315	1,01
Ostalo	582	0,93	744	0,93	308	0,99
Slovenija	628	1,00	801	1,00	312	1,00

Pregled količin povprečnega mesečnega napajanja podzemne vode kaže na veliko časovno, sezonsko spremenljivost in odvisnost od padavinskih režimov, vegetacijske dobe in podnebnih značilnosti. V januarju in februarju se tako kaže vpliv snega v manjšem napajanju, od maja do avgusta pa je manjše napananje posledica manjše mesečne količine padavin ter večjega izhlapevanja iz rastlin. Spomladi večje napajanje lahko pripišemo tudi taljenju snega, katerega zadrževanje in taljenje omogoča model mGROWA-SI. V pomladanskem in poletnem času lahko največ napajanja pripišemo iglastemu gozdu, medtem ko listnat gozd vodo precej bolj zadržuje in tako drugače vpliva na napajanje vodonosnikov.



Slika 2: Povprečno mesečno napajanje podzemne vode po vrstah rabe tal na osnovi rezultatov modela mGROWA-SI.

Preglednica 3: Povprečno mesečno napajanje podzemne vode v obdobju 1981-2000 v Sloveniji po vrstah rabe gozda (listnati, iglasti, mešani) in na preostalem ozemlju Slovenije (Vir: Model mGROWA-SI).

	jan.	feb.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sep.	okt.	nov.	dec.
Ostalo	24	21	29	28	20	17	11	11	29	41	42	37
Listnati	27	22	33	30	14	11	6	7	25	39	44	40
Iglasti	19	15	31	47	35	26	17	17	35	45	45	32
Mešani	21	17	31	38	20	16	11	11	27	39	41	34

Razprava in zaključek

Model mGROWA-SI je celovit vodnobilančni model na območju Slovenije, ki omogoča najrazličnejše analize. Poleg sezonskih analiz omogoča tudi analize vodnobilančnih elementov po različnih vrstah rabe tal – različnih vrstah gozda. Natančnejše analize so mogoče s prilagoditvijo vhodnih parametrov ter natančnejšimi podatki o gozdnih površinah, kot so npr. gozdne združbe, količina biomase, natančnejši podatki o koeficientih gozdnih združb… Na splošno lahko ugotovimo, da je z gozdnih površin Slovenije večji odtok, večje izhlapevanje in večje napajanje vodonosnikov, kot je na preostalih rabah tal v Sloveniji.

Viri

Andjelov M., Mikulič Z., Tetzlaff B., Uhan J., Wendland F. 2016. Groundwater recharge in Slovenia, Results of a bilateral German-Slovenian Research project. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment Band / Volume 339. Jülich, Germany.

Frantar P. (ur.), 2008: Vodna bilanca Slovenije 1971-2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.

Frantar P., Herrmann F., Andjelov M., Draksler A., Wendland F. 2018. Vodnobilančni model mGROWA-SI. 29. Mišičev vodarski dan. http://www.mvd20.com/zbornik.php?page=letnik2&leto=2018.

Herrmann F., Keller L., Kunkel R., Vereecken H., Wendland F. 2015. Determination of spatially differentiated water balance components including groundwater recharge on the Federal State level – A case study using the mGROWA model in North Rhine-Westphalia (Germany). Journal of Hydrology: Regional Studies 2015; 4: 294–312.

Kolbezen M., Pristov J., 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS.

Vilhar U. 2016. Priprava informacij o gozdnih ploskvah in poenostavljene korekcije koeficientov ETP/ETR za gozdne tipe v Sloveniji za model mGROWA. Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo.

Wendland F., Herrmann F., Kunkel R., Tetzlaff B. 2013. System of GROWA models – History and application in Germany and abroad. Maribor, 24. Mišičev vodarski dan – Zbornik referatov.

Študije vodnih ekosistemov

Mojca GOLOBIČ[1], Nadja PENKO SEIDLI[2], Tomaž PIPAN[3], Mateja ŠMID HRIBAR[4], Jelka HUDOKLIN[5]

GOZD IN VODA KOT PRVINI PREPOZNAVNOSTI SLOVENSKIH KRAJIN

Ključne besede: *prepoznavnost krajine, krajinska zgradba, identiteta prostora, nacionalna prepoznavnost*

Uvod

Prepoznavnost krajine je skupek značilnosti krajinske zgradbe in njenih simbolnih pomenov, po katerih se krajine med seboj razlikujejo in po katerih so prepoznavne. Prepoznavnost krajine je eden od pomembnih dejavnikov nacionalne in regionalne identitete in kakovosti bivanja, zato je upoštevanje, ohranjanje in krepitev prepoznavnosti elementov, ki določajo identiteto prostora, zapisano med načeli urejanja prostora (ZUreP-2). Prepoznavnost se lahko nanaša na posamezne krajinske prvine in območja. Območja nacionalne prepoznavnosti so prikazana v (še veljavni) Strategiji prostorskega razvoja Slovenje (2004), vendar zaradi nejasne metodologije ter ohlapnih usmeritev in predvsem pomanjkanja instrumentov za izvajanje omenjena območja niso vplivala na urejanje prostora na nižjih ravneh ali v drugih resorjih. Območja naj bi na novo določili v okviru akcijskih programov SPRS2050, skupaj z usmeritvami za njihovo urejanje, zato je Ministrstvo za okolje in prostor razpisalo nalogo za nadgradnjo metodologije za določitev območij prepoznavnosti na državni ravni. Prikaz in usmeritve za območja na nacionalni ravni bodo služili kot splošna strokovna podlaga nosilca urejanja prostora za krajino (Direktorat za prostor, graditev in stanovanja na MOP), za pripravo državnih prostorskih načrtov, regionalnih prostorskih načrtov, občinskih prostorskih načrtov ter kot priporočila za pripravo okoljskih poročil (poglavje Krajina) v postopkih celovite presoje vplivov na okolje (CPVO). Namen naloge je tudi pripraviti navodila za opredelitev krajinskih značilnosti in območij prepoznavnosti v RPP, OPN-jih ter pripraviti strokovno podlago za oblikovanje ukrepov pri resorjih, ki upravljajo s krajino (varstvo kult. dediščine, kmetijstvo, gozdarstvo, urejanje voda, ohr. narave).

1 **mojca.golobic@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta UL, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*
2 **nadja.penko@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta UL, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*
3 **tomaz.pipan@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta UL, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*
4 **mateja.smid@zrc-sazu.si**, *Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana*
5 **jelka.hudoklin@acer.si**, *ACER Novo mesto, Šentjernejska c. 43, 8000 Novo mesto*

Območje prepoznavnosti je območje, ki je zaradi svojih značilnosti zaznano kot entiteta, ki je prepoznavna v tem, da se razlikuje od drugih območij in ima svoj prepoznaven krajinski značaj (Stobbelaar in Pedroli, 2011, Hudoklin in sod., 2005). Območja nacionalne prepoznavnosti krajine so lahko: (a) posamezna območja prepoznavnosti, ki so edinstvena/neponovljiva in prepoznavna med strokovno in splošno javnostjo – npr. Bled, Piran, (b) območja prepoznavnosti, za opredelitev katerih so ključne in značilne posamezne prvine prepoznavnosti, ki se povezujejo v splošne – npr. cerkvica na gričku; ali regionalno značilne vzorce – npr. belokranjski steljniki, obdelovalne terase, dolenjski vinogradi z zidanicami itn. ter (c) območja prepoznavnosti, za opredelitev katerih so ključne nefizične sestavine (zgodovinske, raziskovalne, identitetne vrednosti).

V SPRS 2004 je navedenih 62 območij, ki so bila določena zlasti na osnovi strokovnih podlag s področja kulturne dediščine. Ustreznost teh območij smo preverili v anketi med strokovno javnostjo, kjer se je kot prepoznavna in nacionalno pomembna izkazala manj kot polovica. Najbolj prepoznavna so: Bled, Bohinj, Cerkniško polje, Škocjanske jame, Kras, Lipica in Trenta; anketiranci pa so predlagali dodatna območja prepoznavnosti, npr. Posočje, soline, obala, Triglav itn.

Metode

Za ocenjevanje je bil pripravljen postopek, ki vključuje kabinetno in terensko delo. Pripravili smo tudi obrazec, ki za vsako območje predvideva njegov opis, navedbo prvin in vzorcev, ki so pomembni za prepoznavnost, oceno izpolnjevanja meril z utemeljitvijo, skupno oceno stanja, zaris meje območja, značilne fotografije ter usmeritve za njegovo urejanje. Za izbor prvin in vzorcev je pripravljen kontrolni seznam, ki vključuje geomorfološke, vegetacijske, vodne in grajene prvine. Gozd in vodo predstavljajo vegetacijske (obvodna vegetacija, živice – mejice, skupine dreves in grmovnic, zaplate gozda, steljniki) in vodne prvine (morje, izviri in ponori, slapovi, hudourniki, vodotoki, mrtvice, ponikalnice, presihajoča jezera, povirna mokrišča, visoka barja, nizka barja, ledeniki, jezera, akumulacijska jezera kali, lokve, bajerji, ribniki mlinščice, elektroenergetski in razbremenilni kanali, melioracijski jarki, gramoznice soline).

Krajinski vzorci so razdeljeni po krajinskih enotah (Marušič in sod., 1998) in vključujejo za, npr., Julijske Alpe: sredogorske planote (Mežaklja, Pokljuka in Jelovica) s kraškim reliefom in gozdnim površinskim pokrovom ter šotnimi barji (na Pokljuki in Jelovici); območja vodotokov z vodnimi in obvodnimi pojavi (prodišča, suhe struge, nasutine, meandri, vršaji, hidrofilna vegetacija – dolina Soče, Koritnice, Tolminke, Save Dolinke in Save Bohinjke, Pišnice, Radovne, Mostnice). Kamniško-Savinjske Alpe: vzorec gozdne krajine hribovitega sveta na strmih legah, po katerih tečejo stalni ali občasni potoki in hudourniki (pobočja nad dolino Kokre, krvavška pobočja, pobočja srednjegorskega in hribovitega sveta Savinjskih Alp), Prekmurje: gričevje z vinogradi in gozdom (Goričko, Lendavske gorice) itn.

Rezultati

Postopek smo preizkusili na vzorcu desetih območij na delavnici s strokovnjaki v Ljubljani in s terenskim ogledom. Za območje TNP, kjer so bila kot območja prepoznavnosti krajin na nacionalni ravni predlagana Trenta, Bohinj, Pokljuka, Planica s Tamarjem, Triglav z Dolino Triglavskih jezer, pa smo izvedli delavnico v Kobaridu s predstavniki občin, upravljavca in nosilcev urejanja prostora (kmetijstvo, gozdarstvo, ohranjanje narave, varstvo kulturne dediščine). Na delavnicah smo predlagali zamejitve območij, oceno po merilih prepoznavnosti z utemeljitvijo ter komentarje metode. Za območja v TNP so bile predlagane tudi usmeritve za urejanje. Primeri usmeritev za ohranjanje prepoznavnosti na teh območjih so:

Primeri usmeritev za ohranjanje prepoznavnosti na teh območjih so npr.:

- ohranjanje obstoječe rabe, zlasti planin s planinsko pašo. Pri tem se zlasti ohranjajo krajinske značilnosti in strukture, kot so reliefna razgibanost tal, npr. grbinasti travniki, balvani, površinsko skalovje, posamezni grmi in drevesa, suhozidi, ograje, strukturiran gozdni rob, vodne površine ipd.,
- prilagajanje umeščanja morebitnih novih posegov in stavbne tipologije krajinskim vzorcem in prvinam pomembnim za prepoznavnost,
- ohranjanje naravnega razvoja rušja,
- ohranjanje meje med pašniki/travniki ter gozdom in preprečevanje zaraščanja na planinah in prepoznavnih kraj. prizoriščih; npr. na vstopu v Planico.

Določili smo tudi ukrepe, ki jih lahko uporabljamo za izvajanje naštetih usmeritev:

- Kot posebno pomemben instrument je predlagana krajinska zasnova. ZUreP-2 jo uvaja kot (obvezno) strokovno podlago, vendar so določila, v katerem primerih jo je treba izdelati, zelo ohlapna.
- V primeru TNP, ki ima upravljavca, so ključen instrument tudi načrt upravljanja in naloge v njegovem okviru (izvedba posamičnih ureditev, nadzor, ozaveščanje). Predstavniki TNP so opozorili, da je za NU premalo sredstev in kadra (zlasti) za izvajanje nalog nadzora in svetovanja.
- Občinski prostorski načrti (OPN) z določbami o namenski rabi (zlasti za zamejitev gradnje) ter prostorskimi izvedbenimi pogoji (glede parcelacije, gabaritov in oblikovanja objektov itn).
- Med ukrepi, ki jih imajo na voljo posamezni resorji, so pomembni: uvrstitev posamičnih območij med (krajinske) naravne vrednote (ZON), izvajanje ustreznih ukrepov kmetijske politike (program razvoja podeželja, navzkrižna skladnost) ter vključitev usmeritev v gozdnogospodarske načrte.

Viri

Hudoklin J., Selak I., Simič S., Ogrin D. 2005. Ohranjanje prepoznavnosti slovenskih krajin: podrobnejša pravila za urejanje prostora. Ciljni raziskovalni projekt: Konkurenčnost Slovenije 2001–2006: tretje poročilo. Novo mesto, Acer, 72 str.

Marušič J., Ogrin D., Jančič. M. 1998. Metodološke osnove. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor RS, Urad RS za prostorsko planiranje: 120 str.

Odlok o strategiji prostorskega razvoja Slovenije. 2004. Ur. l. RS, št. 76/04, 33/07 – ZPNačrt in 61/17 – ZUreP-2.

Stobbelaar D. J., Pedroli, B. 2011. Perspectives on landscape identity: A conceptual challenge. Landscape Research, 36, 3, 321-339.

Jana MELJO[1], Nataša SMOLAR ŽVANUT[2]

GOZD IN POSEBNA RABA POVRŠINSKIH VODA

Ključne besede: *načrt upravljanja voda, posebna raba površinskih voda, ekološko sprejemljiv pretok, gozd*

Uvod

Voda je javna dobrina. Potrebujemo jo za zagotavljanje najosnovnejših potreb, nepogrešljiva je tudi njena raba v gospodarstvu, kmetijstvu, za rekreacijo, plovbo in podobno. Z vodo moramo ravnati odgovorno in spodbujati le trajnostno rabo voda.

Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 (vodna direktiva) določa okvir za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike. Je pravno zavezujoča in implementirana v Zakon o vodah (ZV-1, 2002 in spremembe). Vodna direktiva je pomembna kot dokument, ki tudi neposredno zadeva gospodarjenje z gozdom oz. hidrološko funkcijo gozda (Gozd in voda, 2007). Vodna direktiva določa pripravo Načrtov upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (v nadaljevanju NUV). Z namenom doseganja ciljev upravljanja voda je bil s sklepom Vlade Republike Slovenije sprejet Program ukrepov upravljanja voda (MOP, 2016a). Z izvajanjem posameznih ukrepov s področja rabe voda prispevamo k zadrževanju vode v povirjih, k izboljšanju vodnega režima in stanja voda.

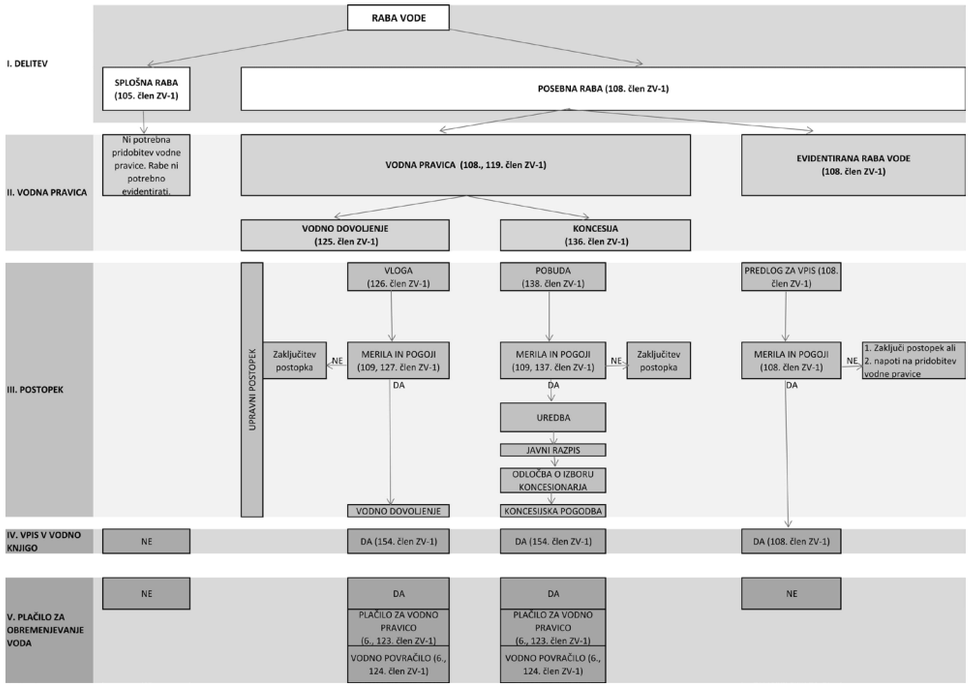
Skladno z 2. členom ZV-1 je cilj upravljanja z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči doseganje dobrega stanja voda in drugih, z vodami povezanih ekosistemov, zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje in uravnavanje vodnih količin in spodbujanje trajnostne rabe voda, ki omogoča različne vrste rabe voda ob upoštevanju dolgoročnega varstva razpoložljivih vodnih virov in njihove kakovosti. Med najpomembnejše pravne podlage, ki se nanašajo na gozd in vodo, in gozdarski stroki določajo smotrno ravnanje z gozdom v prid izboljšanja hidroloških lastnosti gozda, sodijo poleg Zakona o gozdovih (ZG, 2007 in spremembe) tudi ZV-1, Zakon o varstvu okolja (ZVO-1, 2006 in spremembe) in tem zakonom podrejeni predpisi (Gozd in voda, 2007). Gozdovi zelo vplivajo na vodni cikel: padavinsko vodo zadržujejo in preprečujejo, da bi odtekla po površini. Hidrološka vloga gozdov je zelo pomembna na območjih virov pitne vode (Gozd in gozdarstvo, 2020).

1 **jana.meljo@gov.si**, *Direkcija Republike Slovenije za vode, Hajdrihova ulica 28c, 1000 Ljubljana*
2 **natasa.smolar-zvanut@gov.si**, *Direkcija Republike Slovenije za vode, Hajdrihova ulica 28c, 1000 Ljubljana*

Zakonske podlage za rabo voda

ZV-1 opredeljuje pojem rabe voda kot je prikazano na sliki 1. Splošna raba voda obsega predvsem rabo vodnega ali morskega dobra za pitje, kopanje, potapljanje, drsanje ali druge osebne potrebe. Za splošno rabo ni treba pridobiti vodne pravice niti je ni treba evidentirati, ni potreben vpis v vodno knjigo in se zanjo ne plačuje plačil za obremenjevanje voda.

Za vsako rabo vodnega ali morskega dobra, ki presega meje splošne rabe, za rabo naplavin in podzemnih voda je treba pridobiti vodno pravico na podlagi vodnega dovoljenja, koncesije oziroma jo je treba evidentirati. Podatki o posebni rabi voda se zbirajo v vodni knjigi. Posebna raba vode za oskrbo s pitno vodo ima prednost pred drugimi vrstami rabe.



Slika 1: Raba voda in vodna pravica (MOP, 2016a).

Omejitve rabe površinskih voda

V NUV 2016-2021 (MOP, 2016a) je bila analizirana posebna raba voda. V Sloveniji je skupno podeljenih okoli 38.000 vodnih pravic za rabo voda, od tega na površinskih okoli 1.800. Največ vodnih pravic je podeljenih za oskrbo s pitno vodo. Na površinskih vodah je največ vodnih pravic podeljenih za male hidroelektrarne, ribogojnice ter za namakanje, medtem ko je največji delež porabljene vode za proizvodnjo energije v hidroelektrarnah (MOP, 2016a).

Cilji v povezavi z rabo voda, ki so skladni z okoljskimi cilji in cilji v povezavi z urejanjem voda so spodbujanje trajnostne rabe voda, vzpostavitev podpore načrtovanju rabe voda v Sloveniji, izboljšanje evidenc o rabi voda, evidentiranje podatkov o količinah rabljene vode, omejitev rabe vode v povirjih, zmanjšanje števila kršitev, povezanih z rabo voda ter zagotovitev zadostne količine kakovostne pitne vode.

Program ukrepov za doseganje ciljev upravljanja voda sestavljajo temeljni ukrepi (t.i. temeljni ukrepi »a« in temeljni ukrepi »b«) in dopolnilni ukrepi. Temeljni ukrepi »a« so ukrepi, ki se že izvajajo na podlagi predpisov, ki urejajo področje voda, varstva okolja in ohranjanja narave. Temeljni ukrepi »b« so ukrepi, ki dopolnjujejo oz. nadgrajujejo aktivnosti, izhajajoče iz temeljnih ukrepov »a« in odpravljajo različne vrzeli. Le za vodna telesa, kjer se ocenjuje, da okoljski cilji leta 2021 oz. 2027 ne bodo doseženi kljub izvajanju temeljnih ukrepov, so predvideni dopolnilni ukrepi (MOP, 2016b).

Temeljni ukrepi »a«, ki se nanašajo na omejitve, prepovedi in pogoje rabe voda, izhajajo iz predpisov, kot so ZV-1, Pravilnik o komercialnih ribnikih (Uradni list RS, št. 113/07), uredbe in odloki o vodovarstvenih območjih, Uredba o kriterijih za določitev ter način spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS, št. 97/09) (v nadaljevanju: Uredba o Qes) in Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/11, 49/12 in 67/16). Iz slednje izhajajo naslednje omejitve, prepovedi in pogoji:

- Vodne pravice za posebno rabo vode se ne podeli, če je vrednost srednjega malega pretoka vode (sQnp) v profilu predvidenega odvzema vode manjša ali enaka 0,02 $m^3 s^{-1}$ in je hkrati vrednost srednjega pretoka vode (sQs) v profilu predvidenega odvzema vode manjša ali enaka 0,08 $m^3 s^{-1}$, razen v primeru oskrbe s pitno vodo.
- Vodne pravice za rabo vode za proizvodnjo električne energije se ne podeli na delu vodotoka, ki ima prispevno površino manjšo od 10 km^2, ali če je vrednost sQnp v profilu predvidenega odvzema vode manjša ali enaka 0,08 $m^3 s^{-1}$, razen v primeru samooskrbnih gospodinjstev.
- Vodne pravice za posebno rabo vode se ne podeli na referenčnih odsekih. Referenčni odseki so odseki vodotokov in obale jezer, na katerih so referenčna mesta, ki so mesta z le zelo majhnimi spremembami hidromorfoloških, fizikalno-kemijskih in bioloških elementov kakovosti ekološkega stanja površinskih voda zaradi človekove dejavnosti ter ustrezajo opredelitvam za zelo dobro ekološko stanje v skladu s predpisom, ki ureja stanje površinskih voda. Precej referenčnih odsekov je v povirjih.

ZV-1 v 71. členu določa, da mora biti pri posebni rabi površinskih voda, zaradi katere bi se lahko zmanjšal njen pretok ali znižala gladina ali poslabšalo stanje voda, v vseh letnih obdobjih zagotovljen ekološko sprejemljivi pretok (Qes) ali gladina površinske
ZV-1 v 71. členu določa, da mora biti pri posebni rabi površinskih voda, zaradi katere
bi se lahko zmanjšal njen pretok ali znižala gladina ali poslabšalo stanje voda, v vseh letnih obdobjih zagotovljen ekološko sprejemljivi pretok (Qes) ali gladina površinske vode. Uredba o Qes določa merila za določitev Qes ter način spremljanja in poročanja o Qes. 5. člen uredbe določa, da se Qes določi na podlagi hidroloških izhodišč, značilnosti odvzema vode, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka ter podatkov o varstvenih režimih, na katere lahko vpliva nameravana posebna raba površinske vode. Navedene omejitve rabe voda prispevajo k ohranjanju in zadrževanju vode v povirnih delih.

Druge omejitve, vezane na vodo in gozd

Rabo in druge posege v vode ter gozdna zemljišča je treba programirati, načrtovati in izvajati tako, da se ne poslabšuje stanja voda, da se omogoča varstvo pred škodljivim delovanjem voda, ohranja naravne procese, naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov ter varstvo naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave (ZV-1).

Na erozijskem območju je prepovedano krčenje tistih gozdnih sestojev, ki preprečujejo plazenje zemljišč in snežne odeje, uravnavajo odtočne razmere ali kako drugače varujejo nižje ležeča območja pred škodljivimi vplivi erozije (87. člen ZV-1). Prav tako sta na plazljivem območju prepovedana krčenje in večja obnova gozdnih sestojev ter grmovne vegetacije, ki pospešuje plazenje zemljišč (88. člen ZV-1). Ob tem ZV-1 določa tudi, da se gozdarsko delo, ki bi lahko trajno ali začasno vplivalo na vodni režim ali stanje voda, lahko izvede samo na podlagi vodnega soglasja (150. člen ZV-1).

Varovalni pomen gozdov - pomen gozdov za zagotavljanje virov pitne vode

Gozd uravnava vodni odtok z blaženjem erozijske moči dežja ter z veliko infiltracijsko in zadrževalno sposobnostjo gozdnih tal za vodo. Pri nas je hidrološka vloga gozda še posebno pomembna zaradi reliefnih razmer in velike količine padavin v gorskem svetu. Razmerja med največjimi in najmanjšimi letnimi odtoki slovenskih vodotokov kažejo, da imajo številni naši vodotoki hudourniški značaj. Brez gozda bi bil tak značaj zelo okrepljen. Zaradi visoke zadrževalne in filtracijske sposobnosti gozdnih tal so gozdovi izredno pomembni tudi za ohranitev virov sposobnosti gozdnih tal so gozdovi izredno pomembni tudi za ohranitev virov čiste pitne vode (ReNGP, 2007). V Resolu ciji o nacionalnem gozdnem programu (ReNGP, 2007) so zato postavljeni cilji, ki prispevajo k dobremu stanju površinskih in podzemnih voda in stalnosti dotoka pitne vode na vodovarstvenih območjih.

Pri tem pa je na vodovarstvenih območjih treba zlasti:

- ohranjati in po potrebi povečati površino gozdov,
- ohranjati optimalno vrstno sestavo in strukturo sestojev glede čistosti in stalnosti odtoka,
- preprečevati odlaganje odpadkov in sanirati obstoječa smetišča,
- povečati uporabo biološko razgradljivih olj za mazanje žagalnih verig

Kazalci za doseganje ciljev so predvsem: površina gozdov s poudarjeno hidrološko funkcijo; delež gozdov na vodozbirnih območjih (ReNGP, 2007).

Razprava in zaključek

Poudariti je treba, da ima gozd pomembno vlogo pri upravljanju voda, voda pa ima pomembno vlogo pri upravljanju z gozdovi. Upravljanje voda obsega tri področja: varstvo, urejanje in rabo voda. V prispevku so predstavljene predvsem vsebine, ki se nanašajo na rabo površinskih voda. S trajnostno rabo voda zagotavljamo, da lahko gozd prevzame svojo hidrološko funkcijo že v povirnih delih. Pomembna je tudi vloga gozda pri zmanjšanju poplavnega tveganja in tudi pri doseganju ciljev stanja voda. V sklopu ukrepov za varstvo pred škodljivim delovanjem je bil z Načrtom zmanjševanja poplavne ogroženosti 2017–2021 (MOP, 2017) sprejet ukrep Identifikacija, vzpostavitev in ohranitev razlivnih površin visokih voda. Med dopolnilnimi ukrepi Programa ukrepov upravljanja voda (MOP, 2016b) pa je bil sprejet ukrep za neposredno izboljšanje stanja voda: Izvedba ukrepov za zmanjšanje negativnega vpliva rabe tal v obrežnem pasu na stanje voda. Oba ukrepa predvidevata pomembno vlogo gozdov pri izboljšanju stanja voda. Vloga gozdov je pomembna pri zmanjševanju erozijske in plazljive ogroženosti, prav tako je pomembna tudi povezava na gozdnogojitvene načrte, ki so stična točka z upravljanjem voda. Tematika »gozd-voda« je kompleksna in omogoča še veliko prostora za skupno sodelovanje pri upravljanju z vodo in gozdom.

Viri

Gozd in gozdarstvo. 2020. https://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/vloge-gozda/ekoloske-vloge. (12. 2. 2020).

Gozd in voda – rezultati projekta Interreg III A. 2007. Ljubljana. Gozdarski inštitut Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije. http://en.gozdis.si/data/publikacije/3_gozd_voda.pdf. (14. 2. 2020).

MOP. 2016a. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016–2021 in Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016-2021. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

MOP. 2016b. Program ukrepov upravljanja voda. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

MOP. 2017. Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti 2017–2021 (NZPO SI). Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

Pravilnik o komercialnih ribnikih. 2007. Ur. l. RS št. 113/07.

Resolucija o nacionalnem gozdnem programu. 2007. Ur. l. RS št. 111/07.

SURS. 2019. Prispevek ob Svetovnem dnevu voda 2019. https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/7299. (10.10.2019).

Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja. 2011. Ur. l. RS št. 61/11, 49/12 in 67/16.

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. 2009. Ur. l. RS št. 97/09.

Zakon o vodah (ZV-1). 2002. Ur. l. RS št. 67/02, 2/04 - ZZdrI-A, 41/04 - ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15.

Zakon o gozdovih (ZG). 1993. Ur. l. RS št. 30/93, 56/99 – ZON, 67/02, 110/02 – ZGO-1, 115/06 – ORZG40, 110/07, 106/10, 63/13, 101/13 – ZDavNepr, 17/14, 22/14 – odl. US, 24/15, 9/16 – ZGGLRS in 77/16.

Zakon o varstvu okolja. 2006. Ur. l. RS št. 39/06 , 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg in 84/18 – ZIURKOE.

Lidija GLOBEVNIK[1], Luka SNOJ[2]

EKOSISTEMI POPLAVNIH POVRŠIN V EVROPI

Ključne besede: *poplavne površine, funkcijske strukture, ECRINS, poplavni gozd, Evropa*

Uvod

Poplavne ravnice rek spadajo med najbolj zapletene, raznolike in dinamične ekosisteme po vsem svetu (Hughes, 1997; Ward in sod., 2002). So ključne sestavine rečnih ekosistemov, sestavljenih iz reke, obrežnih območij in občasno poplavljenih površin. Naravne poplavne površine imajo visoko biotsko raznovrstnost in so pomemben naravni kapital. V rečnih pokrajinah so hidrološki in geomorfološki procesi glede vode in usedlin v pokrajini glavni dejavniki zapletenega in začasno spreminjajočega se habitatnega mozaika, značilnega za naravne reke in poplavne ravnice. Nastala raznolikost morfoloških struktur je osnovna zahteva za edinstveno in zelo raznoliko živalstvo in rastlinstvo v poplavnih ravnicah (Amoros and Bornette 2002; Robinson in sod. 2002). Žal so rečni ekosistemi in ekosistemi poplavnih površin v slabem stanju in podvrženi stresom urbanizacije, intenziviranja kmetijstva, prometnih kanalov, zaščita pred poplavami in proizvodnja elektrike. Čeprav evropske politike podpirajo izboljšanje in zaščito poplavnih površin, ne upoštevajo celotne morfološke in funkcionalne raznolikosti poplavnih ravnic; pristopi zajemajo le delne vidike celotnega sistema, manjka celosten pogled na rečni ekosistem za učinkovito obnavljanje (Friberg in sod., 2016). Podobno kot pristop k izvajanju okvirne direktive o vodah sta za učinkovito izboljšanje evropskih poplavnih površin bistvena dva koraka. Prvič: potreben je razvoj evropske tipologije poplavnih površin, kjer značilnosti tipa poudarjajo naravno raznolikost poplavnih ravnic in ponazarjajo smer, v kateri je treba razvijati obnovo. Tako lahko referenčni pogoji, značilni za tip, delujejo kot merila za oceno naravnosti. Drugič: potreben je sistem ocenjevanja poplavnih površin za prepoznavanje in količinsko določitev motenj ter poudarjanje vrednosti zadnjih preostalih poplavnih ravnic v Evropi. V tem članku predstavljamo metodo določitve obsega poplavnh površin v Evropi, objektov analize in določitev oblikovno-funkcijskih elementov poplavnih površin, ki so priprava za razvoj tipologije in ocene velikosti. Kot rezultat je navedena analiza oblikovno-funkcijskih elementov, ki so značilni za evropske poplavne površine.

1 **lidija.globevnik@tcvode.si**, *TC Vode, Trnovski pristan 10, 1000 Ljubljana*
2 **luka.snoj@tcvode.si**, *TC Vode, Trnovski pristan 10, 1000 Ljubljana*

Metode

V Evropi je obseg poplavnih površin definiran kot obseg površin, ki bi jih poplavile visoke vode z verjetnostjo nastopa 1 % v naravnem stanju prostora, torej v primeru, da v prostoru ni hidrotehničnih objektov in reke niso regulirane. Prostorski sloj, ki smo ga pripravili, smo poimenovali »potencialne poplavne površine«, je vsota dveh prostorskih plasti, a) karta nevarnosti poplav za 100-letno povratno obdobje, določena s hidrološkim modelom LISFLOOD (JRC, 2020; Bates in De Roo, 2000; Alfieri in sod., 2014) in b) karte potencialne obrežne cone, določene v programu Riparian Zone Copernicus programa (EC in EEA, 2020a). Metodologija za njegovo pridobivanje je opisana v poročilu EEA (2015).

