

Znanstvena razprava

GDK 181.71:176.1Fagus sylvatica(045)=163.6

Življenjska doba bukovine na prostem*Service Life of Beech Wood in Outdoor Applications*Miha HUMAR¹, Davor KRŽIŠNIK², Boštjan LESAR³, Nejc THALER⁴, Mojca ŽLAHTIČ⁵**Izveček:**

Humar, M., Kržišnik, D., Lesar, B., Thaler, N., Žlahtič, M.: Življenjska doba bukovine na prostem. Gozdarski vestnik, 73/2015, št. 10. V slovenščini s izvečkom v angleščini, cit. lit 24. Prevod avtorji, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, slovenskega besedila Marjetka Šivic

Bukovina sodi med najpomembnejše lesne vrste v Sloveniji. Standard SIST EN 350-2 uvršča bukovino med lesne vrste z najslabšo odpornostjo proti lesnim glivam. To je eden izmed najpomembnejših razlogov, ki preprečuje uporabo bukovine na prostem. Večina podatkov o odpornosti bukovine temelji na laboratorijskih testiranjih, realnih terenskih testov pa je relativno malo. Življenjska doba bukovine je v veliki meri odvisna od lokalnih podnebnih razmer, zato je nujno določiti življenjsko dobo posameznih lesnih vrst na prostem v osrednji Sloveniji. Na Oddelku za lesarstvo zato že več let potekajo testi, s katerimi določamo odpornost bukovine v tretjem razredu uporabe (na prostem, ni v stiku z zemljo). Prvi znaki glivnega razkroja se pojavijo že po nekaj mesecih izpostavitve, kasneje se razkroj nadaljuje, vzorci pa povsem propadejo po 4 do 6 letih izpostavitve. Glavni razlog za dovzetnost bukovine za glivni razkroj je povezan z odsotnostjo biološko aktivnih snovi (ekstraktivov) in dejstvom, da se bukovina relativno hitro navlaži. Z namenom proučiti dinamiko vlaženja bukovine smo petnajst mesecev stalno spremljali vlažnost lesa v različnih razmerah uporabe. Pričakujemo, da bomo skozi daljše obdobje spremljanja relevantnih lastnosti bukovine, preostalih lesnih vrst in modificiranega lesa pridobili podatke, ki bodo omogočili širšo rabo bukovega lesa na prostem.

Ključne besede: bukev, *Fagus sylvatica*, naravna odpornost, razkroj, terenski testi, vlažnost lesa, življenjska doba

Abstract:

Humar, M., Kržišnik, D., Lesar, B., Thaler, N., Žlahtič, M.: Service Life of Beech Wood in Outdoor Applications. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 73/2015, vol. 10. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 24. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Beech wood is amongst the most important wood species in Slovenia. The EU standard EN 350-2 classifies beech wood into the group of the least durable wood species. This is one of the most important reasons which limit the use of beech wood in outdoor applications. The majority of the data about beech wood durability is a result of laboratory tests as there were limited numbers of field tests performed. As the service life of wood significantly depends on the local climate conditions, this data cannot be simply copied from other countries. Therefore, field tests have been running at the field test site of the Department of Wood Science and Technology for several years now to determine comprehensive performance of most important Slovenian wood species including beech wood. Majority of the tests are performed in use class 3 applications (above ground, not covered). The first signs of decay on beech wood are visible after few months of exposure. Afterwards the decay proceeds and the samples are degraded between 4 and 6 years of exposure. The most important reasons for insufficient outdoor performance of beech wood are lack of biologically active extractives and low water exclusion efficacy. In order to elucidate this phenomenon moisture content was continuously monitored for 15 months. We believe that the field tests performed will lead us to the data which will enable better understanding of the phenomena of durability and improve durability of beech wood with state of the art modification solutions.

Key Words: beech, *Fagus sylvatica*, natural durability, decay, field testing, moisture content, service life

¹ Prof. dr. M. H. univ. dipl. inž. les. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, SI 1000 Ljubljana, Slovenija, miha.humar@bf.uni-lj.si, +38638613203638

² D. K. mag. dipl. inž. les. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, SI 1000 Ljubljana, Slovenija, davor.krzisnik@bf.uni-lj.si

³ doc. dr. B. L. univ. dipl. inž. les. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, SI 1000 Ljubljana, Slovenija, bostjan.lesar@bf.uni-lj.si

⁴ asist. dr. N. T. univ. dipl. biotehnolog Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, SI 1000 Ljubljana, Slovenija, nejc.thaler@bf.uni-lj.si

