

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Mitja BREGAR

**ODPORNOST JEDROVINE KOSTANJA NA LESNE
GLIVE**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Mitja BREGAR

ODPORNOST JEDROVINE KOSTANJA NA LESNE GLIVE

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**RESISTANCE OF CHESTNUT HEARTWOOD IN AGAINST WOOD
DECAY FUNGI**

B. Sc. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomski projekt je zaključek visokošolskega študija prve stopnje lesarstva - Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Opravljen je bil v laboratorijih Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je dne 9. 9. 2014 odobril naslov diplomskega dela in za mentorja določil prof. dr. Miho Humarja, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Mitja Bregar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
DK UDK 630*841
KG les/pravi kostanj/naravna odpornost/glive razkrojevalke
AV BREGAR, Mitja
SA HUMAR, Miha (mentor)/POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2015
IN ODPORNOST JEDROVINE KOSTANJA (*Castanea sativa* Mill.)
NA LESNE GLIVE
TD Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP X, 34 str., 9 pregl., 19 sl., 20 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. V diplomski nalogi smo želeli raziskati, kakšna je naravna odpornost kostanjevine proti lesnim glivam. Z namenom odgovoriti na to vprašanje, smo vzorce dimenzij 1 cm × 1,5 cm × 4 cm izdelali iz jedrovine pravega kostanja in jih nato izpostavili sedmimi glivami razkrojevalk lesa: navadni tramovki, beli hišni gobi, zimskemu ostrigarju, dlakavi slojevki, pahljačici, ogljeni kroglici in svetlikavi pološčenci. Glivam razkrojevalkam smo za primerjavo izpostavili tudi kontrolne vzorce bukovine in smrekovine. Izgubo mase in vlažnosti po dvanajstih tednih smo določili gravimetrično. Ugotovili smo, da so vzorci jedrovine pravega kostanja povsem odporni proti glivam razkrojevalkam, saj je izguba mase, zaradi delovanja najbolj aktivne glive, nižja od 5 %. Ta podatek kostanjevino uvršča med najbolj odporne lesne vrste – v prvi odpornostni razred.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Dv 1
- DC UDC 630*841
- CX wood/sweet chestnut/natural durability/decay fungi
- AU BREGAR, Mitja
- AA HUMAR, Miha (supervisor) POHLEVEN, Franc (reviewer)
- PP 1000 – Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2015
- TI RESISTANCE OF CHESTNUT HEARTWOOD (*Castanea sativa* Mill.) IN AGAINST WOOD DECAY FUNGI
- DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
- NO X, 34 p., 9 tab., 19 fig., 20 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Chestnut wood is one of the most naturally durable Slovenian wood species. According to literature data, the most important factor of chestnut's natural durability is the fact that it contains a high portion of biologically active extractives. In this thesis we wanted to explore the natural durability of sweet chestnut against wood decay fungi. In order to do elucidate this property, samples from the heartwood of sweet chestnut (*Castanea sativa*), of the following dimensions (1 cm × 1.5 cm × 4 cm) were prepared, and exposed to seven different wood decaying fungi, namely the brown rot fungus (*Gloeophyllum trabeum*), the white pore fungus (*Antrodia vaillantii*), the oyster fungus (*Pleurotus ostreatus*), the hairy curtain crust fungus (*Stéreau hirsútum*), the split gill fungus (*Schizophyllum commune*), the red cushion hypoxylon fungus (*Hypoxylon fragiforme*), and the lingzhi or reishi fungus (*Ganoderma lucidum*). In order to make a comparison, control samples from beech wood and Norway spruce wood were prepared and exposed to the same wood decaying fungi. After twelve weeks of exposure mass loss and moisture content was gravimetrically determined. We have established that the samples from the heartwood of sweet chestnut are completely resistant to wood decaying fungi since the loss of mass as a result of decay the most severe fungi was lower than 5 %. This result clearly supports the classification of chestnut wood into the first durability class, and prove it to be one of the most resistant wood species.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
SLOVARČEK.....	X

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJ RAZISKOVANJA	1
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	1
2 PREDLED OBJAV	2
2.1 LES.....	2
2.2 ZNAČILNOSTI LESA IGLAVCEV IN LISTAVCEV	2
2.3 BELJAVA, JEDROVINA.....	3
2.3.1 Posebnosti v črnjavi	3
2.4 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA	3
2.4.1 Glive razkrojevalke	4
2.5 LESNE GLIVE	4
2.5.1 Glive rjave trohnobe	5
2.5.1.1 Navadna tramovka (<i>Gloeophyllum sp.</i>)	6
2.5.1.2 Bela hišna goba (<i>Antrodia sp.</i>)	7
2.5.2 Glive bele trohnobe	8
2.5.2.1 Ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>).....	9
2.5.2.2 Zimski ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	10
2.5.2.3 Dlakava slojevka (<i>Stereum hirsutum</i>).....	10
2.5.2.4 Pahljačica (<i>Schizophyllum commune</i>).....	12
2.5.2.5 Sploščena pološčenka (<i>Ganoderma applanatum</i>).....	14
2.6 NARAVNA ODPORNOST	15
2.6.1 Razvrstitev lesa po naravni odpornosti.....	15
2.6.2 Razredi uporabe	16
2.7 LES PRAVEGA KOSTANJA	17
2.7.1 Opis lesa	17

2.7.2	Lastnosti lesa.....	18
2.7.3	Predelava in obdelava	18
2.7.4	Napake.....	18
2.7.5	Uporaba.....	18
3	MATERIALI IN METODE	19
3.1	MATERIALI	19
3.1.1	Vzorci.....	19
3.1.2	Lesne glive.....	20
3.2	METODE	20
3.2.1	Priprava vzorcev	20
3.2.2	Priprava hranilnih gojišč.....	21
3.2.3	Inokulacija micelija.....	21
3.2.4	Vstavljanje vzorcev na hranilno gojišče z micelijem	22
3.2.5	Vlažnost in izguba mase po razkroju	22
4	RAZULTATI IN RAZPRAVA	24
4.1	VLAŽNOST LESA PO IZPOSTAVITVI GLIVAM	24
4.2	IZGUBA MASE PO IZPOSTAVITVI GLIVAM RAZKROJEVALKAM	26
5	SKLEPI	30
6	POVZETEK.....	31
7	VIRI.....	32
8	ZAHVALA.....	34

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razvrstitev drevesnih vrst v pet odpornostnih razredov. Podatki veljajo za jedrovino. Beljava vseh lesnih vrst sodi v peti odpornostni razred.....	16
Preglednica 2: Evropski razredi uporabe lesa glede na mesto uporabe	17
Preglednica 3: Lesne glive uporabljene pri izvedbi poizkusov	20
Preglednica 4: Povprečna vlažnost jedrovine kostanja po izpostavitvi glivam. Poleg povprečja so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni	24
Preglednica 5: Povprečna vlažnost bukovine po izpostavitvi glivam. Poleg povprečja so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni.....	24
Preglednica 6: Povprečna vlažnost smrekovine po izpostavitvi glivam. Poleg povprečja so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni.....	25
Preglednica 7: Povprečne vrednosti izgube mase lesa kostanja po 12 tednih izpostavitve glivam. Poleg so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni....	26
Preglednica 8: Povprečne vrednosti izgube mase lesa bukve po 12 tednih izpostavitve glivam. Poleg so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni.	27
Preglednica 9: Povprečne vrednosti izgube mase lesa smreke po 12 tednih izpostavitve glivam. Poleg so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni....	27

