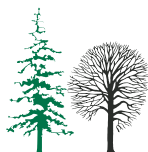




# Silva Slovenica

Studia Forestalia Slovenica

157



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE  
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

70



Univerza v Ljubljani

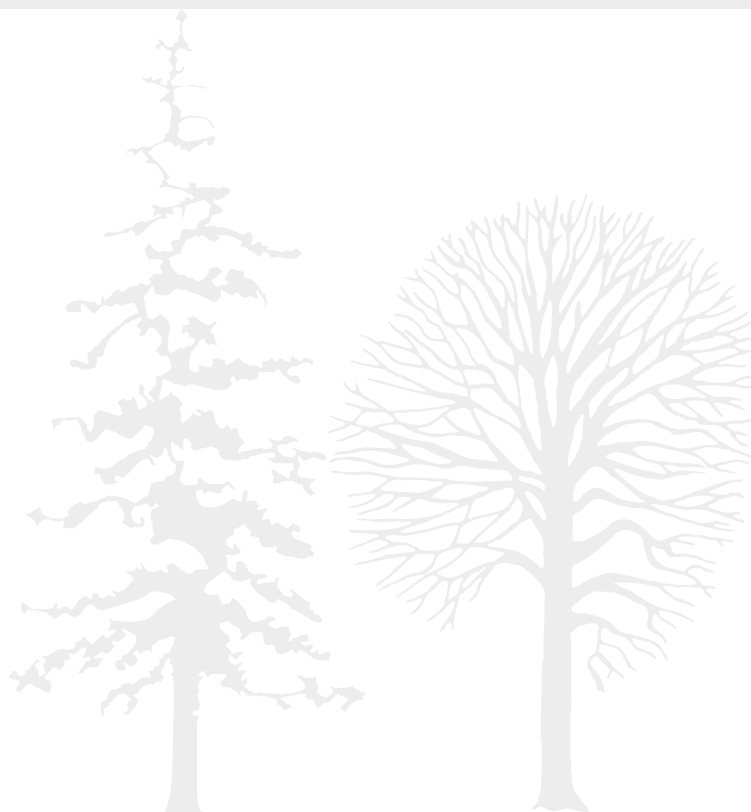
*Biotehniška* fakulteta

sedemdesetletnica

Znanstveno srečanje

GOZD IN LES

*Gozd in les: 70 let*



*Ljubljana, 23. maj 2017*



Silva  
Slovenica

Studia Forestalia Slovenica, 157  
ISSN zbirke 0353-6025

**ISBN**

**Izdajatelj / Publisher:** založba *Silva Slovenica*, Gozdarski inštitut Slovenije / *Silva Slovenica* publishing centre Slovenian Forestry Institute, Ljubljana 2017

**Uredniški svet Založbe *Silva Slovenica*:** prof. dr. Tom Levanič, predsednik; dr. Andreja Ferreira, dr. Barbara Piškur, prof. dr. Dušan Jurc, dr. Gregor Božič, prof. dr. Hojka Kraigher, doc. dr. Jožica Gričar, dr. Lado Kutnar, dr. Marko Kovač, doc. dr. Matjaž Čater, dr. Mitja Ferlan, dr. Nike Kranjc, dr. Nikica Ogris, dr. Primož Simončič, dr. Robert Robek, dr. Tine Grebenc, dr. Urša Vilhar

**Naslov / Title:** GOZD IN LES: 70 let / FOREST and WOOD: 70 years

**Glavna urednika / Editor-in-Chief:** prof. dr. Miha Humar, prof. dr. Hojka Kraigher

**Uredniški odbor monografije:**

prof. dr. Miha Humar, prof. dr. Hojka Kraigher, prof. dr. Janez Krč, prof. dr. Tomislav Levanič, prof. dr. Marko Petrič, doc. dr. Primož Simončič

**Odgovorni urednik / Managing editor:** dr. Peter Železnik

**Tisk / Print:** Gozdarski inštitut Slovenije / Slovenian Forestry Institute

**Izdaja / Edition:** 1. izdaja / 1st edition

**Naklada / Circulation:** 80 izvodov

**Cena / Price:** brezplačno / free

**Elektronski izvod:**

<https://doi.org/10.20315/SFS.157>

**Sofinanciranje / co-financing:**

LIFEGENMON (LIFE13 ENV/SI/000148) s sofinanciranjem MOP, MKGP in programske skupine P4-0107 ARRS / LIFEGENMON (LIFE13 ENV/SI/000148) with co-financing by MESP, MAFF and the programme group P4-0107 SRA



RAZVOJ SISTEMA MONIT ORINGA GENETSKE PESTROSTI GOZDNEGA DREVJA



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,  
GOZDARSTVO IN PREHRANO



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

# Kazalo

- 2 PROGRAM SREČANJA
- 3 UVODNIK  
Hojka Kraigher, Miha Humar
- 5 VZDRŽNOST IN FISKALNO PRAVILO STA SE RODILA V GOZDU  
Nikolaj Torelli
- 8 FITOCENOLOGIJA V SLOVENIJI SKOZI ČAS  
Mitja Zupančič
- 9 PUBLICISTIKA V GOZDARSTVU, LESARSTVU IN PAPIRNIŠTVU  
Maja Peteh
- 12 MEHANIZMI GOZDARSKIH POSLOVNIH MODELOV  
Vasja Leban, Špela Pezdevšek Malovrh, Janez Krč
- 15 GOZD V VALVASORJEVI SLAVI VOJVODINE KRANJSKE  
Špela Hrast, Gregor Torkar
- 17 VPLIVI MOTENJ IN GOSPODARJENJA Z GOZDOM NA DINAMIKO IN VRSTNO SESTAVO PRITALNE GOZDNE VEGETACIJE  
Janez Kermavnar, Aleksander Marinšek, Klemen Eler, Lado Kutnar
- 23 ČASOVNO ZAPOREDJE LISTNE FENOLOGIJE, DEBELINSKE RASTI IN KSILEMSKEGA TOKA VODE PRI PUHASTEM HRASTU (*Quercus pubescens* Willd.) S PODGORSKEGA KRASA  
Martina Lavrič, Klemen Eler, Mitja Ferlan, Dominik Vodnik, Jožica Gričar
- 25 EKTOMIKORIZNI SIMBIONTI BELE JELKE (*Abies alba* Mill.)  
Tina Unuk, Tine Grebenc
- 26 RAZISKAVE GOMOLJIK IN MOŽNOSTI GOJENJA V SLOVENIJI  
Tine Grebenc, Tina Unuk,
- 30 OSREDNJI ELEKTRONSKI INFORMACIJSKI SISTEM O INVAZIVNIH TUJERODNIH VRSTAH V SLOVENIJI  
Nikica Ogris, Aleksander Marinšek, Andrej Verlič, Andreja Kavčič, Barbara Piškur, Jana Kus Veenvliet, Lado Kutnar, Sonja Rozman, Maarten de Groot
- 32 BOBROVI JEZOVI – NE KAKO SE JIH ZNEBITI AMPAK KAKO JIH OHRANITI  
Saša Vochl
- 36 ZAZNAVANJE IN OCENA PRISPEVKA ZGOREVANJA LESNE BIOMASE V ZRAČNIH USEDLINAH Z UPORABO LEVOGLUKOZANA  
Grega E. Voglar, Iztok Sinjur, Daniel Žlindra in Mitja Ferlan
- 40 ALTERNATIVNA IZRABA BUKOVIH OSTANKOV  
Janja Zule, Jože Kropivšek, Dominika Gornik Bučar, Silvester Bolka, Janez Slapnik
- 42 VPLIV BIOCIDNE ZAŠČITE LESA NA KOROZIJO JEKLENIH DELOV  
Primož Habjan, Miha Humar, Nejc Thaler, Boštjan Lesar
- 47 ALI JE BRUŠEVINA PRIMERNA SUROVINA ZA IZOLACIJO NANOCELULOZE?  
Jani Bertonec, Viljem Vek, Ida Poljanšek, Primož Oven
- 50 PREDOBDELAVA POVRŠINE LESA S PLAZMO DBD ZA POVEČANJE UČINKOVITOSTI POVRŠINSKE ZAŠČITE S PREMAZI NA VODNI OSNOVI  
Jure Žigon, Marko Petrič, Sebastian Dahle
- 55 NARAVA IN ZDRAVJE V GRAJENEM OKOLJU  
Andreja Kutnar, Marko Posavčević

**Znanstveno srečanje**

**GOZD in LES 2017:  
Zgodovina slovenskega gozdarstva in lesarstva**

**bo v torek, 23. 05. 2017, v Veliki predavalnici na Gozdarskem inštitutu**

**Programski odbor: M. Humar, H. Kraigher, J. Krč, M. Petrič, T. Levanič, P. Simončič.**

**Program srečanja:**

8:30 – 9:00 registracija udeležencev,

9:00 – 9:20 otvoritev srečanja, pozdravni nagovori: direktor GIS dr. Primož Simončič, direktor ZGS D. Oražem, predsednik SAZU akad. prof. dr. Tadej Bajd (moderatorja: prof. dr. Hojka Kraigher in prof. dr. Miha Humar),

9:20 – 11:00 predavanja vabljenih gostov: prof. dr. dr. h. c. Nikolaj Torelli, akad. dr. Mitja Zupančič, mag. Maja Peteh, prof. dr. Janez Krč, dr. Špela Hrast, (moderator: prof. dr. Tomislav Levanič),

11:00 – 12:00 plenarna predstavitev plakatov (moderator: prof. dr. Marko Petrič),

12:00 – 13:00 odmor s prigrizkom,

13:00 – 14:00 mreženje izvedbenih projektov na področju gozdarstva, lesarstva in papirništva: LIFE, INTERREG, SPSS idr. (moderator: dr. Primož Simončič).

# UVODNIK

Gozdarski inštitut Slovenije in Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani v maju 2017 organiziramo že osmo tradicionalno znanstveno srečanje »Gozd in les«. Srečanje je nastalo kot pobuda dveh programskih skupin, da omogočita izmenjavo znanja med sorodnimi inštitucijami in se medsebojno povežeta. Znanstveno srečanje, namenjeno predvsem predstavitev mladih in mlajših znanstvenikov, je v tem letu posvečeno sedemdesetletnici obeh raziskovalno izobraževalnih organizacij, zato je naslovljeno: »GOZD in LES: Zgodovina slovenskega gozdarstva in lesarstva«, oziroma na kratko: »GOZD in LES: 70 let«.

Sedem desetletij je v življenju človeka dolga doba. V tem obdobju se v raziskovalnih organizacijah v celoti zamenjata dve generaciji. Niti za lesene stavbe niti za gozd pa 70 let ni nič kaj posebnega. Zato smo vsi, ki delamo z lesom oziroma z gozdom, navajeni načrtovati naše delovanje skozi daljše časovno obdobje. Verjetno je to eden izmed razlogov, da sta se naši sestrski inštituciji Gozdarski inštitut Slovenije in Biotehniška fakulteta skozi celotno obdobje uspešno razvijali. Zato smo letošnja uvodna predavanja, za razliko od preteklih let, namenili najprej strokovnjakom, ki bodo mlajšim generacijam odstrli zgodovino raziskovanja na področju gozdarstva in lesarstva. Poleg tega pa se bomo ozrli še dlje v zgodovino in spoznali stanje gozdarstva v času Valvazorja.

V zadnjem obdobju se je pomen gozda in lesa v Sloveniji močno dvignil. To je razvidno tudi iz tematik, ki jih bodo predstavili mlajši sodelavci. Te vsebine so izjemno aktualne in nakazujejo na tesno vpetost v družbeno, socialno in gospodarsko okolje.

Gozdarstvo in lesarstvo je navezano na vsebine implementacijskih projektov, kot so projekti programov LIFE in Interreg, gozdno-lesna veriga pa se neposredno vključuje tudi v Strateško razvojna partnerstva, nastala v okviru Strategije pametne specializacije Slovenije. Temelj za naše delovanje predstavlja okoli 60 % gozdnatost Slovenije in dobra ohranjenost gozdov. Kljub dolgoletni tradiciji sonaravnega gospodarjenja z gozdom in rabe lesa pa so gozdove v zadnjih letih prizadele naravne ujme velikega obsega, žled 2014 in gradacije podlubnikov v izrazito sušnem in toplem naslednjem letu. Zato je pomembno, na ogled postaviti ideje, ki prispevajo k ohranjanju in trajnem razvoju gozdov z vsemi njihovimi funkcijami, ter podpreti inovativne pristope, ki prispevajo k »zdravi rabi« lesa. Pri tem je zlasti pomembna komunikacija – prenos informacij med znanstveniki, inovativnimi idejami mladih raziskovalcev, ter gospodarstvom - pridobivanjem informacij o potrebah tehnologij ter sistemov gospodarjenja z gozdom in lesom.

Gozd in les sta osnovna gradnika prepoznavnosti Slovenije, raziskave obeh inštitucij omogočajo nemoten razvoj gozdno-lesne verige, ki se, ne pozabimo, začne v gozdu(!), in prav je, da sta enakovredno vključena tudi v razvoj novih idej in partnerstev.

Izr. prof. dr. .Hojka Kraigher, Gozdarski inštitut Slovenije

Prof. dr. Miha Humar, Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani

# VZDRŽNOST IN FISKALNO PRAVILO STA SE RODILA V GOZDU

**Niko TORELLI**

redni profesor Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani v pokoju



»Izumitelj« vzdržnosti Hans Carl von Carlowitz, spominska plošča v Freibergu (Foto: Wikipedia)

Zaradi hitre rasti prebivalstva, razvoja mest in industrije v 17. in 18. stol., so potrebe po lesu kot gradivu in energentu v Evropi nezadržno rasle. Gozdovi so bili opustošeni, še posebej v Schwarzwald in na Saškem. Po Renu so plavili les na sever v Holandijo, kjer so ga uporabljali za temeljenje mest, razvijajočo se industrijo in za svojo mogočno mornarico. Tudi na Saškem je obupno primanjkovalo lesa, zlasti za rudniško podporje in metalurško oglje. Srebro iz Češkega Rudogorja (na nemški strani imenovanega Erzgebirge) je predstavljalo gospodarsko hrbtenico baročne Saške s katerim je Friedrich August I., imenovan tudi Avgust Močni in »Saški sončni kralj« (1670-1733), zvesti posnemovalec razsipnega francoskega »sončnega kralja« Ludvika XIV (1638-1715) je gradil razkošni Dresden, tedaj najlepše baročno mesto v Evropi (»Firence na Elbi«) in financiral svojo »poljsko pustolovščino«. Omenimo, da je bila gozdnatost slovenskih dežel 1773, kot so jo ocenili na podlagi analiz Jožefinske vojaške karte, le 35 % (danes blizu 60 %!)

Brez mogočnih vojnih in trgovskih lesenih ladij ne bi bilo kolonialnih imperijev, niti donosne sramotne suženjske »trikotniške« trgovine na Atlantiku, niti roparskih oboroženih Vzhodnoindijskih družb na vzhodu. Sir Walter Raleigh je upravičeno trdil: »Kdor obvladuje morja, obvladuje svetovno trgovino; kdor obvladuje svetovno trgovino, obvladuje bogastva sveta«. Zato je padlo veliko najboljšega lesa. Kot primer usodne nenadomestljivosti lesa naj omenim les iglavcev za visoke jambore v »enem kosu«. Ko jih Mornarica njegovega veličanstva ni več mogla dobiti v Evropi, se je polastila mogočnih vajmutovcev (zeleni bor, *Pinus strobus*) iz svojih kolonij v New England-u v Severni Ameriki. Tako je Nelsonov »first-rater« »Victory« prvotno imel nesestavljene vajmutovčeve jambore (*pole mast*), pri čemer je glavni jambor meril od gladine do vrha skoraj 70 m. Za 2 čevlja debel trup »Victory« so morali posekati 2500 kapitalnih (evropskih) hrastov. Kralj Jurij III je dal vse zelene bore, primerne za visoke jambore svojih hitrih »linijskih ladij prvega reda«, označiti z *broad arrow* (»pheon«), znakom njegove/vladne lastnine, kar je še povečalo revolt 13 kolonij ameriških Britancev proti matični domovini (»borov punt«), ki so si v Revolucionarni vojni (1775-83), tudi pod zastavo z zelenim borom (bitka pri Bunker Hill-u), izborili samostojnost!

Še vedno smo pripravljene nekritično opevati junaška dejanja slavnih morjeplovcev, ki so jim večinoma sledila brezobzirna ropanja, uničevanje kultur, narodov, prisvajanje rodovitnih tal in vsesplošno izkoriščanje – pravi vzrok »odkrivanja« novih dežel. Tako se je financiralo nepošteno pridobljeno razkošje in slednjič »industrijska revolucija« ter z njo razlike v razvitosti, ki trajajo še danes in se celo povečuje (cf. OXFAM). Imate radi kavo, kakav, čaj, rjav sladkor, tobak, spite na lateksnih vzmetnicah in uživate številne izdelke s palmovim oljem? Seveda! Vse to raste na tleh nekdanjih tropskih gozdov.

V času silnega in vsesplošnega pomanjkanja lesa je 1713 nastalo znamenito delo saškega rudniškega superintendanta Hansa Carla von Carlowitza *Silvicultura Oeconomica, oder Hauptwirtschaftliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*, »Gospodarno gojenje gozdov ali gospodarsko poročilo in naravno navodilo za »divje« (v pomenu »naravno«) gojenje dreves«, ki je promoviralo pojem *Nachhaltigkeit* »vzdržnost« ali v neustreznem slov. prevodu »trajnost«. Carlowitz je izraz »vzdržnost« uporabil v pomenu »dolgotrajnega odgovornega ravnanja z resursom«, tj. z gozdom in lesom. V tedanji latinizirani nabrekli baročni nemščini je svetoval, naj bi se človek učil iz »velike knjige Narave« in raziskoval, »kako Narava igra«, z njo »agiral«, vendar ne proti njej. »Les je potreben kot vsakdanji kruh«, zato bi ga morali uporabljati »previdno, v ravnovesju s prirastkom«, »kontinuirano« in »perpetuirano«. Zavzema se za obliko lesnega gospodarstva, ko se lahko poseka le toliko lesa, kolikor ga priraste. Rohni tudi proti pohlepu in svetuje vsesplošno varčevanje. Med drugim predlaga izboljšanje toplotne izolacije pri gradnji hiš, uporabo varčnih topilniških peči in kuhinjskih ognjišč, načrtno pogozdovanje in – zanimivo - iskanje »surogatov« za tedaj nenadomestljivi les! Knjiga predstavlja prvo znanstveno gozdarsko delo in začetek gozdarstva kot znanosti.

Carlowitz opisuje princip vzdržne rabe z naslednjimi besedami: »...zato bo najtežje, kako uveljaviti takšno (*sothane*) ohranjanje in gojenje lesa, da bo mogoče doseči kontinuirano, zanesljivo vzdržno rabo, kar je neobhodna stvar in brez česar dežela v svojem žitju in bitju (*in seinem Esse*) ne more obstajati niti obstati. Kajti, tako kot je Bog obdaril druge dežele in kraljestva z žitom, živino, ulovom, ladjami in drugim in jim s tem omogočil preživetje, je tukaj les tisti s katerim se ohranja plemenita dragocenost te dežele, namreč rudarstvo...«.

Vzdržnost je poslej postala cilj vodilo prosvetljenega gospodarjenja z gozdom.

Carlowitz je dobro izbral pojem »vzdržen«, saj zagovarja ohranitev gozdnega ekosistema na način, s katerim se ohranja njegova »vzdržna« raba, pri čemer nem. Beseda *nachhaltend* pomeni kontinuiteto in obstojnost, kar zahteva dolgoročno razmišljanje in nenehno delovanje. Beseda nakazuje tudi, da si je treba ustvariti zalogo za krizne čase.

Tezo vzdržnosti je kasneje razvijal tudi znameniti nemški gozdar Georg Ludwig Hartig (1764-1837) v svojem delu *Anweisung zur Taxation der Forste oder zur Bestimmung des Holzertrages der Wälder* (Navodilo za taksacijo gozdov ali za določitev lesnega donosa gozdov), ko pravi, »da si ne moremo niti predstavljati, kaj šele pričakovati dolgoročnega gospodarjenja z gozdovi, če posek lesa v gozdovih ne bo temeljil na vzdržnosti«. Veliki nemški pesnik Friedrich Schiller, ki je gozdarje sprva imel le za lovce, je po srečanju z saško-weimarskim gozdarjem Carlom Christophom Öttelom občudujoče zapisal: »Vi ste pomembni in delujete nepoznani, neplačani, osvobojeni egoizma tiranije; vaši sadovi tihega truda zorijo za kasnejši svet«. Bil je navdušen nad dolgoročnimi Hartigovimi gozdnogospodarskimi načrti.

Idejo vzdržnosti so širili gozdarji Goethejevega kroga in jo povzdignili v znanost. Med njimi je bil tudi svetovni popotnik in začetnik biogeografije Prus Alexander von Humboldt, študent znamenite *Rudarske akademije* v »srebrnem« mestu Freiberg.

Originalni nemški izraz. *nachhaltig* pomeni »dlje časa delujoč, stabilen, močan« in predstavlja izvedenko danes zastarelega, vendar zelo pomenljivega nem. samostalnika *Nachhalt* »nekaj, kar se prihrani za slabe čase« in *Rückhalt* »opora, pomoč« (*Duden – Deutsches Universalwörterbuch* 2001). Kot sinonim se v nemščini redkeje uporabljata izraz *Durchhaltefähigkeit* »sposobnost, da

nekaj vzdrži« in *Zukunftfähigkeit* »sposobnost bodočnosti in preživetja, oz., da nekaj obstane«.

Izraz »vzdržen« SSKJ v 3. pomenu tolmači kot nekaj »kar traja zdržema« in v 4. pomenu: »kar traja nepretrgano«, oba izraza v pomenu »z dlje časa trajajočim učinkom«, t.j. »trajajoč«, »...ki traja (zdržema)«, nikakor pa ne kot nekaj nekaj nespremenljivega, v nedogled trajajočega, trajajočega kar izraz »tajnosten« vsekakor »obljublja«.

Angleži so izraz *nachhaltig* ustrezno prevedli v *sustainable*, ki prihaja iz latinščine: *sustineo*, nedol. *sustinere*, z več sorodnimi pomeni (Bradač, Latinsko-slovenski slovar, 1955): (1) »kvišku, pokonci držati, podpirati, storiti, da ne pade, da se ne zruši«; (2) »zadrževati, zadržati, ovirati« (3) »ohraniti, braniti, ščititi, čuvati«; (4) »vzdrževati, živiti«; (5) »vzdržati in (6) »zavlačevati, odložiti«. Povsem identični so izrazi v italijanščini: *sostenibilità*, v francoščini: *soutenabilité* in v španščini: *sostenibilidad*. Hrvati uporabljajo izraz *održivost*, ki odgovarja slovenski »vzdržnosti«. Pomen besede (v)zdržen je heterogen. Predvsem pomeni »zavestno odrekanje nečemu (npr. spolnosti ali alkoholu)«, sicer pa tudi »lastnost, da nekaj (v)zdrži, npr. breme, pritisk«, v našem pomenu pa daljše trajanje, tudi stabilnost nekega sistema. Zanimivo je, da Slovenci pogosto načenjamo temo o (problematici) vzdržnosti pokojninske in zdravstvene blagajne, nikoli pa – zanimivo - o njuni »trajnosti«. Vzdržni so lahko tudi dizajn, tehnologije in turizem, pa še tukaj lahko zlahka zamenjamo »vzdržen« (odvisno od pomena) z »odgovoren, neškodljiv, uravnovešen, okolju prijazen, v prihodnost naravnan, stabilen, zelen, občutljiv ali celo moralen«.

»Vzdržnost« za razliko od »trajnosti« vsekakor ne pomeni toge nespremenljivosti, temveč tudi prilagajanje, ki se ohranja prav s spreminjanjem.

»Vzdržnost je spreminjanje« (R. Häusler).

»Nič ni bolj stalnega od začasnega« (starogrški pregovor).

»Nič na tem svetu ni stalnega, razen nestalnosti« (Jonathan Swift).

»Če želimo, da vse ostane kot je, potem se mora vse spremeniti« (Giuseppe Tomasi di Lampedusa).

»Bolj se stvari spreminjajo, bolj enake ostajajo«.(Alphons Karr), »Vse teče« (Heraklit) in »Vse se spreminja« (Ovid).

Gospodarstvo avtohtonih kultur (pred stikom z Evropejci!) je bilo "v sveti povezanosti z zemljo" vselej vzdržno. Vsi stabilni sistemi imajo mehanizme, ki vzdržujejo ravnovesje in pri tem izravnavajo nihanja v okolju.

Gozd je (kot vsak ekosistem) skupnost medsebojno odvisnih organizmov flore in favne ter fizičnega okolja, ki ga naseljujeta. Tudi človek mora biti del ekosistema! Posamezni organizmi »sodelujejo« med seboj in z okoljem na številne načine, ki jih omogočata tok snovi in energije. Odnosi so dinamični in se rutinsko odzivajo na spremembe, ne da bi se menjale osnovne karakteristike ekosistemov. Naravni ekosistemi, kot so pragozdovi in gozdovi, gospodarjeni z ekosistemskim pristopom, so zato samovzdržni.

V nasprotju z uničujočo in vsiljeno liberalno kapitalistično družbeno ureditvijo, je gozd, kot najbolj ohranjen del narave, podoba uravnovešenega sožitja, skladja, prilagajanja, sodelovanja, soodvisnosti, varčnosti, vzdržnosti, stabilnosti, obnovljivosti, dinamičnega ravnovesja in še bi lahko naštevali. Dokaz za to so tudi najrazličnejše življenjske oblike rastlin (Raunkiaer) v ekosistemu, ki si ga složno delijo v času in prostoru. V drevesu vlada ravnovesje struktur in funkcij (homeostaza). Listna površina je v funkcionalnem ravnovesju s sistemom aktivnih koreninc in živimi celicami beljave. Če vihar poškoduje del krošne, se v vzpostavljanju novega ravnovesja zmanjšata velikost koreninskega sistema in beljave. Drevo je tudi odličen primer varčnosti, ko se ob abscisiji listja in v procesu ojedritve, neuporabljene snovi vračajo v rastlinsko telo, kjer se ponovno uporabijo. Med rastjo vskladiščena rezervna hrana je namenjena za vzdrževalno



respiracijo in naslednje leto za razvoj nove listne površine in avtotrofno osamosvojitve lesne rastline.

