

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Daša KRAPEŽ

**VPLIV EKSTRAKTIVOV NA NARAVNO ODPORNOST JEDROVINE
KOSTANJEVINE (*Castanea sativa* Mill.)**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**INFLUENCE OF EXTRACTIVES ON DURABILITY OF SWEET
CHESTNUT HEARTWOOD (*Castanea sativa* Mill.)**

B. Sc. THESIS
Academic Study Programmes
University studies

Ljubljana, 2011

Diplomski projekt je zaključek univerzitetnega študija prve stopnje lesarstva na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Opravljeno je bilo v laboratorijih Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je dne 18. 11. 2010 odobril naslov diplomskega dela in za mentorja določil izr. prof. dr. Miho Humarja, za recenzenta pa izr. prof. dr. Primoža Ovna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana Krapež se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Daša Krapež

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du 1
DK	UDK 630*841
KG	les/pravi kostanj/naravna odpornost/glive razkrojevalke/ekstraktivi
AV	KRAPEŽ, Daša
SA	HUMAR, Miha (mentor)/OVEN, Primož (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2011
IN	VPLIV EKSTRAKTIVOV NA NARAVNO ODPORNOST JEDROVINE KOSTANJEVINE (<i>Castanea sativa</i> Mill.)
TD	Diplomski projekt (Univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP	XII, 49 str., 3 pregl., 21 sl., 35 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Kostanjevino uvrščamo med najbolj naravno odporne slovenske lesne vrste. V literaturi zasledimo, da je najpomembnejši dejavnik naravne odpornosti kostanjevine vsebnost velikega deleža ekstraktivnih snovi. Želeli smo raziskati, kako na naravno odpornost kostanjevine vplivajo ekstraktivi in kakšen je njihov delež. Izdelali smo vzorce iz jedrovine pravega kostanja, izprali ekstraktive s 3 različnimi topili in vzorce izpostavili 5 glivam razkrojevalkam lesa: <i>Gloeophyllum trabeum</i> , <i>Antrodia vaillantii</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Trametes versicolor</i> in <i>Stereum hirsutum</i> . Glivam razkrojevalkam smo izpostavili tudi neekstrahirane vzorce in kontrolne vzorce bukovine ter smrekovine. Izgubo mase po 12 tednih smo določili gravimetrično. Ugotovili smo, da se odpornost vzorcev jedrovine pravega kostanja proti glivam z delnim izpiranjem ekstraktivov bistveno ne zniža. Naravna odpornost je po ekstrakciji nekoliko slabša, vendar povezana z vsebnostjo ekstraktivov. Tudi ekstrahirana jedrovina pravega kostanja je dobro odporna proti glivam, neekstrahirano pa lahko uvrstimo v najvišji odpornostni razred (izguba mase okoli 1 %).

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du 1

DC UDC 630*841

CX wood/sweet chestnut/natural durability/decay fungi/extractives

AU KRAPEŽ, Daša

AA HUMAR, Miha (supervisor) OVEN, Primož (reviewer)

PP 1000 – Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2011

TI INFLUENCE OF EXTRACTIVES ON DURABILITY OF SWEET CHESTNUT HEARTWOOD (*Castanea sativa* Mill.)

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO XII, 49 p., 3 tab., 21 fig., 35 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Sweet chestnut wood is considered as one of the most durable Slovenian domestic wood species. There are several reports that the most important factor influencing wood durability are extractives. To find out if sweet chestnut wood durability is based on extractives and their contents, specimens were extracted and exposed to 5 different fungal species: *Gloeophyllum trabeum*, *Antrodia vaillantii*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* and *Stereum hirsutum*. A part of specimens was extracted with soxhlet extraction with 3 different solvents. Fungal decay was determined gravimetrically after 12 weeks of exposure. In parallel, Norway spruce and beech wood samples were exposed to the wood decay fungi as well. Our results indicate that influence of extractives on wood durability is important although natural durability of sweet chestnut heartwood specimens after extraction is not significantly lowered. It can be resolved that natural durability of non-extracted sweet chestnut heartwood can be classified as very durable against fungal decay (mass loss lower than 1 %).

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
SLOVARČEK	XII

Kazalo

1	UVOD	1
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJ RAZISKOVANJA	2
1.3	DELOVNA HIPOTEZA	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	LES	3
2.2	DEJAVNIKI RAZKROJA LESA	3
2.3	NARAVNA ODPORNOST LESA	4
2.3.1	Razvrstitev lesa po naravni odpornosti	4
2.3.2	Razredi izpostavitve	5
2.3	LES PRAVEGA KOSTANJA	7
2.4.1	Opis lesa	7
2.4.2	Lastnosti	8
2.4.3	Predelava in obdelava	8
2.4.4	Napake	8
2.4.5	Uporaba	8
2.4.6	Naravna odpornost kostanjevine	9
2.5	EKSTRAKTIVNE SNOVI	9
2.6	LESNE GLIVE	10

2.6.1	Glive rjave trohnobe	10
2.6.1.1	Navadna tramovka	10
2.6.1.2	Bela hišna goba	12
2.6.2	Glive bele trohnobe	14
2.6.2.1	Zimski ostrigar	14
2.6.2.2	Pisana ploskocevka	15
2.6.2.3	Dlakava slojevka	16
3	MATERIALI IN METODE	18
3.1	MATERIALI	18
3.1.1	Vzorci	18
3.1.2	Lesne glive	19
3.2	METODE	20
3.2.1	Priprava vzorcev	20
3.2.2	Ekstrakcija po Soxhletu	20
3.2.2.1	Ekstrakcija z vodo	21
3.2.2.2	Ekstrakcija z n-heksanom in etanolom 2:1 (v/v)	21
3.2.2.3	Ekstrakcija s 70 % metanolom (volumski %)	21
3.2.3	Gravimetrično določanje deleža ekstraktivov	21
3.2.4	Priprava hranilnih gojišč	23
3.2.5	Inokulacija micelija	23
3.2.6	Vstavljanje vzorcev na hranilno gojišče z micelijem	25
3.2.7	Vlažnost in izguba mase po razkroju	26
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	27
4.1	DELEŽ EKSTRAKTIVOV V LESU	27
4.2	IZGUBA MASE VZORCEV PO IZPOSTAVITVI GLIVAM	28
4.2.1	Izguba mase vzorcev smrekovine po izpostavitvi glivam	30
4.2.2	Izguba mase vzorcev bukovine po izpostavitvi glivam	32
4.2.1	Izguba mase neekstrahiranih vzorcev kostanjevine po izpostavitvi glivam	34
4.2.2	Izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z n-heksanom in etanolom po izpostavitvi glivam	36
4.2.3	Izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z vodo po izpostavitvi glivam	38
4.2.4	Izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih s 70 % metanolom po izpostavitvi glivam	39
5	SKLEPI	41

6	POVZETEK	42
7	VIRI	43

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razvrstitev drevesnih vrst v 5 odpornostnih razredov	17
Preglednica 2: Evropski razredi izpostavitve lesa glede na mesto uporabe (SIST EN 335 1/2, 1992	18
Preglednica 3: Uporabljene lesne glive	37

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Makroskopska zgradba kostanjevine (zgoraj-prečni prerez, sredina-radialni prerez, spodaj-tangencialni prerez)	16
Slika 2: Navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	20
Slika 3: Bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>) in njeni značilni beli rizomorfi	21
Slika 4: Zimski ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	23
Slika 5: Pisana ploskocevkica (<i>Trametes versicolor</i>)	24
Slika 6: Dlakava slojevka (<i>Stereum hirsutum</i>)	25
Slika 7: Vzorci pravega kostanja (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	27
Slika 8: Vzorci smrekovine (<i>Picea abies</i> L.)	27
Slika 9: Vzorci bukovine (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	27
Slika 10: Soxhletov aparat	29
Slika 11: Elektronska tehtnica Sartorius	31
Slika 12: Brezprašna komora – laminarij Iskra PIO	33
Slika 13: Vzorci po treh mesecih izpostavitve dlakavi slojevki (<i>Stereum hirsutum</i>)	35
Slika 14: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine med ekstrakcijo [%]	37
Slika 15: Povprečna izguba mase vzorcev ekstrahirane kostanjevine, neekstrahirane kostanjevine, smrekovine in bukovine po izpostavitvi glivam za 12 tednov [%]	38
Slika 16: Povprečna izguba mase vzorcev smrekovine po izpostavitvi glivam za 12 tednov [%]	39
Slika 17: Povprečna izguba mase vzorcev bukovine po izpostavitvi glivam za 12 tednov [%]	41
Slika 18: Povprečna izguba mase neekstrahiranih vzorcev kostanjevine po dvanajstih tednih izpostavitve glivam	42
Slika 19: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z n-heksanom in etanolom, po dvanajstih tednih izpostavitve glivam	43
Slika 20: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z vodo, po dvanajstih tednih izpostavitve glivam	45

Slika 21: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih s 70 % metanolom, po dvanajstih tednih
izpostavitve glivam

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

sp.	<i>Species</i> - vrsta
Gt	navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)
Pv	bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>)
Plo	zimski ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)
Tv	pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>)
Sth	dlakava slojevka (<i>Stereum hirsutum</i>)

SLOVARČEK

Bela trohnoba

je skupno ime za glive, ki v vseh fazah razvoja razkrajajo ogljikove hidrate in lignin v lesu. Posledično ostane v lesu v glavnem celuloza, ki pa nima nobene strukturne trdnosti – mehak, bel in vlaknast les (Schmidt, 2006).

Beljava

je periferni del debla ali veje z živim parenhimom, ki vsebuje rezervne snovi (npr. škrob). Beljava rastočega drevesa vsebuje žive parenhimske celice, rezervno hrano in ima visoko vlažnost (IAWA 1964 cit. po Torelli 2003).

Ekstraktivi

so organske spojine, ki jih je mogoče iz lesa ekstrahirati z organskimi topili in vodo. (Fengel in Wegener, 1989).

Jedrovina

so notranje plasti lesa v rastočem drevesu, kjer je parenhim odmrl, rezervne snovi (npr. škrob) v njem pa so se odstranile ali transformirale v jedrovinske snovi (IAWA 1964 cit. po Torelli).

Rjava trohnoba

je izraz za skupino gliv, ki v lesu presnavljajo ogljikove hidrate in celulozo ter hemiceluloze, lignin pa pustijo nedotaknjen. Posledica je prizmatično razpokan les rjave barve.

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Uporaba lesa v gradbene in konstrukcijske namene vedno bolj narašča. Veliko lesa se uporabi na prostem, kjer je izpostavljen biotskim in abiotskim dejavnikom razgradnje.

Pomen odpornih vrst lesa v Evropi v zadnjih desetletjih narašča predvsem zaradi vse večje okoljske ozaveščenosti. Evropski uporabniki se zaradi krčenja tropskih pragozdov izogibajo tropskim vrstam lesa, zaščiten les pa uporabljajo le, če ni na voljo odpornih lesnih vrst ali če lesa ne morejo zaščititi s konstrukcijskimi pristopi. Evropski standard SIST EN 350-2 (1995) uvršča med odporne le tri evropske komercialne lesne vrste in sicer; les robinije (*Robinia pseudoaccacia* L.), hrastovino (*Quercus spp.*) in les pravega kostanja (*Castanea sativa* Mill.).

Najpomembnejši vzrok za dobro naravno odpornost so ekstraktivne snovi, zato bomo v naši raziskavi proučili njihov vpliv na odpornost jedrovine pravega kostanja na lesne glive.

V svetu se je v zadnjem času močno povečalo zanimanje za materiale in izdelke, ki med pridobivanjem, obdelavo in predelavo v najmanjši možni meri obremenjujejo okolje. Les velja za okolju prijazen material, zato postaja uporaba strupenih kemikalij v zaščitnih pripravkih za les vedno bolj sporna. Naravna odpornost lesa je čedalje bolj cenjena lastnost lesa, saj je ključnega pomena za dolgo uporabo zaščenega lesa.