KAZALO SLIK

Slika 1: Les razkrojen z glivami rjave trohnobe	6
Slika 2: Klobuk navadne tramovke (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	7
Slika 3: Rizomorfi bele hišne gobe	8
Slika 4: Glive, ki povzročajo belo trohnobo razgrajujejo lignin, preostanek pa je celuloza.....	9
Slika 5: Ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>).....	9
Slika 6: Zimski ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	10
Slika 7: Dlakava slojevka (<i>Stereum hirsutum</i>).....	11
Slika 8: Ob vlažnem vremenu se pahljačasto razporejene lamele plodišča pahljačice razprejo	12
Slika 9: Plodišča pahljačice navadno rastejo v skupinah, na kar nakazuje drugi del latinskega imena (<i>commune</i>)	13
Slika 10: Veliko plodišče sploščene pološčence na štoru v parku Arboretum	15
Slika 11: Vzorci smrekovine (<i>Picea abies</i> L.)	19
Slika 12: Vzorci bukovine (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	19
Slika 13: Vzorci pravega kostanja (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	19
Slika 14: Sušilniki v katerih je potekalo sušenje lesa.....	20
Slika 15: Brezprašna komora – laminarij Iskra PIO	21
Slika 16: Hlajenje vzorcev v eksikatorju po sušenju in pred tehtanjem.....	22
Slika 17: Elektronska tehtnica Sartorius	23
Slika 18: Povprečna vlažnost vzorcev kostanjevine, bukovine in smrekovine, po izpostavitvi glivam razkrojevalkam za 12 tednov (%)	25
Slika 19: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine, bukovine in smrekovine, po izpostavitvi glivam za 12 tednov.....	29

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava
<i>species</i>	vrsta	sp.
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	navadna tramovka	Gt2
<i>Antrodia vaillantii</i>	bela hišna goba	Pv2
<i>Pleurotus ostreatus</i>	zimski ostrigar	Plo5
<i>Stereum hirsutum</i>	dlakava slojevka	Sth
<i>Schizophyllum commune</i>	pahljačica	Scs
<i>Ganoderma applanatum</i>	svetlikava pološčenka	Gal
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	ogljena kroglica	Hf

SLOVARČEK

- Bela trohnoba** je skupno ime za glive, ki v vseh fazah razvoja v lesu razkrajajo predvsem lignin. Posledično ostane v razkrojenem substratu bolj ali manj razgrajena celuloza. Preostanek nima praktično nobenih mehanskih lastnosti – mehak, bel in vlaknast les (Schmidt, 2006)
- Beljava** je periferni del debla ali veje z živim parenhimom, ki vsebuje organske rezervne snovi (npr. škrob). Beljava rastočega drevesa vsebuje žive parenhimske celice, rezervno hrano in ima v primerjavi z jedrovino zelo visoko vlažnost, ki jo ščiti pred biološko razgradnjo (Torelli, 2003).
- Jedrovina** so notranje plasti lesa v rastočem drevesu, kjer je parenhim odmrli, rezervne snovi (npr. škrob) v njem pa so se odstranile ali transformirale v jedrovinske snovi. Lahko je obarvana črnjava ali ne (Torelli, 2003).
- Rjava trohnoba** je izraz za skupino gliv, ki v lesu razkrajajo predvsem celulozo ter hemiceluloze. Preostanek je oksidiran lignin rjave barve. Posledica je prizmatično razpokan les rjave barve.

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Na začetku 21. stoletja ga odkrivamo na novo. V nekaj preteklih stoletjih je bil zlasti v srednji Evropi pregan kot gradbeni material. Po eni strani upravičeno, po drugi strani pa so cele vasi in regije živele od izkoriščanja gozdov. Globalno vzeto – v času in prostoru – je les vedno bolj razširjen in uporaben gradbeni material. V primerjavi z drugimi materiali je najbolj univerzalen in dostopen v večini področij, kontinentov in klimatskih pasov, z izjemo Antarktike in Arktike. Lahko ga je obdelovati, njegov transport ni zahteven. Les posrečeno združuje vrsto dobrih lastnosti, kot so tlačna, natezna in upogibna trdnost, toplotna izolativnost in preprostost obdelave, kar odtehta nekatere slabe strani (gorljivost, neodpornost proti škodljivcem ter podobno) (Brezar, 2008).

Raba lesa v konstrukcijske in gradbene namene vedno bolj narašča. Les na prostem je izpostavljen abiotskim in biotskim dejavnikom razkroja. Zato se uporablja v te namene bodisi zaščiten les ali pa les z dobro naravno odpornostjo. Jedrovina kostanja spada med najbolj odporne lesove v našem podnebnem pasu.

Uporaba tropskih lesnih je zaradi okoljskih razlogov vse manj zaželena, zato se ponovno uveljavljajo domače naravno odporne lesne vrste. V Sloveniji in večjem delu Evrope imamo na voljo le majhno število odpornih lesnih vrst. Evropski standard SIST EN 350-2 (1995) uvršča med odporne le tri evropske komercialne lesne vrste in sicer; les robinije (*Robinia pseudoaccacia* L.), hrastovina (*Quercus* spp.) in les pravega kostanja (*Castanea sativa* Mill.).

1.2 CILJ RAZISKOVANJA

Določiti odpornost jedrovine kostanjevega lesa na najpomembnejše glive povzročiteljice bele in rjave trohnobe in jo primerjati z naravno odpornostjo smrekovine in bukovine.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Pričakujemo, da bo kostanjevina odporna proti večini gliv razkrojevalk lesa.

2 PREGLED OBJAV

2.1 LES

Les je sekundarni ksilem. Je tkivo, ki opravlja v drevesu predvsem tri pomembne naloge: prevaja vodo in v njej raztopljene rudninske snovi iz korenin v liste, akumulira (shranjuje) rezervno hrano in opravlja mehansko nalogo (Pipa, 1997).

Kambij je tvorno (meristematsko) tkivo. Naloga kambijskih celic je delitev. Z delitvijo kambijskih celic nastanejo nove celice lesa in ličja. Če poteka delitev navznoter, je ena od na novo nastalih celic celica lesa, druga pa ostane kambijska. Če poteka delitev navzven, je ena od na novo nastalih celic celica ličja, druga pa zopet naprej ostane kambijska in se ponovno deli. Kambij je živi del drevesa. Ko kambij odmre, odmre tudi drevo.

Kambijske celice se delijo celotno življenje, zato drevo vse življenje prirašča v debelino. Če se delitev za dlje časa ustavi, drevo odmre. V naših klimatskih razmerah poteka delitev kambija le od pomladi do jeseni, torej v dobi vegetacije. Od intenzivnosti delitve kambijskih celic je odvisen vsakoletni prirastek lesa in tudi ličja.

Ličje (sekundarni floem) je tkivo, ki predstavlja živi del skorje. Glavna naloga ličja je prevajanje in akumuliranje organskih snovi, ki so nastale kot produkt fotosinteze.

Lubje predstavlja mrtvi del skorje in ima zaščitno vlogo. Varuje notranja tkiva drevesa pred škodljivimi zunanjimi vplivi žive in mrtve narave. Nekatera drevesa tvorijo debelejšše, druge pa tanjše plasti lubja (Pipa, 1997).

2.2 ZNAČILNOSTI LESA IGLAVCEV IN LISTAVCEV

Les iglavcev je zgrajen iz traheid, ki opravljajo prevodno in mehansko nalogo, iz osnega (aksialnega) parenhima, ki ima akumulativno nalogo (skladišči rezervno hrano). Trakovni parenhim (trakovi, pa opravljajo akumulativno in prevodno nalogo). Smolni kanali opravljajo sekrecijsko nalogo, izločanja odpadnih snovi (Pipa, 1997).

Za razliko od lesa iglavcev je les listavcev veliko kompleksnejši. Les listavcev je evolucijsko naprednejši od lesa iglavcev, saj je nastal bistveno kasneje v evolucijskem obdobju. Les listavcev je zgrajen iz trahej, ki imajo prevodno nalogo, iz vlaken, ki imajo mehansko nalogo, ter iz osnega in trakovnega parenhima, ki imata enaki nalogi kot v lesu iglavcev. Diferenciacija celic je je pri nekaterih vrstah bolj, pri drugih pa manj izrazita. Bolj, ko je lesna vrsta evolucijsko napredna, kompleksnejšo zgradbo ima (Pipa 1997).