Gozdarji in lesarji dobro razumemo pojma vzdržnosti in vzdržne rabe v prvotnem Carlowitzovem smislu, ki že 300 let predstavljata bistveno vodilo našega delovanja. Lahko bi rekli, da se je pred 300 leti v gozdarsko-lesarskih »logih« rodilo tudi danes vse bolj aktualno fiskalno pravilo, imenovano tudi zlato fiskalno proračunsko pravilo, oz. davčno pravilo, s katerim se zagotavlja uravnotežen proračun in onemogoča zadolževanje vlade (države) čez svoje zmogljivosti. Poenostavljeno povedano: odhodki morajo biti manjši od prihodkov v državno blagajno ali po »gozdarsko«: porabimo lahko le toliko lesa, kolikor ga priraste. Tudi »črna ničla«, ki nakazuje stanje brez izgub in dobička ter zadolževanja, je tako rekoč naš, nikoli dosežen izum. O samoumevni vzdržnosti družinskega proračuna ni treba izgubljati besed.

Že v 70-letih prejšnjega stoletja je postalo očitno, da gre ekonomski razvoj in tehnični napredek v svetu bolj ali manj na račun okolja oz. porabo naravnih virov. Človekove sledi v obliki ogljičnih, ekoloških, vodnih in ne vem še kakšnih »odtisov«, postajajo nevzdržno globoke, izzivajoč »nosilnost« Zemlje. Letos smo zabeležili »dan ekološkega dolga« (*Earth Overshoot Day, Ecological Debt Day*) ali »dan izpraznjene ekološke blagajne« (akademik Jože Trontelj), že (!) 8. avgusta. (l.1987 »šele« 19. decembra!!)

Ekološki odtis na prebivalca Evrope je 4,7 globalna hektarja (gha), na Slovenca celo 5,2 gha (1992 je bil 1,7 gha). Planetarno sprejemljiv ekološki odtis je trenutno le še 1,7 gha! Od osamosvojitve se je ekološki odtis povečal za trikrat, BDP pa za dvakrat! (Plut v Delu 11.07.2016). Vzdržnost pa taka...

Če bo šlo tako naprej, se utegnejo uresničiti misli slavnega humanista in glavnega Lutrovega sodelavca Phillipa Melanchthona (1497-1560) izpred pol tisočletja: »Še pred sodnim dnevom bo na Zemlji zmanjkalo lesa, denarja in poštenih prijateljev«. Dodajamo: Še pred lesom pa bo seveda zmanjkalo gozdov.

»Pot v gozd, je pot domov« (John Muir, veliki ameriški naturalist).

# FITOCENOLOGIJA V SLOVENIJI SKOZI ČAS

**Mitja ZUPANČIČ**

SAZU, Novi trg 5, 1000 LJUBLJANA

Za razvoj fitocenološke znanosti v Sloveniji ima velike zasluge gozdarstvo, ki je podpiralo tovrstne raziskave za gozdna območja Slovenije. Raziskave so potekale in še potekajo po standardni srednjeevropski, züriško-montpelliêrski šoli. Nekaj vegetacijskih raziskav je bilo narejenih tudi po Piskernikovi »inštitutski metodi«.

Prva fitocenološka preučevanja v Sloveniji so potekala že med obema svetovnjima vojnoma. Od tedanjih raziskovalcev je izstopal Tomažič z objavo o borovih gozdovih in traviščih. Po drugi svetovni vojni pa je fitocenologija dosegla velik napredek ob ustanovitvi Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS) in gozdarskega oddelka takratne Fakultete za agronomijo in gozdarstvo. Njeni nosilci so bili pionirji stroke Tomažič, M. Wraber in Tregubov. Vse do šestdesetih let prejšnjega stoletja so fitocenološke raziskave potekale pod okriljem GIS in gozdarskega oddelka fakultete. Po tem obdobju sta se izoblikovali dve fitocenološki skupini, in sicer v Biroju za gozdarska načrtovanja (1961) in na tedanjem Inštitutu za biologijo SAZU (1962). Raziskave so bile večinoma opravljene na gozdnogospodarske organizacije kot ugotavljanje ekološke osnove za gojitvene in urejevalne načrte. Temeljne raziskave so potekale vzporedno, a v manjši meri. V tem obdobju so nastajali številni elaborati z vegetacijskimi kartami, večinoma v merilu 1 : 10.000. Hiter razvoj fitocenoloških raziskav je omogočil uresničitev načrtov o potencialno naravni vegetacijski karti Jugoslavije (SAZU 1962) v merilu 1 : 1.000.000 in gozdnovegetacijske karte za ekološko vrednotenje gozdne vegetacije (Biro 1965, po letu 1975 GIS) v merilu 1: 100.000. Ob teh dveh kartah se je pod vodstvom omenjenih treh pionirjev ter Cveka, Persoglia in Ž. Koširja kalilo mnogo mlajših fitocenologov. Ti so bili: Robič, Zupančič, Marinček, Puncer ter pozneje Accetto, Smole, Seliškar, Zorn, Žagar, Šolar idr.

Izobraževanje na gozdarskem oddelku fakultete je prvi izvajal Tomažič, pozneje Petkovšek, nato Robič, Accetto ter danes Rozman in Dakskobler.

Obdobje od sedemdesetih let do danes je znanstveno in strokovno publicistično najbogatejše in najuspešnejše. Znanstvene in strokovne razprave so prinesle mnoge novosti, ki niso pomembne le za nas, temveč tudi za vzhodnoalpsko-dinarsko območje in še širše za srednjeevropski prostor. Opisanih je mnogo novih sintaksonov, največ asociacij, pa tudi nižjih (subasociacij, variant) in višjih sinsistematskih stopenj (podzvez in zvez). Med mnogimi raziskovalci fitocenologiji pri objavah v tem obdobju izstopajo Accetto, Čarni, Dakskobler, Kaligarič, P. Košir, Ž. Košir, Kutnar, Marinček, Marinšek, Piskernik, Seliškar, Šilc, Škornik, T. Wraber, Zelnik, Zupančič.

Po reformi gozdarskih služb je bilo naročil za ekološko vrednotenje gozdnih površin vedno manj, dokler niso končno usahnila. V Evropi se je pojavila nova metodologija, osredotočena na habitatne tipe, ki je manj zahtevna, poenostavljena in zato sprejemljivejša.

# PUBLICISTIKA V GOZDARSTVU, LESARSTVU IN PAPIRNIŠTVU

## **Maja PETEH**

Gozdarska knjižnica – Gozdarski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

E-naslov: [maja.peteh@gozdis.si](mailto:maja.peteh@gozdis.si)

Ključne besede: bibliometrija, gozdarstvo, lesarstvo, papirništvo, znanstvene revije, diseminacija informacij, knjižne zbirke, odprt dostop, e-repozitoriji

## **UVOD**

Poglabljanje v značilnosti publiciranja na posameznem znanstvenem področju nam razkriva svojevrsten vpogled stroko, iz vidika raziskovanja in prakse. V naslovu omenjene znanosti tvorijo t. i. gozdno-lesno verigo, ki povezuje znanosti (raziskave) o gozdu, gozdarstvo kot stroko, ki usmerja urejanje gozdov, izkoriščanje in, logistiko izkoriščanja gozdov, povezuje pa tudi vse industrije, ki se ukvarjajo s predelavo lesa do končnega izdelka. Pri razumevanju medsebojne povezanosti je potrebno interdisciplinarnost lesarstva in papirništva razumeti tudi širše, izven kmetijskih, agronomski ali biotehniških ved, saj sta to vedi o materialih.

Raziskave objavljanja (bibliometrične raziskave) v vzorcih obravnavajo objave v revijah zajetih Web of Science (WoS) in Scopus, ne pa tudi objav v revijah, ki so vključene v katere druge zbirke (predvsem, ker te zbirke ne izdelujejo citatnih indeksov) ali objav v revijah, ki so v posameznih okoljih označene za nacionalno pomembne. Namen tega prispevka je: predstaviti značilnosti objavljanja na področju gozdno-lesne verige in predstaviti značilnosti slovenskih revij in knjižnih zbirk s področja ter njihovo sledenje sodobnim smernicam odprtega dostopa.

## **ZNAČILNOSTI OBJAVLJANJA NA PODROČJU GOZDNO-LESNE VERIGE**

Pregled obstoječih objav, ki se ukvarjajo z raziskovanje publicistične dejavnosti na področju gozdarstva, kaže na majhen delež »čistih« gozdarskih revij, tj. revij brez interdisciplinarnih člankov (Malesios in Arabatzis, 2012). Okoli 90 % raziskovalnih rezultatov iz področja gozdarstva je objavljen v revijah drugih sorodnih področjih (revije s družboslovnih področij, s področij ekonomije, sociologije, političnih in pravnih ved (Klenk in sod., 2010; Dreyer in sod., 2014). Tudi objave slovenskih raziskovalcev s področja gozdno lesne verige so razpršene in se pojavljajo v 97 različnih WoS - kategorijah. Najpogosteje res v kategorijah gozdarstvo (forestry) in materiali, papir in les (materials science, paper & wood), sledijo pa objave na področju naravoslovja v kategoriji botanika (plant sciences), pa tudi znanosti o okolju (environmental sciences), ekologija (ecology), kemija na področju kmetijstva (Agriculture chemistry) (Bartol in sod., 2016).

V obdobju 2006-2010 je bilo WoS uvrščenih med 35 in 54 naslovov revij, nabor gozdarskih revij, ki vidno prispevajo k razvoju te stroke in so odmevne v mednarodnih zbirkah, pa je vseboval 180 naslovov (Vanclay, 2008). Na seznam ni uvrščena nobena slovenska gozdarska revija. Uredništva neangleških revij in še posebej uredništva revij, ki pokrivajo majhna znanstvena področja si, predvsem zaradi vpliva evalvacijskih zahtev, zastavljajo nasprotujoče cilje:

- razvoj strokovne terminologije v domačem jeziku;
- objavljanje visoko znanstvenih objav;

- popularizacija stroke v domači javnosti in
- mednarodna odmevnost.

Po metodologiji merjenja vpliva, kot ga meri dejavnik vpliva (»impact factor« v zbirki WoS) revije izkazujejo relativno velike razlike. Vpliv vrednotenja raziskav na podlagi bibliometričnih kazalcev raziskovalci pragmatično objavljajo dosežke sodobne raziskave pa ugotavljajo:

- da so članki, ki so citirali članke iz več revij različnih področij, bili pogosteje citirani (Stelle in Stier, 2000);
- soavtorstvo, še posebej mednarodno ima vpliv na višjo odmevnost (Vanclay, 2012);
- soavtorstvo lahko pomembno vpliva na možnost objave v vplivnejših revijah (Vanclay, 2012).
- število citatov se povečuje z raziskovalno starostjo raziskovalcev (čas od pridobitve naziva doktorja znanosti) (Copenheaver in sod., 2010; Slyder in sod., 2011);
- materni jezik (angleški ali drugi), trenutna zaposlitev (vladne ustanove ali univerza) in spol prvega avtorja ne vplivajo na število pridobljenih citatov (Copenheaver in sod., 2010).

Kot ključne centre pri objavljanju, tako kitajska kot kanadska raziskava, izpostavljajo univerze oz. večje raziskovalne ustanove. Objave avtorjev iz lokalnih gozdarskih organizacij in podjetij večinoma nastanejo v sodelovanju z raziskovalci z univerz ali iz raziskovalnih ustanov in predstavljajo le 17,2 % (Perez in sod., 2004; Bonnell, 2012). Raziskovalci s področja gozdno-lesne verige, ki so izrazito aplikativna področja, se soočajo tudi s potrebo po istočasni kakovostni vpetosti v raziskovanje, poučevanje, publiciranje in v prenos v prakso. Zaradi tega nastane malo rezultatov, ki bi jih bilo možno objaviti v visoko ugledni znanstveni reviji in hkrati z njimi spreminjati trenutne procese v gozdarstvu in politiki (MacLean, 2008). Danes je znanstvena komunikacija nujna z vidika zadoščanja merilom financerjev, a če je ciljna publika gozdna industrija ali politika, znanstveni članki niso primeren način diseminacije informacij.

## **DOMAČE ZNANSTVENE REVIEJE, KNJIŽNE ZBIRKE IN SLEDENJE ODPRTEMU DOSTOPU**

### **Acta Silvae et Ligni (od 1947 oz. 2013)**

Prva številka revije nosi letnico 1947-1946 in naslov »Izvestja« (ISSN 1408-3450), med leti 1957-1971 je izhajala kot »Zbornik« (ISSN 0350-0187) in v letih 1972-2012 kot Zbornik gozdarstva in lesarstva (ISSN 0350-0187). Od leta 2013 je revija uporablja trenutni naslov in objave so tekoče odložene v e-repozitorij SciVie s čimer je zagotovljen prost dostop. V sklopu projekta EUFORINNO je bila izveden digitalizacija vseh člankov, ki so sedaj dostopni preko e-repozitorija SciVie. Izdajatelji revije:

- Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silvae Slovenica,
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Članki so od leta 2013 dalje opremljeni tudi z oznako DOI in tako sledijo sodobnim dokumentacijskim smernicam tudi v e-okolju. Je izrazito znanstvena revija in trenutno izhajajo tri številke letno.

### **Gozdarski vestnik (od 1938-)**

Tekoče objave so odložene v e-repozitorij DiRROS s čimer je zagotovljen prost dostop. Celotna produkcija je digitalizirana in dosegljiva preko portala DLib.si, v prihodnosti pa bo tudi preko e-repozitorija DiRROS. Izdajatelj revije: Zveza gozdarskih društev Slovenije. Je strokovna in znanstvena revija in trenutno izhaja deset številke letno.

### **Papir (od 1973-)**

Revijo s papirniško strokovno in znanstveno tematiko, v obsegu dveh številke letno izdajajo:

- Društvo inženirjev in tehnikov papirništva Slovenije,

- Združenje papirne in papirno predelovalne industrije,
- Inštitut za celulozo in papir.

### **Zbirka Studia forestalia slovenica (od 1949-)**

Knjižna zbirka izhaja občasno, a neprekinjeno od leta 1949. Do leta 2005 je izhajala pod imenom Strokovna in znanstvena dela. Izdajatelji:

- Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica,
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,
- Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Obsega monografije s področja gozdarstva in lesarstva.

### **VIRI**

Bartol, T., Budimir, G., Juznic, P., Stopar, K. 2016. Mapping and classification of agriculture in Web of Science: other subject categories and research fields may benefit. *Scientometrics*, 109, 2: 979-996.

Bonnell B. 2012. Trends in research and collaboration in the Canadian Model Forest Network, 1993–2010. *The Forestry Chronicle*, 88, 3: 274-282

Copenheaver C. A., Goldbeck K., Cherubini P. 2010. Lack of gender bias in citation rates of publications by dendrochronologists: what is unique about this discipline? *Tree-Ring Research*, 66, 2: 127-133

Dreyer E., Peiffer M., Bontemps JD, Leban, JM. 2014. *Annals of Forest Science* changes its scope and complies with green open access rules. *Annals of Forest Science*, 71, 4: 425-426

Klenk N. L., Dabros A., Hickey G. M. 2010. Quantifying the research impact of the Sustainable Forest Management Network in the social sciences: a bibliometric study. *Canadian Journal of Forest Reserch*, 40, 11: 2248-2255

MacLean D. A. 2008. Making sense of the “forestry research game” at universities. *The Forestry Chronicle*, 84, 4: 543-547

Malesios C., Arabatzis G. 2012. An evaluation of forestry journals using bibliometric indices. *Annals of Forest Science*, 55, 2: 147-164

Perez M. R., Fu M., Xie J., Yang X., Belcher B. 2004. The relationship between forest research and forest management in China: an analysis of four leading Chinese forestry journals. *International Forestry Review*, 6, 3/4: 341-345

Slyder J. B., Stein B. R., Sams B. S., Walker D. M., Beale B. J. in sod. 2011. Citation pattern and lifespan: A comparison of discipline, institution, and individual. *Scientometrics*, 89, 3: 955-966

Stelle T. S., Stier J. C. 2000. The impact of interdisciplinary reserch in the environmental sciences: a forestry case study. *Journal of American Society for Information Science*, 51, 5: 476-484

Vanclay J. K. 2008. Ranking forestry journals using the h-index. *Journal of Informetrics*, 2, 4: 326–334

Vanclay J. K., Bornmann L. 2012. Metrics to evaluate research performance in academic institutions: a critique of ERA 2010 as applied in forestry and the indirect H-2 index as a possible alternative. *Scientometrics*, 91, 3: 751-771

# MEHANIZMI GOZDARSKIH POSLOVNIH MODELOV

**Vasja LEBAN, Špela PEZDEVŠEK MALOVRH, Janez KRČ**

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

## O INOVATIVNOSTI IN PODJETNIŠTVU V GOZDARSTVU

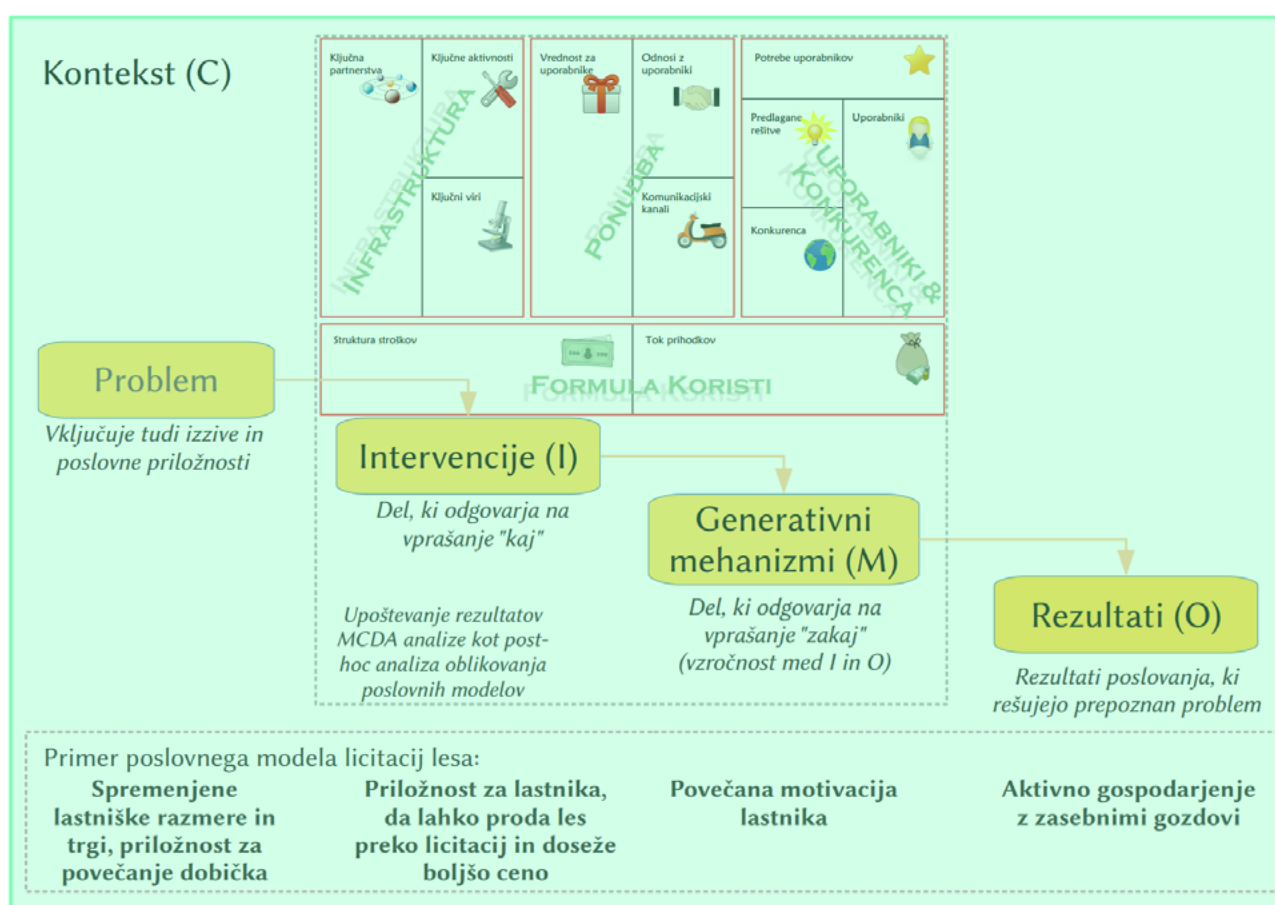
Inovativnost je pomemben instrument preko katerega podjetja in posamezniki razvijejo nove poslovne priložnosti, povečajo njihovo primerjalno prednost in s tem ekonomsko učinkovitost (Nybakk in sod., 2009; Weiss in sod., 2011). V gozdarskem sektorju je bilo izvedenih relativno malo raziskav s področja podjetništva in inovativnosti zasebnih lastnikov gozdov. Rametsteiner in sod. (2005) so ugotovili, da je na začetku drugega tisočletja v povprečju 9 % srednjeevropskih zasebnih lastnikov gozdov ali upravljavcev gozdov uvedlo enega ali več novih proizvodov ali proizvodnih procesov. V Sloveniji se je z analizo inovacij in podjetništva v gozdarstvu največ ukvarjal Šinko (2009, 2011), ki je ugotovil, da so lastniki novosti vpeljali predvsem v proizvodni proces, manj v organizacijske in proizvodne novosti, najmanj pa v nove storitve. Na splošno pa tudi ugotavlja, da je inovativnost slovenskih gozdarskih obratov pod nivojem inovativnosti podobnih obratov v srednji Evropi, da pa se lahko stanje spremeni z uveljavitvijo novih ukrepov politike (npr. politike razvoja podeželja), ki spodbujajo inovativnost lastnikov gozdov (Šinko, 2009).

Poleg inovativnosti proizvodov, proizvodnih procesov, organiziranosti in storitev se vedno večji poudarek daje inovativnosti poslovnih sistemov (Hansen in sod., 2014; Kajanus in sod., 2014). Slednji so zlasti novi načini vodenja posla in vključujejo oblikovanje novih poslovnih modelov. Poslovni model opisuje vrednosti, ki jih podjetje ponuja uporabnikom in hkrati podaja shemo arhitekture podjetja ter mrežo njegovih partnerjev, s katerim podjetje ustvarja pozitiven in trajnosten tok dohodkov (Osterwalder in Pigneur, 2010). Vsako podjetje ali poslovna aktivnost vsebuje določen poslovni model, ki ga lahko opišemo z dvanajstimi osnovnimi gradniki (Kajanus in sod., 2014): uporabniki, potrebe uporabnikov, predlagane rešitve, konkurenca, odnosi z uporabniki, vrednost za uporabnike, komunikacijski kanali, ključna partnerstva, ključne aktivnosti, ključni viri, tok prihodkov in struktura stroškov. Ti gradniki so združeni v štiri segmente – uporabniki in konkurenca, ponudba, infrastruktura ter formula koristi – in sestavljajo t.i. *kanvas poslovnih modelov* s katerim lahko nazorno opišemo in shematsko prikažemo delovanje in aktivnosti podjetja pri ustvarjanju vrednosti za uporabnike (Osterwalder in Pigneur, 2010). Namen prispevka je predstaviti idejo analitičnega orodja za oblikovanje poslovnih modelov na osnovi alternativne logike razmišljanja in s pomočjo metod večkriterijske odločevalske analize (MCDA) ter predstaviti primer analize gozdarskega poslovnega modela.

## NOVI METODOLOGIJI NAPROTI

Z namenom oblikovanja odgovora na vprašanje operacionalizacije kanvas poslovnega modela se je v okviru mednarodne COST akcije FP1201 FACESMAP (2012-2016) oblikovala raziskovalna skupina, ki je analizirala obstoječe poslovne modele in poslovne modele v nastajanju. Kot rezultat je skupina ponudila novo metodologijo za analizo ali oblikovanje poslovnih modelov (Kajanus in sod., 2017 v *postopku objave*). Metodologijo sestavljata konceptualna okvira kanvas poslovnega modela in CIMO logike (angl. *context, intervention, mechanism, outcome*; kontekst, intervencije, mehanizmi, rezultat) ter analitični okvir MCDA. CIMO logiko razmišljanja je razvil Denyer s sod. (2008) in predstavlja nadgradnjo obstoječega »klasičnega« načina razmišljanja

s tem ko je uveden koncept generativnih mehanizmov – to so vzročne strukture s katerimi razlagamo nek pojav. Generativni mehanizmi pomagajo odgovoriti na vprašanje vzročnosti in s tem olajšajo raziskovalno sintezo ter oblikovanje predloga načrta ali konstrukcije. Ker pa je CIMO logika zgolj paradigma razmišljanja in ne vsebina razmišljanja, je razširjeni kanvas poslovni model (Kajanus in sod., 2014) uokvirjen v CIMO logiko (tudi Slika 1). Kanvas poslovnih modelov služi kot ogrodje gradnikov v katera – s pomočjo MCDA metod – vnašamo najpomembnejše elemente posameznih gradnikov. Elementi služijo kot kazalniki pomembnosti posameznih gradnikov poslovnega modela; elementi, ki so za poslovni model višje ocenjeni so nepogrešljivi elementi odgovarjajočega gradnika. Skupna ocena na ravni gradnika ponuja informacijo o pomembnosti posameznega gradnika v poslovnem modelu v primerjavi s preostalimi gradniki. Način pridobivanja elementov in njihovih ocen je lahko z vprašalniki, intervjuji, skupinskimi intervjuji ali z metodo »viharjenja možganov« (angl. »brainstorming«). S podrobno analizo elementov lahko razlikujemo med intervencijami in mehanizmi ter podamo *predlog oblikovanja* ali v primeru analitične rabe, ugotovimo kaj tvori, kako in zakaj deluje poslovni model.



Slika 1: Koncept poslovnih modelov uokvirjen znotraj CIMO logike (prirejeno po Denyer in sod., 2008 in Kajanus in sod., 2014) in primer analize poslovnega modela licitacij lesa.

## PRIMER ANALIZE IN SINTEZE V SLOVENSKEM GOZDARSKEM PROSTORU

Slovensko gozdarstvo je ponosno nad izvedbo vsakoletnih licitacij večvrednega lesa, ki ponujajo priložnost zasebnim lastnikom gozdov za prodajo manjših količin visokokakovostnih lesnih sortimentov po višji ceni. Ideja o tovrstnem načinu prodajanja lesa izhaja iz avstrijske štajerske ter je bila v Slovenijo uspešno prenesena leta 2007 (Kristan, 2013). Jedro poslovnega modela sestavljata segmenta *infrastrukture* (tj. intelektualni viri ter jasno opredeljen ciljni trg večvrednega lesa in kupcev) ter *uporabniki in konkurenca* (tj. zagotavljanje ponudbe in povpraševanja). Kot pomembni so bili izpostavljeni še naslednji elementi poslovnega modela: vzpostavitev logističnega sistema, kontinuirana preskrba z visoko vrednim in redkim lesom, profesionalnost in

iskrenost, spodbuda investicijam v raziskave in razvoj, osebni stiki z deležniki, storitev prevoza in manipulacije z lesom. S podrobno analizo lahko zaključimo, da sta poglavitni prednosti modela licitacij povečani finančni prihodki in motivacija lastnikov gozdov za aktivno gospodarjenje in lastno izpopolnjevanje. Uspešnost poslovnega modela v kontekstu spremenjenih lastniških razmer in nerazvitega trga lesa (*kontekst C*) izhaja iz priložnosti, da lastnik lahko proda les preko licitacij in doseže boljšo ceno (*intervencija I*). S tem se poveča motivacija lastnikov (*mehanizem M*) kar vodi do aktivnega gospodarjenja z gozdovi (*rezultat O*).