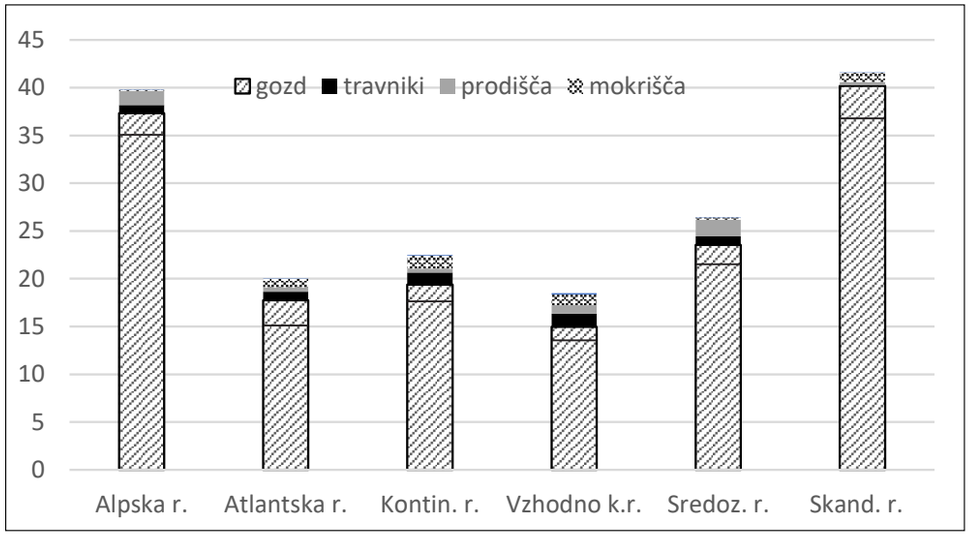
Objekti analize so potencialne poplavne površine, ki jih omejuje prispevno območje segmenta reke; imenujemo ga funkcionalno elementarno porečje (»FEC«), kot je opredeljen v prostorskem sloju hidrografske mreže reke in jezer Ecrins - European Catchment and Rivers Network System (EEA, 2020).

Vsakemu funkcionalnemu elementarnemu porečju smo dodelili podatek velikost same površine, celotne (gorvodne) prispevne površine in pripisali hidrogeografsko regijo, povprečno nadmorsko višino, izračunali povrečne letne in sezonske padavine in temperature, povprečno širino poplavnih površin, naklon glavne reke, prevladujoči substrat geologije in specifično moč vodnega toka.

Izbrali smo sedem oblikovno-funkcijskih struktur, ki so tipične za naravne poplavne površine: mrtvice, mokrišča in naravni travniki kot negozdne naravne strukture in gozdne strukture, ločene v gozd listavcev, gozd iglavcev in mešan gozd. Njihovo razsežnost (delež pristotnosti) znotraj funkcionalno elementarnih porečij smo izračunali iz podatkov karte rabe tal in vegetacije obrežne cone, določene v programu Riparian Zone Copernicus programa (EC in EEA, 2020b). Za namen smo združili ustrezne klasifikacijske kode rabe tal: 700 in 711 za mokrišča, 621 za prodišča, 912 za mrtvice, 421 za naravne travnike, 31 za gozd listavcev, 32 za gozd iglavcev in 33 kot mešani gozd.

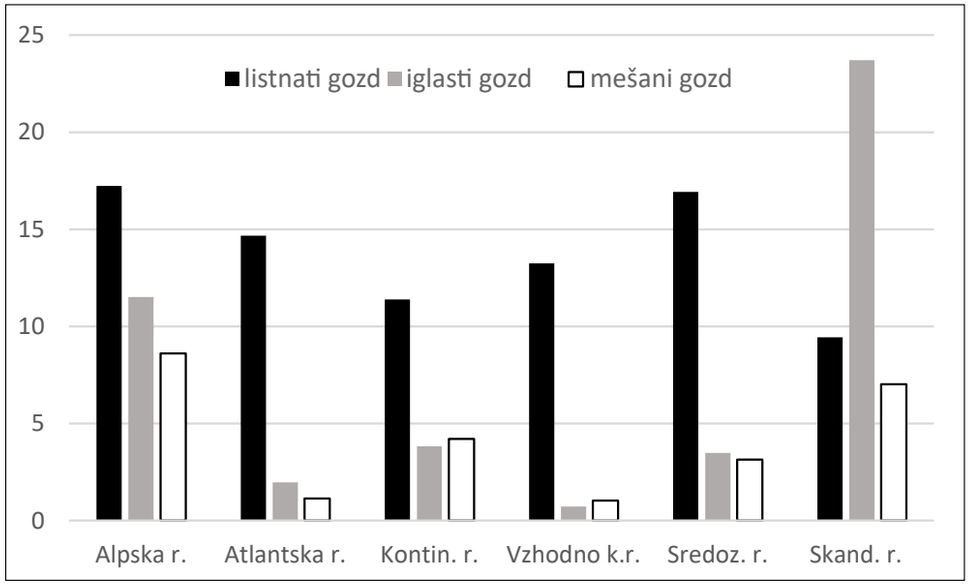
Rezultati

Na poplavnih površinah se je do danes ohranilo v povprečju do 28 % naravnih oblikovno-funkcijskih struktur, ki predstavljajo skupine poplavnih ekosistemov. Med regijami so velike razlike: v Skandinavski regiji jih je ohranjenih 41,6 %, v Vzhodni celinski pa 18,5 % (Slika 1). Največ prodišč je v Alpski in Sredozemski regiji (1,5 % do 1,8 % potencialne poplavnih površin). Največ mokrišč je ohranjenih v Celinski regiji Evrope. V povprečju se raztezajo na 1,4 % potencialnih poplavnih površin. Mrtvice so značilne za Celinsko (sever celinske Evrope) in Vzhodno celinsko regijo (Panonska nižina). Večinski del še ohranjenih poplavnih struktur predstavljajo poplavni gozdo-



Slika 1: Povprečen delež gozda, travnikov, prodišč in mokrišč po hidroregijah Evrope.

vi. Največ jih je v Skandinavski regiji, 40,2 % in Alpski, 37,3 %, najmanj v Vzhodni, 15 %. Večina poplavnega gozda, z izjemo Skandinavske, je listnatega (Slika 2). Tako je recimo v Alpski regiji 17 % listnatega, 12 % iglastega in 9 % mešanega gozda, v Vzhodni celinski pa 13 %, 0,7 % in 1 %.



Slika 2: Povprečen delež listnatega, iglastega in mešanega gozda po hidroregijah Evrope.

Razprava in zaključek

Zaradi urbanizacije, intenziviranja kmetijstva, prometnih kanalov, zaščite pred poplavami in proizvodnje elektrike je izginilo skoraj tri četrtine ključnih naravnih poplavnih ekosistemov. Največ jih je izginilo v Vzhodni celinski regiji, katere del je tudi vzhodni del Slovenije. V Alpski regiji, kamor sodi vzhodni del Slovenije, pa dve tretjini. Glede na to, da je 94 % vseh ohranjenih ekosistemov v Alpski regiji in 80 % v Vzhodni celinski regiji poplavni gozd, je njegovo ohranjanje izredno pomembno. Gozdno gospodarjenje ima tako pomembno in ključno vlogo tudi pri ohranjanju biotske raznovrstnosti poplavnih površin.

Viri

Alfieri L., Salamon P., Bianchi A., Neal J., Bates P., Feyen L. 2014. Advances in pan-European flood hazard mapping. Hydrological processes, 28: 4067–4077.

Amoros C., Bornette G. 2002. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. Freshwater Biology, 47, 4: 761–776.

Bates P., De Roo AP. 2000. A simple raster-based model for flood inundation simulation. Journal of hydrology, 236, 1-2: 54–77.

EEA (European Environment Agency). 2015. Riparian Zone-Final delivery report. Issue 3.3. (30.10.2015).

EEA (European Environment Agency). 2020. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-catchments-and-rivers-network#tab-derived-dataset.

EC., EEA. 2020a. Copernicus Programme. Riparian Zones Copernicus Land Monitoring Service - Delineation of Riparian Zones. Potential Riparian Zone - Raster. https://land.copernicus.eu/local/riparian-zones/riparian-zones-delineation.

EC., EEA. 2020b. Copernicus Programme. Riparian Zones Copernicus Land Monitoring Service - Land Cover/Land Use. https://land.copernicus.eu/local/riparian-zones/land-cover-land-use-lclu-image.

Friberg N., Angelopoulos N. V., Buijse A. D., Cowx I. G., Kail J., Moe T. F., Moir H., O'Hare M.T., Verdonschot P. F. M., Wolter C. 2016. Effective River Restoration in the 21st Century, 55: 535–611.

Hughes F.M.R. 1997. Floodplain biogeomorphology. Progress in Physical Geography, 21, 4: 501–529.

JRC (Join Research Centre). 2020. http://data.europa.eu/88u/dataset/jrc-floods-floodmapeu_rp100y-tif.

Robinson C. T., Tockner K., Ward J. V. 2002. The fauna of dynamic riverine landscapes. Freshwater Biology, 47, 4: 661–677.

Jernej JEVŠENAK[1], Ivan TYCHKOV[2], Jožica GRIČAR[3], Tom LEVANIČ[4], Jan TUMAJER[5], Peter PRISLAN[6], Domen ARNIČ[7], Margarita POPKOVA[8], Vladimir V. SHISHOV [9]

VODA KOT OMEJUJOČ DEJAVNIK DEBELINSKE RASTI NA PADAVINSKEM IN VIŠINSKEM TRANSEKTU NAVADNE SMREKE (*Picea abies* (L.) H. Karst.) V SLOVENIJI

Ključne besede: *lesna branika, vlaga v tleh, procesno modeliranje, dendroklimatologija, Vaganov-Shashkin model*

Uvod

Navadna smreka (*Picea abies* (L.) H. Karst.) spada med najobčutljivejše iglavce na okoljske spremembe, ki so posledica segrevanja ozračja. V Sloveniji, in tudi mnogih drugih evropskih državah, se je v zadnjih desetletjih zmanjšal njen delež v strukturi lesne zaloge, pri čemer simulacije do konec tega stoletja napovedujejo nadaljnje zmanjšanje razširjenosti navadne smreke (Buras in Menzel, 2019). Kljub vsemu so predhodne študije o odzivu njene rasti na naraščajočeo temperaturo poročale nasprotne si rezultate (Andreassen in sod., 2006; Sidor in sod., 2015; Kolář in sod., 2017), kar nakazuje na pomembnost upoštevanja rastiščno-specifičnih dejavnikov pri napovedovanju uspešnosti te vrste v prihodnje. V naši študiji smo zato analizirali omejujoče dejavnike rasti z dvanajstih rastišč v Sloveniji, ki predstavljajo pomemben višinski in padavinski transekt smreke. Za preučevanje rastiščnih odzivov ter z njimi povezanimi omejujočimi dejavniki rasti smo v naši študiji uporabili procesni Vaganov-Shashkin (VS) model. Prednost tovrstnih procesnih modelov je predvsem njihova mehanistična struktura, ki temelji na realnih procesih v naravi in nam zato daje edinstven vpogled v preučevani sistem (Guiot in sod., 2014). VS model simulira debelinsko rast iglavcev na principu omejujočih dejavnikov rasti, pri čemer upošteva vlago v tleh, temperaturo zraka in razpoložljivo sončno sevanje. Za vsak dan v letu tako dobimo vpogled v vse tri omejujoče dejavnike, pri čemer je najpomembnejši tisti, ki je v relativnem smislu v minimumu. Glavni namen naše študije je torej uspešno parameterizirati VS model za izbrana smrekova rastišča ter na podlagi izluščenih parcialnih odzivov sklepati o primarnih faktorjih rasti ter kako se spreminjajo vzdolž preučevanega gradienta.

1 **jernej.jevsenak@gozdis.si**, *Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozda, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SI*
2 **ivan.tychkov@gmail.com**, *Siberska federalna univerza, Oddelek za integralne študije gozdne dinamike Evrazije, ulica Akademgorodok 50/2, Krasnojarsk, 660075, Ruska federacija*
3 **jozica.gricar@gozdis.si**, *Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozda, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SI*
4 **tom.levanic@gozdis.si**, *Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozda, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija*
5 **tumajer1@email.cz**, *Karolova univerza, Fakulteta za znanost, Oddelek za fizično geografijo in geoekologijo, Albertov 6, 12843 Praga, Češka | Univerza v Greifswaldu, Oddelek za botaniko in ekologijo krajine, Soldmannstraße 15, 17487 Greifswald, Nemčija*
6 **peter.prislan@gozdis.si**, *Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija*
7 **domen.arnic@gozdis.si**, *Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija*
8 **popkova.marg@gmail.com**, *Siberska federalna univerza, Oddelek za integralne študije gozdne dinamike Evrazije, ulica Akademgorodok 50/2, Krasnojarsk, 660075, Ruska federacija*
9 **vlad.shishov@gmail.com**, *Siberska federalna univerza, Oddelek za integralne študije gozdne dinamike Evrazije, ulica Akademgorodok 50/2, Krasnojarsk, 660075, Ruska federacija*

Metode

Prirastne izvrtke z dvanajstih smrekovih rastišč smo odvzeli v letih 2016–2018. Izbrana rastišča so zajemala gradient suhih in toplih rastišč nižjih nadmorskih višin v vzhodni Sloveniji, do vlažnih in hladnih visokogorskih rastišč v osrednjem, severozahodnem in južnem delu države. Vsa zajeta rastišča so predstavljala odrasle gozdove, kjer je smreka predstavljala prevladujočo drevesno vrsto (Preglednica 1). Na vsakem rastišču smo odvzeli po dva izvrtka dvajsetim odraslim, dominantnim ter nepoškodovanim drevesom. Izvrtke smo v laboratoriju posušili, jih vpeli v lesene nosilce, pobrusili do gladke površine ter zajeli visokoločljive slike s sistemom ATRICS (Levanič, 2007). Širine branik smo izmerili s programom CooRecorder & CDendro (Cybis), medtem ko smo končno navzkrižno datiranje opravili s programom PAST5 (SCIEM).

Preglednica 1: Osnovne značilnosti izbranih rastišč smreke: lokacija, nadmorska višina (NMV) ter povprečna letna temperatura in letna vsota padavin v obdobju 1950-2018.

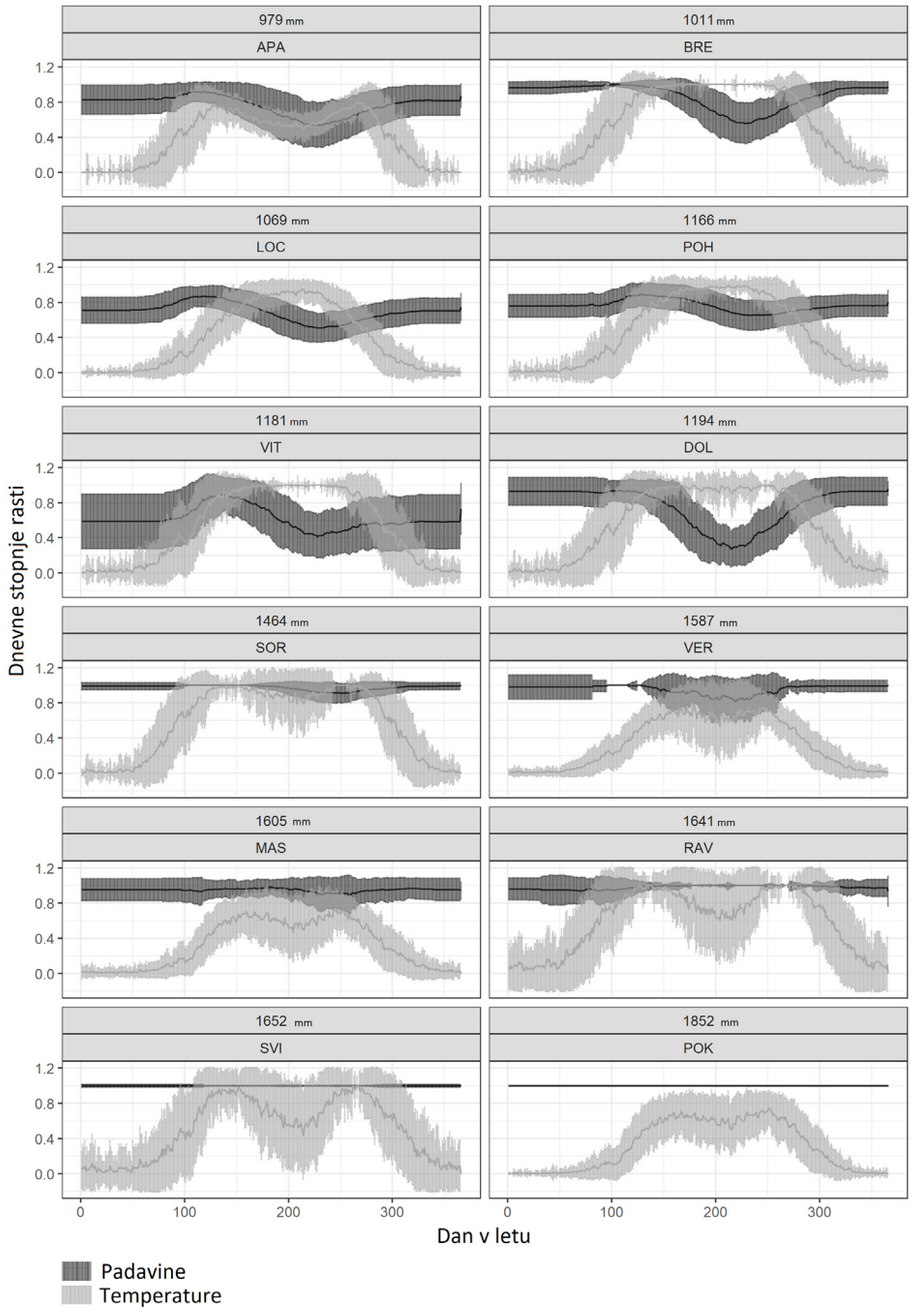
Rastišče	Okrajšava	Zemljepisna dolžina	Zemljepisna širina	NMV [m]	Povprečna letna temperatura [°C]	Letna vsota padavin [mm]
Apače	APA	15,55	45,68	210	9,3	979
Brežice	BRE	15,64	45,95	170	10,6	1011
Dole	DOL	15,07	46,03	640	9,1	1194
Loče	LOC	15,53	46,33	310	9,8	1069
Mašun	MAS	14,42	45,62	1000	6,4	1605
Pohorje	POH	15,39	46,45	1285	6,8	1166
Pokljuka	POK	13,94	46,37	1300	5,3	1852
Ravnik	RAV	14,29	45,90	750	9,2	1641
Sorško Plain	SOR	14,38	46,19	370	9,4	1464
Sviščaki	SVI	14,41	45,58	1200	6,3	1652
Verd	VER	14,32	45,93	595	9,6	1587
Vitanje	VIT	15,28	46,42	940	6,9	1181

Uspešno datirane kronologije smo standardizirali ter povprečili po posameznih rastiščih. Procesni VS model je bil uspešno preizkušen v različnih biomih, npr. blizu polarne gozdne meje, v tajgi, stepskem, polpuščavskem in monsunskem podnebju (Vaganov in sod., 2006), vlažnem in toplem sredozemskem podnebju (Touchan in sod., 2012), in vlažnem celinskem podnebju (St. George in sod., 2008). VS model simulira značilnosti debelinske rasti iglavcev, natančneje značilnosti reprezentativnega radialnega niza traheid, kot je število traheid, njihovi lumni in debeline celičnih sten (Guiot in sod., 2014). Radialni niz je rezultat simulacije kambijeve aktivnosti, kjer se celice delijo in rastejo v odvisnosti od dnevnih vremenskih razmer. Značilnosti radialnih nizov lahko pretvorimo tudi v letne značilnosti in tako dobimo ocene za parametre branik, kot so njihova širina in gostota. Glavna težava, povezana z uporabo VS modela, je izbira biološko sprejemljivih vrednosti parametrov (Touchan in sod., 2012).

Za ta namen smo uporabili orodje VS-osciloskop (Shishov in sod., 2016). To je interaktivno vizualno orodje, ki omogoča izbiro optimalne kombinacije parametrov modela, hkrati pa omogoča primerjavo dejanskih (izmerjenih) in simuliranih (napovedanih) vrednosti širin branik. Vhodne spremenljivke za VS model so dnevne temperature in padavine, medtem ko se dnevno sončno sevanje izračuna iz geografske širine in dneva v letu. Iz padavinskih podatkov se izračuna vlažnost tal. Model vključuje načelo omejujočega dejavnika rasti, ki določa stopnjo rasti za vsak dan. VS model v prvem koraku izračuna zunanjo dnevno stopnjo rasti G(r) za temperature, vlago v tleh in sončno sevanja. V drugem koraku nato upošteva manjšo vrednost izmed temperatur in talne vlage ter jo pomnoži z dnevnim sončnim sevanjem (Evans in sod., 2006). Stopnja rasti G(r) za vsak dan izraža potencial za debelinsko rast in lahko znaša med 0 in 1. Vrednosti blizu 0 kažejo na zimski čas ali sušna poletna obdobja, medtem ko vrednosti blizu 1 kažejo na ugodne podnebne razmere za debelinsko rast, kot so topli poletni dnevi z dovolj vlage v tleh. Za potrebe parameterizacije VS modela, smo vseh dvanajst kronologij smreke razdelili na obdobje za parameterizacijo modela, tj. 1980–2016 (oziroma zadnje leto), in obdobje za evalvacijo modela, tj. 1950–1979. Za oceno natančnosti simulacij z VS modelom smo primerjali opazovane (izmerjene) ter napovedane vrednosti ter izračunali skupno napako (RMSE) in Pearsonov korelacijski koeficient (r). Delne dnevne stopnje rasti so bile nadalje uporabljene za analizo dejavnikov, ki omejujejo rast za vsako rastišče posebej.

Rezultati

Primerjava napovedanih ter opazovanih standardiziranih širin branik je pokazala uspešno delovanje VS modela. Za obdobje parameterizacije je bil korelacijski koeficient v povprečju 0,598, medtem ko je le-ta za obdobje evalvacije znašal 0,508. Najvišje vrednosti korelacijskega koeficienta smo dobili za rastišče Brežice, kjer le-ta presegal vrednost 0,75, tako za obdobje parameterizacije, kot tudi za obdobje evalvacije. Najnižje vrednosti korelacijskega koeficienta smo dobili za rastišče Sviščaki, kjer je le-ta znašal 0,34.



Slika 1: Dnevne stopnje rasti na podlagi vsot padavin (modra barava) in temperatur (rdeča barva). Prikazane vrednosti predstavljajo povprečje in standardni odklon za vsak dan v letu (DOY) za celotno analizirano obdobje, tj. 1950–2016(2018). Dejavnik, ki ima manjšo vrednost, predstavlja omejujoči dejavnik rasti za posamezni del leta. Vrednosti nad okrajšavami posameznih rastišč predstavljajo letne vsote padavin v milimetrih (mm) za obdobje 1950–2017.

Dnevne stopnje rasti so pokazale različne omejujoče dejavnike rasti za analizirana rastišča (Slika 1). Na začetku rastne sezone je rast na vseh rastiščih omejena s temperaturami, medtem ko se omejujoči dejavniki rasti v pozno-spomladanskih in poletnih mesecih med rastišči razlikujejo. Rast smreke na rastiščih, ki prejmejo manj kot 1200 mm padavin letno, je v kasnejših delih rastne sezone večinoma omejena z razpoložljivo vlago v tleh, medtem ko rast smreke na višje-ležečih rastiščih, ki prejmejo več kot 1600 mm letnih padavin, praviloma ostane omejena s temperaturo. Nekatera zmerno mokra rastišča (npr. SOR, VER in RAV) so pokazala mešane temperaturno-padavinske signale, ki kažejo na približno enako pomembnost tako za temperature, kot tudi za vlago v tleh.

Razprava in zaključek

VS model opisuje vpliv temperatur in vlage v tleh na debelinsko rast iglavcev z uporabo načela minimalnega dejavnika rasti. Za opisovanje razlik v dejavnikih rasti med smrekovimi rastišči se je letni vzorec padavin izkazal za primernejšega od transekta nadmorskih višin, ki se pogosteje uporablja (Touchan in sod., 2016). Bolj suha smrekova rastišča na nižjih nadmorskih višinah so večinoma omejena z vlago v tleh, medtem ko je rast na vlažnih visokogorskih rastiščih večinoma rezultat variabilnosti temperatur. Rastišča, ki prejmejo več kot 1600 mm letnih padavin, so torej večinoma temperaturno pogojena, medtem ko so rastišča, ki prejmejo manj kot 1200 mm letnih padavin, večinoma odvisna od vlage v tleh. Kljub vsemu so te meje samo približne, saj na ključne dejavnike rasti vplivajo še druge rastiščne značilnosti, kot sta naklon in tip tal. Na primer, rastišči SOR in VER prejmeta podobno količino letnih padavin, 1464 oziroma 1587 mm (Preglednica 1), vendar je rast na rastišču SOR bolj odvisna od vlage v tleh, medtem ko je rastišče VER bolj temperaturno omejeno. Opazili smo zanimiv vzorec konstantnega učinka vlage v tleh na obeh najbolj mokrih rastiščih (SVI in POK), kjer so delne stopnje rasti za omejitev vlažnosti tal vedno blizu 1, kar kaže na optimalne razmere vlažnosti tal skozi vso leto. Takšni rezultati so pričakovani in v skladu s prejšnjimi študijami, osredotočenimi na analizo omejevalnih rastnih faktorjev navadne smreke preko okoljskih gradientov (Rabbel in sod. 2018).

Zahvala

Raziskava je bila financirana s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS): 1) Bilateralno sodelovanje med Republiko Slovenijo in Rusko federacijo (ARRS BI-RU/19-20-016), 2) Ciljni raziskovalni projekt: Obvladovanje tveganja pri gospodarjenju s smreko v gozdovih Slovenije (V4-1614) in 3) Programska skupina: Gozdna biologija, ekologija in tehnologija (P4-0107).

Viri

Andreassen K., Solberg S., Tveito O.E., Lystad S.L. 2006. Regional differences in climatic responses of Norway spruce (Picea abies L. Karst) growth in Norway. Forest Ecolog and Management, 222, 1: 211-221.

Buras A., Menzel A. 2019. Projecting Tree Species Composition Changes of European Forests for 2061–2090 Under RCP 4.5 and RCP 8.5 Scenarios. Frontiers in Plant Science, 9: 1986.

Evans M.N., Reichert B.K., Kaplan A., Anchukaitis K.J., Vaganov E.A., Hughes M.K., Cane M.A. 2006. A forward modeling approach to paleoclimatic interpretation of tree-ring data. Journal of Geophysical Research, 111: G03008.

Guiot J., Boucher E., Gea-Izquierdo G. 2014. Process models and model-data fusion in dendroecology. Frontiers in Ecology and Evolution, 2: 52.

Kolář T., Čermák P., Trnka M., Žid T., Rybníček M. 2017. Temporal changes in the climate sensitivity of Norway spruce and European beech along an elevation gradient in Central Europe. Agriculture and Forest Meteorology, 239: 24-33.

Levanič T. 2007. ATRICS - A new system for image acquisition in dendrochronology. Tree-Ring Research, 63, 2: 117–122.

Shishov V.V., Tychkov I.I., Popkova M.I., Ilyin V.A., Bryukhanova M.V., Kirdyanov A.V. 2016. VS-oscilloscope: A new tool to parameterize tree radial growth based on climate conditions. Dendrochronologia, 39: 42-50.

Sidor C.G., Popa I., Vlad R., Cherubini P. 2015. Different tree-ring responses of Norway spruce to air temperature across an altitudinal gradient in the Eastern Carpathians (Romania). Trees, 29, 4:985-997.

St. George S., Meko D.M., Evans M.N. 2008. Regional tree growth and inferred summer climate in the Winnipeg River basin, Canada, since AD 1783. Quaternary Research, 70, 2: 158-172.

Rabbel I., Neuwirth B., Bogena H., Diekkrüger B. 2018. Exploring the growth response of Norway spruce (Picea abies) along a small-scale gradient of soil water supply. Dendrochronologia, 52: 123-130.

Touchan R., Shishov V.V., Meko D.M., Nouiri I., Grachev A. 2012. Process based model sheds light on climate sensitivity of Mediterranean tree-ring width. Biogeosciences, 9, 3: 965-972.

Touchan R., Shishov V.V., Tychkov I.I., Sivrikaya F., Attieh J., Ketmen M., Stephan J., Mitsopoulos I., Christou A., Meko D.M. 2016. Elevation-layered dendroclimatic signal in eastern Mediterranean tree rings. Environmental Research Letters, 11, 4: 044020.

Vaganov E.A., Hughes M.K., Shashkin A.V. 2006. Growth Dynamics of Conifer Tree Rings: Images of Past and Future Environments. Ecological studies, 183. Springer, Berlin: 358 str.

Urejanje hudourniških območij

Barbara ŽABOTA[1], Daniel TRAPPMANN[2], Tom LEVANIČ[3], Milan KOBAL[4]

OCENJEVANJE AKTIVNOSTI SKALNIH PODOROV Z UPORABO DENDROGEOMORFOLOGIJE IN METODE ŠTETJA POŠKODB NA DREVESIH (NEME PRIČE)

Ključne besede: *skalni podori, padajoče kamenje, neme priče, naravne nevarnosti, dendrogeomorfologija, poškodbe debla, varovalna in zaščitna funkcija gozda*

Uvod

Zakon o vodah (ZV-1) zaradi zagotavljanja varstva pred škodljivim delovanjem voda določa območja, ki so ogrožena zaradi zemeljskih ali hribinskih plazov (t.i. plazljiva območja). Na plazljivih območjih lahko prihaja do škodljivega delovanja voda, pri tem so potencialno ogroženi prebivalci ter obstaja verjetnost nastanka škode na objektih, zemljiščih in premoženju. Za preprečevanje škodnih dogodkov je ključna identifikacija plazljivih območij, spremljanje aktivnosti plazenja, ohranjanje stabilnosti tovrstnih zemljišč in nenazadnje uvedba ukrepov, ki potencialno zmanjšujejo škodni potencial. Za prepoznavanje in spremljanje aktivnosti plazljivih območij, specifično skalnih podorov in padajočega kamenja, lahko na območju gozda uporabimo dendrogeomorfološke metode in analize. Z njimi proučujemo geomorfološke procese preko spremljanja anomalij v drevesnih branikah (Alestalo, 1971). Dendrogeomorfološke raziskave temeljijo na konceptu ''proces-dogodek-odziv'' (Shroder, 1978), kjer ''proces'' predstavlja geomorfološki proces (npr. skalni podor, snežni plaz, zemeljski plaz, drobirski tok), medtem ko ''dogodek'' predstavlja posamezni dogodek, ki vpliva na rast drevesa in povzroči določeno vrsto ''odziva'' (npr. ekscentričnost debla, radialni smolni kanali). Preko študij sprememb v drevesnih branikah lahko dobimo natančnejši vpogled v sam mehanizem delovanja geomorfoloških procesov, velikosti in pogostosti pojavljanja, tako v prostoru kot času, kar nam služi predvsem pri blaženju negativnih posledic teh pojavov pri nadaljnjih dogodkih (Stoffel, 2006; Stoffel in Perret, 2006). V podatkovnih bazah o preteklih geomorfoloških procesih nam pogosto manjkajo dogodki, še posebej tisti, ki so se zgodili na neposeljenih območjih, in ravno te manjkajoče podatke o pojavljanju in učinkih posameznih geomorfoloških procesov lahko pridobimo iz analize drevesnih branik (Stoffel in sod.,

1 **barbara.zabota@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
2 **daniel.trappmann@gmx.de**, *Bavarian State Institute of Forestry, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising, Nemčija*
3 **tom.levanic@gozdis.si**, *Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
4 **milan.kobal@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*

2010). Le-te vsebujejo podatke za več stoletij preteklih dogodkov in jih posledično lahko uporabimo za datiranje dogodkov na letni ravni (Stoffel in sod., 2010).

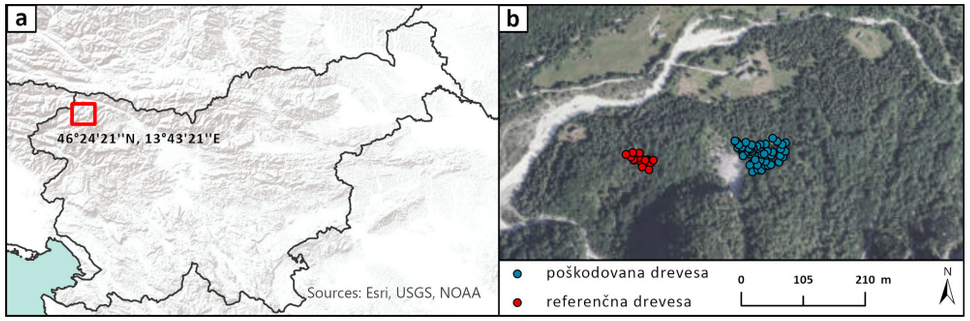
Pri proučevanju skalnih podorov lahko rezultate dendrogeomorfoloških analiz uporabimo za: proučevanje in datiranje preteklih dogodkov, rekonstrukcijo časovnega pojavljanja dogodkov, določanje dosega dogodkov, raziskovanje sezonskosti pojavljanja dogodkov, rekonstrukcijo trajektorij poti skalnih blokov, določitev verjetnosti trka skalnih blokov z drevesi in pri razumevanju varovalne in zaščitne funkcije gozdov, ki varujejo pred skalnimi podori in padajočim kamenjem (Stoffel in sod., 2005; Perret in sod., 2006; Stoffel, 2006; Stoffel in Perret, 2006; Luckman, 2008; Ciabocco in sod., 2009; Lundström in sod., 2009; Moya in sod., 2010a; Schneuwly, 2010; Stoffel in sod., 2010; Guzzeti in Reichenbach, 2010; Šilhán in sod., 2013).

Dendrogeomorfološke analize za aktivnost skalnih podorov preučujejo spremembe v rasti dreves zaradi mehanskih poškodb, ki jih povzročajo skalni bloki ob udarcu ob deblo drevesa, t.i. neme priče (Papež, 2011). S tovrstnim pristopom lahko datiramo pretekle dogodke z visoko časovno natančnostjo, vendar pa je sam proces pridobitve in obdelave vzorcev časovno zahteven in posledično ni primeren za obsežne analize aktivnosti skalnih podorov (Trappmann in Stoffel, 2013, 2015). Večina dendrogeomorfoloških metod za rekonstrukcije uporablja drevesne branike iglavcev, saj imajo listavci bolj zapleteno anatomsko strukturo lesa, zaradi česar je pridobitev in interpretacija rezultatov pri teh drevesnih vrstah bolj zapletena (Trappmann in Stoffel, 2013). Pri iglavcih je mogoče odkriti tudi do 70 % preteklih poškodb dreves zaradi skalnih podorov, saj poleg spremembe v rasti (npr. zmanjšana/pospešena rast, prisotnost kalusnega tkiva, ekscentrična rast, nastanek reakcijskega lesa) tvorijo še travmatske smolne kanale (Wimmer in sod., 1999 po Moya in sod., 2010b; Perret in sod., 2006; Stoffel in Perret, 2006; Trappmann in sod., 2013). Le-teh listavci nimajo - posledično je pri njih možna rekostrukcija aktivnosti le preko proučevanja zmanjšane oz. povečane rasti (Šilhán in sod., 2011). Zaradi tanke in gladke skorje pri listavcih (npr. bukev), ki se zlahka poškoduje pri mehanskih vplivih skalnih blokov, in ker imajo ta drevesa slabšo sposobnosti obnavljanja skorje, s čimer bi lahko drevo zakrilo pretekle poškodbe, se je za proučevanje skalnih podorov preko listavcev razvila nova metoda. Temelji na analizi pretekle podorne aktivnosti preko štetja vidnih poškodb (povzročenih zaradi udarca skalnih blokov) na deblu dreves (Trappmann in Stoffel, 2013). V primerjavi s klasičnimi dendrogemorfološkimi analizami, ki proučujejo drevesne branike, se je pristop štetja poškodb izkazal kot manj natančen, vendar še vedno dovolj, da z njegovo uporabo lahko izvedemo prostorsko-frekvenčne rekonstrukcije preteklih dogodkov, hkrati pa pristop zahteva manjši časovni in finančni vložek (Trappmann in Stoffel, 2013).