1.2 CILJ RAZISKOVANJA

Kostanjevina (*Castanea sativa* Mill.) velja za eno najbolj naravno odpornih evropskih vrst lesa. Najpomembnejši dejavnik naravne odpornosti kostanjevine je velik delež ekstraktivnih snovi.

Cilj našega raziskovanja je določiti, kakšen je delež ekstraktivov v jedrovini pravega kostanja in v kolikšni meri ekstraktivi vplivajo na njegovo naravno odpornost. Za doseg tega cilja, bomo iz vzorcev jedrovine pravega kostanja izprali ekstraktive s tremi različnimi topili in jim določili izgubo mase po izpostavitvi petim vrstam gliv razkrojevalk lesa: *Gloeophyllum trabeum*, *Antrodia vaillantii*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* in *Stereum hirsutum*. Z njimi jih bomo primerjali odpornost neekstrahiranih vzorcev.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

V okviru te naloge nas zanima, v kolikšni meri so za odpornost jedrovine proti glivam odgovorni ekstraktivi. Predvidevamo, da gre za tesno korelacijo med vsebnostjo ekstraktivov v lesu in naravno odpornostjo.

Naša hipoteza je, da jedrovina kostanja vsebuje velik delež ekstraktivov in da je posledično jedrovina kostanja, ki je bila ekstrahirana, bistveno manj odporna proti lesnim glivam kot neekstrahirana jedrovina.

2 PREGLED OBJAV

2.1 LES

Les je sekundarni ksilem, to je vaskularno (prevajalno) tkivo golosemenk in dvokaličnic, ki nastaja z delitvijo celic v kambiju (sekundarnem lateralnem meristemu) v centripetalni smeri (Gorišek in sod., 1994). Sekundarni ksilem je biokemijski proizvod dreves, ki ga sestavljajo polimerni gradniki celične stene in ekstraktivi. V splošnem je kemijska sestava lesa izredno variabilna in odvisna od številnih dejavnikov kot so drevesna vrsta, rastišče, del drevesa ali debela in sekundarnih sprememb v lesnem tkivu (Panshin in Zeeuw, 1980; Tsoumis, 1991, Dinwoodie, 2000).

2.2 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA

Les kot organski material zaradi delovanja biotičnih in abiotičnih dejavnikov razpada v anorgansko snov. Ti dejavniki so v naravi nujno potrebni, ker bi se brez njihovega delovanja organska snov kopičila in onemogočala rast rastlin, ki za svoj obstoj potrebujejo prostor in hranila.

Les ogrožajo različni biotski dejavniki. Najpomembnejši so glive, insekti in bakterije. V našem podnebnem pasu glive povzročajo bistveno več škode kot insekti oziroma bakterije. Običajno je delovanje gliv bistveno hitrejše kot delovanje insektov. Glive še posebej pogosto razkrajajo les na prostem, poškodbe insektov pa so pogostejše v pokritih prostorih.

Delitev dejavnikov razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990):

- abiotični (visoke in nizke temperature, veter, voda, vlaga, UV žarki, kemikalije, plini) so dejavniki nežive narave in delujejo na mehanske in fizikalne lastnosti

lesa relativno počasi. Med največje uničevalce lesa spada ogenj, ki pri nas in v svetu uniči ogromne količine lesa.

- biotični (dejavnike žive narave) prištevamo bakterije, glive, insekte, morske škodljivce in človeka; med najpomembnejše biotične škodljivce v našem podnebnem pasu uvrščamo glive. Razkroj lesa z lesnimi škodljivci je zapleten biološki proces. Za učinkovito zaščito je nujno potrebno poznavanje posameznih lesnih škodljivcev, biokemijskih procesov razkroja in sprememb, ki pri tem nastajajo.

Do bistveno večjega učinka razgradnje lesa pride ob sočasnem delovanju večjega števila dejavnikov tako žive kot nežive narave.

2.3 NARAVNA ODPORNOST LESA

2.3.1 Razvrstitev lesa po naravni odpornosti

Naravna odpornost lesa je lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje dovzetnost na škodljivce (Pečenko, 1987; Humar, 2010). Trajnost lesa je obdobje, v katerem les ohrani vse svoje naravne lastnosti. Odvisna je od naravne odpornosti lesa ter mesta in načina uporabe (Humar, 2010).

Glede na naravno odpornost razvrstimo lesne vrste v 5 razredov (Eaton in Hale 1993; SIST EN 350-2, 1995).

Preglednica 1: Razvrstitev drevesnih vrst v 5 odpornostnih razredov. Podatki veljajo za jedrovino. Beljava vseh lesnih vrst je razvrščena v 5. razred odpornost.

RAZRED ODPORNOSTI	TRAJNOST LESA (LETA) *	IZGUBA MASE (%) **	DREVESNA VRSTA
zelo odporne 1	20+	<1	robinja (1-2), iroko, tik
odporne 2	15-20	1-5	kostanj, dob, tisa
zmerno odporne 3	10-15	5-10	oreh, macesen, bor (3-4)
neodporne 4	5-10	10-30	smreka, jelka, brest
zelo občutljive 5	<5	>30	javor, breza, bukev, topol

* Trajnost lesa velja za les v stiku z zemljo.

** Laboratorijski pogoji: 16 tednov, 22 °C (po SIST EN 113, 1995).

2.3.2 Razredi izpostavitve

Trajnost lesa pa ni odvisna le od naravne odpornosti posamezne lesne vrste. Da bi se znali lažje odločiti za primeren postopek zaščite, so evropski strokovnjaki lesene izdelke razvrstili v pet različnih razredov uporabe glede na njihovo ogroženost. Največji vpliv na trajnost lesa (v okviru iste drevesne vrste) imata mesto in način uporabe.

Tako glede na mesto uporabe ločimo pet evropskih razredov izpostavitve (SIST EN 335 – 1/2, 2006) (preglednica 2).

Preglednica 2: Evropski razredi izpostavitve lesa glede na mesto uporabe (SIST EN 335 – 1/2, 2006)

Razred uporabe	Splošne razmere na mestu uporabe	Opis vlažnosti zaradi izpostavljenosti navlaževanju na mestu uporabe	Lesni škodljivci	Prisotnost termitov
1	Znotraj, pod streho	Suho	Lesni insekti	V primeru, da so na tem območju prisotni termiti, se ta razred označi z 1T
2	Zunaj pod streho	Občasno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	V primeru, da so na tem območju prisotni termiti, se ta razred označi z 2T
3	3.1 Na prostem, nad zemljo z ustrezno konstrukcijsko zaščito	Občasno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	V primeru, da so na tem območju prisotni termiti, se ta razred označi z 3.1T oziroma 3.2T
	3.2 Na prostem, nad zemljo, brez konstrukcijske zaščite	Pogosto vlažen		
4	4.1 Na prostem, v stiku s tlemi in/ali sladko vodo	Pogosto ali stalno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe	V primeru, da so na tem območju prisotni termiti, se ta razred označi z 4.1T oziroma 4.2T
	4.2 Na prostem, v stiku s tlemi (ostri pogoji) in/ali sladko vodo	Stalno vlažen		
5	V stalnem stiku z morskno vodo	Stalno vlažen	Glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe, morski lesni škodljivci	A ladijske svedrovke, lesne mokrice
				B ladijske svedrovke, lesne mokrice, kreozotno olje, tolerantne lesne mokrice
				C ladijske svedrovke, lesne mokrice, kreozotno olje, tolerantne lesne mokrice, pholade

Les v prvem razredu izpostavitve ogrožajo le insekti in potencialno termiti, medtem ko ga v višjih razredih vedno bolj ogrožajo tudi glive (SIST EN 335 – 1/2, 2006), izjema je peti razred, kjer pa je izpostavljen le delovanju morskih škodljivcev.

2.3 LES PRAVEGA KOSTANJA

2.4.1 Opis lesa

Kostanjevina ima obarvano jedrovino, ki je v svežem stanju sivorumena, kasneje potemni do svetlo- oz. temno rjave barve. Beljava je ozka, umazano bela do rumenkasta. Kostanjevina je tipična venčastoporozna vrsta. Branike se ostro ločijo, traheje ranega lesa so grobe in zatiljene. Na radialni površini je progast, na tangencialni pa ima plamenast videz. Traheje kasnega lesa so bistveno manjše in tvorijo radialno usmerjena polja (plamenast videz na prečnem prerezu). Trakovi so zelo ozki in nerazločni. Les je podoben lesu doba in gradna vendar se od njiju loči po zelo ozkih trakovih. Spada med dokaj trde in goste lesove (gostota $\rho_0 = 530 \dots 590 \text{ kg/m}^3$) (Čufar, 2006).



Slika 1: Makroskopska zgradba kostanjevine (zgoraj - prečni prerez, sredina - radialni prerez, spodaj – tangencialni prerez) Foto: M. Zupančič

2.4.2 Lastnosti

Kostanjevina je dokaj trd in gost les (gostota $\rho_0 = 530 \dots 590 \text{ kg/m}^3$). Žagan les je potrebno pazljivo zlagati ob uporabi svežih letev. Jedrovina je dokaj odporna proti glivam, ne pa proti insektom. Les ni odporen proti atmosferilijam. V vodi je trajen. Ob stiku s kovinami in vodo lahko pride do obarvanja. Les je biološko aktiven in lahko povzroča dermatitis (Čufar, 2006).

2.4.3 Predelava in obdelava

Na trgu je na razpolago v glavnem kot žagan les in furnir. Dobro se žaga, skoblja, reže v furnir, vrta, rezka in brusi. Suši se dobro, a počasi in je le malo nagnjen k zvijanju. Omogoča dobro lepljenje in površinsko obdelavo (Čufar, 2006).

2.4.4 Napake

Najpogostejše napake kostanjevine so zvitost, necentričnost, kolesivost, razpoke zaradi zmrzali, nepopolna ojedritev (t. i. lunini obroči), oksidativno obarvanje, okužbe z glivami, rovi insektov (Čufar, 2006).

2.4.5 Uporaba

Les pravega kostanja največ uporabljamo v splošnem mizarstvu, okvirjih (okna, vrata), za železniške pragove, drogove, jambore, vodne konstrukcije, v ladjedelništvu, za pode, opaže, stopnice, parket, vagone, karoserije, sode, pohištvo, furnirje – predvsem za rezani furnir, kot les za rezljanje in struženje, za pridobivanje čreslovin. Pri nas se uporablja tudi kot gradbeni les, predvsem kot nadomestna vrsta za hrastovino. Manj primeren je za pridobivanje celuloze in papirja (Čufar, 2006).

2.4.6 Naravna odpornost kostanjevine

Poskusi naravne odpornosti na italijanski kostanjevini z glivami bele, rjave in mehke trohnobe so pokazali, da je jedrovina pravega kostanja lahko razvrščena po EN 350 v razred odpornosti 2, torej kot »odporna« vrsta. Vendar pa se lahko odpornost med drevesi močno razlikuje. Najvišja naravna odpornost je bil razred 1 (zelo odporna), medtem ko so bili nekateri drugi vzorci razvrščeni tudi kot zelo občutljive vrste (razred 5). V pogojih, kjer so aktivne glive mehke trohnobe, so bile variacije razredov odpornosti med testiranimi vzorci manjše, povprečno pa so dosegli razred 3 (zmerno odporne) (Militz in sod., 2003).