⁵ M. Ž. mag. dipl. inž. les. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, SI 1000 Ljubljana, Slovenija, mojca.zlahtic@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Bukovina sodi med najpomembnejše lesne vrste v srednji Evropi (Forest Europe, 2011). V evropskih gozdovih zavzema okoli 23 % delež (Forest Europe, 2011), v slovenskih pa kar 32 % (ZGS, 2014). Pričakovati je, da se bo delež bukovine še večal. Včasih so bukovino uporabljali predvsem za izdelavo pohištva, železniških pragov, furnirja, vezanih plošč, oglja in za energetske namene (Torelli in sod., 2007, Čufar in sod., 2012). Večina naštetih rab bukovine se je v zadnjem desetletju zelo zmanjšala (Piškur, 2012). V pohištveni industriji so bukovino nadomestili kompozitni materiali, železniške pragove nadomeščata beton in plastične mase. Tudi raba bukovine za izdelavo furnirja je zmanjšana povsod v Evropi; na primer: proizvodnja vezanih plošč iz bukovine dosega le še 30 % proizvodnje izpred desetih let (EUWID, 2015). Tudi slovenskih proizvajalcev vezanih plošč praktično ni več. Trenutno je edina raba bukovega lesa, kjer ni bilo opaziti izrazitega padca, raba za energetske namene. V ta namen je smiselno uporabiti manj kakovosten les in lesne ostanke. Kakovostne bukovine je škoda, da bi jo uporabili za izdelavo peletov, sekancev ali drv. Slovenija slovi po kakovostni bukovini, zato je nujno treba razviti nove rabe bukovine, če želimo izkoristiti omejene naravne vire, ki jih imamo na voljo.

Obstaja nekaj neizkoriščenih možnosti rab bukovine; lahko je vir komercialno zanimivih kemikalij (Vek in sod., 2014 in 2015). Ker je koncentracija komercialno zanimivih biološko aktivnih učinkovin ali prehranskih dopolnil v primerjavi z drugimi lesnimi vrstami relativno nizka, ni verjeti, da bi komercializirali pridobivanje teh učinkovin iz bukve. Glede na velik delež celuloze bi bila bukovina potencialno uporabna za pridobivanje nanoceluloze, vendar postopki za njeno pridobivanje še niso preneseni v industrijsko merilo. Bistveno obetavnejša rešitev se zdi uporaba bukovine v gradbeništvu. Tako so že razvili rešitve, ki omogočajo predelavo bukovine v nosilce LVL z odličnimi mehanskimi lastnostmi (Raute, 2014). Žal bukovina sodi med neodporne lesne vrste, ki jih brez ustrezne zaščite ne moremo uporabiti na prostem (Brischke in sod., 2013). Na voljo je že nekaj rešitev, kako na okolju prijazen način izboljšati relevantne lastnosti bukovine. V to skupino sodi termična modifikacija lesa, obdelava s hidrofobnimi pripravki, kot so voski in olja idr. Na terenskih poljih Oddelka za lesarstvo že preizkušamo našete rešitve v praksi (Žlahtič in Humar, 2015). Zaradi časovno zahtevnih testiranj vsi podatki o

obnašanju teh materialov na prostem še niso na voljo, zato se v tem prispevku osredotočamo predvsem na obnašanje nezaščiten bukovine na prostem in jo primerjamo z odpornejšima domačima lesnima vrstama, jedrovino hrasta in kostanja.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Naravna odpornost proti lesnim glivam razkrojevalkam v laboratoriju

Naravno odpornost lesa smo določali v skladu z modificiranim standardom SIST EN 113 (2006). Za testiranje smo uporabili polradialne vzorce velikosti 11 mm × 15 mm × 50 mm. Naravno odpornost bukovine (*Fagus sylvatica*) smo primerjali z naravno odpornostjo jedrovine hrasta (*Quercus sp.*) in jedrovine kostanja (*Castanea sativa*). Za vsako lesno vrsto smo uporabili po pet vzorcev, kot določa standard. Vzorca so bili izdelani iz adultnih delov desk, juvenilnemu lesu smo se izognili. Vzorcem smo določili maso v absolutno suhem stanju in jih sterilizirali s paro pod pritiskom ($T = 121\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 20\text{ min}$). Sterilne vzorce smo za dvanajst tednov izpostavili delovanju gliv razkrojevalk. Uporabili smo naslednje glive: *Daedalea quercina* – hrastova labirintnica, *Fibroporia vaillantii* – bela hišna goba, *Hypoxylon fragiforme* – ogljena kroglica, *Stereum hirsutum* – dlakava slojevka in *Trametes versicolor* – pisana ploskocevka. Prvi dve povzročata rjavo trohno, preostale tri pa belo.

2.2 Naravna odpornost proti lesnim glivam razkrojevalkam na terenskem testu v tretjem razredu uporabe

V raziskavi smo uporabili vzorce bukovine (*F. sylvatica*) in jih primerjali z lastnostmi jedrovine hrasta (*Quercus sp.*) in kostanja (*C. sativa*) velikosti 25 mm × 50 mm × 500 mm. Vzorca so bili polradialni, branike so z vzdolžno površino tvorile kot $45 \pm 15\text{ }^{\circ}$. Ves les je izviral iz osrednje Slovenije. Po štirih tednih sušenja pri sobnih razmerah smo vzorce izpostavili terenskemu testiranju v dveh obdobjih: 28. 5. 2007 in 14. 7. 2010. Izpostavili smo jih na terenskem polju na Oddelku za lesarstvo v Rožni dolini v Ljubljani na pretežno senčno in zatišno lego (310 m n. v.) v 3.2 razredu izpostavitve (na prostem, nepokrito, pogosto močenje) (SIST EN 335-1/2 2006). Za določanje življenjske dobe lesa smo v tej raziskavi uporabili dvoslojni test (ang. double layer test) (Rapp in Augusta, 2004; SIST EN 252, 2004). Pet enako obdelanih vzorcev smo zložili

Preglednica 1: Ocene razkroja vzorcev (SIST EN 252, 2004).