## ZAKLJUČEK

Novi poslovni modeli so imperativ za trajnost prilagajanja spremembam poslovnega ali delovnega okolja, ki ga zahteva, in v veliki meri oblikuje, razvoj na družbenem in tehnično-tehnološkem področju. S sistematičnim, a fleksibilnim pristopom analiziranja obstoječih (npr. primerov poslovnega povezovanja lastnikov gozdov) in oblikovanja novih poslovnih modelov lahko oblikujemo (gozdarskemu) kontekstu prilagojen in inovativen poslovni model, s katerim učinkovito dosežemo zelene rezultate. Bistvo predstavljenega orodja je v odkrivanju običajno nevidnih mehanizmov, ki odgovarjajo na vprašanje »zakaj« in »kako« določena intervencija pripelje do nekega rezultata v nekem kontekstu. Na primeru gozdno-lesne verige dajejo rezultati pomembne signalne spodbude vsem vpletenim vzdolž celotne verige. Z rastjo pomembnosti ne-lesnih ekosistemskih storitev gozda se njihov krog veča in pomembno vpliva na okoljske, gospodarske in družbene vidike gozdarstva in z gozdarstvom povezanih dejavnosti. S tem pa se pojavljajo nove priložnosti in možnosti oblikovanja inovativnih poslovnih modelov – tudi s pomočjo zgoraj predstavljenega orodja.

## CITIRANI VIRI

- Denyer, D., Tranfield, D., van Aken, J. E. 2008. Developing design propositions through research synthesis. *Organization Studies* 29: 393–413.
- Hansen, E., Nybakk, E., Panwar, R. 2014. Innovation insights from north American forest sector research: A literature review. *Forests*, 5: 1341–1355.
- Kajanus, M., Iire, A., Eskelinen, T., Heinonen, M., Hansen, E. 2014. Business model design: new tools for business systems innovation. *Scandinavian Journal of forest research* 29: 603–614.
- Kajanus M., Leban V., Glavonjić P., Krč J., Nedeljković J., Nonić D., Nybakk E., Posavec S., Riedl M., Teder M., Wilhelmsson E., Zālīte Z., Eskelinen T. 2017. What can we learn from business models in the European forest sector? Exploring business models design propositions. *Forest policy and economics*, v postopku objave.
- Kristan S. 2013. Licitacija kakovostnega lesa v Sloveniji - lesni potencial kot dejavnik gospodarske rasti in ponovne oživitve gospodarstva v gozdarski in lesnopredelovalni panogi. V: Zbornik 10. festivala raziskovanja ekonomije in managementa. Koper, Fakulteta za management: 41–48.
- Nybakk, E., Crespell, P., Hansen, E., Lunnan, A. 2009. Antecedents to forest owner innovativeness: An investigation of the non-timber forest products and services sector. *Forest ecology and management* 257: 608–618.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., 2010. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*, 1st edition. ed. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ
- Rametsteiner, E., Weiss, G., Kubezcko, K. 2005. Innovation and entrepreneurship in forestry in Central Europe. *European Forest Institute Research Report* 19, Leiden, Brill: 179 str.
- Šinko, M. 2009. Inovativnost slovenskih lastnikov gozdov na začetku novega tisočletja. *Gozdarski Vestnik*, 67, 9: 381–388.
- Šinko, M. 2011. Inovacijski sistem za razvoj podjetništva v gozdarstvu. V: XXVIII Gozdarski študijski dnevi, Odzivi gozdne tehnike in gozdarstva na spremenjene razmere gospodarjenja: zbornik razširjenih izvlečkov (ur.: Krč J.), Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 19–20.
- Weiss, G., Pettenella, D., Ollonqvist, P., Slee, B. (Ur.) 2011. *Innovation in Forestry: Territorial and Value Chain Relationships*. CABI, Wallingford: 344 str.



# GOZD V VALVASORJEVI SLAVI VOJVODINE KRANJSKE

**Špela HRAST, Gregor TORKAR**

Univerza v Ljubljani Pedagoška fakulteta, Katedra za biološko in okoljsko izobraževanje, Kardeljeva ploščad 16, SI-1000 Ljubljana, Slovenija,

E-naslov: [spela.hrast@pef.uni-lj.si](mailto:spela.hrast@pef.uni-lj.si), [gregor.torkar@pef.uni-lj.si](mailto:gregor.torkar@pef.uni-lj.si)

Z gozdom povezujemo veliko število vlog in funkcij, ki se lahko s časom in prostorom spreminjajo, ter tako nosijo pomembne informacije o dojemanju in odnosu do gozda tako posameznika kot družbe. Preko vsebinske analize prevoda II., III. in IV. knjige Slave vojvodine Kranjske (2009) smo analizirali Valvasorjevo prepoznavanje vlog in funkcij gozda. Slavo vojvodino Kranjsko sestavlja petnajst knjig, pri čemer izbrane knjige vsebujejo največ naravoslovnih vsebin in nam tako nudijo vpogled na naravo Kranjske in njeno dojetje v takratnem 17. stoletju. Zastavili smo si naslednja raziskovalna vprašanja: (1) Katere vloge in funkcije gozda lahko prepoznamo v analiziranih knjigah? (2) Katere vloge in funkcije gozda so največkrat zastopane v analiziranih knjigah? (3) Katere živali in olesenele rastline so v povezavi z gozdom omenjene v analiziranih knjigah? (4) Katere živali in olesenele rastline so v povezavi z gozdom največkrat zastopane v analiziranih knjigah?

Pri analizi izbranih knjig Slave vojvodine Kranjske je bilo ugotovljeno, da lahko v njih prepoznamo enajst od sedemnajstih različnih funkcij gozda določenih v Zakonu o gozdovih (1993). Prepoznane funkcije lahko uvrstimo tako med proizvodne, ekološke kot socialne funkcije, kar priča o avtorjevem širokem dojetju gozdov, ki pa ga zaradi intelektualnega izstopanja iz takratnega okolja, ne moremo izenačiti z dojetjem takratne družbe v drugi polovici 17. stoletja. Valvasor dojema gozd predvsem kot življenjski prostor živalskih in rastlinskih združb (funkcija ohranjanja biotske raznovrstnosti), kot vir lesa (lesnoproizvodna funkcija), lovnih živali (lovnogospodarska funkcija) in drugih gozdnih dobrin, ki zadovoljujejo različne potrebe prebivalcev Kranjske (funkcija pridobivanja drugih gozdnih dobrin), ter kot prostor, kjer si človek lahko spočije oko (estetska funkcija), če pri tem ne gre za divjine, ki predstavljajo različne nevarnosti za človeka. Prepoznavanje funkcij gozda, kot je pridobivanje lesa za izdelavo opozorilnih kresov, nabiranje omel za izdelavo ptičjega lima, nabiranje škorpionov za izdelavo njihovega olja, nabiranje praproti v čarovniške namene in na drugi strani redko prepoznavanje socialnih in drugih funkcij, ki jih prepoznavamo v današnjem času, nam potrjuje, da funkcije gozda niso stalne, ampak močno povezane z družbo in odvisne od njenih potreb ter zahtev do gozda.

Valvasorju lahko pripišemo tudi dobro prepoznavanje vrstne pestrosti gozdov Kranjske. V II., III. in IV. knjigi Slave vojvodine Kranjske lahko prepoznamo 25 različnih lesnatih rastlin 24 različnih rodov, pri čemer so najpogosteje omenjeni predstavniki rodov bukve, smreke, hrasta, kostanja in jelke. Avtor lesnate rastline omenja v različnih kontekstih. Največkrat nakazuje prisotnost določenih rodov na določenem območju oziroma gozdu, čemur sledijo odlomki, kjer avtor opisuje omenjene lesnate rastline kot življenjski prostor živali. Pogost vzrok omembe posameznega predstavnika lesnatih rastlin je tudi les in uporaba plodov ter semen za prehranjevanje tako živali kot ljudi. Redkeje avtor omenja posledice pretiranega izsekavanja lesnatih rastlin, prizadeta drevesa zaradi pozebe, lesnate rastline kot zdravilne učinkovine, kot surovino za pridobivanje ptičjega lima, poudarja pomen tvorbe sence in nenavadne lastnosti določenih lesnatih rastlin. Valvasor v povezavi z gozdom omenja tudi 78 različnih vrst ali skupin živali, ki jih lahko razdelimo v razrede pajkovcev, žuželk, polžev, sesalcev, ptičev, plazilcev, dvoživk in skupino

črvov. Pri tem smo glede na pogostost omemb posameznih vrst ali skupin živali ugotovili, da Valvasor vretenčarjem pripisuje večjo pomembnost kot nevretenčarjem, pri tem pa mu niso enako pomembni vsi vretenčarji, temveč predvsem ptice in sesalci, ki jih lahko povežemo z lovom ali lepim petjem. Iz proučenih odlomkov lahko prepoznamo, da avtor deli živali v različne skupine, in sicer loči *strupene živali*, kamor avtor prišteva pajke, škorpijone, kače in gade. Drugo skupino predstavljajo *živali, ki lezejo v zemlji*. Sem prišteva črve, črčke in murne. Naslednjo skupino predstavljajo polži, ježi in podobne živali, ki jih opredeli kot *živali, ki lezejo po zemlji*. Med *leteči mrčes* uvršča velike rogače, kobilice, različne metulje, netopirje, kresnice, komarje, pa tudi nekateri pajke. Naslednjo skupino predstavljajo *druge mušice in muhe*, kjer omenja čebele, navadne ose, čmrlje, sršene in druge, kot jih imenuje Valvasor, pikajoče ptičice. Med temi posebej izpostavlja čebele in poudarja uporabnost tako njihovega medu kot voska. Ptice Valvasor razdeli v *malo perjad*, v kateri prevladujejo ptice pevke, in *divjo perjad*, kamor sodijo pomembne užitne ptice. Kot zadnjo skupino lahko opredelimo *druge divje živali*, kamor avtor uvršča različne predstavnike sesalcev. Ker lahko med njene predstavnike uvrstimo pet najpogosteje omenjenih živali v analiziranih knjigah Slave vojvodine Kranjske (divje svinje, jeleni, lisice, zajci in medvedji), lahko sklepamo, da gre za najpomembnejšo skupino. V svojo skupino živali, ki jo lahko poimenujemo *posebnosti dežele*, lahko uvrstimo planinskega orla, navadnega polha in skalne golobe. Pri vseh treh omenjenih vrstah lahko rečemo, da gre za vrste s posebnim poudarkom v analiziranih knjigah, saj je avtor njihovim opisom namenil svoja lastna poglavja.

## **VIRI**

Valvasor J. V. 2009. Čast in slava vojvodine Kranjske 1. Ljubljana, Zavod Dežela Kranjska: 825 str.

Zakon o gozdovih. 1993. Ur. L. RS št. 30/93, 13/98.

# VPLIVI MOTENJ IN GOSPODARJENJA Z GOZDOM NA DINAMIKO IN VRSTNO SESTAVO PRITALNE GOZDNE VEGETACIJE

Janez KERMAVNAR<sup>1</sup>, Aleksander MARINŠEK<sup>1</sup>, Klemen ELER<sup>1,2</sup>, Lado KUTNAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-naslov: [janez.kermavnar@gozdis.si](mailto:janez.kermavnar@gozdis.si), [aleksander.marinsek@gozdis.si](mailto:aleksander.marinsek@gozdis.si), [klemen.eler@bf.uni-lj.si](mailto:klemen.eler@bf.uni-lj.si), [lado.kutnar@gozdis.si](mailto:lado.kutnar@gozdis.si)

## UVOD

Dinamika oziroma spreminjanje pritalne gozdne vegetacije je posledica delovanja več (biotskih in abiotskih) dejavnikov (van der Maarel, 2005). V veliki meri so spremembe gozdne vegetacije odvisne od neposrednih antropogenih vplivov (Vallet in sod., 2008; Javornik, 2016), med katerimi sta način in intenziteta gospodarjenja ena od ključnih dejavnikov razvoja. Sečnja dreves kot najpogostejši gozdnogojitveni ukrep lahko za gozdni ekosistem predstavlja vzrok za korenite spremembe ključnih življenjskih razmer ter delovanja ekosistemskih procesov (Zenner in sod., 2006). V preteklosti se je pri gospodarjenju z gozdovi bistveno več pozornosti posvečalo povečanju strukturne pestrosti drevesne plasti, manj se je upoštevalo odzive pritalnih plasti vegetacije. Z vidika biotske pestrosti pa ravno pritalna vegetacija prispeva največje število rastlinskih vrst (Smith in sod., 2008; Kutnar in sod., 2016). Zaradi različnih negativnih vplivov na gozdne ekosisteme (izumiranje vrst, podnebne spremembe), sta v zadnjih desetletjih ohranjanje in krepitev biotske raznovrstnosti postala pomembna cilja gospodarjenja z gozdovi (Roberts in Gilliam, 1995; Ares in sod., 2010; EC, 2014; Kogovšek in Žitnik, 2015; Evropska ..., 2017). Nenazadnje trajnostno gospodarjenje z gozdovi lahko celo prispeva k povečanju njihove biotske raznovrstnosti (Lindenmayer in sod., 2000).

Funkcionalna obravnava rastlinske združbe predstavlja v primerjavi s klasičnim taksonomskim pristopom bolj poglobljeno analizo in omogoča bolj mehanistično in ne samo opisno razumevanje vegetacijskih sprememb (McGill in sod., 2006). Pri tem se ukvarjamo z biološkimi značilnostmi (znaki) rastlin, ki definirajo njihovo ekološko nišo in vlogo v celotnem ekosistemu (Lavorel, 2013). Poleg tega so tovrstne življenjske lastnosti, ki so evolucijske prilagoditve vrst na različne biotske in abiotske dejavnike, pomembne pri razumevanju mehanizmov odzivanja rastlinskih vrst na spremembo lokalnih okoljskih razmer zaradi naravnih ali antropogenih vzrokov (Grime, 1977; Violle in sod., 2007).

V zadnjem obdobju so se zaradi velikopovršinskih naravnih ujm (žledolom, obsežni napadi podlubnikov) rastiščne razmere v slovenskih gozdovih precej spremenile, še zlasti v dinarskem območju. To nakazuje potrebo po temeljitejšem razumevanju dinamike pritalne vegetacije, ki je pomembna tako z vidika varovanja biotske pestrosti kot tudi pomlajevanja gozdov. Namen študije je ovrednotiti vplive gozdnogojitvenih ukrepov oziroma preveriti učinke različnih intenzitet sečnje na spremembe v vrstni sestavi in številčnosti ter spremembo funkcionalne sestave pritalne vegetacije.

## METODE DELA

Z namenom testiranja različnih možnosti ustreznega gospodarjenja so bili v okviru LIFE+ projekta ManFor C.BD vzpostavljeni raziskovalni objekti na treh območjih sonaravno gospodarjenih dinarskih jelovo-bukovih gozdov Slovenije (Kočevski Rog, Snežnik, Trnovski gozd). Na vseh treh območjih so bile razmeroma podobne sestojne in ekološko-rastiščne razmere. Obravnavani gozdovi (združba *Omphalodo-Fagetum* s. lat.) so v Sloveniji eni najbolj razširjenih in strnjenih gozdov, saj predstavljajo več kot 10 % površine vseh gozdov (Dakskobler, 2008). V okviru naravovarstvenega območja Natura 2000 jih uvrščamo v gozdni habitatni tip Ilirski bukovi gozdovi (*Aremonio-Fagion*) (Kutnar in sod., 2011; Kutnar in sod., 2015).

Na teh območjih smo zasnovali eksperimentalno raziskavo, v sklopu katere smo leta 2012 znotraj vsakega testnega območja v kraških vrtačah izbrali po devet ploskev velikosti 0,4 ha. Na treh ploskvah v vsakem testnem območju, ki so se razlikovale glede na prevladujočo drevesno vrsto (glavni graditelj sestojev so bile bukev, jelka ali smreka), gozdnogojitvenih ukrepov nismo izvedli in so služile kot kontrola našim ukrepom. Na drugih treh ploskvah smo posekali polovico lesne zaloge gozdnega sestoja (50 % posek), na preostalih treh ploskvah pa smo odstranili vsa drevesa (100 % posek) (Kutnar in sod., 2015). Skupno je bilo obravnavanih 27 ploskev (3 območja, 3 drevesne vrste, 3 stopnje intenzitete ukrepanja). V vsaki izbrani vrtači smo postavili krožno vzorčno ploskev z velikostjo 400 m<sup>2</sup>, znotraj katere smo naredili fitocenološke popise rastlinskih vrst v štirih vertikalnih plasteh (zgornja in spodnja drevesna plast, grmovna plast, zeliščna plast). Popise smo opravili pred in dve leti po izvedbi sečnje (Kutnar in sod., 2015). Z uporabo metode Dufrêne in Legendre (1997), ki kombinira relativno abundanco in relativno frekvenco posamezne vrste, smo izvedli analizo indikatorskih vrst.

## REZULTATI IN RAZPRAVA

Pred sečnjo dreves smo na vseh ploskvah identificirali 147 različnih vrst praprotnic in semenk. Dve leti po izvedbi sečnje smo popisali dodatne 104 rastlinske vrste, ki so se v večini primerov pojavile na ploskvah s 50 % in 100 % posekom lesne zaloge. Tako je bilo skupno določenih 251 vrst vaskularnih rastlin. Pred ukrepanjem so bile na kontrolnih ploskvah najpogostejše drevesne vrste bukev (*Fagus sylvatica*), jelka (*Abies alba*), smreka (*Picea abies*) in gorski javor (*Acer pseudoplatanus*). V zeliščni plasti so največjo številčnost na ploskvah dosegle naslednje vrste: navadna podborka (*Dryopteris filix-mas*), bleda rumenka (*Galeobdolon flavidum*), gozdna vijolica (*Viola reichenbachiana*), navadni strček (*Aremonia agrimonoides*), navadna zajčja deteljica (*Oxalis acetosella*), spomladanska torilnica (*Omphalodes verna*), deveterolistna mlaja (*Cardamine enneaphyllos*), trilistna penuša (*Cardamine trifolia*), velecvetna mrtva kopriiva (*Lamium orvala*) idr.

Na osnovi popisov rastlin lahko sklepamo sledeče:

- povprečna pokrovnost pritalne vegetacije se je po poseku povečala, in sicer za 18 % na ploskvah s 50 % posekom in za 44 % na ploskvah s 100 % posekom (Kutnar in sod., 2015);
- višja intenziteta gospodarjenja (močnejši posek) pomeni večjo vrstno pestrost pritalne vegetacije (povprečno število rastlinskih vrst se je na ploskvah s 50 % ukrepanjem povečali za 24, na ploskvah s 100 % ukrepanjem pa za 41);
- zaradi spremenjenih ekoloških razmer smo v sestojnih vrzelih popisali nekatere rastline, ki so bolj značilne za travniško vegetacijo, kot npr. navadni regrat (*Taraxacum officinale*), navadni jajčar (*Leontodon hispidus*) in nekatere ruderalne vrste (prilagojene na motene, od človeka vplivane habitate), kot je veliki trpotec (*Plantago major*);
- pri določenih gozdnih rastlinskih vrstah se je po poseku stopnja pokrovnosti občutno zmanjšala; to so poznosukcesijske vrste (praviloma uspevajo pod sklenjenim sklepom krošenj s stabilno sestojno (mikro)klimo), ki so bolj občutljive na nenadne spremembe okolja (npr. *Cardamine enneaphyllos*, *Oxalis acetosella*).

Analiza indikatorskih vrst (Dufrière in Legendre, 1997) je pokazala, da se rastline statistično značilno odzivajo predvsem na 100 % posek dreves. Indikatorske vrste za 100 % posek dreves (prednostno so prisotne na ploskvah s 100 % posekom, na ploskvah brez ukrepanja pa se praviloma ne pojavljajo) so zlasti navadni jagodnjak (*Fragaria vesca*), navadni osat (*Cirsium vulgare*), šentjanževka (*Hypericum perforatum*), vrba iva (*Salix caprea*), navadni regrat (*Taraxacum officinale*), hmeljna meteljka (*Medicago lupulina*), veliki trpotec (*Plantago major*), navadna črnobina (*Scrophularia nodosa*), gozdni šaš (*Carex sylvatica*) ter plazeča detelja (*Trifolium repens*). Manj vrst je izkazalo visok nivo stalnosti in obilja na ploskvah s 50 % posekom. Med njimi so bile trižilna popkoresa (*Moehringia trinervia*), zdravilni jetičnik (*Veronica officinalis*), navadna kopriva (*Urtica dioica*) in lepljiva kadulja (*Salvia glutinosa*).

Nekatere vrste so bile indikatorske za kontrolne ploskve, zlasti praproti, kot npr. bodičasta glisovnica (*Dryopteris carthusiana*) in ilirska podlesnica (*Polystichum × illyricum*). Na kontrolnih ploskvah so v zeliščni plasti pogostejše tudi lesnate rastline, med njimi tudi določene drevesne vrste (bukev, javor). Ugotavljamo, da so drevesne vrste v zgodnjih sukcesijskih stadijih domnevno manj konkurenčne kot zeliščne vrste. Predpostavljamo, da prihaja zaradi povečanega dotoka direktnega svetlobnega sevanja do gozdnih tal (in tudi obilja drugih nujnih virov za uspevanje rastlin) do zaostrenih konkurenčnih interakcij. Večje sestojne vrzeli (premer vsaj ena drevesna višina) okrogle oblike pospešujejo razvoj pritalne vegetacije in zavirajo pomlajevanje drevesnih vrst (Vilhar in sod., 2014). To sicer povečuje vrstno pestrost, vendar pa se lahko ob tem srečujemo s problemi naravne obnove gozdov. Podoben trend nakazujejo tudi rezultati nekaterih drugih evropskih študij (Decocq in sod., 2004; Onaindia in sod., 2004; Kelemen in sod., 2012).

Pri vrstah, ki se pojavljajo na posekanih gozdnih površinah, smo zaznali značilne biološke znake in funkcionalne značilnosti, ki jim omogočajo uspevanje v novonastalih habitatih in uspešno kolonizacijo po motnji (Canham in Marks 1985; Moffatt in McLachlan, 2004). Zanje so značilne naslednje lastnosti:

- značilna življenjska oblika, pogostejši so terofiti (Graae in Sunde, 2002),
- krajša življenjska doba, značilne so enoletnice in dvoletnice z obilno produkcijo semen (McIntyre in sod., 1999), kot npr. velecvetni lučnik (*Verbascum densiflorum*) in pripotna ločika (*Lactuca serriola*),
- iz vidika življenjske strategije so pogostejše ruderalne vrste (Grime, 2001),
- obstojna semenska banka v tleh (Eler, 2007), kot npr. šentjanževka,
- večja sposobnost vegetativnega razmnoževanja, kot npr. navadni jagodnjak,
- manjša in lažja semena, ki se razširjajo z vetrom (npr. pionirske vrste),
- nekatere ekofiziološke in anatomske prilagoditve na stresne razmere, kot npr. bolj skleromorfni listi pri osatih (*Cirsium* sp.).

Ugotovili smo, da se je po izvedenih gozdnogojitvenih ukrepih znatno povečalo število vrst metuljnic (družina *Fabaceae*, npr. hmeljna meteljka in razne vrste detelj) ter pokrovnost graminoidov (med njimi predvsem različne trave (družina *Poaceae*) in šaši (*Carex* sp.)). To so svetloljubne vrste, nekatere pa so tudi bolj termofilne (toploljubne). Sprememba svetlobnih razmer po izvedbi ukrepov (posek z različno intenziteto) je ključni dejavnik sprememb vrstne sestave in strukture pritalne vegetacije (Atkinson in sod., 2015). V sestojnih vrzelih so se uveljavile tudi vrste visokih steblik, ki so prav tako značilne za združbe posek, kot npr. volčja češnja (*Atropa belladonna*) (Šilc in Čarni, 2012). Posečne površine v gozdovih so tudi potencialno ugoden naseliteni habitat za nekatere tujerodne vrste, ki so praviloma bolj svetloljubne. Na posekanih ploskvah smo od invazivnih tujerodnih vrst popisali enoletno suholetnico (*Erigeron annuus*) in kanadsko hudoletnico (*Conyza canadensis*). Te in še nekatere druge invazivne tujerodne vrste lahko predstavljajo resno grožnjo za degradirane in presvetljene gozdove po motnjah.

## ZAKLJUČKI

Vrste zeliščne in grmovne plasti so pomemben sestavni del gozdov, saj predstavljajo večinski delež biotske pestrosti gozdnih fitocenoz in ker imajo pomembno vlogo v različnih ekosistemskih procesih. Neposredno v konkurenci za svetlobo ter vodo in hranila v tleh pogosto vplivajo tudi na razvoj pomladka drevesnih vrst (Gilliam, 2007; Urbančič in sod., 2016). Razumevanje odzivanja različnih komponent gozdnega ekosistema na motnje ali različne stresne dejavnike je ključnega pomena za usmerjanje razvoja gozdnih sestojev.

Rahljanje sklepa drevesnih krošenj je pomemben ukrep, s katerim zagotavljamo raznolikost sestojne strukture in vegetacije ter preko katerega povečujemo tudi pestrost vrst v gozdu. Bolj odprt (presvetljen) sklep krošenj omogoča večjo dinamiko v pritalni vegetaciji (Kutnar in sod., 2016), kar je posledica predvsem povečanega dotoka svetlobe, intenzivnejšega sproščanja hranil ter spremenjenih medvrstnih in znotrajvrstnih odnosov.

Ugotovitve te študije lahko deloma prenesemo tudi na druge gozdne površine po večji površinski motnji, na katerih poteka sekundarni sukcesijski razvoj. V študiji smo analizirali kratkoročen odziv pritalne vegetacije le dve leti po izvedbi gozdnogojitvenih ukrepov (de Groot in sod., 2016). V nadaljnjih letih lahko pričakujemo, da se bodo v procesu sukcesijskega razvoja ponovno vraščale za ta gozdni tip značilne rastlinske vrste.