2.3 BELJAVA, JEDROVINA

Beljavo in jedrovino lahko zasledimo pri številnih drevesnih vrstah. Razlike pa so tudi v kemični sestavi in tehnoloških lastnostih, kar je za uporabo lesa še posebej pomembno. Jedrovina se pri nekaterih lesnih vrstah loči od beljave po barvi. Tako obarvano jedrovino imenujemo črnjava. Nekateri lesne vrste nimajo obarvane jedrovine. Pri teh vrstah lahko beljavo ločimo od jedrovine na podlagi anatomskih znakov in kemijske zgradbe.

Nastanek jedrovine ali ojedritev je starostni dedni pojav, značilen za posamezne drevesne vrste. Glavno merilo za ločevanje jedrovine od beljave je stanje parenhimskih celic, ki so v beljavi žive, v jedrovini pa mrtve. Parenhimske celice pri lesu bukve lahko doživijo tudi več stoletij.

Glede obarvanosti jedrovine razvrščamo drevesne vrste v tiste z obarvano jedrovino-črnjavo, kot so npr. macesen, bor, hrast, domači kostanj, češnja, oreh,.. in drevesne vrste z neobarvano jedrovino, kot so npr. jelka, smreka, ... Nekateri vrste imajo širšo, druge pa ožjo beljavo. Širina beljave zavisi od lesne vrste in od pogojev rasti (Pipa, 1997).

Ojedritev je sezonski pojav. Razmerje med beljavo in jedrovino pa je dedno. Nastanek jedrovine je odvisen od drevesne vrste. Pri boru se pojavi npr. med 30. in 35. letom, pri nekaterih vrstah pa še pozneje. V zgornjem delu drevesa se pojavi prej kot v spodnjem. Poleg drevesne vrste, starosti in dela drevesa vplivajo na tvorbo jedrovine še zunanji dejavniki, kot so kvaliteta tal, klima, svetloba, cenotski status.

Od naših drevesnih vrst imajo veliko jedrovine macesen, domači kostanj, dob in graden, malo pa črni bor (Pipa, 1997).

2.3.1 Posebnosti v črnjavi

Celične stene v črnjavi so močno prepojene z različnimi jedrovinskimi snovmi, ki imajo praviloma bolj ali manj izrazite biološko aktivnost. Črnjava vsebuje razna barvila, olja, voske, čreslovine. Vsebnost mineralnih snovi je praviloma manjša kot v beljavi, prav tako delež vode (v živem drevesu). Zaradi take sestave ima črnjava večjo boljšo odpornost, večjo kurilno vrednost in boljše mehanske lastnosti (Pipa, 1997).

2.4 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA

Les kot organski material, zaradi delovanja biotičnih in abiotičnih dejavnikov, razpada v anorganske snovi. 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. V kolikor se les ne bi razkrajal, bi v nekaj desetletjih zmanjkalo ogljikovega dioksida.

Les ogrožajo različni biotski dejavniki. Najpomembnejši so glive, insekti in bakterije. V našem podnebnem pasu glive povzročajo bistveno več škode kot insekti oziroma bakterije. Po navadi je delovanje gliv bistveno hitrejše, kot delovanje insektov. Glive še posebej pogosto razkrajajo les na prostem, poškodbe insektov pa so pogostejše v pokritih prostorih in na starejših, muzejskih predmetih. Bakterije se pojavljajo predvsem v okoljih z nizko vsebnostjo kisika, kot je na primer Ljubljansko Barje. V morski vodi pa les ogrožajo predvsem ladijske svedrovke in mokrice (Kervina-Hamović, 1990).

Delitev dejavnikov razkroja lesa (Benko in Kervina-Hamović, 1990).

- Abiotični (visoke in nizke temperature, veter, vlaga, voda, 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 še vedo uniči ogromne količine lesa.
- Biotični dejavniki (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 biološko-mehanski proces in za učinkovito zaščito je nujno potrebno poznavanje posameznih lesnih škodljivcev, biokemijskih procesov razkroja in celostnih sprememb, ki pri tem nastajajo.

2.4.1 Glive razkrojevalke

Glive prave razkrojevalke lahko les popolnoma uničijo. Po okužbi hife gliv prodirajo v notranjost lesne mase in izločajo encime, s katerimi depolimerizirajo glavne komponente lesa. Razgradnje produkte glive vsrkajo v hife. Če lesna gliva razgrajuje predvsem lignin, se okuženi les obarva belo. V tem primeru govorimo o beli trohnobi. Če pa gliva s svojimi encimi razkrajaja celulozo, se les zaradi presežka oksidiranega lignina obarva rjavo ter (npr. kockasto) razpada. V tem primeru govorimo o lesnih glivah, ki povzročajo rjavo trohno. Med razkrojem pride do spremembe kemijskih, sorpcijskih in mehanskih lastnosti lesa. Do spremembe mehanskih lastnosti pride, prej preden opazimo znake razkroja s prostim očesom, kar je še posebej pomembno z vidika varnosti lesenih objektov.

2.5 LESNE GLIVE

Lesne glive uvrščamo med saprofite (razkrojevalke), ki z encimskimi in neencimskimi procesi razkrajajo komponente lesa ter se na ta način oskrbujejo z organskimi snovmi (glukoza) (Pohleven, 2000).

Glive so iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela, ki sta jasno ločena. Prehranjevalni (vegetativni) del sestavljajo zelo tanke niti (hife), ki nenehno rastejo in prodirajo v podlago (substrat), jo z encimi razkrajajo in črpajo iz nje hranljive snovi, ki jih potrebujejo za svojo rast. Preplet hif tvori podgobje ali micelij. Ko se podgobje oskrbi z dovolj energije, se

razvijejo trosnjaki (razmnoževalni del), ki jih pri večini višjih gliv imenujemo goba. Na trosnjaku se tvorijo trosi, ki se ob dozoritvi sprostijo v ozračje. Nekatere glive lahko tvorijo na milijarde trosov (Schmidt, 1994).

Za razvoj in obstoj gliv so pomembni naslednji dejavniki: lesna vlažnost, relativna zračna vlažnost, temperatura, prisotnost kisika, svetloba, ustrezna vrednost pH (glivam ustrezajo kisle pH vrednosti). Vsi ti dejavniki morajo biti optimalni, da se lahko gliva normalno razvija in živi.

Lesne glive lahko delimo na podlagi številnih kriterijev. Najbolj se je uveljavila delitev, glede na spremembo barve lesa po okužbi. Glede na spremembe lesa ločimo naslednje skupine gliv:

- glive plesni, povzročiteljice površinskih sprememb barv,
- glive modrivke, obarvajo beljavo,
- glive mehke trohnobe (soft rot),
- glive povzročiteljice rjave ali destruktivne trohnobe,
- glive bele ali korozivne trohnobe in piravosti.

Med naštetimi skupinami gliv, na lesu največjo ekonomsko in gospodarsko škodo povzročajo glive bele in rjave trohnobe. Te glive lahko že v kratkem času povsem razvrednotijo les.

Najpomembnejše glive, razkrojevalke že vgrajenega lesa, so hišne gobe; bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), in kletna goba (*Coniophora puteana*), v vgrajenem in lesu na prostem pa veliko škode naredijo tudi tramovke (*Gloeophyllum* sp.).

Glavne posledice razkroja lesa zaradi delovanja gliv so:

- zaradi encimske razgradnje lesa pride do razkroja olesenele celične stene
- gostota lesa pada,
- trdota, trdnost in ostale mehanske lastnosti se poslabšajo
- kalorična vrednost lesa se zmanjšujejo,
- barva in vonj lesa se spremenita

2.5.1 Glive rjave trohnobe

Glive, ki povzročajo rjavo trohnobo (Slika 1), označujemo kot prave razkrojevalke lesa in spadajo v pododdelek Basidiomycota. Pogosteje okužijo les iglavcev kot listavcev, kjer razgrajujejo celulozo in hemicelulozo, medtem ko ostane lignin skoraj nerazkrojen. Med razkrojem se spremeni tudi njegova struktura. Les zaradi prebitka oksidirane lignina postane rdečkasto rjave do temno rjave barve. Najpogostejše vrste, ki povzročajo rjavo

trohno so: bele hišne gobe (*Antrodia* sp.), kletna goba (*Coniophora puteana*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), luskasta nazobčanka (*Lentinus lepideus*) in tramovki (*Gloeophyllum trabeum* in *Gloeophyllum sepiarium*) (Eaton in Hale, 1993; Humar in Pohleven, 2000).