Table 1: Decay rating scheme (SIST EN 252, 2004).

Ocena	Razvrstitev	Opis vzorca
0	Ni znakov razkroja	Na preizkušancu ni zaznavnih sprememb.
1	Neznaten razkroj	Na vzorcu so vidni znaki razkroja, vendar razkroj ni intenziven in je zelo prostorsko omejen: spremembe, ki se pokažejo predvsem kot sprememba barve ali zelo površinski razkroj, mehčanje lesa je najpogostejši kazalec, razkroj sega do 1 mm v globino.
2	Zmeren razkroj	Jasne spremembe v zmernem obsegu: spremembe, ki se kažejo kot mehčanje lesa 1 mm do 3 mm globoko na 1 cm ² ali večjem delu vzorca.
3	Močen razkroj	Velike spremembe: izrazit razkroj lesa 3 mm do 5 mm globoko na velikem delu površine (večje od 20 cm ²) ali mehčanje lesa globlje kot 10 mm na površini, večji od 1 cm ² .
4	Propadel vzorec	Preizkušane je zelo razkrojen: ob padcu z višine 0,5 m se zlomi.

v spodnjo vrsto in štiri v zgornjo. Vzorci v zgornji vrsti so bili glede na spodnje vzorce zamaknjeni za polovico širine vzorca.

Ocenjevanje vzorcev je potekalo vsako leto med 15. majem in 15. junijem. Vsak vzorec smo si natančno ogledali in ocenili stopnjo razkroja po standardu SIST EN 252, 2004 (Rapp in Augusta, 2004) (Preglednica 1).

2.3 Spremljanje modrenja lesa na modelnem objektu Oddelka za lesarstvo

Na vrtu Oddelka za lesarstvo smo postavili modelni objekt (Slika 1), ki je zgrajen v skeletni zasnovi.

Fasada objekta je skeletna, izdelana iz več različnih materialov, ki se uporabljajo v lesni gradnji. Del letev je izdelan tudi iz bukovine, jedrovine hrasta in kostanja. Objekt je bil postavljen poleti 2013, konec oktobra 2013 smo nanj pritrdili še fasado. V različnih časovnih obdobjih (Preglednica 5) smo ocenili pojav gliv modrivk in plesni na fasadi v skladu z modificiranim standardom SIST EN 152-1 (1996).

Razkrojenosti na fasadnih elementih še nismo določali, saj je čas izpostavitve še prekratek za pojav gliv razkrojevalk. V prihodnosti načrtujemo, da bomo beležili tudi pojav gliv razkrojevalk.

Slika 1: Videz modelnega objekta za spremljanje življenjske dobe lesa. Objekt je na vrtu Oddelka za lesarstvo in je bil postavljen poleti 2013, konec oktobra 2013 smo nanj pritrdili še fasado.

Figure 1: View of the Model house for monitoring of service life of wood. The house is located at the Department of Wood Science and Technology. House summer of 20 was constructed in the 13 and in October 2013 the façade was mounted.



Preglednica 2: Merila vizualne ocene pomodrelosti/plesnivosti površine vzorcev lesa (prirejeno po EN 152-1, 1996)
Table 2: Criteria for visual assessment of staining of the surface of the wood specimens (adopted from EN 152-1, 1996)

Ocena	Opis pomodrelosti
0	Površina ni obarvana: madežev na površini ne opazimo.
1	Površina je zelo malo in zato nepomembno obarvana: največji dovoljeni premer madežev je 2 mm, vseh madežev ni več kot 50.
2	Les je zelo obarvan: če so madeži med seboj povezani, je lahko obarvane do 1/4 površine vzorca; če madeži med seboj niso povezani, je lahko obarvane do 1/3 površine vzorca.
3	Les je zelo obarvan: če so madeži med seboj povezani, je obarvane več kot 1/2 površine vzorca; če madeži med seboj niso povezani, je pomodrele več kot 1/2 zgornje površine vzorca.
4	Les je povsem obarvan, vzorci so povsem pomodreli.

2.4 Dinamika vlaženja lesa na modelnem objektu Oddelka za lesarstvo

Vlažnost lesa določamo z električno uporovno metodo. Spremljamo jo na vzorcih, ki so izpostavljeni na vsaki strani objekta z enim senzorjem za vsako lesno vrsto. V ta namen uporabljamo izolirane jeklene elektrode, ki merijo električno upornost v sredini vzorcev. Vlažnost spremljamo v sredini, saj se večina gliv navadno razvije v osrednjem delu vzorcev, zato je to mesto najpomembnejše. Električno upornost merimo vsakih dvanajst ur z merilno opremo Scantronik (Gigamodule) in jo beležimo z zapisovalci podatkov (Thermofox). Vzporedno z vlažnostjo beležimo tudi temperaturo v sredini vzorcev. Iz podatkov o električni upornosti in temperaturi lesa smo izračunali vlažnost lesa, kot to opisuje Lampen (2012).