## VIRI IN LITERATURA

- Ares A., Neill A. R., Puettmann K. J. 2010. Understory abundance species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands. *Forest Ecol. Manag.* 260: 1104-1113.
- Atkinson B., Bailey S., Vaughan I. P., Memmott J. 2015. A comparison of clearfelling and gradual thinning of plantations for the restoration of insect herbivores and woodland plants. *J. Appl. Ecol.* 52: 1538-1546.
- Canham C. D., Marks P. L. 1985. The Response of Woody Plants to Disturbance: Patterns of Establishment and Growth. V: Pickett S. T. A., White P. S. (ur.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York, str. 197–217.
- Dakskobler I. 2008. Pregled bukovih rastišč v Sloveniji (A review of beech sites in Slovenia). *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 87: 3–14.
- Decocq G., Aubert M., Dupont F., Alard D., Saguez R., Wattez-Franger A., de Foucault B., Delelis-Dusollier A., Bardat J. 2004. Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to two silvicultural systems. *J. Appl. Ecol.* 41:1065-1079.
- De Groot M., Eler K., Flajšman K., Grebenc T., Marinšek A., Kutnar L., 2016. Differential short-term response of functional groups to a change in forest management in a temperate forest. *Forest Ecol. and Manag.* 376: 256–264.
- Dufrêne M., Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345–366.
- European Commission, 2014. EU Forests and Forest Related Policies. [http://europe.eu/environment/forests/home\\_en.htm](http://europe.eu/environment/forests/home_en.htm)
- Evropska komisija. 2017. Omrežje Natura 2000 in gozdovi, del I-II. Tehnično poročilo – 2015-088. 114 str. [http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/Final\\_Guide\\_N2000\\_Forests\\_Part\\_I-II-Annexes\\_sl.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/Final_Guide_N2000_Forests_Part_I-II-Annexes_sl.pdf)
- Eler K. 2007. Dinamika vegetacije travišč v slovenskem Submediteranu: doktorska disertacija (Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo). Ljubljana, samozaložba: 169 str.
- Graae B. J., Sunde P. B. 2000. The impact of forest continuity and management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Ecography* 23: 720–731.
- Gilliam F. S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest

ecosystems. *BioScience* 10: 845-858.

Grime J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111: 1169–1194.

Grime J. P. 2001. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. 2. izdaja, John Wiley & Sons, Chichester, VB, 456 str.

Javornik J. 2016. Spremembe pritalne vegetacije pragozdnih rezervatov Pečka in Strmec v obdobju 1983-2015: magistrska naloga – 2. stopnja (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 92 str.

Kelemen K., Mihók B., Gálhidy L., Standovar T. 2012. Dynamic response of herbaceous vegetation to gap opening in a Central European beech stand. *Silva Fennica* 46: 53–65.

Kogovšek T., Žitnik D. 2015. Gozdnogospodarski načrti in Natura 2000. *Gozdarski vestnik* 73/4: 214-216.

Kutnar L., Matijašič D., Pisek R. 2011. Conservation status and potential threats to Natura 2000 forest habitats in Slovenia. *Šumarski list*, 135 (5–6): 215–231.

Kutnar L., Eler K., Marinšek A. 2015. Effects of different silvicultural measures on plant diversity - the case of the Illyrian *Fagus sylvatica* habitat type (Natura 2000). *iForest - Biogeosciences and Forestry*, (early view) – doi: 10.3832/ifer1587-008 [online 2015-10-22].

Kutnar L., Marinšek A., Giancola C. 2016. Conservation of flora as a function of forestry. *Ital. J. of Agron.* 11: 49–55.

Lavorel S. 2013. Plant functional effects on ecosystem services. *J. Ecol.* 101: 4–8.

Lindenmayer D., Margules C., Botkin D. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conserv. Biol.* 14 (4): 941-950.

McGill B. J., Enquist B. J., Weiher E., Westoby M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol. Evol.* 21: 178-185.

McIntyre S., Lavorel S., Landsberg J., Forbes T. D. A. 1999. Disturbance response in vegetation - towards a global perspective on functional traits. *J. Veg. Sci.* 10: 621–630.

Moffatt S. F., McLachlan S. M. 2004. Understorey indicators of disturbance for riparian forests along an urban-rural gradient in Manitoba. *Ecol. Indic.* 4: 1-16.

Roberts M. R., Gilliam F. S. 1995. Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: implications for forest management. *Ecol. Appl.* 5: 969-977.

Onaindia M., Dominguez I., Albizu I., Garbisu C., Amezaga I. 2004. Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecol. Manag.* 195: 341-354.

Smith K. J., Keeton W. S., Twery M. J., Tobi D. R. 2008. Understorey plant responses to uneven-aged forestry alternatives in northern hardwood-conifer forests. *Can. J. For. Res.* 38: 1303-1318.

Šilc U., Čarni A. 2012. Conspectus of vegetation syntaxa in Slovenia. *Hacquetia* 11/1: 113-164.

Urbančič M., Kutnar L., Kobal M., Žlindra D., Marinšek A., Simončič P. 2016. Značilnosti tal in rastja na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov. *Gozdarski vestnik* 74, 1: 3-27.

Vallet J., Daniel H., Beaujouan V., Rozé F. 2008. Plant species response to urbanization: comparison of isolated woodland patches in two cities of North-Western France. *Landscape Ecol.* 23: 1205-1217.

Van der Mareel E. 2005. *Vegetation ecology*. ZDA, Blackwell Publishing, 408 str.

Vilhar U., Roženberger D., Simončič P., Diaci J. 2014. Variation in irradiance soil features and regeneration patterns in experimental forest canopy gaps. *Ann. Forest Sci.* 72: 253-266.

Violle C., Navas M.-L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116: 882-892.

Zenner E. K., Kabrick J. M., Jensen R. G., Peck J. E., Grabner J. K. 2006. Response of ground flora to a gradient of harvest intensity in the Missouri Ozarks. *Forest Ecol. Manag.* 222: 326-334.

## ZAHVALA

Študija je bila financirana v okviru evropskega projekta LIFE+ ManFor C.BD (LIFE09 ENV/IT/000078) ter podprta s strani Raziskovalnih programov P4-0107 (Gozdna ekologija, biologija in tehnologija) in P4-0085 (obe financira Agencija RS za raziskovalno dejavnost). Prispevek je bil pripravljen v okviru usposabljanja mladega raziskovalca (Janez Kermavnar), ki ga financira ARRS.



# ČASOVNO ZAPOREDJE LISTNE FENOLOGIJE, DEBELINSKE RASTI IN KSILEMSKEGA TOKA VODE PRI PUHASTEM HRASTU (*Quercus pubescens* Willd.) S PODGORSKEGA KRASA

**Martina LAVRIČ<sup>1</sup>, Klemen ELER<sup>2,3</sup>, Mitja FERLAN<sup>3</sup>, Dominik VODNIK<sup>2</sup>, Jožica GRIČAR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za prirastoslovje in gojenje gozda, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup>Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

<sup>3</sup>Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

## IZVLEČEK

Napovedi podnebnih sprememb predvidevajo, da se bo pogostost izrednih vremenskih dogodkov, kot so suše, poplave, visoke temperature in zmrzali, v prihodnosti še povečala in s tem pomembno vplivala na spreminjanje gozdnih ekosistemov. V okoljih s pogostimi sušami, kot je sredozemska regija, pomanjkanje vode pomembno omejuje razširjanje drevesnih vrst in njihovo uspevanje v bližnji prihodnosti. Sušni stres je pri drevesih zajet v strukturi lesa. Velikosti trahej so naprimer kazalnik razpoložljivosti vode v tleh v času njihovega razvoja, njihove značilnosti pa vplivajo na pretok vode po drevesu. Pri drevesnih vrstah, ki rastejo na robnih območjih s pogostim pojavom izrednih vremenskih dogodkov, je informacij o povezavah med podnebnimi dejavniki, debelinsko rastjo in lesno-anatomskimi značilnostmi zelo malo. Predvsem primanjkuje študij o sezonski dinamiki nastanka lesa in floema v kombinaciji z ekofiziološkimi meritvami.

Puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) običajno raste na območjih s sredozemskim podnebjem po celem svetu. V Sloveniji je puhasti hrast najbolj razširjen v JZ delu na območju Krasa, kjer je ena izmed avtohtonih drevesnih vrst. V tej regiji prevladuje submediteransko podnebje, katerega zaznamujejo precej ostre zime ter pogosta obdobja suhih in vročih poletnih suš, ki znatno vplivajo na rast rastlin in delovanje ekosistema. Za preživetje v takšnem okolju je puhasti hrast razvil različne mehanizme in prilagoditve, kot so strategija povečane fotosintetske asimilacije, globlje ukoreninjenje in vzdrževanje relativno visoke stomatalne prevodnosti pri nizkih vodnih potencialih ter »konzervativna raba vode«, ki mu omogoča, da se med sušo zaradi pomanjkanja vode ne izogiba stresu, temveč se mu prilagodi s strategijo varčevanja vode, kar doseže s progresivnim zapiranje listnih rež s postopnim in obsežnim zmanjšanjem vodnega potenciala pred zoro. Omenjeni mehanizmi in prilagoditve puhastemu hrastu omogočajo, da uspešno preprečuje pomanjkanje vode ter ohranja pozitivno bilanco ogljika, s čimer podpira svojo rast in preživetje. Zaradi svoje plastičnosti v debelinski rasti je puhasti hrast izredno ekološko pomemben, saj je eden glavnih graditeljev gozdov, ki preprečujejo degradacijo najbolj občutljivih, plitvih in sušnih kraških tal. Kljub njegovi pomembnosti na submediteranskih območjih v Sloveniji, so informacije o njegovi rasti in strategijah preživetja pomanjkljive.

Raziskali smo dinamiko rasti puhastega hrasta na Podgorskem krasu v rastni sezoni 2014 s posebnim poudarkom na nastajanju floema. Z združitvijo anatomskega, ekofiziološkega in

ekološkega pristopa smo obravnavali tri glavne cilje: 1) določitev glavnih mejnikov nastajanja ksilemske in floemske branike; 2) primerjava časovne dinamike razvoja listov, oblikovanja ksilema in floema ter ksilemskega toka vode s poudarkom na začetek rastne sezone; 3) ovrednotenje anatomskih in ekofizioloških meritev v povezavi z vremenskimi dejavniki.

V rastni sezoni 2014 smo na zaraščajočem kraškem travniku izbrali pet navidezno zdravih in vitalnih osebkov puhastega hrasta, na katerih smo opravili i) vzorčenje mikro-izvrтков z orodjem Trepbor; ii) kontinuirane meritve ksilemskega toka vode; iii) fenološka opazovanja in meritve indeksa listne površine. Meteorološke parametre smo pridobili iz mikrometeorološkega stolpa, ki se nahaja v bližini raziskovalne ploskve. Statistične analize so bile opravljene v programskem okolju R.

Ugotovili smo, da so razvoj listov, nastanek ksilema in floema ter ksilemski tok vode soodvisni na začetku rastne sezone. V obdobju med sredino aprila in sredino maja se je indeks listne površine povečeval linearno z razvojem listov. Njegova vrednost se je povečevala še tri tedne po polnem olistanju krošenj, kar nakazuje na povečanje obsega krošnje z razvojem novih poganjkov. V tem obdobju se je ksilemski tok vode prav tako linearno povečeval in kaže na to, da je že potekal transport vode do novih razvijajočih se listov. Pretežni del lesne in floemske branike je nastal v obdobju april-junij. Posebna strategija puhastega hrasta je, da precejšen del ksilemskega prirastka razvije že v obdobju nabrekanja brstov (28 %) in polnega olistanja (40 %). Prvi venec trahej v ranem lesu se oblikuje pred odpiranjem brstov, kar omogoča takojšen transport vode, ko se razvijejo prvi listi. Puhasti hrast se s tem zavaruje pred poškodbami zaradi zmanjšane hidravlične prevodnosti vode v primeru otiljenja trahej ranega lesa v braniki nastali v prejšnji rastni sezoni. Razvoj prvih trahej pred olistanjem predstavlja uspešno strategijo preživetja puhastega hrasta na rastiščih s pogostimi poletnimi sušami. Celice floema so se začele tvoriti že približno tri tedne prej kot celice lesa. Prve sitaste celice floema nastanejo iz dormantnih kambijevih celic še pred začetkom kambijevih celičnih delitev. Tako je v času nabrekanja brstov nastalo 22 % floemske branike in v času do polnega olistanja 33 %. Rezultati kažejo, da je zgodnji nastanek floemskih celic spomladi za drevo zelo pomembno z vidika povezave med založnimi tkivi in razvijajočimi se listi. Ravno tako floem sodeluje pri transportu ogljikovih hidratov, ki so potrebni pri nastanku prvega venca trahej ranega lesa pred razvojem listov.

Razumevanje soodvisnosti listne fenologije, sezonske debelinske rasti in drevesne fiziologije je izrednega pomena pri razumevanju preživitvenih strategij drevesnih vrst v različnih okoljih. Koliko je časovno zaporedje proučevanih procesov pri puhastem hrastu nespremenljivo in vnaprej določeno in v koliki meri odvisno od okoljskih razmer, je potrebno preveriti z večletnimi meritvami, ki bodo vključevale tudi izredne vremenske dogodke (npr. suša, požar), značilne za tovrstna okolja.

#### ZAHVALA

Pripravo prispevka so omogočili Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, program mladih raziskovalcev (Martina Lavrič), raziskovalna programa P4-0107 in P4-0085 ter projekta J4-7203 in EUFORINNO (RegPot No. 315982).

#### VIRI

Lavrič M., Eler K., Ferlan M., Vodnik D., Gričar J. 2017. Chronological Sequence of Leaf Phenology, Xylem and Phloem Formation and Sap Flow of *Quercus pubescens* from Abandoned Karst Grasslands. *Frontiers in Plant Science*, 8, 314: 1-11

# EKTOMIKORIZNI SIMBIONTI BELE JELKE (*Abies alba* Mill.)

**Tina UNUK, Tine GREBENC**

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

E-naslov: [tina.unuk@gozdis.si](mailto:tina.unuk@gozdis.si)

Bela jelka je ektomikorizna drevesna vrsta, ki tvori sožitje z več vrstami askomicet in bazidiomicet. Ektomikoriza (ECM) omogoča rastlinam boljši privzem hranil in vode, ter posledično izboljša rast celotne rastline in zaščito koreninskega sistema pred objedanjem. Kljub temu, da sta biologija in ekologija bele jelke dobro poznana in raziskana, za ektomikorizne glive na jelki ne moremo trditi enako. V primerjavi z drugimi ektomikoriznimi drevesnimi vrstami je na beli jelki malo identificiranih tipov ECM, obstoječi podatki pa temeljijo predvsem na morfološko-anatomskih opisih makro- in mikroskopskih lastnosti ektomikoriznih gliv ter trosnjakov. Šele v zadnjih letih je bilo objavljenih tudi nekaj študij, v katerih so avtorji za identifikacijo ECM bele jelke uporabili analize molekularnih markerjev.

Vzorčenje ECM in drobnih korenin bomo izvedli v dveh koledarskih letih, z standardizirano sondo za vzorčenje. Vzročili smo enkrat mesečno, v obdobju od marca do novembra. Ektomikorizne korenine smo v prvem koraku ločevali z morfološko-anatomsko metodo. V naslednjem koraku smo izbrane morfotipe identificirali s primerjavo nukleotidnih zaporedij ITS regije v jedrni rDNA z mednarodnimi bazami podatkov. Dobljena nukleotidna zaporedja smo primerjali z bližnje sorodnimi zaporedji s filogenetsko analizo.

Analizirali smo 40,500 ektomikoriznih korenin bele jelke, na katerih smo v prvem koraku ločili 25 različnih morfotipov, med njimi pa v naslednjem koraku z molekularno analizo določili 35 različnih taksonov/vrst ektomikoriznih simbiotnov bele jelke. Najpogosteje so se v simbiozi z belo jelko pojavljale vrste *Cenococcum geophilum*, *Lactarius salmonicolor*, *Russula* sp., *Clavulina* sp., *Tomentella* sp., *Inocybe* sp., *Sebacina* sp., *Amanita* sp., *Xerocomus* sp., *Boletus* sp., *Tylospora* sp., *Tricholoma* sp., in *Cortinarius* sp..

Z analizo pestrosti ECM simbiotnov bele jelke smo dokazali visoko vrstno pestrost ECM na beli jelki. Z medsebojnimi primerjavami pestrosti na časovni skali vzorčenja smo potrdili prisotnost ter vitalnost združbe ektomikoriznih gliv na beli jelki preko celega leta, ob hkratni spremembi sestave združbe glede na letni čas. Z prvo analizo pojavljanja ektomikoriznih simbiotnov bele jelke v Sloveniji smo bistveno prispevali k poznavanju pestrosti ektomikorize ter prostorski in časovni dinamiki združbe ECM gliv na beli jelki.

# RAZISKAVE GOMOLJIK IN MOŽNOSTI GOJENJA V SLOVENIJI

**Tine Grebenc, Tina Unuk**

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana

Gomoljike so glive, ki tvorijo trosnjake (gobe) v tleh in živijo v ektomikorizi z večino ektomikoriznih drevesnih in grmovnih vrst v zmernih klimatih. Gomoljike so zaradi svojih organoleptičnih lastnosti in načina tvorbe trosnjakov, ki otežuje njihovo nabiranje, visoko cenjene vrste gliv v Sloveniji in v številnih državah po svetu. Številne vrste gomoljik rastejo na naravnih rastiščih v nekaterih delih države ali po celotni Sloveniji (Grebenc et al. 2012). Več vrst gomoljik lahko uspešno gojimo v nasadih, kjer gozdno drevesno vrsto okuženo z izbrano vrsto gomoljike gojimo v sistemu, na katerem izvajamo ustrezne kmetijsko-gozdarske prakse. V pregledu dejavnosti na področju raziskovanja gomoljik, ki smo jih na Gozdarskem inštitutu Slovenije izvajali v zadnjih desetih letih, se bomo osredotočili predvsem na študije razširjenosti gomoljik v Sloveniji ter njihovo genetsko in ekološko pestrost, njihov potencial preživetja v predvidenih klimatskih razmerah ter možnostih in omejitvah gojenja v nasadih.

## PESTROST GOMOLJIK V SLOVENIJI

Gomoljike se na področju Slovenije verjetno izkorišča že iz rimskih časov, prvi zapis njihove najdbe, konkretno najdbe danes veljavne vrste *Tuber aestivum*, pa je iz časa Scopolija (1771). O kasnejšem iskanju gomoljik, njihovi pestrosti in izkoriščanju na področju Slovenije, pisnih virov praktično ni. Prvič na ravni države sta vrstno pestrost gomoljik (rod *Tuber*) in drugih rodov podzemnih gliv zbrala Piltaver in Ratoša (2006), ki sta našla 13 vrst in več morfoloških varietet vrst iz rodu *Tuber*, ter hkrati analizirala tudi ostale najdene rodove podzemnih gliv. V zadnjih deset letih smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije zbrali preko 1200 vzorcev iz rodu *Tuber* in še vsaj 500 vzorcev iz drugih rodov podzemnih gliv (Grebenc et al., neobjavljeno), mnoge od katerih smo analizirali tudi z molekularnimi pristopi. Filogenetska analiza okoli 500 vzorcev različnih morfoloških vrst gomoljik je pokazala večjo pestrost rodu, kot bi sklepali na osnovi morfoloških določitev (Marjanović et al., 2010; Grebenc et al., 2015a, b), kar je v skladu z opažanjem velike filogenetske pestrosti rodu *Tuber*, v katerem je na globalni ravni zabeleženih vsaj 180 različnih vrst (Bonito et al. 2010). Velika genetska pestrost predstavlja vir morebitnih novih vrst tako za Slovenijo, kot za širše področje Dinaridov in globalno (Milenković et al. 2015).

## DISTRIBUCIJA GOMOLJIK GLEDE NA EKOLOŠKE LASTNOSTI MIKRORASTIŠČ

Gomoljike so ektomikorizne glive, ki lahko tvorijo sožitje z večino ektomikoriznih drevesnih in grmovnih vrst v zmernih klimatih, najdemo pa jih tudi v toplejših regijah severne poloble in prenesene v večino svetovnih področij z mediteranskim podnebjem (Reyna in Garcia-Barreda, 2014). V zadnjih dveh desetletjih smo podzemne glive iz rodu *Tuber* našli ali načrtno uspešno vnesli tudi v neotrope (Grupe et al. 2017) in v področja znotraj borealnega pasu (Shamekh et al. 2013). Široka klimatska razširjenost kaže, da klima ni bistveni dejavnik razširjenosti, ampak moramo vzroke za razširjenost iskati drugje. Za nekatere vrste gomoljik smo potrdili, da se različni haplotipi razprostirajo na območjih, ki odgovarjajo poledenodobnim migracijskim potem potencialnih drevesnih partnerje gomoljik v ektomikorizi (Grebenc et al. 2011; Murat et al. 2013). Širok nabor potencialnih rastlinskih partnerjev v ektomikorizi (Benucci et al. 2011), geografska razširjenost (Bonito et al. 2010) ter razširjenost potencialnih naravnih rastišč več vrst gomoljik v Sloveniji (Grebenc in Kobler 2013; Ogris et al. 2014) nudi široke možnosti gojenja izbranih vrst tudi v nadzorovanih nasadih.

## MOŽNOSTI GOJENJA GOMOLJIK IN RAZVOJ VZPOREDNI DEJAVNOSTI IN STORITEV

Znanje o gomoljках, gojenju gomoljik in njihovem izkoriščanju je v Sloveniji, v primerjavi z nekaterimi drugimi evropskimi državami, še vedno ni doseglo kritičnega obsega, ki bi zagotavljal široko in vsem dostopno možnost pri odločanju za gojenje in uporabo gomoljik. S sistematičnim ozaveščanjem in izobraževanju postopno odkrivamo nujnost ustreznih znanj, ki so predpogoj za uspešnejše gojenje gomoljik. Hkrati razvijamo in spodbujamo tudi možnosti, ki jih gomoljike in gojenje gomoljik nudijo na področju gozdarstva in kmetijstva ter več povezanim panogam.

Bistvene ovire na poti gojenja gomoljik na področju Slovenije so (Grebenc et al. 2017):

- Slabo poznavanje biologije gomoljik, njihove pestrosti in rastiščnih zahtev posameznih vrst. Posledično se potencialni gojitelji bodisi ne odločajo za gojenje, ali vzpostavljajo nasade v manjšem obsegu, praviloma z malo ali brez predpriprav v nasade ter seveda posledično z manjšim ali celo povsem brez uspeha pri proizvodnji. Slabe izkušnje dolgoročno negativno vplivajo na odločitve za širitev nasadov ali na njihov vzpostavljanje na sploh.
- Omejujoča nacionalna zakonodaja v preteklosti in tudi še sedaj, ki je tekom desetletij dodatno mystificirala gomoljike, še danes pa ni v prid intenzivnim proizvodnjam v t. i. kmetijsko-gozdarskih sistemih.
- Nepovezanost potencialnih gojiteljev, ki posledično pomeni pomanjkanje prenosa znanj in izkušenj, specifičnih za gojenje v razmerah v Sloveniji, zmanjšuje možnosti povezovanja in organiziranja v obliki interesne skupine.
- Predvsem izhajajoč iz nepovezanosti potencialnih ali dejanskih gojiteljev izhaja tudi nepoznavanje oziroma neizkoriščenost možnosti, ki jih gojenje gomoljik nudi nekateri drugim gospodarskim panogam, predvsem turizmu, šolstvu, pa tudi raziskovalnim institucijam in drugim področjem.

Gojenje gomoljik je dolgoročna investicija saj gomoljike dosežejo plodno obdobje po najmanj 3-8 letih, kar pomeni, da je gojenje gomoljik strošek vsaj prvih 8 let od začetka. V tem obdobju ni proizvodnje gomoljik. Po začetku proizvodnje faze se investicija praviloma povrne v 3 do 8 letih produkcije gojenja (Chevalier and Frochot 1997). Najstarejša območja gojenja gomoljik, z v rastlinjakih okuženimi sadikami, v Evropi so bila vzpostavljena v 70ih in 80ih letih in proizvajajo že 25 do 30 let.

Postopek dobre prakse pri vzpostavitvi in vzdrževanju nasadov lahko strnemo v nekaj točk (Grebenc, 2017):

- Pridobitev znanj o gojenju gomoljik
- Izbor in pridobitev ustrezne lokacije
- Priprava lokacije in zasaditev nasada
- Vzdrževanje nasada do produkcije
- Produkcija, vzdrževanja nasada v času produkcije in spremljanje dinamike produkcije
- Odstranitev nasada in povrnitev zemljišča v izhodno stanje

Gojenje gomoljik je v Sloveniji še v začetnih fazah. Vzpostavljenih je bilo prvih nekaj večjih nasadov, ki glede na način vzpostavitve kažejo dobre možnosti za uspešno gojenje. Še vedno pa glede na tujino obstajajo nekatere zakonske ovire (Kovič Dine, 2017), ki jih potencialni gojitelji morajo upoštevati a hkrati ne predstavljajo bistvene ovire za gojenje in razvoj novih vsebin, ki jih gojenje gomoljik omogoča (Grebenc in Drolc, 2016)

## VIRI

- Benucci GMN, Raggi L, Alberini E, Grebenc T, Bencivenga M, Falcinelli M, Di Massimo G 2011. Ectomycorrhizal communities in a productive *Tuber aestivum* Vittad. Orchard: composition, host influence and species replacement. *FEMS Microbiology Ecology* 76:170–184.
- Bonito GM, Gryganskyi AP, Trappe JM, Vilgalys R 2010. A global meta analysis of *Tuber* ITS rDNA sequences: species diversity, host associations and long distance dispersal. *Molecular Ecology* 19(22): 4994-5008.
- Chevalier G, Frochot H 1997. La truffe de Bourgogne (*Tuber uncinatum* Chat.): histoire, biologie, écologie, culture, récolte, gastronomie. Pétrarque, Levallois-Perret.
- Grebenc T 2017. Vzpostavitev in vzdrževanje nasadov za gojenje gomoljik. V: Grebenc et al. Gojenje gomoljik v Sloveniji – možnosti in priložnosti (v tisku)
- Grebenc T, Bajc M, Kraigher H 2010. Post-glacial migrations of mycorrhizal plants and ectomycorrhizal partners : an example of the genus *Tuber*. *Les* 62 (5): 149-154.
- Grebenc T, Bajc M, Martin MP, Ratoša I, Suz LM, Benucci GMN, Kraigher H, Marjanović Z 2012. Phylogeography and haplotype distribution of European hypogeous ectomycorrhizal fungi (truffles). V: BIT's 2nd annual world congress of microbes-2012 : July 30 - August 1, 2012, Guangzhou, China. 204 st.
- Grebenc T, Benucci GMN, Karadlev M, Martin MP, Kraigher H 2015a. Diversity and distribution of native truffle species (*Tuber* spp.) in Europe. V: ICOM 8 : abstracts, [Eight International Conference on Mycorrhiza (ICOM 8) „Mycorrhizal Integration Across Continents & Scales“, August 3-7, 2015, Arizona, Northern Arizona University]. Flagstaff, Arizona: Northern Arizona University, 2015, st. 66.
- Grebenc T., Martin MP, Sulzbacher MA, Karadlev M, Benucci N, Ballian D, Lukič T, Lazarević J, Kraigher H 2015b. Hypogeous fungi diversity and ecology in SE Europe. V: KRAIGHER, Hojka (ur.). EUFORIA : European forest research and innovation area : programme and book of abstracts, The Final EUFORINNO Conference, 31st August - 4th September 2015, Rogla, Slovenia, (EUFORINNO - European Forest Research and Innovation). Ljubljana: Slovenian Forestry Institute, Silva Slovenica Publishing Centre, 2015, st. 55. <http://eprints.gozdis.si/id/eprint/1440>.
- Grebenc T, Drolc T 2016. Nasadi gomoljik ponujajo razvoj številnih turističnih produktov in doživetij za turista. V: Žohar F. Zbornik IX. Posveta Delovanja Skupnih občinskih uprav v Sloveniji, Ljubno, marec 2016, 163 st.
- Grebenc T, Kobler A 2013. Truffles and their potential distribution under predicted climate change. V: Fungi and environmental change : programme & abstract booklet : Cardiff University Conference Centre, Tuesday 10th September, 2013 - Friday 13th September 2013, st. 40.
- Grupe AC, Sulzbacher MA, Grebenc T, Smith M, Bonito GM 2017. *Tuber brennemanii* and *Tuber floridanum*: two new *Tuber* species (Pezizales, Ascomycota) are among the most commonly detected ectomycorrhizal taxa within commercial pecan (*Carya illinoensis*) orchards. (submitted).
- Kovič Dine M 2017. Pregled zakonodaje s področja gojenja gomoljik v državah EU v primerjavi s Slovenijo. V: Grebenc et al. Gojenje gomoljik v Sloveniji – možnosti in priložnosti (v tisku)
- Marjanović Ž, Grebenc T, Marković M, Glišić A, Milenković M. 2010. Ecological specificities and molecular diversity of truffles (genus *Tuber*) originating from mid-west of the Balkan Peninsula. *Sydowia* 62(1)273-291.
- Milenković M, Grebenc T, Marković M, Ivančević B 2015. *Tuber petrophilum*, a new truffle species from Serbia. *Mycotaxon* 130: 1141-1152. doi: [10.5248/130.1141](https://doi.org/10.5248/130.1141).
- Murat C, Rubini A, Riccioni C, De la Varga H, Akroume E, Belfiori B, Guaragno M, Le Tacon F, Robin C, Halkett F, Martin F, Paolocci F 2013. Fine-scale spatial genetic structure of the black truffle (*Tuber melanosporum*) investigated with neutral microsatellites and functional mating type genes. *New Phytologist* 199: 176–187. doi:10.1111/nph.12264
- Ogris N, Piltaver A, Jurc D 2014. Ocena potencialnega obroda samoniklih tržnih vrst gob v slovenskih gozdovih. *Acta Silvae et Ligni* 103: 67-84.