Slika 1: Les razkrojen z glivami rjave trohnobe (Belmojster.net, 2011)

2.5.1.1 Navadna tramovka (*Gloeophyllum* sp.)

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

Tramovke so ene izmed najpomembnejših razkrojevalk lesa na skladiščih, vrtnega pohištva, ograj, telekomunikacijskih drogov, ostrešij, mostov... Pogosto pa je tudi 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 borovina, navadna pa tako listavce kot iglavce (Humar, 2008).

Tramovke povzročajo notranjo rjavo trohno. 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 notranjo plast nerazkrojeno. Ko iz razpok poženejo trosnjaki, 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, pogosto se pojavijo tudi v izrazitih vrstah. Običajno jih je več skupaj. Klobuki so žilavi, prožni in večinoma zrastejo iz razpok (Slika 2). Na spodnji strani klobuka je lamelasto trosišče. Lamelle so razvrščene v vzdolžni smeri. Na zgornji strani klobuka so dobro razvidne rjave koncentrične prirastne plasti, površina pa je rahlo razbrazdana (Humar, 2008).



Slika 2: Klobuk navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*) (Foto: M. Humar)

2.5.1.2 Bela hišna goba (*Antrodia* sp.)

Glivo *Antrodia* sp., najdemo predvsem v severni in srednji Evropi. Okužuje vlažen les iglavcev, čeprav jo občasno najdemo tudi na lesu listavcev. Povzroča rjavo destruktivno trohno. Po nekaterih virih se udarna žilavost močno zmanjša že takrat, ko komaj zaznamo izgubo mase. Gliva povzroča ogromno škodo na tehničnem lesu. Pojavlja se tudi kot razkrojevalka vgrajenega lesa, predvsem v stiku z zemljo (drogovi, stebri v rudnikih...) in celo na poškodovanih drevesih. Najdemo jo v prostorih, kjer prihaja do občasnega navlaževanja (kopalnica), sopare (kuhinja) in talne vode (kleti). S praktičnega vidika pa je bistvenega pomena dejstvo, da ne okužuje zračno suhega lesa.

Na okuženem lesu se po površini spodnje strani pojavi bogato izoblikovano belo površinsko podgobje. Podgobje se širi v obliki ledenih rož na oknih. Iz le tega se razvijejo beli rizomorfi (Slika 3), ki so lahko debeli do 4 mm. Rizomorfi ostanejo beli in prožni tudi ko goba ostari. Z rizomorfi goba lahko prodira tudi v stene zidanih zgradb. Trosnjaki so plutasti, različno veliki ter na les priraščajo kot blazinice. Na površini je trosovnica obrnjena navzgor. Sestavljajo cevčice nepravilnih oblik. Trosi so elipsasto ovalni ali cilindrični. Barva trosnjakov se s starostjo spreminja; mladi so beli, starejši pa so rumenkasti.



Slika 3: Rizomorfi bele hišne gobe (Foto: M. Humar)

Optimalni pogoji za rast bele hišne gobe so pri temperaturi 27 °C in 40 % lesni vlažnosti. Pri takih pogojih lahko dnevni prirast gobe znaša do 12,5 mm. Posebno ji prija vlaga, ki prodira v les v obliki vodnih kapljic oziroma kondenza. Bela hišna goba zelo dobro prenaša izsušitev. Po nekaterih virih naj bi gliva celo po petih letih sušnega obdobja zopet pričela z rastjo, vendar samo če vlažnost lesa ponovno doseže 40 % (Unger, 2001).

Zanimivo je tudi dejstvo, da postanejo nekateri izolati te glive tolerantni na bakrove biocide. Dejstvo potrjujejo opažanja v evropskih državah, saj gliva pogosto okuži in razkrajja s pripravki CCA ali CCB impregniran les, ki se uporablja v stiku z zemljo (Humar, 2008).

2.5.2 Glive bele trohnobe

Razkroj gliv bele ali korozivne trohnobe je usmerjen predvsem na lignin, sposobne pa so razkrojevati tudi celuloze in hemiceluloze. Trohnoba se pojavlja predvsem na listavcih (Slika 4). Glive izločajo encime peroksidaze, ki skupaj s peroksidom razgrajujejo lignin. Les postaja svetlejši od svoje naravne barve, pri piravosti pa so poleg svetlejšega lesa, vidne tudi tipične temne črte, ki ločujejo območja različnih stopenj razkroja lesa. Les se vlaknasto ali lamelno cepi. V zaključnih stopnjah razkroja lahko les razvlaknimo s prsti. V laboratoriju v štirih mesecih razkroja glive zmanjšajo udarno žilavost do 35 %, tlačno trdnost do 10 %, torzijsko trdnost pa do 18 %, kar je nekoliko manjši padec mehanskih lastnosti, kot ga opazimo pri glivah rjave trohnobe. Za razliko od gliv rjave trohnobe, pa so glive bele trohnobe bolj uporabne v biotehnoloških procesih obdelave lesa od biopulpanja, razgradnje z organskimi spojinami onesnaženega lesa.



Slika 4: Glive, ki povzročajo belo trohnobo razgrajujejo lignin, preostanek pa je celuloza

2.5.2.1 Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)

Ogljena kroglica je ena redkih vrst gliv bele trohnobe in spada med zaprtotrosnice. Pogosto nastopa kot primarni saprofit bukve in drugih listavcev. Na lesu z drugimi glivami povzroča piravost, netipično belo trohnobo oz. temnenje lesa v pasovih, ki so med seboj ločeni s temnimi črtami. Trosnjake tvori v hemisferičnih do skoraj hemičnih stomah, ki imajo obliko čvrstih, trdnih kroglic premera 2 mm do 7 mm (Slika 5).



Slika 5: Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) (Wikipedija, 2014)

Ta vrsta peritecijskih gliv ima kopaste, sestavljene trosnjake, ki so brez beta (Slika 4). Trosnjaki (stromata) ogljene kroglice zrastejo med junijem in novembrom. So hemisferične, pogosto celo povsem sferične oblike. Pojavljajo se posamično ali pa v skupinah. Često je celotna površina veje povsem pokrita s trosnjaki. Mladi so sive barve, kasneje za kratek čas postanejo roza-rdeče, zreli trosnjaki pa so temno rjave barve. Ko se iz peritecijev sprostijo črne spore, površina potemni in končno stroma postane skoraj črna kot oglje. Po tej značilnosti smo Slovenci glivo poimenovali ogljena kroglica. Črna plodišča opazimo v vseh letnih časih. Premer trosnjakov znaša od 2 mm do 9 mm. Površina kroglic je hrapava in po barvi mladih plodišč ter hrapavosti je gliva dobila tudi latinsko ime (*fragiforme* - kot jagoda). Pod ogljeno površino se skriva svetlejša sredica, iz katere so z

ekstrakcijo s KOH včasih pridobivali oranžno barvilo. Če trosnjake kroglice prerežemo, že s prostim očesom opazimo značilne peritecije ($r =$ od 250 μm do 400 μm). Z mikroskopom si lahko v peritecijah ogledamo dobro vidne aske z osmimi sporami (Slika 5). Sveža stroma je žilava, ko se posuši, pa postane krhka (Humar, 2009).

2.5.2.2 Zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*)

Pleurotus ostreatus je razširjen po vsem svetu. Gliva je tipičen saprofīt, ki povzroča belo trohno. 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. Na lesu najdemo bel, usnjat micelij. Trosnjaki so sestavljeni iz klobuka z betom. Klobuk je od sivo rjave do rumenkasto rjave barve in po obliki spominja na školjko (Slika 6). Lamelle na spodnji strani so belkasto rjave in so prirasle k betu. Spore so brezbarvne, clinidrične oblike, velike 8 - 12 $\mu\text{m} \times$ 3 - 4,5 μm (Gorjak, 2001).