Ob zgradbi Oddelka za lesarstvo je postavljena vremenska postaja Davis, ki omogoča spremljanje vremenskih podatkov na terenskem polju in pri modelnem objektu. Podatki nam omogočajo analizo vpliva vremena na življenjsko dobo lesa, izpostavljenega na terenskem polju in v modelnem objektu.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Standard SIST EN 350-2 (2015) uvršča bukovino med neodporne lesne vrste. V številnih standardnih in nestandardnih laboratorijskih testih se uporablja tudi kot referenčna neodporna vrsta. Odpornost bukovine proti lesnim glivam je slaba, zato bukovino uvrščamo v peti odpornostni razred, med zelo občutljive lesne vrste. Med listavci v to skupino sodijo še les gabra, javorja, jelše, breze, jesena, lipe, topola in vrbe. Med naštetimi lesnimi vrstami je les topola še nekoliko slabše odporen proti glivam, predvsem zaradi nizke

gostote. Da bi preverili odpornost bukovine in jo primerjali z odpornostjo odpornejših lesnih vrst (hrast in kostanj), smo les izpostavili čistim kulturam gliv razkrojevalk. Za primerjavo smo uporabili še les hrasta in kostanja, ki ju uvrščamo v drugi razred odpornosti (SIST EN 350-2, 2015).

Po pričakovanju so glive rjave trohnobe razgradile bukovino v manjši meri kot glive bele trohnobe (Preglednica 3). Najmanjšo izgubo mase je povzročila gliva *F. vaillantii* (17,6 %), največjo pa gliva *H. fragiforme* (44,7 %). Če izgube mase pretvorimo v odpornostne razrede v skladu s standardom CEN/TS 15083-1 (2005), lahko potrdimo, da bukovina sodi v peti odpornostni razred (lesne vrste so zelo dovzetne za razkroj). Hrastovina se je izkazala bistveno bolje. Izgube mase hrastovine so nihale od 7,1 % (*D. quercina*) do 0,9 % (*F. vaillantii*). Naši rezultati sovpadajo s podatki standarda SIST EN 350-2 (2015), ki jedrovino hrasta uvršča v drugi odpornostni razred. Najmanjšo izgubo mase smo zabeležili pri jedrovini kostanja. Nobena gliva ni povzročila izgube mase več kot 3 %, kar pomeni, da so izgube mase zanemarljive. Na podlagi teh podatkov lahko jedrovino kostanja razvrstimo v prvi odpornostni razred, kar je za razred višje, kot jo uvršča standard SIST EN 350-2 (2015). Podobno odpornost smo zabeležili tudi v prejšnjih raziskavah (Thaler in sod., 2014).

Podatek o odpornosti lesa proti glivam je izhodiščni podatek, ki pove, kakšne so lastnosti materiala. Vrednosti, določene v laboratoriju, veljajo za večji del severne hemisfere. Zanima pa nas, kako lahko iz odpornosti posameznih lesnih vrst določimo, koliko časa bo izdelek opravljal svojo funkcijo v realnih razmerah. Življenjska doba lesa je namreč odvisna od odpornosti lesa, podnebnih razmer in načina izpostavitve (Thelandersson in sod., 2011). Zato smo v nadaljevanju opravili še terenska preizkušanja

Preglednica 3: Izguba mase bukovih vzorcev, izpostavljenih dvanajsttedenskemu delovanju gliv bele in rjave trohnohe. V oklepajih so navedeni standardni odkloni. Odpornostni razredi so določeni na podlagi standarda CEN/TS 15083-1 (2005).

Table 3: Mass loss of the beech wood specimens exposed to brown and white rot fungi for the period of 12 weeks. Standard deviations are put in the parenthesis. Resistance classes are calculated based on the CEN/TS 15083-1 (2005) standard procedure.

Lesna gliva	Trohnoha	Bukev		Hrast		Kostanj	
		izguba mase	Odpor. razred	izguba mase	Odpor. razred	izguba mase	Odpor. razred
<i>D. quercina</i>	Rjava trohnoha	22,1 (2,2)	4	7,1 (2,3)	2	1,7 (0,3)	1
<i>F. vaillantii</i>	Rjava trohnoha	17,6 (2,6)	4	0,9 (0,3)	1	0,5 (0,2)	1
<i>H. fragiforme</i>	Bela trohnoha	44,7 (3,4)	5	5,9 (1,3)	2	0,2 (0,1)	1
<i>S. hirsutum</i>		34,3 (3,1)	5	2,1 (0,7)	1	0,7 (0,2)	1
<i>T. versicolor</i>		42,2 (1,9)	5	1,5 (0,4)	1	1,3 (0,3)	1