2.5 EKSTRAKTIVNE SNOVI

Številni avtorji povezujejo obstojnost lesa z vsebnostjo nekaterih vrst ekstraktivov. Ti so v splošnem nestrukturne komponente drevesnih tkiv, zato je njihova vsebnost precej nižja od vsebnosti osnovnih gradbenih elementov, to je polisaharidov in lignina ter v povprečju doseže le do nekaj procentov suhe mase lesa. Vrste in koncentracije ekstraktivov so odvisne od drevesne vrste, tipa tkiva, geografske lege rastišča, klimatskih pogojev, letnega časa odvzema, starosti in zdravstvenega stanja drevesa... Ekstraktivi vplivajo na barvo, vonj ter manj na gostoto in mehanske lastnosti lesa. Njihova funkcija v živih tkivih še ni povsem raziskana. Znano je, da so nekatere spojine, kot npr. steroli in sterolni estri komponente celičnih membran in sodelujejo pri različnih biokemičnih procesih v celicah, medtem ko druge, npr. trigliceridi in digliceridi, predstavljajo hranilne zaloge. Najpomembnejša funkcija ekstraktivov pa je najverjetneje mehanska in kemična zaščita lesnih tkiv pred vdorom mikroorganizmov, gliv in insektov. Tipično mehansko zaščitno plast oz. hidrofobno bariero lahko tvorijo smolne komponente in voski, medtem ko bolj polarni fenoli (lignani, flavonoidi, stilbeni) izkazujejo biocidne lastnosti in so zelo toksični za številne organizme (Hawley in sod., 1924; Scheffer in Cowling, 1966; Fengel in Wegener, 1984; Schultz in sod., 1990).

Nekateri avtorji poročajo, da je delež ekstraktivov najpomembnejši parameter lesa, povezan z njegovo odpornostjo proti glivam (Aloui in sod., 2004; Guilley in sod., 2004).

Odpornost jedrovine v primerjavi z beljavo iste drevesne vrste je boljša predvsem zaradi vsebnosti ekstraktivov. Ekstraktivne snovi se nahajajo v stenah ali lumnih celic in predstavljajo zelo širok spekter kemičnih spojin, ki imajo v drevesu fungistatičen in bakteriostatičen učinek. Najvažnejši so polifenoli, ki vključujejo tanine, antocianine, flavone, katehine, lignane itd. Pogosto se pojavljajo še maščobe, maščobne kisline, voski in hlapljivi ogljikovodiki (Čufar, 2006). Toksične substance so v večini primerov polifenoli (Dinwoodie, 2000), pri hrastu je to na primer elagitanin (Guilley in sod., 2004), pri tiku sta to tektokinon in deoksilapanol (Haupt in sod., 2003), pri macesnu pa je to taksifolin (Gierlinger in sod., 2004). Poleg jedrovinskih snovi je zelo pomembna tudi koncentracija hranilnih snovi.

Poleg ekstraktivov na naravno odpornost vplivajo še hidrofobnost sestavin celične stene, zgradba lesa, gostota idr. Naravna odpornost lesa iste vrste ni vedno enaka, ampak se spreminja tako v drevesu kot tudi med posameznimi drevesi. Zaradi velike variabilnosti naravne odpornosti lesa se močno razlikuje tudi njegova trajnost, ki pa je odvisna tudi od mesta vgradnje in načina uporabe.

2.6 LESNE GLIVE

2.6.1 Glive rjave trohnobe

2.6.1.1 Navadna tramovka

Rod tramovka (*Gloeophyllum* sp.) združuje več vrst gliv, ki jih zaradi podobnosti opisujemo pod skupnim imenom. Tramovke spadajo med najbolj kozmopolitanske glive. Najdemo jih po praktično vsem svetu od Evrope, Azije, Avstralije, S. in J. Amerike, Afrike z izjemo tropskih in puščavskih predelov (Humar, 2008).

Tramovke so ene izmed najpomembnejših razkrojevalk lesa na skladiščih, vrtnega pohištva, ograj, telekomunikacijskih drogov, ostrešij, mostov, lesenih plovil, ... Najpogostejša pa je na lesenih oknih. Velikokrat jih najdemo na tehničnem lesu, ki se občasno navlažuje. Nevarna je zlasti kadar zaradi napačne konstrukcije ali slabega vzdrževanja, zamaka ali zastaja voda. Izjemoma raste tudi na fiziološko oslabeledih drevesih. Znotraj stavb teh gliv navadno ne najdemo. Pojavnost posameznih tramovk je največkrat odvisna od drevesne vrste; hojeva razkraja smreko in jelko, sivo rjava borovino, navadna pa tako listavce kot iglavce (Humar, 2008).



Slika 2: Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) Foto: M. Humar

Tramovke povzročajo tipično rjavo trohnobo. Razkrojeni les se cepi po letnicah v obliki različno velikih prizem in ima značilen sladek vonj, ki spominja na katran. Na površinah, ki so izpostavljene svetlobi, površinskega micelija ni videti. Tako razkroja dolgo ne opazimo, saj glive pustijo zunanjo plast nerazkrojeno. Ko iz razpok poženejo plodišča, je navadno že prepozno za ukrepanje. V primeru, ko gliva okuži les v temnem, vlažnem prostoru, se na površini lesa pojavi rumenkastorjav, gost, puhast micelij, ki ga zelo težko ločimo od lesa. Trosnjaki so enoletni, različnih oblik, školjkasti, v obliki traku, konzol, pogosto se pojavijo tudi v izrazitih vrstah. Običajno jih je več skupaj. Klobuki so žilavi, prožni in večinoma zrastejo iz razpok. Na spodnji strani klobuka je lamelasto trosišče. Lamele so razvrščene v vzdolžni smeri. Na zgornji strani klobuka so dobro razvidne rjave koncentrične prirastne plasti, površina pa je rahlo razbrazdana (Humar, 2008).

Tramovkam ustrezajo višje temperature kot drugim lesnim gobam. Optimalna temperatura je med 26 °C in 35 °C, navadna tramovka pa lahko raste tudi pri temperaturi 40 °C in minimalni temperaturi 5 °C. Optimalna vlažnost lesa je med 40 % in 60 %. Še posebej jim ustreza vlaga, ujeta v les, iz katerega ne more hitro izhlapeti. Takšni primeri so okna, premazana z debeloslojnimi površinskimi premazi. Če želimo tramovko uničiti s segrevanjem, moramo les za dve uri izpostaviti temperaturi, višji od 97 °C (Humar, 2008).

Zaradi odpornosti na višje temperature in sušo, tramovka zlahka preživi v lesenih oknih ali tramovih, ki se čez dan na soncu močno segrejejo. Ob neugodnih pogojih preide v latentno stanje. V lesu z 12 % vlažnostjo lahko preživi kar 10 let (Humar, 2008).

2.6.1.2 Bela hišna goba

Ime bela hišna goba označuje več vrst gliv s podobnim videzom, ki jih na podlagi morfoloških znakov zelo težko ločimo med seboj. Najpomembnejša je *Antrodia vaillantii* (DC.: Fr.) Ryv.

Bela hišna goba je zelo pogosta v kletih, rudnikih in drugih zelo vlažnih okoljih. Okužuje tudi les na skladiščih. Najdemo jo tudi v gozdu na podzemnih delih hlodovine. Pogosta je v zmernem kot tudi v tropskem pasu v Evropi, Aziji, Avstraliji, Afriki, redkejša pa v Severni Ameriki. Bela hišna goba pogosteje okužuje zelo vlažen les iglavcev, še posebej, če se na lesu nabira kondenzirana voda. Ta vrsta je tipičen predstavnik rjave trohnobe. Razkrojen les prizmatično razpoka (Humar, 2008).

Trosnjake bele hišne gobe v naravi najdemo zelo redko, pogosto pa se pojavijo v laboratoriju na starih hranilnih gojiščih. Trosnjak je blazinast, obrnjen navzgor in dobro prirasel na podlago. Trosovnica je sestavljena iz značilnih oglatih cevčic, nepravilnih oblik, premera 1 mm do 4 mm. Belo hišno gobo najlažje spoznamo po značilnih belih, gladkih rizomorfih, ki ostanejo prožni tudi, ko gliva odmre. Micelij na lesu z lahkoto odstranimo s

površine. Gliva med razkrojem močno zakisa les z izločanjem oksalne kisline. V okuženem lesu zato pogosto najdemo kristale kalcijevega oksalata (Humar, 2008).



Slika 3: Bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) in njeni značilni beli rizomorfi Foto: M. Humar

Beli hišni gobi ustrezajo višje temperature kot sivi hišni gobi ali kletni gobi. Najbolje uspeva med 26 °C in 27 °C ter med 35 % do 45 % vlažnostjo lesa. Razkraja le vlažen les, lahko pa preživi tudi večletna sušna obdobja. V optimalnih pogojih dnevno zraste tudi do 12,5 mm (Humar, 2008).

Za belo hišno gobo je značilna visoka toleranca na bakrove pripravke. Odpornost na baker med posameznimi izolati močno niha. Najbolj tolerantni izolati lahko rastejo celo na hranilnem gojišču, ki vsebuje do 30 kg bakra/m³. To dejstvo je zaskrbljujoče, saj sodijo bakrovi pripravki med najbolj razširjena zaščitna sredstva za les. Toleranca na baker je povezana z velikim izločanjem oksalne kisline, ki z bakrovimi učinkovinami tvori v vodi netopne in zato biološko neaktivne komplekse bakrovega oksalata. Po drugi strani pa je toleranca na baker lahko tudi prednost, saj lahko tolerantne izolate bele hišne gobe v biotehnoloških procesih uporabimo za mikoremediacijo odsluženega lesa (Humar, 2008).

2.6.2 Glive bele trohnobe

2.6.2.1 Zimski ostrigar

Pleurotus ostreatus je razširjen po celem svetu. Gliva je tipičen saprofīt, ki povzroča belo trohnobo. Najdemo ga predvsem na lesu listavcev (najpogosteje na bukovini), zelo redko pa tudi na iglavcih. V zadnjem času so zasledili, da so z ostrigarjem lahko okužene tudi vezane in iverne plošče (Gorjak, 2001).

Na lesu najdemo bel, usnjat micelij. Plodišča so sestavljena iz klobuka z betom. Klobuk je od sivo rjave do rumenkasto rjave barve in po obliki spominja na školjko. Lamelle na spodnji strani so belkasto rjave in so prirasle k betu. Spore so brezbarvne, klinidrične oblike, velike $8 - 12 \mu\text{m} \times 3 - 4,5 \mu\text{m}$. Hife v notranjosti lesa so brezbarvne, tankostene, premera od $1 - 3 \mu\text{m}$. Zimskemu ostrigarju ustreza temperatura okoli 27°C ter vlažnost lesa med 60 % do 80 %. Pri teh pogojih lahko gliva zraste tudi 7,5 mm dnevno. Ne prenese sušnih obdobj, ker plodišča v sušnem obdobju ne tvorijo spor. Zimski ostrigar je standardna gliva za testiranje odpornosti ivernih in OSB plošč na lesne glive. Ima tudi okusna užitna plodišča, zato ga zelo pogosto gojijo v prehrambene namene. Njegov micelij lahko uporabimo za razstrupljanje zemlje okužene z odpadnimi olji. V gozdu bi z micelijem zimskega ostrigarja lahko okužili šore in na ta način preprečili ali vsaj omejili nezaželeno okužbo s parazitskimi glivami (štorovka, jelov koreničnik) (Gorjak, 2001).