Namen prispevka je predstaviti metodo štetja poškodb zaradi skalnih podorov in padajočega kamenja na deblih listavcev za ocenjevanje prostorske in časovne aktivnosti, in sicer na deblih navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.). V študiji smo določili frekvenco pojavljanja skalnih podorov na podlagi števila poškodb na posameznem

drevesu in izračunom povratne dobe pojavljanja dogodkov, ter s pomočjo prostorske interpolacije analizirali pojavljanje skalnih podorov. Povratne dobe smo korigirali z vrednostmi pogojne verjetnosti vpliva skalnega bloka na drevo (CIP) (Moya in sod, 2010b).

Območje proučevanja se nahaja v dolini Zadnje Trente (Slika 1a), na pobočju, ki je izpostavljeno dolgotrajni aktivnosti padajočega kamenja. Izvor kamenja predstavlja 10-20 m visok skalni klif (masivni apnenci in dolomiti iz obdobja karnija) znotraj območja, poraščenega z gozdom. Območje proučevanja je veliko cca. 0,6 ha. Na območju prevladuje gozdna združba *Anemono trifoliae-Fagetum* (Čarni in sod., 2002). Med drevesnimi vrstami prevladuje bukev, so pa na območju prisotni tudi posamezni macesni (*Larix decidua* Mill.).

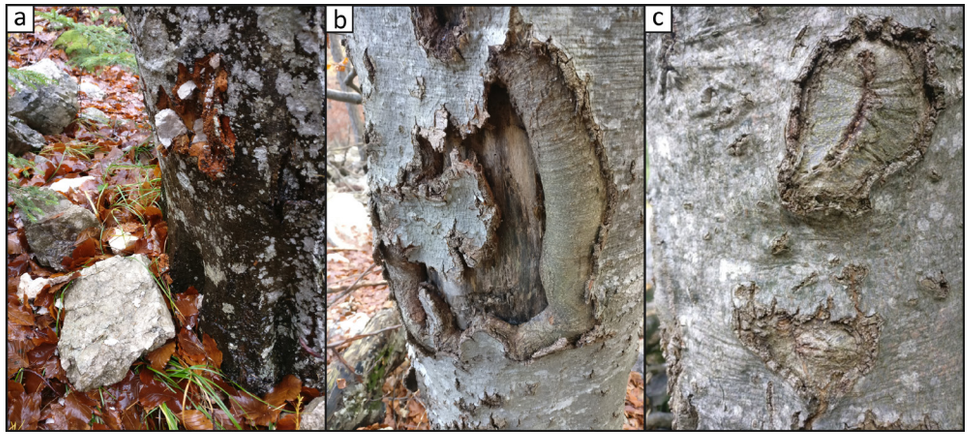


Slika 1: (a) Območje proučevanja se nahaja v severozahodnem delu Sloveniji (Julijske Alpe) v dolini Zadnje Trente. (b) Lokacije popisanih poškodovanih dreves in referenčnih (nepoškodovanih) dreves.

Metode

Izbira vzorčenih dreves

Za proučevanje smo izbrali 52 živih dreves navadne bukve (Slika 1b), ki so imele prsni premer večji od 5 cm in so bila poškodovana zaradi vplivov skal. Dodatno smo v analizo vključili še 20 nepoškodovanih bukev, ki so služila za referenco pri določevanju starosti poškodovanih dreves. Vsakemu drevesu smo z GNSS sprejemnikom izmerili lokacijo in mu zabeležili podatke o prsnem premeru, socialnem položaju, število poškodb, ter lokaciji in višini poškodb na deblu. Poškodbe so bile kategorizirane v tri skupine starosti poškodb (Slika 2): a) sveže poškodbe (proces celjenja oz. zapiranja poškodbe se še ni pričel), b) srednje stara poškodba (poškodba v procesu zaraščanja) in c) stara poškodba (v celoti zarasla poškodba). Popisovali nismo poškodb, ki so bile izrazito podolgovate (v izogib beleženja poškodb zaradi padca vej/sosednjih dreves) in poškodb, ki so bile manjše od 3 cm (Perret in sod., 2006; Trappmann in Stoffel, 2013). Za namene določitve starosti drevesa in izračuna povratnih dob skalnih podorov, smo za posamezno drevo vzeli še dva izvrtka.



Slika 2: Kategorije poškodb (nemih prič) glede na starost drevesa: (a) sveža poškodba – proces celjenja oz. zapiranja poškodbe se še ni pričel, (b) srednje stara poškodba – poškodba v procesu zaraščanja, in (c) stara poškodba – v celoti zarasla poškodba. Starost poškodb smo določevali vizualno.

Izračun povratnih dob

Povratna doba (*Ri*) je v dendrogeomorfologiji definirana kot povprečen čas, ki mine med dvema zaporednima geomorfološkima dogodkoma (udarcema skalnih blokov ob deblo) in ki imata vpliv na posamezno drevo na proučevanem pobočju. Izračuna se po naslednji enačbi (Trappmann in Stoffel, 2013):

$$Ri = \frac{A_t}{Sc_t}$$

kjer *Ri* predstavlja povratno dobo, A*t* starost posameznega drevesa pridobljena preko izvrtkov, ter *Sct* število poškodb na posameznem drevesu (*t*). Povratne dobe so bile vizualizirane v programu ArcGIS Pro 2.3.3 (2019), in sicer za posamezno lokacijo poškodovanega drevesa in z uporabo prostorske interpolacije – navadnega kriginga ob upoštevanju sferične oblike variograma.

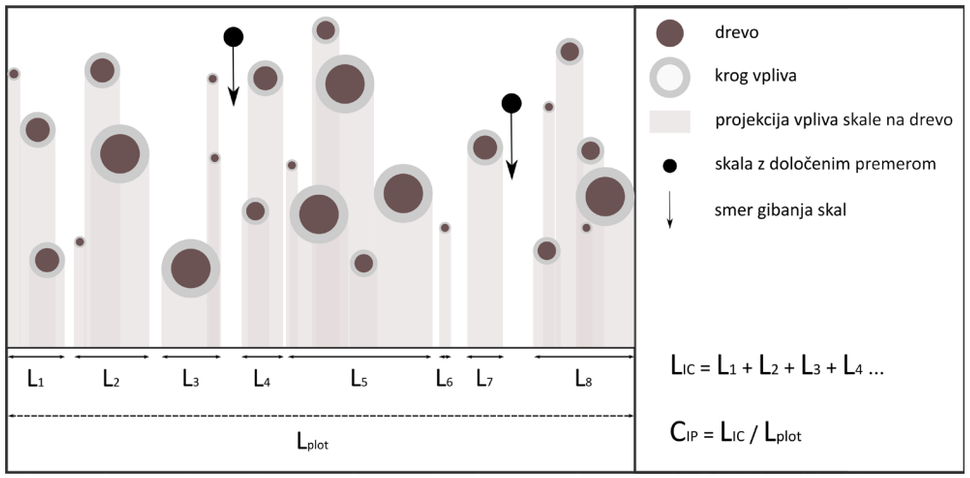
Pogojna verjetnost vpliva skale na drevo

S pogojno verjetnostjo vpliva skalnih gmot na drevo (CIP) ocenjujemo verjetnost, da skale trčijo ob oviro (drevo) oz. jo zgrešijo (Moya in sod., 2010b). Ocena CIP je odvisna od sestojnih parametrov (gostota sestoja, lokacija dreves, prsni premer dreves) in volumna skalnih blokov, ki povzročijo poškodbe. Pri izračunu CIP predpostavimo, da (Moya in sod., 2010b, Favillier in sod., 2017): a) je smer poti skal v ravni liniji in da spremembe v površju (npr. morebitne ovire) ne vplivajo na spremembo trajektorije poti skalnih blokov, b) drevesa v izračunu predstavljajo le debla dreves preko kroga v vodoravni ravnini, in c) spremembe v prsnem premeru dreves in starost dreves nista

pomembna pri izračunu. CIP se izračuna (Slika 3) na podlagi geometrijske analize prostorske razporeditve vseh dreves na proučevanem območju. Vsako drevo na pobočju je obdano z krogom vpliva, ki pokriva del pobočja in tako zmanjšuje prosto pot skalnim blokom na poti skozi gozd. Krog vpliva je določen kot krožno območje okrog vsakega drevesa in je odvisen od prsnega premera drevesa in premera skalnih blokov ter določa verjetnost udarca posamezne skale ob drevo. V samem izračunu bo skalni blok vplival na posamezno drevo, če se bo njegova trajektorija gibanja približala na razdaljo, ki je polovična njegovemu prsnemu premeru. Skupina dolžina premerov krogov vpliva vseh dreves (L_IC) predstavlja območje, ki ga skupno pokrivajo vsa drevesa na pobočju. Posledično je CIP izražen kot dolžina po naslednji enačbi:

$$CIP = \frac{L_{IC}}{L_{plot}}$$

kjer L_{IC} predstavlja kumulativno vsoto vseh projekcij krogov gledano po pobočju navzdol, in L_{plot} dolžino pobočja na maksimalnem izteku dosega skalnih podorov.



Slika 3: Koncept pogojne verjetnosti vpliva skale na drevo (CIP) (koncept in slika povzeta po: Moya in sod., 2010b, Favillier in sod., 2017): 1) CIP se izračuna na podlagi geometrijske analize prostorske razporeditve vseh dreves. 2) Vplivno območje drevesa v obliki kroga upošteva: rastrsko celico obdelave (v tej študiji 10 × 10 m), deblo drevesa (njegov prsni premer) in krog vpliva okrog drevesa (prek prsnega premera in povprečnih dimenzij skal). 3) Krog vpliva na posamezno drevo se projicira na spodnjo mejo rastrske celice obdelave (območje, ki ga s tem pokriva na pobočju). L1, L2, L3, in L4 (…) so širine projekcije kroga vpliva na spodnjo mejo rastrske celice. L_{plot} je širina posamezne analizirane celice.

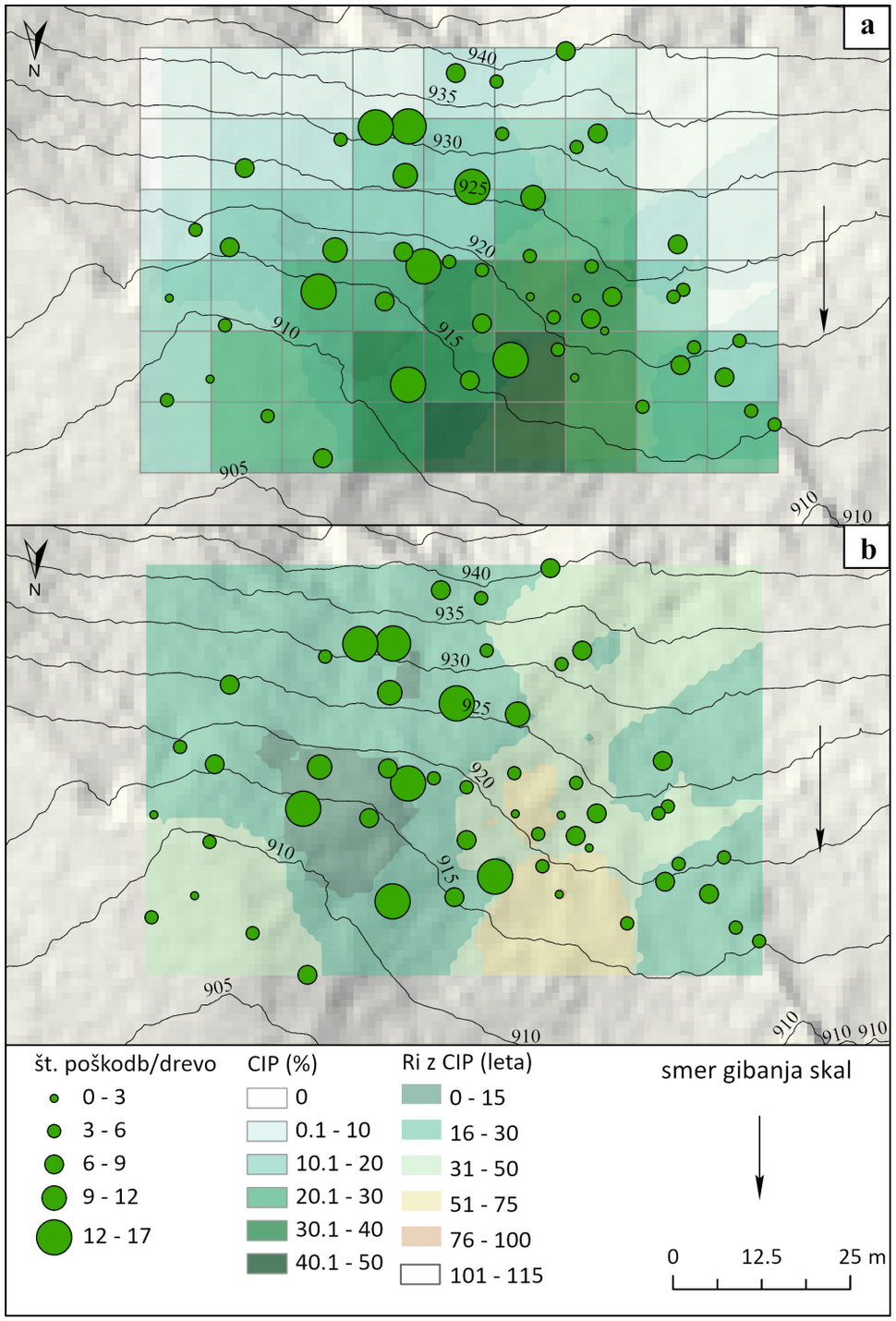
Frekvenca dogodkov (F) pojavljanja skalnih podorov je izračunana kot:

$$F = \frac{I_{total}}{a_{mean} \times CIP}$$

kjer I_{total} predstavlja skupno število poškodb na drevesih zaradi udarcev skalnih blokov in a_{mean} povprečno starost dreves na posamezno rastrsko celico. Povratna doba (*Ri*) je potem izračunana kot inverzna funkcija frekvence (*F*). CIP se izračuna za določeno prostorsko enoto na pobočju – v primeru te študije smo proučevano pobočje razdelili na 10 × 10 m mrežo ter CIP izračunali za te prostorske enote ob upoštevanju povprečnega premera skal 40 cm (Favillier in sod., 2017). Izračuni so bili opravljeni v programu ArcGIS Pro 2.3.3 (2019).

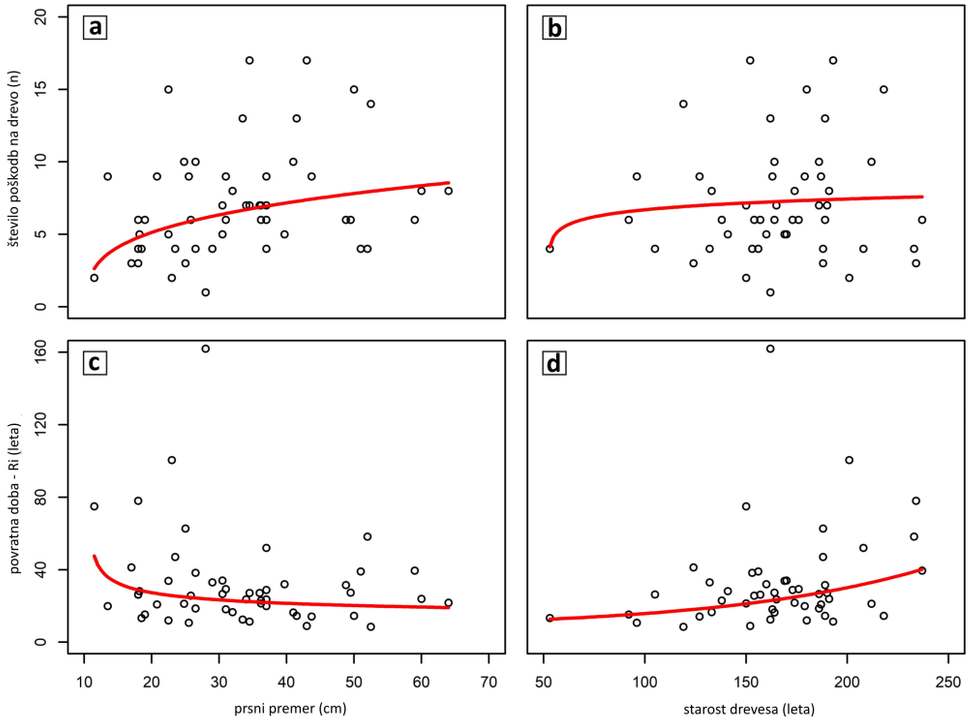
Rezultati

Najstarejše drevo na območju proučevanja je iz leta 1781 in najmlajše iz leta 1965. Povprečni prsni premer bukev znaša 33,1 cm. Prevladujoč socialni položaj dreves je sovladajoč (35 % dreves), sledila so dominatna drevesa (31 %). Vzorčena drevesa so bila zdrava in niso imela nobenih poškodb, ki bi nakazovale na druge geomorfološke procese. Dve drevesi sta bili zaradi posledic udarca skalnih blokov brez vrha in z manjkajočimi vejami. Skupno smo na površini debel navadne bukve našteli 374 poškodb; povprečno število poškodb na drevo je 7, največje število poškodb na drevo je 17. Razporeditev poškodovanih dreves kaže na večjo aktivnost geomorfološkega procesa v osrednjem delu proučevanega območja (Slika 4). V osrednjem delu se število poškodb na drevo giblje med 10 in 17 na posamezno drevo, medtem ko imajo na lateralnih delih pobočja drevesa od 1 do 10 poškodb. Število poškodb na posamezno drevo se zelo spreminja na manjšem delu pobočja, kar je odraz velike variabilnosti trajektorij skal na manjšem območju (gre za premeščanje posameznih skalnih blokov in ne njihovega masovnega premeščanja). Največ poškodb je kategoriziranih kot starih (67 %), 33 % poškodb je kategoriziranih kot srednje starih in 2 % kot svežih. Večina poškodb je lociranih (gledano v smeri po pobočju navzdol) v osrednjem delu debla (42 %), na lateralnih delih pa je razporejenost med obema stranema enakovredna. V povprečju se poškodbe na deblu pojavljajo na višini 66 cm; najvišje višine so bile dosežene v osrednjem delu debla (78 cm) in najnižje na desni strani debla (56 cm). Kljub temu da se lokacije in število poškodb razlikujejo med posameznimi drevesi (velika razpršenost), na podlagi pridobljenih rezultatov nismo mogli razbrati posameznih trajektorij poti skal preteklih dogodkov.



Slika 4: (a) Pogojna verjetnost vpliva skale na drevo (CIP), izračunana za posamezne celice v velikosti 10 × 10 m, in (b) Povratna doba (Ri) pojavljanja skalnih podorov, korigirana s pogojno vrednostjo vpliva skale na drevo (CIP).

Glede na število poškodb in starost dreves znaša povratna doba dogodkov (*Ri*) 31,8 let (najvišja 162 let; najnižja 8,5 let). Najobširnejši del pobočja (54 %) se uvršča v povratno dobo od 16-30 let (22 dreves), sledi povratna 31-50 let (19 dreves), ki pokriva 32 % pobočja. V primeru, da ima drevo 10 poškodb, znaša povratna doba 20 let; glede na povprečno število poškodb na drevo (7) v tej raziskavi, znaša povratna doba 30 let. Višje povratne dobe zabeležimo v zgornjem in osrednjem delu pobočja, kjer obstaja tudi večja verjetnost trka skalnega bloka ob drevo. Povratno dobo smo v končnem koraku korigirali z vrednostmi CIP (Slika 4a), in sicer se število dogodkov, ki jih drevesa ne zabeležijo, ker skale potujejo med drevesi, giblje med 5-46 %. CIP je v glavnem odvisen od prostorske razporeditve dreves; največja verjetnost da bodo skale "zgrešile" drevesa obstaja v spodnjem, centralnem delu pobočja, kjer so drevesa blizu skupaj in razporejene v paralelno ena na drugo. Po korigiranju povratne dobe s CIP, se povratna doba v povprečju zniža za 1,2 let (minimalno 0,3 let in maksimum 6,2 let), kar pomeni da se povratna doba na območju spremeni na 30,6 let (Slika 4b). Do največje spremembe v povratnih dobah pride v spodnjem delu pobočja zaradi največje gostote dreves. Kljub spremembi povratnih dob ima največji del pobočja še zmeraj povratno dobo med 16-30 let (54 % dreves).



Slika 5: Korelacija med (a) prsnim premerom drevesa in številom poškodb na drevo, (b) starostjo drevesa in številom poškodb na drevo, (c) prsnim premerom drevesa in povratno dobo, ter (d) starostjo drevesa in številom poškodb na drevo.

Med prsnim premerom drevesa in številom poškodb na drevo obstaja šibka pozitivna korelacija (Slika 5a), kar pomeni da drevesa z večjim prsnim premerom zabeležijo več poškodb. Podoben trend lahko prepoznamo če primerjamo starost dreves in povratno dobo (Slika 5d), kjer bo daljša povratna doba za starejša drevesa. Na podlagi naših rezultatov nismo zaznali nobene povezave med prsnim premerom dreves in povratno dobo (Slika 5c) ter med starostjo dreves in številom poškodb (Slika 5b).

Razprava in zaključek

V prispevku smo predstavili metodologijo prostorske rekonstrukcije skalnih podorov, ki sta jo uvedla Trappmann in Stoffel (2013). Metoda primerna predvsem za listavce s tanko skorjo, ki se zlahka poškoduje zaradi udarca skalnih blokov. Analiza poškodb skalnih podorov na tovrstnih drevesih nam tako omogoča dolgoročno prostorsko-frekvenčno rekonstrukcijo pojavljanja skalnih podorov kot smo prikazali v prispevku. V primerjavi s tradicionalnim dendrogeomorfološkim pristopom proučevanja je nova metodologija sicer poenostavljena, vendar pa z njo lahko dosežemo primerljive rezultate. Metoda štetja poškodb dreves nam omogoča da lahko rekonstruiramo celo več preteklih dogodkov, ki bi jih pri analizi drevesnih branik lahko zgrešili, saj se lahko posamezni dogodki med seboj prekrijejo ali niso tako izraziti, da bi vplivali na rast drevesa. Kljub temu je metodo potrebno uporabljati kritično, saj lahko štetje poškodb pripelje tudi do precenjevanja pretekle aktivnosti, do katere pride zaradi trkov skalnih blokov z večjimi drevesi in možnosti fragmentacije skalnih blokov ob trku z drevjem. Ob fragmentaciji lahko ti deli skalnih blokov dodatno vplivajo na sosednja drevesa, kar pomeni da lahko ena skala povzroči več poškodb hkrati. Slabost metode je ta, da z njo ne moremo rekonstruirati preteklih dogodkov v času, ampak samo podamo število dogodkov v nekem obdobju. Ena izmed glavnih prednosti uporabe te metode je, da je učinkovita za hitre prostorske rekonstrukcije skalnih podorov na večjih območjih.

Nadgradnja dendrogeomorfološkega spremljanja skalnih podorov in padajočega kamenja je v souporabi metod daljinskega zaznavanja. Za spremljanje poškodovanosti dreves zaradi udarca skalnih blokov ob drevo, na Katedri za krajinsko znanost in geoinformatiko (Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL) aktivno uporabljamo multispektralno kamero (Sequoia Parrot) nameščeno na brezpilotni letalnik. Z uporabo multispektralnih posnetkov lahko izdelamo karte vegetacijskih indeksov (npr. NDVI), ki omogočajo spremljanje vitalnost dreves, t.i. nemih prič, zaradi poškodb udarca skal. Proučevanje skalnih podorov ter varovalnega učinka gozda pred njimi nadgrajujejo z uporabo laserskega skenerja (YellowScan Surveyor Ultra) za integracijo na brezpilotni letalnik, katerega imamo na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL od oktobra 2020 (financerji: ARRS, Biotehniška fakulteta UL, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL). Preko tovrstnih posnetkov bomo zajeli celotno drevo in identificirali poškodbe na deblu in krošnji, odzive dreves na poškodbe pa načrtujemo spremljati tudi preko sprememb v višinski rasti.

Spremljanje varovalnih in zaščitnih gozdov z daljinskim zaznavanjem nam olajša terenskih popis poškodb in zmanjša količino časa, ko smo se nahajamo na izpostavljenih območjih ter olajša dostop do terenov, kjer se tovrstni gozdovi običajno nahajajo (npr. veliki nakloni terena). Zaradi večje pogostosti misij (mesečna, letna raven) lahko frekvence pojavljanja skalnih podorov določamo časovno natančneje, hkrati pa lahko odkrivamo ''vroče točke'', kjer se gozdu zmanjšuje njegov varovalni učinek in bodo posledično potrebni dodatni gozdnogojitveni ukrepi ali uvedba tehničnih zaščitnih ukrepov z namenom zmanjšanja škodnega potenciala. Pridobljeni rezultati pomembno služijo tudi pri kalibraciji in validaciji prostorskih modelov za modeliranje skalnih podorov, saj jih lahko uporabimo za določitev vhodnih parametrov in oceno natančnosti modeliranja. Točni rezultati modelov pa so uporabni za regionalno modeliranje pobočnih masnih premikov in določanje erozijskih območij, pri upravljanju z gozdovi pa za kartiranje varovalne in zaščitne funkcije gozdov.

Viri

Alestalo J. 1971. Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. Fennia, 105: 1–139.

ArcGIS Pro 2.3.3. Esri Inc. 2019. URL: https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/resources (19. 12. 2019).

Ciabocco G., Boccia L., Ripa M.N. 2009. Energy dissipation of rockfalls by coppice structures. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9: 993–1001.

Čarni A., Marinček L., Seliškar A., Zupančič M. 2002. Vegetacijska karta gozdnih združb Slovenije [Kartografsko gradivo]: merilo 1:400 000. Ljubljana, ZRC SAZU, Biološki inštitut Jovana Hadžija.

Favillier A., Mainieri R., Lopez-Saez J., Berger F., Stoffel M., Corona C. 2017. Dendrogemorphic assessment of rockfall recurrence intervals at Saint Paul de Varces, Western French Alps. Géomophologie: relief, processus, environment, 23, 2, doi: 10.4000/geomorphologie.11681

Guzzeti, R., Reichenbach, P. 2010. Rockfalls and Their Hazard. In: Tree Ring and Natural Hazards: A State-of-the-Art. Stoffel M., Bollschweiler M., Butler D.R., Luckman B.H. (eds.). Springer, Dordrecht, The Netherlands: 129–137.

Luckman B.H. 2008. Forty years of rockfall accumulation at the mount Wilcox site, Jasper National Park, Alberta, Canada. Geographia Polonica, 81, 1: 79–91.

Lundström T., Jonsson M.J., Volkwein A., Stoffel M. 2009. Reactions and energy absorption of trees subject to rockfall: a detailed assessment using a new experimental method. Tree Physiology, 29: 345–359.

Moya J., Corominas J., Pérez-Arcas J. 2010a. Assessment of the rockfall frequency for hazard analysis at Solà d'Andorra (Eastern Pyrenees). In: Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-Art. Stoffel M., Bollschweiler M., Butler D., Luckman B. (eds.). Advances in Global Change Research 41, Springer Dordrecht Heidelberg London New York: 161–175.

Moya J., Corominas J., Pérez-Arcas J., Baeza C. 2010b. Tree-ring based assessment of rockfall frequency on talus slopes at Solà d'Andorra, Eastern Pyrenees. Geomorphology, 118: 393–408.

Papež J. 2011. Neme priče pri presoji nevarnosti zaradi erozijskih in hudourniških procesov. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 168-178.

Perret S., Stoffel M., Kienholz H. 2006. Spatial and temporal rockfall activity in a forest stand in the Swiss Prealps - a dendrogeomorphological case study. Geomorphology, 74: 219–231.

Schneuwly D.M. 2010. Reconstruction and Spatial Analysis of Rockfall Frequency and Bounce Heights Derived from Tree Rings. V: In: Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-Art. Stoffel M., Bollschweiler M., Butler D., Luckman B. (eds.). Advances in Global Change Research 41, Springer Dordrecht Heidelberg London New York: 177–180.

Shroder J.F. 1978. Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah. Quaternary Research, 9, 2: 168–185.

Stoffel M. 2006. A Review of Studies Dealing with Tree Rings and Rockfall Activity: The Role of Dendrogeomorphology in Natural Hazard Research. Natural Hazards, 39: 51–70.

Stoffel M., Bollschweiler M., Butler R.D., Luckman H.B. 2010. Tree Rings and Natural Hazards: An Introduction. In: In: Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-Art. Stoffel M., Bollschweiler M., Butler D., Luckman B. (eds.). Advances in Global Change Research 41, Springer Dordrecht Heidelberg London New York: 3–23.

Stoffel M., Perret S. 2006. Reconstructing past rockfall activity with tree rings: Some methodological consideration. Dendrochronologia, 24: 1–15.

Stoffel M., Schneuwly D., Bollschweiler M., Lièvre I., Delaloye R., Myint M., Monbaron M. 2005. Analyzing rockfall activity (1600–2002) in a protection forest - a case study using dendrogeomorphology. Geomorphology, 68, 3–4: 224–241.

Šilhán K., Brázdil R., Pánek T., Dobrovolný P., Kašičková L., Tolasz R., Turský O., Václavek M. 2011. Evaluation of meteorological controls of reconstructed rockfall activity in the Czech Flysch Carpathians. Earth Surface Processes and Landforms, 36: 1989–1909.

Šilhán K., Pánek T., Hradecký J. 2013. Implications of spatial distribution of rockfall reconstructed by dendrogeomophological methods. Natural Hazards and Earth System Sciences, 13: 1817–1826.

Trappmann D. and Stoffel M. 2015. Visual dating of rockfall scars in Larix decidua trees. Geomorphology, 245: 62–72.

Trappmann D., Stoffel M. 2013. Counting scars on tree stems to assess rockfall hazards: A low effort approach, but how reliable? Geomorphology, 180-181: 180–186.

Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20)

Robert ROBEK[1], Aleš BENČINA[2], Jan MIHELIČ[3], Urška SLOMŠEK[4]

NOVE PRAKSE VARSTVA PRED HUDOURNIKI, EROZIJO IN PLAZOVI PRI UPRAVLJANJU DRŽAVNIH GOZDOV RS

Ključne besede: *državni gozdovi, SiDG, vodni viri, varovanje okolja, izvajanje gozdarskih del*

Uvod

Državni zbor Republike Slovenije je februarja 2016, s sprejetjem Zakona o gospodarjenju z gozdovi v lasti Republike Slovenije (2016), za gospodarjenje z večino državnih gozdov ustanovil družbo Slovenski državni gozdovi d.o.o. Gospodarjenje z državnimi gozdovi pomeni razpolaganje z državnimi gozdovi, upravljanje državnih gozdov ter pridobivanje gozdov. Z vzpostavitvijo družbe SiDG so bili ustvarjeni pogoji za nove prakse enovitega izvajanja gozdarskih del v državnih gozdovih Republike Slovenije po načelih trajnosti, sonaravnosti in mnogonamenskosti.

Štiri leta po ustanovitvi SiDG sestavlja 270 zaposlenih. V letu 2019 smo izdelali in prodali 1,3 milijona m3 gozdnih lesnih sortimentov (GLS) ter opravili za 4,8 milijone € gojitvenih, varstvenih in infrastrukturnih del (SiDG, 2020a). Pri tem se praktično vsakodnevno srečujemo z vprašanji varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi v državnih gozdovih. To zajema tako ohranjanje kakovosti in dinamike odtoka površinskih vod v gozdnem prostoru ter preprečevanje in zmanjševanje erozijskih procesov in zemeljskih plazov, ki jo vključujemo v vse faze proizvodnih procesov pridobivanja lesa, graditve gozdne infrastrukture in gozdno varstvenih in gojitvenih del (GVG). V prispevku so predstavljeni organizacija in ključni nosilci in postopki varovanja vodnih virov in orodja, ki jih pri tem uporabljamo ter bodoče prednostne naloge družbe SiDG na tem področju.

1 **robert.robek@sidg.si**, *Slovenski državni gozdovi d.o.o., Rožna ulica 39, 1330 Kočevje*
2 **ales.bencina@sidg.si**, *Slovenski državni gozdovi d.o.o., Rožna ulica 39, 1330 Kočevje*
3 **jan.mihelic@sidg.si**, *Slovenski državni gozdovi d.o.o., Rožna ulica 39, 1330 Kočevje*
4 **urska.slomsek@sidg.si**, *Slovenski državni gozdovi d.o.o., Rožna ulica 39, 1330 Kočevje*

Nova organizacija in nosilci varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi

Praktično varstvo pred hudourniki, erozijo in plazovi poteka v sektorju za gozdarstvo, v katerem je bilo konec leta 2019 že 220 zaposlenih. Sektor sestavljajo trije oddelki (gozdno gradbeništvo, urejanje gozdov, gozdna proizvodnja) in štiri poslovne enote: Kočevje, Postojna, Ljubljana in Maribor. Poslovne enote se terensko delijo na gozdne obrate, katerih velikost je odvisna od gozdnatosti območja ter deleža in kakovosti gozdov. Dejanski nosilci varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi so vodje gozdnih obratov, delovodje in projektanti.