bukovine, hrastovine in kostanjevine na prostem. Ker je življenjska doba lesa zelo odvisna od podnebnih razmer in ker le-te nihajo med posameznimi leti, tudi pri določanju odpornosti lesa nastajajo razlike, zato smo test izpeljali v dveh delih. Prvo serijo vzorcev bukovine smo izpostavili spomladi 2007 in po enem letu opazili začetne znake razkroja. Po štirih letih smo izločili prve propadle vzorce, preostali so dokončno propadli po šestih letih (Preglednica 4). Če te podatke primerjamo z drugimi podatki iz literature, spoznamo, da je po šestih letih izpostavitve bukovih vzorcev v kraju Ås na Norveškem povprečna ocena razkroja 2,0, na terenskem polju v Bergnu pa 3,1 (Brischke in sod., 2013). V Švedskem kraju Boråsu vzorci po desetihletih izpostavitve še niso bili povsem razkrojeni (ocena 3,4). Ti podatki

kažejo, da je v Sloveniji relativno ugodno podnebje za razvoj gliv in da les relativno hitro propade. Primerjava med obema obdobjema izpostavitve bukovine pokaže, da razkroj na bukovih vzorcih, ki so bili izpostavljeni leta 2010, poteka nekoliko počasneje. Ključni podatek pa je, da razkroja na vzorcih, ki so bili izpostavljeni v navpičnem položaju, tudi po petih letih izpostavitve še ni opaziti. Po drugi strani razkroj hrastovine in kostanjevine poteka bistveno počasneje. Na kostanjevih vzorcih po petih letih izpostavitve še ni opaziti razkroja, nekoliko hitreje pa napreduje razkroj na delu hrastovih vzorcev, kjer prve zanesljive znake razkroja opazimo po petih do šestih letih izpostavitve. Ta podatek sovпада s podatki o odpornostnih razredih, predstavljenih v Preglednici 3. Kostanjevina se je v laboratorijskih in

Preglednica 4: Razkrojenost bukovih, hrastovih in kostanjevih vzorcev, izpostavljenih na terenskem polju v dvoslojnem testu in navpični izpostavitvi. Del vzorcev je bil izpostavljen v juniju 2007, drugi pa v juniju 2010.

Table 4: Degradation of beech, oak and sweet chestnut wood specimens exposed on the field test site in double layer and vertical exposure. A part of the specimens was exposed in 2007, the other part in 2010.

Lesna vrsta	Izpostavitev	Leto ocenjevanja							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
vizualna ocena razkroja									
Bukev	dvoslojni test	1,2	2,5	3,0	3,3	3,8	4,0		
Hrast	dvoslojni test	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	1,1	1,3	1,3
Bukev	dvoslojni test				0,6	2	2	2,4	3,2
	navpična				0	0	0	0	0
Hrast	dvoslojni test				0	0	0	0	0
	navpična				0	0	0	0	0
Kostanj	dvoslojni test				0	0	0	0	0
	navpična				0	0	0	0	0

tudi terenskih testih izkazala bolje kot hrastovina, čeprav ju standard SIST EN 350-2 (2015) uvršča v isti odpornostni razred. Podatki o poteku razkroja kažejo, da je po poseku treba poskrbeti za ustrezno skladiščenje hlodovine, kar je že bila tema enega od prispevkov v tej reviji (Triplat in sod., 2013).

Poleg gliv razkrojevalk na les zelo vplivajo tudi glive modrivke. Uporabniki se pogosto odločijo za menjavo lesa zaradi estetskih vzrokov, čeprav je določeni izdelek še povsem funkcionalen. Dvoslojni testi so namenjeni predvsem vrednotenju razkroja, zato smo pojav gliv modrivk na testiranih lesnih vrstah ocenjevali na modelnem objektu Oddelka za lesarstvo. Vzorci bukke, hrasta in kostanja so bili izpostavljeni na treh različnih fasadah (severni, južni in vzhodni) ter na terasi. Severna fasada modelnega objekta je nagnjena navzven in ima relativno velik napušč, južna fasada je popolnoma navpična in ima manjši napušč, medtem ko ga na vzhodni in zahodni fasadi ni. Prvi znaki modrenja so se pojavili že po prvem mesecu izpostavitve. Upoštevati je treba, da je bil to jesenski mesec z relativno nizkimi temperaturami, a so se modrivke kljub temu pojavile. Modrenje se je pojavilo na bukovini (terasa in južna fasada), medtem ko ga na hrastovini in kostanjevini nismo opazili. Po treh mesecih se

je modrenje pojavilo še na hrastovini na terasi in južni fasadi, kostanjevina pa je ostala neobarvana. Po petih mesecih je bilo opaziti prve diskoloracije tudi na kostanjevini. Na terasi pa ni bilo moč očesno sklepati, ali je površina pomodrela ali pa je nastala le intenzivna fotodegradacija (Preglednica 5). Po osmih mesecih izpostavitve smo znake modrenja zabeležili na vseh lokacijah in vseh preizkušanih lesnih vrstah, v nadaljnjih mesecih pa je bilo vedno težje določiti, ali je posamezna površina pomodrela ali zgolj zelo in neenakomerno fotodegradirana. Izkazalo se je, da fotodegradacija prekrije znake modrenja, v vlažnih mesecih pa se v nekaterih primerih modrenje znova pojavi. Kot kaže, je modrenje dinamičen proces, kjer neprestano nastaja degradacija glivnih pigmentov zaradi žarkov UV in nastanka novih glivnih madežev. To je še posebno izrazito pri kostanju, ki je na severni strani pritrjen čisto pri tleh, zato je zelo izpostavljen škropljenju meteorne vode, zato smo težko ločili abiotske procese razgradnje od modrenja.