Slika 4: Zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) Foto: M. Humar

2.6.2.2 Pisana ploskocevka

Pisana ploskocevka, *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilat ali *Coriolus versicolor* (L. ex Fr.) Quél je ena najbolj pogostih lesnih gliv pri nas in tudi v svetu. Razširjena je v listnatih in mešanih gozdovih po vseh kontinentih. Pojavlja se na lesu listavcev, še posebej rada razkraja bukovino. Okužuje posekan les in poškodovana oslabljen drevesa, lahko pa tudi izdelke iz lesa, ki so v stiku z zemljo. S tem dela precejšnjo škodo. Na lesu povzroča belo trohnobo, razkraja torej predvsem lignin, celuloza pa ostaja v prebitku, kar se izrazi v značilni beli barvi strohnelega lesa. Ob hkratni okužbi lesa z več vrstami lesnih gliv, se z njimi bojuje za substrat, kar se odraža v neenakomernem razkroju in temnih črtah. Ta tip trohnobe imenujemo piravost (Pohleven, 2008).

Podgobje v lesu je snežno bele barve. Ko se podgobje oskrbi z dovolj energije, iz lesa poženejo tanki klobučki, ki so usnjato žilave strukture. Veliki so od 5 cm do 9 cm. Izraščajo v skupinah eden vrh drugega in so različnih barv od svetlo do temno rjave, okrasto rdeče do sive pa vse do črno modre barve. Ob barvni variabilnosti trosnjakov pa se barve v koncentričnih spreminjajo tudi na istem klobučku. Robovi so vedno svetlejši, pri mladih gobah beli. To jim daje značilno pisanost, od tod tudi ime pisana ploskocevka. Trosnica na spodnji strani klobučka je bela, sestavljena iz kratkih cevč (od tod rodovno ime) iz katerih se dnevno sprosti na milijone belih trosov (Pohleven, 2008).



Slika 5: Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) Foto: M. Humar

Pisana ploskocevka v lesu razkraja predvsem lignin. S svojimi nespecifičnimi encimi je sposobna razgraditi tudi poliklorirane organske biocide, ki so po zgradbi podobni gradnikom lignina. Tako jo uporabljajo za uničevanje posebnih odpadkov kot je z Lindanom in pentaklorofenolom impregniran les. Postopek razstrupljanja odpadkov z glivami imenujemo mikoremidacija (Pohleven, 2008).

2.6.2.3 Dlakava slojevka

Dlakava slojevka (*Stereum hirsutum* (Willd.) Pers.) je tipična saprofitska lesna gliva, zelo pogosta razkrojevalka hrastovega lesa (Humar, 2008).

Za dlakavo slojevko so značilna večletna, majhna, kožasta plodišča, ki v več gostih slojih kot konzole izraščajo iz lesa, včasih so tudi povsem ali delno prirasla na podlago. Plodišča so velika med 1 cm in 3 cm, široka pa od 2 cm do 8 cm, tanka, debela le 0,5 mm do 1 mm. Zgornja površina plodišč je, kot pove že slovensko in znanstveno ime glive, dlakava (hirsut – kosmat). Z neizrazitimi koncentričnimi pasovi rumeno oranžnih do rumeno rjavih odtenkov. Podobnih barv je tudi tanko čvrsto meso trosnjaka. Rob klobukov je navadno zguban kot rob salonitnih strešnikov. Plodišča največkrat opazimo na čelih hlodov ali na lubju. Na hrastovih hlodih navadno plodišča izraščajo le iz beljave in na čelih tvorijo venec, ki obkroža jedrovino. Za trose je značilno, da vsebujejo veliko škroba, zato ob stiku z jodovico pomodrijo. Klobuki so včasih zaradi alg celo nekoliko zelenkasti, vendar gliva in alga ne živita v sožitju. Alge izkoriščajo le dober položaj klobukov za boljšo izpostavljenost sončnim žarkov in posledično učinkovitejšo fotosintezo (Humar, 2010).



Slika 6: Dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*) Foto: M. Humar

Dlakava slojevka je zelo pogosta gliva in je razširjena po celotnem zmernotoplem pasu severne hemisfere. Povzroča belo trohnobo beljave listavcev, v kasnejših stopnjah pa lahko okuži tudi jedrovino. *Stereum hirsutum* razvrednoti veliko hrastovine in bukovine na skladiščih hlodovine. Te glive pa ne srečamo le na hlodovini, temveč tudi na lesnih izdelkih, ki so v stiku s tlemi. Pogosto razkraja hrastove kole, pilote, slabo impregnirane železniške pragove in telekomunikacijske drogove. Glivi ustrezajo temperature med 10 °C in 35 °C, optimalna je okoli 25 °C. S praktičnega vidika je zato pomembno, da je gliva zelo občutljiva na pomanjkanje kisika. Tako lahko hlodovino na skladiščih zaščitimo s potapljanjem v bazene ali s škropljenjem z vodo. Gliva po drugi strani za svoje delovanje potrebuje zelo vlažen les, saj ga razkraja le, če njegova vlažnost presega 35 %. To pomeni, da lahko hlodovino pred to glivo zaščitimo tudi z razžagovanjem in sušenjem žaganic (Humar, 2010).

Poleg tega v več patentih opisujejo uporabnost glive v biotehnoloških procesih biobeljenja. Hkratna inokulacija sekancev z glivama borov plutač (*Phellinus pini*) in z dlakavo slojevko lahko bistveno zmanjša porabo energije pri sulfatnem postopku pridobivanja celuloze in s tem izboljša ekonomičnost procesa ter zmanjša negativni vpliv na okolje (Humar, 2010).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Vzorci

Za raziskavo smo uporabili že pripravljene vzorce kostanjevine (*Castanea sativa* Mill.), smrekovine (*Picea abies* L.) in bukovine (*Fagus sylvatica* L.). Prevladovali so vzorci kostanjevine – 120 vzorcev, saj so bili ti predmet raziskave, kot kontrolne vzorce pa smo uporabili 30 vzorcev smrekovine in 30 vzorcev bukovine. Vsi vzorci so bili dimenzij $1\text{ cm} \times 1,5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$, orientirani in brez vidnih napak.



Slika 7: Vzorci pravega kostanja (*Castanea sativa* Mill.)



Slika 8: Vzorci smrekovine (*Picea abies* L.)



Slika 9: Vzorci bukovine (*Fagus sylvatica* L.)

3.1.2 Lesne glive

Kostanjeve in kontrolne vzorce smo izpostavili glivam, ki so shranjene v banki lesnih gliv Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, Katedre za patologijo in zaščito lesa. Uporabili smo naslednje glive:

- navadna tramovka *Gloeophillum trabeum* ZIM L017*
- bela hišna goba *Antrodia vaillanti* ZIM L037*
- zimski ostrigar *Pleurotus ostreatus* ZIM L031*
- pisana ploskocevka *Trametes versicolor* ZIM L057*
- dlakava slojevka *Stereum hirsutum* ZIM L047*

* Zbirka industrijskih mikroorganizmov Ljubljana, 1995

3.2 METODE

3.2.1 Priprava vzorcev

Zračno suhe vzorce jedrovine kostanja, bukovine in smrekovine, dimenzij $1\text{ cm} \times 1,5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$, smo rahlo pobrusili in jih oštevilčili. Za določitev mase v absolutno suhem stanju so se vzorci sušili v laboratorijskem sušilniku Kambič 24 ur, pri temperaturi $103 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naslednji dan smo vzorcem gravimetrično določili maso na $0,0001\text{ g}$ natančno.

3.2.2 Ekstrakcija po Soxhletu

Ekstraktivi so dobro topni v bolj ali manj polarnih organskih topilih, zato jih je možno izolirati iz lesnega matriksa s pomočjo ekstrakcije. Delež ekstraktivnih snovi smo določili gravimetrično.



Slika 10: Soxhletov aparat za ekstrakcijo vzorcev Büchi B-811

3.2.2.1 Ekstrakcija z vodo

Prvih 25 vzorcev kostanjevine smo ekstrahirali z destilirano vodo v Soxhletovem aparatu 48 ur, po kontinuiranem postopku ekstrakcije.

3.2.2.2 Ekstrakcija z n-heksanom in etanolom 2:1 (v/v)

Drugi del vzorcev smo ekstrahirali v Soxhletovem aparatu 24 ur z mešanico 100 % n - heksana in 100 % etanola v volumskem razmerju 2:1. Krajši čas ekstrakcije je posledica pogostejših ciklov (trije na uro) pri tem topilu zaradi nižjega vrelišča v primerjavi z vodo.

3.2.2.3 Ekstrakcija s 70 % metanolom (volumski %)

Vzorci kostanjevine označene s števkami od 51. do 75. smo ekstrahirali v Soxhletovem aparatu 24 ur s 70 % vodno raztopino metanola.

3.2.3 Gravimetrično določanje deleža ekstraktivov

Ekstrahirane vzorce kostanjevine smo sušili 24 ur v laboratorijskem sušilniku Kambič, pri temperaturi 103 ± 2 °C. Vzorcem smo nato gravimetrično na 0,0001 g natančno določili maso v absolutno suhem stanju (Slika 11).



Slika 11: Elektronska tehtnica Sartorius

Izgubo mase vzorcev med ekstrakcijo smo izračunali po enačbi 1:

$$\Delta m_e = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \text{ [\%]} \quad \dots (1)$$

$\Delta m_e \dots$ sprememba mase vzorca zaradi izpiranja ekstraktivov [%]

$m_1 \dots$ masa absolutno suhega vzorca pred ekstrakcijo [g]

$m_2 \dots$ masa absolutno suhega vzorca po ekstrakciji [g]

Izguba mase vzorcev med ekstrakcijo predstavlja delež izpranih ekstraktivov.

3.2.4 Priprava hranilnih gojišč

Hranilno gojišče smo pripravili iz krompirjevega dekstroznega agarja v prahu (Potato Dextrose Agar – PDA) proizvajalca DIFCO Laboratories. V enem litru destilirane vode smo raztopili 39 g prahu in ga segrevali do vrenja, da se gojišče popolnoma raztopi. Skuhano gojišče smo nalili v petrijevke, oprane z etanolom. Petrijevke in mrežice iz umetne mase premera 80 mm smo avtoklavirali 15 minut pri temperaturi 121 °C. Po končanem avtoklaviranju smo steklovino in mrežice zložili v laminarij in počakali 24 ur, da se je hranilno gojišče ohladilo in strdilo.

3.2.5 Inokulacija micelija

Inokulacijo micelija izbranih petih vrst gliv smo izvedli v brezprašni komori – laminariju (Slika 12) pri sterilnih pogojih (razkuževanje z alkoholom in plamenom). Vcepek glive (premer 5 mm -10 mm) smo vstavili na sredino hranilnega gojišča, čezenj položili mrežico in petrijevko zaprli. Mrežice smo vstavili z namenom, da bodo imeli vzorci oporo in ne bodo v direktnem stiku s hranilnim medijem, s čimer preprečimo njihovo pretirano navlaževanje.



Slika 12: Brezprašna komora – laminarij Iskra PIO

Inokulirali smo 60 petrijev. Uporabili smo pet vrst gliv (Preglednica 3) in z vsako vrsto inokulirali 12 petrijev. Glive so se razraščale en teden v rastni komori pri temperaturi 25 °C ter relativni zračni vlažnosti 85 %.

Preglednica 3: Uporabljene lesne glive

GLIVA	SLOVENSKO IME	IZOLAT	POREKLO*	TIP TROHNOBE
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	navadna tramovka	Gt2	ZIM L017	rjava
<i>Antrodia vaillantii</i>	bela hišna goba	Pv2	ZIM L037	rjava
<i>Pleurotus ostreatus</i>	zimski ostrigar	Plo5	ZIM L031	bela
<i>Trametes versicolor</i>	pisana ploskocevka	Tv6	ZIM L057	bela
<i>Stereum hirsutum</i>	dlakava slojevka	Sth	ZIM L047	bela

* banka lesnih gliv Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, Katedre za patologijo in zaščito lesa (Raspor in sod., 1995).