Vodja gozdnega obrata organizira in nadzoruje vsa osnovna gradbena dela, sečnjo in spravilo lesa z zunanjimi izvajalci del, vsa GVG dela ter pri tem usmerja in nadzoruje tudi aktivnosti varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi na svojem teritoriju. Pri tem so jim na terenu v pomoč odpremniki GLS, za zahtevnejše naloge pa sodelavke in sodelavci strokovnih oddelkov. Na terenu trenutno deluje 31 vodij gozdnih obratov.

Od leta 2018 družba SiDG razvija tudi Oddelek gozdne proizvodnje. V njegovi sestavi so tri dislocirane enote skupin za sečnjo in spravilo lesa, enota za kamionske prevoze ter tehnična služba. Ključne naloge s področja varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi v lastni proizvodnji so v domeni šestih delovodij.

Enoto Kočevje je konec leta 2019 sestavljalo 8 skupin za sečnjo in traktorsko spravilo lesa in dve skupini za strojno sečnjo. Delo sečnih skupin na kočevskem usmerjata dva delovodja. Enoto Maribor so konec leta 2019 sestavljale tri skupine za klasično sečnjo in traktorsko spravilo lesa ter ena skupina za žičniško spravilo lesa. Delo sečnih skupin na Štajerskem in Koroškem vodi en delovodja. Enoto Postojna sta konec leta 2019 sestavljali dve skupini za sečnjo in traktorsko spravilo lesa, ki ju je usmerjal en delovodja.

Projektant, pooblaščeni inženir inženirske zbornice Slovenije IZS za področje gozdne infrastrukture, izdeluje projektno dokumentacijo, izvaja gradbeni nadzor pri graditvi zahtevnejših objektov ter nudi strokovno podporo vodjem gozdnih obratov in delovodjem pri zahtevnejših popisih gradbenih del, pridobivanju potrebnih soglasij za osnovna gradbena dela in pri projektiranju žičniških linij. V SiDG deluje 5 projektantov.

Novi postopki in orodja varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi

Sistemi vodenja del

Družba SiDG je junija 2019 sprejela, januarja 2020 pa nadgradila, sistem vodenja izvedbe del lastne proizvodnje in javnih naročil sečnje in spravila, gozdnogojitvenih in

varstvenih del ter del gozdnega gradbeništva. Ta velja v vseh državnih gozdovih, z njim so podrobno določeni postopki vodenja oddanih del. Poseben poudarek je na sledljivosti pisne komunikacije med izvajalcem del in predstavnikom družbe SiDG ter vodenju postopkov v primeru kršitev izvedbenih določil, podanih preko meril gozdarske stroke, odločb ZGS, standardov FSC® (*Forest Stewardship Council*) in PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*) ter veljavne zakonodaje v RS. Bistvena je terenska kontrola del, kjer je v primeru varovanja vodnih virov nujno poznavanje mejnih vrednosti ključnih indikatorjev. Ti v Sloveniji še niso dorečeni, zato so te kontrole subjektivne.

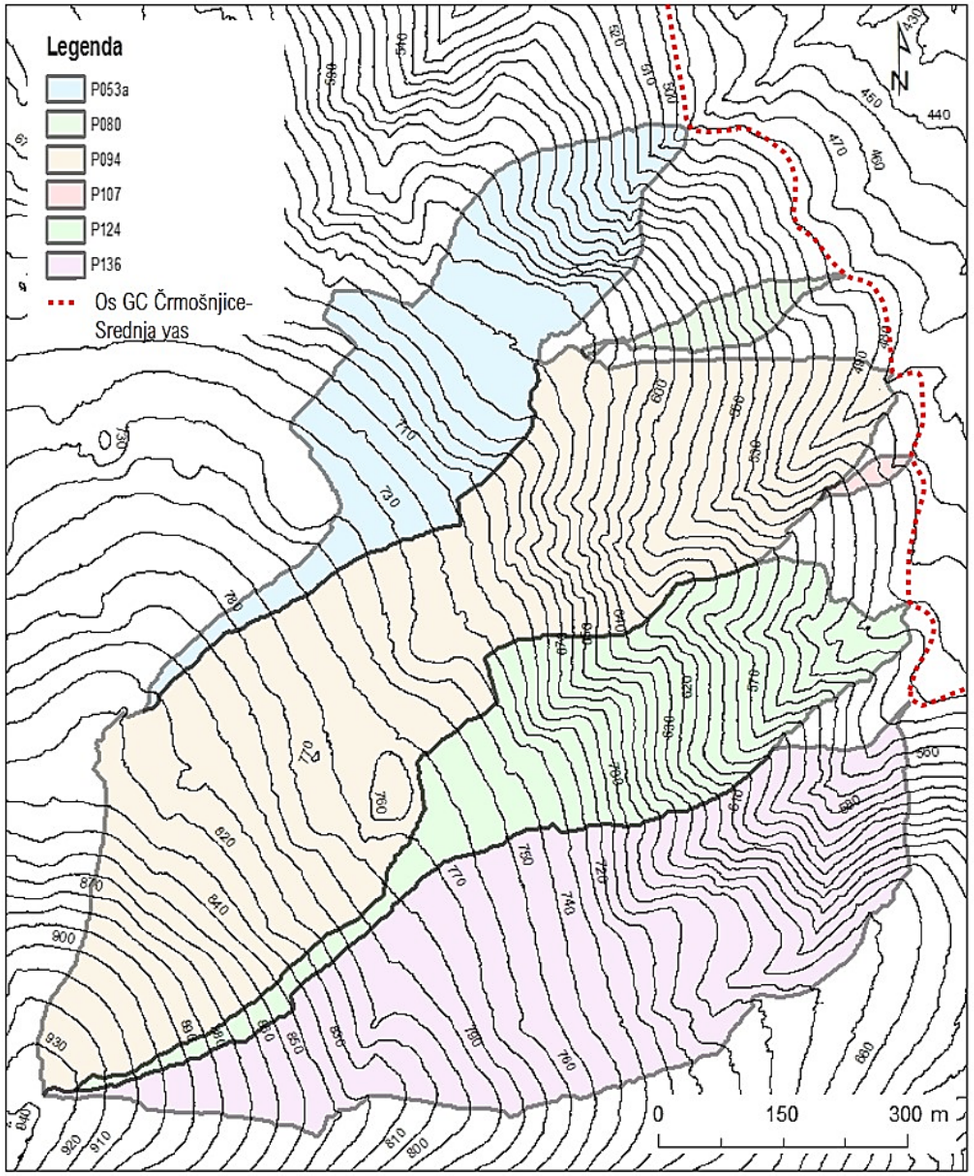
FSC®/PEFC certifikati

Globalno uveljavljena certifikata FSC® in PEFC v ciljih, načelih in merilih izpostavljata velik pomen vode in preprečevanje erozije za gozdni prostor in človeštvo. Voda je življenjski vir vsakega gozda, hkrati pa so gozdovi naravni rezervoarji in čistilci vode. V svetu kar eno tretjino pitne vode, ki jo pridobivajo največja svetovna mesta, prihaja iz gozda (Carstensen, 2016). Zato je potrebno za ohranitev vodnih virov pravilno in skrbno gospodarjenje z gozdovi. S svojimi ekosistemskimi pristopi standarda prispevata k učinkoviti in trajnostni rabi vode. Osredotočata se zlasti na zaščito in obnovitev vodotokov, vodnih teles in obrečnih območij ter na ublažitev negativnih vplivov gospodarjenja na kakovost vode. Posredno pa standarda z merili o usposabljanju gozdnih delavcev, ravnanju z odpadki in gradnji gozdne infrastrukture (cest, mostov) preprečujeta negativne vplive na kakovost vode v gozdovih (PEFC, 2020).

Državnim gozdovom je bil FSC® certifikat podeljen leta 2007, PEFC certifikat pa leta 2017 (SiDG, 2020b), nosilec obeh certifikatov je SiDG. Vodovarstveni cilji FSC® in PEFC certifikatov so vključeni v sistem izvajanja vseh gozdarskih del. Oddelek za urejanje gozdov zagotavlja usposabljanje po teh standardih za vse terenske delavce SiDG, s poudarki na upoštevanju omejitev ZGS, ravnanju z odpadki in prilagojeni rabi gozdarske mehanizacije. Vodje gozdnih obratov, delovodje in projektanti tekom priprave del in izvedbe gozdarskih del so dolžni dnevno preverjati stanje vodnih virov in poškodb tal. Oddelek za urejanje gozdov v okviru FSC®/PEFC nadzorov vzorčno preverja izvajanje postavljenih načel in meril.

Uporaba LIDAR podatkov

Površina Slovenije je bila v letih 2011, 2014 in 2015 v celoti posneta z laserskim skeniranjem, katerega podatki so javno dostopni (Triglav Čekada, 2016). V SiDG pri projektiranju gozdnih cest in zahtevnejših sanacijah zemeljskih usadov iz podatkov laserskega skeniranja Slovenije izdelujemo lokalne digitalne modele reliefa (DMR). V sodelovanju z Oddelkom za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL smo razvili algoritem za avtomatsko določanje površine in oblike vodozbirnih območij (Slika 1). Iz DMR ocenimo topografske značilnosti iz katerih lahko s pomočjo modelov določimo hidrološke značilnosti hudournika kot sta površinski odtok (Q) ter pretočna hitrost vode (v). V slovenskem prostoru je najbolj uveljavljena Kresnikova enačba (Brus, 1981), v zadnjem času uvajamo tudi hidrološki model ZEMOKOST avstrijske hudourničarske stroke (Kohl, 2011). Za kakovostno dimenzioniranje vodnih struktur je še vedno potreben ogled terena, da v primeru Kresnikove enačbe ocenimo odtočni koeficient (α) ali v primeru modela ZEMOKOST ocenimo koeficient površinskega odtoka (SRC) in koeficient hrapavosti (RCC) s pomočjo priročnika (Markart in sod., 2011). Za dimenzioniranje prepustov, muld in premostitvenih objektov upoštevamo odtok stoletnih voda (Q_{100}) ne glede na vrste hudourniških območij.



Slika 1: Primer avtomatskega določanja vodozbirnih območij vzdolž trase gozdne ceste Črmošnjice-Srednja vas.

Ažurni oblaki točk

Statičnost javno dostopne podatke laserskega skeniranja površja Slovenije v družbi SiDG dopolnjujemo z uporabo daljinsko vodenih letalnikov, s katerimi za konkretne zahtevne infrastrukturne projekte izdelujemo ažurne DMR, zlasti za hidrološke analize. Primerno usmerjanje površinskih vod v gozdnem prostoru je pri gradnji linijskih objektov ključnega pomena, pa naj gre za pešpoti, vlake ali gozdne ceste. Le s pravilnim odvodnjavanjem in umeščanjem objektov za ureditev odvodnjavanja, lahko zmanjšamo erozijo in ohranimo funkcionalnost objektov. Za ažurne in natančne DMR v SiDG intenzivno uvajamo daljinsko vodene letalnike – drone in GNSS sprejemnike visoke položajne natančnosti. Z njimi lahko v kratkem času kakovostno posnamemo veliko število posnetkov, jih prostorsko orientiramo in izdelamo fotogrametrične 3D oblake točk. Zaradi velike stopnje reliefnih podrobnosti so odličen pripomoček za dokumentiranje površinskih odtokov z gozdne infrastrukture, pa tudi za evidentiranje dejansko izvedenih del in izdelave projektov izvedenih del.

Primer kombiniranja GNSS tehnologij in daljinsko vodenih letalnikov v gozdnem gradbeništvu je projekt izvedenih del pri rekonstrukciji obstoječe pešpoti na Rožnik, ki ga je projektivni oddelek SiDG leta 2019 izdelal za Mestno občino Ljubljana. V letošnjem letu smo z daljinsko vodenih letalnikom posneli umestitev izvedenih objektov za ureditev odvodnjavanja, kot so prečni jarki, iztoki, cevni prepusti in vzdolžni jarki. S programsko opremo 3D SURVEY smo izdelali 3D oblak točk iz serije fotografij (posnetih z brezpilotnim zrakoplovom), iz njega pa naredili ortofoto, ki je bil podlaga za projektno dokumentacijo (Slika 2).

Za snemanje in obdelavo slikovnega gradiva je bil porabljen en delovni dan. Hitrost izdelave in natančnost izdelanih produktov sta ključna pozitivna atributa uporabljene tehnologije. Glava slabost takih pristopov je relativno visoka potreba po zahtevni opremi ter znanju za njeno uporabo.

Slika 2: Iz fotogrametričnega 3D oblaka točk so razvidne mikroreliefne ureditve odtoka površinskih vod (levo), izdelani ortofoto pa prikazuje njihov pravilen položaj v prostoru (desno).

Izzivi in prioritete

Družba SiDG s svojo organiziranostjo, strokovnim kadrom in opremo predstavlja velik potencial za aktivno varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi pri upravljanju vseh državnih gozdov. Z vzpostavitvijo lastne gozdne proizvodnje ta potencial še narašča, saj je s tem teoretično omogočena najvišja raven okolju prilagojene priprave, izvedbe in nadzora del. Je pa tudi res, da realiziran obseg del nujno za sabo potegne tudi serijo dobrih in slabih praks na tem področju.

Po trajnosti in jakosti posegov izstopa gradnja gozdnih cest. Teh objektov je malo, zato jim moramo v bodoče posvetiti primerno pozornost zlasti v fazi trasiranja poteka ceste ter kakovostne obdelave kritičnih odsekov.

Cenena gradnja vlak na občutljivih terenih ostaja okoljsko tveganje. Zmanjševanje tveganj vključuje aktivno sooblikovanje elaborata vlak, izbiro sezone izvedbe del ter pogostejši nadzor gradnje.

Za optimalno varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi v državnih gozdovih potrebno storiti še marsikaj. Prednostne naloge družbe SiDG na tem področju so:

- Izobraževanje terenskega kadra SiDG za samostojno opravljanje nalog na področju varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi.
- Implementacija indikatorjev za preverjanje ustreznosti izvedbe del zlasti z vidika erozijskih procesov ali zemeljskih plazov.
- Izvajanje sistema nenapovedanih notranjih kontrol izvedbe gozdarskih del.
- Dosledno kaznovanje izvajalcev za neupoštevanje zahtevanih okoljskih standardov.

Nekatere navedene prednostne naloge presegajo področje družbe SiDG. So del razvoja gozdarske stroke in konkretizacije zakonodaje na tem področju. Zlasti pri razvoju meril in indikatorjev pričakujemo, da bomo tudi v bodoče deležni podpore raziskovalnih ustanov.

Viri

Brus J. 1981. Grafikoni za določanje velikih voda in numerične tabele za določanje odtočnih koeficientov ter povprečnih letnih specif. pretokov po empiričnih obrazcih nekaterih poznanih tujih avtorjev, Ljubljana.

Carstensen K. 2016. Every drop counts: the value of responsible water management. Bonn. https://fsc.org/en/news/every-drop-counts-the-value-of-responsible-water-management. (7. 3. 2020).

Kohl B. 2011. Das Niederschlags-/Abflussmodell ZEMOKOST - Entwicklung eines praktikablen Modells zur Ermittlung von Hochwasserabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten unter Einbeziehung verbesserter Felddate: Doktorska dizertacija. Universität Innsbruck, Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften. Innsbruck, samozal.: 271 str.

PEFC. 2020: SDG 6: Clean water and sanitation. Geneva, PEFC: https://www.pefc.org/what-we-do/sustainable-development-goals/sdg-6-clean-water-and-sanitation. (7. 3. 2020).

SiDG. 2020a. Letno poročilo družbe Slovenski državni gozdovi d.o.o.. Kočevje, SiDG: 119 str.

SiDG. 2020b: Certificiranje. Kočevje, Slovenski državni gozdovi, d.o.o. https://www.sidg.si/index.php/javna-narocila-objave/gozdarstvo/certificiranje. (7. 3. 2020).

Triglav Čekada M. 2016. Lasersko skeniranje Slovenije. Geografski obzornik, 63, 3–4: 43–48.

Zakon o gospodarjenju z gozdovi v lasti Republike Slovenije (ZGGLRS). 2016. Ur. l. RS, št. 9/16.

Milan KOBAL[1], Jože PAPEŽ[2], Miha KOSTEVC[3], Michael NEUHAUSER[4], Christopher D'AMBOISE[5], Michaela TEICH[6], Karl KLEEMAYR[7]

REGIONALNO MODELIRANJE POBOČNIH MASNIH PREMIKOV: DOLOČANJE EROZIJSKE OGROŽENOSTI PRED SKALNIMI PODORI IN SNEŽNIMI PLAZOVI NA PRIMERU HUDOURNIŠKEGA OBMOČJA VELIKA PIŠNICA

Ključne besede: *pobočni masni premiki, regionalno modeliranje, erozijska nevarnost in ogroženost, skalni podori, snežni plazovi, varovalna in zaščitna funkcija gozda*

Uvod

Zakon o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02) za zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda določa poplavna območje (poplave), erozijska območja (erozija celinskih voda in morja), plazljiva območja (zemeljski ali hribinski plazovi) ter plazovita območja (snežni plazovi). Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Ur. l. RS, št. 60/07; v nadaljevanju Pravilnik) določa le metodologijo za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, metodologije za določanje ogroženosti za plazljiva, plazovita in erozijska območja izven vpliva poplavnih voda pa v Sloveniji še nimamo. V tem oziru še niso izpolnjene določbe, ki jih določa Zakon o vodah iz leta 2002.

V prispevku je prikazana uporaba metodologije za določanje plazljivih in plazovitih območij, ki smo jo razvili v projektu Interreg Območje Alp - GreenRisk4ALPs (*Development of ecosystem-based risk governance concepts with respect to natural hazards and climate impacts – from ecosystem-based solutions to integrated risk assessment*), in je večinoma skladna z Zakonom o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02) in Pravilnikom (Ur. l. RS, št. 60/07) ter prenosljiva v slovenske razmere.

1 **milan.kobal@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
2 **joze.papez@hidrotehnik.si**, *Hidrotehnik Vodnogospodarsko podjetje d.o.o., Slovenčeva ulica 97, 1000 Ljubljana*
3 *k***ostevc.miha@gmail.com**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
4 **michael.neuhauser@bfw.gv.a**t, *Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaf, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck*
5 **christopher.damboise@bfw.gv.at**, *Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaf, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck*
6 **michaela.teich@bfw.gv.at**, *Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaf, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck*
7 **karl.kleemayr@bfw.gv.at,** *Bundesforschungs und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaf, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck*

Metodologija je nastala v sodelovanju z raziskovalnimi institucijami in institucijami, ki opravljajo upravne in razvojne naloge na področju upravljanja z vodami in gozdovi iz celotnega območja Alp (v projekt je vključenih 12 projektnih partnerjev iz Avstrije, Francije, Italije, Nemčije, Slovenije in Švice). Do sedaj je bila testirana v šestih pilotnih akcijskih regijah (Southern Wipptal - ITA, Brenner region - AUT, Parc des Baronnies - FRA, Val Ferret - ITA, Oberammergau - GER ter Kranjska Gora – SLO), in sicer za modeliranje snežnih plazov, skalnih podorov ter plitvih zemeljskih plazov.

Metodologija za določanje plazljivih in plazovitih območij

Metodologija za določanje plazljivih in plazovitih območij temelji na modeliranju pobočnih masnih premikov od izvornega območja, preko območja premeščanja do mesta odlaganja, kjer se masa zaradi izgube energije zaustavi. Pri tem lahko upoštevamo varovalni učinek gozda, ki vpliva na izgubo energije premikajoče mase. Dodatno lahko v model vključimo sloj elementov ogroženosti z različno stopnjo ranljivosti (glej Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja; Ur. l. RS, št. 89/08 in št. 49/20).

Vhodni rastrski sloji, ki so, po v projektu razviti metodologiji, izhodišče za določanje erozijske nevarnost in ogroženosti, so:

- digitalni model reliefa (DMR),
- rastrski sloj izvornih območij (vrednost: 0 ali 1),
- rastrski sloj elementov ogroženosti (vrednost: > 0) in
- rastrski sloj varovalnega učinka gozda (vrednost: od 0 do 1).

Vsi vhodni rastrski sloji morajo zajemati enako veliko območje in hkrati imeti enako prostorsko ločljivost.

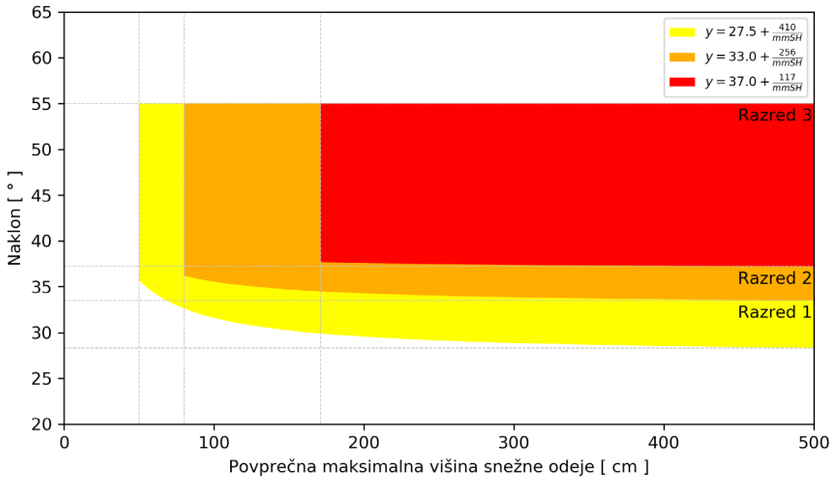
Hudourniško območje Velika Pišnica

Velika Pišnica je najširša in najbolj razvejana zgornjesavska prečna dolina (Slika 1). Hudourniško območje (24,06 km2) je močno razčlenjeno, nadmorska višina sega od 773 m (Log) do 2738 m (Škrlatica). Hudourniško območje sestavlja vsaj 30 manjših hudourniških območij. Je značilno alpsko območje tektonskega nastanka, ki so ga ka-sneje preoblikovali ledeniki. Obrobje gorskih vrhov se je oblikovalo v poznem triasu, srednji predeli v srednjem triasu in spodnji v zgodnjem triasu. Na območju Velike

Pišnice prevladuje apnenec. Hudourniško območje pogojuje vodni režim širšega območja Save Dolinke. Razgiban relief, težko prepustni sloji hribin v osrednjem delu hudourniškega območja ter razrahljanost gozdnih sestojev povzročajo velika nihanja pretoka vode (od 0 do 125 m^3/s).

Digitalni model reliefa in določanje izvornih območij pobočnih masnih premikov

V analizi smo uporabili podatke laserskega skeniranja Slovenije (Bric in sod., 2015) iz katerega smo izdelali DMR z velikostjo rastrske celice 5 × 5 m, kar ustreza merilu 1 :10.000 (Tobler, 1987). Kot izvorna območja skalnih podorov smo določili vsa območja, kjer je naklon (izračunan iz DMR) višji od 47,8 ° (Larcher in sod., 2012). Pri določitvi izvornih območij snežnih plazov smo poleg naklon upoštevali tudi povprečno maksimalno višino snežne odeje (mmSH). mmSH smo izračunali iz podatka o nadmorski višini - funkcijo, ki prikazuje odvisnost mmSH od nadmorske višine (mmSH = -65,63 + 0,18 × nmv), smo razvili iz arhivskih podatkov meteoroloških postaj (ARSO, 2020) v okolici Kranjske Gore (Rateče, Kranjska Gora, Trenta, Vogel, Kredarica, Zgornja Radovna, Planina pod Golico ter Javorniški Rovt). Kriteriji za določitev razredov izvornih območij snežnih plazov so prikazani na Sliki 2 (Huber in sod., 2015).

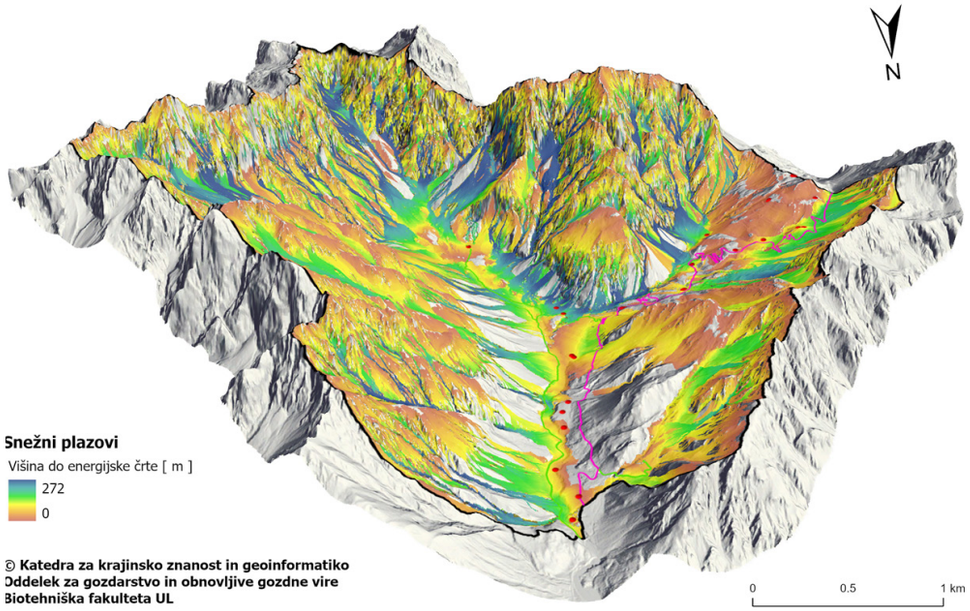


Slika 1: Kriteriji za določitev treh razredov območij proženja snežnih plazov (Huber in sod. 2015).

Določanje območij premeščanja in odlaganja pobočnih masnih premikov ter določitev erozijske nevarnosti

Za simulacijo pobočnih masnih premikov oz. določitev erozijske nevarnosti smo uporabili model Flow-Py (Python3), razvit v projektu GreenRisk4ALPs (Neuhauser in sod., 2020; Kobal in sod., 2020), kjer za določitev območij premeščanja in območij odlaganja (Slika 3) upoštevamo dva parametra:

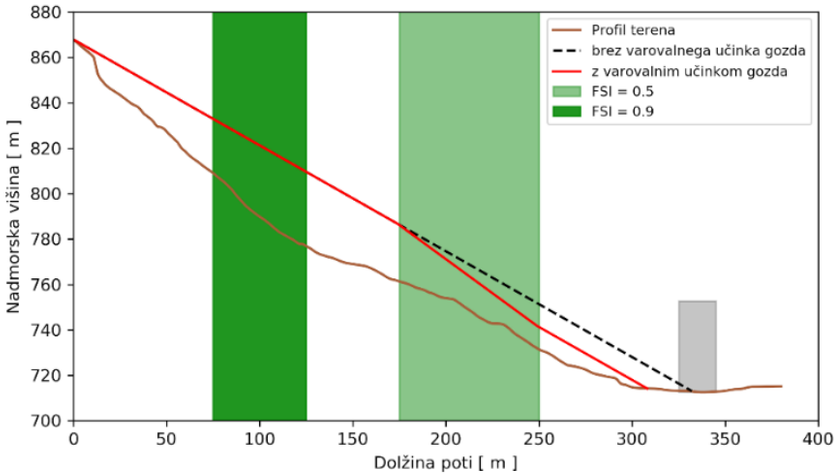
- kot energijske črte α (Heim, 1932), ki določa doseg mase (*višja vrednost – manjši doseg*),
- eksponent exp (Holmgren, 1994), ki določa lateralno širjenje mase (*višja vrednost – širše območje odlaganja*).



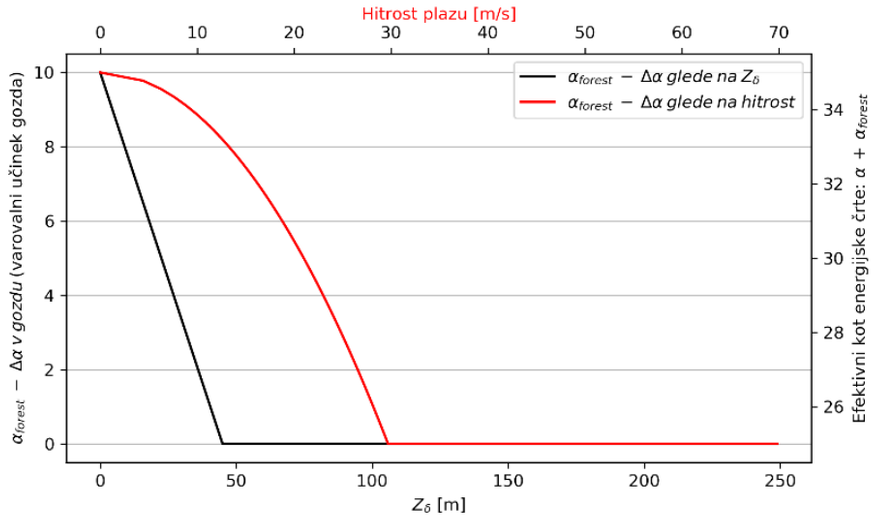
Slika 2: Karta plaznic snežnih plazov (erozijske nevarnosti), kjer je prikazana razdalja do energijske črte z_δ.

Varovalni učinek gozda α_{forest}

Model Flow-Py omogoča upoštevanje varovalnega učinka gozda α_{forest} tako za izvorna območja kot za območja premeščanja in odlaganja. Odraža se v povečanju kota energijske črte α na območju, kjer je gozd (Slika 4). V prvem koraku je za izračun α_{forest} potrebno določiti parameter MFS (*Maximum Forest Structure*), ki predstavlja potencialni varovalni učinek gozda in je odvisen od: a) vrste pobočnega masnega premika, b) razvojne faze sestoja ter c) drevesne sestave. Ko imamo tako določen parameter MFS, v drugem koraku določimo še parameter FSI (*Forest Structure Index*), ki predstavlja dejanski varovalni učinek gozda in je odvisen od: a) sestojnega sklepa, b) sestojne gostote ter c) zgornje sestojne višine. Varovalni učinek gozda α_{forest} se v modelu Flow-Py spreminja tudi glede na razdaljo do energijske črte z_δ (približek za energijo) oz. od hitrosti gibanja mase po pobočju ($z_\delta > 0$) (Slika 4 in Slika 5). Ko energija potujoče mase preseže določeno vrednost, gozd ne more več opravljati svoje varovalne vloge. V izvornih območjih ($z_\delta = 0$) pomeni povečanje naklona, nad katerim lahko pride do izvora pobočnega masnega premika.



Slika 3: Varovalni učinek gozda α_{forest} je omejen glede na kinetično energijo pobočnega masnega premika.



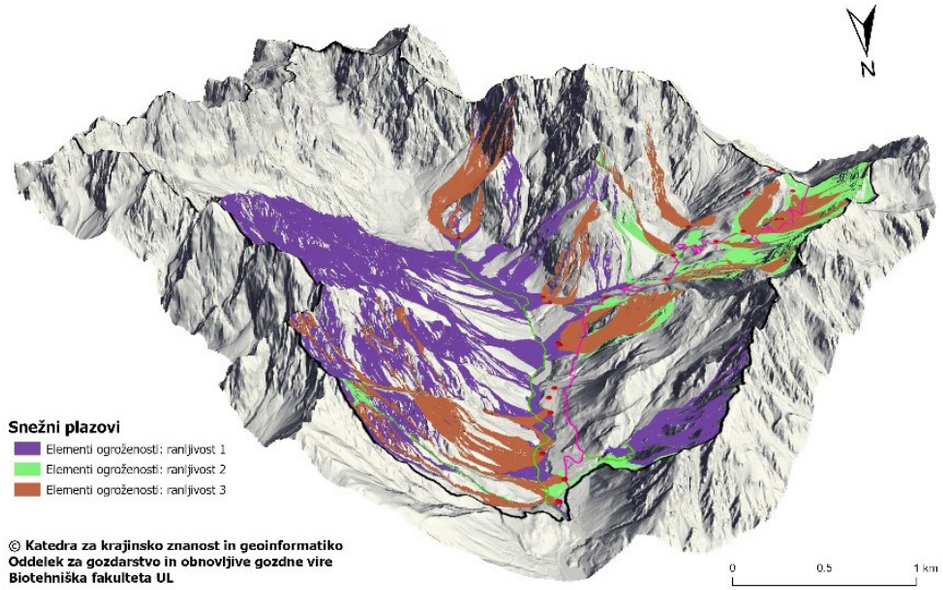
Slika 4: Odvisnost varovalnega učinka gozda (α_{forest}) glede na hitrost gibanja plazu oz. razdalje do energijske črte z_δ.

Elementi ogroženosti z različno stopnjo ranljivosti in določitev erozijske ogroženosti

Model Flow-Py omogoča vključitev sloja potencialnih elementov ogroženosti (t.i. škodni potencial: npr. infrastrukturno omrežje, stavbe, kulturna dediščina idr.), pri čemer lahko imajo ti različno stopnjo ranljivosti. Območja premeščanja, po katerih simulirana pot mase doseže elemente ogroženosti, algoritem shrani v svoj sloj, ki

vsebuje atribut o stopnji ranljivosti (Slika 6). Ta predstavlja erozijsko nevarnost, nad elementi ogroženosti.

Ali te karte (erozijska nevarnost nad elementi ogroženosti) prikazujejo tudi erozijsko ogroženost? Ali bodo na karti erozijske ogroženosti prikazani le elementi ogroženosti? Ali bomo za te elemente erozijske ogroženosti zarisali še nek ''vplivni radij'', kjer bo njegova velikost odvisna od njihove ranljivosti in območje znotraj tega radija prikazali kot erozijsko ogroženo območje, je stvar razprave. Ali bomo gozd obravnavali kot element ogroženosti se je prav tako potrebno odločiti. Če da, potem erozijsko ogrožena območja predstavljajo tudi vsi gozdovi na območjih erozijske nevarnosti (varovalna funkcija gozdov), posebej tisti nad elementi ogroženosti (zaščitna funkcija gozdov). Kaj pa tisti gozdovi, ki so zavarovani habitati? Ali pa gozdovi v Triglavskem narodnem parku? Jih bomo uvrstili med elemente ogroženosti?



Slika 6: Karta erozijske nevarnosti za primer snežnih plazov, po katerih snežni plazovi ''zadenejo'' elemente ogroženosti.

Prenos v gospodarjenje z gozdovi

Če izhajamo iz Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Ur. l. RS, št. 60/07) ter Pravilnika o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (Uradni list RS, št. 91/10), funkcijo varovanja gozdnih zemljišč in sestojev lahko določimo tistim gozdovom, ki ležijo na območju erozijske nevarnost. Gozdovi prisotni na območjih erozijske nevarnosti nad elementi ogroženosti opravljajo zaščitno funkcijo.