Eden od ciljev pričujoče raziskave je bil ugotoviti, kako različni položaji izpostavitve lesa vplivajo na njegovo življenjsko dobo. Ker je čas izpostavitve lesa v našem podnebnju še prekratek, smo ta podatek poskušali pridobiti posredno, preko spremljanja dinamike vlaženja lesa. Na modelnem objektu smo

Preglednica 5: Vpliv mesta izpostavitve in lesne vrste na pojav gliv modrivk. Vzorci so bili izpostavljeni na fasadi in terasi modelnega objekta 25. 10. 2013.

Table 5: Impact of exposure and wood species on the occurrence of blue stain fungi. Samples were exposed on the façade of the model object on October 25, 2013.

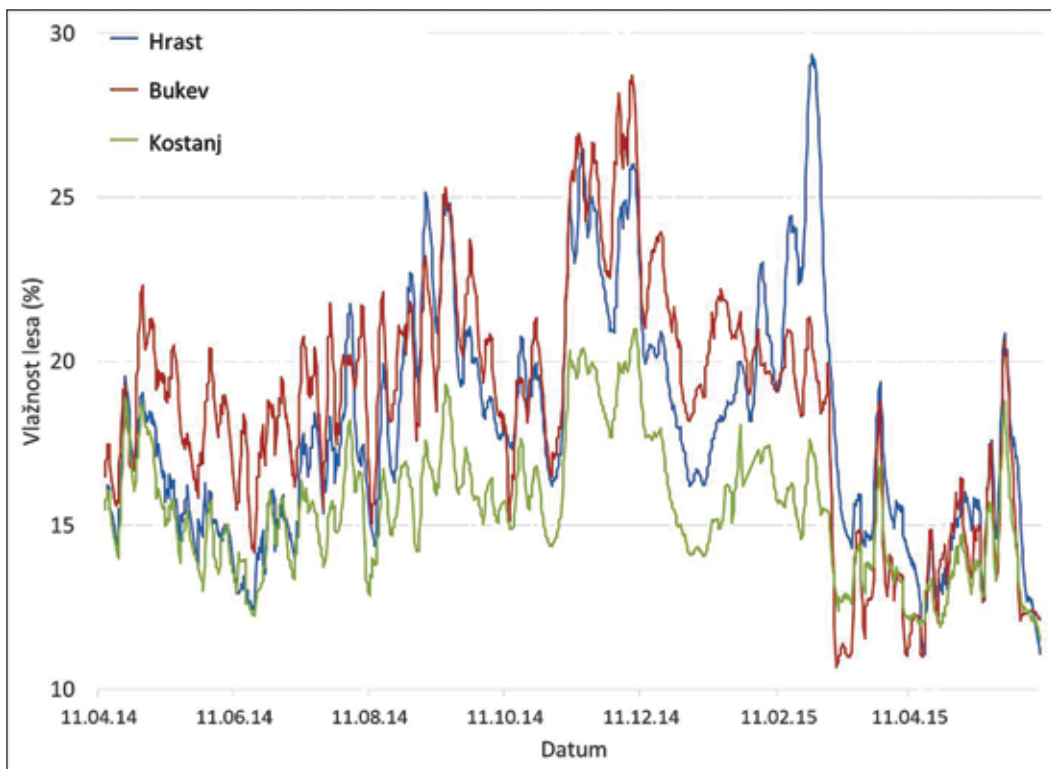
Lesna vrsta	Izpostavitveni položaj	Čas izpostavitve (meseci)					
		1	3	5	8	12	20
		vizualna ocena pomodrelosti					
Bukev	terasa	1,0	1,3	*	*	*	*
	sever	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,8
	jug	0,8	2,2	3,2	3,2	*	*
	vzhod	0,0	2,6	2,9	3,7	3,7	3,0
Hrast	terasa	0,0	3,4	*	*	*	*
	sever	0,0	0,0	0,2	0,8	1,0	3,4
	jug	0,0	1,0	2,0	2,4	2,3	*
	vzhod	0,0	0,0	3,0	3,1	*	*
Kostanj	terasa	0,0	0,0	*	*	*	*
	sever	0,0	0,0	2,0	3,0	*	*
	jug	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
	vzhod	0,0	0,0	2,0	2,3	2,4	2,5

* modrenja ni mogoče ločiti od fotodegradacije

Preglednica 6: Vpliv izpostavitve in lesne vrste na najmanjšo, največjo in povprečno vlažnost lesa (u) ter na število meritev, ki presegajo posamezne limitne razmere. Vzorci so bili izpostavljeni na modelnem objektu Oddelka za lesarstvo.

Table 6: Impact of the exposure and wood species on the minimal, maximal and average moisture content (u) and on the number of the measurements that exceeds the limit criteria.