Slika 6: Zimski ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) (Foto: M. Humar)

Hife v notranjosti lesa so brezbarvne, tankostene, premera od 1 – 3 μm . 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 užitne trosnjake, zato ga zelo pogosto gojijo v prehrabene namene. Njegov micelij lahko uporabimo za razstrupljanje zemlje okužene z odpadnimi olji. V gozdu bi z micelijem zimskega ostrigarja lahko okužili šture in na ta način preprečili ali vsaj omejili nezaželeno okužbo s parazitskimi glivami (štorovka, jelov koreničnik) (Gorjak, 2001).

2.5.2.3 Dlakava slojevka (*Stereum hirsutum*)

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

Za dlakavo slojevko so značilni večletni, majhni, kožasti trosnjaki, ki v več gostih slojih kot konzole izraščajo iz lesa, včasih so tudi povsem ali delno prirasla na podlago (Slika 7).

Trosnjaki so veliki 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 trosnjakov 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. Trosnjake največkrat opazimo na čelih hlodov ali na lubju. Na hrastovih hlodih navadno trosnjaki 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 7: 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 razkrajata 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 ali s škropljenjem z vodo, kar je pogost postopek zaščite v praksi. Gliva po drugi strani za svoje delovanje potrebuje zelo vlažen les, saj ga razkrajata le, če njegova vlažnost presega 35 %. To pomeni, da lahko hlodovino pred to glivo zaščitimo tudi z razžaganjem in hitrim sušenjem žaganic in ostalih lesnih sortimentov. 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).

2.5.2.4 Pahljačica (*Schizophyllum commune*)

Pahljačica (*Schizophyllum commune* (L) Fr.) je verjetno najbolj razširjena lesna gliva na svetu. Uspeva na vseh kontinentih, z izjemo Antarktike, kjer pa ni lesa, ki bi ga lahko razkrajala. Ena od največjih zanimivosti pahljačice je povezana z njenim razmnoževanjem. Po navedbah priznanega ameriškega znanstvenika slovenskega rodu dr. Toma Volka, pahljačica nima le dveh spolov, temveč kar 28.000. S tem si izboljša verjetnost preživetja. Pahljačica ima značilne majhne konzolaste trosnjake (od 0,5 cm do 4 cm) v obliki pahljače. Razvijajo se v skupinah (*commune*) in se pogosto prekrivajo (Slika 8).



Slika 8: Ob vlažnem vremenu se pahljačasto razporejene lamele plodišča pahljačice razprejo (Foto: M. Humar)

Ko so klobuki mladi, so mehki, ostareli pa postanejo usnjati in trdi. Zgornja stran je sivkaste barve, rahlo dlakava, z navznoter zavitiimi, razcepljenimi in rahlo krpastimi robovi (slika 8). Na spodnji strani klobuka so značilne lamele, ki spominjajo na obliko pahljače. Po tej značilnosti je gliva dobila eno izmed slovenskih imen. Med svetlimi lamelami je nežno roza obarvana površina, po kateri spoznamo mlade gobe (Slika 9). Lamele so razcepljene in večina bazidijev s prozornimi ter gladkimi sporami se tvori na trosovnici med razcepljenimi lamelami. Zaradi te lastnosti je gliva dobila znanstveno (*Schizophyllum*) in angleško ime (split gill fungus). V nekaterih slovenskih virih uporabljajo tudi iz angleškega, oziroma znanstvenega imena, izpeljano ime navadna cepilistka. Z razcepljenimi lamelami je povezana še ena značilnost. Širina in položaj razcepljenih lamel sta odvisni od vlažnosti. Razcepljena dela se v suhem vremenu upogneta drug proti drugemu in tako ščitita trosovnico (Slika 8).



Slika 9: Plodišča pahljačice navadno rastejo v skupinah, na kar nakazuje drugi del latinskega imena (*commune*). (Foto: M. Humar)

To je odlična prilagoditev na podnebje z neenakomerno razporejenimi padavinami. Namesto da bi gliva po vsakih padavinah tvorila sveže klobuke, jih tvori le enkrat letno. Plodišča v sušnem obdobju ne odmrejo, temveč se v vlažnih razmerah vedno znova razprejo in tvorijo nove spore.

Pahljačica povzroča tipično belo trohnobo. Velikokrat lesa ne razkraja sama, temveč deluje v sožitju z drugimi lesnimi glivami in povzroča simultani razkroj, ki mu pravimo piravost. Za pahljačico je značilno, da je ena izmed prvih gliv, ki izredno hitro preraste les. Pahljačica v prvih tednih selektivno razkraja lignin, kasneje pa tudi celulozo. Navadno jo najdemo na neolupljeni hlodovini listavcev, redko tudi na iglavcih. Ne razkraja le posekanega lesa, temveč okužuje tudi stoječa drevesa. Še posebej so ogrožena fiziološko oslabljen drevesa v mestih, ki so nenehno izpostavljena številnim stresnim dejavnikom kot so suša, soljenje. Najpogosteje so okuženi bukovi hlodi. Trosnjaki pahljačice navadno rastejo v skupinah, na kar nakazuje drugi del latinskega imena (*commune*) (Slika 8). V sušnem obdobju se klobučki povesejo hitro razvija in razkraja celo jedrovino z visoko naravno odpornostjo. Glivo najdemo tudi na drogovih, mostovih in slabo impregniranih pragovih. Pogosto okuži tudi lesne kompozite, kot so vezane ali iverne plošče. Na srečo lesa v stavbah pahljačica ne razkraja, zato ni tako gospodarsko pomembna. Pahljačici ustreza nekoliko višja vlažnost lesa ter višja temperatura (30° C) kot večini drugih lesnih gliv. *S. commune* lahko uspeva celo na hlodovini izpostavljeni direktnemu sončnemu obsevanju in dobro prenese sušna obdobja. Zato jo pogosto vidimo na vejah dreves. Nekateri avtorji poročajo, da podgobje lahko oživi tudi po 35 letih. Kljub temu, da v Evropi ta gliva velja za neužitno, jo v Aziji gojijo tudi v prehrabene in zdravilne namene. Še posebej so cenjeni ocvrti mladi klobuki, posamezniki pa uživajo celo starejše surove klobuke in jih žvečijo namesto žvečilnega gumija. Pahljačica je uporabna tudi za številne biotehnološke namene. Uporabljajo jo za razbarvanje tekstilnih barvil v odpadnih vodah in

za beljenje celulozne pulpe v papirništvu. Z njeno pomočjo lahko izločamo težke kovine iz jalovine (biorudarjenje). Polisaharid »schi- zophyllan» se uporablja v medicini za stimulacijo imunskega sistema ... Zanimivo je, da pahljačica ne ogroža le lesa, temveč lahko povzroča mikoze tudi pri ljudeh z oslabljenim imunskim sistemom, predvsem otrocih in obolelih za AIDS-om. V medicinski literaturi lahko zasledimo primere, kjer so našli plodišča pahljačica v sinusih obolelih oseb, zato moramo biti zelo previdni pri opazovanju teh gliv in se izogibati vdihavanju spor (Les, 2009).