3.2.6 Vstavljanje vzorcev na hranilno gojišče z micelijem

Po enem tednu, ko je micelij prerasel površino hranilnega gojišča, smo vstavili vzorce – po 4 vzorce v vsako petrijevko, oziroma 4 enake vzorce na glivo. Vzorce smo poskušali postavljati čim bolj mešano, tako da so bili v eni petrijevki skupaj vzorci kostanjevine, ki so bili izpostavljeni različnim ekstrakcijam, neekstrahirani vzorci kostanjevine in vzorci bukovine ali smrekovine.

Petrijevke z vzorci smo zložili v rastno komoro, na 25 °C in 85 % relativno zračno vlažnost. V teh pogojih so bili vzorci izpostavljeni glivam tri mesece (Slika 13).



Slika 13: Vzorci po treh mesecih izpostavitve dlakavi slojevki (*Stereum hirsutum*)

3.2.7 Vlažnost in izguba mase po razkroju

Po treh mesecih izpostavitve (Slika 13) glivam smo vzorce izolirali, s površin odstranili micelij in jih še vlažne stehali. Nato smo vzorce sušili 24 ur v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 103 ± 2 °C. Po kondicioniranju v eksikatorju, smo jih stehali v absolutno suhem stanju na 0,0001 g natančno.

Vlažnost vzorcev po izpostavitvi glivam smo izračunali po enačbi 2:

$$U = \frac{m_3 - m_4}{m_4} \times 100 \text{ [%]} \quad \dots (2)$$

$U \dots$ vlažnost razkrojenega vzorca [%]

$m_3 \dots$ masa vlažnega vzorca po izpostavitvi glivi [g]

$m_4 \dots$ masa absolutno suhega vzorca po izpostavitvi glivi [g]

Izgubo mase vzorcev smo izračunali po enačbi 3:

$$\Delta m_g = \frac{m_5 - m_4}{m_5} \times 100 \text{ [%]} \quad \dots (3)$$

$\Delta m_g \dots$ izguba mase vzorca zaradi delovanja gliv [%]

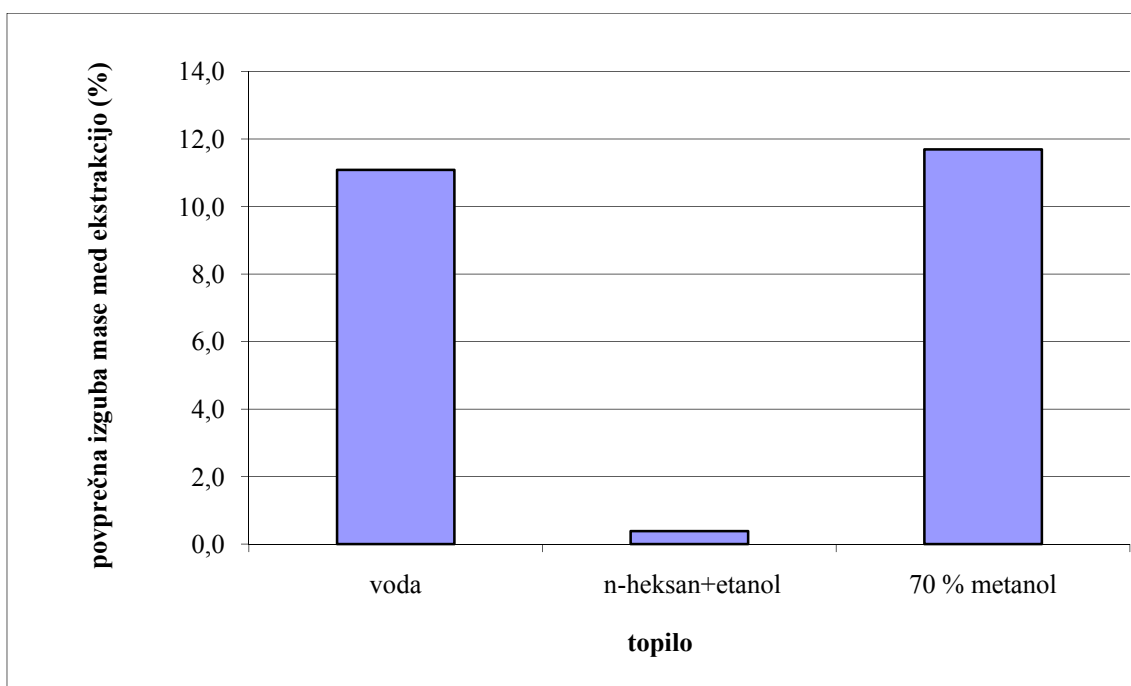
$m_5 \dots$ masa absolutno suhega vzorca pred izpostavitvijo glivi [g]

$m_4 \dots$ masa absolutno suhega vzorca po izpostavitvi glivi [g]

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 DELEŽ EKSTRAKTIVOV V LESU

Delež ekstraktivov v lesu smo določili gravimetrično iz izgube mase vzorcev med ekstrakcijo.



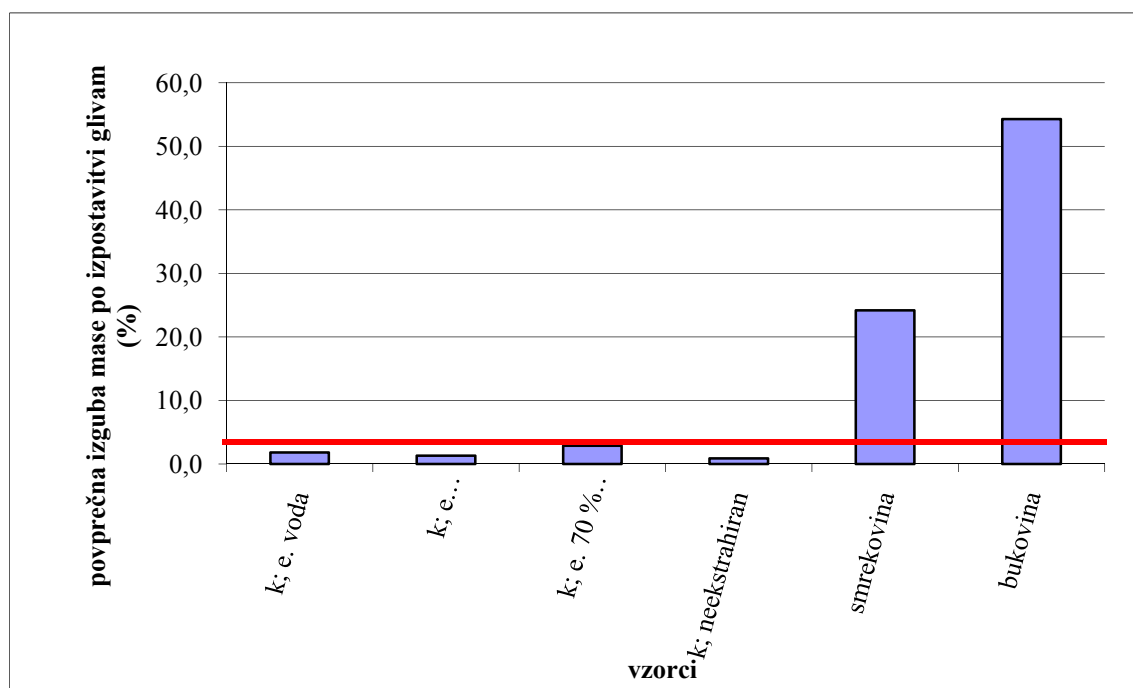
Slika 14: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine med ekstrakcijo z različnim topilom [%].

Največ ekstraktivnih snovi se je iz jedrovine pravega kostanja izpralo, ko smo uporabili 70 % metanol. S tem topilom smo iz lesa kostanja izlužili 11,7 % ekstraktivov. Drugo najbolj učinkovito topilo je bila voda, izpralo se je 11,1 % ekstraktivov. V nasprotju z omenjenima topiloma, se je z mešanico n-heksana in etanola 2:1 (v/v) iz lesa izpralo zanemarljivo malo ekstraktivov zgolj 0,4 % izhodiščne mase vzorca (Slika 14).

Iz jedrovine smo kot ekstraktive izpirali fenolne snovi, ki imajo zaščitno funkcijo. Enostavni fenoli so klasificirani kot hidrofilni ekstraktivi, ki se topijo v polarnih topilih (metanol,

etanol, aceton). Z mešanico n-heksana in etanola se je izpralo manj ekstraktivov, ker je heksan topilo lipofilnih ekstraktivov (Zule in sod., 2011).

4.2 IZGUBA MASE VZORCEV PO IZPOSTAVITVI GLIVAM



Slika 15: Povprečna izguba mase vzorcev ekstrahirane kostanjevine, neekstrahirane kostanjevine, smrekovine in bukovine po izpostavitvi glivam za 12 tednov [%]. Oznaka »k« pomeni »kostanjevina«, oznaka »e« pa »ekstrahirani vzorci«. Rdeča linija označuje mejo 3 %.

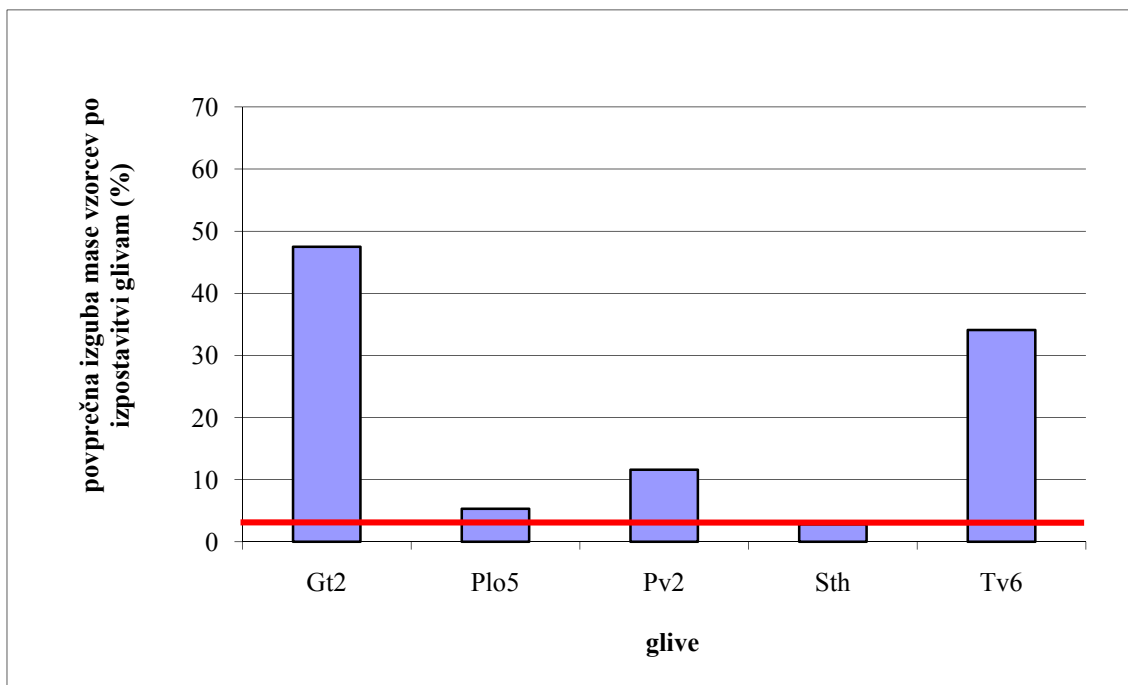
Izguba mas kontrolnih vzorcev smrekovine in bukovine dokazuje, da so bile glive vitalne, saj so vzorci smrekovine izgubili 24,2 %, vzorci smrekovine pa 54,3 % mase. Z vzorci bukovine smo preverili vitalnost gliv bele trohnobe, z vzorci smrekovine pa smo to lastnost potrdili za glive rjave trohnobe (Slika 15).

Izguba mase vzorcev po izpostavitvi glivam kaže, da so tudi ekstrahirani vzorci kostanja dobro odporni proti glivam.