Rezultati modela predstavljajo hkrati izhodišča za gospodarjenje z gozdovi, saj omogočajo:

- objektivno določanje gozdov s poudarjeno varovalno funkcijo po posameznih vrstah pobočnih masnih premikov in ustreznih ukrepov s katerimi lahko to vlogo vzdržujemo in optimiziramo,
- objektivno določanje gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo po posameznih vrstah pobočnih masnih premikov in ustreznih ukrepov s katerimi lahko to vlogo vzdržujemo in optimiziramo,
- kategorizacijo gozdov s poudarjeno zaščitno funkcijo glede na stopnjo ranljivosti elementov ogroženosti, ki jih ta gozd varuje/ščiti kot osnova za kategorizacijo gozdov glede na prioritete ukrepanja ingospodarjenja z gozdovi,
- spremljanje varovalnega in zaščitnega učinka gozda pred posameznimi pobočnimi masnimi premiki in posodabljanje priporočil za načrtno operativno optimiziranje varovalne in zaščitne vloge,
- identifikacijo območij, kjer so potrebni dodatni tehnični in/ali biotehnični ukrepi varovanja elementov ogroženosti.

Izdelane karte po predstavljeni metodologiji je nujno preveriti oz. verificirati na terenu. Pri tem je nepogrešljivo znanje o t.i. nemih pričah, o sledovih v pokrajini, ki omogočajo povratno opisno sklepanje o preteklih in sedanjih procesih masnih gibanj, v najboljšem primeru pa dopuščajo tudi kvantitativne interpretacije procesov. O tem je v Sloveniji obširno opisano v magistrski nalogi »*Neme priče pri presoji nevarnosti zaradi erozijskih in hudourniških procesov*« (Papež, 2011).

V Sloveniji, ki ima gozdnatost večjo od 60 %, ima lahko gozdarska stroka v družbi zelo pomemben vpliv, tudi na področju zmanjševanja ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi. Gozdarstvo, kot izvor in ena izmed "logičnih kadrovskih streh" hudourničarstva, je v svoji osnovi pomembno predvsem zaradi celostnega gospodarjenja s prostorom, kar je razvidno tudi iz prispevka. Pobuda iz gozdarstva za še bolj načrtno in strokovno podprto optimizacijo varovalne in zaščitne vloge gozdov bi morala biti razumljena kot razvojna priložnost in družbeno odgovorna poteza. Seveda lahko v primeru prevzemanja določenih zakonsko podprtih obveznosti pride tudi do prevzemanja določene stopnje bolj jasne odgovornosti. Vendar to ne bi smelo zadržati tovrstnih razvojnih aktivnosti.

Rezultati presoje nevarnosti in ogroženosti na slovenskem testnem območju tudi dokazujejo, da je zaradi podobnosti erozijske in hudourniške problematike na območju Alp pri razmišljanju o sistemskih rešitvah zelo dobrodošla, če že ne nujna, mednarodna izmenjava znanj in izkušenj med pristojnimi institucijami. Skupaj zmoremo več in bolje.

Viri

ARSO – Arhivski meteorološki podatki, 2020. URL: http://www.meteo.si/met/sl/archive/ (25.11.2020)

Bric V., Berk S., Oven K., Triglav Čekada M. 2015. Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije, 71 str.

Heim A. 1932. Bergsturz und Menschenleben. Beibl. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich 20, 218.

Holmgren P. 1994. Multiple flow direction algorithms for runoff modelling in grid based elevation models: An empirical evaluation. Hydrological Processes 8 (4), 327-334.

Huber A., Perzl F., Fromm R. 2015. Verbesserung der Beurteilung der Waldflächen mit direkter Objektschutzwirkung durch Modellierung von Massenbewegungsprozessen (GRAVIPRO-MOD). Project Report, Austrian Research Centre for Forests (BFW).

Kobal M., Oven D., Neuhauser M., D'Amboise C., Kleemayr K., Berger F., Baptiste Barre J., Toe D. 2020. D.T1.3.3. Development of PROTFOR tool. Interreg Alpine Space project GreenRisk4ALPs, 19 str. URL: https://www.alpine-space.eu/projects/greenrisk4alps/deliverables/a.t1_prona/d.t1.3.3p4t_final.pdf

Larcher V., Simoni S., Pasquazzo, R., Strada C., Zampediro G., Berger F. 2012. PARAmount: WP6 Guidelines, Rockfall and Forest Systems; PARAmount: Los Angeles, CA, USA, 84 str.

Neuhauser M., D'Amboise C., Teich M., Baptiste Barre J., Plörer M., Steger S., Toe D. 2020. WP T1 part of PRONA »New Tools on Protection forest and Natural Hazard Assessment«. Interreg Alpine Space project GreenRisk4ALPs, 10 str. URL: https://www.alpine-space.eu/projects/greenrisk4alps/deliverables/a.t1_prona/d.t1.2.3-cc-prof_tool.pdf

Papež J. 2011. Neme priče pri presoji nevarnosti zaradi erozijskih in hudourniških procesov. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 180 str.

Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Uradni list RS, št. 60/07)

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (Uradni list RS, št. 91/10)

Tobler W. 1987. Measuring spatial resolution. Proceedings, Land Rescources Information System Conference, Beijing, 12-16.

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Uradni list RS, št. 89/08 in 49/20)

Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20)

Miha HUMAR[1], Boštjan LESAR[2], Davor KRŽIŠNIK[3]

KAKO ZAŠČITITI LES V OGROŽAJOČEM OKOLJU?

Ključne besede: *les, naravna odpornost, razkroj lesa, zaščita, biocidi*

Uvod

Les na prostem je izpostavljen različnim dejavnikom razkroja (Eaton in Hale, 1993). V naravi so taki procesi zaželeni, kadar pa les uporabljamo v komercialne namene, jih želimo čim bolj upočasniti. Razgradnjo lesa lahko povzročijo abiotični in biotični dejavniki. Abiotični so dejavniki nežive narave, med katere prištevamo ogenj, vremenske vplive (UV-žarki, visoke ter nizke temperature, vlago in veter), mehanske sile, kemikalije… Med biotične dejavnike pa prištevamo bakterije, glive in insekte. V našem podnebnem pasu so najpomembnejši biotični vzrok za razvrednotenje lesa glive prave razkrojevalke lesa (Humar in sod., 2019).

Naravna odpornost lesa je v najširšem pomenu definirana kot odpornost lesa proti delovanju fizikalnih, kemijskih ali bioloških dejavnikov. S komercialnega vidika so daleč najpomembnejši biološki dejavniki razkroja, zato standard (EN 335)(CEN, 2013) definira naravno odpornost kot lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje dovzetnost za glivni razkroj. Izraz naravna odpornost se uporablja zgolj za nezaščiten les, medtem ko se za označevanje odpornosti zaščitenega ali spremenjenega lesa uporablja izraz odpornost lesa. Življenjska doba lesa je obdobje, v katerem les ohrani mehansko trdnost in stabilnost, ki velja za določen proizvod. Ko so te lastnosti manjše oziroma slabše od zahtevanih, je treba proizvod zamenjati, tako da se zagotovi varnost deležnikov skozi celotno dobo uporabe (Brischke in sod., 2013).

Na življenjsko dobo lesa lahko vplivamo z izbiro drevesne vrste, mestom in načinom vgradnje ter izbiro biocidnega proizvoda in postopkom zaščite. Naravna odpornost lesa iste vrste ni vedno enaka, ampak se spreminja tako v drevesu kot tudi med posameznimi drevesi. Da bi jim zagotovili ustrezno življenjsko dobo tudi slabše naravno

1 **miha.humar@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta UL, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*
2 **bostjan.lesar@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta UL, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*
3 **davor.krzisnik@bf.uni-j.si**, *Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta UL, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*

odpornega lesa, ga je pogosto treba zaščititi (impregnirati z biocidnimi sredstvi). To področje v EU ureja direktiva o biocidnih proizvodih, kjer so navedene dovoljene aktivne učinkovine. Uporaba neregistriranih biocidov ni dovoljena (Humar, 2017). Na življenjsko dobo lesa zelo vpliva tudi mesto uporabe. V ta namen so bili določeni razredi uporabe, ki nakazujejo na ogroženost lesa na posameznem mestu uporabe. Les za urejanje vodotokov je večji del leta izpostavljen v okolju z visoko vlago, zato je vlažnost lesa ves čas primerna za delovanje gliv razkrojevalk in bakterij. V skladu s standardom EM 335 (CEN, 2013) les za urejanje hudournikov, utrjevanje brežin sodi v četrti razred uporabe. Poleg tega je treba upoštevati še varnostni dejavnik, da les zaradi zagotavljanja varnosti dolvodnih naselij ne sme nenadzorovano popustiti. Četrti razred uporabe sodi med enega višjih razredov uporabe, kjer najhitreje nastane razkroj. V tem razredu uporabe sinergistično delujejo tako glive razkrojevalke kot tudi bakterije. Poleg tega v tem razredu zaradi visoke vlažnosti prihaja tudi do izpiranja ekstraktivov in tudi biocidnih učinkovin iz lesa, kar še dodatno vpliva na ogroženost lesa. S komercialnega vidika je ta razred uporabe zelo uporaben. Poleg lesa, ki se uporablja za urejanje vodotokov, so v tem razredu uporabe še: rudniški les, les za mostove, železniški pragovi, telekomunikacijski drogovi, koli v vinogradih in sadjarstvu (MacKenzie, 2007).

Na življenjsko dobo lesa vplivajo tudi podnebne razmere. V južnih krajih razkroj poteka hitreje kot v severnih. Ker se podnebne razmere zelo razlikujejo od geografske lokacije, je smiselno, da se le-te določijo za ključne lokacije v regiji oziroma državi. V okviru tega prispevka navajamo podatke testiranj življenjske dobe najpomembnejših lesnih vrst v Ljubljani.

Metode

V testiranje smo vključili 19 materialov: del je bil neobdelanih, del vzorcev je bil modificiran v skladu s komercialnim postopkom Silvapro, del je bil impregniran z biocidnim proizvodom Silvanolin, nekaj vzorcem pa smo vodoodbojnost izboljšali z impregnacijo z vodno emulzijo voskov. Vzorce (2,5 × 5,0 × 50 cm^3), izdelane iz izbranih lesnih vrst (Preglednica 1), smo izpostavili na terenskem polju Oddelka za lesarstvo v Rožni dolini v Ljubljani na pretežno senčni in zatišni lego (310 m n.m.). S testiranjem smo začeli oktobra 2013. Kosi lesa so bili izpostavljeni v tretjem razredu uporabe (nepokrito na prostem, pogosto močenje) (EN 335) (CEN, 2013). V naši raziskavi smo za določanje življenjske dobe lesa uporabili enoslojni test. Sedem ali devet enako obdelanih vzorcev smo zložili na lesene nosilce 0,5 m nad nivojem tal. Ocenjevanje vzorcev je potekalo v oktobru. Vsak vzorec smo si natančno ogledali in ocenili stopnjo razkroja po standardu (EN 252, 2012) (CEN, 2015) z ocenami od 0 (popolnoma zdrav les) do 4 (popolnoma trhel les) in izračunali povprečne vrednosti.

Rezultati in razprava

Rezultati šestletnega testiranja so prikazani v preglednici 1. Prvo leto po izpostavitvi na nobenem od testiranih lesnih vrst še ni bilo opaziti znakov razkroja; prvi znaki so se pojavili po dveh letih izpostavitve na smrekovini, bukovini in beljavi bora. Te lesne vrste sodijo med najbolj dovzetne lesne vrste za razkroj. Na omenjenih lesnih vrstah prvi znaki razkroja nastanejo po 300 dneh z ugodnimi razmerami za delovanje gliv (vlažnost lesa več kot 25 %, temperatura nad 5°C) (Kržišnik in sod., 2018). V Ljubljani to ustreza dvema letoma izpostavitve. Smrekovina je povsem propadla po petih letih uporabe, medtem ko se nekaj bukovih in borovih lesnih vrst še po šestih letih upira razkroju. Glavni vzrok za nekoliko boljšo odpornost beljave bora je prisotnost pinosilvina v borovem lesu (Poljanšek in sod., 2019), ki v prvih letih nekoliko upočasni razkroj.

Preglednica 1: Razkroj lesa v odvisnosti od časa izpostavitve. Razkroj je ocenjen v skladu s standardom SIST EN 252 (CEN, 2015).

Lesna vrsta	Znanstveno ime	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Smreka	*Picea abies*	0,0	1,0	2,4	3,7	4,0	4,0
Bukev	*Fagus sylvatica*	0,0	1,0	2,2	3,1	3,7	3,9
Bor beljava	*Pinus sylvestris*	0,0	0,6	1,2	2,2	3,1	3,6
Smreka + lazura	*Picea abies*	0,0	0,0	0,8	1,6	2,9	3,4
Jesen	*Fraxinus excelsior*	0,0	0,0	1,0	1,4	2,1	3,3
Smreka + vosek	*Picea abies*	0,0	0,0	0,2	1,1	1,9	2,7
Bor jedrovina	*Pinus sylvestris*	0,0	0,0	0,6	1,5	2,3	2,6
Macesen	*Larix decidua*	0,0	0,0	0,6	1,3	1,6	2,2
Hrast jedrovina	*Quercus sp.*	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	1,4
Bukev TMT	*Fagus sylvatica*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Smreka TMT	*Picea abies*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
Macesen TMT	*Larix decidua*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Jesen TMT	*Fraxinus excelsior*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Smreka TMT + vosek	*Picea abies*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bukev TMT+ vosek	*Fagus sylvatica*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Smreka TMT + Silvanolin	*Picea abies*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Smreka + Silvanolin + vosek	*Picea abies*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kostanj jedrovina	*Castanea sativa*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Smreka + Silvanolin	*Picea abies*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Drugo skupino lesnih vrst sestavlja smrekovina, obdelana s hidrofobnimi pripravki (lazura, vosek), jedrovina macesna, jedrovina bora in jesenovina. Skupna lastnost naštetim lesnim vrstam je boljša odpornost proti navlaževanju. Ker se les počasneje navlaži in hitreje posuši, je časovno okno, v katerem se lahko razvijajo glive, manjše, kar se odraža v dejstvu, da so prvi znaki razkroja nastali o po treh letih in ne dveh. Kakorkoli, hidrofobni sistemi razkroj le upočasnijo in ga ne zaustavijo. Podobno se obnaša tudi jedrovina bora in macesna. Podatek kaže, da macesnov les nima bistveno boljše odpornosti kot smrekovina. Odpornost lesa lahko bistveno izboljšamo s toplotno obdelavo. Toplotna obdelava poteka v anoksičnih razmerah pri visoki temperaturi (Cerc Korošec in sod., 2009), kar se odraža v spremenjeni strukturi lesa, izboljšanih sorpcijskih lastnostih, pa tudi v daljši življenjski dobi. Vendar je treba upoštevati, da toplotno obdelan les ni primeren za uporabo v stiku z zemljo in za uporabo v konstrukcijske namene. med termično modifikacijo se namreč poslabšajo mehanske lastnosti lesa. Podobno kot toplotno obdelan les se obnaša tudi hrastova jedrovina. Prvi znaki razkroja nastanejo po štirih letih izpostavitve, v nadaljevanju pa razkroj počasi napreduje.

V skupino najodpornejših lesnih vrst sodi le les domačega kostanja. Na kostanjevi jedrovini tudi po šestih letih še ni bilo zaznati znakov razkroja. Odpornost lesa lahko izboljšamo tudi za razkroj zelo dovzetni smrekovini. To lahko dosežemo z impregnacijo z biocidnim proizvodom Silvanolin, na bakrovi osnovi ali kombinacijo toplotne obdelave in impregnacije z voski. Kombinacije toplotne obdelave in obdelave z voski deluje sinergistično. Vosek izboljša hidrofobnost, toplotna obdelava pa sorpcijske lastnosti.

Zaključek

Terenska testiranja na Oddelku za lesarstvo so potrdila, da večina domačih lesnih vrst, z izjemo jedrovine domačega kostanja, nima odpornega lesa. Zato nezaščiten les na prostem hitro propade. Odpornost lesa lahko bistveno izboljšamo s kakovostno izvedeno modifikacijo ali impregnacijo. Da bi potrdili obnašanje lesa na prostem, bomo s testiranji omenjenih lesnih vrst še nadaljevali. Rezultate tega testa bomo primerjali z rezultati drugih terenskih testov, ki potekajo v okviru Infrastrukturnega centra.

Zahvala

Prispevek je rezultat več med seboj povezanih projektov, ki jih je sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS: P4-0015 – Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti, 0481-09 Infrastrukturni center za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST 0481-09). Del raziskav je potekal tudi v okviru projekta Durasoft (Interreg Slovenija-Italija) in projekta Woolf, ki poteka v okviru programa: Razvoj verig vrednosti v okviru razpisov Strategije pametne specializacije.

Viri

Brischke C., Meyer L., Alfredsen G., Humar M., Francis L., Flæte P.-O., Larsson-Brelid P. 2013. Natural durability of timber exposed above ground - A survey. Drvna Industrija, 64, 2: 113-129.

CEN. 2013. European Standard EN 335 - Durability of wood and wood-based products. Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products.

CEN. 2015. European Standard EN 252 - Field test method for determining the relative protective effectiveness of a wood preservative in ground contact.

Cerc Korošec R., Lavrič B., Rep G., Pohleven F., Bukovec P. 2009. Thermogravimetry as a possible tool for determining modification degree of thermally treated Norway spruce wood. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.

Eaton R. A., Hale M. D. C. 1993. Wood: decay, pests, and protection. London, New York, Chapman & Hall.

Humar M. 2017. Protection of the bio-based material. V Performance of Bio-based Building materials. V: Jones D. (Ur.) in Brischke C. (Ur.). Woodhead Publishing: 187-247.

Humar M., Kržišnik D., Lesar B., Brischke C. 2019. The Performance of Wood Decking after Five Years of Exposure: Verification of the Combined Effect of Wetting Ability and Durability. Forests, 10, 10: 903.

Kržišnik D., Brischke C., Lesar B., Thaler N., Humar M. 2018. Performance of wood in the Franja partisan hospital. Wood Material Science and Engineering, 0, 0: 1-8.

MacKenzie C. E., Forest and Wood Products. 2007. Timber service life design guide. World Trade Centre, Vic.: Forest and Wood Products Australia.

Poljanšek I., Oven P., Vek V., Raitanen J. E., Hemming J., Willför S. 2019. Isolation of pure pinosylvins from industrial knotwood residue with non-chlorinated solvents. Holzforschung, 73, 5: 475-484.

Jože PAPEŽ[1], Milan KOBAL[2]

SONARAVNO UREJANJE VODA NA HUDOURNIŠKIH OBMOČJIH

Ključne besede: *sonaravni posegi in ureditve, hudourniška območja, urejanje voda, hudourničarstvo*

Uvod – ali načelo ''sonaravnosti'' pri urejanju voda na hudourniških območjih, gozdarstvo in vodarstvo razumeta in izvajata na enak način?

Sonaravno urejanje voda na hudourniških območjih je v Sloveniji (predpisana) praksa že desetletja. Zakon o vodah (2002) sicer eksplicitno ne omenja pojma sonaravnost, zato pa sta tako sonaravni koncept kot opis posebnosti obravnavanja hudourniških območij zapisana v Zakonu o gozdovih (1993).

Sonaravnost je omenjena že v 1. členu Zakona o gozdovih! Gozdarstvo si *''prizadeva za trajnostno, sonaravno ter večnamensko gospodarjenje v skladu z načeli varstva okolja in naravnih vrednot, trajno in optimalno delovanje gozdov kot ekosistema ter uresničevanje njihovih funkcij''*. Sonaravno gospodarjenje z gozdovi je način ravnanja z gozdnimi ekosistemi, ki temelji na negi gozda in zagotavlja njihovo ohranitev, povečevanje pestrosti avtohtonih rastlinskih in živalskih vrst ter vzpostavljanje biotskega ravnovesja (Zakon o gozdovih, 1993).

Danes tudi pri urejanju voda vse bolj govorimo o sonaravnosti posegov in ureditev. V Sloveniji sonaravnost pri urejanju vodotokov sicer ni tako dobesedno definirana neposredno v zakonodaji, kljub temu pa je iz zapisanih načel v Zakonu o vodah razvidno, da so načela sonaravnosti prisotna tudi na področju upravljanja in urejanja voda. Zakon o vodah v 80. členu (urejanje voda) namreč opredeljuje: da posegi zaradi urejanja voda morajo biti načrtovani in izvedeni tako, da bistveno ne poslabšajo lastnosti vodnega režima in bistveno ne porušijo naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov. Upravljanje z vodami mora slediti *''načelu celovitosti, ki upošteva naravne procese in dinamiko voda ter medsebojno povezanost in soodvisnost vodnih in obvodnih ekosistemov na območju povodja''* (Zakon o vodah).

1 **joze.papez@hidrotehnik.si**, *Hidrotehnik, Slovenčeva ulica 97, 1000 Ljubljana*
2 **milan.kobal@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*

Slika 1 in 2: Tradicija in praksa urejanja hudourniških območij na Slovenskem odraža uresničevanja »načela celovitosti« na področju upravljanja z vodami, saj izvedene ureditve upoštevajo naravne procese in dinamiko hudournih voda, medsebojno povezanost in soodvisnost vodnih in obvodnih ekosistemov in zmanjševanje poplavne in erozijske ogroženosti ljudi.

V letu 2020 pa je Direkcija za vode Republike Slovenije (DRSV) v okviru izvajanja projekta LIFE IP NATURA.SI pripravila projektno nalogo za opis primerov izvedenih sonaravnih posegov in ureditev ter opredelitev stroškov omilitvenih ukrepov za večino slovenskih porečij. Kot sonaravni posegi in ureditve so v projektni nalogi (DRSV, 2020) opredeljeni *''tisti posegi in ureditve, ki so načrtovani in izvedeni na način, da upoštevajo tudi zahteve po ohranjanju ali ponovni vzpostavitvi dobrega ekološkega stanja voda in/ali dobrega stanja habitatov''*.

Sonaravnost je omenjena tudi v Načrtu upravljanja voda za obdobje 2016-2021. V njem je tako med drugim zapisano, da je mogoče hidromorfološko stanje vodotokov ohranjati oz. izboljševati z izbiro sonaravnih ureditev; sonaravna ureditev lahko zmanjša hidromorfološke obremenitve voda.

Spodbujanje sonaravnega pristopa pri urejanju voda je ključnega pomena za doseganje ciljev upravljanja z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Z izvajanjem sonaravnih posegov in ureditev lahko vzdržujemo ali celo izboljšujemo dobro stanje voda in drugih, z vodami povezanih ekosistemov. Načelo sonaravnosti je treba vključevati tudi pri zagotavljanju varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanju in uravnavanju vodnih količin in spodbujanju trajnostne rabe voda.

Na področju gospodarjenja z gozdovi in na področju upravljanja in urejanja voda je načelo sonaravnosti razumljeno na podoben način - poenostavljeno zapisano: v čim večji meri naj se ohranja in/ali po možnosti izboljšuje dobro stanje gozdov in voda. Če te cilje dosegamo, je naš pristop sonaraven.

Čeprav je usklajevanja in sodelovanja med področji gozdarstva in vodarstva manj kot bi ga lahko moralo biti, pa praksa kaže, da praviloma prevladujejo pozitivni sinergijski učinki med tema področjema.

V Sloveniji sonaravno urejamo hudourniška območja *od nekdaj*

Dejstvo je, da se na hudourniških območjih z gozdovi in vodami že desetletja gospodari/upravlja na t.i. sonaravni način. Vse od obstoja (1884) organiziranega urejanja hudourniških območij na ozemlju današnje Slovenije, je s strokovnega vidika jasno, da urejanje hudourniških območij ni zgolj urejanje hudourniških strug, ampak se pri usmeritvah in ukrepih obravnava celotno hudourniško vodozlivno območje. Večina hudourniških območij v Sloveniji je gozdnatih; torej je gospodarjenje z gozdovi v Sloveniji v veliki meri tudi gospodarjenje/upravljanje z hudourniškimi območji. Slovenija, nedvomno hudourniška dežela, je zaradi velike gozdnatosti (60 %) veliko manj ogrožena, kot pa bi bila, če bi bilo gozdov manj in če ne bi gozdarji z gozdovi načrtno trajnostno, večnamensko in sonaravno gospodarili in med drugim aktivno izvajali protierozijske ukrepe.

To se je skozi zgodovino odrazilo tudi v dejstvu, da je bilo v Sloveniji varstvo pred hudourniki in erozijo, kot specifično strokovno področje, od samega začetka organizirane dejavnosti in vse tja do 1950, organizirano kot samostojna strokovna služba v okviru gozdarskih institucij, od leta 1950 do 2012 pa pod okriljem Podjetja za urejanje hudournikov (PUH). Razvoj hudourničarske stroke so narekovale potrebe. Jedro stroke so ves čas predstavljali gozdarji-hudourničarji, podobno kot v ostalih državah Alpskega loka. In načelo sonaravnosti je bilo, deloma tudi zaradi širšega gozdarskega pogleda na naravo in okolje, tako rekoč rdeča nit razvoja. PUH je ohranjal tradicionalne biotehnične rešitve, kot so setev v nastilj - biotorkret, vrbovi popleti, vrbove ščetke, različne tipe lesenih kašt/kranjskih sten itd., po drugi strani pa uvajal v slovenski prostor tudi inovativne rešitve, kot je zatravitev z rastno pulpo kot tudi rustikalno grajene prečne in vzdolžne varovalne hudourniške biotehnične objekte iz kamenja in lesa, ki so poleg svoje osnovne funkcije tudi zelo dobro vklopljeni v svojo okolico. Na sonaravnost posegov in ureditev je vplival tudi hiter razvoj materialov in tehnologije, zlasti v času po drugi svetovni vojni. Tako so bila tudi obdobja in projekti, ko so bile biotehnične metode delno izpodrinjene, v zadnjih desetletjih pa z novimi znanji in tehnikami ves čas pridobivajo na veljavi.

PUH je svojo sonaravno usmerjenost konstantno presojal in nadgrajeval tudi ob izmenjavi izkušenj s tujino. Tako je npr. leta 2002 - v okviru mednarodne konference INTERPRAVENT v Logarski dolini organiziral mednarodni izobraževalni seminar na temo Sonaravno urejanje hudourniških območij.

Ustrezen nabor hudourniških predmetov je Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniške fakultete UL ohranil, zato imajo vsi gozdarski inženirji v Sloveniji dodatna specifična znanja, kar jim na hudourniških območjih omogoča usmerjati razvoj gozdov in način izvajanja posegov v skladu z načeli varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi. Hkrati lahko pri Inženirski zbornici Slovenije IZS pridobijo status pooblaščenega inženirja in s tem možnost projektiranja hudourniških objektov in ureditev. Velika dodana vrednost izobraževanja gozdarskih inženirjev so dobro organizirani terenski dnevi, na katerih se študentje seznanijo s praktičnimi izzivi in rešitvami varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi (Slika 3, 4, 5, 6).

Slika 3, 4: Študentje Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL na terenskem pouku pri predmetih iz področja hudourništva. Za slovensko hudourničarstvo so značilne rustikalno grajene hudourniške pregrade iz kamna v betonu, ki so praviloma načrtovane v »sistemih« (levo: Bistričica, desno: Slano blato).

Slika 5, 6: Študentje Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF UL na terenskem pouku pri predmetih iz področja hudourništva. Del tradicije slovenskega hudourničarstva je tudi varstvo pred snežnimi plazovi (levo: Srednji Vrh) in sonaravne ureditve (desno: Ehartov potok).

Načrtno vzdrževanje in optimizacija ekoloških funkcij (funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev, hidrološka funkcija, funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti ter klimatska funkcija) in zaščitne funkcije gozdov na hudourniških območjih aktivno preprečuje povečevanje poplavne in erozijske ogroženosti, ne samo na območjih v zgornjih, povirnih tekih hudournikov, ampak tudi na območjih v spodnjih tekih in ob nižinskih vodotokih. Nedvomno je še vedno veliko razvojnih priložnosti, npr. da se naredi več na preventivi varstva pred negativnim učinkom lesenega plavja. Po drugi strani, izvedene hudourniške ureditve, tako tehnične kot biotehnične, umirjajo globinsko in bočno erozijo na območjih kjer varovalni učinek gozda in naravna sukcesija zaraščanja nista zadostna ali prepočasna. Dodatno k temu prispevajo tudi veliko površinske motnje, ki postajajo stalnica. Seveda ne smemo pozabiti, da je pri presoji in odločitvah o poseganju in urejanju hudourniških območij na prvem mestu

presoja o potrebah/dobrobiti ljudi, o obstoju kulturne krajine, zaščiti infrastrukture itd. Seveda je to logični in edini smiselni antropocentrični pristop, ki ni vprašljiv. Pomembno pa je, da se pri planiranju in izvajanju teh ukrepov ves čas sprašujemo, ali je izbrani/predviden ukrep za zmanjševanje ogroženosti ljudi pred poplavno in erozijsko ogroženostjo tak, da danes ne obstaja nobena druga racionalna in izvedljiva alternativna, podobno učinkovita rešitev, ki bi imela mogoče manj negativnih učinkov na naravno okolje in na dobro stanje voda. Če si odgovorimo, *''ne, ne obstaja''*, smo zelo verjetno v danem trenutku izbrali najbolj vzdržno možno rešitev, v največji možni meri sonaravno - pa tudi če je to rustikalno grajena hudourniška pregrada iz kamna v betonu. Torej z vidika urejanja hudourniških območij, kjer se soočamo z rušilnimi hudourniškimi erozijskimi procesi, sonaravno ukrepanje ni zgolj pogozdovanje in zatravitev.

Sonaravnost vključuje premišljenost, opazovanje in potrpežljivost

Gozdarji razumejo, da bo uspešnost nekaterih naših ukrepov in zastavljenih ciljev razvidna šele čez desetletja. Zato je eden ključnih sestavnih delov gospodarjenja z gozdovi sistematično spremljanje razvoja gozdov. Nobena druga stroka ne razpolago s tako doslednim dolgoročnim nizom prostorskih in atributivnih podatkovnih slojev, ki nudijo neprecenljiv vpogled v razumevanje naravnih procesov rasti in razvoj rastlinskih in živalskih združb. Ti podatki gozdarstvu omogoča, da v rednih intervalih – v skladu z odzivom narave in novimi robnimi pogoji – prilagaja svoje cilje in ukrepe ter nenehno strokovno raste.

Za doseg polne funkcionalnosti nekaterih sonaravnih ukrepov ob vodotokih je tako kot pri razvoju gozdnih sestojev potreben čas, včasih več let. Zato je poleg vestnega načrtovanja pomembno tudi redno spremljanje razvoja in povratna analiza uspešnosti. To je bila ena izmed številnih vrlin nestorja slovenskega hudourničarstva, dipl. inž. gozd. Alojzij Štrancarja (1885 – 1983), katerega življenjsko vodilo je bilo: *''Vzroke za današnje odločitve si vedno zabeležim, saj bom že čez leto ali kasneje lahko morda drugačnega spoznanja. Moram vedeti zakaj sem se tako odločil. Čas in razmere v času in prostoru se spreminjajo''.*

Pri načrtovanju in izvajanju sonaravnih ukrepov na hudourniških območjih se moramo zavedati, da se bomo učili vse življenje in da je eden izmed osnovnih virov znanja tudi dobro opazovanje in razumevanje odziva ekosistema, v katerega smo z ukrepi posegli. Uspešnosti načrtovanih sonaravnih ukrepov varstva pred hudourniki in erozijo žal ni mogoče vedno z visoko verjetnostjo napovedati in natančno ovrednotiti v številkah, zlasti kadar uporabljamo živa gradiva. Vplivnih dejavnikov je v naravi preveč in njen odziv bo (verjetno) vedno ostal do določene mere nepredvidljiv, procesi, ki so povzročili tak odziv pa vsaj deloma prikriti. Vendar pa lahko (moramo!) iz odziva narave z opazovanji in meritvami svoje znanje/razumevanje naravnih procesov nadgrajevati (npr. kako naravni procesi na določeni lokaciji potekajo) in svoje ukrepe dopolnjevati, izboljševati. To je eden izmed zahtevnejših izzivov za inženirja-hudourničarja. Žal ne obstajajo natančno definirani standardi za vse primere, noben hudournik ni enak drugemu, in vsak hudournik zahteva specifičen in odprt pristop. Zlasti v zadnji fazi izvedbe sonaravnih ukrepov je lahko ob pomanjkanju dobrega nadzora izničeno veliko poprej vloženega strokovnega truda. Med drugim mora biti eno izmed glavnih vodil hudourničarja tudi racionalnost. V čim večji meri – kot razmere na obravnavani lokaciji dopuščajo – je namreč treba naravo spodbuditi v smeri želenega sukcesijskega razvoja – v skladu z zastavljenimi večnamenskimi cilji.

Sonaravno gospodarjenje z gozdovi in vodami na hudourniških območjih

V Sloveniji ima večina vodotokov, podobno kot v vseh deželah na območju Alp, hudourniški značaj. Pri poenostavljenem opisovanju lahko vodozlivno oz. hudourniško območje hudournikov razdelimo na zgornji (povirno območje), srednji (odseki s prevladujoči procesi premeščanja sedimentov) in spodnji tek (odseki s prevladujoči procesi preplavljanja, poplavljanja in odlaganja sedimentov). Urejanje hudournikov ni zgolj urejanje njihovih strug; na hudourniški vodni režim vpliva gospodarjenje s prostorom na celotnem hudourniškem območju. Glede na 60 % gozdnatost Slovenije je torej logično sklepanje, da je z vidika urejanja voda, gospodarjenje z gozdovi izredno pomembno.

Za uspešnejše sodelovanje gozdarstva in vodarstva je ključnega pomena, da institucije in posamezniki, ki so aktivni na obeh področjih, poznajo ne samo svoje področje dejavnosti in pristojnosti, ampak da v določeni meri poznajo, predvsem pa razumejo področje dejavnosti ostalih sektorjev, s katerim si delijo upravljanje ali gospodarjenje s prostorom. Pri tem je velika olajševalna okoliščina, če si sektorji delijo enaka ali podobna načela delovanja. Eno izmed načel, ki je oz. bi moralo biti enako je t.i. koncept sonaravnosti.