- Piltaver A, Ratoša I 2006. Prispevek k poznavanju podzemnih gliv v Sloveniji. *Gozdarski vestnik* 64 (7/8): 303-312, 329-330.
- Reyna S, Garcia-Barreda S 2014. Black truffle cultivation: a global reality. *Forest Systems* 23(2): 317-328.
- Scopoli GA 1771. *Flora Carniolica : exhibens plantas Carnioliae indigenas et distributas in classes, genera, species, varietates, ordine Linnaeano (Editio secunda aucta et reformata)*. Impensis Ioannis Pauli Krauss, Bibliopolae Vindobonensis.
- Shamekh S, Grebenc T, Leisola M, Turunen O 2013. The cultivation of oak seedlings inoculated with *Tuber aestivum* Vittad. in the boreal region of Finland. *Mycological progress* 13(2): 373-380. doi: [10.1007/s11557-013-0923-5](https://doi.org/10.1007/s11557-013-0923-5).

# OSREDNJI ELEKTRONSKI INFORMACIJSKI SISTEM O INVAZIVNIH TUJERODNIH VRSTAH V SLOVENIJI

**Nikica OGRIS<sup>1</sup>, Aleksander MARINŠEK<sup>1</sup>, Andrej VERLIČ<sup>1</sup>, Andreja KAVČIČ<sup>1</sup>, Barbara PIŠKUR<sup>1</sup>, Jana Kus VEENVLIET<sup>2</sup>, Lado KUTNAR<sup>1</sup>, Sonja ROZMAN<sup>3</sup>, Maarten DE GROOT<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana

<sup>2</sup> Zavod Symbiosis, so. p. Metulje 9, 1385 Nova vas, Slovenija

<sup>3</sup> Zavod RS za varstvo narave, Tobačna ulica 5, 1000 Ljubljana

## POVZETEK

Invazivne tujerodne vrste (ITV) predstavljajo večplasten problem sodobne družbe in ekosistemov. ITV izpodrivajo domorodne vrste, rušijo občutljivo ravnovesje ekosistemov, poslabšujejo njihovo odpornost in onemogočajo njihovo trajnostno rabo. Večina vnosov ITV je nenamernih in so posledica globalne trgovine ali migracij ljudi. Izkoreninjenje ITV je lahko učinkovito le, če ITV odkrijemo dovolj zgodaj, ko se pojavlja še v zelo omejenem obsegu, in se hitro odzovemo z ustreznimi zatiralnimi ukrepi. Prav to je ena od nalog projekta LIFE ARTEMIS (LIFE15 GIE/SI/000770), katerega cilj je osveščanje, usposabljanje in ukrepanje za ITV v gozdu. Omenjeni projekt bo vzpostavil sistem za zgodnje odkrivanje in hitro odzivanje na najdbe ITV v Sloveniji (sistem ZOHO). Pomemben del sistema ZOHO je javni elektronski informacijski sistem za zbiranje podatkov o razširjenosti ITV v Sloveniji. Razvili in vzpostavili smo elektronski informacijski sistem, ki smo ga poimenovali Invazivke in vključuje namizno, spletno in mobilno aplikacijo. Sistem Invazivke je zastavljen tako, da bo povezoval več obstoječih informacijskih sistemov, ki že zbirajo podatke o ITV. Spletna in mobilna aplikacija sta namenjena splošni javnosti, namizna aplikacija pa je namenjena za zaposlene v Javni gozdarski službi (Zavod za gozdove Slovenije in Gozdarski inštitut Slovenije).

Spletna aplikacija je na voljo na naslovu <https://www.invazivke.si>. Javni del spletne aplikacije Invazivke omogoča pregled preverjenih in potrjenih najdb ITV v Sloveniji. Podatke si lahko vsak obiskovalec spletne strani ogleda v javnem pregledovalniku v obliki preglednice ali na spletni interaktivni karti, na voljo pa je tudi več spletnih storitev za prenos podatkov za osebno nekomercialno rabo, npr. v formatu Microsoft Excel, Adobe PDF, ESRI ArcGIS Server MapServer, OpenGIS Web Map Service Interface Standard (WMS) in OGC Web Feature Service 2.0 Interface Standard (WFS).

V spletni aplikaciji Invazivke se lahko obiskovalec naroči na obveščanje o novih najdbah ITV za vse ali le za izbrane vrste. Naročnik prejme avtomatsko generirano obvestilo na svoj e-poštni naslov enkrat na dan.

Za vnos podatkov v sistem Invazivke se lahko registrira kdorkoli, saj gre za sistem, ki je namenjen splošni javnosti. Za registracijo je potreben samo veljaven e-poštni naslov, preko katerega poteka aktivacija uporabniškega računa in vsa ostala komunikacija. Podatkovna shema sistema Invazivke je zasnovana tako, da zahteva vnos samo najnujnejših podatkov o pojavu ITV: vrsta, datum najdbe in lokacija (koordinati X in Y). Zapis najdbe lahko dopolnimo z oceno števila osebkov, oceno površine, kjer se ITV nahaja in dodatnimi opombami. Lokacijo lahko vnesemo v obliki koordinat ali s pomočjo interaktivne spletne karte. Vsako najdbo preveri



pooblaščenec za posamezno taksonomsko skupino. Preverjanje podatkov poteka na osnovi fotografij. V primeru, ko vrste iz fotografij ni mogoče potrditi, se pravilnost določi na podlagi dodatnih informacij, pridobljenih s komunikacijo z najditeljem ali s terenskim pregledom lokacije in odvzemom vzorca.

Mobilna aplikacija Invazivke za operacijski sistem Android je brezplačna in je na voljo za prenos na Googlovi tržnici Google Play. Namenjena je terenskemu zbiranju podatkov s pametno napravo, ki vključuje senzor GPS in digitalni fotoaparati. To nam omogoča, da z napravo avtomatsko zajamemo lokacijo (točni koordinati X in Y) in fotografijo, kar močno olajša in pospeši vnos podatkov. Uporabniku tako ostane le ročna izbira vrste iz spustnega seznama. V aplikaciji je na voljo tudi priročnik z opisom ITV, vključno s slikovnim gradivom za lažjo identifikacijo najdenega organizma. Mobilna aplikacija Invazivke omogoča beleženje najdb ITV brez internetne povezave. Izmenjava podatkov z osrednjim strežnikom poteka na zahtevo uporabnika, ko je priključen v medmrežje in se izvede po postopku sinhronizacije.

Del spletne in mobilne aplikacije Invazivke je seznam ITV z njihovimi opisi. Opis posamezne vrste vključuje fotografije najznačilnejših simptomov, izvor vrste, poti vnosa, seznam sosednjih držav, kjer se vrsta že pojavlja, obdobje zaznavnosti in aktivnosti vrste, opis habitata, statusa, vpliva in seznam podobnih vrst skupaj z opisi razlikovalnih znakov.

Sistem Invazivke vključuje modul, ki skrbi za avtomatsko obveščanje uporabnikov o pravilnosti njihovih najdb. Obvestilo se samodejno generira enkrat na dan in vključuje povzetek vseh najdb uporabnika, ki so jih izvedenci za taksonomske skupine v tem dnevu preverili. Sistem je zasnovan tako, da podpira obojestransko komunikacijo med najditeljem in strokovnjaki za ITV. Sistem Invazivke je zastavljen tako, da bo sčasoma povezoval več obstoječih informacijskih sistemov, ki že zbirajo podatke o ITV. S povezovanjem različnih podatkovnih zbirk ITV v osrednjo podatkovno zbirko pridobimo celovitejšo informacijo o pojavljanju in razširjenosti ITV v Sloveniji, vsi člani konzorcija pa s povezovanjem svojih zbirk pridobijo dodano vrednost le-teh. V sistem Invazivke je predviden uvoz podatkov iz naslednjih sistemov: računalniške aplikacije Varstvo gozdov, ki jo uporablja Zavod za gozdove in Gozdarski inštitut Slovenije; računalniške aplikacije UVH-APL, ki jo uporablja Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin; podatke Zavoda Symbiosis in Botaničnega društva Slovenije, ki so bili zbrani prek spletne aplikacije v okviru projekta Thuja 2; podatkov popisa ITV Mestne občine Ljubljana, ki so bili zbrani v okviru projekta Popis flore znotraj obvoznice mesta Ljubljana s poudarkom na tujerodnih invazivnih rastlinskih vrstah. Izmenjava podatkov med omenjenimi sistemi bo potekala samodejno vsak dan. Predvidevamo tudi prenos podatkov iz sistema Invazivke v GBIF (Global Biodiversity Information Facility). V prenos bodo vključeni samo preverjeni podatki, ki niso zaupne narave.

Če povzamemo – vzpostavili smo osrednji informacijski sistem za beleženje ITV na območju Slovenije. Sistem Invazivke je javen in odprt za vse zainteresirane uporabnike, ki se zavedajo pomena in vpliva ITV na naravo in družbo. Verjamemo, da bo informacijski sistem Invazivke pripomogel k zgodnejšemu odkrivanju ITV in s spodbujanjem komunikacije o ITV sprožil hitrejšo ukrepanje, kar je eden ključnih elementov sistema ZOHO pri izkoreninjanju ITV.

# BOBROVI JEZOVI – NE KAKO SE JIH ZNEBITI AMPAK KAKO JIH OHRANITI

**Saša VOCHL**

Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana

E-naslov: [sasa.vochl@gozdis.si](mailto:sasa.vochl@gozdis.si)

## IZVLEČEK

Bober je ključna vrsta in ekosistemski inženir vodnih ter obvodnih ekosistemov. Največji vpliv na ekosistem ima z gradnjo jezov, s katerimi upočasnijo vodni tok in zvišajo nivo vodne gladine, ter s tem oblikujejo ugodnejše habitatske razmere ne le sebi temveč tudi drugim živim organizmom. Bober s svojo dejavnostjo vpliva na mozaično zgradbo ekosistema, pestrost habitatov in biodiverzitetu. Bobrovi jezovi so v kulturni krajini pogosto vir konfliktov z ljudmi, saj lahko poplavljujejo zemljišča in infrastrukturo. Razvoj sistemov za uravnavanje višine vodne gladine v zaježitvi je omogočil razreševanje konfliktov na način, kjer bobra in njegov jez z vsemi pozitivnimi učinki obdržimo v okolju.

**Ključne besede:** bober, bobrov jez, vpliv bobrovih jezov, mokrišča, konflikti z bobrom, preprečevanje negativnih posledic poplav, sistemi za uravnavanje višine vodne gladine

V primerjavi z večino živalskih vrst, ki se poskušajo razmeram v habitatu prilagoditi, bober z gradnjo jezov, bobrišč, kopanjem kanalov in brlogov v rečne brežine, svoj habitat aktivno spreminja. S spreminjanjem vodnih in obvodnih ekosistemov ima vpliv na druge živalske vrste. Te v njegovi bližini najdejo primerna skrivališča, mesta za razmnoževanje in hranjenje. Bober je prepoznan kot ključna vrsta, saj so od njegove prisotnosti in delovanja odvisni številni živi organizmi (Naiman in sod., 1988). Največji vpliv na ekosisteme ima bober z gradnjo jezov (Collen in Gibson, 2001).

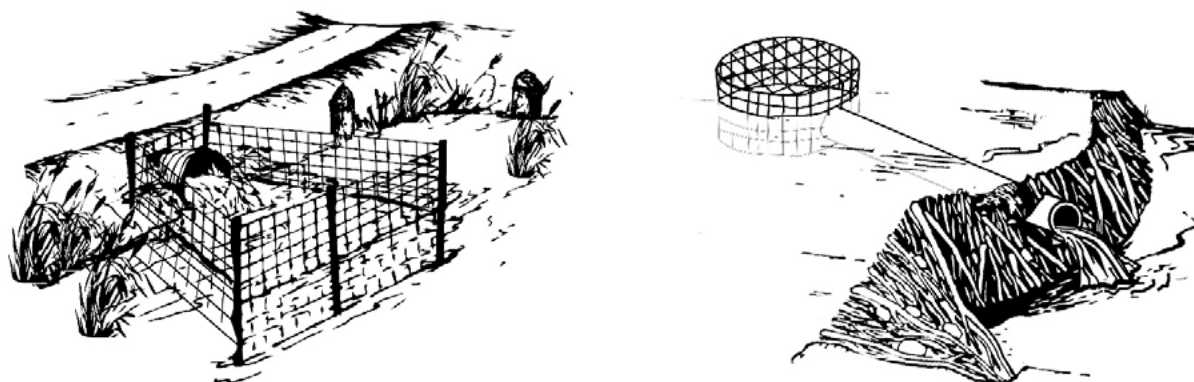
Razlika v hitrosti vodnega toka pred in za jezom privablja tako žuželke stoječih voda kot so kačji pastirji (*Odonata*) in komarji (*Culicidae*), kot tudi mladoletnice (*Trichoptera*) ter črne mušice (*Simuliidae*), vrste tekočih voda. Zaježitve so ugoden življenjski prostor za dvoživke in plazilce. Bober ustvarja naravna okolja imenovana mokrišča, kjer svoj habitat med drugim najde tudi ogrožena vrsta želve, močvirna sklednica (*Emys orbicularis*). V času razmnoževanja in selitve, v bližini bobrovih jezov najdejo zatočišča različne vrste ptic. Obilica različne rastlinske vegetacije privablja srnjad (*Capreolus capreolus*) in jelenjad (*Cervus elaphus*) (Janiszewski in sod., 2014). Pestrost živalstva in rastlinstva odpira priložnosti za lov, ribolov, eko-turizem in druge oblike rekreacije v naravi (Campbell in sod., 2007). V luči klimatskih sprememb in vse pogostejših dolgotrajnih sušnih obdobj, ima bober vse večji pomen, saj z oblikovanjem mokrišč prispeva k zadrževanju vode (Bird in sod., 2011). Jez lahko vodno gladino zviša tudi do pol metra, v izjemnih primerih celo do 1 m. V zaježitvi se v povprečju zadržuje okrog 14 000 kubičnih metrov vode (Kryštufek in sod., 2003). V Latviji so že leta 1982 izračunali, da bo 100.000 bobrov do leta 2000 oblikovalo oziroma vzdrževalo 150 km<sup>2</sup> mokrišč. Ta bodo letno prečistila 32 milijonov m<sup>3</sup> vode, s čimer naj bi prihranili več kot 140 milijonov evrov (Campbell in sod., 2007 po Balodies, 1994).

Bober s postavljanjem jezov zmanjšuje hitrost vodnega toka in zviša nivo vodne gladine, saj se najbolje počuti v vodah z globino vsaj 2-4 m in hitrostjo vodnega toka manjšo od 0,3 m/s (Kryštufek, 2003). Jez omogoča, da je vhod v brlog vedno varno skrit pod vodo (Zurowski, 1992). Gradnje jezov se lotevata tako kanadski bober (*Castor canadensis*) kot evropski bober (*Castor fiber*) (Zurowski, 1992). Ena sama družina ima lahko v lasti več jezov, ki jih redno pregledujejo in po potrebi popravljajo. Kot gradbeni material najpogosteje uporabljajo kamenje, veje in blato. Luknje v jezju, skozi katere uhaja voda, najdejo na podlagi zvoka odtekajoče vode (Wilsson, 1971). Velikost jezov je odvisna od topografije in količine gradbenega materiala, ki je bobru na voljo. V dolžino lahko segajo od manj kot metra pa vse do nekaj sto metrov. Njihova višina je lahko od nekaj centimetrov do nekaj metrov (Curry-Lindahl, 1967). Po pogovoru z raziskovalcem Hartmanom, Collen in Gibson (2001) navajata, da bobri jezove običajno gradijo na mestih, kjer je voda globoka manj kot meter. Tako je 80-90 % jezov nastalo tam, kjer je bila višina vode manj kot 0,6 m. Hartman je prav tako ugotovil, da je bila večina bobrišč brez jezov na razmeroma ozkih vodotokih, širine 1 do 4 m in z razmeroma globoko vodo (0,7-1,5 m).

Gradnja jezov ima v kulturni krajini, kjer prevladuje človekova dejavnost, lahko tudi nekatere neprijetne posledice kot je poplavljanje zemljišč in infrastrukture. Bobri ne povzročajo poplav le z gradnjo jezov, temveč tudi z mašenjem cevni prepustov. V večini evropskih držav kot tudi pri nas, je bober zavarovana vrsta in poseganje v bobrove strukture (jezove, bobrišča, brloge...) je prepovedano. Loven je le v nekaterih državah (Litva, Latvija, Poljska, Finska...), kjer so njegove populacije že dlje časa dovolj stabilne. Le v izrednih primerih, ko ni mogoče rešiti konflikta drugače, evropska zakonodaja dopušča, da se bobre oziroma njihove strukture s posebnim dovoljenjem lahko odstrani (Pillai in Heptinstall, 2013). Vendar odstranjevanje bobrov iz okolja predstavlja le trenutno rešitev nastalega konflikta, saj izpraznjena mesta kmalu naselijo novi bobri in z njimi se konflikt nadaljuje (Houston 1998; Nollet in Rosell, 1998). Tudi odstranjevanje jezov se je izkazalo kot neučinkovito, saj so bobri že v nekaj dneh postavili nove, očiščene cevne prepuste pa kmalu ponovno zamašili (Campbell-Palmer in sod., 2016). Težnja po dolgoročajših in učinkovitejših rešitvah ter želja po ohranjanju vseh prednosti, ki jih prinaša bobrova prisotnost v okolju, je vodila v razvoj različnih tehničnih objektov za zmanjšanje negativnih posledic poplav zaradi bobrovega delovanja (Campbell-Palmer in sod., 2016).

Na tržišču je mogoče zaslediti zelo različne izvedbe kot so npr. *Clemson Pond Leveler*, *Beaver Deceiver*, *Castor Master* in drugi (Lisle 2003; Callahan 2003, 2005; Taylor in Singleton, 2014). Nekateri izmed njih, kot je *Beaver Deceiver*, so namenjeni zaščiti cevni prepustov. Bobru preprečujejo vnos materiala in posledično zamašitev cevi (Lisle, 2003). Njihovo delovanje lahko še izboljšamo, če umirimo in utišamo vodni tok, ter poglobimo teren pred vhodom v cevni prepust (Simon, 2006). Kjer želimo obdržati pozitivne učinke bobrovih jezov, lahko uporabimo različne oblike cevni sistemov. Pravilno izdelani in nameščeni cevni sistemi omogočajo uravnavanje višine vodne gladine za jezom, pri čemer bober ne zazna odtekanja vode skozi naluknjano cev (Simon, 2006). V osemdesetih letih prejšnjega stoletja so se različni cevni sistemi in sistemi ograjevanja cevni prepustov združili v sisteme za uravnavanje višine vodne gladine (*Water flow devices*), ki združujejo prednosti obeh. Vplivajo tako na gradnjo jezov kot tudi na višino vodne gladine. Na eni strani bobra preslepijo s tem, ko voda tiho odteka skozi cev in tako pri njem ne sproži nagona gradnje jezju zaradi zvoka ali občutka odtekajoče vode (Lisle, 2003). Na drugi pa s fizično prepreko (ograjevanjem) preprečijo bobru zamašitev bodisi cevne prepusta ali odprtine v cevi, namenjene uravnavanju globine vode pred jezom (Lisle, 2003; Taylor in Singleton, 2014) (slika 1). Pri razreševanju konfliktov med bobri in ljudmi ne obstaja ena sama univerzalna rešitev. Potrebno se je prilagajati lokalno specifičnim razmeram topografije, vodnemu režimu ter zahtevam ljudi. Izdelava in montaža vseh vrst opisanih objektov terja ne le znanje temveč tudi veliko mero praktičnosti (Lisle, 2003). Vseh konfliktov sicer ni mogoče rešiti na ta način. V nekaterih primerih kot so (i) terenske razmere (topografija, vodni režim), ki

onemogočajo postavitev objektov za uravnavanje pretoka, (ii) nizka toleranca lastnikov zemljišč do sobivanja z bobri in (iii) nezaželenost sprememb v višini vodne gladine s strani lastnikov zemljišč edino rešitev predstavlja odstranjevanje bobrov iz okolja (Callahan, 2005).



Slika 1: Levo *Beaver Deceiver*<sup>TM</sup> in desno primer sistem za uravnavanje višine vodne gladine (*Castor Master*<sup>TM</sup>) (skica: S. Vochl).

V Sloveniji bober odpira povsem novo poglavje na področju preprečevanja konfliktov med zavarovanimi prostoživečimi živalmi in ljudmi. Znanja in izkušnje na področju preprečevanja negativnih vplivov poplav kot posledic bobrovega delovanja nimamo. Z naraščanjem številčnosti populacije bobra lahko pričakujemo tudi večje število jezov. Negativne posledice bobrovega delovanja imajo znaten vpliv na toleranco do sobivanja z njimi (Siemer in sod., 2009). Hitro in učinkovito ukrepanje pri razreševanju konfliktov zaradi bobrovih jezov, ter sprejetje le teh med lastniki zemljišč, bo v prihodnje omogočilo, da bomo od naših bobrov prejeli le najboljše.

## LITERATURA

- Bird, B., O'Brien M., Petersen, M. 2011. Beaver and climate change adaptation in North America. A simple, cost-effective strategy. Wild Earth Guardians, Report, 58 s.
- Callahan, M. 2005. Best management practices for beaver problems. Assoc. of Mass. Wetland Scient. Newsl. (53): 12-14.
- Campbell, R. D., Dutton, A., Hughes, J. 2007. Economic impacts of the beaver. Report for the Wild Britain Initiative, 28 s.
- Campbell-Palmer, R., Gow, D., Campbell, R., Dickinson, H., Girling, S., Gurnell, J., Halley, D., Jones, S., Lisle, S., Parker, H., Schwab, G., Rosell, F. 2016. The Eurasian Beaver Handbook: Ecology and Management of *Castor fiber*. UK, Pelagic Publishing, 202 s.
- Collen, P., Gibson, R. J. 2001. The general ecology of beavers (*Castor* spp.), as related to their influence on stream ecosystems and riparian habitats, and the subsequent effects on fish – a review. Reviews in Fish Biology and Fisheries (10): 439–461.
- Curry-Lindahl, K. 1967. The beaver, *Castor fiber* Linnaeus, 1758 in Sweden – extermination and reappearance. Acta Theriol. (12): 1–15.
- Houston, A. E. 1998. The beaver—a southern native returning home. Proc. Vertebr. Pest Conf. (18): 12-17.
- Janiszewski, P., Hanzal V., Misiukiewicz, W. 2014. The Eurasian beaver (*Castor fiber*) as a keystone species – a literature review. Baltic Forestry, 20 (2): 277-286.
- Kryštufek B. 2003. Poročilo. Strokovno izhodišče za vzpostavljanje omrežij NATURA 2000, Bober (*Castor fiber*). Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, 78 s.
- Lisle, S. 2003. The use and potential of flow devices in beaver management. Lutra 46, (2): 211-216.
- Naiman, R. J., Johnston, C. A., Kelley, J. C. 1988. Alteration of North American streams by beaver. Bioscience, (38): 754–762.

- Nolet, B.A., Rosell, F. 1998. Comeback of the beaver *Castor fiber*: An overview of old and new conservation problems. *Biological Conservation* 83 (2):165–173.
- Pillai, A., Heptinstall, D. 2013. Twenty years of the habitats directive: A case study on species reintroduction, protection and management. *Envlrev* (15): 27-46.
- Siemer W. F. 2009. Stakeholder norms toward beaver management in Massachusetts. *Journal of Wildlife Management*, (73): 1158–1165.
- Simon, L. J. 2006. Solving beaver flooding problems through the use of water flow control devices. *Proc. 22nd Vertebr. Pest Conf.*, Timm R. M. in O'Brien J. M. (Eds.), Univ. of Calif., Davis. 174-180.
- Taylor, J. D., Singleton, R. D. 2014. The evolution of flow devices used to reduce flooding by beavers: A review. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. Paper 1402.
- Wilsson L. 1971. The building of lodges, dams and winter stores. V: Observations and experiments on the ethology of the European beaver (*Castor fiber* L.): A study in the development of phylogenetically adapted behaviour in a highly-specialized mammal. Uppsala, Almqvist & Wiksells: 160–203.
- Żurowski W. 1992. Building activity of beavers. *Acta theriol.* 37: 403–411.