Najmanjša izguba mase (0,9 %), je bila pričakovano določena pri neekstrahiranih vzorcih jedrovine kostanja. Z 1,3 % izgubo mase sledijo vzorci, ekstrahirani z n-heksanom in etanolom, pri katerih se je izpral najmanjši delež ekstraktivov. Ekstrahirani vzorci, pri katerih smo za topilo uporabili vodo, so v povprečju izgubili 1,8 % mase. Vzorci, pri katerih smo izprali največ ekstraktivov (70 % metanol), pa so po izpostavitvi glivam izgubili 2,9 % mase.

Vsi ekstrahirani in neekstrahirani vzorci kostanjevine so izgubili manj kot 3 % mase, kar standard SIST EN 113 (2006) smatra za zanemarljivo izgubo mase. V nadaljevanju pa bomo podrobno analizirali izgube mase, ki so jih na posameznih vzorcih povzročile testne glive.

4.2.1 Izguba mase vzorcev smrekovine po izpostavitvi glivam



Slika 16: Povprečna izguba mase vzorcev smrekovine po izpostavitvi glivam za 12 tednov [%]. Rdeča linija označuje mejo 3 %. Gt2 = navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Plo5 = zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 = bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Sth = dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*); Tv6 = pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

Vzorci smrekovine so izgubili velik delež mase. Največ mase, 47,5 %, so izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni navadni tramovki. Sledijo vzorci izpostavljeni pisani ploskocevki, ki so izgubili 34,1 % mase. Precej manjši delež mase so izgubili vzorci izpostavljeni beli hišni gobi, ta je znašal 11,6 %. Vzorci izpostavljeni zimskemu ostrigarju so izgubili 5,3 %, dlakavi slojevki pa le 2,8 % mase (Slika 16).

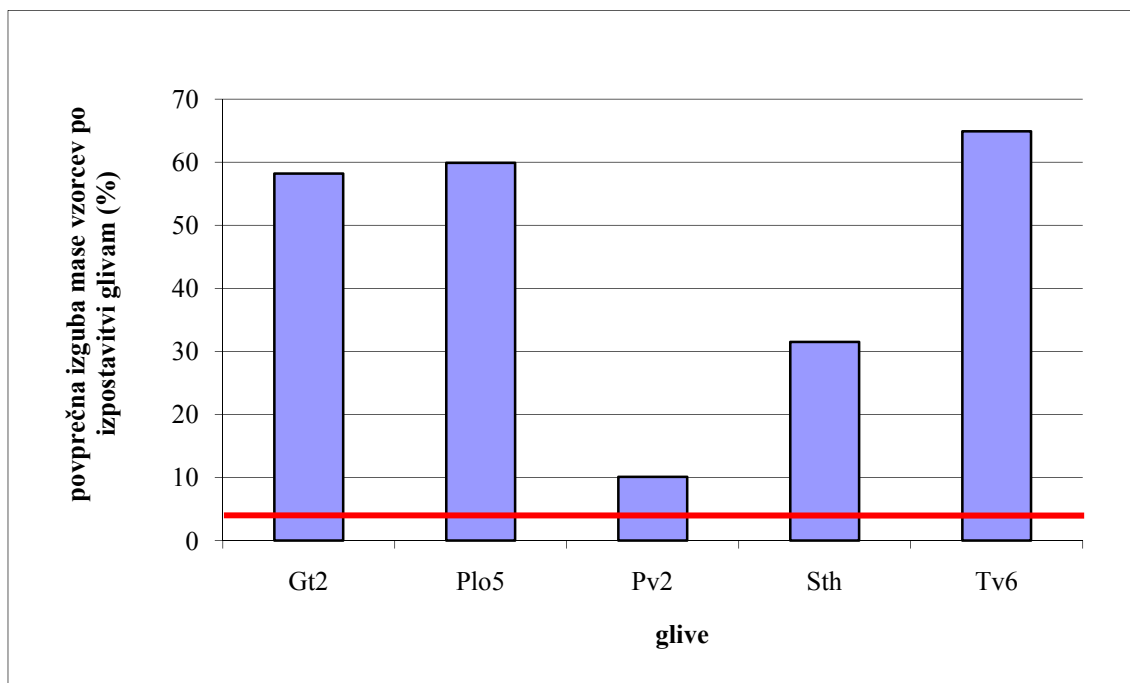
Navadna tramovka, ki je tipična povzročiteljica rjave trohnobe in okužuje predvsem iglavce, je smrekovino najboljše razkrajala. Vzrok za to so dobro razviti mehanizmi za razgradnjo celuloze in polioz, preostanek pa je oksidiran lignin. Razkroj je bil pričakovano slabši pri glivah bele trohnobe, saj te pogosteje najdemo na listavcih kot na iglavcih. Razgrajujejo lignin, preostanek pa je celuloza. Za glivo *A. vaillantii* so značilne nizke izgube mase, zato

nas nizka vrednost ni presenetila. To glivo smo vključili v raziskavo, ker je zanjo značilna velika sposobnost razkrajanja lesa zaščitenega z biocidi ali biocidnimi učinkovinami. Velikokrat se bolje izkaže na substratih, kjer ostale glive odpovejo (Humar in Lesar, 2009).

Po drugi strani pa nas je presenetila gliva pisana ploskocevka. Ta gliva, tipična predstavnik bele trohnobe, je povzročila relativno visoko izgubo mase tudi na smrekovem lesu, kar nakazuje na veliko prilagodljivost te glive.

Z vzorci smrekovine smo preverjali predvsem glivi rjave trohnobe: *Gloeophillum trabeum* in *Antrodia vaillantii*, vse glive pa so se izkazale kot vitalne.

4.2.2 Izguba mase vzorcev bukovine po izpostavitvi glivam



Slika 17: Povprečna izguba mase vzorcev bukovine po izpostavitvi glivam za 12 tednov [%]. Rdeča linija označuje mejo 3 %. Gt2 = navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Plo5 = zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 = bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Sth = dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*); Tv6 = pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

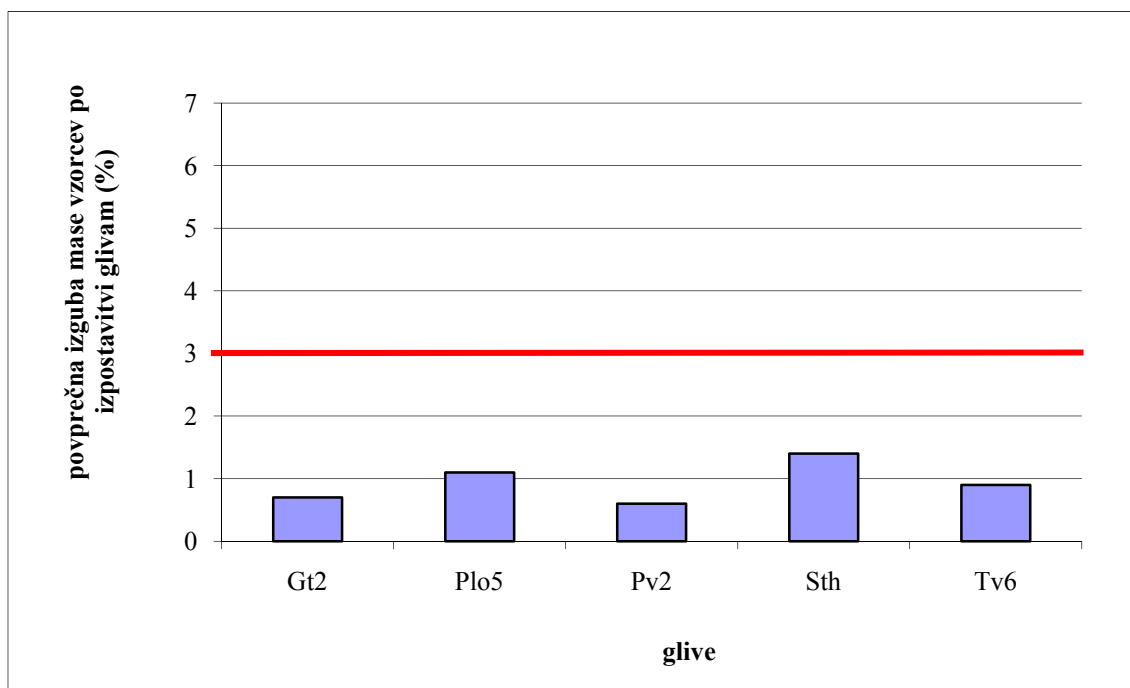
Vzorci bukovine so izgubili zelo velik delež mase. Največ mase, 64,9 %, so izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni pisani ploskocevki. Sledijo vzorci izpostavljeni zimskemu ostrigarju, ki so izgubili 59,9 % mase. Malenkost manjši delež mase so izgubili vzorci izpostavljeni navadni tramovki, ta je znašal 58,2 %. Vzorci izpostavljeni dlakavi slojevki so izgubili 31,5 %, beli hišni gobi pa le 10,1 % mase (Slika 17).

Največji razkroj vzorcev bukovine so povzročile glive bele trohnobe, ki razgrajujejo lignin in pogostejše okužujejo listavce. Posebno pisana ploskocevka je najpogostejša ravno na bukvi (Pohleven, 2008). Velik razkroj so imeli tudi vzorci izpostavljeni navadni tramovki, ki tako na iglavcih kot listavcih povzroča rjavo trohnobo z razgradnjo celuloze. Podobno kot pisana ploskocevka, je tudi ta gliva sposobna razgradnje raznolikih substratov.

Če med seboj primerjamo izgube mase smrekovih in bukovih vzorcev vidimo, da je povprečna izguba mase bukovih vzorcev bistveno večja od povprečne izgube mase smrekovih. To jasno potrjuje, da je bukovina bistveno manj naravno odporna od smrekovine.

Z vzorci bukovine smo preverjali predvsem glive bele trohnobe: *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* in *Stereum hirsutum*, vse glive pa so se izkazale za vitalne.

4.2.1 Izguba mase neekstrahiranih vzorcev kostanjevine po izpostavitvi glivam



Slika 18: Povprečna izguba mase neekstrahiranih vzorcev kostanjevine po dvanajstih tednih izpostavitve glivam. Rdeča linija označuje mejo 3 %. Gt2 = navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Plo5 = zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 = bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Sth = dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*); Tv6 = pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

Neekstrahirani vzorci jedrovine pravega kostanja so po 12 tednih izpostavitve glivam izgubili zelo majhen delež mase. Pričakovali smo, da bo vzorce jedrovine pravega kostanja najbolj razkrajala ena izmed gliv, ki povzročajo belo trohnobo, saj je ta prevladujoča na listavcih. Tako so pričakovano največ mase (1,4 %) izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni dlakavi slojevki. Sledijo vzorci izpostavljeni zimskemu ostrigarju, ki so izgubili 1,1 % mase. Še manjši delež mase so izgubili vzorci izpostavljeni pisani ploskocevki, ta je znašal 0,9 %. Pri pisani ploskocevki smo pričakovali majhen razkroj, saj Schmidt (2006) navaja, da ne okužuje hrastovine, ki je po lastnostih zelo sorodna kostanjevini. Vzorci izpostavljeni navadni tramovki so izgubili 0,7 %, beli hišni gobi pa le 0,6 % mase. Razgradnja pri beli