V vsakodnevni praksi opravljanje javnih služb je urejanje voda omejeno na območje vodnih zemljišč, torej na struge in določen bolj ali manj omejen pas ob strugah (podatkovna baza vodnih zemljišč v katastru voda). Ker je ta pas zlasti v povirnih območjih v veliki večini primerov gozdnat, je to območje, kjer se na terenu z ukrepi neposredno srečata področje gospodarjenja z gozdovi in področje urejanja voda. Zaradi ustreznih kompetenc gozdarskih inženirjev se tako v gozdnogospodarske načrte gozdnogospodarskih območnih enot (GGN GGO) pa vse do izvedbenih gozdnogojitvenih načrtov načrtujejo in izvajajo – varstvu pred hudourniki in erozijo – ustrezni preventivni protierozijski varovalni ukrepi. Če za primer vzamemo samo nekaj dobesednih navedb iz GGN GGO Ljubljana za leto 2011-2020:

- Primer poudarjanja pomena varovalne in zaščitne funkcije gozdov: *''Kar več kot ¼ gozdnega prostora (28 %) so na 1. stopnji poudarjene ekološke funkcije, med njimi najbolj funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev, klimatska in hidrološka funkcija. Skupaj prvi dve stopnji poudarjenosti hidrološke funkcije zajemata kar 63 % gozdnega prostora''*.
- Primer varstva pred erozijo: *''Poškodovana tla se zaradi preprečevanja erozije sanira''*.
- Primer varstva pred škodljivim vplivom lesenega plavja: *''Pregleduje se hudourniške struge in se iz njih odstranjuje drevje in njihove dele. V območju neposredno ob hudourniški strugi se odstranjuje le stara, nestabilna drevesa'' ''Ob sečnji naj drevesa padajo proč od struge. Ostanke (veje, vrhače) je treba iz struge odstraniti''. ''Širina vegetacije obvodnega pasu naj bo sorazmerna širini vodotoka. Na erodibilnih pobočjih naj se priporočena širina obvodnega pasu podvoji. Pri intenzivnejših sečnjah Obrežne vegetacije naj si ukrepi na nasprotnih bregovih vodotoka sledijo izmenično v pasovih po 50-100 m''*.
- Primer varstva pred erozijo in poplavami: *''V obrežnih pasovih imajo prednost drevesne vrste z globokim in močnim koreninskim sistemom kot so jelša, beli gaber, plemeniti listavci in bukev. Na območjih, kjer želimo zmanjšati površinski odtok vode, se pospešuje pomlajevanje plemenitih listavcev''*.

Gozdnogojitveni ukrepi predstavljajo dolgoročne ukrepe, ki jih izvajamo na vsem vodozlivnem območju - od spodnjega območja odlaganja do najvišjih povirnih območij. Z gozdnogojitvenimi ukrepi moramo ob hudournikih krepiti zlasti varovalno in hidrološko funkcijo gozdov s poudarkom na zmanjševanju možnosti vnosa lesenega plavja in erodiranega hribinskega materiala v času visokih pretokov. To pomeni, da je treba z gozdom ciljno gospodariti za doseganje ustrezne stabilnosti in strukturnih značilnosti. Gozdarji se tega zavedajo, kar je razvidno tudi iz gozdnogospodarskih načrtov. V njih je med drugim zapisano, da imajo na ekstremnih legah (velik naklon, večja nadmorska višina) prednost vrste z močnim koreninskim sistemom (rušje, rdeči bor, macesen, gorski javor, jelka). V robnem območju jarkov in plazišč (vpliv plazov in hudournikov) se naj trajno ohranja in pospešuje sestojno zgradbo mlajših razvojnih faz - stopničasto grajen pionirski stadij (vrbe, rušje, siva jelša). Odstranjevati je treba nestabilna in fiziološko prestara drevesa, ki lahko povzročijo erozijske procese. V vplivnem območju snežnih plazov se naj pušča visoke panje, da se zmanjša možnost splazitve snežne odeje oz. snežnega plazu (pogosto vzrok vnosa lesenega plavja v strugo hudournika). Z nego gozdov se vzdržuje stalno pokrovnost z gozdno vegetacijo in naravno obnovo sestojev. Ukrepanje je skupinsko postopno.

Z vidika možnosti zmanjševanja ogroženosti pred lesenim plavjem z ustrezno nego gozda, so bila pomembna priporočila zbrana v okviru Interreg IIIA projekta Gozd in voda (2007). Za zmanjšanje visokih pretokov naj bo delež negozdnih površin, vrzeli ali mladja do starosti 10 let pod 25 % površine vodozbirnega območja.

Najprimernejša zgradba gozda za zmanjšanje visokih pretokov je malopovršinska raznodobna zgradba z visoko stopnjo zastiranja ter čim bolj enakomerno porazdelitvijo razvojnih faz. Z vidika krepitve hidrološke vloge obrežnih gozdov je treba dati poudarek vrstam z globokim in močnim koreninskim sistemom, kot so jelša, beli gaber, plemeniti listavci in bukev. Med iglavci je najbolje prilagojen na razpoložljivo količino vode bor, saj na vlažnih tleh izrazito poveča porabo. Poškodovane brežine vodotokov se utrjujejo z biotehničnimi ukrepi (lesenimi kaštami, vrbovimi ščetkami in popleti, lesenimi oblicami ali gabioni - armirano zemljino). Ukrepi omogočajo vzpostavitev naravne obrežne vegetacije. Na bregovih nad hudourniškimi vodotoki ne dopuščamo visokih lesnih zalog, nestabilnih dreves ter mrtve biomase.

Z opravljanjem javnih služb urejanja voda se v Sloveniji kot javna storitev zagotavlja ohranjanje in uravnavanje vodnih količin, spremljanje stanja in varstvo pred škodljivim delovanjem voda. Temeljna podporna dokumenta na državni ravni sta Načrt upravljanja z vodami (NUV) in Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti (NZPO). Oba se obnavljata na vsakih 6 let. Večina izvedenih ukrepov in posegov na vodotokih je izvedena zaradi preprečevanja povečevanja poplavne in erozijske ogroženosti (vzdrževalna dela) in/ali zaradi zmanjševanja poplavne in erozijske ogroženosti (investicijska dela). Pri tem se v skladu s smernicami in pogoji s področja varstva okolja in narave, ukrepi izvajajo s čim manj negativnimi učinki na dobro stanje voda in okolja. Neredki pa so primeri, ko se z (omilitvenimi) ukrepi vsaj deloma to stanje celo izboljša in se tako dosega več ciljev hkrati.

Vzdrževanje vodnih in obvodnih zemljišč ter obratovanje in vzdrževanje objektov vodne infrastrukture se v Sloveniji izvaja v okviru koncesijske dejavnosti urejanja voda. Izvajanje gradbenih in negradbenih protipoplavnih ukrepov je predpogoj za uspešno obvladovanje poplavnih škod in preprečevanje povečevanja poplavne ogroženosti ljudi, gospodarstva, okolja in kulturne dediščine. Govorimo o sistemskem vlaganju v preventivo, s katerim kot družba dokazujemo odgovornost do sedanjih in prihodnjih generacij. Čeprav je poleg zadostnosti in pravočasnosti izvajanja tovrstnih del vedno bilo važno tudi kako se ta dela izvajajo, je to vprašanje mogoče danes še posebej izpostavljeno. Pri tem mislimo na t.i. ekološki oz. ekosistemski vidik; na stalno presojanje in pojasnjevanje ali so ti posegi in ureditve v največji možni meri izvedeni na sonaraven način in z najmanjšim možnim negativnim vplivom na ekosistemske storitve naravnega okolja.

Redno vzdrževanje vodnih in priobalnih zemljišč celinskih voda zasleduje vse tri cilje upravljanja z vodami: dobro stanje voda, trajnostna raba voda in varstvo pred škodljivim delovanjem voda. Izvaja se v skladu z letnim načrtom in glede na ugotovitve rednega spremljanja stanja terenske rečno-nadzorne vodovarstvene službe, pobud lokalnih skupnosti in priobrežnih lastnikov zemljišč, strokovnih presoj projektantskega oddelka koncesionarja ter na podlagi usmeritev koncendenta oz. strokovnih služb DRSV. Vzdrževanje zajema v prvi vrsti nadzor, obratovanje, projektiranje in izvajanje vzdrževalnih del na vodni infrastrukturi, spremljanje premeščanja in uravnavanje

odlaganja naplavin; selektivna nega prekomerne obrežne zarasti na območju poselitev in odstranjevanje nestabilne drevnine za zmanjševanje nevarnosti lesenega plavja; evidentiranje nedovoljenih virov onesnaženj; odstranjevanje plavja, odpadkov ter drugih opuščenih in odvrženih predmetov in snovi iz površinskih voda; zagotavljanje največjega možnega varstva naravnih vrednot ter ohranitev ugodnega stanja ogroženih in zavarovanih rastlinskih in živalskih vrst ter habitatnih tipov, ki se prednostno ohranjajo v ugodnem stanju, ter varovanih in zavarovanih območij po predpisih o ohranjanju narave.

Zbrani primeri sonaravnega poseganja in urejanja voda (v okviru projekta LIFE IP NATURA.SI) bodo predstavljali izhodišče za izdelavo – slovenskim razmeram prilagojen – Kataloga dobrih praks sonaravnih posegov in ureditev na področju urejanja voda. Katalog bo sicer v prvi vrsti naslavljal cilje ohranjanja in izboljšanja stanja Natura 2000 ciljnih vrst in habitatnih tipov, vendar bo lahko tudi širše v dodatno pomoč različnim deležnikom, da bomo lahko v Sloveniji v še večji meri prilagajali naše urejanje voda v skladu z načeli sonaravnosti. Tovrstni katalog je namreč odlična priložnost za izmenjavo dobrih praks in opredelitev načinov sonaravnih posegov in ureditev na primerljivih vodotokih v državi. V okviru projektne naloge se izvaja tudi priprava pregleda izvedenih omilitvenih ukrepov, s katerimi se naslavljajo cilji ohranjanja in izboljšanja stanja Natura 2000 ciljnih vrst in habitatnih tipov.

Primeri sonaravnega urejanja površinskih voda so bili zbrani že leta 2013 v zbirki sonaravnih ureditev (IzVRS, 2013), z aktivnostjo v letu 2020 pa DRSV to nadgrajuje z željo vzpodbujanja nadaljnjega izvajanja sonaravnih ureditev.

DRSV je za potrebe lažjega pregleda primerov dobrih praks sonaravnega poseganja in urejanja voda, opredelila naslednjih 9 sklopov posegov, ureditev ali drugih del na vodotokih:

- izgradnja/rekonstrukcija prečnega objekta (z vidika prehodnosti za vodne organizme in/ali premeščanja plavin),
- odvzem naplavin,
- ureditev prečnega profila,
- obrežno zavarovanje,
- vzpostavitev/zasaditev obrežne vegetacije,
- vzdrževanje obrežne vegetacije (košnja, usklajena glede na čas razmnoževanja nekaterih živalskih in rastlinskih vrst, selektivno odstranjevanje vegetacije ipd.),
- vzpostavitev/ohranjanje obrežnega pasu,
- vzpostavitev/ohranjanje razlivnih površin,
- izboljšanje stanja habitatov (ribja skrivališča, strukturiranje dna ipd.).

Foto 7, 8: Ogroženost ljudi in premoženja na odsekih skozi naselje narekuje tak način utrjevanja hudourniških strug, da bo prestal pričakovane rušilne sile visokih hudournih voda in preprečil nenadzorovano erozijo (levo: Moteča voda, desno: Trboveljščica).

Namesto zaključka

Eden izmed vzorčnih primerov sonaravne ureditve hudournika bi lahko bila ureditev hudournika Bistričica (Slika 9) – od izliva pa vse do zadnje oz. prve ustalitvene pregrade v povirju, zgrajene leta 2019. Presoja stopnje sonaravnosti učinkovitega sistema ureditve hudournika Blatnica bi morala upoštevati dejstvo, da je izbruh tega hudournika leta 1990 praktično uničil vso dolino do naselja Stahovica. Hudourničar Alojzij Štrancar je v svojem poročilu in idejni zasnovi ureditve hudournika tak dogodek dobesedno napovedal že leta 1939. Predvidel je celostno rešitev; obsežne biotehnične protierozijske ukrepe in sistem hudourniških pregrad in pragov. Zaradi obsežnosti, pomanjkanja denarja, vojne, spreminjanja prioritet itd. so bili do leta 1990 izvedeni zgolj nekateri, sicer pomembni varovalni objekti (npr. ''Štrancarjeva pregrada'').

Danes se število prečnih varovalnih objektov šteje v desetinah, in zlasti na srednjem teku jih danes nestrokovnjak težko loči od naravnih stopenj in tolmunov. Prečni tehnični objekti so grajeni rustikalno z nepravilnimi prelivi in načrtovanimi tolmuni; kjer je bilo mogoče so bili izvedeni biotehnični ukrepi; izvedena je bila obsežna pogozditev. Danes je dolina bistveno manj ogrožena. Sistem prečnih objektov na fotografiji (Blatnica) preprečuje intenziviranje globinske in bočne erozije, ki bi lahko destabilizirala obrežna pobočja in v strugo sprostila na tisoče kubikov nevezane hribinske preperine, odnesla večja območja travnikov in gozdov ter lokalne poti in ob neugodnem scenariju razvoja drobirskih tokov zopet uničila dolino.

Zakaj lahko tej rešitvi rečemo, da je sonaravna? Ker ob današnji stopnji vedenja, znanja in izkušenj ne obstaja racionalno izvedljiva alternativna rešitev, ki bi bila ob podobni učinkovitosti bolje vklopljena v prostor, imela manj negativnih učinkov na dobro stanje voda in gozdov. Pri tovrstnem utemeljevanju bi morala imeti glavno besedo hudourničarska stroka. Postopek hudourničarske presoje gre namreč takole:

1. Strokovna hudourničarska presoja vrste nevarnosti (procesi) in možnih scenarijev razvoja nevarnih dogodkov na posameznih odsekih in območjih obravnavanega hudournika in hudourniškega območja. Kje se pričakuje zgolj hudourna visoka voda brez plavin, kje hudourna visoka voda s plavinami in plavjem, kje hiperkoncentriran tok, kje drobirski tok? Te ugotovitvedopolnjujejo predhodno spoznanje, da lahko nevarni hudourniški erozijski procesi ogrožajo ljudi, stavbe, infrastrukturo. Hkrati bolj podrobno prikažejo območja nevarnosti in ogroženosti. To so osnovni podporni podatki in informacije, ki omogočajo produktivno razpravo o prioritetah in ciljih ukrepov za zmanjševanje ogroženosti. Na tej stopni na odločanje vpliva način urejenosti in ekonomske zmožnosti družbe.
2. Strokovna hudourničarska odločitev o načinu oz. funkcionalnosti možnega/želenega/projektiranega vplivanja oz. obvladovanja na prepoznane nevarnosti. Ta se običajno odloča o kombinaciji ustalitve, zadrževanja, doziranja, prebiranja, zmanjševanja energije toka hudourne poplavne vode in je odvisna od tipa predvidenega procesa na določenem odseku).
3. Strokovno pretehtana hudourničarska odločitev o primernih tipih varovalnih objektov in ureditev (glede na predhodno določen izbor funkcionalnosti preventivnega obvladovanja nevarnih naravnih procesov) ter projektiranje hudourniškemu območju prilagojenih konkretno dimenzioniranih objektov in ureditev. Pri tem je za izračun odtoka iz hudourniškega območja ključna uporaba hidroloških modelov, razvitih na hudourniških območjih (npr. model ZEMOKOST, ki je bil razvit na podlagi merjenja pretoka vode iz hudourniških območij po celotni Avstriji, upošteva pa tako lastnosti geologije, tal ter rastišč kot tudi sestojne značilnosti gozdov).

Eden izmed vzorčnih primerov sonaravne ureditve hudournika bi lahko bila ureditev hudournika Bistričica – od izliva pa vse do zadnje oz. prve ustalitvene pregrade v povirju, zgrajene leta 2019. Presoja »stopnje sonaravnosti« učinkovitega sistema ureditve hudournika Blatnica bi morala upoštevati dejstvo, da je izbruh tega hudournika leta 1990 praktično »uničil« vso dolino do naselja Stahovica. Hudourničar Alojzij Štrancar je v svojem poročilu in idejni zasnovi ureditve hudournika tak dogodek dobesedno napovedal že leta 1939. Predvidel je celostno rešitev; obsežne biotehnične protierozijske ukrepe in sistem hudourniških pregrad in pragov. Zaradi obsežnosti, pomanjkanja denarja, vojne, spreminjanja prioritet ... so bili do leta 1990 izvedeni zgolj »nekateri, sicer pomembni varovalni objekti« (npr. »Štrancarjeva pregrada«). Danes se število prečnih varovalnih objektov šteje v desetinah … in zlasti na srednjem teku jih danes »nestrokovnjak« težko loči od »naravnih stopenj« in tolmunov. Prečni tehnični objekti so grajeni »rustikalno« z nepravilnimi prelivi in načrtovanimi tolmuni; kjer je bilo mogoče so bili izvedeni biotehnični ukrepi; izvedena je bila obsežna pogozditev. Danes je dolina bistveno manj ogrožena. Sistem prečnih objektov na fotografiji (Blatnica) preprečuje intenziviranje globinske in bočne erozije, ki bi lahko destabilizirala obrežna pobočja in v strugo sprostila na tisoče kubikov nevezane hribinske preperine, odnesla večja območja travnikov in gozdov ter lokalne poti in ob neugodnem scenariju razvoja drobirskih tokov zopet uničila dolino. Zakaj lahko tej

rešitvi rečemo, da je sonaravna? Ker ob današnji stopnji vedenja, znanja in izkušenj ne obstaja racionalno izvedljiva alternativna rešitev, ki bi bila ob podobni učinkovitosti bolje vklopljena v prostor, imela manj negativnih učinkov na dobro stanje voda in gozdov. Pri tovrstnem utemeljevanju bi morala imeti glavno besedo hudourničarska stroka. Postopek hudourničarske presoje gre namreč takole:

- Strokovna hudourničarska presoja vrste nevarnosti (procesi) in možnih scenarijev razvoja nevarnih dogodkov na posameznih odsekih in območjih obravnavanega hudournika in hudourniškega območja. Kje se pričakuje zgolj hudourna visoka voda brez plavin, kje hudourna visoka voda s plavinami in plavjem, kje hiperkoncentriran tok, kje drobirski tok? Te ugotovitve dopolnjujejo predhodno spoznanje, da lahko nevarni hudourniški erozijski procesi ogrožajo ljudi, stavbe, infrastrukturo. Hkrati bolj podrobno prikažejo območja nevarnosti in ogroženosti. To so osnovni podporni podatki in informacije, ki omogočajo produktivno razpravo o prioritetah in ciljih ukrepov za zmanjševanje ogroženosti. Na tej stopni na odločanje vpliva način urejenosti in ekonomske zmožnosti družbe.
- Strokovna hudourničarska odločitev o načinu oz. funkcionalnosti možnega/želenega/projektiranega vplivanja oz. obvladovanja na prepoznane nevarnosti. Ta se običajno odloča o kombinaciji ustalitve, zadrževanja, doziranja, prebiranja, zmanjševanja energije toka hudourne poplavne vode in je odvisna od tipa predvidenega procesa na določenem odseku).
- Strokovno pretehtana hudourničarska odločitev o primernih tipih varovalnih objektov in ureditev (glede na predhodno določen izbor funkcionalnosti preventivnega obvladovanja nevarnih naravnih procesov) ter projektiranje hudourniškemu območju prilagojenih konkretno dimenzioniranih objektov in ureditev. Pri tem je za izračun odtoka iz hudourniškega območja ključna uporaba hidroloških modelov, razvitih na hudourniških območjih (npr. model ZEMOKOST, ki je bil razvit na podlagi merjenja pretoka vode iz hudourniških območij po celotni Avstriji, upošteva pa tako lastnosti geologije, tal ter rastišč kot tudi sestojne značilnosti gozdov).

Torej, projektant – hudourničar ne začne postopek z razmišljanjem o sonaravnosti projektiranih ukrepov. Začne se s presojo nevarnosti in ogroženosti. Če izmed možnih rešitev niso izvedljivi ne pasivni ne gradbeni ukrepi (npr. premestitev infrastrukture, preselitev prebivalcev idr.), se soočimo z družbeno bolj ali manj usklajeno in odobreno ''zahtevo'' po aktivnih ukrepih zmanjšanja nevarnosti in ogroženosti – kar vodi v naslednji korak, v strokovni razmislek o možnih posegih v hudourniško območje in hudourniške struge in možnih zavarovanjih elementov ogroženosti. Sledi tehtanje različnih alternativnih kombinacij ukrepov za učinkovito in zanesljivo zmanjšanje ogroženosti na (dogovorjeno) projektirano vrednost potencialnega škodnega dogodka. Z zavedanjem, da ne projektiramo 100 % zmanjšanje ogroženosti ampak bo vedno ostala neka preostala ogroženost. Šele v zadnji, tretji fazi projektiranja, je rešitev projektantska dolžnost, da se na podlagi (danes!) razpoložljivega znanja in izkušenj

Slika 9: Eden izmed vzorčnih primerov sonaravne ureditve hudournika bi lahko bila ureditev hudournika Bistričica in Blatnice

oz. znanih in razpoložljivih tipov in različic varovalnih objektov in ureditev (znotraj skupine objektov in tipov, ki morajo zagotavljati predhodno določeno funkcionalnost na posameznih odsekih hudournika), odloča o najbolj okolju prilagojenih rešitvah, ki bodo z vidika dobrega stanja voda, gozdov, okolja in narave imeli čim manjše negativne posledice oz. da bodo imeli – v kolikor to razmere dopuščajo – celo pozitivne učinke. Pri tem projektant, pooblaščeni inženir, nikakor ne sme pasti v ''past'', da bi morda ''popustil'' nekim predstavam ali celo zahtevam po sonaravnosti, ki bi v končni fazi zmanjšale predvideno funkcionalnost varovalnih objektov in ureditev. Ko pride ''huda ura'' nam hudournik tega ne bo odpustil in v najboljšem primeru bomo to ''plačali'' z drago sanacijo poškodovanih odsekov in objektov, v najslabšem primeru pa se lahko konča z nepotrebno izgubo življenj. Na območju Alp so hudourničarski strokovnjaki v zadnjem času prišli do ''neformalnega konsenza'' (PLANALP), da je treba hudourniške objekte in ureditve projektirati in izvajati na način, da bodo razmeroma nepoškodovani prestali tudi ekstremne dogodke, preobremenitve - da v nobenem primeru ne sme priti do porušitve varovalnih objektov. Drugo vprašanje je obstojnost oz. trajnost projektiranih objektov – tu so možna dogovarjanja, koliko je družba pripravljena vlagati v vzdrževalne ukrepe. Nedvomno lesene konstrukcije zahtevajo več vzdrževanja, ampak to ne pomeni, da v izbranih primerih njihova izvedba ni utemeljena. Naš cilj mora biti, da v Sloveniji ne bo hudournikov in hudourniških območij, ki ne bi bili sonaravno urejeni in da na območja nevarnosti in ogroženosti ne umeščamo nov škodni potencial. Ampak koliko pa sploh imamo t.i. varnega prostora za naš razvoj? Kam se lahko ''umaknemo''? Ni veliko možnosti.

Viri

DRSV, 2020. Opis primerov izvedenih sonaravnih posegov in ureditev ter opredelitev stroškov omilitvenih ukrepov za porečje srednje Save za namen projekta LIFE IP NATURA.SI; Projektna naloga št. 43033-1/2020-17

Fajon Š. 2007. GOZD in voda - rezultati projekta Interreg IIIA. 2007 GIS in ZGS Slovenije

Papež J., Jeršič T, Černivec J. 2010. Strategija varstva pred erozijo in hudourniki v Sloveniji. V: Naravne nesreče 1: od razumevanja do upravljanja. Zorn M., Komac M., Pavšek M., Pagon P (ur.). Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 113-124.

Papež J. 2010. Vloga in pomen nadzora nad hudourniškimi območji ter gospodarjenja z gozdovi na zmanjševanje škodnih učinkov lesenega plavja. 22. Mišičev vodarski dan: 224-229.

PUH 1995. Pogubna razigranost – 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884 – 1994.- PUH – Podjetje za urejanje hudournikov, Ljubljana, 276 str.

PUH 2002. Sonaravno urejanje hudourniških območij - »ENVIRONMENT - FRIENDLY TORRENT CONTROL", zbornik prispevkov z mednarodne INTERPRAVENT delavnice v Logarski dolini, organizirane st strani PUH-a

www.alpconv.org/sl/domaca-stran/organizacija/tematska-delovna-telesa/detail/delovna-skupina--naravne-nesre%C4%8De-planalp/ (2020)

Repnik Mah, P. in ost. 2013. Katalog dobrih praks urejanja voda. Ljubljana, Inštitut za vode RS

Zakon o gozdovih (Uradni list RS, št. 30/93, 56/99 – ZON, 67/02, 110/02 – ZGO-1, 115/06 – ORZG40, 110/07, 106/10, 63/13, 101/13 – ZDavNepr, 17/14, 22/14 – odl. US, 24/15, 9/16 – ZGGLRS in 77/16)

Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20)

Funkcije gozda pri gospodarjenju z vodo

Luka ŠPARL[1]

POMEN GOSPODARJENJA Z GOZDOM ZA VARSTVO GOZDNIH POTOKOV NA PRIMERU TREH VRST NATURA 2000, PREDNOSTNEGA EVROPSKEGA VARSTVENEGA POMENA, V KRAJINSKEM PARKU TIVOLI, ROŽNIK IN ŠIŠENSKI HRIB

Ključne besede: *gozd, varstvo vodotokov, natura 2000, krajinski park, Rožnik*

Uvod

Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib je 459 ha veliko zavarovano območje narave v urbanem okolju Ljubljane. Je edini slovenski krajinski park, ki ga praktično z vseh strani obdaja gosta mreža grajene urbane infrastrukture. Območje ima potencialno povezavo preko nepozidanih zelenih površin le z bližnjim Krajinskim parkom Polhograjski dolomiti.

Kar 70 % ali 320 ha območja prekriva gozd (Havliček, 2018). Gospodarjenje z njim poteka na tak način, da se ne razvrednoti njegova ekološka in socialna funkcija. Sečnja poteka v skladu z veljavnim goznogospodarskim načrtom (Odlok..., 2015), nedovoljeni so vsakršni posegi, ki bi ogrozili ali spremenili življenjske razmere prostoživečih živali (Odlok..., 2010).

V tem delu slovenske prestolnice je izjemna pestrost prostoživečih živali in drugih organizmov. Krajinski park nudi dom vsaj 2.800 različnim vrstam organizmov (Nose Marolt in sod., 2019), mokrišča, kamor uvrščamo tudi prehodni barji Mostec in Mali Rožnik, so ustrezen habitat nekaterim ekološko visoko specializiranim vrstam, npr. vrstam gliv, ki imajo tod svoje edino znano nahajališče v državi (Šparl in Zupan, 2019). Druge specializirane vrste najdemo tudi v mezečih vodah in ob njih, ki se stekajo na ravninski del mokrišč. Ekološko izjemno pomembno vlogo imajo tudi ohranjeni gozdni potoki, ki ob mnogih drugih omogočajo preživetje tudi trem vrstam Natura 2000, ki so evropskega varstvenega pomena (Vrezec in sod., 2014; Šalamun, 2019; Služba KP TRŠh, 2020). Tod najdemo populacije hrošča močvirskega krešiča (*Carabus variolosus*), raka navadnega koščaka (*Austropotamobius torrentium*) in kačjega pastirja velikega studenčarja (*Cordulegaster heros*). Prav vse tri vrste so vezane na ohranjene prvinske gozdne potoke.

Za zagotavljanje doseganja ciljev ohranjanja biotske pestrosti v vodnih in obvodnih ekosistemih krajinskega parka, ki so habitat omenjenih vrst (Odlok, 2015; Služba KP TRŠh, 2020), so ključna premišljena in predhodno usklajena gozdarska dela, vključno z nego ter redno in sanitarno sečnjo (Začasne upravljavske smernice, 2018). Gospodarjenje s tukajšnjim gozdom je malopovršinsko, gozdne posesti so razdrobljene, na območju 459 ha naštejemo več kot 400 različnih entitet lastništva (Služba KP TRŠh, 2020).

Po žledolomu, ki je krajinski park prizadel v letu 2014 in je omogočil vdor ter uspevanje številnim invazivnim tujerodnim vrstam in povečanje pojava podlubnikov, se je povečal delež sanitarne sečnje. Le-ta je v zadnjih letih potekala in še poteka na večjih površinah kot predhodno (GGN GE Ljubljana, 2015; Začasne upravljavske smernice, 2018). Vrezec in sod. (2014) predlagajo, da znotraj con za močvirskega krešiča, še posebno v ozkih grapah s strmimi bregovi ob potokih, ne bi odstranjevali poškodovanih dreves. Na tem območju gospodarjenje z gozdom upošteva smernice ZRSVN (GGN GE Ljubljana, 2015), kar pogosto pomeni podrobnejšo obravnavo mikrolokacij, ki so ključnega pomena za zagotavljanje varstvenih ciljev, saj lahko že zelo majhne spremembe v strukturi gozda pomenijo usodne posledice za obstoj katere od obravnavanih treh vrst Natura 2000.

Veliki studenčar (*Cordulegaster heros*) je največji med kačjimi pastirji, ki živijo v Evropi. Vrsta je endemit JV Evrope, omejena predvsem na Balkanski polotok. Pri nas je ta vrsta raznokrilih kačjih pastirjev splošno razširjena. Živi na 390–773 m. n. m. (Šalamun, 2016), pojavlja se tudi v ozkem čezmejnem pasu v Italiji (Bedjanič in Šalamun, 2003). V ravninah in podoljih vrste ni, pojavi se zgolj na obrobju v prehodih v hribovja (Šalamun, 2016). Habitat velikega studenčarja, ene redkih vrst kačjih pastirjev, ki živi samo v primarnih habitatih (Kotarac, 1997), so osenčeni gozdni potoki ali potoki z ohranjenim drevesnim pasom ob njem. Taki potoki so večinoma majhni, po nekaterih virih širina ne presega enega metra (povzeto po Šalamun, 2016). Odrasli osebki letajo od sredine maja do konca septembra, z viškom od junija do začetka avgusta. Preobrazba poteka od sredine maja do začetka avgusta. Ličinke živijo v drobnem peščenem in mivkastem ter muljastem substratu. Za zagotovitev zadostne količine kisika in ustreznega drobnega substrata za ličinke je potreben ustrezen naklon terena; kar 90 % območij ima naklon manjši od 12,5°, nakloni, manjši kot 0,5°, vrsti ne ustrezajo (Šalamun, 2016). Ob potoku veliki studenčar potrebuje obrežno lesno vegetacijo, ki zasenči strugo. Ogroža ga predvsem uničevanje habitata, tako manjših gozdnih potokov v hribovitem svetu kot okoliškega gozda. Pri večjih posegih v zgornjih delih potokov je vpliv zaznaven tudi nižje na potoku. Zaradi navedenih lastnosti je dober pokazatelj ohranjenosti manjših gozdnih potokov (povzeto po Šalamun, 2016)

1 **luka.sparl@vokasnaga.si**, *Služba Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib, Javno podjetje VOKA SNAGA d. o. o., Vodovodna 90, 1000 Ljubljana*

in zato deluje kot krovna vrsta, to je vrsta, s katero posredno varujemo druge vrste, živeče v istem habitatu in arealu (Tome, 2006). V Sloveniji je veliki studenčar uvrščen na Rdeči seznam (Pravilnik..., 2010) kot ranljiva (V) vrsta. Uvrščen je na prilogi 1A (varstvo vrste) in 2A (varstvo habitata vrste) Uredbe o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS, 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08-odl. US, 96/08, 36/09, 102/11 in 15/14)). V Sloveniji je zanj razglašenih 23 območij Natura 2000 (Uradni list RS, št. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13 – popr., 39/13 – odl. US, 3/14 in 21/16), najbližje je Ljubljansko barje (Šalamun, 2016). V zadnjih letih je opazno zmanjšanje števila velikih studenčarjev, kar je poleg slabšega stanja potoka v Mostecu lahko tudi posledica prekrivanja ekološke niše z rakom koščakom. Njihovo število je opazno večje (Šalamun, 2019).

Navadni koščak (*Austropotamobius torrentium*) živi v vodah, bogatih s kisikom, zlasti v majhnih in zelo plitvih gozdnih potokih, kjer so temperature vode nizke (Vrezec in sod., 2014). To je vrsta, ki se skriva pod kamni in koreninami obvodnega rastlinja (Koprivnikar, 2018). Je hrana nekaj vrstam rib, dvoživk, ptic in sesalcev, pomembna je njihova vloga kot ključnih gradnikov prehranskih spletov (Nyström, 2002). Je značilen predstavnik mrzlih in hitro tekočih potokov in rek. Izogiba se zelo prodonosnim in hudourniškim potokom ter stoječim vodam. Razširjen je od Nemčije do Makedonije in od Španije do Romunije. Sklepamo, da je njegova razširjenost v Sloveniji naravna. Koščak je v Sloveniji razširjen predvsem v porečju Drave in Save (Govedič, 2006).

V Evropi je pred 140 leti potočne rake zdesetkala račja kuga, zdaj pa navadne koščake najbolj ogrožajo gradnja pregrad, odvzemi vode, regulacije, hidromelioracije ter osuševanje in širjenje urbanih površin. Za koščaka so najpomembnejši ohranjeni gozdni potoki, odmaknjeni od urbanih predelov, z izmenjavanjem plitke in globoke vode, raznovrstno podlago, izmenjavanjem hitrega in počasnega toka (Govedič, 2006). Zavarovani so vsi osebki domorodnih vrst potočnih rakov, zakonodaja predpisuje tudi varovanje njihovega življenjskega prostora. Potočni raki so neposredno zavarovani z Uredbo o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah (Uradni list, 46/04, 109/04, 84/05), na podlagi Zakona o ohranjanju narave (ZON) ter z Zakonom o sladkovodnem ribištvu (Govedič, 2006). Koščak je uvrščen v Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, najdemo ga v dodatkih Direktive o habitatih EU, kjer je opredeljen kot prioritetna vrsta. Slednje Slovenijo obvezuje, da dosledno varuje njegova bivališča in dolgoročno ohranja ugodno stanje njegovih populacij (Bedjanič, 2004).Potoki in njihovi povirni deli na območju Mosteca, Malega Rožnika, za ZOO Ljubljana in pod Cankarjevim vrhom so življenjsko okolje raka koščaka in tudi hrošča močvirskega krešiča (Vrezec in sod., 2014).