# ZAZNAVANJE IN OCENA PRISPEVKA ZGOREVANJA LESNE BIOMASE V ZRAČNIH USEDLINAH Z UPORABO LEVOGLUKOZANA

**Grega E. VOGLAR, Iztok SINJUR, Daniel ŽLINDRA in Mitja FERLAN**

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: [grega.voglar@gozdis.si](mailto:grega.voglar@gozdis.si)

**Ključne besede:** levoglukozan, ionska kromatografija, lesna biomasa, zračne usedline, trdni delci

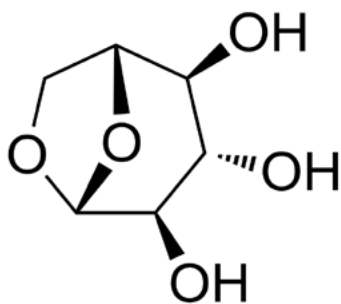
## UVOD

Zgorevanje lesne biomase predstavlja pomemben vir delcev organskega ogljika v ozračju (Elias in sod., 2001, Hoffmann in sod., 2009, Jordan in sod., 2006, Kuo in sod., 2008, Sullivan in sod., 2008, Waked in sod., 2014 in Zhang in sod., 2008). Dim, ki nastaja pri zgorevanju lesne biomase v kurilnih napravah (zlasti v individualnih kuriščih) in požarih, je vir trdnih delcev PM, ki vplivajo na kakovost zraka tako na lokalni kot svetovni ravni. Dim povzroča zmanjšano vidljivost in vpliva na sevalno bilanco Zemlje (Sullivan in sod. 2008). Anhidro monosaharidi (sladkorji) nastanejo kot termični produkti razgradnje celuloze in hemiceluloze. Ti se uporabljajo kot indikatorji pri določanju prispevka dima k primarni emisiji trdnih delcev v ozračju (Jordan in sod., 2006). Ti vsebujejo organske indikatorje, ki so značilni glede na vir, način nastanka in naknadne spremembe tekom premeščanja v ozračju (Medeiros in sod., 2006). Prisotnost organske snovi v trdnih delcih je odvisna od okoljskih pogojev in virov, ki jih delimo v štiri skupine: (1) detritus (npr. drobci razpadlih rastlinskih tkiv, rastlinski vosek, mikrobi, cvetni prah, itd.), (2) antropogene emisije (olje, saje), (3) organske snovi s tal in (4) zgorevanje lesne biomase (Medeiros in sod., 2006). Levoglukozan spada med pomembnejše bio-indikatorje za zaznavanje zgorjene lesne biomase. Predstavlja pomemben del vodotopnega organskega ogljika v trdnih delcih, na katere vplivata tako kurjenje lesne biomase kot tudi požari v naravnem okolju (Hoffman et al., 2009). Prisotnost levoglukozana v ozračju ali zračnih usedlinah lahko uporabljamo kot kazalec kakovosti zraka in predstavlja eno od možnosti za ugotavljanja vplivnega območja kurjenja lesne biomase.

## METODE DELA IN REZULTATI

### Levoglukozan

Levoglukozan ( $C_6H_{10}O_5$ ) je sladkor, ki ga določamo z ionskim kromatografom (npr. Metrohm 850 Professional IC). Ločba ionov pri ionski kromatografiji poteka z analitsko kolono. Kot stacionarna faza se uporablja kationski izmenjevalec z majhno kapaciteto. Mobilna faza (eluent; 2,5mM NaOH + 0,5mM  $C_2H_3NaO_2$ ) je vodna raztopina šibke monobazne kisline in baze. Zaznavanje se izvaja s pulznim amperometričnim detektorjem (PAD) in temelji na meritvi električenega toka, ki nastane pri oksidaciji sladkorjev na površini elektrode iz žlahtne kovine – zlata (Au). To se naredi s pomočjo uporabe dovolj visoke napetosti, ki oksidira površino elektrode iz žlahtne kovine, kar povzroči desorbcijo produktov oksidacije. Napetost se nato zniža in elektrodna površina se ponovno reducira do zlata. Postopek obsega ponavljajoče sekvence treh električnih napetosti, ki si sledijo v kratkih časovnih intervalih. Možne so različne oblike sekvenc napetosti (Spletno mesto 1).



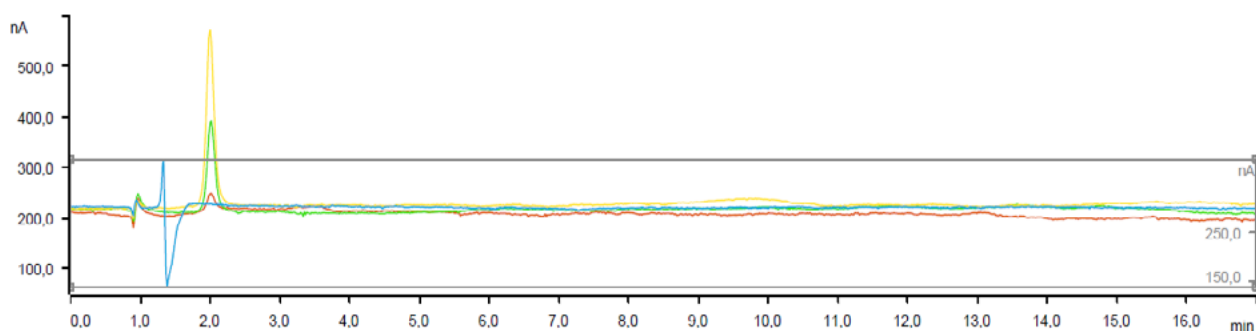
Slika 1: 1,6 – Anhidro-beta-glukopiranoza ali levoglukozan (vir: Wikipedia, 11.05.2017).

## Sledenje zgorevanju lesne biomase

V laboratoriju za analizo vod, Oddelka za gozdno ekologijo, Gozdarskega Inštituta Slovenije (GIS) smo v letu 2017 pričeli z analizo vsebnosti bio-indikatorja levoglukozana z namenom zaznavanja produktov zgorevanja lesne biomase. Vsebnosti levoglukozana smo določevali na reprezentativni ploskvi nivoja II, ki leži na jugovzhodnem vznožju Rožnika (393 m) v Ljubljani (GIS vrt). Po dva vzorca na vsako obdobje vzorčenja sta pripadala padavinam na prostem, en vzorec pa prepuščenim padavinam skozi sestoj. Ti vzorci so tudi sestavni del rednega spremljanja zračnih usedlin (pH, elektroprevodnost, kationi, anioni, totalni dušik, DOC, alkaliteta). V prvo analizo smo vzeli vzorce za obdobje od decembra 2016 do aprila 2017. Skupaj smo z ionsko kromatografijo na napravi Metrohm 850 Professional IC analizirali 12 vodnih vzorcev, vzorčenih v štirih različnih časovnih obdobjih (1. časovno obdobje od 21.12.2016 do 18.1.2017, 2. časovno obdobje od 18.1.2017 do 15.02.2017, 3. časovno obdobje od 15.02.2017 do 15.03.2017 ter 4. časovno obdobje od 15.03.2017 do 12.04.2017). Prisotnost levoglukozana smo zasledili le v enem vzorcu zračnih usedlin na prostem (vzorec 233, 4. časovno obdobje) (slika 2). V preostalih vzorcih je bila vsebnost levoglukozana pod mejo zaznave naprave kar je posledica preveč razredčenega osnovnega vzorca zračnih usedlin v časovnem obdobju. Za izboljšanje zaznave predlagamo manj razredčene vzorce zračnih usedlin oziroma krajša časovna obdobja vzorčenja. Možnost zaznave levoglukozana na izbranih mestih vzorčenja bi povečali, v kolikor bi vzporedno opravili še analize sestave trdnih delcev v ozračju s pomočjo mobilnega sekvenčnega vzorčevalnika (SEQ 47/50-CD, Sven Leckel, Nemčija).

## Raziskave v prihodnje

Trenutno na GIS izvajamo različne raziskave na področju gozdnih ekosistemov, ki med drugimi vključujejo tudi uporabo analitičnih postopkov za meritve sladkorjev, ki nastanejo pri zgorevanju lesne biomase. Znano je, da lahko dimi, ki nastanejo pri zgorevanju lesne biomase močno vplivajo na trdne delce. Levoglukozan je ena od glavnih sestavin v atmosferskih aerosolskih delcih in ga lahko interpretiramo kot posledica pri zgorevanju biomase v drobnih prašnih izpustih. V okviru Oddelka za gozdno ekologijo GIS nameravamo opraviti meritve vsebnosti levoglukozana na izbranih vzorčnih mestih skozi vse leto. Izbrali bomo vzorčna mesta, kjer pričakujemo višje vsebnosti levoglukozana (urbana območja z individualnimi kurišči, območja požarov v naravnem okolju, itd.). S pridobljenimi podatki v daljšem časovnem obdobju bomo določili dejavnike, ki vplivajo na spremembe vsebnosti. Rezultati analiz bodo lahko v pomoč pri razvoju strategije za izboljšanje kakovosti zraka.



Date	Number	Ident	Sample type	Volume	Dilution
2017-05-10 14:27:18 UTC+2	1	Standard 1 Levoglukosan	Sample	20.0	1.0
2017-05-10 14:48:51 UTC+2	2	Standard 5 Levoglukosan	Sample	20.0	1.0
2017-05-10 15:10:23 UTC+2	3	Standard 10 Levoglukosan	Sample	20.0	1.0
2017-05-10 21:17:24 UTC+2	4	Vzorec 233	Sample	20.0	1.0

Sample amount	Method	Analysis	Legend	Display
1.0	Umeritvena krivulja_Levoglukosan_10.05.2017	Sladkorji	—	on
1.0	Umeritvena krivulja_Levoglukosan_10.05.2017	Sladkorji	—	on
1.0	Umeritvena krivulja_Levoglukosan_10.05.2017	Sladkorji	—	on
1.0	Umeritvena krivulja_Levoglukosan_10.05.2017	Sladkorji	—	on

Slika 2: Vsebnost levoglukozana v zračnih usedlinah na vzorcu 233 (4. časovno obdobje) s ploskve - GIS vrt.

## Zahvala

Avtorji se za raziskavo zahvaljujejo tehničnim sodelavcem laboratorija za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije, Gorazdu Zlatolasu iz podjetja PrimaLab ter finančni podpori projekta EUFORINNO (RegPot No. 315982) za nakup analiznih inštrumentov in ARRS za omogočanje izvajanja raziskovalnega dela (programska skupina P4-0107 in projekt „Spodbujanje zaposlovanja mladih doktorjev znanosti“ leta 2015).

## VIRI

Elias, V. O., Simoneit, B. R., Cordeiro, R. C., & Turcq, B. (2001). Evaluating levoglucosan as an indicator of biomass burning in Carajas, Amazonia: A comparison to the charcoal record. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65(2), 267-272.

Hoffmann, D., Tilgner, A., Iinuma, Y., & Herrmann, H. (2009). Atmospheric stability of levoglucosan: a detailed laboratory and modeling study. *Environmental science & technology*, 44(2), 694-699.

Jordan, T. B., Seen, A. J., & Jacobsen, G. E. (2006). Levoglucosan as an atmospheric tracer for woodsmoke. *Atmospheric Environment*, 40(27), 5316-5321.

Kuo, L. J., Herbert, B. E., & Louchouart, P. (2008). Can levoglucosan be used to characterize



and quantify char/charcoal black carbon in environmental media?. *Organic Geochemistry*, 39(10), 1466-1478.

Medeiros, P. M., Conte, M. H., Weber, J. C., & Simoneit, B. R. (2006). Sugars as source indicators of biogenic organic carbon in aerosols collected above the Howland Experimental Forest, Maine. *Atmospheric Environment*, 40(9), 1694-1705.

Sullivan, A. P., Holden, A. S., Patterson, L. A., McMeeking, G. R., Kreidenweis, S. M., Malm, W. C., ... & Collett, J. L. (2008). A method for smoke marker measurements and its potential application for determining the contribution of biomass burning from wildfires and prescribed fires to ambient PM<sub>2.5</sub> organic carbon. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D22).

Spletno mesto 1: [https://www.metrohm.com/en/applications/# \(10.05.2017\)](https://www.metrohm.com/en/applications/# (10.05.2017)).

Waked, A., Favez, O., Alleman, L. Y., Piot, C., Petit, J. E., Delaunay, T., ... & Leoz-Garziandia, E. (2014). Source apportionment of PM<sub>10</sub> in a north-western Europe regional urban background site (Lens, France) using positive matrix factorization and including primary biogenic emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(7), 3325-3346.

Zhang, T., Claeys, M., Cachier, H., Dong, S., Wang, W., Maenhaut, W., & Liu, X. (2008). Identification and estimation of the biomass burning contribution to Beijing aerosol using levoglucosan as a molecular marker. *Atmospheric Environment*, 42(29), 7013-7021.

# ALTERNATIVNA IZRABA BUKOVIH OSTANKOV

**Janja ZULE<sup>1</sup>, Jože KROPIVŠEK<sup>2</sup>, Dominika GORNIK BUČAR<sup>2</sup>, Silvester BOLKA<sup>3</sup>, Janez SLAPNIK<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Inštitut za celulozo in papir, Bogišičeva 8, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup>Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

<sup>3</sup>Visoka šola za tehnologijo polimerov, Ozare 19, 2389 Slovenj Gradec

## IZVLEČEK

Bukev (*Fagus sylvatica*) je naša najpomembnejša drevesna vrsta. Po podatkih Zavoda za gozdove znašajo njene lesne zaloge 32,3 % od celotne lesne biomase, kar je 112,5 milj. m<sup>3</sup> lesa. Bukovina je uporabna surovina v pohištveni industriji, gradbeništvu in za izdelavo številnih izdelkov za široko potrošnjo. Bukov les je tudi tradicionalna surovina za proizvodnjo celuloze, papirja in tekstila. Pri sečnji in kasneje pri industrijski predelavi lesa nastaja od 53 do 75 % različnih ostankov, kot so npr. skorja, veje, vrhovi dreves, oblanci, ostružki, žagovina in lesni prah. Ta velika količina biomase ostaja v gozdu ali pa se uporablja kot kurivo, in sicer v obliki drv, briketov in peletov, torej izdelkov, ki ne prinašajo visoke dodane vrednosti.

Bukov les sestavlja 43 - 49 % celuloze, 25 - 30 % hemiceluloze ksilana in 20 - 25 % lignina in okrog 2,5 % ekstraktivov in anorganskih snovi. Posamezne komponente je možno izolirati v čisti obliki in jih koristno uporabiti. Celulozo je material za proizvodnjo papirja, tekstila, različnih derivatov, npr. nanoceluloze in bioplastike. Ksilan je uporabna surovina v farmacevtski, živilski in kemični industriji. Iz njega pridobivajo tudi sladilo ksilitol. Lignin, kot visokomolekularen aromatski polimer, je dobro vezivno sredstvo. Največji uporabnik lignina je gradbena industrija, kjer slednjega dodajajo v beton in asfaltne mešanice. Lignin je tudi osnovna surovina za proizvodnjo vanilina.

Lesne ogljikove hidrate (celuloza, ksilan) lahko hidrolitsko razklopimo do enostavnih sladkorjev, in sicer glukoze in ksiloze. Te je možno fermentirati, pri čemer pridobimo etanol, butanol ali zmes obeh z acetonom. Ti produkti postajajo vse pomembnejša transportna goriva. Druga možnost je pretvorba ogljikovih hidratov do furfurala, hidroksimetilfurfurala (HMF) in levulinske kisline, ki predstavljajo platformne kemikalije, torej osnovne gradnike za sintezo različnih plastičnih materialov in industrijskih kemikalij. Po eni od fermentacijskih poti lahko iz glukoze pridobimo mlečno kislino, ki jo nadalje polimeriziramo do polimlečne kisline (PLA), ki je biorazgradljiva in postaja izvrsten nadomestek za plastične materiale iz fosilnih surovin.

Med najpomembnejše celulozne derivate prištevamo nanofibrilirano celulozo, ki jo dobimo z razslojevanjem celuloznih vlaken. Nanodelci imajo specifične kemijske lastnosti, ki omogočajo, da že majhen dodatek v različne materiale (papir, plastika) bistveno izboljša mehanske, kemijske in površinske lastnosti slednjih.

Vlakna lahko služijo kot ojačitvena faza v plastičnih matricah, pri čemer dobimo t.i. lesno plastične kompozite, kjer se delež lesa giblje med 5 in 70 %. Novo nastali materiali imajo izboljšane lastnosti v primerjavi z lesom, predvsem ne vpijajo vlage in so odpornejši na mikrobiološki razkroj. Za njih vlada veliko povpraševanje s strani avtomobilske industrije ter proizvajalcev embalaže in bele tehnike.

Bukovina je tradicionalna surovina v papirni industriji. Danes se v svetu še vedno največ celuloze proizvedejo po kislem sulfitem in alkalnem sulfatnem oz. kraft postopku. Pričakovati je, da bodo v prihodnosti te postopke zamenjali sodobnejši, brez uporabe žveplovih kemikalij. Med te postopke štejemo t.i. organosolv delignifikacijo, kjer odstranjujemo lignin s pomočjo različnih organskih topil ob dodatku katalizatorjev. Po končani delignifikaciji lahko topilo, običajno je to metanol ali etanol, recikliramo in ponovno uporabimo. Še večji napredek v tehnologiji pridobivanja celuloze bo dosežen z uporabo ionskih tekočin. Slednje sestavljajo veliki in asimetrični organski kationi in enostavni anorganski anioni. Omenjene tekočine so kemijsko in termično stabilne, niso toksične niti eksplozivne, zato jih upravičeno lahko imenujemo »zelena« topila. Z uporabo ionskih tekočin se odpira možnost za proizvodnjo čistih frakcij celuloze, hemiceluloze in lignina pri nizkih temperaturah in atmosferskem tlaku.

Proizvodnja celuloze postaja biorafinerija z možnostjo sočasnega pridobivanja številnih kemikalij in biogoriv.

Svetovni trendi kažejo, da so najpomembnejši produkti lesnih biorafinerij celulozna vlakna, nanoceluloza, bioplastika, ligninski produkti (termoplasti) in bioetanol. Kot osnovno surovino uporabljajo lesne ostanke, predvsem žagovino in prah.

V okviru CRP projekta »Racionalna raba lesa listavcev s poudarkom na bukovini« smo pripravili biokompozite z vgrajevanjem bukove žagovine v POM (polioksimetilen) in PLA (polimlečna kislina) matrici. Dodatek lesa je bil v obeh primerih 5, 10 in 15 %. Biokompozite smo pripravili z ekstrudiranjem in brizganjem. Določili smo mehanske (E modul, upogibna in natezna trdnost, raztezek) in termične (tališče, steklasti prehod) lastnosti novo nastalih materialov. Rezultati so pokazali, da je žagovina pri uporabljenih parametrih predelave delno kompatibilna s polimerno matrico, in sicer že brez dodanega kompatibilizatorja oz. spojitvenega reagenta. Z višanjem deleža dodane žagovine se močno zvišata maksimalna temperatura uporabe in togost, nižja je trdnost in precej nižji raztezek pri upogibni trdnosti in raztezek pri pretrgu pri nateznih obremenitvah. Z višanjem količine dodane žagovine se pri PLA matrici niža temperatura tališča, kar vpliva na boljše tribološke lastnosti. Slaba stran je krhkost biokompozitov, če količina dodane žagovine presega 5 ut.%. Z nadaljnjim večanjem vnosa žagovine in optimiranjem postopka priprave bo možno spreminjati lastnosti nastalih biokompozitov in s tem povečati potencial njihove uporabnosti.

Ogromne količine bukovih ostankov so zanimiva surovina, ki jo je možno predelati v tržno zanimive produkte. Potrebne bodo poglobljene raziskave različnim možnostim predelave, da bo ta biomasa boljše izkoriščena.

## **ZAHVALA**

Raziskava je nastala v okviru projekta V4-1419 Racionalna raba lesa listavcev s poudarkom na bukovini Ciljnega raziskovalnega programa Zagotovimo.si hrano za jutri, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) in Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije (ARRS).

## **VIRI**

Zule, J., 2015. Možnosti kemične predelave bukovega lesa. Gozdarski vestnik 73: 479-487

Zule, J., Bolka, S., Slapnik, J., 2016. Ocena primernosti bukove žagovine kot ojačitvene komponente pri pripravi termoplastičnih biokompozitov. Acta Silvae et Ligni 10:39-48

# VPLIV BIOCIDNE ZAŠČITE LESA NA KOROZIJO JEKLENIH DELOV

THE INFLUENCE OF BIOCIDAL WOOD TREATMENT ON CORROSION OF STEEL

**Primož HABJAN, Miha HUMAR, Nejc THALER, Boštjan LESAR**

Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

## UVOD

Z biocidnimi proizvodi ščitimo les z nizko naravno odpornostjo, da bi podaljšali njegovo življenjsko dobo. Kemična industrija je skozi čas razvila veliko rešitev za zaščito lesa, ki so primerne za različne aplikacije. V zadnjem obdobju se zakonodaja na področju biocidne zaščite lesa zaostre, saj se je med več leti uporabe izkazalo, da so mnoge učinkovine ali topila biocidnih proizvodov škodljive za okolje ali ljudi. Danes dovoljene aktivne učinkovine so okolju prijaznejša. Zaščiten les pogosto uporabljamo za aplikacije, ko pride v stik z različnimi materiali, zato med temi materiali lahko prihaja do različnih interakcij. Ko ščitimo les, smo pozorni predvsem na učinkovitost. Manj pozornosti posvečamo učinku zaščitnega sredstva na kovinske elemente, ki so v stiku z lesom, kot so na primer pritrjevalni elementi. Namen tega prispevka je raziskati, ali imajo izbrani biocidni proizvodi koroziven vpliv na jeklo.

## MATERIAL IN METODE

V raziskavo smo vključili 96 jeklenih ploščic dimenzij 100 × 100 × 3 mm. Plošče so površinsko obdelane na dva načina. Polovica jih je vroče cinkanih, druga polovica premazana z dvokomponentnim poliuretanskim enoslojnim premazom. Ploščicam smo izmerili maso na dve decimalki grama natančno in izmerili barvo v CIELab barvnem prostoru. Po štiri ploščice smo vpeli med dve smrekovi letvi dimenzij 50 × 2,5 × 5,0 cm tako, da je bila spodnja polovica ploščice v kontaktu z lesom (slika 1).



Slika 1: Kompleta s premazanimi in pocinkanimi ploščami

Letve smo pred tem impregnirali s tremi tipi biocidnih pripravkov, ki se najpogosteje uporabljajo za zaščito lesa v gradbeništvu. Pripravili smo raztopine borove kisline (v nadaljevanju BOR), kvartarnih amonijevih spojin (QUAT) in baker-etanolaminskega pripravka (Silvanolin) (CEA). Koncentracija aktivnih učinkovin v pripravkih je ustrezala zahtevam za uporabo lesa v tretjem

razredu uporabe (na prostem, nad zemljo). Z izbranimi vodnimi raztopinami smo impregnirali les po postopku polnih celic (5 min -0,8 bar, 15 min 9 bar, 5 min -0,8 bar). Poleg impregniranega lesa smo uporabili tudi nezaščiten les kot kontrolo (KON).

Izdelali smo 24 kompletov s štirimi ploščicami in jih v februarju 2017 izpostavili trem različnim klimatskim pogojem. Prvih osem je bilo izpostavljenih v notranjih pogojih (NP), drugih osem v komori s sobno temperaturo in skoraj 100 % relativno zračno vlažnostjo (RH 100 %), tretjih osem pa v zunanjih pogojih (ZP), na terenskem polju Oddelka za lesarstvo v Ljubljani. Skupno smo torej preizkusili 12 različnih tretmajev. Komplete vsakih 14 dni razdremo in ploščicam izmerimo maso ter določimo barvo na spodnji polovici ploščice, ki je bila v stiku z lesom.

Iz izmerjene mase in barve smo izračunali, kako sta se zaradi stika z lesom spreminjali masa in barva ploščic v prvih dveh mesecih izpostavitve. Barvne spremembe smo izračunali po spodnji formuli:

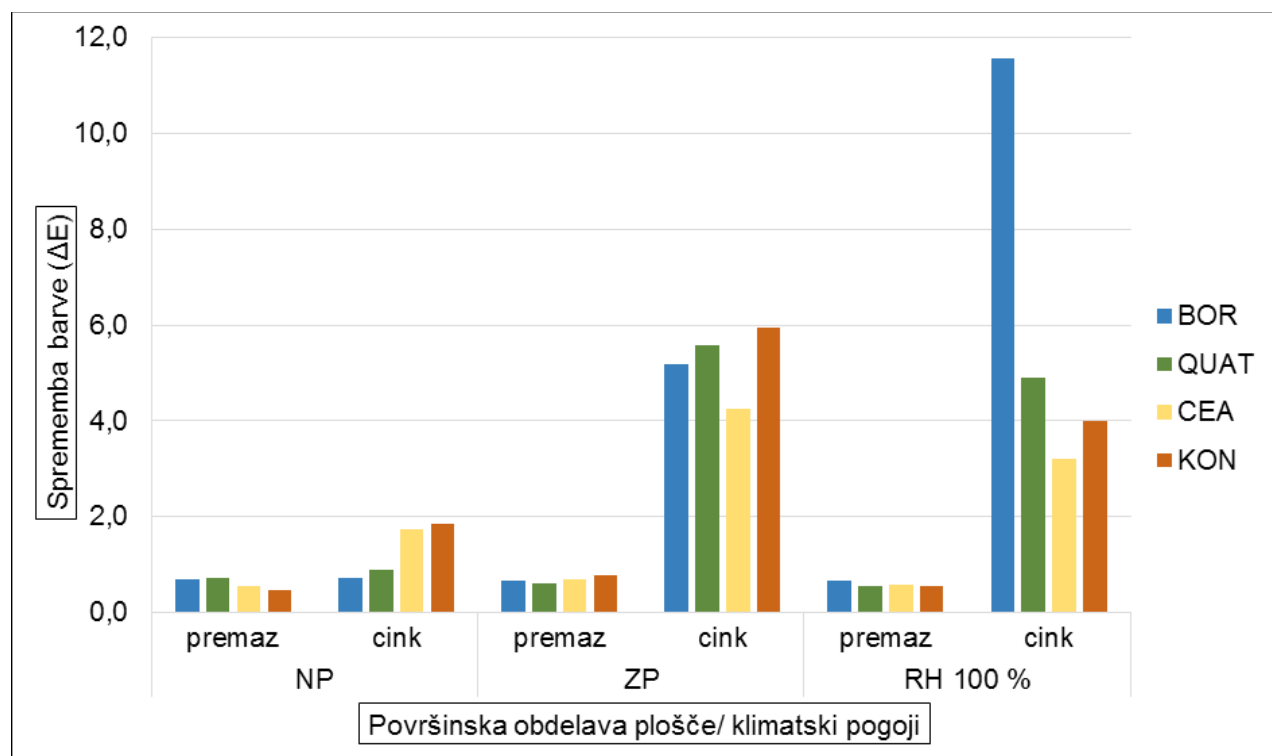
$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad ,$$

kjer  $\Delta E$  predstavlja spremembo barve.