2.5.2.5 Sploščena pološčenka (*Ganoderma applanatum*)

Sploščena pološčenka (*Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.) je zelo razširjena goba. Srečamo jo v gozdovih in parkih celotne Evrope, severnega dela Azije in Severne Amerike. Trosnjaki rastejo skupaj ali posamič. Ker so večletni, jih v naravi vidimo skozi vse leto. Iz debel ali štorov izraščajo pri tleh in so pogosto zakriti s podrastjem, zato so težje opazni. Sploščena pološčenka na lesu povzroča belo trohnobo. Najpogosteje razkrajata hlodovino ali odmrle šore listavcev, pogosto pa razkrajata tudi starejša, največkrat bukova ali topolova drevesa, redkeje jo opazimo na hrastih, kostanjih, vrbah, iglavcih ali sadnem drevju. Najbolj znano drevo, ki je leta 2010 propadlo zaradi okužbe z glivo *G. applanatum*, je divji kostanj, ki ga je skozi svoje okno opazovala Anna Frank. Po njej so ga poimenovali drevo Anne Frank in je bil turistična znamenitost Amsterdama. Spomin nanj je še danes živ tudi na svetovnem spletu. Sploščeno pološčenko je relativno enostavno prepoznati. Močno sploščeni, konzolasti trosnjaki (po tej značilnosti je goba dobila slovensko ime) so, zaradi svoje velikosti, dobro vidni, vendar pa so zaradi tega pogosto tudi poškodovani. V premeru merijo od 10 cm do 90 cm, v širino 5 cm do 40 cm, debeli pa so le nekaj centimetrov (od 1 cm do 5 cm). Na zgornji strani večletnih trosnjakov so dobro vidne prirastne plasti. Površina je nagubana, rahlo žametasta in temno rjave barve. Rob in trosišče sta sprva svetlo rjave, skoraj bele barve, kasneje pa nekoliko potemnita. Trosovnica je sestavljena iz drobnih luknjic (od 4 do 6 por na tekoči cm), v kateri nastajajo velike količine rjavih spor. Predvsem jeseni je okolica trosnjakov zaradi ogromnega števila sproščenih spor obarvana rjavo. Žilavo meso je svetlo rjave barve in na prerezu hitro potemni. Ker je goba skoraj povsem olesenela, je neužitna. Največja posebnost te glive je velik sploščen trosnjak (Slika 10), ki lahko služi za izdelavo okrasnih ali umetniških predmetov. Če po površini trosišča podrgnemo z ostrim predmetom, se mu barva spremeni iz svetlo rjave v temnorjavo. Spretni umetnik lahko na površini trosišča pričara različne rjave barvne odtenke, senčenja. Barvne spremembe dolgo ne zbledijo in premazane z ustreznim premazom se ohrani-jo še vrsto let. Ta oblika umetnosti je popularna predvsem v ZDA in na Kitajskem. Na spletu je moč zaslediti podatke o umetnikih, ki tržijo svoje izdelke.



Slika 10: Veliko plodišče sploščene pološčenke na štoru v parku Arboretum (foto: M. Humar)

Podobno, vendar v bistveno manjši meri kot njena sorodnica svetlikava pološčenka (*Ganoderma lucidum*), je tudi sploščena pološčenka uporabna v zdravilne namene. Ekstrakti iz te glive imajo protibakterijsko, protivnetno in protitumorsko delovanje. Upoštevati pa je treba, da je zdravilni učinek na naše telo počasen in se praviloma pokaže šele po daljšem času uživanja. Zaradi izredno učinkovitega in po drugi strani selektivnega razkroja lignina, so glivo nekaj časa uporabljali tudi za biotehnološko pridobivanje celulozne pulpe iz lesa. Še posebej učinkovita je bila pri delignifikaciji lesa listavcev (Humar, 2010)

2.6 NARAVNA ODPORNOST

Naravna odpornost lesa poleg mesta vgraditve in načina uporabe vpliva na življenjsko dobo lesa, ki je za uporabnika lesa pomembnejša od same naravne odpornosti (Lesar in sod., 2008). Naravna odpornost je lastnost lesa, ki jo ima les v naravnem stanju in označuje odpornost na lesne škodljivce. Povezana je s kemijsko in anatomsko zgradbo lesa. Praviloma je odvisna od prisotnosti biološko aktivnih ekstraktivov in sposobnosti lesa, da ostane suh (Lesar, Humar, Oven, 2008).

2.6.1 Razvrstitev lesa po naravni odpornosti

Naravna odpornost je v najširšem pomenu definirana kot odpornost lesa proti delovanju fizikalnih, kemijskih ali bioloških dejavnikov. Daleč najpomembnejši so biološki dejavniki razkroja, zato standard SIST EN 350-1 (1994) definira naravno odpornost kot lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje dovzetnost na škodljivce. Naravna odpornost lesa je čedalje bolj cenjena lastnost lesa, saj je ključnega pomena za dolgo uporabo nezaščitene lesa v različnih pogojih uporabe. Glede na naravno odpornost razvrstimo lesne vrste v pet razredov (Eaton in Hale 1993; SIST EN 350-2, 1995) (Preglednica 1).

Preglednica 1: Razvrstitev drevesnih vrst v pet odpornostnih razredov. Podatki veljajo za jedrovino. Beljava vseh lesnih vrst sodi v peti odpornostni razred.

Razred odpornosti		Trajnost lesa (leta) ¹	Izguba mase (%) ²	Drevesna vrsta
zelo odporne	1	20+	<1	robinija (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), duglazija
neodporne	4	5-10	10-30	smreka, jelka, brest
zelo občutljive	5	<5	>30	javor, breza, gaber, lipa, topol, bukev

Odpornost jedrovine v primerjavi z beljavo iste drevesne vrste je boljša predvsem zaradi vsebnosti ekstraktivov. Ekstraktivne snovi se nahajajo v stenah ali lumnih celicah in predstavljajo zelo širok spekter kemičnih spojin, ki imajo v drevesu fungiciden, fungistatičen in bakteriostatičen učinek.

2.6.2 Razredi uporabe

Trajnost lesa pa ni odvisna le od naravne odpornosti posamezne lesne vrste. Evropski strokovnjaki so 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. Les v prvem razredu izpostavitve ogrožajo le insekti in potencialno termiti, medtem ko ga v višjih razredih vedno bolj ogrožajo tudi glive, z izjemo petega razreda, kjer pa je izpostavljen le delovanju morskih škodljivcev. Tako glede na mesto uporabe ločimo pet evropskih razredov uporabe (SIST EN 355-1/2, 2006) (Preglednica 2).

¹ Trajnost lesa velja za les v stiku z zemljo

² Laboratorijski pogoji: 16 tednov, 22⁰ C (po SIST EN 113, 1995)

Preglednica 2: Evropski razredi uporabe lesa glede na mesto uporabe (SIST EN335-1/2, 1992)

Razred uporabe	Mesto uporabe	Vlačnost lesa	Lesni škodljivci	Izdelki
1	nad tlemi, pokrito, suho	suho pod 20 %	lesni insekti	pohištvo
2	pokrito, nad tlemi, nevarnost močenja	občasno nad 20 %	lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	stavnno pohištvo
3	3.1 Na prostem, nad zemljo z ustrezno konstrukcijsko zaščito	občasno nad 20 %	lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	vrtno pohištvo
	3.2 na prostem, nad zemljo brez konstrukcijske zaščite	pogosto nad 20 %		
4	v tleh ali vodi, stalno vlažno	pogosto ali stalno nad 20 %	lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	koli, pragovi
5	v morski vodi	stalno nad 20 %	glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe, morski lesni škodljivci	piloti

2.7 LES PRAVEGA KOSTANJA

2.7.1 Opis lesa

Uspeva v vseh toplejših predelih Slovenije. Drevesa, ki rastejo na prostem, razvijejo velike in slikovite krošnje in razmeroma kratka debela. V gozdu rastoča drevesa pa imajo ravna in dolga debela z redkejšo kratko krošnjo in zrastejo do 30 metrov visoko. Že nekaj časa ga močno ogroža bolezen, imenovana rak kostanjeve skorje.

Kostanj spada med venčasto porodne listavce z obarvano jedrovino (črnjavo). Beljava je ozka, rumenkasto bele barve, jedrovina je rumenkasto rjava in na zraku potemni do svetlo oziroma temno rjave barve. Branike so izrazite, traheje ranega lesa velike in otiljene,

trakovi ozki in nerazločni. Les je podoben hrastovini, vendar se od nje loči po zelo ozkih trakovih. Kostanjev les je gost, ima dobre mehanske lastnosti, je dokaj trd (Pipa, 1997).