Močvirski krešič je specializirana vrsta, ki živi na izjemno vlažnih in manj zaraščenih gozdnih tleh ob robu vodnih teles in se izogiba kisle podlage (Matern in sod., 2007). Naseljuje gozdne potoke in ozek pas izjemno vlažnega obrežja, ki ga navadno poraščajo sestoji močvirnih listnatih gozdov, zlasti sestoji s črno jelšo (*Alnus glutinosa*), *Equiseto-Fraxinetum*, *Carici-Fraxinetum* in gozdnih sestojih z bukvijo (*Fagus sylvatica*) ter belim gabrom (*Carpinus betulus*) (Drovenik in Pirnat, 2003, Müller-Kroehling, 2006, Vrezec in sod., 2007). Razvoj vrste poteka v vodi, kjer najdemo ličink in tudi odrasle osebke. Živijo in lovijo v vodi, v manjših in večjih naravnih potokih (Drovenik in Pirnat, 2003). Razmnoževalni cikel močvirskega krešiča je prostorsko omejen, kar povečuje njegovo občutljivost za posege v močvirna in zasenčena okolja gozdnih potokov, katerih indikatorska vrsta je (Vrezec in sod., 2013). Odrasli osebki so nočno aktivne živali. Aktivni so od aprila do junija in se tedaj tudi parijo (Drovenik in Pirnat, 2003).

Zaključek

V gozdovih Krajinskega parka Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib imajo poglavitno vlogo ekološke in socialne funkcije gozdov, zato je, za učinkovito varstvo vseh treh evropsko prioritetnih vrst, smiselna omejitev sečnje in drugih gozdnogospodarskih aktivnost, v območju habitata teh vrst le na najnujnejše varstvene in sanacijske ukrepe. Padla drevesna debla mehkolesnih vrst je smiselno pustiti ob vodotokih, saj nudijo ustrezen habitat predvsem močvirskemu krešiču.

Še posebno neugodno je nastajanje večjih odprtih površin ob potokih, ki so opredeljeni z vplivnim območjem 50 m od potoka. Za dolgoročno ohranitev koščaka je ključna ohranitev naravnih strug potokov, kar vključuje prepoved regulacije in hitrega odvodnjavanja potokov, kar bi povzročilo izsuševanje obrežnega pasu, pa tudi urejanje brežin znotraj con, ki lahko bistveno poslabšajo habitat koščaka oziroma celo uničijo habitat močvirskega krešiča. Priporočljivo je izogibanje nasadom na območju nedomorodnih iglavcev, npr. smrek (*Picea abies*), saj bistveno prispevajo k zakisanju podlage in posledično tudi vode.

Viri

Bedjanič M., Šalamun A. 2003. Large golden-ringed dragonfly *Cordulegaster heros Theischinger* 1979, new for the fauna of Italy (*Odonata: Cordulegastridae*). Natura Sloveniae 5, 2:19–29.

Bedjanič M. 2004. Novi podatki o razširjenosti raka navadnega koščaka *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) v Sloveniji *(Crustacea: Decapoda*). Natura Sloveniae 6, 1: 25–33.

Drovenik B., Pirnat, A. 2003: Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000, Hrošči (*Coleoptera*). Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, Ljubljana.

Govedič M. 2006. Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo. Življenje okoli nas. Center za kartografijo favne in flore. Miklavž na Dravskem polju: 15 str.

GGN GGE Ljubljana (2015-2024). 2015. Ljubljana, Vlada RS: 1200 str.

Havliček R. 2018. Maska gozda v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib.

Koprivnikar N. 2018. Potočni raki na Slovenskem in primer reševanja habitata koščaka. Planinska zveza Slovenije: Komisija za varstvo gorske narave. Seminarska naloga: 17 str.

Kotarac M. 1997. Atlas kačjih pastirjev (*Odonata*) Slovenije z Rdečim seznamom: Projekt slovenskega odonatološkega društva. Miklavž na Dravskem polju, Atlas faunae et florae Sloveniae 1: 205 str.

Matern A., Drees C., Kleinwächter M., Assmann T. 2007. Habitat modelling for the conservation of

the rare ground beetle species *Carabus variolosus* (*Coleoptera, Carabidae*) in the riparian zones of headwaters. Biol. Conserv., doi:10.1016/j.biocon.2007.01.006.

Müller-Kroehling S. 2006. Ist der Gruben-Grosslaufkäfer *Carabus (variolosus) nodulosus* ein Taxon des Anhanges II der FFH-Richtlinie in Deutschland? Waldoekologie online 3: 5–-58.

Nose Marolt M., Šparl L., Verlič A., Vochl, S. 2019. Zakladi sredi mesta: Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. Ljubljana, Mestna občina, Oddelek za varstvo okolja: 34. str.

Nyström P. 2002. Ecology. V: Holdich, D.M. (ur.), Biology of Freshwater Crayfish. Oxford, Blackwell Science: 192–235.

Odlok o razglasitvi gozdov s posebnim pomenom. 2010. Ur. l. RS, št. 60/10, 64/10.

Odlok o Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. 2015. Ur. l. RS, št. 78/2015.

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. 2002. Ur. l. RS, št. 82/02, 42/10.

Služba KP TRŠh. 2020. Podatkovna baza. Služba KP TRŠh (osebni vir, februar 2020).

Šalamun A. 2016. Ekologija in razširjenost velikega studenčarja (*Cordulegaster heros*) (*Odonata: Cordulegastridae*) v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 76 str.

Šalamun A. 2019. Inventarizacija kačjih pastirjev (*Odonata*) v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. Končno poročilo.

Šparl L., Zupan E. 2019. First records of two ascomycete fungi (*Ascomycota*) for Slovenia. Natura Sloveniae 21, 2: 5–11.

Tome D. 2006. Ekologija. Organizmi v prostoru in času. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 344 str.

Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). 2004. Ur. l. RS. št. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13 – popr., 39/13 – odl. US, 3/14, 21/16.

Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah. 2004. Ur. l. RS. št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08-odl. US, 96/08, 36/09, 102/11 in 15/14.

Vrezec A., Polak S., Kapla A., Pirnat A., Šalamun A. 2007. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst hroščev – *Carabus variolosus*, *Leptodirus hochenwartii*, *Lucanus cervus in Morinus funereus*, *Rosalia alpina*. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.

Vrezec A., Ambrožič Š., Kapla A. 2013. Favna hroščev evropskega varstvenega pomena v Krajinskem parku Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. Končno poročilo. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.

Vrezec A., Bertoncelj I., Jaklič T., Kapla A., Ambrožič Š. 2014. Celostna conacija Krajinskega parka Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib za namene ohranjanja populacije močvirskega krešiča (*Carabus variolosus*) in koščaka (*Austropotamobius torrentium*). Končno poročilo. Ljubljana, Nacionalni inštitut za biologijo.

Začasne upravljavske smernice za upravljanje Krajinskega parka Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib. 2018. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana, Oddelek za varstvo okolja in Zavod republike Slovenije za varstvo narave, OE Ljubljana.

Matjaž GUČEK[1], Aleš POLJANEC[2], Andrej BONČINA[3], Jurij BEGUŠ[4], Jože PAPEŽ[5]

OBRAVNAVANJE NARAVNIH NEVARNOSTI IN OGROŽENOSTI V GOZDNOGOSPODARSKEM NAČRTOVANJU

Ključne besede: *večnamensko gospodarjenje, naravne nevarnosti, funkcije gozdov, zaščitna funkcija*

Uvod

Naravne nevarnosti, ki ogrožajo človekove dejavnosti in življenje, postajajo zaradi podnebnih sprememb vse intenzivnejše in pogostejše ter povzročajo veliko gmotno škodo. Zato postaja razumevanje vzrokov naravnih nesreč in možnosti za zmanjšanje ogroženosti vse pomembnejše. Tudi gozdarstvo je pri soočanju s posledicami podnebnih sprememb pred pomembnimi izzivi in eden izmed ključnih bo krepitev varovalne in zaščitne vloge gozdov, kar bo prispevalo k ohranjanju gozdov in varovanju raznovrstne infrastrukture v spremenjenih podnebnih razmerah. Gozd ima pomembno vlogo pri zaščiti pred različnimi naravnimi nevarnostmi, kot so snežni plazovi, zemeljski plazovi, padajoče kamenje, drobirski tokovi in hudourniki; to kaže tudi analiza javnega mnenja prebivalcev Slovenije o pomenu gozdov (Simončič in Bončina, 2018). S prilagojenim gospodarjenjem z gozdom na širšem območju in doslednim nadzorom naravnih nevarnosti (npr. stanje hudourniških strug, območja vpliva visokih hudournih voda, plazljivih in plazovitih območij) lahko pomembno vplivamo na zmanjšanje ogroženosti zaradi takšnih dogodkov. Osnova za načrtovanje ukrepov za krepitev varovalnih in zaščitnih funkcij gozda so kvalitetne informacije o stanju gozda, opredelitev želenega stanja gozdov glede na vrsto in stopnjo naravne nevarnosti ter podrobne karte naravnih nevarnosti, kakršnih Slovenija za območje celotne države še nima izdelanih. Karte v majhnem merilu (npr. 1 : 250.000), ki so v uporabi danes, so za načrtovanje ukrepov za preprečevanje ali zmanjševanja ogroženosti pred naravnimi nesrečami neprimerne. Drugi problem, s katerim se soočamo, je načrtovanje optimalnih gozdnogospodarskih ukrepov (vrsta ukrepov in določanje prioritet), s katerimi bi v heterogenih naravnih razmerah izboljšali varovalne funkcije gozdov, tretji, in pogosto osrednji problem pa je odsotnost aktivnega gospodarjenja v takšnih območjih. V prispevku opisujemo omenjene probleme in posredujemo predloge za njihovo reševanje.

1 **matjaz.gucek@zgs.si**, *Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
2 **ales.poljanec@zgs.si**, *Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
3 **andrej.boncina@bf.uni-lj.si**, *UL, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
4 **jurij.begus@zgs.si**, *Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana*
5 **joze.papez@hidrotehnik.si**, *Hidrotehnik, Slovenčeva ulica 97, 1000 Ljubljana*

Opredelitev naravnih nevarnosti

Naravne nevarnosti so posledica naravnih procesov in so sestavni del vsake pokrajine, ne glede na prisotnost človeka. Naravni procesi predstavljajo določene okoliščine oziroma nevarnost, zaradi katere lahko pride do škode ali nesreče (Komac in sod., 2008). Naravna nevarnost se udejanji v naravni nesreči, ogrozi elemente prostora (npr. naselja, prometna infrastruktura), spremlja pa jo večja ali manjša škoda (Mikoš, 2007).

Naravne nevarnosti najbolj podrobno opredeli Zakon o vodah (2002), ki v 83. členu določa, da se zaradi zagotavljanja varstva pred škodljivim delovanjem voda določijo območja, ki so ogrožena zaradi: 1. poplav (poplavno območje), 2. erozije celinskih voda in morja (erozijsko območje), 3. zemeljskih ali hribinskih plazov (plazljivo območje) in snežnih plazov (plazovito območje). Ogrožena območja po Zakonu o vodah določi vlada Republike Slovenije, kar pa se v omejenem obsegu izvaja zgolj na področju ogroženosti pred poplavami in odpravljanju posledic plazov večjega obsega.

Vključevanje naravnih nevarnosti v gozdnogospodarske načrte

Različne zahteve do gozdov v Sloveniji uresničujemo z večnamenskim gospodarjenjem z gozdovi, pomembno podlago za odločanje pa predstavlja karta funkcij gozdov. Z opredelitvijo posamezne funkcije na nekem območju, damo temu predelu večji pomen, usmeritve in ukrepi pa so usmerjeni k zagotavljanju želenih učinkov. V Sloveniji na isti površini pospešujemo več funkcij gozda hkrati, kljub temu, da njihov pomen v gozdnem prostoru praviloma ni enak (Bončina, 2013). Izmed 17 funkcij, ki jih po Zakonu o gozdovih (1993) zagotavlja gozd, so na naravne nevarnosti neposredno vezane vsaj tri (1. funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev v nadaljnjem besedilu varovalna funkcija; 2. zaščitna funkcija in 3. hidrološka funkcija). Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (2010, v nadaljevanju Pravilnik) opredeljuje varovalno funkcijo gozda kot varovanje rastišča in njegove okolice pred posledicami vseh vrst erozijskih procesov. Po Pravilniku imajo poudarjeno varovalno funkcijo zlasti gozdovi na gornji gozdni meji, na erozijskih, plazljivih ali plazovitih območjih, določenih v skladu s predpisi, ki urejajo vode, na zelo strmih pobočjih, sušnih legah, plitvih skalovitih ali kamnitih tleh. Poudarjeno hidrološko funkcijo imajo zlasti gozdovi v poplavnih in vodovarstvenih območjih, določenih v skladu s predpisi, ki urejajo vode. Poudarjeno zaščitno funkcijo pa imajo gozdovi, ki ščitijo prometnice, naselja in druge objekte pred naravnimi nevarnostmi.

V gozdnogospodarskem načrtu se med drugimi upoštevajo tudi vodnogospodarski pogoji, ki jih pripravijo pristojni organi (Direkcija Republike Slovenije za vode - DRSV), kar določa Zakon o gozdovih (Ur. l. RS, št. 30/93 in nasl.), zato Zavod za gozdove Slovenije v okviru priprave gozdnogospodarskega načrta zbere smernice DRSV in jih smiselno vključi v gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote.

Vpliv gozda kot zaščita pred naravnimi nevarnostmi

Slovenija se kot podpisnica Protokola o izvajanju Alpske konvencije na področju gorskega gozda zaveda pomena gozda v gorskih območjih kot najučinkovitejšega, najgospodarnejšega in krajinski podobi najprimernejšega varstva pred erozijo, poplavami, snežnimi in zemeljskimi plazovi, hudourniki, skalnimi podori in padajočim kamenjem ter drobirskimi tokovi. Gozd ne zagotavlja popolne zaščite pred naravnimi nevarnostmi, lahko pa pomembno zmanjša ogroženost. Učinkovitost in zanesljivost zaščite pred naravnimi nevarnostmi, ki jo zagotavlja gozd, sta odvisni od 1) naravne nevarnosti, 2) frekvence in intenzitete škodnih dogodkov ter 3) stanja gozda (Brang in sod., 2006). Gozdovi lahko zagotavljajo dolgoročno zaščito le ob stalni pokrovnosti tal z drevjem, ustrezni sestojni strukturi in zadostnem pomlajevanju (Brang, 2001; Dorren in sod., 2004).

Omilitveni učinek gozda je odvisen od naravne nevarnosti (Guček, 2016): v primeru snežnih plazov, plitvih zemeljskih plazov, površinske erozije in poplav ima gozd največji učinek v območju proženja, kjer preprečuje oziroma zmanjšuje proženje. Pri padajočem kamenju je vpliv gozda v območju proženja lahko tudi negativen, saj lahko rastje pospešuje sproščanje skal in kamenja. V večini primerov pa je učinek pozitiven, saj korenine dreves stabilizirajo nepovezano, pogojno stabilno hribino in kamenje ter s tem preprečujejo proženje kamenja. Zelo pomemben pa je učinek dreves v območju gibanja in zaustavljanja, kjer drevesna debla kamenje upočasnijo, povsem ali začasno ustavijo. Na hudourniških območjih gozd učinkuje na širšem prispevnem območju, kjer zadržuje organske in anorganske snovi in situ (Sakals in sod., 2006), in tudi neposredno na brežinah gorskih vodotokov, kjer stabilizira pobočja in varuje brežine pred izpiranjem ter porušitvami (Papež in sod., 2010). Ker je vpliv gozda odvisen od vrste naravne nevarnosti, zgradbe in drevesne sestave gozdnih sestojev, je različno tudi ukrepanje. Le to mora biti usmerjeno na območje, kjer ima gozd potencialno največji učinek na preprečevanje oziroma zmanjševanje naravne nevarnosti in mora pospeševati zgradbo in drevesno sestavo, ki v največji meri zmanjšuje tveganja za pojav naravne nevarnosti.

Način določanja območij s poudarjenimi funkcijami gozdov

Koncept določanja območij s poudarjenimi funkcijami v Sloveniji poteka na podlagi Pravilnika (2010) in podrobneje meril določenih v Priročniku za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov (Priročnik za …, 2008). Zavod za gozdove Slovenije po enotnih merilih izdela karto funkcij gozdov, ki za vsak predel gozda prikazuje stopnjo poudarjenosti ene ali več funkcij gozda. Določanje varovalne in zaščitne funkcije trenutno poteka na podlagi razpoložljivih podlag (npr. naklon površja, karta gozdnih združb). Merila predvsem za določanje zaščitne funkcije so opisna, kar omejuje objektivno določanje območij s poudarjeno zaščitno funkcijo (Guček, 2016). Ta problem bi premostili, če bi imeli na voljo karte nevarnosti in ogroženosti pred različnimi naravnimi nevarnostmi v podrobnejšem merilu.

Druga pomanjkljivost sedanjega določanja območij s poudarjeno varovalno, predvsem pa območij s poudarjeno zaščitno funkcijo, je v tem, da zanje praviloma ni znano, zaradi katerih naravnih nevarnosti so takšna območja določena. Vrsta naravne nevarnosti (npr. snežni plazovi, zemeljski plazovi, padajoče kamenje, drobirski tokovi) je namreč pomembno izhodišče za določanje želene zgradbe in drevesne sestave gozdnih sestojev in načrtovanje ustreznih ukrepov za krepitev varovalnih funkcij gozda (Frehner in sod., 2007). Na to pomanjkljivost smo že opozorili (Guček, 2016), potrebne pa bodo spremembe pravnih predpisov, ki urejajo določanje območij s poudarjenimi funkcijami. Pri tem velja upoštevati drugačen pristop pri določanju območij s poudarjenimi funkcijami, ki ga je opisal Guček (2016).

Podlage za opredelitev varovalne in zaščitne funkcije gozda

Zakon o vodah (2002) določa izdelovanje načrtov upravljanja voda (NUV), katerih sestavni del so tudi karte ogroženih območij, vendar v Sloveniji še nimamo izdelanih podrobnih kart nevarnosti in ogroženosti za celotno ozemlje (Mikoš, 2013). Zaradi evropske poplavne direktive iz leta 2007 je bil največji premik narejen pri podrobnih kartah poplavne nevarnosti, ki se od leta 2007 sistematično izdelujejo po enotni metodologiji, čeprav praviloma za bolj poseljena območja in zgolj v zelo majhni meri za hudourniška območja. Poplavne karte so osnova za državni Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti, ki vsebuje katalog dvajsetih sklopov protipoplavnih ukrepov za zmanjševanje ogroženosti (NZPO). Načrt se obnavlja vsakih šest let. Geološki zavod Slovenije je izdelal karto verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v Sloveniji v merilu 1 : 250.000 (Komac in Ribičič, 2006) ter model in pripadajočo karto verjetnosti za pojavljanje drobirskih tokov v Sloveniji v merilu 1 : 250.000 (Komac in sod., 2009). Tudi opozorilna karta erozije ter karti plazljivih in plazovitih območij so izdelane v merilu 1 : 250.000. GeoZS (2005) in Mikoš (2013) opozarjajo, da karte, izdelane v takšnem merilu, ustrezajo opozorilni ravni in splošni seznanitvi s prisotnostjo nevarnosti, vendar takšno merilo ni primerno v postopkih podrobnega prostorskega načrtovanja, kot je recimo umeščanje objektov v prostor ali določanje omejitev pri gospodarjenju z gozdom. Potreba po izdelanih podrobnih kartah ogroženih območij po zakonu o vodah je bila že večkrat izpostavljena (Mikoš, 2013; Guček, 2016).

Pomemben premik na tem področju je izdelava občinskih opozorilnih kart nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja in erozije v merilu 1:25.000, ki jih financira

Ministrstvo za okolje RS (GeoZS, 2020). Trenutno so kart ena voljo le za 25 občin. Ključni del opozorilne karte potencialne ploskovne in linijske erozije so priporočila in smernice za obstoječo rabo prostora in za spremembe rabe prostora. Podrobnejše karte in strokovna priporočila omogočajo podrobno strokovno presojo, odločanje in ukrepanje gozdarske stroke, ki ima za to ustrezne kompetence ter pristojnosti in odgovornosti v skladu z gozdarsko zakonodajo.

Zaradi omejenega obsega izdelanih podrobnejših kart se trenutno v postopku gozdnogospodarskega načrtovanja in posledično tudi pri gospodarjenju z gozdom ter pri odločanju o primernosti umeščanja ukrepov v gozdovih se kot podlage uporabljajo karte, ki so izdelane v neprimernih merilih (npr. 1 : 250.000).

Problematika izvajanje ukrepov za krepitev varovalnih in zaščitnih funkcij gozda

Gozdovi s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo so zaradi različnih pogledov stroke, težkih razmer za delo in manjše ekonomske zanimivosti pogosto prepuščeni naravnemu razvoju. Načrtovano ukrepanje je omejeno le na manjši del teh gozdov. Usmeritve za »pospeševanje funkcij gozdov« so pogosto splošne, neprilagojene konkretnim razmeram, ne upoštevajo rastiščnih posebnosti, potencialnih naravnih nevarnosti in podobno. Načrtovana intenzivnost ukrepanja je praviloma nizka. Pogosta usmeritev je, da se sečnja in spravilo izvajata na način, ki ne ogroža varovalnih učinkov gozda. Ukrepi so pogosto omejeni na posek oslabelega, debelega drevja, priporočljivo je puščanje višjih panjev. Ponekod, kjer spravilo ni možno, sta predvidena posek in puščanje drevja v gozdu. Dosedanje izkušnje kažejo, da se načrtovani ukrepi praviloma ne izvedejo. Odprtost varovalnih in deloma tudi zaščitnih gozdov je pogosto problematična, spravilo (in včasih tudi sečnja) pa onemogočeno.

Vse to vodi v slabšanje stojnosti in stabilnosti gozdnih sestojev ter slabljenje njihovih varovalnih in zaščitnih funkcij. Slednje se pokaže zlasti ob ekstremnih vremenskih dogodkih, zato bi bilo v številnih območjih nujno aktivno prilagojeno ukrepanje za krepitev varovalnih in zaščitnih funkcij gozda. Usmerjanje razvoja gozda proti optimalnemu stanju glede zgradbe in drevesne sestave, prilagojeno naravni nevarnosti izvajamo s sečnjo in drugimi gozdnogojitvenimi ukrepi, predpogoj za to pa je primerna odprtost teh gozdov. Gospodarjenje z gozdovi, v katerih želimo pospeševati varovalne funkcije, je torej treba obravnavati kot aktiven proces, ki predstavlja primer gospodarjenja z gozdovi v posebnih (zahtevnejših) razmerah z upoštevanjem krajevnih posebnosti (Anko, 1987). Ob obnovi območnih načrtov pripravljamo prenovljene smernice za krepitev varovalnih in zaščitnih učinkov gozda, ki bodo temeljile na novejših spoznanjih domačih in tujih strokovnjakov s področja upravljanja varovalnih gozdov, kar bo izboljšalo načrtovanje ukrepov, še vedno pa bo ostalo odprto vprašanje izvedbe načrtovanih del. Za to bi bilo s pravnimi predpisi nujno urediti financiranje in obvezno izvedbo nujnih ukrepov.

Pomen podrobnih kart naravnih nevarnosti za gozdnogospodarsko načrtovanje

Podrobne karte naravnih nevarnosti in ogroženosti (v merilu 1:5.000 do 1:25.000) bi bile zelo uporabne za gozdnogospodarsko načrtovanje in postopke podrobnega prostorskega načrtovanja, kot je na primer umeščanje objektov v prostor (npr. gradnja gozdnih prometnic). Podlage, pripravljene po enotni metodologiji, bi prispevale k objektivnemu določanju zaščitne in varovalne funkcije gozda. S kartami naravnih nevarnosti in ogroženosti bi dopolnili sedanja območja s poudarjeno zaščitno funkcijo, v primeru, da sta za posamezno izločeno območje znani vrsta in stopnja nevarnosti. Poznavanje vrste in stopnje naravne nevarnosti ter presoja ustreznosti strukture gozdnih sestojev so ključna izhodišča za določanje prioritet pri gospodarjenju z gozdovi s poudarjeno zaščitno funkcijo. Z natančno določenimi predeli s poudarjeno zaščitno in varovalno funkcijo bi lahko ukrepanje prilagodili naravni nevarnosti in gozdnogojitvene ukrepe ciljno usmerili na predele, kjer bi bili ukrepi najnujnejši.

V okviru projekta GreenRisk4ALPs, katerega glavni cilj je razvijanje pristopov na področju upravljanja z gozdovi s poudarkom na upravljanju z varovalnimi in zaščitnimi gozdovi, ki bodo zmanjšali tveganja zaradi podnebnih sprememb, sta bili po enotni metodologiji na podlagi modeliranja za območje občine Kranjska Gora izdelani karti nevarnosti pred padajočim kamenjem in snežnimi plazovi (Kobal in sod., 2019). Karti predstavljata primer podlag v podrobnem merilu, ki bi jih v primeru, da bi bili izdelani za celotno Slovenijo, lahko uporabili za določitev varovalne in zaščitne funkcije in načrtovanje ustreznih ukrepov za usmerjanje razvoja drevesne sestave in zgradbe gozdnih sestojev.

Zaključek

Zaradi podnebnih sprememb je pričakovati povečanje števila vremensko pogojenih ekstremnih dogodkov, zato se moramo pri zagotavljanju varstva pred erozijo in hudourniki učiti zlasti iz preteklih izjemnih dogodkov (Horvat, 2004).

V Sloveniji Zavod za gozdove Slovenije z usmerjanjem že danes veliko prispeva k prilagajanju na podnebne spremembe in predvsem zmanjšanju njihovih posledic: z načrtovanjem in usmerjanjem izvedbe rastišču primernih ukrepov, ki temeljijo na stanju gozda in poudarjenosti funkcij; z rastišču prilagojenimi sečnjami na širšem območju skrbi za postopno pomlajevanje in s tem stalno pokrovnost tal (obnova pod zastorom); z različnimi negovalnimi in drugimi deli skrbi za stalno pokritost tal z rastjem; na večjih območjih, ki jih prizadenejo ujme izdela načrt sanacije, za zmanjšanje negativnih posledic; s koordinacijo del v gozdu, določanjem rokov za izvedbo nujnih del skrbi, da se škodljivci (npr. lubadar) in bolezni ne razširijo v še večjem obsegu; ob sanacijah po ujmah poškodovanih gozdov so bila v zadnjih letih iz proračuna RS namenjena sredstva za pospravilo lesa v varovalnih gozdovih.

Kljub temu bi bilo treba sistem upravljanja z varovalnimi in zaščitnimi gozdovi še dopolnjevati. Izboljšave naj bodo usmerjene v:

- izboljšanje sistema funkcij gozdov, predvsem njihovega razumevanja in določanje območij s poudarjenimi funkcijami,
- izboljšanje strokovnih podlag za določanje območij pojavljanja naravnih nevarnosti,
- izboljšanje sistema načrtovanja ukrepov v varovalnih in zaščitnih gozdovih, pri čemer naj se poleg sestojnih in rastiščnih razmer upošteva tudi vrsto naravne nevarnosti in stopnjo ogroženosti,
- spremembo sistemskih podlag, ki bodo omogočale financiranje del v teh območjih in zagotovile obvezno izvajanje del.

Zaradi velike razširjenosti območij, kjer se erozijski procesi lahko odvijajo je pojav hudourniške erozije in ostalih naravnih nevarnosti nemogoče povsem nadzorovati oz. preprečiti. Aktivno gospodarjenje z gozdom, še posebej z gozdom s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo mora biti del celostnega sistema obvladovanja tveganj pred naravnimi nevarnostmi, za katerega v Sloveniji velja, da obstaja v praksi še veliko priložnosti za izboljšave. Sistem bi temeljil na medsektorsko usklajenih ukrepih, ki obsegajo ukrepe na vodotokih (npr. zaplavne pregrade), gospodarjenjem z gozdovi, prostorskim načrtovanjem, ukrepe pri zaščiti prometne infrastrukture in enostavnimi ukrepi (npr. odstranjevanjem skladovnic drv v poplavnih območjih). Osnova za to so jasno določene odgovornosti, pristojnosti posameznih institucij, lokalnih skupnosti in drugih uporabnikov prostora ter namenjena zadostna sredstva za načrtno upravljanje s hudourniškimi območji.

Trenuten sistem ni ustrezen na kar opozarja vodarska stroka (Papež in sod., 2010; Sodnik in sod., 2015, Mikoš in Sodnik, 2016) in lokalne skupnosti, zato bi ga morali dopolniti. Primer dobre prakse na tem področju sta lahko Avstrijska in Tirolska (Papež, 2011).

Pri obvladovanju tveganj pred naravnimi nesrečami bi morala država večjo pozornost nameniti preventivnim ukrepom, ker bomo v nasprotnem primeru vseskozi iskali vzroke za nastale škode po izjemnih vremenskih dogodkih in namenjali visoka sredstva za sanacijo nastalih škod.

Viri

Anko B. 1987. Varovalnost gozda v Sloveniji – zbornik republiškega seminarja, Ljubljana, 16. in 17. januarja 1986. Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 133 str.

Bončina A. 2013. Razvoj večnamenskega gospodarjenja z gozdovi: funkcije gozda, ekosistemske storitve in prednostna območja. Vir: Razvoj koncepta večnamenskega gospodarjenja z gozdovi: funkcije gozda, ekosistemske storitve in prednostna območja: zbornik prispevkov, Andrej: Bončina, Dragan Matijašić (ur.), Ljubljana: Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta: Zavod za gozdove Slovenije, str.: 31-34.

Brang P. 2001. Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps. Forest Ecology and Management, 145, 1-2: 107-119.

Brang P., Schönenberger W., Frehner M., Schwitter R., Wasser B. 2006. Management of protection forests in the European Alps: an overview 44: 23-44.

Dorren L.K.A., Berger F., Imeson A., Maier B., Rey F. 2004. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. Forest ecology and management, 195, 1-2: 165-176.

Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2007. Sustainability and Success Monitoring in Protection Forests - Appendix 1: Natural Hazards. Bern, The federal office for the environment FOEN: 29 str.

GeoZS, 2005. Analiza pojavljanja plazov v Sloveniji in izdelava karte verjetnosti plazenj, Geološki zavod Slovenije, 138 str,

GeoZS, 2020. Opozorilne karte nevarnosti zaradi procesov pobočnega masnega premikanja in zaradi erozijskih procesov (ploskovne in linijske erozije): https://geohazard.geo-zs.si/informacije/#/splosno (6.11.2020)

Guček, M., 2016. Opredelitev gozdnih območij s poudarjeno varovalno in zaščitno funkcijo. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 130 str.

Kobal M, Žabota B., Oven D. 2019. Domen. GreenRisk4ALPs : razvoj novih ekosistemskih pristopov za obvladovanje tveganj v povezavi z naravnimi nesrečami in podnebnimi spremembami. Gozdarski vestnik, 77/4: 190-192.

Komac B., Natek K., Zorn M. 2008. Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Geografija Slovenije, 20: 180 str.

Komac, M., Ribičič, M. 2006. Karta verjetnosti pojavljanja plazov v Sloveniji v merilu 1: 250.000. Geologija, 49/2: 295–310.

Komac, M., Kumelj, Š., Ribičič, M. 2009. Model dovzetnosti za pojavljanje drobirskih tokov v Sloveniji v merilu 1 : 250.000. Geologija, 52/1: 87–104.

Mikoš M. 2007. Upravljanje tveganj in nova evropska direktiva o poplavnih tveganjih. Gradbeni vestnik, 56: 278-285.

Mikoš M. 2013. Upravljanje gorskih nevarnosti in tveganj v zavarovanih območjih: primer triglavskega narodnega parka, Slovenija. Geodetski vestnik, 57/1: 112-124.

Mikoš M., Sodnik J. 2016. Quo vadis slovensko hudourništvo. 27. Mišičevi vodarski dan: 10-18.

Papež J., Jeršič T, Černivec J. 2010. Strategija varstva pred erozijo in hudourniki v Sloveniji. V: Naravne nesreče 1: od razumevanja do upravljanja. Zorn M., Komac M., Pavšek M., Pagon P (ur.). Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 113-124.

Papež J. 2010. Vloga in pomen nadzora nad hudourniškimi območji ter gospodarjenja z gozdovi na zmanjševanje škodnih učinkov lesenega plavja. 22. Mišičev vodarski dan: 224-229.

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/2010.

Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot. 2008. Ljubljana, ZGS.

Sakals M. E., Innes J. L., Wilford D. J., Sidle R. C., Grant G. E.. 2006. The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards. Forest snow landscape research, 80, 1: 11-22.

Simončič T., Bončina A. 2018. Mnenje prebivalcev Slovenije o pomenu gozdov in gozdarstva. Acta Silvae et Ligni, 117, 17–34.

Sodnik J., Kogovšek, B., Mikoš M. 2015. Vlaganja v vodno infrastrukturo v Sloveniji in Avstriji. Gradbeni vestnik, 64: 3-12.

Zakon o gozdovih. Ur. l. RS, št. 30/1993, 56/1999, 67/2002, 110/2002, 115/2006, 110/2007,106/2010, 63/2013, 101/2013, 17/2014.

Zakon o vodah (Uradni l. RS, št. 67/02, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15).

Janez PIRNAT[1], Jože PAPEŽ[2], Milan KOBAL[3]

KAKO VPLIVAJO NASTAJAJOČI SLOJI HIDROGRAFIJE NA FUNKCIJE GOZDOV?

Ključne besede: *zakonodaja, zakon o vodah, zakon o gozdovih, urejanje voda*

Uvod

V zgodnjih 90. letih dvajsetega stoletja se je gozdarstvo v veliki meri opiralo predvsem na svoje lastne prostorske sloje. Podatki drugih uporabnikov prostora so bili takrat še opisni ali kartirani v manj preglednih oblikah ali majhnih merilih. Zdaj je situacija drugačna: nastajajo vse bolj podrobne podatkovne zbirke tudi drugih uporabnikov prostora. V takšni obliki je podatke lažje približati gozdnim sestojem in parcelam.

Oboje pomeni nove izzive za prikazovanje in vsebinsko vrednotenje ukrepov za zagotavljanje trajnosti funkcij gozdov ter prilagojenega gospodarjenja z gozdovi. V nadaljevanju bomo opisali hidrološke (sinonim: vodne) funkcije gozda, deloma zaradi aktualnih razmer v Sloveniji in svetu, kjer se srečujemo tako s poplavami kot s sušo ter s številnimi hudourniškimi in erozijskimi procesi, deloma pa zato, ker novejši podatki o vodah postopoma nadgrajujejo bazo podatkov o vodah, ki so javno dostopni. To od nas terja razmislek o metodologiji določanja vodne funkcije gozda in prilagojenem gospodarjenju zanjo, v povezavi z varstvom pred škodljivim delovanjem voda in drugimi naravnimi nevarnostmi pa predvsem o metodologiji določevanja varovalne in zaščitne funkcije.