## REZULTATI

### Spreminjanje barve ploščic

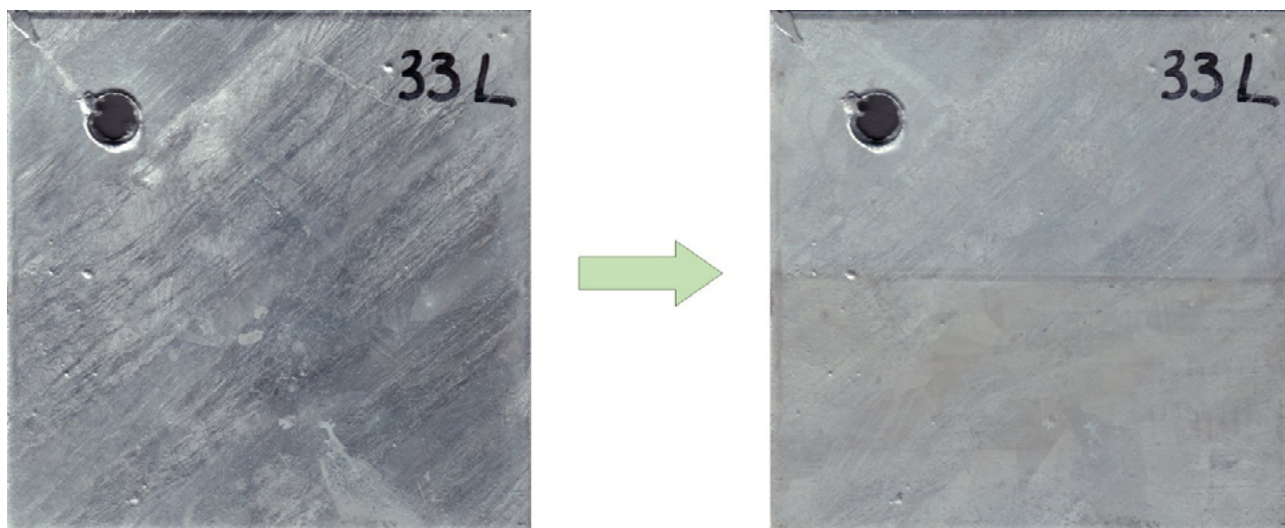
Med premazanimi in pocinkanimi ploščicami smo opazili razlike v barvi pri ploščah, ki smo jih izpostavili klimama RH 100 % in ZP (slika 2). Na ploščah, ki so se nahajale v suhem okolju, ni bilo opaziti barvnih sprememb.



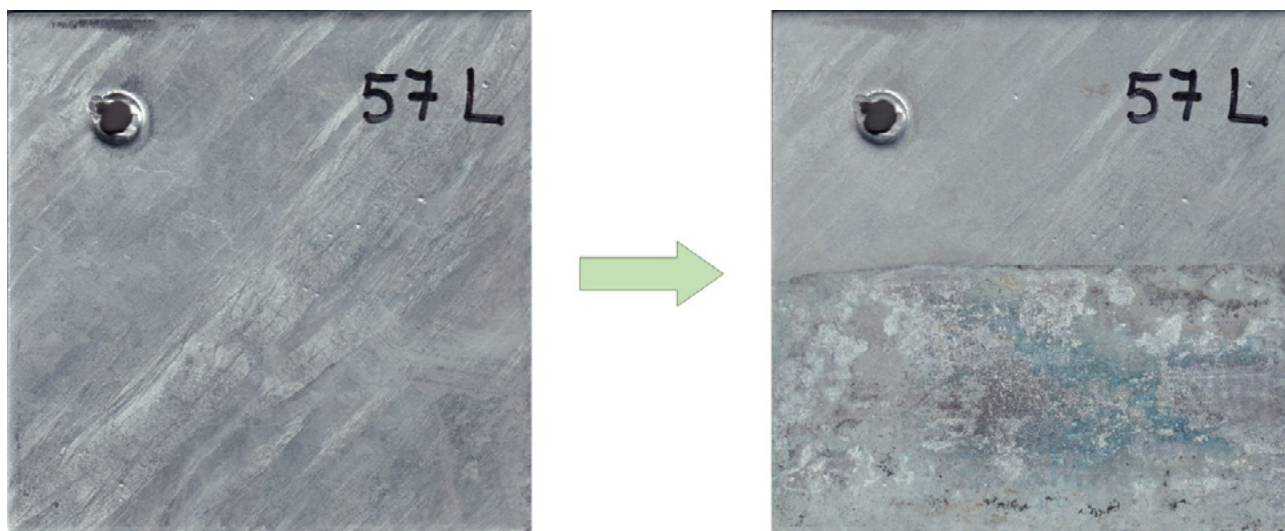
Slika 2: Povprečna sprememba barve plošč v prvih dveh mesecih izpostavitve glede na površinsko obdelavo plošč, klimatske pogoje in biocidne pripravke.

Barva premazanih ploščic se je ne glede na to, s kako impregniranim lesom so bile v stiku, spremenila manj kot barva pocinkanih. Pri ocenjevanju nismo zaznali nobenih vidnih znakov, ki bi nakazovali na to, da bi premazane ploščice oksidirale ali začele korodirati.

Pri pocinkanih ploščicah, izpostavljenih v komori z RH 100 %, smo že po dveh tednih zaznali spremembo barve. V dveh mesecih se je znatno spremenila ( $\Delta E = 5,91$ ) in je bila primerljiva s spremembo barve pri ploščicah, ki smo jih starali na prostem ( $\Delta E = 5,24$ ). Te ploščice so po celotni površini ploščice posvetlile (slika 3), pri nekaterih kombinacijah pa je na spodnji polovici ploščice prišlo do barvnih sprememb, ki so očitno posledica stika z lesom (slika 4). Pri ploščicah, izpostavljenih v notranjih pogojih, zaenkrat nismo zaznali opaznih barvnih sprememb ( $\Delta E = 1,29$ ). Med testiranimi biocidnimi proizvodi smo največje spremembe opazili pri ploščicah v stiku z BOR (5,82), nato s KON (3,93) in QUAT (3,78), najmanj pa pri lesu, ki je bil v stiku z impregniranim lesom s CEA (3,06).



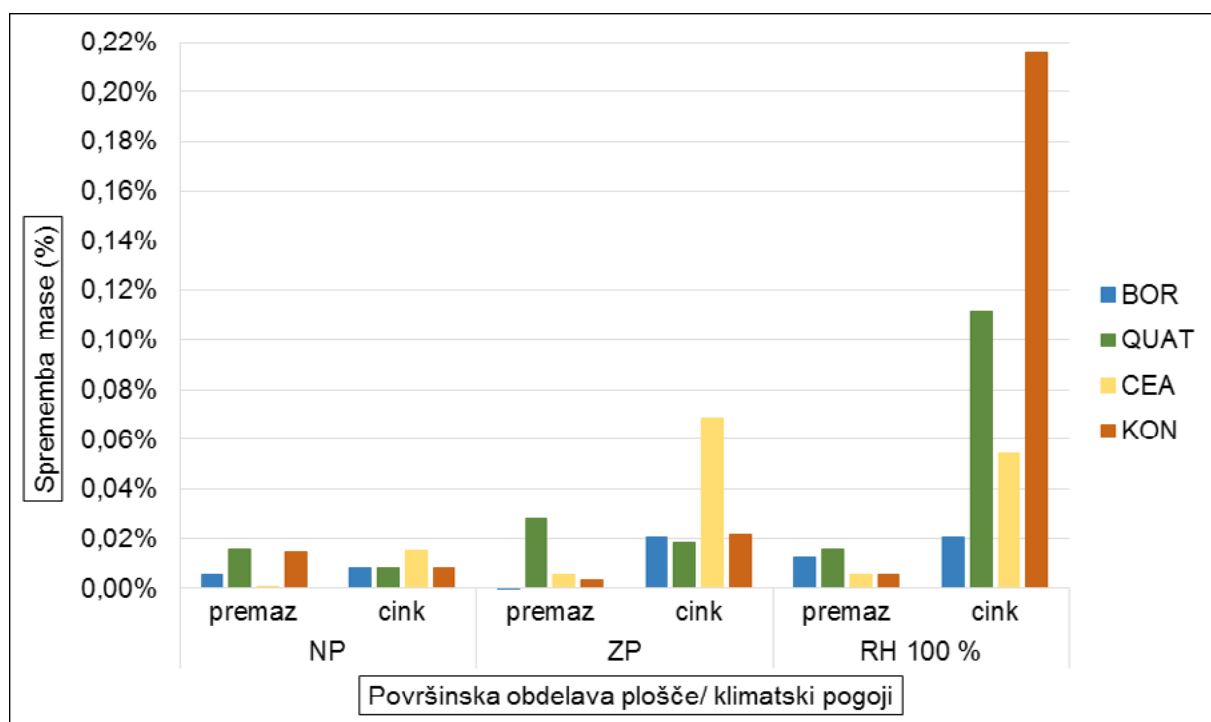
Slika 3: Izgled pocinkane plošče na začetku (levo) in po dveh mesecih tretmaja KON.- ZP (desno)



Slika 4: Izgled pocinkane plošče na začetku (levo) in po dveh mesecih tretmaja CEA – ZP (desno)

### Spreminjanje mase ploščic

Med ploščicami obeh površinskih obdelav smo zaznali relativno veliko razliko v spremembi mase. V vseh treh klimatskih pogojih so pocinkane ploščice pridobile več kot premazane. Do večjih razlik v spremembi mase med pocinkanimi in premazanimi ploščicami je prišlo predvsem pri ploščicah, ki so bile izpostavljene v vlažnem okolju (RH 100 % in ZP) (slika 5).



Slika 5: Povprečna sprememba mase plošč v prvih dveh mesecih izpostavitve glede na površinsko obdelavo plošč, klimatske pogoje in biocidne pripravke

Ploščice, premazane s poliuretanskim premazom, do zadnjih meritev niso pokazale opazne spremembe mase, ne glede na klimatske pogoje izpostavitve in zaščito lesa.

Pri pocinkanih ploščicah smo največjo spremembo mase določili v pogojih RH 100 % (0,25 %), nato v ZP (0,08 %), najmanjšo pa v NP (0,02 %). Glede na zaščitno sredstvo so največ mase pridobile ploščice v neobdelanem lesu KON (0,20 %), sledita QUAT in CEA (oba 0,11 %) in BOR (0,04 %).

## RAZPRAVA

Ugotavljamo, da sprememba barve ni najprimernejši kazalnik korozije pocinkanih površin v začetku poskusa, saj cink v začetku izpostavitve oksidira sam od sebe in zato spremeni barvo (posvetli). V kolikor se bo na vzorcih, ki so do sedaj le oksidirali, v nadaljevanju pojavila korozija, se bo barvni odtenek približal začetnemu (kot npr. pri vzorcih iz kombinacije CEA – ZP (slika 4) in sprememba barve ne bo nujno odražala dejanskih procesov na pocinkani površini.

Sistem CIELab se ni izkazal za najbolj primerne za zaznavanje sprememb na pocinkani površini. Ne glede na očitno vizualno spremembo površine v stiku z lesom (slika 4), tega ne moremo zaznati s komponentami L, a in b, saj se sam barvni odtenek površine ni spremenil. Prav tako je zavajajoča velika sprememba komponente L pri določenih tretmajih, ki kaže na veliko posvetlitev površine. Vendar je do te posvetlitve prišlo na celotni površini ploščice, torej je vzrok zanjo v klimatskih pogojih in ne v stiku z lesom.

Kot neprimeren kazalnik za zaznavanje korozije v začetni fazi eksperimenta spoznavamo tudi spremembo mase, saj cinkova prevleka pridobi na masi zaradi spontane oksidacije cinka. Povečanje mase torej še ne kaže na korozijo, temveč na oksidacijo površine. Kot primer navajamo kombinaciji BOR - ZP in KON - ZP, kjer se vidi, da je celotna površina ploščice posvetlila – oksidirala, spremembe v spodnji polovici ploščice pa ni, kar pomeni, da do korozije (še) ni prišlo (slika 3). Največ mase so pridobile pocinkane ploščice v RH 100 %, manj v ZP, najmanj pa v NP, iz česar lahko sklepamo, da pocinkana površina hitreje oksidira v pogojih z višjo relativno

zračno vlažnostjo. Pričakujemo, da se bo masa ploščic, kjer bo prišlo do korozije, postopoma začela zmanjševati, saj bodo posamezni delci, nastali ob koroziji, odpadali s ploščice.

Glede na rezultate naše raziskave do sedaj se je dvokomponentni poliuretanski premaz izkazal za primernejšo rešitev protikorozijske zaščite kot vroče cinkanje. Predvidevamo, da bo ta ugotovitev obveljala tudi na daljši rok.

### **ZAHVALA**

Za financiranje raziskave se zahvaljujemo Agenciji za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) za financiranje: projekta L4-7547 - Obnašanje lesa in lignoceluloznih kompozitov v zunanjih pogojih, programa P4-0015 – Les in lignocelulozni kompoziti, Infrastrukturnega centra 0481-09 Infrastrukturni center za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST). Večinski del raziskav je potekal tudi v okviru projektov razvoj verig vrednosti v okviru razpisov Strategije pametne specializacije; TIGR4smart.



# ALI JE BRUŠEVINA PRIMERNA SUROVINA ZA IZOLACIJO NANOCELULOZE?

IS STONEGROUNDWOOD SUITABLE FEEDSTOCK FOR ISOLATION OF NANOCELLULOSE?

Jani BERTONCELJ<sup>1</sup>, Viljem VEK<sup>2</sup>, Ida POLJANŠEK<sup>3</sup>, Primož OVEN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> J. B., mag. inž. les., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; [jani.bertoncelj@bf.uni-lj.si](mailto:jani.bertoncelj@bf.uni-lj.si)

<sup>2</sup> dr. V. V., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; [viljem.vek@bf.uni-lj.si](mailto:viljem.vek@bf.uni-lj.si)

<sup>3</sup> izr. prof. dr. I. P., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; [ida.poljansek@bf.uni-lj.si](mailto:ida.poljansek@bf.uni-lj.si)

<sup>4</sup> prof. dr. P.O., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; [primoz.oven@bf.uni-lj.si](mailto:primoz.oven@bf.uni-lj.si)

## Izveček:

Bertoncelj, J., Vek, V., Poljanšek, I., Oven, P.: Ali je bruševina primerna surovina za izolacijo nanoceluloze?

Nanoceluloza je zaradi njenih fizikalnih, mehanskih in kemičnih lastnosti ter trajnostnega karakterja eden izmed najbolj perspektivnih materialov. V pričujoči študiji smo želeli raziskati možnosti izolacija celuloznih nanofibril (CNF) iz bruševine. Bruševino smo obdelovali mehansko z ultraturaxom in ultrazvokom, kemično pa tako, da smo jo ekstrahirali s polarnim in nepolarnim topilom, odstranili smo lignin in hemiceluloze in pridobljen produkt oksidirali z reagentom TEMPO. V prispevku so pojasnjeni postopki izolacije CNF iz bruševine ter optimalno zaporedje mehanskih in kemičnih obdelav bruševine.

Ključne besede: bruševina, nanoceluloza, izolacija, TEMPO

## Abstract:

Bertoncelj, J., Vek, V., Poljanšek, I., Oven, P.: Is stonegroundwood suitable feedstock for isolation of nanocellulose?

Nanoceluloza is one of the most promising materials of the future due to its physical, mechanical and chemical properties and its sustainability. In this study, we wanted to explore the possibilities of cellulose nanofibrils (CNF) isolation from stonegroundwood. Stonegroundwood was treated mechanically by ultraturax and ultrasound, and chemically so that it was extracted with a polar and non-polar solvent, delignified and hemicelluloses were removed and the intermediate was oxidized with a reagent TEMPO. The paper explains the processes of isolation of CNF from stonegroundwood and optimal sequence of mechanical and chemical treatments of this feedstock.

Key words: stonegroundwood, nanocellulose, isolation, TEMPO

## UVOD / INTRODUCTION

Nanoceluloza (NC) je izraz, ki ga uporabljamo za opis dveh tipov nanomaterialov, ki jih je mogoče pridobiti iz rastlinskih surovinskih virov, to so celulozni nanokristali (CNC) in celulozne nanofibrile (CNF). CNC so majhni delci, dolgi so od 200 nm do 400 nm, premer pa je od 5 – 30 nm. CNF so večji delci, pri čemer je premer med 5-60 nm, dolgi pa so nekaj mikrometrov (Žepič s sod. 2014). Nanoceluloza je hidrofilen material, ki ima skorajda neomejene možnosti uporabe. Odlikujejo jo izredno dobre mehanske lastnosti ( $E \sim 150$  GPa,  $\sigma_{\parallel} = 430$  MPa), ima ugodno termično stabilnost in majhen termični raztezek, izjemno veliko površino, ki jo je mogoče modificirati, poleg tega pa je obnovljiv, trajnosten, okolju in zdravju neškodljiv ter biorazgradljiv material. Pridobivanje nanoceluloze iz lesne biomase primarno temelji na mehanskih, kemičnih, mehansko-kemičnih ali encimatskih postopkih. Pridobivanje NC je tehnološko in procesno izjemno zahteven postopek, ki je v veliki meri odvisen tudi od tipa lignocelulozne surovine. V pričujoči študiji smo želeli proučiti ali je bruševina primerna surovina za izolacijo CNF, ovrednotiti postopke pridobivanja celulozних nanofibril (CNF) in optimizirati najprimernejši laboratorijski postopek izolacije tega tipa nanoceluloze.

## MATERIALI IN METODE / MATERIALS AND METHODS

Bruševino smo pridobili v podjetju Karton Količevo. Ta material smo obdelovali na več načinov. Bruševino, kot je bila dostavljena, smo mehansko obdelali z mešalom ultra turaks (UT) in nato še z ultrazvokom (UZ). Pri obeh mehanskih postopkih smo spreminjali čas delovanja posamezne naprave, intenziteto delovanja in število ponovitev izmenične obdelave z ultra turaksom in ultrazvokom. V drugem postopku smo bruševini odstranili nizkomolekularne snovi z ekstrakcijo po Soxhletu, najprej s cikloheksanom nato še z aceton-vodo (95/5, v/v). Material smo delignificirali z reagentom  $\text{NaClO}_2$ , v nadaljevanju pa smo odstranili hemiceluloze s KOH ali NaOH. Po delignifikaciji in odstranitvi hemiceluloz, smo pridobili  $\alpha$ -celulozo, ki smo jo nato obdelovali še mehansko, izmenično z UT in UZ. Tretji postopek pa je vključeval še kemično obdelavo  $\alpha$ -celuloze z reagentom (2,2,6,6-tetrametilpiperidin-1-il)oksilom (TEMPO), temu pa je ponovno sledila izmenična obdelava z UT in UZ. Vse vmesne in končne produkte smo okarakterizirali mikroskopsko (svetlobni mikroskop, SEM), s FTIR spektroskopijo in gelaste strukture tudi reološko.

## REZULTATI IN RAZPRAVA / RESULTS AND DISCUSSION

Študija je pokazala, da samo z mehansko obdelavo izvorne bruševine ni mogoče pridobiti CNF, kljub podaljšanemu času, večji intenziteti in povečanemu številu izmeničnih ponovitev obdelave z UT in UZ.

Rezultati drugega sklopa testiranj, kjer smo izolirali  $\alpha$ -celulozo v zaporedju naslednjih postopkov, ekstrakcija po Soxhletu, delignifikacija, postopek odstranitve hemiceluloz ter nato mehanska obdelava z UT in UZ, so pokazali, da tudi to v večini primerov ne zadostuje za razgradnjo celuloze do CNF. S podaljševanjem časa kemične obdelave bruševine in večkratnimi ponovitvami teh postopkov smo dosegli boljše rezultate. Kadar smo po odstranitvi nizkomolekularnih spojin trikrat delignificirali bruševino in nato še dvakrat odstranili hemiceluloze v izmeničnem zaporedju ter pridobljeno  $\alpha$ -celulozo nato še mehansko obdelali z UT in UZ, smo uspeli pridobiti gelast produkt, ki je značilen za CNF. Kadar smo tako pridobljeno  $\alpha$ -celulozo najprej oksidirali z reagentom TEMPO (TEMPO  $\alpha$ -celuloza) ter jo nato mehansko obdelali z UT in UZ, smo pridobili bistveno bolj stabilen gel CNF, kar kaže, da je tudi bruševina primerna surovina za izolacijo nanoceluloze.

Optimizacija kemične predelave se je nanašala predvsem na postopek delignifikacije, saj se

je izkazalo, da je ta del čiščenja surovine najbolj kritičen za pridobitev gelaste oblike CNF. Za zadovoljiv produkt je potrebno delignifikacijo ponoviti trikrat, v primeru ko obdelamo material z reagentom TEMPO pa zadostuje dvakratna delignifikacija. Odstranitev hemiceluloz je postopek s katerim poleg odstranitve hemiceluloz dosežemo tudi nabrekanje celične stene, s tem pa povečamo učinkovitost druge delignifikacije. Za zmanjšanje potrebne energije (čas in intenziteto obdelave) mehanske predelave z UT in UZ in potrebnih kemikalij kemične obdelave (delignifikacija) je priporočljiva oksidacija  $\alpha$ -celuloze z reagentom TEMPO. Raziskava je nadalje razkrila, da mora biti mehanska obdelava z UT in UZ vedno na koncu postopkov in da je bolje, če je UZ za UT.

## **ZAKLJUČKI / CONCLUSIONS**

Optimiziran postopek pridobivanja CNF je imel sledeče zaporedje: ekstrakcija po Soxhletu, delignifikacija, odstranjevanje hemiceluloz, delignifikacija, oksidacija z reagentom TEMPO, mehanska predelava z UT, mehanska predelava z UZ, mehanska predelava z UT, mehanska predelava z UZ (Bertoncelj 2015).

## **ZAHVALA / ACKNOWLEDGEMENT**

Avtorji se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije za finančno podporo programske skupine P4-0015. Del raziskav se je odvijal v okviru projekta Cel.Krog - Izkoriščanje potenciala biomase za razvoj naprednih materialov in bio-osnovanih produktov, ki se odvija v okviru Strategije pametne specializacije S4 (Mreže za prehod v krožno gospodarstvo) Operativnega programa za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2014 -2020.

## **VIRI / REFERENCES**

Bertoncelj J., 2015. Optimizacija pridobivanja nanofibrilirane celuloze iz lesne biomase. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo  
Žepič, V., Švara Fabjan, E., Kasunič, M., Cerc Korošec, R., Hančič, A., Oven, P., Slemenik Perše, L., Poljanšek, I. 2014. Morphological, thermal, and structural aspects of dried and redispersed nanofibrillated cellulose (NFC). *Holzforschung*, vol. 68, no. 6, str. 657-667.

# PREDOBDELAVA POVRŠINE LESA S PLAZMO DBD ZA POVEČANJE UČINKOVITOSTI POVRŠINSKE ZAŠČITE S PREMAZI NA VODNI OSNOVI

PRETREATMENT OF WOOD SURFACE USING DBD PLASMA FOR IMPROVEMENT  
OF SURFACE PROTECTION WITH WATER-BORNE COATINGS

**Jure ŽIGON<sup>1</sup>, Marko PETRIČ<sup>2</sup>, Sebastian DAHLE<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>J. Ž., mag. inž. les., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; [jure.zigon@bf.uni-lj.si](mailto:jure.zigon@bf.uni-lj.si)

<sup>2</sup> prof. dr. M. P., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; [marko.petric@bf.uni-lj.si](mailto:marko.petric@bf.uni-lj.si)

<sup>3</sup> dr. rer. nat. S. D., Clausthal University of Technology, Institute of Energy Research and Physical Technologies. Leibnizstraße 4, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany; [s.dahle@pe.uni-clausthal.de](mailto:s.dahle@pe.uni-clausthal.de)

## **Izveček:**

Žigon, J., Petrič, M., Dahle, S.: Predobdelava površine lesa s plazmo DBD za povečanje učinkovitosti površinske zaščite s premazi na vodni osnovi.

Oprijemnost premazov za površinsko zaščito lesa pri izpostavitvi na prostem je pomemben dejavnik njihove obstojnosti. Kot praktičen primer uporabe za konstrukcijske namene v zunanji uporabi, je bil za raziskavo izbran les navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.), premazan z akrilnim temeljnim in končnim premazom na vodni osnovi. Pred nanosom premazov smo les obdelali z dielektrično barierno razelektritveno (DBD) plazmo v zraku, pri atmosferskem tlaku. Nadalje smo s konfokalnim laserskim mikroskopom proučili morfološke značilnosti neobdelane in s plazmo obdelane površine. Ovrednotili smo tudi oprijemnost premazov. Površina po obdelavi s plazmo je postala bolj gladka. Pokazalo se je, da obdelava s plazmo DBD občutno poveča omočljivost lesa in tudi oprijemna trdnost temelja in celotnega premaznega sistema se je povečala. Obdelava s plazmo je okolju prijazen način obdelave lesa, brez energijsko potratnega postopka sušenja ali uporabe okolju škodljivih kemikalij.

**Ključne besede:** Plazma, površinska modifikacija lesa, omočljivost, premazi za les, adhezija.

## **Abstract:**

Žigon, J., Petrič, M., Dahle, S.: Pretreatment of wood surface using DBD plasma for improvement of surface protection with waterborne coatings.

Adhesion of coatings for surface protection of wood in exterior is a crucial factor for the performance of outdoor coatings on wood. As a practical example for application in construction and exterior usage, Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) wood coated with water-borne two-step acrylic stain was used in the present research. Prior to application of coatings, wood was treated with dielectric barrier discharge plasma treatment technique in air at atmospheric pressure. Furthermore, morphological properties of untreated and plasma treated surfaces were studied using confocal laser scanning microscopy technique. Surface became smoothly after plasma treatment process. Finally, adhesion of the coating system was evaluated with

the standard pull-off strength and cross cut tests. It was shown that DBD plasma treatment increased wettability of wood, and adhesion strength of the primer and of the entire coating system was improved as well. Plasma treatment is an environmentally friendly technique, without energy-intensive drying processes or application of environmentally harmful chemical substances.