2.7.2 Lastnosti lesa

Kostanjevina je dokaj trd in gost les ($\rho_0 = 530.. 590 \text{ kg/m}^3$). Žagan les je potrebno pazljivo zlagati ob uporabi svežih letev. Jedrovina je na prostem in v vodi zelo trajna, odporna je proti glivam in insektom. V stiku s kovinami in vodo lahko pride do obarvanja. Les je biološko aktiven in lahko povzroča dermatitis (Čufar, 2006).

2.7.3 Predelava in obdelava

Na trgu je na razpolago 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).

2.7.4 Napake

Pri kostanjevini so najpogostejše napake: zvitost, necentričnost, kolesivost, razpoke zaradi zmrzali, nepopolna ojedritev, oksidativno obarvanje, okužbe z glivami, rovi insektov (Čufar, 2006).

2.7.5 Uporaba

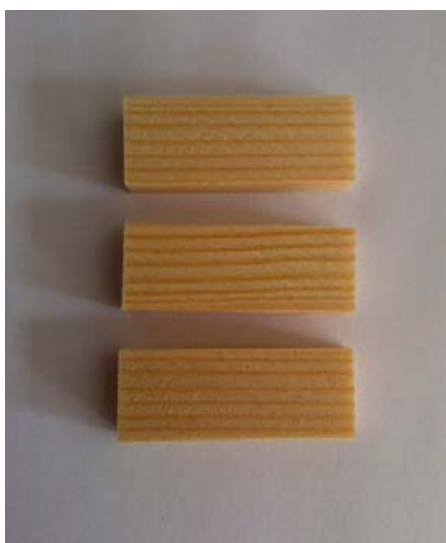
Les kostanja največ uporabljamo v splošnem mizarstvu, okvirjih (okna, vrata), za železniške pragove, telekomunikacijske drogove, jambore, vodne konstrukcije, v ladjedelništvu, za pode, opaže, stopnice, parket, vagone, karoserije, sode, pohištvo, furnirje - predvsem za rezani furnir, kot les za rezljanje 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. Veliko lesa se uporabi tudi za predelavo v tanin. Tanin se uporablja za strojenje najkvalitetnejšega usnja, dodatek k žganim pijačam in vinom (Čufar, 2006).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Vzorci

Pri raziskavi smo uporabili tri drevesne vrste. Vzorci 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 cm × 1,5 cm × 4 cm, orientirani in brez vidnih napak (Slike 11 do 13).



Slika 11: Vzorci smrekovine (*Picea abies* L.)



Slika 12: Vzorci bukovine (*Fagus sylvatica* L.)



Slika 13: Vzorci pravega kostanja (*Castanea sativa* Mill.)

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 glive razvidne iz preglednice 3.

Preglednica 3: Lesne glive uporabljene pri izvedbi poizkusov

Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava	Poreklo
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Navadna tramovka	Gt2	ZIM L017*
<i>Antrodia vaillantii</i>	Bela hišna goba	Pv2	ZIM L037*
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Zimski ostrigar	Plo5	ZIM L031
<i>Stereum hirsutum</i>	Dlakava slojevka	Sth	ZIM L047*
<i>Schizophyllum commune</i>	Pahljačica	Scs	ZIM na novo izoliran sev
<i>Ganoderma applanatum</i>	Svetlikava pološčenka	Gal	ZIM na novo izoliran sev
<i>Hypoxyylon fragiforme</i>	Ogljena kroglica	Hf	ZIM L108*

* Zbirka industrijskih mikroorganizmov Ljubljana, 1995

Glive smo pridobili iz zbirke lesnih gliv na Katedri za patologijo in zaščito lesa. Pred testiranjem smo glive nekajkrat precepili, da smo zagotovili zadostno aktivnost.

3.2 METODE

3.2.1 Priprava vzorcev

Zračno suhe vzorce jedrovine kostanja, bukovine in smrekovine, dimenzij 1 cm × 1,5 cm × 4 cm, smo rahlo pobrusili in jih oštevilčili. Za določitev mase v absolutno suhem stanju so se vzorci 24 ur sušili v laboratorijskem sušilniku Kambič, pri temperaturi 103±2 °C. Naslednji dan smo vzorcem gravimetrično določili maso na 0,0001 g natančno (Slika 14).



Slika 14: Sušilniki v katerih je potekalo sušenje lesa

3.2.2 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 vretja, da se gojišče popolnoma raztopi in dobro homogenizira. Skuhano gojišče smo nalili v petrijevke, oprane z etanolom. Petrijevke in mrežice iz HDPE premera 80 mm smo avtoklavirali 15 minut pri temperaturi 121 °C. Po končanem steriliziranju smo steklovino in mrežice zložili v laminarij in počakali 24 ur, da se je hranilno gojišče ohladilo in strdilo.

3.2.3 Inokulacija micelija

Inokulacijo micelija izbranih sedmih vrst gliv smo izvedli v brezprašni komori – laminariju (Slika 15) 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 15: Brezprašna komora – laminarij Iskra P10

Inokulirali smo 63 petrijevk. Uporabili smo sedem vrst gliv in z vsako vrsto inokulirali 15 petrijevk. Glive so se razrašale en teden v rastni komori pri temperaturi 25 °C ter relativni zračni vlažnosti 85 %.

3.2.4 Vstavljanje vzorcev na hranilno gojišče z micelijem

Po enem tednu, ko je micelij prerasel površino hranilnega gojišča, smo vstavili po 3 vzorce v vsako petrijevko, oziroma 5 enake vzorce na glivo. Petrijevke z vzorci smo zložili v rastno komoro, na 25 °C in 85 % relativno zračno vlažnost. V teh pogojih so bili vzorci izpostavljeni glivam dva meseca.

3.2.5 Vlažnost in izguba mase po razkroju

Po dveh mesecih izpostavitve glivam smo vzorce izolirali, s površin odstranili micelij in jih še vlažne stekali. Nato smo vzorce sušili 24 ur v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 103 ± 2 °C. Po kondicioniranju v eksikatorju (Slika 16), smo jih stekali v absolutno suhem stanju na 0,0001 g natančno (Slika 17).



Slika 16: Hlajenje vzorcev v eksikatorju po sušenju in pred tehtanjem

Vlačnost vzorcev po izpostavitvi glivam smo izračunali po enačbi 1:

$$U = \frac{m_3 - m_4}{m_4} \times 100 [\%] \quad \dots [1]$$

U... vlačnost razkrojenega vzorca [%]

m_3 ... masa vlažnega vzorca po izpostavitvi glivi [g]

m_4 ... masa absolutno suhega vzorca po izpostavitvi glivi [g]

Izgubo mase vzorcev smo izračunali po enačbi 2:

$$\Delta m_g = \frac{m_5 - m_4}{m_5} \times 100 [\%] \quad \dots [2]$$

Δm_g ... izguba mase vzorca zaradi delovanja gliv [%]

m_5 ... masa absolutno suhega vzorca pred izpostavitvijo glivi [g]

m_4 ... masa absolutno suhega vzorca po izpostavitvi glivi [g]



Slika 17: Elektronska tehtnica Sartorius

4 RAZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 VLAŽNOST LESA PO IZPOSTAVITVI GLIVAM

Najvišjo vlažnost sta na vzorcih kostanja povzročili zimski ostrigar 114 % in svetlikava pološčenska 104 %. Tema sledijo navadna tramovka 99 %, dlakava slojevka 98 %, pahljačica 97 % in ogljena kroglica 96 %. Najnižjo vlažnost je povzročila gliva rjave trohnobe bela hišna goba 49 % (Preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečna vlažnost jedrovine kostanja po izpostavitvi glivam. Poleg povprečja so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni

	Lesna gliva						
	bela hišna goba	navadna tramovka	zimski ostrigar	dlakava slojevka	ogljena kroglica	pahljačica	sploščena pološčenska
	Vlažnost lesa (%)						
povprečje	49	99	114	98	96	97	104
standardni odklon	10	8	6	7	13	10	20
min.	40	88	107	93	76	100	77
max.	67	99	120	113	115	128	121

Najbolje je bukov les navlažila gliva bele trohnobe pahljačica (61 %). Ta gliva se najpogosteje pojavi pri bukvi in je zelo aktivna kadar je vlažnost nekoliko višja. Takoj za njo je zimski ostrigar 58 %. Zanj je značilno da je najbolj aktivna, ko je vlažnost nekje od 40 % do 60 %. Obe se največkrat pojavita pri bukovem lesu. Gliva rjave trohnobe navadna tramovka je vplivala na visoko vlažnost bukovega lesa (56 %). Nižjo vlažnost pa smo zabeležili pri bukovini izpostavljeni glivam, bela hišna goba 33 %, ogljena kroglica 18 % in svetlikava pološčenska 15%. V primerjavi s kostanjevim lesom je bila vlažnost bukovih vzorcev bistveno nižja (Preglednici 4 in 5, Slika 18). Razlogov za to še ne znamo v celoti pojasniti.