Voda v vodarski zakonodaji in prostorskih zbirkah

Zakon o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02) se, prostorsko gledano, dotika vodne funkcije gozda z opredelitvijo vodnih in priobalnih zemljišč (kadar sega tja gozd), ki jih moramo pri gospodarjenju za vodno funkcijo upoštevati.

1 **janez.pirnat@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
2 **joze.papez@hidrotehnik.si**, *Hidrotehnik, Vodnogospodarsko podjetje d.d., Slovenčeva ulica 97, 1000 Ljubljana*
3 **milan.kobal@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*

V 11. členu je tako opredeljeno vodno zemljišče:

1. Zemljišče, na katerem je celinska voda trajno ali občasno prisotna in se zato oblikujejo posebne hidrološke, geomorfološke in biološke razmere, ki določajo vodni in obvodni ekosistem, je vodno zemljišče celinskih voda (v nadaljnjem besedilu: vodno zemljišče).
2. Vodno zemljišče tekočih voda obsega osnovno strugo tekočih voda, vključno z bregom, do izrazite geomorfološke spremembe.
3. Vodno zemljišče stoječih voda obsega dno stoječih voda, vključno z bregom, do najvišjega zabeleženega vodostaja.
4. Za vodno zemljišče se štejejo tudi opuščene struge in prodišča, ki jih voda občasno še poplavlja, močvirja in zemljišče, ki ga je poplavila voda zaradi posega v prostor.
5. Vodno zemljišče je lahko v lasti osebe zasebnega ali javnega prava.
6. Minister predpiše podrobnejši način določanja meje vodnega zemljišča.

Avgusta 2018 je minister podpisal natančnejši Pravilnik o podrobnejšem načinu določanja meje vodnega zemljišča celinskih voda (Ur. l. RS, št. 58/18).

V Zakonu o vodah je v 14. členu opredeljeno tudi priobalno zemljišče:

1. Zemljišče, ki neposredno meji na vodno zemljišče, je priobalno zemljišče celinskih voda (v nadaljnjem besedilu: priobalno zemljišče).
2. Zunanja meja priobalnih zemljišč sega na vodah 1. reda 15 metrov od meje vodnega zemljišča, na vodah 2. reda pa pet metrov od meje vodnega zemljišča.
3. Priobalna zemljišča so tudi vsa zemljišča med visokovodnimi nasipi.
4. Ne glede na določbe drugega odstavka tega člena sega zunanja meja priobalnih zemljišč na vodah 1. reda zunaj območij naselja najmanj 40 metrov od meje vodnega zemljišča. Vlada lahko določi drugačno zunanjo mejo priobalnih zemljišč, ki razširi priobalno zemljišče, če je to potrebno zaradi:
   - varstva voda ter vodnih in obvodnih ekosistemov,
   - urejanja voda,
   - izvajanja javnih služb po tem zakonu,
   - omogočanja splošne rabe vodnega in morskega dobra in določanja varstvenih režimov.
5. Ne glede na določbe drugega in četrtega odstavka tega člena sega zunanja meja priobalnih zemljišč na vodah iz 35. točke Priloge tega zakona pet metrov od meje vodnega zemljišča.
6. Ne glede na določbe drugega odstavka tega člena lahko vlada na predlog nosilcev prostorskega načrtovanja določi drugačno zunanjo mejo priobalnih zemljišč, ki zoži priobalno zemljišče, če:
   - gre za poseg na obstoječem stavbnem zemljišču znotraj obstoječega naselja,
   - se s tem ne povečuje poplavne ali erozijske nevarnosti ali ogroženosti,
   - se s tem ne poslabšuje stanje voda,

- je omogočeno izvajanje javnih služb,
- ne omejuje obstoječe posebne rabe voda in
- to ni v nasprotju s cilji upravljanja z vodami.

7. V predlogu iz prejšnjega odstavka morajo biti v skladu s predpisi o vodah predvideni tudi ukrepi, potrebni za izravnavo vplivov nameravanega posega na doseganje ciljev upravljanja voda.

Pomemben vir informacij o vodah prinaša tudi Pravilnik o vodnem katastru (Uradni list RS, št. 30/17), uporabne podatke nudi še spletna stran eVode (http://www.evode.gov.si/).

Vodarski ukrepi in omejitve, ki izhajajo iz vodarske zakonodaje:

V Zakonu o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02) je vezano na vodna in priobalna zemljišča veliko zadev, ki jih strnjeno povzema 37 člen:

1. Na vodnem in priobalnem zemljišču ter na območju presihajočih jezer ni dovoljeno posegati v prostor, razen za:
   - gradnjo objektov javne infrastrukture, komunalne infrastrukture in komunalnih priključkov na javno infrastrukturo ter z gradnjo objektov javne infrastrukture neposredno povezane ureditve, ki se načrtujejo na podlagi predpisov s področja umeščanja prostorskih ureditev državnega pomena v prostor, če izpolnjujejo pogoje iz tretjega odstavka tega člena ,
   - gradnjo objektov grajenega javnega dobra po tem ali drugih zakonih,
   - ukrepe, ki se nanašajo na izboljšanje hidromorfoloških in bioloških lastnosti površinskih voda,
   - ukrepe, ki se nanašajo na ohranjanje narave,
   - gradnjo objektov, potrebnih za rabo voda, ki jih je za izvajanje posebne rabe vode nujno zgraditi na vodnem oziroma priobalnem zemljišču (npr. objekt za zajem ali izpust vode), zagotovitev varnosti plovbe in zagotovitev varstva pred utopitvami v naravnih kopališčih,
   - gradnjo objektov, namenjenih varstvu voda pred onesnaženjem in
   - gradnjo objektov, namenjenih obrambi države, zaščiti in reševanju ljudi, živali in premoženja ter izvajanju nalog policije.
2. Ne glede na določbo prejšnjega odstavka je poseganje v prostor na priobalnem zemljišču v tlorisni širini od 15 metrov od meje vodnega zemljišča do zunanje meje priobalnega zemljišča na vodah 1. reda zunaj območij naselja dovoljeno za gradnjo pomožnih kmetijsko-gozdarskih objektov na podlagi vodnega soglasja, razen če je s predpisom, izdanim na podlagi tega zakona, drugače določeno.
3. Posegi, ki so z gradnjo objektov javne infrastrukture neposredno povezane ureditve, ki se načrtujejo na podlagi predpisov s področja umeščanja prostorskih ureditev državnega pomena v prostor, iz 1. točke prvega odstavka tega člena, se lahko izvedejo, če jih zaradi varstvenih režimov po zakonu ali zaradi nesprejemljivosti gradnje po predpisih, ki urejajo varstvo okolja, ni mogoče umestiti drugam ne da bi to povzročilo nesorazmerno visoke stroške. Posegi, ki so z gradnjo objektov javne infrastrukture neposredno povezane ureditve, ki se načrtujejo na podlagi predpisov s področja umeščanja prostorskih ureditev državnega pomena v prostor, iz 1. točke prvega odstavka tega člena, se izvedejo na podlagi utemeljitve izpolnjevanja pogojev iz prejšnjega stavka v postopku celovite presoje vplivov na okolje, presoje vplivov na okolje, v postopku podaje mnenja k prostorskemu aktu ali v postopku izdaje vodnega soglasja.

Omejitve so zapisane tudi v 181. členu. Za gozdarstvo so še posebno zanimivi prekrški na vodnem ali priobalnem zemljišču iz 16., 17., in 18. točke. Zlasti 18. točka v marsičem zadeva gozdarske aktivnosti, še posebno v povezavi s 87. členom:

Na erozijskem območju je prepovedano:

- poseganje v prostor na način, ki pospešuje erozijo in oblikovanje hudournikov,
- ogoljevanje površin,
- krčenje tistih gozdnih sestojev, ki preprečujejo plazenje zemljišč in snežne odeje, uravnavajo odtočne razmere ali kako drugače varujejo nižje ležeča območja pred škodljivimi vplivi erozije,
- zasipavanje izvirov,
- nenadzorovano zbiranje ali odvajanje zbranih voda po erozivnih ali plazljivih zemljiščih,
- omejevanje pretoka hudourniških voda, pospeševanje erozijske moči voda in slabšanje ravnovesnih razmer,
- odlaganje ali skladiščenje lesa in drugih materialov,
- zasipavanje z odkopnim ali odpadnim materialom,
- odvzemanje naplavin z dna in brežin, razen zaradi zagotavljanja pretočne sposobnosti hudourniške struge,
- vlačenje lesa.

Vodna funkcija v gozdarski zakonodaji

Poleg Zakona o gozdovih (Ur. l. RS, št. 30/93) sta bila doslej pomembna dokumenta še Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo (Ur. l. RS, št. 91/10) in Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov (ZGS, 2008). Po 22. členu Pravilnika o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo imajo poudarjeno vodno funkcijo zlasti gozdovi v poplavnih, vodovarstvenih in potencialnih vodovarstvenih območjih, določenih v skladu s predpisi, ki urejajo vode. V Priročniku za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov GGE (2012) je vodna funkcija gozda ovrednotena po naslednjih merilih:

1. stopnjo poudarjenosti imajo gozdovi:

- na območjih 1. in 2. varstvene cone po odloku o zaščiti virov pitne vode;
- na ožjih območjih vodnih zajetij in drugih vodnih virov;
- ob jezerih v pasu do 50 (100 m) oziroma do dve drevesni višini – odvisno od reliefa;
- gozdovi nad jamami in okoli brezen;
- gozdovi v okolici izvirov vode ali črpališč – ožja okolica odvisno od izdatnosti.

2. stopnjo poudarjenosti imajo gozdovi:

- na širšem vodozbirnem območju (območja 3. varstvene cone po predpisih o zaščiti pitne vode);
- na potencialnih vodovarstvenih območjih (območja podtalnice in izvirov);
- ob vodotokih in manjših stoječih vodah v širini ene do dveh drevesnih višin;
- nad podzemnimi kraškimi jamami, brezni in podzemnimi vodnimi tokovi;
- karbonatni kraški svet;
- gozdovi okoli manjših stoječih vod;
- gozdovi v pasu do 50 m na vsako stan od vodotoka – odvisno do reliefa:
- gozdovi v okolici izvirov vode ali črpališč – širša okolica, odvisno od izdatnosti.

3. stopnje poudarjenosti ne določamo.

Priročnik vsebuje več t. i. mehkih informacij, kot so ‘’ožja in širša območja vodnih zajetij in črpališč’’ ter ‘’nad podzemnimi kraškimi jamami in podzemnimi tokovi ter v okolici manjših stoječih vod’’.

Na načelni ravni vodo obravnava tudi Resolucija o Nacionalnem gozdnem programu (Ur. l. RS, št. 111/07), v njej so sprejete štiri načelne usmeritve, vezane na vodo:

- Usmeritev 1: Ohraniti je treba dobro stanje voda in zmanjševati poplavno ogroženost.
- Usmeritev 2: Ohraniti je treba stabilne in zdrave gozdove, ki lahko zadržijo in postopno oddajajo vodo.
- Usmeritev 3: V območjih pomanjkanja voda je treba gospodarjenje z gozdom usklajevati s cilji upravljanja voda.
- Usmeritev 4: V interdisciplinarnem načrtovalskem procesu (gozdarstvo, upravljanje z vodami, varstvo narave) je treba ohraniti in osnovati obvodno vegetacijo.

Med Indikatorji je omenjen tudi delež vodotokov z obvodno vegetacijo. Zavod za gozdove Slovenije omogoča spremljanje pregleda vodne funkcije na spletnem Pregledovalniku gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtov (https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/).

Razprava in zaključki

V prihodnje predlagamo, da gozdarstvo (nastajajoči) sloj hidrografije in vodnih zemljišč prevzame od Direkcije RS za vode (DRSV) kot eno izmed podlag pri določanju hidrološke, varovalne, zaščitne… funkcije gozdov. Na tej podlagi je smiselno določiti vplivna območja funkcij, npr. oddaljenost od (brežine) vodotoka, ki se spreminja glede na naklon, znotraj teh območij pa označiti ukrepe na ravni sestojev, kadar je to potrebno. Tako bi pridobili območja, kjer bi izvajali ukrepe za zagotavljanje vodne funkcije gozda na ravni posameznega sestoja. Gozdarstvo, ki se sooča z novimi prostorskimi bazami podatkov, npr. (ciklični) podatki laserskega skeniranja površja, nastajajoči sloj hidrografije in vodnih zemljišč, bo tako pri kartiranju funkcij in posledično ukrepov upoštevalo vsakokratno osveženo in dopolnjeno bazo druge stroke.

Viri

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, št. 91/10.

Pravilnik o podrobnejšem načinu določanja meje vodnega zemljišča celinskih voda. 2018. Ur. l. RS, št. 58/18.

Pravilnik o vodnem katastru. 2017. Ur. l. RS, št. 30/17.

Priročnik za izdelavo gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot. 2010. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Resolucija o nacionalnem gozdnem programu. 2007. Ur. l. RS, št. 111/07.

Zakon o gozdovih. 1993. Ur. l. RS, št. 30/93.

Zakon o vodah. 2002. Ur. l. RS, št. 67/02.

Zaključki posvetovanja

Janez PIRNAT[1], Milan KOBAL[2]

ZAKLJUČKI POSVETOVANJA

1. sklop: VPLIV GOZDA NA VODNO BILANCO

- Za hidrološko funkcijo sta pomembna kazalnika sestojna zgradba in sklep krošenj. Pri ovrednotenju hidrološke funkcije gozdov naj se upoštevajo: i) rastišču primerna drevesna sestava (zaradi mehanske in biološke stabilnosti), ii) zadosten sklep krošenj za večjo intercepcijo, iii) drevesna sestava (glede na razmerje iglavci/listavci in dimenzijske lastnosti sestojev) iv) lastnosti tal ter v) nagib terena.
- Kazalnike za spremljanje učinka gozdnogospodarskih ukrepov za zagotavljanje hidrološke funkcije gozda je smiselno spremljati na nivoju sestoja.
- Gozd je zaradi površinske zastopanosti najpomembnejša raba tal za vodno bilanco v Sloveniji.
- Natančnejše modelske napovedi odtoka so mogoče s prilagoditvijo vhodnih parametrov ter natančnejšimi podatki o gozdnih površinah: gozdne združbe, količina biomase, natančnejši podatki o koeficientih gozdnih združb. Potrebno je vzdrževati ciljni monitoring parametrov vodne bilance gozdov.
- Z vidika negotovosti in sprejemanja prilagoditvenih ukrepov na podnebne spremembe v gozdarstvu bi bilo treba na državnem nivoju ciljno zasnovati in ustrezno dolgoročno finančno podpreti razvojne programe in projekte tudi s področja spremljanja vpliva gozdov na vodni režim in zmanjševanja ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi. V preteklosti smo področje gozdne hidrologije zanemarjali, kar vodi k tveganju, da bomo izgubili stik z realnostjo, ki je lahko uničujoča za oba naravna vira in posledično ogroža varnost prebivalcev Slovenije. Menimo, da je skrajni čas, da se del gozdarske stroke posveti tej tematiki in da je pristop interdisciplinaren z uporabo dobrih praks v Sloveniji in tujini.

1 **janez.pirnat@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*
2 **milan.kobal@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*

2. sklop: ŠTUDIJE VODNIH EKOSISTEMOV

- Območja nacionalne prepoznavnosti krajine ter usmeritve za njihovo urejanje bodo del splošnih smernic MOP za krajino in ena od podlag za pripravo akcijskih načrtov SPRS in državnega prostorskega reda ter pripravo krajinskih in urbanističnih zasnov in regionalnih prostorskih planov (RPP) ter lokalnih prostorskih aktov (OPP, OPN, OPPN, …).
- Hidrološka funkcija gozda v povirnih delih je odločilna za zagotavljanje varne oskrbe s pitno vodo.
- Pri načrtovanju z gozdnim prostorom morajo sodelovati gozdarji in vodarji.
- V trajnostno naravnanih krajinah je potrebno zagotoviti skrb za poplavni ekosistem, fizične povezave z rečnimi strugami, dvig podzemne vode in vzpodbujanje procesov za kreacijo drobnih form.

3. sklop: UREJANJE HUDOURNIŠKIH OBMOČIJ

- Neme priče predstavljajo ključno izhodišče za ocenjevanje aktivnosti naravnih nevarnosti v prostoru in času ter so ključne za kalibracijo in verifikacijo modelov naravnih nevarnosti.
- Daljinsko zaznavanje omogoča zbiranje podatkov o gozdovih in vodi ter mora postati ključno pri kartiranju ukrepov, spremljanju stanja gozda, voda ter spremljanju erozijskih procesov.
- Zaradi dolgoletne tradicije in znanja gozdarjev iz področja varstva pred hudourniki, erozijo in plazovi moramo za ohranjanje in nadgrajevanje tega znanja ter nujnega prilagajanja na posledice podnebnih sprememb intenzivirati izobraževanje strokovnega kadra za opravljanje nalog pri različnih gozdarskih službah.
- Pri gradnji v gozdu zaradi trajnosti in jakosti posegov izstopajo gozdne ceste. Potrebno jim je posvetiti pozornost v fazi trasiranja ceste in kakovostne obdelave kritičnih odsekov.
- Odpornost lesa bistveno izboljšamo s kakovostno izvedeno modifikacijo ali impregnacijo - les je pomemben gradbeni material pri sonaravnem urejanju vodotokov in gradnji hudourniških objektov.
- Pri modeliranju pobočnih masnih premikov (npr. snežni in zemeljski plazovi, drobirski in blatni tokovi, skalni podori in padajoče kamenje) ter vseh erozijskih procesov (npr. površinska, bočna in globinska erozija vode / hudournikov) moramo poleg izvornih območij, določiti tudi območja premeščanja in odlaganja ter pri tem upoštevati varovalno, zaščitno in hidrološko vlogo gozda.
- Urejanje hudournikov in hudourniških zlivnih območij ni omejeno zgolj na struge vodotokov, ampak je že od leta 1884 usmerjeno v celovito urejanje prostora in preventivno protierozijsko ukrepanje v širšem zalednem območju hudourniškega območja.
- V Sloveniji naj ne bo hudournikov in hudourniških območij, ki ne bi bili sonaravno urejeni. Na območja nevarnosti in ogroženosti ne umeščamo nov ega škodnega potenciala.

4. sklop: FUNKCIJE GOZDOV PRI GOSPODARJENJU Z VODO

- Za doseganje ciljev varstva in biotske pestrosti v vodnih in obvodnih ekosistemih v zavarovanih območjih je pomembno upoštevati smernice, ki vključujejo in upoštevajo: i) predhodno usklajena gozdarska dela, ii) interdisciplinarni pristop, učinkovito komunikacijo in sodelovanje skozi vse faze procesa (vključno z načrtovanjem).
- Pri določevanju varovalne in zaščitne funkcije je nujno, da kot podlago uporabimo karte prostorskega modeliranja erozijskih procesov. Modeli, ki jih uporabimo, morajo upoštevati varovalni učinek gozda in morajo biti smiselno usklajeni z vodarsko zakonodajo, ki se nanaša na obravnavo poplavne ogroženosti.
- Pri gospodarjenju tako z gozdovi kot vodo upoštevajmo vplivna območja, soodvisnosti dejavnikov, procesov in organizmov ter njihovo povezljivost, informirano ravnanje, ki sledi, naj bo usmerjeno lokalno, pogosto je ključna obravnava na nivoju mikrolokacij.
- Na področju upravljanja z varovalnimi in zaščitnimi gozdovi je pomembno izboljšati strokovne podlage za določanje območij pojavljanja naravnih nevarnosti za učinkovito zmanjševanje ogroženosti in obvladovanje tveganj, ki jih te naravne nevarnosti prinašajo.
- Morebitne omejitve in zahtevani ukrepi oz. posegi bi morali biti površinsko določeni in kartirani ter pripisani sestojem. Pri tem bi bilo potrebno preveriti in smiselno uporabiti tudi podatke (nastajajočega) vodnega katastra.
- Gozdarska stroka ima odgovornost do: i) pravilnega kartiranja sestojev/sestojnih tipov, ii) smiselnega določevanja gojitvenih, varstvenih in sečno spravilnih ukrepov ter iii) odločitev na (ne)soglasja ob zahtevanih krčitvah gozdov.
- Za ukrepanje z namenom izboljšanja varovalnih in zaščitnih učinkov gozdov je pomembno pripraviti enotne smernice, ki bodo prilagojene posamezni nevarnosti po vzoru ostalih alpskih držav.
- Sistem upravljanja z varovalnimi in zaščitnimi gozdovi je potrebno dopolnjevati. Izboljšave naj bodo usmerjene v: i) izboljšanje sistema funkcij gozdov; ii) izboljšanje strokovnih podlag za določanje območij pojavljanja naravnih nevarnosti; iii) izboljšanje sistema načrtovanja ukrepov v varovalnih in zaščitnih gozdovih; iv) spremembo sistemskih podlag, ki bodo omogočale financiranje in izvedbo del.
- Podrobna opredelitev funkcij gozdov je prvi korak v upravljanju z gozdovi, potrebno je načrtovane ukrepe tudi izvesti.
- Predlagamo vključevanje vseh gozdarskih deležnikov, ki lahko kakorkoli prispevajo predvsem k izboljšanju modelov upravljanja naravnih nevarnosti.
-

Pri oblikovanju zaključkov so sodelovali

Zaključki so nastali na podlagi vseh prispevkov na 36. Gozdarskih študijskih dneh ''Voda in Gozd'', posebej pa so sodelovali še:

1 **Primož Simončič**, primoz.simoncic@gozdis.si
Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana,
2 **Jože Papež**, joze.papez@hidrotehnik.si
Hidrotehnik, Slovenčeva ulica 97, 1000 Ljubljana,
3 **Robert Robek**, robert.robek@sidg.si
Slovenski državni gozdovi d.o.o., Rožna ulica 39, 1330 Kočevje,
4 **Luka Šparl**, luka.sparl@vokasnaga.si
Služba Krajinski park Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib, Javno podjetje VOKA SNAGA d. o. o., Vodovodna 90, 1000 Ljubljana
5 **Matjaž Guček**, matjaz.gucek@zgs.si
Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana,
6 **Jurij Beguš**, jurij.begus@zgs.si
Zavod za gozdove Slovenije, Tržaška cesta 2, 1000 Ljubljana

Fotografski natečaj

Petra PEČAN[1]

FOTOGRAFSKI NATEČAJ ''VODA IN GOZD''- VODA IN NJENE POJAVNE OBLIKE V GOZDNEM PROSTORU

Katedra za krajinsko znanost in geoinformatiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani je ob znanstvenem posvetovanju 36. gozdarskih študijskih dni organizirala fotografski natečaj.

Tema natečaja je bila VODA IN GOZD. V okviru teme natečaja smo zbirali fotografije, s katerimi so želeli fotografi opozoriti na vodo in njene pojavne oblike v gozdnem prostoru in na značilnosti ali posebnosti človekovega delovanja in vpliva na vodo v gozdnem prostoru v njenem najširšem smislu. Fotografije kažejo naravne vodne in gozdne oblike, njihovo ohranjenost ter medsebojno soodvisnost.

Skupaj smo prejeli 68 fotografij 20 avtorjev, med katerimi je strokovna žirija v sestavi Kristjan Jarni (predsednik žirije), Matjaž Čater (Mojster fotografije, Excellence FIAP) in Oskar Karel Dolenc (Mojster fotografije, Excellence FIAP) v dveh krogih glasovanja izbrala tri nagrajence. Pri ocenjevanju so sledili ključnim kriterijem, kot so kreativnost, tehnična dovršenost in sledenje tematiki natečaja.

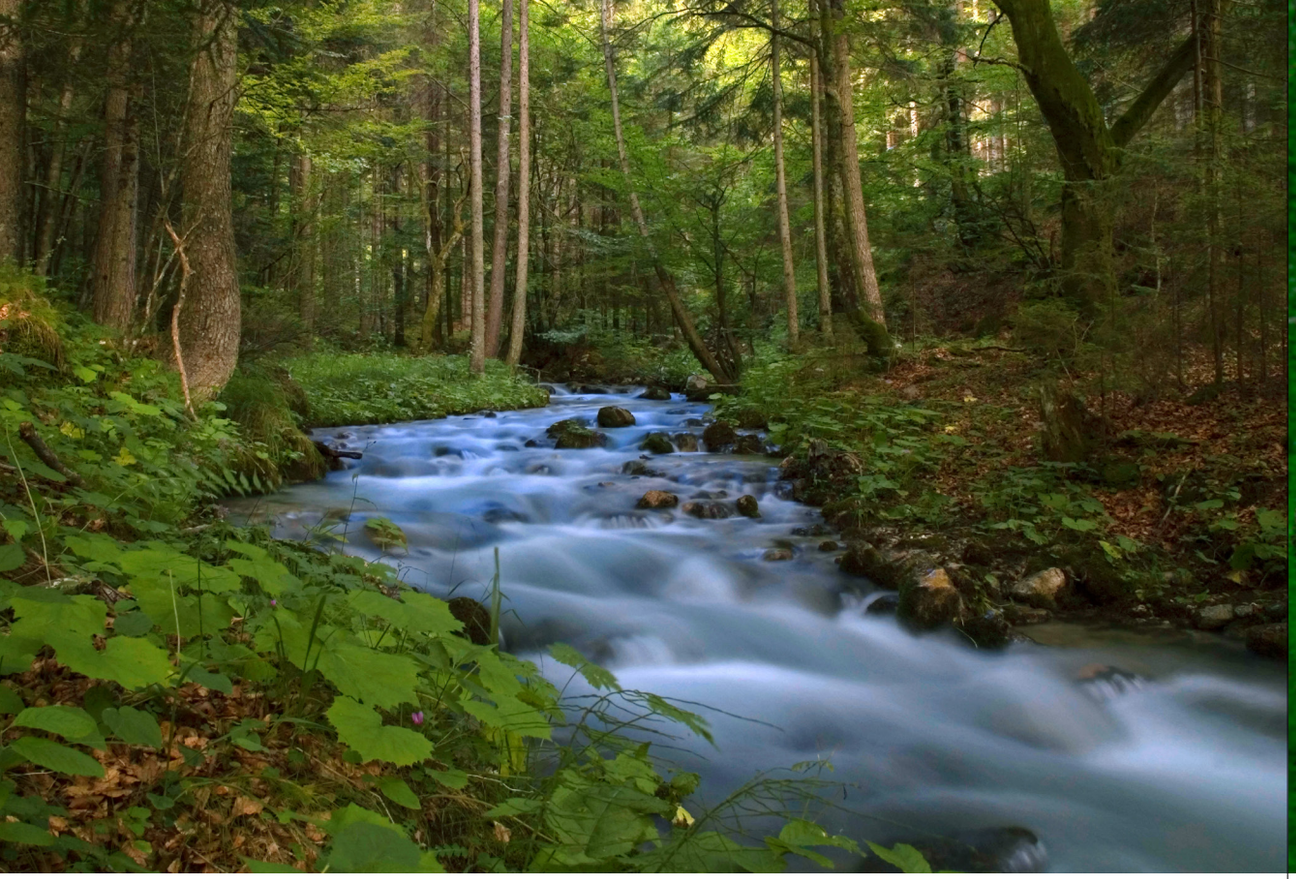
Nagrajenci natečaja so:

1. mesto: Božo Bradaškja – Jesen
2. mesto: Aleksander Marinšek – Proti dolini
3. mesto: Helena Smrekar – Niti življenja

Vsem sodelujočim se zahvaljujemo za poslane fotografije in jim želimo še veliko fotografskih uspehov!

1 **petra.pecan@bf.uni-lj.si**, *Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana*

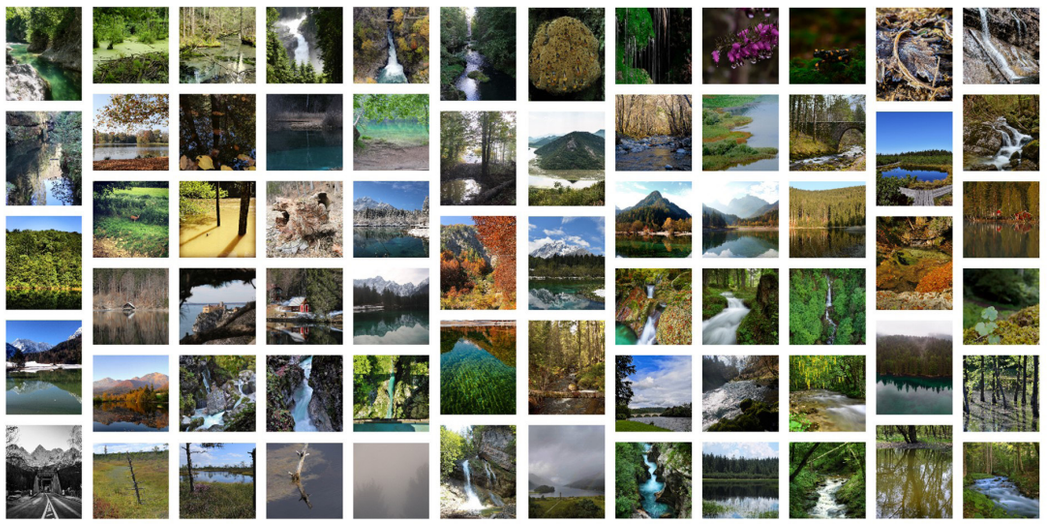
Slika 1: Prvo mesto: Božo Bradaškja – Jesen



Slika 2: Drugo mesto: Aleksander Marinšek – Proti dolini

Slika 3: Kolaž fotografij, ki so se uvrstile v drugi krog glasovanja.

Slika 4: Tretje mesto: Helena Smrekar – Niti življenja



Slika 5: Kolaž vseh fotografij, ki so prispele na fotografski natečaj.

SEZNAM DOSEDANJIH ŠTUDIJSKIH DNI

Datum	Kraj	Naslov
GŠD XXXV - 2019	Ljubljana	Gozdna tla v trajnostnem gospodarjenju z gozdom
GŠD XXXIV - 2017	Ljubljana	Preučevanje in upravljanje gozdnih ekosistemov v Sloveniji: včeraj, danes, jutri?
GŠD XXXIII - 2016	Ljubljana	Invazivne tujerodne vrste v gozdovih ter njihov vpliv na trajnostno rabo gozdnih virov
GŠD XXXII - 2015	Dolenjske Toplice	Zakonodaja o gozdovih: odprta vprašanja in predlogi rešitev
GŠD XXXI - 2014	Ljubljana	Premene malo donosnih in vrstno spremenjenih gozdov
GŠD XXX - 2013	Ljubljana	Pogledi gozdarstva na krčitve gozdov
GŠD XXIX - 2012	Ljubljana	Povezovanje lastnikov gozdov in skupno gospodarjenje
GŠD XXVIII - 2011	Ljubljana	Odzivi gozdne tehnike in gozdarstva na spremenjene razmere gospodarjenja
GŠD XXVII - 2009	Dolenjske Toplice	Ohranitveno gospodarjenje z jelko
GŠD XXVI - 2008	Čatež ob Savi	Bukovi gozdovi: ekologija in gospodarjenje
GŠD XXV - 2007	Ljubljana	Podnebne spremembe: vpliv na gozd in gozdarstvo
GŠD XXIV - 2006	Ljubljana	Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino
GŠD XXIII - 2005	Ljubljana	Prihodnost gospodarjenja z zasebnimi gozdovi v Sloveniji
GŠD XXII - 2004	Ljubljana	Staro in debelo drevje v gozdu
GŠD XXI - 2003	Ljubljana	Območni gozdnogospodarski načrti in razvojne perspektive slovenskega gozdarstva
GŠD XX - 2000	Kranjska Gora	Nova znanja v gozdarstvu - prispevek visokega šolstva
GŠD XIX - 1998	Logarska dolina	Gorski gozd
GŠD XVIII - 1996	Postojna	Kakovost v gozdarstvu
GŠD XVII - 1995	Dolenjske Toplice	Prezrte drevesne vrste
GŠD XVI - 1994	Poljče	Gozd in voda
GŠD XV - 1988	Martuljek	Podiplomski študij - potreba in zahteva sodobnega časa
GŠD XIV - 1985	Ljubljana	Pomen zgodovinske perspektive v gozdarstvu
GŠD XIII - 1984	Portorož	Stabilnost gozda v Sloveniji
GŠD XII - 1983	Areh na Pohorju	Oblikovanje problemov in osrednji problemi v gozdarstvu Slovenije
GŠD XI - 1981	Novo mesto	Intenziviranje in racionaliziranje gospodarjenja z gozdovi v SR Sloveniji
GŠD X - 1980	Ljubljana	Gozd - divjad
GŠD IX - 1979	Ljubljana	Tuja telesa v gozdu
GŠD VIII - 1977	Ljubljana	Gozdnogospodarsko načrtovanje - integralni del družbenega planiranja
GŠD VII - 1976	Kranj	Gospodarjenje z zasebnimi gozdovi v SR Sloveniji
GŠD VI - 1975	Bled	Izobraževanje in vloga kadrov kot faktor razvoja in napredka gozdarstva
GŠD V - 1974	Ljubljana	Gozd in živalski svet
GŠD IV - 1972	Ljubljana	Predstavitev raziskovalnega dela v gozdarstvu
GŠD III - 1971	Ljubljana	Izpolnjevanje gozdarskega visokošolskega študija
GŠD II - 1969	Ljubljana	Stanje in razvojne tendence v gozdnem drevesničarstvu
GŠD I - 1968	Ljubljana	Jesen in njegov les

Univerza *v Ljubljani*
Biotehniška fakulteta

Zbornik prispevkov posvetovanja
36. gozdarski študijski dnevi »Voda in gozd«
Ljubljana, 26. november 2020

Izdala
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta,
Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Glavni urednik
Doc. dr. Milan Kobal

Recenzenti prispevkov
Izr. prof. dr. Janez Pirnat
Izr. prof. dr. David Hladnik
Doc. dr. Milan Kobal
Doc. dr. Mojca Nastan

Tehnično uredila
Petra Pečan

Jezikovni pregled
Marjetka Šivic

Leto izdelave in izida
2020

Publikacija je brezplačna in je prosto dostopna v e-obliki na naslovu:
https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=124045