**Key words:** plasma, modification of wood, wettability, wood coatings, adhesion.

## UVOD / INTRODUCTION

Obdelava lesa in lesnih kompozitov s plazmo predstavlja enega od načinov za spremembo lastnosti površin (Wolkenhauer et al., 2008; Demirkir et al., 2014), na katere lahko z namenom povečanja površinske zaščite materiala nanese različne premaze (Riedl et al. 2014). Do sedaj je bilo veliko raziskav izvedenih na temo obnašanja tekočin na tako modificiranih površinah, v smislu merjenja kontaktnih kotov in določanja proste površinske energije s plazmo obdelanih površin lesa (Rehn et al., 2003; Rehn in Viöl, 2003; Wolkenhauer et al., 2015). V naši raziskavi smo želeli ugotoviti, kako obdelava površine lesa z dielektrično barierno razelektritveno (DBD) plazmo v zraku pri atmosferskem tlaku vpliva na omočitev površin in oprijemnost vodnega površinskega premaznega sistema.

## MATERIALI IN METODE / MATERIALS AND METHODS

### Materiali / Materials

Pripravili smo lamele iz lesa navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.), z radialno orientacijo in dimenzijami (300 × 100 × 3) mm<sup>3</sup> in jih pred nadaljnjim delom 7 dni kondicionirali v standardni klimi z relativno zračno vlažnostjo 65 % in temperaturo 20 °C, s čimer je les dosegel povprečno vlažnost 11,2 %. Za premazovanje smo uporabili brezbarvni temeljni premaz "Bori impregnacija" in beli pokrivni premaz "Bori lazura UV protection" (proizvajalec: Helios d.o.o.).

### Sistematizacija vzorcev / Samples systematization

Oris sistematizacije in koraki priprave vzorcev so prikazani v Preglednici 1. Izhodiščni scenarij predstavlja običajen način zaščite lesa pri njegovi izpostavitvi na prostem. Predvidevali smo, da bo dodatna obdelava površine lesa s plazmo v scenariju s plazmo prispevala k boljšim lastnostim površinske zaščite. Za potrditev učinkovitosti obdelave podlage s plazmo pa smo izvedli tudi kombinirani scenarij, ki zajema celotno površinsko zaščito lesa.

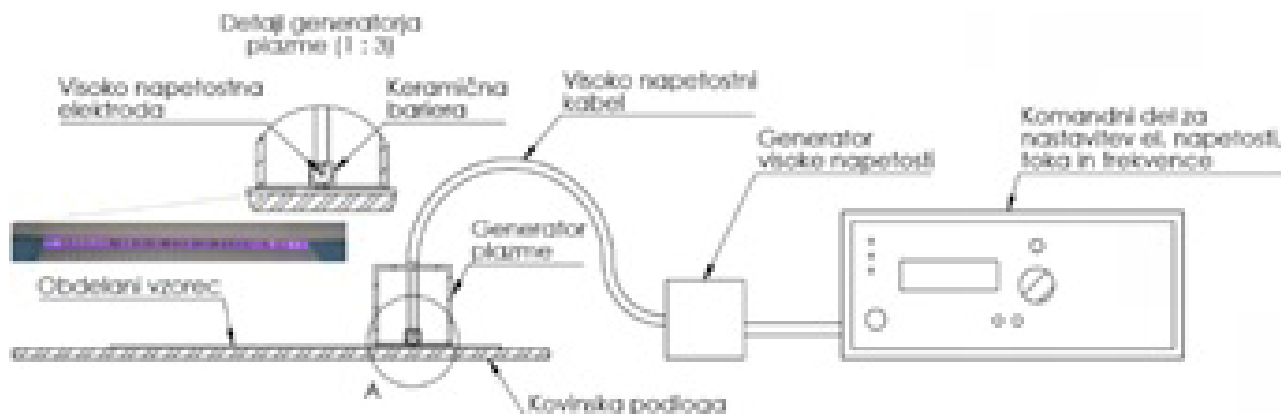
Serija vzorcev	Korak priprave vzorcev				Oznaka
	1	2	3	4	
Izhodiščni scenarij	/	/	/	/	<b>BU</b>
	Nanos temelja	/	/	/	<b>BP</b>
	Nanos temelja	Brušenje, P240	Nanos končnega sloja	/	<b>BT</b>
Scenarij s plazmo	Obdelava	/	/	/	<b>PT</b>
	Obdelava	Nanos temelja	/	/	<b>PTP</b>
	Obdelava	/	/	Nanos končnega sloja	<b>PTT</b>
Kombiniran scenarij	Obdelava	/	/	/	<b>CT</b>
	Obdelava	Nanos temelja	Brušenje, P240	Nanos končnega sloja	<b>CTPT</b>

Preglednica 1: Sistematizacija in koraki priprave vzorcev.

Table 1: Systematization and preparation steps of samples.

## Obdelava površine lesa s plazmo / Wood surface treatment with plasma

Na Sliki 1 je predstavljena naprava z dielektrično barierno razelektritveno plazmo. Nastavljena električna napetost visokonapetostnem generatorju je znašala 30 V, s pulzirajočo frekvenco 16 kHz, razdalja med elektrodo in površino vzorca pa je bila 1 mm. Obdelava s plazmo je bila izvedena po brušenju površine lesa oz. pred nanosom premazov.



Slika 1: Shema naprave z DBD plazmo za obdelavo površin lesa.

Figure 1: Scheme of DBD plasma device used for wood surface treatment.

### *Ugotavljanje sprememb na površini lesa po obsevanju s plazmo / Changes caused on a wood surface after plasma treatment*

Električno napetost, potrebno za ustvarjanje plazme v generatorju smo med obdelavo preko priključenega osciloskopa merili direktno na izhodu iz visokonapetostnega generatorja. Posneli smo nihajne spektre (ATR-FTIR) neobdelanih in s plazmo obdelanih površin lesa. Tridimenzionalno rekonstrukcijo površine vzorca lesa pred obsevanjem s plazmo in po njem smo vizualizirali s konfokalnim laserskim mikroskopom.

### *Nanos tekočin in premazov na površine vzorcev / Application of liquids and coatings on sample surfaces*

Večja omočljivost površine je povezana z boljšo penetracijo in oprijemnostjo nanosenega in utrjenega filma premaza. Izmerili smo kontaktne kote kapljic destilirane vode s prostornino 5  $\mu\text{L}$  na neobdelanih in s plazmo obdelanih površinah, in sicer 1 s po nanosu ter po 2, 5, 10, 20, 30 in 45 s.

Spremembe omočljivosti in hitrost razlivanja na površinah lesa smo opazovali tudi tako, da smo na površine nanесли kapljice obarvane vode in časovni potek razlivanja opazovali s svetlobnim mikroskopom, in sicer takoj po nanosu, po 1, 2 in 3 sekundah, ter po 24 urah.

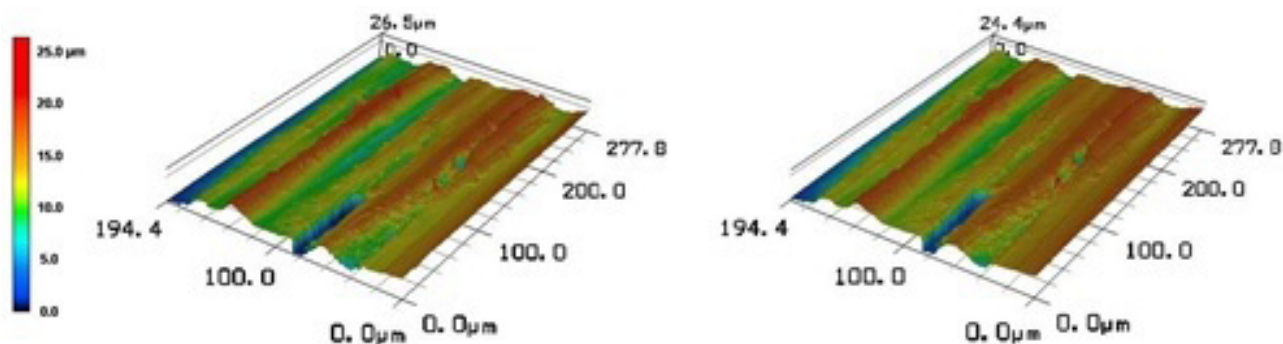
Vse površine lesa smo pred prvim nanosom premaza pobrusili z brusnim papirjem granulacije 120, v primeru nanosa dveh slojev premaza pa smo uporabili brusni papir granulacije 240. Premaze smo na površine vzorcev nanесли z ročnim nanašalcem, s hitrostjo pomika približno 30 mm/s vzdolž lesnih vlaken. Debelina mokrega filma temeljnega premaza je znašala 60  $\mu\text{m}$ , končnega premaza pa 180  $\mu\text{m}$ .

Adhezijsko trdnost površinskih sistemov z utrjenim premazom smo izmerili po metodi z merjenjem oprijema z metodo odtrgovanja filma EN ISO 4624 in s preskusom oprijema z zarezovanjem rešetke EN ISO 2409, 10 dni po nanosu premazov. Na površino vsakega vzorca v seriji smo z dvokomponentnim epoksidnim lepilom nalepili aluminijaste pečate s premerom

20 mm, okrog katerih smo po 24 urah film zarezali do podlage in nato pečate odtrgali z napravo za odtrgovanje. Na premazanih vzorcih smo s posebnim orodjem zarezali mrežo kvadratkov do podlage in v skladu s predpisi standarda ocenili poškodbe.

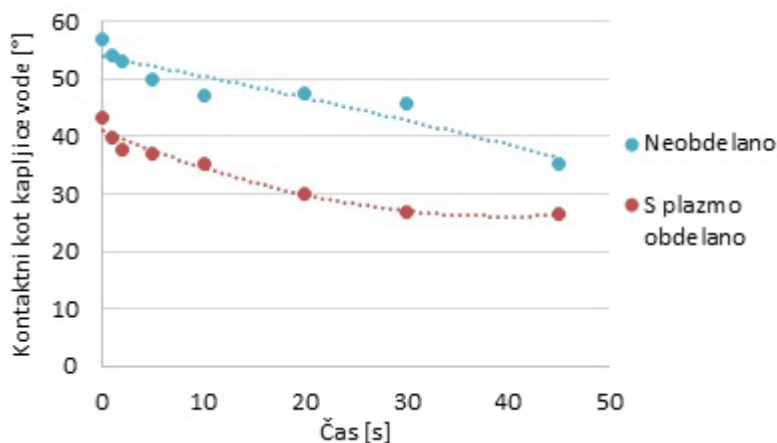
## REZULTATI IN RAZPRAVA / RESULTS AND DISCUSSION

Na Sliki 2 je prikazana primerjava 3D posnetka dela vzorca pred obdelavo s plazmo in po njej. Površina je po obdelavi s plazmo postala bolj gladka. Največja višina neravnin se je po obdelavi s plazmo znižala s prvotnih 26,5  $\mu\text{m}$  na 24,4  $\mu\text{m}$ .



Slika 2: 3D posnetek dela površine vzorca pred obdelavo s plazmo (levo) in po (desno) obdelavi.  
Figure 2: 3D profile of the sample surface segment before (left) and after (right) plasma treatment.

Na Sliki 3 je prikazan časovni potek spremembe kontaktnih kotov kapljic vode, ki so bile nanesene na neobdelano in s plazmo obdelano površino. V obeh primerih je kontaktni kot s časom upadal, vendar je bil ta na obdelani površini ves čas od nanosa kapljic nižji.



Slika 3: Kontaktni koti kapljice destilirane vode neobdelanih in s plazmo obdelanih površinah.  
Figure 3: Contact angle of distilled water droplet on untreated and plasma treated surfaces.

V Preglednici 2 je prikazan časovni potek razlivanja obarvane vode na neobdelani in s plazmo obdelani površini, ter končni izgled madeža po 24 urah. Nanesena tekočina se je na obdelani površini razlila hitreje in po večjem območju vzorca.

V vseh primerih merjenja adhezijske trdnosti utrjenega premaznega sistema je prišlo do adhezijske porušitve. Oprijemna trdnost temeljnega premaza na neobdelani površini je znašala 2,45 MPa, na obdelani površini pa 2,71 MPa.. Povečanja oprijemne trdnosti končnega premaza na s plazmo obdelani površini lesa ni bilo zaznati, saj je ta celo nekoliko upadel, in sicer s prvotnih 2,73 MPa na 2,68 MPa, kar pa je sicer zanemarljivo malo.

Preskus s križnim zarezovanjem rešetke je pokazal, da je bilo v vseh primerih območje delaminacije končnega premaza med 35 % in 65 %, kar ustreza oceni 3 oz. 4. Razlik ne lomnim obnašanjem neobdelanih in s plazmo predhodno obdelanih površin, pripravljenih po različnih scenarijih, ni bilo opaziti.

Vrsta površine	Čas po nanosu obarvane vodne raztopine				
	0 s <sup>1</sup>	1 s <sup>1</sup>	2 s <sup>1</sup>	3 s <sup>1</sup>	24 ur
Neobdelana					
S plazmo obdelano					

Preglednica 2: Časovni potek razlivanja kapljice obarvane vode po nanosu na neobdelano in s plazmo obdelano površino lesa.

Table 2: Spreading of coloured water after deposition on untreated and plasma treated surface of wood.

<sup>1</sup>-Slike posnete pod 8-kratno povečavo.

## ZAKLJUČKI / CONCLUSIONS

Omočljivost radialne površine lesa z vodo in vodnim premazom se je po obsevanju s plazmo povečala. Z opazovanjem istega območja površine pred obdelavo s plazmo in po njej, smo ugotovili, da se je prvotna hrapavost površine zmanjšala; površina je postala bolj gladka.

Meritve adhezijske trdnosti premaza in preskusi s križnim zarezovanjem rešetke so pokazali, da je predhodna obdelava substrata s plazmo ugodno vplivala na oprijemnost temeljnega premaza, medtem ko učinka na oprijemnost celotnega površinskega sistema ni bilo zaznati.

## ZAHVALA / ACKNOWLEDGEMENT

Avtorji prispevka se za finančno pomoč zahvaljujemo programu COST FP1407 ModWoodLife in programski skupini P4-0015 Les in lignocelulozni kompoziti. Velika zahvala gre Tehniški Univerzi Clausthal-Zellerfeld v Nemčiji, kjer je bil izveden večji del raziskave.

## VIRI / REFERENCES

- Demirkir C., Aydin I., Çolak S., Çolakoğlu G. 2014. Effects of plasma treatment and sanding process on surface roughness of wood veneers. *Turk J Agric For*, 38: 663-667.
- EN ISO 2409. Paints and varnishes – Cross-cut test. 2013: 14 str.
- EN ISO 4624:2004 - Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion (ISO 4624:2002): 11 str.
- Rehn P., Wolkenhauer A., Bente M., Förster S., Viöl W. 2003. Wood surface modification in dielectric barrier discharges at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*, 174 – 175: 515–518.
- Rehn P., Viöl W. 2003. Dielectric barrier discharge treatments at atmospheric pressure for wood surface modification. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61: 145–150.
- Riedl B., Angel C., Prigent J., Blanchet P., Stafford L. 2014. Effect of Wood Surface Modification by Atmospheric-Pressure Plasma on Waterborne Coating Adhesion. *BioResources*, 9, 3: 4908-4923.
- Wolkenhauer A., Avramidis A., Militz H., Viöl W. 2008. Plasma treatment of heat-treated beech wood – investigation on surface free energy. *Holzforschung*, 62: 472–474.
- Wolkenhauer A., Avramidis A., Hauswald E., Militz H., Viöl W. 2015. Sanding vs. plasma treatment of aged wood: A comparison with respect to surface energy. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29, pp.18–22.



# NARAVA IN ZDRAVJE V GRAJENEM OKOLJU

**Andreja KUTNAR<sup>1</sup>, Marko POSAVČEVIĆ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UP Inštitut Andrej Marušič, Oddelek za tehnologijo, Muzejski trg 2, 6000 Koper; InnoRenew CoE, Livade 6, 6310 Izola

<sup>2</sup>UP Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Oddelek za aplikativno naravoslovje, Glagoljaška ulica 8, 6000 Koper

Vsakdanje življenje v sodobnih urbanih okoljih od posameznikov zahteva spoprijemanje z zahtevnimi situacijami, kar vodi do povišanja psihofiziološkega stresa. Ravno porast stresa in z njim povezanih zdravstvenih težav je spodbudil raziskovalni interes po proučevanju okolij, ki ljudem nudijo restorativne učinke. Proces restoracije je Hartig (2007) opisal kot proces obnavljanja psiholoških, fizioloških in socialnih virov, ki jih je posameznik porabil za prilagoditev zahtevam okolja. Med restorativne učinke okolij tako spadajo spodbujanje prijetnih čustev, višja odpornost na stres, hitrejše okrevanje od stresa ter spodbujanje sposobnosti koncentracije (van den Berg, Joye in de Vries, 2012). S tem se je pričel trend proučevanja restorativnih okolij in psihofizioloških mehanizmov, ki ob izpostavljenosti ljudi tem okoljem privedejo do pozitivnih učinkov na zdravje in počutje.

Raziskave, ki so sledile, so dokazale, da stik z naravo in obiskovanje naravnih okolij nudita večji restorativni učinek, kot ga nudijo urbana okolja (Burnard in Kutnar, 2015). Večina teh raziskav je osnovanih na dveh teorijah, ki opredeljujeta psihofiziološko podlago restorativnih izkušenj med izpostavljenostjo naravnim okoljem (de Vries, 2010). Teorija okrevanja od stresa (ang. »stress recovery theory«, SRT) pozitivne učinke izpostavljenosti elementom narave v okolju pripisuje pozitivnemu afektu, s katerim se ljudje odzovemo pogledu nanje (Ulrich, 1984; Ulrich idr., 1991). Ta odziv prekine posameznikovo doživljanje stresa in spodbudi proces okrevanja od stresa, kar pozitivno učinkuje tako na psihično kot fizično zdravje (Ulrich, 1984). Teorija obnavljanja sposobnosti usmerjanja pozornosti (ang. »attention restoration theory«, ART; Kaplan in Kaplan, 1989) za razliko od SRT restorativnih učinkov posameznikove izpostavljenosti naravi v okolju ne pripisuje čustvenim, temveč kognitivnim procesom (Hartig, 2007). Ta teorija opredeljuje psihološki proces, ki ob stiku z naravnim okoljem spodbudi obnovo kognitivne sposobnosti usmerjanja pozornosti, ki je podvržena izčrpanju med opravljanjem vsakdanjih nalog v šolskem ali pisarniškem kontekstu. Eksperimentalne raziskave so mehanizme, opisane v teh teorijah, sprva preverjale v kontekstu zunanjih naravnih okolij, večje število nedavnih raziskav pa dokazuje, da je z vnašanjem narave v grajena okolja slednja moč narediti restorativna (npr. Nyrud, Bringslimark in Bysheim, 2014; Fell, 2010; Bringslimark, Hartig in Patil, 2011).

## **SODOBNE PARADIGME OBLIKOVANJA GRAJENEGA OKOLJA**

Ljudje v zahodnem svetu večino svojega časa – do 90 odstotkov – prebijemo v zaprtih prostorih, kjer je možnost stika z naravo in restorativnimi učinki, ki jih ta ima na naše zdravje in blagostanje, močno omejena. Osredotočiti se je potrebno torej na preučevanje poti, po katerih lahko naravo vnesemo v grajeno okolje na način, ki bo te restorativne učinke prenesel iz naravnih zunanjih okolij v grajena urbana in notranja okolja.

Sodobni trendi trajnostne gradnje dajejo poudarek na zniževanje negativnih učinkov gradnje in uporabe objektov na naravno okolje prek uporabe obnovljivih naravnih materialov, zniževanja

porabe energije in vode, zniževanja odpada, izogibanja uničevanju naravnih habitatov ipd. Derr in Kellert (2013) menita, da je vidik zniževanja negativnih učinkov grajenega okolja na naravo potrebno dopolniti z vidikom pozitivnih učinkov grajenega okolja na uporabnikovo zdravje in blagostanje, kar je moč doseči z vnosom narave v dizajn teh okolij. To novo paradigmo zasnove grajenega okolja poimenujeta restorativni okoljski dizajn (ang. »restorative environmental design«, RED). Restorativni okoljski dizajn tako združuje temeljna načela trajnostne gradnje z biofilicnim dizajnom, ki preko tehtnih oblikovalskih odločitev uporabnike grajenega okolja povezuje z naravo, zagotavlja koristi za njihovo zdravje in obenem v njih vzbuja skrb po zaščiti in ohranitvi naravnega okolja (Derr in Kellert, 2013).

## **RESTORATIVNI OKOLJSKI IN ERGONOMSKI DIZAJN – REED**

Restorativni okoljski in ergonomski dizajn (ang. »restorative environmental and ergonomic design«, REED) načelom restorativnega okoljskega dizajna ter regenerativnega dizajna dodaja znanstveno utemeljene vidike ergonomije, kineziologije in regenerativnega oblikovanja, s čimer kot prva od paradigem oblikovanja grajenega okolja zajema vidike ohranitve naravnega okolja, zdravja in počutja uporabnika ter povezanosti med človekom in naravo in s tem opredeljuje celotno sliko zdravega bivanjskega okolja.

Restorativni okoljski in ergonomski dizajn naravo v grajeno okolje vnaša preko elementov, kot so: razgledi na naravo, upodabljanje lokalne ekologije preko zasnove zgradb ter uporaba naravnih materialov lokalnega izvora. Les v okviru restorativnega okoljskega in ergonomskega oblikovanja predstavlja izvrsten dekorativni in konstrukcijski element, saj zadovoljuje vse naštetje kriterije in je obnovljiv. Raziskave, ki so obravnavale vnos narave v grajeno okolje, dokazujejo pozitivne učinke na zdravje uporabnikov; slednji so poročali o blažjem stresu, koristi za zdravje in počutje posameznikov pa so se kazale tudi skozi skrajšan čas okrevanja po operacijskih posegih, višjo zbranost ter motivacijo pri delu in učenju, večjo socialno povezanostjo v skupnostih ter pogostejši udeležbi v fizičnih aktivnostih.

## **INNORENEW COE**

Da bi dosegli napredek v tradiciji oblikovanja in izgradnje grajenih okolij, je potrebno podpreti prenos novega znanja v prakso. Kljub dostopnosti znanja še vedno obstaja razkol med teorijo in prakso, ki ga je potrebno premostiti. Novonastali Center odličnosti za raziskave in inovacije na področju obnovljivih materialov in zdravega bivanjskega okolja InnoRenew CoE bo svoje delovanje posvetil razvoju novih obnovljivih materialov in optimiziranju obstoječih za uporabo v zgradbah in produktih na način, ki bo v skladu z načeli oblikovanja REED. Razvoj centra temelji na sodelovanju 9 inštitucij (8 od tega slovenskih), kar bo zagotovilo interdisciplinarnost pridobljenega znanja in učinkovito promocijo slednjega – tako v znanstveni kot v gospodarski sferi. Tovrstna vpetost v lokalno in mednarodno okolje bo spodbudila težnjo k razvoju grajenega okolja in izdelkov v njem v smeri, ki bo zagotavljala trajnost, promovirala zdravje in blagostanje uporabnikov ter zmanjševala negativne vplive izgradnje in delovanja zgradb na naravno okolje (Kutnar, Schwarzkopf in Burnard, 2017).

## **VIRI**

Bringslimark, T., Hartig, T. in Patil, G. G. (2011). Adaptation to windowlessness: Do office workers compensate for a lack of visual access to the outdoors? *Environment and Behavior*, 43(4), 469-487.

Burnard, M. in Kutnar, A. (2015). Wood and human stress in the built indoor environment: A review. *Wood Science and Technology*, 49(5), 969-986.

De Vries, S. (2010). Nearby nature and human health: looking at the mechanisms and their implications. V C. Ward Thompson, P. Aspinall in S. Bell (ur.), *Open space: People space 2*,

innovative approaches to researching landscape and health (str. 75–94). Abingdon: Routledge.

Derr, V. in Kellert, S. R. (2013). Making children's environments "R.E.D.": Restorative environmental design and its relationship to sustainable design. V E. Pavlides & J. Wells (ur.), Proceedings of the 44th Annual Conference of the Environmental Design Research Association. Providence, RI: The Environmental Design Research Association.

Fell, D. (2010). Wood in the human environment: Restorative properties of wood in the built indoor environment. Doktorska disertacija, University of British Columbia, Vancouver, BC, Kanada.

Hartig, T. (2007). Three steps to understanding restorative environments as health resources. V C. W. Thompson in P. Travlou (ur.), Open Space: People Space (str. 199). London, UK: Taylor & Francis.

Kaplan, S. in Kaplan, R. (1989). The experience of nature: A psychological perspective. New York, NY: Cambridge University Press.

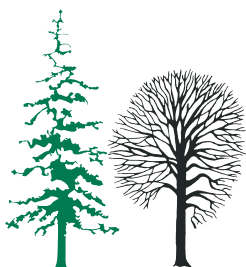
Kutnar, A., Schwarzkopf, M. in Burnard, M. (2017). Materials and Healthy Environments Research and Innovation Centre of Excellence (InnoRenew CoE). V COST FP1303 Meeting: Design, Application and Aesthetics of biobased building materials (zbornik). Prispavek predstavljen na COST FP1303 Meeting: Design, Application and Aesthetics of biobased building materials, Sofija, Bolgarija (str. 99-100). Sofija: Publishing House Avangard Prima.

Nyrud, Q. A., Bringslimark, T., & Bysheim, K. (2014). Benefits from wood interior in a hospital room: A preference study. *Architectural Science Review*, 57(2), 125-131.

Ulrich R. S., Simons, R., Losito, B., Fiorito, E., Miles, M. in Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201-230.

Ulrich, R. S. (1984). View Through a Window May Influence Recovery From Surgery. *Science*, 224, 42-421.

van den Berg, A. E., Joye, Y. in de Vries, S. (2012). Health benefits of nature. V L. Steg, A. E. van den Berg in J. I. M. de Groot (ur.), *Environmental psychology: An introduction*. Oxford, VB: Wiley-Blackwell.



**GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE**  
**SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE**

● ● ● **70** ● ● ●



Univerza v Ljubljani

**Biotehniška** fakulteta

*sedemdesetletnica*

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

630(497.4)(082)

674(497.4)(082)

ZNANSTVENO srečanje Gozd in les (2017 ; Ljubljana)

Gozd in les : 70 let / Znanstveno srečanje Gozd in les, Ljubljana, 23. maj 2017 ; [glavna urednika Miha Humar, Hojka Kraigher]. - 1. izd. = 1st ed. - Ljubljana : Založba Silva Slovenica, Gozdarski inštitut Slovenije, 2017. - (Studia Forestalia Slovenica, ISSN 0353-6025 ; 157)

ISBN 978-961-6993-26-5

1. Gl. stv. nasl. 2. Humar, Miha

290308352