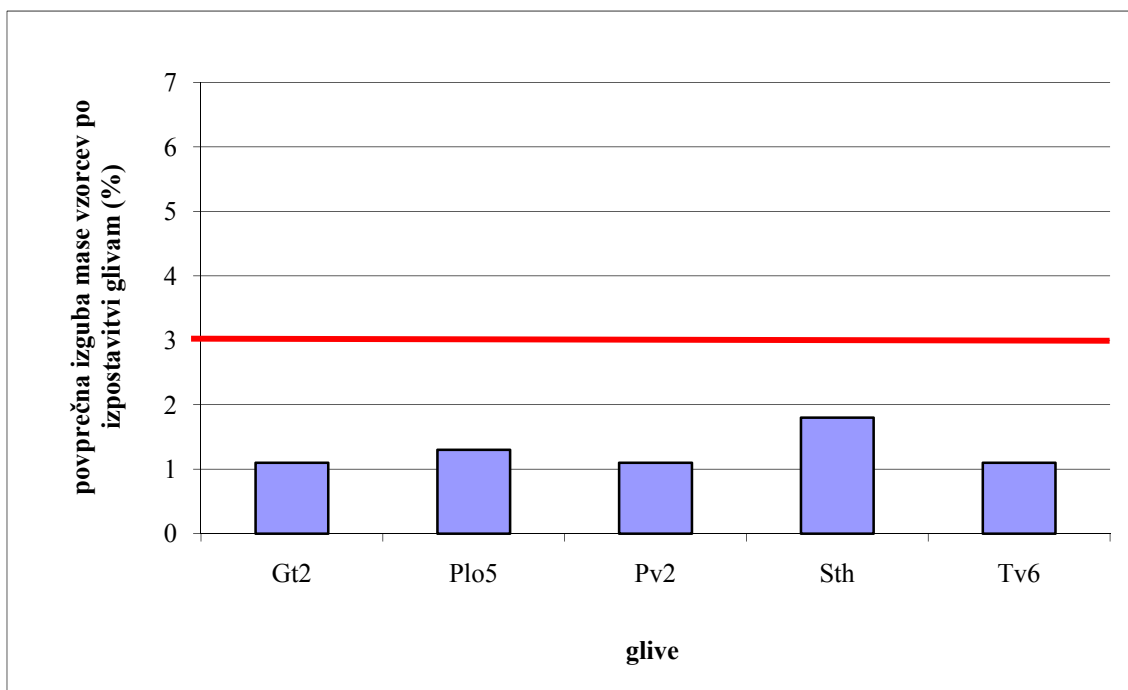
hišni gobi je bila pričakovano najnižja, saj jo v naravi zasledimo zlasti na iglavcih (Unger, 2001).

Neekstrahirane vzorce kostanjevine glede na kriterije standarda SIST EN 113 (2006) ni razkrajala nobena gliva, saj so bile izgube mase vseh vzorcev nižje od 3 % (Slika 18).

Odpornost vzorcev jedrovine pravega kostanja proti glivam se z izpiranjem dela ekstraktivov bistveno ne zniža, kljub pričakovanju, da bo padec večji in bolj povezan z vsebnostjo ekstraktivov. Rezultati raziskave so pokazali, da je tudi ekstrahirana jedrovina pravega kostanja dobro odporna proti glivam, neekstrahirana pa povsem odporna (izguba mase okoli 1 %).

Neekstrahirani vzorci kostanjevine so se izkazali za zelo odporne proti razkroju, saj je bila izguba mase pri vseh petih vrstah gliv približno 1 % oz. manj. V nedavni raziskavi (Lesar in sod., 2010) so na primer vzorci naravno odporne hrastovine v 16 tednih izpostavitve izgubili med 0,9 % in 41,9 % mase. Najvišjo izgubo mase so imeli vzorci z zelo ozkimi branikami in s tako veliko slabšimi lastnostmi. Rezultati nekvalitetne hrastovine zato niso primerljivi z lastnostmi lesa pravega kostanja. Hrastovi vzorci z najširšimi branikami, ki so se izkazali za najbolj odporne, so po izpostavitvi dlakavi slojevki izgubili le 1,7 % mase, v naši raziskavi pa so vzorci kostanjevine izpostavljeni isti vrsti glive izgubili 1,4 % mase. Pisana ploskocevka je razgradila 1,6 % mase hrastovine (Lesar in sod., 2010), na vzorcih pravega kostanja pa smo določili 0,9 % izgubo mase. Najmanj mase so vzorci hrastovine izgubili po izpostavitvi beli hišni gobi (0,8 %), kar je malenkost več kot vzorci kostanjevine, ki so izgubili 0,6 % mase. Iz predstavljenih rezultatov obeh raziskav je razvidno, da so vse navedene vrste gliv razkrojile vzorce hrastovine v rahlo večji meri kot vzorce kostanjevine. Pri tem je potrebno upoštevati, da so bili vzorci hrastovine izpostavljeni glivam 16 tednov, vzorci kostanja pa le 12 tednov. Po drugi strani pa so bili hrastovi vzorci večji od kostanjevih.

4.2.2 Izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z n-heksanom in etanolom po izpostavitvi glivam



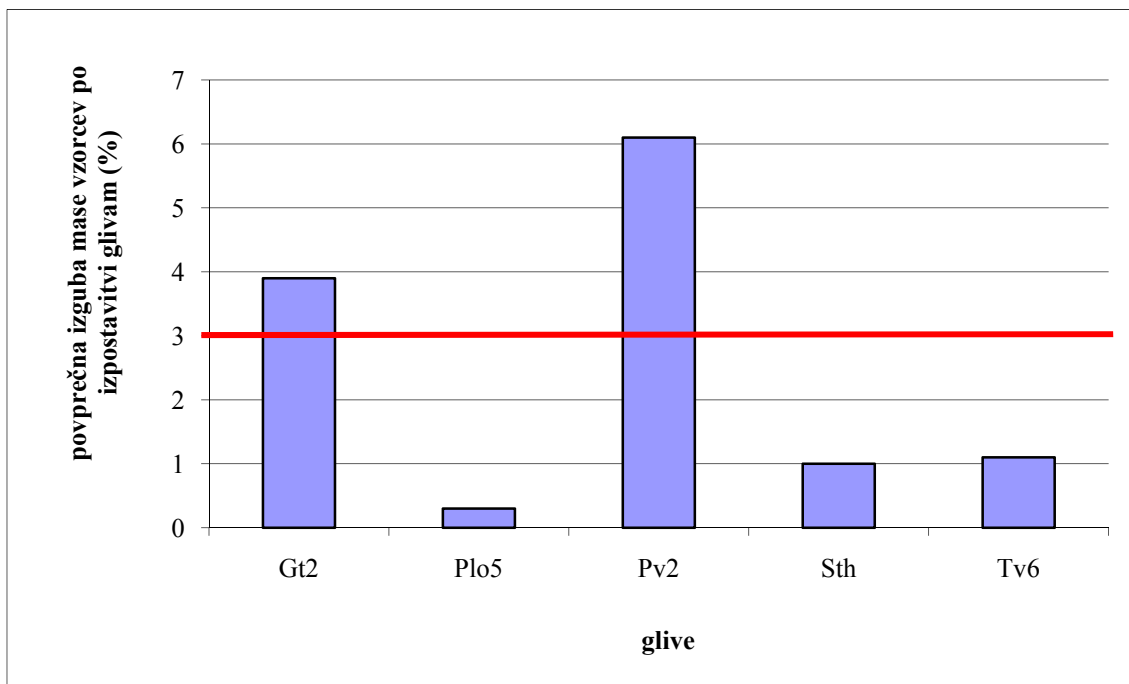
Slika 19: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine, ekstrahiranih z n-heksanom in etanolom, po dvanajstih tednih izpostavitve glivam. Rdeča linija označuje mejo 3 %. Gt2 = navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Plo5 = zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 = bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Sth = dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*); Tv6 = pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

Od vzorcev ekstrahiranih z n-heksanom in etanolom so največ mase, 1,8 %, izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni dlakavi slojevki. Sledijo vzorci izpostavljeni zimskemu ostrigarju, ki so izgubili 1,3 % mase. Manjši delež mase so izgubili vzorci izpostavljeni navadni tramovki, beli hišni gobi in pisani ploskocevki, ta je znašal le 1,1 % (Slika 19).

Ekstrahirani vzorci z n-heksanom in etanolom so ob izpostavitvi glivam izgubili najmanj mase, kar je predvidljivo iz podatka, da se je s tem topilom izpral najmanjši delež ekstraktivov.

Vzorcev kostanjevine, predhodno ekstrahirane z n-heksanom in etanolom, glede na merila standarda SIST EN 113 (2006) ni razkrajala nobena gliva, saj so bile vse izgube manjše od 3 %.

4.2.3 Izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z vodo po izpostavitvi glivam



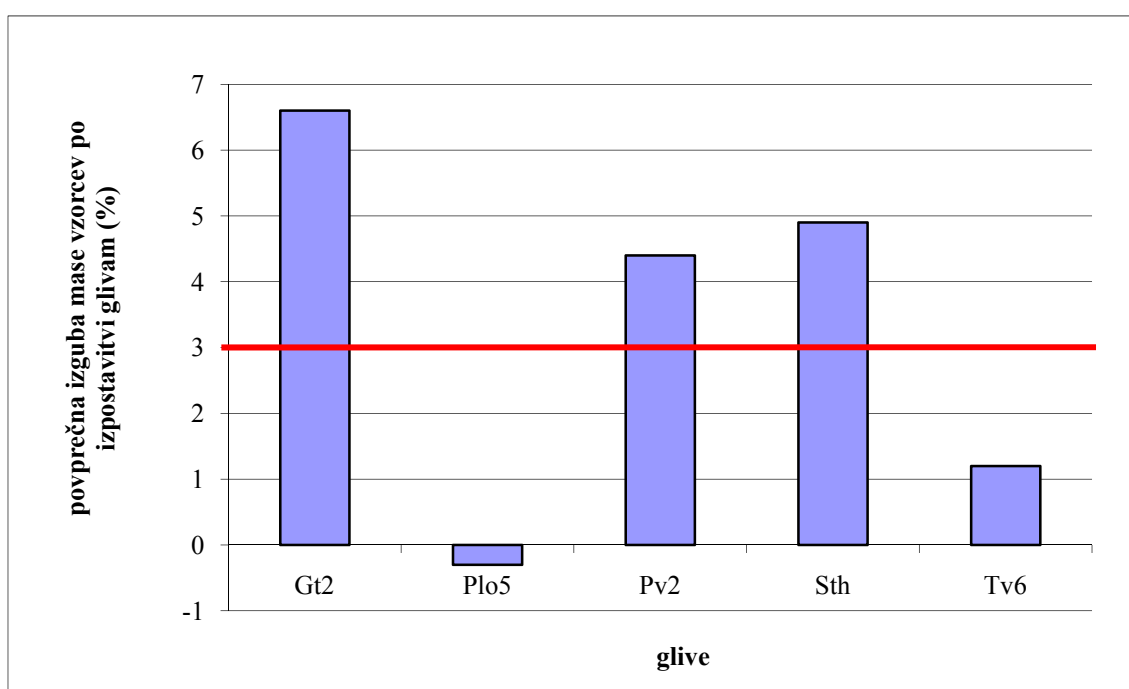
Slika 20: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih z vodo, po dvanajstih tednih izpostavitve glivam. Rdeča linija označuje mejo 3 %. Gt2 = navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Plo5 = zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 = bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Sth = dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*); Tv6 = pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

Vzorci kostanjevine ekstrahirane z vodo sta v največji meri razkrojili bela hišna goba in navadna tramovka. Največ mase (6,1 %), so izgubili vzorci kostanjevine ekstrahirani z vodo, ki so bili izpostavljeni beli hišni gobi. Sledijo vzorci izpostavljeni navadni tramovki, ki so izgubili 3,9 % mase. Zanemarljiv delež mase pa so izgubili vzorci izpostavljeni pisani ploskocevki, dlakavi slojevki in zimskemu ostrigarju (Slika 20).