	Terasa	Fasada sever	Fasada jug	Fasada vzhod
	bukev			
Število meritev	849	879	643	905
Število dni	425	439	321	452
Najmanj	6,9	10,1	7,7	6,1
Največ	30,5	17,7	44	35,5
Povprečje	18,0	13,6	15,3	13,5
# $u > 15$	629	147	326	185
# $u > 20$	236	0	40	31
# $u > 25$	51	0	10	10
# $u > 30$	2	0	9	8
# $u > 20$ in temp > 20	26	0	1	0
# $u > 18$ in temp > 18	82	0	3	2
hrast jedrovina				
Število meritev	849	926	848	897
Število dni	425	463	424	449
Najmanj	5,1	11,5	5,0	8,5
Največ	32,1	16,6	41,7	33,1
Povprečje	18,6	13,9	13,0	13,9
# $u > 15$	661	140	148	232
# $u > 20$	276	0	13	17
# $u > 25$	57	0	11	15
# $u > 30$	5	0	9	6
# $u > 20$ in temp > 20	42	0	0	0
# $u > 18$ in temp > 18	150	0	0	1
kostanj jedrovina				
Število meritev	897	926	850	770
Število dni	448	463	425	385
Najmanj	9,3	7,7	9,7	8,8
Največ	21,9	30,5	18,8	35,5
Povprečje	15,5	14,1	12,3	13,1
# $u > 15$	438	206	5	119
# $u > 20$	28	7	0	19
# $u > 25$	0	5	0	14
# $u > 30$	0	2	0	9
# $u > 20$ in temp > 20	1	1	0	2
# $u > 18$ in temp > 18	24	1	0	4



Slika 2: Gibanje vlažnosti elementov terase, izdelanih iz različnih vrst lesa, v obdobju od 1. 3. 2014 do 1. 7. 2015. Na sliki je zaradi jasnosti prikazano tridnevno drseče povprečje.

Figure 2: Moisture content of the decking elements made of various wood species between 1.3.2014 and 1.7.2015. Moving average of 3 days is plotted in order to make the figure clearer.

opravljali tudi meritve vlažnosti lesa z uporovno metodo. Zaradi visoke cene merilne opreme vseh senzorjev nismo namestili hkrati, temveč skozi obdobje pol leta. Tako smo zaradi zamika začetka meritev in občasnih izpadov meritev zaradi tehničnih težav na izbranih lokacijah izvedli od 926 do 643 meritev (Preglednica 6). To pomeni, da so meritve v večini primerov potekale več kot eno leto, kar nam omogoča reprezentativen vpogled v dinamiko vlaženja lesa. Ker je relativno veliko podatkov o vlažnostih lesa, smo jih povzeli in navedli v Preglednici 6. Gibanje vlažnosti lesa skozi leto pa smo grafično prikazali le na primeru terase (Slika 2). Iz izpostavitve lesa na terasi je vidno, da med posameznimi lesnimi vrstami ni bilo večjih razlik. Najmanjšo vlažnost smo opazili pri kostanjevini, hrastovina in bukovina pa izkazuje primerljiv vzorec obnašanja. Iz grafične predstavitev dinamike vlaženja lesa je lepo razvidno, da smo največjo vlažnost zabeležili pozimi, ko je bilo več dežja in talečega snega, les pa se je zaradi nizkih temperatur počasneje sušil. Spomladi se je vlažnost lesa izrazito zmanjšala.

4 SKLEPI

Neodpornost bukovine se kaže v relativno hitrem propadu. Če les uporabljamo nad zemljo, vendar brez ustrezne konstrukcijske zaščite, lahko prve znake trohnobe opazimo že po prvem letu izpostavitve, večina vzorcev pa propade v obdobju med štirimi in šestimi leti. Poleg gliv razkrojevalk se na bukovini hitro pojavijo tudi glive modrivke.

Če bukovino primerjamo s hrastovino in kostanjevino, ugotovimo, da se bukovina izkaže izrazito slabše. Z meritvami vlažnosti lesa smo potrdili, da je glavni vzrok za daljšo življenjsko dobo hrastovine in kostanjevine boljša odpornost lesa proti glivam, delno pa k temu prispeva tudi boljša sposobnost kostanjevine, da med uporabo ostane suha. Jedrovina kostanja se namreč teže navlaži in se tudi hitreje posuši kot bukovina in hrastovina.

Če želimo bukovino uporabiti na prostem, jo moramo ustrezno zaščititi. Na terenskem polju Oddelka za lesarstvo tako že več let preizkušamo

bukove pragove, zaščitene z novjšimi biocidnimi proizvodi, z naravnimi voski impregnirano bukovino in termično modificirano bukovino. Večina raziskav poteka v tesnem sodelovanju s podjetji.

5 ZAHVALA

Izvedbo te raziskave je omogočilo več projektov, povezanih med seboj, ki jih je sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS: V4-1419 – Racionalna raba lesa listavcev s poudarkom na bukovini, L4-5517 – Preprečevanje vlaženja lesa, kot merilo učinkovitosti zaščite lesa pred glivami razkrojevalkami, P4-0015 – Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti, 0481-09 Infrastrukturnega centra za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST). Podjetji Silvaprodukt, d. o. o., M Sora, d. d., in Montažna gradnja Tadej Zimic, s. p., sta omogočila raziskavo v okviru projektov Raziskovalni vavčer 500154 in projekta WINDow based on THERmally modified wood with high performance WAX coating (WINTHERWAX, 666206).

6 LITERATURA

- Brischke, C., Meyer, L., Alfredsen, G., Humar, M., Francis, L., Fløete, P.-O., Larsson, P. B., 2013. Natural durability of timber exposed above ground : a survey. *Drvna industrija*, 64, 2: 113–129.
- CEN/TS 15083-1. 2005. Durability of wood and wood-based products - Determination of the natural durability of solid wood against wood-destroying fungi, test methods - Part 1: Basidiomycetes.
- Čufar, K., Gorišek, Ž., Merela, M., Pohleven, F., 2012. Lastnosti in predelava bukovnega lesa ter njegova raba v arhitekturi. V: Bončina, A. (ur.). *Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje*. Ljubljana: Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, 445–458.
- EUWID. 2015. EUWID News from your industry, Veneer production declines to 34,000 m³. (3. 9. 2015)
- Forest Europe, UNECE in FAO, 2011. State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe.
- Humar, M., 2012. Spremembe na trgu biocidnih proizvodov za zaščito lesa na slovenskem tržišču. *Les*, 64, 1/2: 21–24.
- Lampen, S. C., 2012. Aufbau einer Kennlinien-Datenbank für die elektrische Holzfeuchtemessung. Masterarbeit, University of Hannover, 110 s.
- Piškur, M., 2012. Poraba industrijskega okroglega lesa v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 70, 4: 179–182.
- Rapp, A. O., Augusta, U., 2004. The full guideline for the „double layer test method“ - A Field test method for determining the durability of wood out of ground. IRG/WP 04-20290
- Raute, 2014. PlyVisions. no 16. http://www.raute.fi/c/document_library/get_file?uuid=6fe95ca8-39ff-45fd-8f1e-9fb63339e41b&groupId=10157 (3. 9. 2015)
- SIST EN 113. 2006. Zaščitna sredstva za les – Določanje meje učinkovitosti proti glivam odprtotrosnicam.
- SIST EN 152-1. 1996. Metode preizkušanja zaščitnih sredstev za les – Laboratorijska metoda za določanje preventivne učinkovitosti zaščitnega sredstva proti glivam modrivkam; 1. del: Nanašanje s premazovanjem.
- SIST EN 252. 2004. Terenska preskusna metoda za ugotavljanje relativne preventivne učinkovitosti zaščitnega sredstva za les v stiku z zemljo.
- SIST EN 335-1. 2006. Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Definicija uporabnosti razredov – 1. del: Splošno.
- SIST EN 335-2. 2006. Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Definicije razredov uporabe – 2. del: Uporaba pri masivnem lesu
- SIST EN 350-2. 2015. Durability of wood and wood-based products - Natural durability of solid wood - Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.
- Thaler, N., Žlahtič, M., Humar, M., 2014. Performance of recent and old Sweet chestnut (*Castanea sativa*) wood. *International biodeterioration & biodegradation*, 94: 141–145.
- Thelandersson, S., Isaksson, T., Suttie, E., Frühwald, E., Toratti, T., Grull, G., Viitanen, H., Jermer, J., 2011. Service life of wood in outdoor above ground applications - Engineering design guideline. Background document. Report TVBK-3061. Div. of Structural Engineering. Lund University.
- Torelli, N., Piškur, M., Ferlan, M., 2007. Criteria of beechwood quality = Kriteriji kvalitete bukovine. V: Ferlan, M. (ur.). *Carbon dynamics in natural beech forests*: 17. October 2007, Ljubljana. Gozdarski inštitut Slovenije, 12.
- Triplat, M., Piškur, M., Humar, M., 2013. Posebnosti skladiščenja lesa, pridobljenega pri sanaciji, ter upoštevanje varstveno-sanitarnih posebnosti pri sanaciji velikih poškodb = Specifics of conservation and utilization of storm-damaged timber considering phytosanitary sanctions during the sanitation of large-scale damages in forests. *Gozdarski vestnik*, 71, 1: 39–50.
- Vek, V., Oven, P., Poljanšek, I., Ters, T., 2015. Contribution to understanding the occurrence of extractives in red heart of beech. *Bioresources*, 10, 1: 970–985.
- Vek, V., Oven, P., Ters, T., Poljanšek, I., Hinterstoisser, B., 2014. Extractives of mechanically wounded wood and knots in beech. *Holzforschung*, 68, 5: 529–539.
- Zavod za gozdove Slovenije. 2014. Poročilo o gozdovih za leto 2013. http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/2013_ZGS_Porocilo_gozdovih.pdf
- Žlahtič, M., Humar, M. 2015. Influence of artificial and natural weathering on water exclusion efficacy of wood. *International Research Group for Wood Protection, Stockholm, IRG/WP 1–17.*