Vzorci kostanjevine ekstrahirane z vodo sta v največji meri razkrojili glivi rjave trohnobe. Izgube mas vzorcev so tudi pri omenjenih dveh glivah nižje kot 7 %, kar je nižje od pričakovanih vrednosti. Razvidno je, da je jedrovina pravega kostanja dokaj odporna tudi po

izpiranju ekstraktivov z vodo. Omenjeni rezultati pa kažejo na to, da se tudi v praksi lahko del ekstraktivnih snovi izpere iz lesa in s tem poslabša odpornost lesa. Zato menimo, da bi bilo smiselno proučiti, kaj se dogaja z naravno odpornostjo lesa v uporabi.

4.2.4 Izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih s 70 % metanolom po izpostavitvi glivam



Slika 21: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine ekstrahiranih s 70 % metanolom, po dvanajstih tednih izpostavitve glivam. Rdeča linija označuje mejo 3 %. Gt2 = navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Plo5 = zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 = bela hišna goba (*Anurodia vaillantii*); Sth = dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*); Tv6 = pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

Največ mase (6,6 %) so izgubili vzorci kostanjevine ekstrahirani s 70 % metanolom, ki so bili izpostavljeni navadni tramovki. Sledijo vzorci izpostavljeni dlakavi slojevki, ki so izgubili 4,9 % mase. Malo manjši delež mase so izgubili vzorci izpostavljeni beli hišni gobi, ta je znašal 4,4 %. Vzorci izpostavljeni pisani ploskocevki so izgubili 1,2 %. Med izpostavitvijo ekstrahirane kostanjevine zimskemu ostrigarju, pa naj bi celo pridobili 0,3 % mase. Do negativnih vrednosti pri izgubi mase vzorcev zimskega ostrigarja je prišlo verjetno

zaradi ostanka micelija, ki je ostal v notranjosti vzorca po izpostavitvi. Kakorkoli, izguba mase kostanjevega lesa po delovanju zimskega ostrigarja je zanemarljiva (Slika 21).

Vzorci kostanjevine ekstrahirane s 70 % metanolom so glive pričakovano razkrajale najbolj intenzivno, saj se je s tem topilom izpral največji delež ekstraktivov. To je prispevalo k nižji naravni odpornosti vzorcev.

Vzorci kostanjevine ekstrahirane s 70 % metanolom so tekom našega eksperimenta najbolj razkrojile navadna tramovka, dlakava slojevka in bela hišna goba. Del izgubljene mase vzorcev je bil tudi pri omenjenih glivah precej nizek, pod 7 %, kar je manj kot smo pričakovali. Rezultati dokazujejo, da je jedrovina pravega kostanja odporna tudi brez izpranih ekstraktivov.

5 SKLEPI

Vse glive, ki so jim bili izpostavljeni vzorci, so bile vitalne.

Največ ekstraktivnih snovi smo iz kostanjevega lesa izločili med ekstrakcijo s 70 % vodno raztopino metanola. Najmanj pa z n-heksanom in etanolom 2:1 (v/v).

Nobena izmed petih uporabljenih gliv ni razkrojila vzorcev iz neekstrahirane jedrovine pravega kostanja.

Ekstrakcija z n-heksanom in etanolom, zaradi zelo majhnega deleža izpranih ekstraktivov iz vzorcev, ni imela nobenega vpliva na odpornost proti glivam.

Ekstrakcija z metanolom in vodo je imela največji vpliv na odpornost vzorcev proti glivam.

Z vodo in vodno raztopino metanola ekstrahirane vzorce je v največji meri razkrajala navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), ki je povzročiteljica rjave trohnobe.

Jedrovina pravega kostanja je primerna za uporabo v stiku z zemljo in tudi z ekstrakcijo ne izgubi odpornosti proti glivam razkrojevalkam lesa.

6 POVZETEK

Les je kot naravni material izpostavljen različnim dejavnikom razgradnje. Večina slovenskih drevesnih vrst ima neodporen les, zato skušamo trajnost takšnega lesa podaljšati. Na voljo imamo kemično zaščito lesa, ki pa se je okoljsko ozaveščeni uporabniki vedno bolj izogibajo. Tako narašča pomen drevesnih vrst z večjo naravno trajnostjo lesa. V Sloveniji imamo na voljo le majhno število odpornih lesnih vrst, mednje spada les pravega kostanja (*Castanea sativa* Mill.). Strokovnjaki pogosto navajajo, da je najpomembnejši dejavnik naravne odpornosti kostanjevine vsebnost velikega deleža ekstraktivnih snovi. V nalogi smo želeli raziskati, kako na naravno odpornost kostanjevine vplivajo ekstraktivi in kakšen je njihov delež.

Vzorci dimenzij 1 cm × 1,5 cm × 4 cm smo izdelali iz jedrovine lesa pravega kostanja. Ekstraktive smo izprali v Soxhletovem aparatu s tremi različnimi topili: vodo, n-heksanom in etanolom 2:1 (v/v) in s 70 % metanolom. Z vzorci, ki smo jim izprali ekstraktive, smo primerjali neekstrahirane vzorce pri izpostavitvi petim vrstam gliv razkrojevalk lesa: navadni tramovki, beli hišni gobi, zimskemu ostrigarju, pisani ploskocevkki, dlakavi slojevki. Glivam razkrojevalkam smo izpostavili tudi kontrolne vzorce bukovine in smrekovine. Izgubo mase po dvanajstih tednih smo jim določili gravimetrično.

Ugotovili smo, da se odpornost vzorcev jedrovine pravega kostanja proti glivam razkrojevalkam z izpiranjem dela ekstraktivov bistveno ne zniža, padec majhen, vendar povezan z vsebnostjo ekstraktivov. Raziskava je pokazala, da je tudi ekstrahirana jedrovina pravega kostanja dobro odporna proti glivam, neekstrahirana pa povsem odporna (izguba mase okoli 1 %).

7 VIRI

- Aloui F., Ayadi N., Charrier F., Charrier B. 2004. Durability of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) against white rot fungi (*Coriolus versicolor*): relations with phenol extractives. Holz Als Roh-Und Werkstoff, 62, 4: 286-290
- Dinwoodie J. M. .2000. Timber: its nature and behaviour. London, New York, E & FN spon: 257 str.
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood-decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 250 str.
- Fengel D., Wegener G. 1984. Wood chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin, New York, Walter de Gruyter: 613 str.
- Gierlinger N., Jaques D., Grabner M., Wimmer R., Schweininger M., Rozenberg P., Paques L.E. 2004. Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. Trees, 18: 102-108
- Gorišek Ž., Geršak M., Velušček V., Čop T., Mrak C. 1994. Sušenje lesa. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije, Lesarska založba: 235 str.

Gorišek Ž. 2004. Les: Zgradba in lastnosti. Interno gradivo za predmet Tehnologija lesa.

Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 94 str.

Guilley E., Charpentier J.P., Ajady N. 2004. Decay resistance against *Coriolus versicolor* in Sessile oak (*Quercus petraea*): analysis of the between – tree variability and correlations with extractives, tree growth and other basic wood properties. Wood Sci Technol., 38: 539 – 554

Gorjak S. 2001. Poizkus gojenja ostrigarja (*Pleurotus* sp.) na substratih iglavcev za biološko zatiranje patogenih gliv. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo.

Haupt M., Leithoff H., Meier D., Puls J., Richter H.G., Faix O. 2003. Heartwood extractives and natural durability of plantation-grown teakwood (*Tectona grandis* L.) – a case study. Holz als Roh- und Werkst, 61: 473-474

Hawley L.F., Fleck L.C., Richard, C.A. 1924. The relation between natural durability and chemical composition in wood. Ind. Eng. Chem., 16: 699-706

Humar M. 2008. Bela hišna goba –gliva, ki razkraja tudi zaščiten les. Les, 60, 2: 77

Humar M. 2010. Dlakava slojevka – ena najpomembnejših razkrojevalk hrastove hlodovine. Les, 62, 1: 32-33

Humar M. 2008. Tramovka – najbolj kozmopolitanska lesna gliva. Les, 60, 4: 159

Humar M. 2010. Predavanja, Zaščita lesa, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Humar M., Lesar B. 2009. Fungicidne lastnosti posameznih sestavin komercialnih baker-etanolaminskih pripravkov za zaščito lesa. V: Humar M. (ur.), Kraigher H. (ur.) 2009. Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi, (Studia forestalia Slovenica, 135). Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 107-114, ilustr.

Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 126 str.

Lesar B., Zupančič M., Pohleven F., Humar M., Oven P. 2010. Vpliv širine branik hrastovine in deleža ekstraktivov na naravno odpornost proti glivam razkrojevalkam lesa. Les, 62, 5: 204-209

Lesar B., Humar M., Oven P. 2010. Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. Les, 62, 11-12: 408-414

Militz H., Busetto D., Hapla F. 2003. Investigation on natural durability and sorption properties of Italian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) from coppice stands. European Journal of Wood and Wood Products, 61, 2: 133-141

Panshin A. J., Zeeuw C. D. 1980. Textbook of Wood Technology. Structure Identification, Properties and Uses of a Commercial Woods of the United States and Canada. New York McGraw-Hill Book: 722 str.

Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 221 str.

Pohleven F. 2008. Pisana ploskocevka. Les, 60, 3: 115

Raspor P., Smole-Možina S., Podjavoršek J., Pohleven F., Gogala N., Nekrep F.V., Hacin J. 1995. ZIM: zbirka industrijskih mikroorganizmov. Katalog biokultur. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Katedra za biotehnologijo: 98 str.

Scheffer T.C., Cowling E.B. 1966. Natural resistance to microbial deterioration. Annual review of Phytopathology, 4: 147-170

Schmidt O. 2006. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use. Czeschlik D., Schlitzberger A.(eds.). Heidelberg, Springer-Verlag Berlin: 334 str.

Schultz T.P., Harms W.B., Fisher T.H., McMurtrey K.D., Minn J., Nicholas D.D. 1995. Durability of angiosperm heartwood: the importance of extractives. Holzforschung, 49: 29-34

SIST EN 113. 1995 Zaščitna sredstva za les - Določanje meje učinkovitosti proti glivam odprtotosnicam.: 25 str.

SIST EN 335. 2006. Trajnost lesa in lesnih proizvodov - Definicije razredov uporabe – Uporaba pri masivnem lesu – del 1 in 2.: 13 str.

SIST EN 350-2 (1995). Trajnost lesa in lesnih izdelkov - Naravna trajnost masivnega lesa –

2. del: Naravna trajnost in možnost impregnacije izbranih, v Evropi pomembnih vrst lesa: 42 str.

Torelli N. 2003. Ojedritev – vloga in proces. Les, 55, 11: 368-379

Tsoumis G. T. 1991. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. New York, Van Nostrand Reinhold: 494 str.

Unger A., Schniewind A.P., Unger W. 2001. Conservation of Wood Artifacts. Berlin, Springer: 165-265

Zule J. 2011. Kemijska karakterizacija lipofilnih in hidrofilnih ekstraktivov v lesu evropskega macesna (*Larix decidua* Mill.). Doktorsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 124 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Mihi Humarju za njegov čas, znanje in kritike pri pisanju diplomskega projekta.

Za recenzijo diplomskega projekta se zahvaljujem izr. prof. dr. Primožu Ovnu.

Hvala tudi Boštjanu Lesarju in Nejcu Thalerju za pomoč pri eksperimentalnem delu diplomskega projekta in za pomoč s strokovnimi nasveti.

Hvala sošolcu Davorju Kržišniku za pomoč pri inokulaciji micelijev.

Iskrena hvala mojim najbližjim za podporo in potrpežljivost.

Hvala vsem.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Daša KRAPEŽ

**VPLIV EKSTRAKTIVOV NA NARAVNO
ODPORNOST JEDROVNE KOSTANJEVINE**
(Castanea sativa Mill.)

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2011