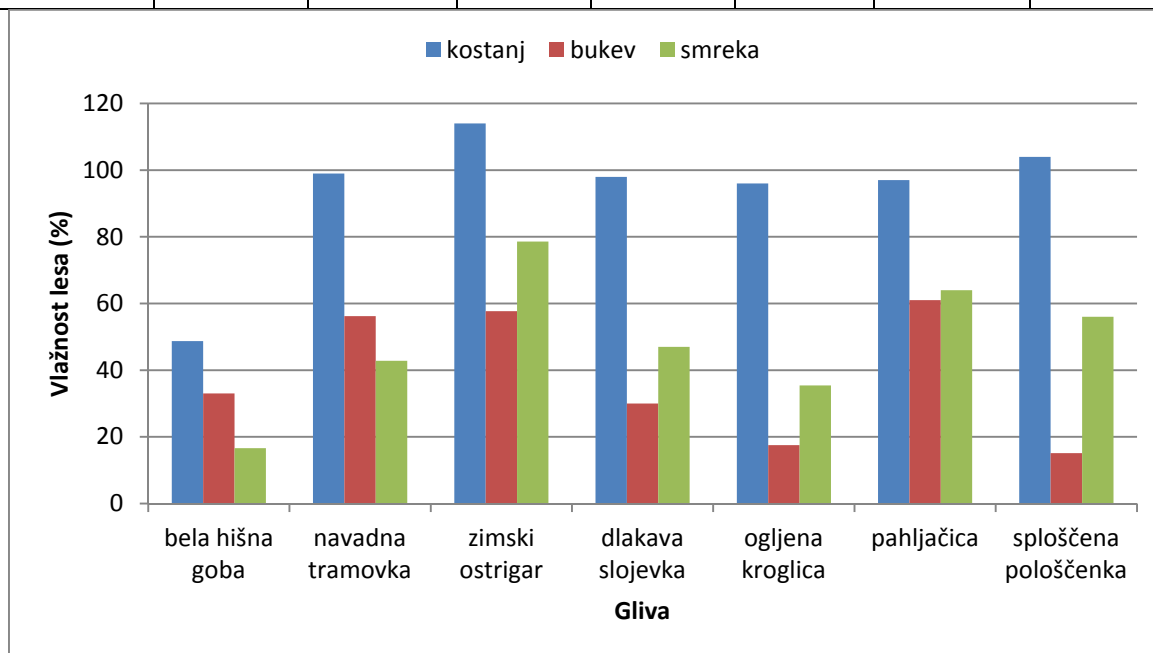
Preglednica 5: Povprečna vlažnost bukovine po izpostavitvi glivam. Poleg povprečja so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni

	Lesna gliva						
	bela hišna goba	navadna tramovka	zimski ostrigar	dlakava slojevka	ogljena kroglica	pahljačica	sploščena pološčenska
	Vlažnost lesa (%)						
povprečje	33	56	58	30	18	61	15
standardni odklon	26	27	11	15	9	7	7
min.	14	40	44	15	6	52	9
max.	83	110	76	56	34	73	26

Pri smrekovini so po 12. tednih izpostavitve, največjo vlažnost povzročile glive bele trohnobe zimski ostrigar 79 %. Sledijo ji pahljačica 64 %, svetlikava pološčenska 56 %, dlakava slojevka 47 % in ogljena kroglica 35 %. Najmanj vlažni pa so bili vzorci izpostavljeni navadni tramovki 43 % in beli hišni gobi 17 %. Obe sta predstavnici rjave trohnobe (Preglednica 6). Te vlažnosti so primerljive z vlažnostjo bukovine in so precej nižje od vlažnosti kostanja. Očitno je, da so vlažnosti neodpornih lesnih vrst nižje, kot vlažnosti kostanja (Slika 18). Morda so hotele glive z višjo vlažnostjo nevtralizirati oziroma razredčiti koncentracijo biocidno aktivnih ekstraktivov.

Preglednica 6: Povprečna vlažnost smrekovine po izpostavitvi glivam. Poleg povprečja so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni

	Lesna gliva						
	bela hišna goba	navadna tramovka	zimski ostrigar	dlakava slojevka	ogljena kroglica	pahljačica	sploščena pološčenska
	Vlažnost lesa (%)						
povprečje	17	43	79	47	35	64	56
standardni odklon	2	13	20	7	9	40	20
min.	15	23	62	36	23	18	29
max.	20	61	90	54	50	50	82



Slika 18: Povprečna vlažnost vzorcev kostanjevine, bukovine in smrekovine, po izpostavitvi glivam razkrojevalkam za 12 tednov (%)

Na splošno se vidi, da so bili vzorci kostanja najbolj vlažni. Razlog za višjo vlažnost kostanja se skriva v dejstvu, da je praktično nerazkrojen. Glive so z navlaževanjem skušale

pospešiti difuzijo ekstraktivnih snovi iz lesa v okolico. Očitno je bil čas izpostavitve prekratek, da bi prišlo do intenzivne difuzije, ali pa so biološko aktivne učinkovine šibko vezane v les in zato zelo počasi difundirajo iz lesa.

Vlažnost smrekovih in bukovih vzorcev po izpostavitvi glivam je bila med 15 % in 79 % kar je ugodna vlažnost lesa za rast in razvoj gliv (Preglednici 5 in 6). Vlažnost smrekovine je v večini primerov nekoliko višja od vlažnosti bukovine. Za tolikšno nihanje vlažnosti smrekovine je po vsej verjetnosti kriva anatomsko zgradba. Nekatere vlažnosti lesa (15 % svetlikava položčenka pri bukvi) so relativno nizke. Vendar je treba upoštevati, da smo določali vlažnost le na koncu testa, morda pa je bila vlažnost lesa tekom priraščanja drugačna. Poleg tega se optimalna vlažnost lesa za razkroj razlikuje od vlažnosti razkrojenega lesa.

4.2 IZGUBA MASE PO IZPOSTAVITVI GLIVAM RAZKROJEVALKAM

Pričakovali smo, da bo vzorce jedrovine pravega kostanja najbolj razkrajala ena izmed gliv, ki povzročajo belo trohno, saj je ta prevladujoča na listavcih. Tako so pričakovano največ mase izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni zimskemu ostrigarju (4,9 %). Sledijo vzorci izpostavljeni navadni tramovki, ki so izgubili 2,8 % mase. Še manjši delež mase so izgubili vzorci izpostavljeni pahljačici in svetlikavi položčenki, ta je znašal 2,6 %. Vzorci izpostavljeni dlakavi slojevki so izgubili 2,4 %, ogljeni kroglici pa 1,8 %. Razgradnja pri beli hišni gobi je bila pričakovano najnižja, saj jo v naravi zasledimo zlasti na iglavcih 0,7 % (Preglednica 7) (Unger, 2001).

Preglednica 7: Povprečne vrednosti izgube mase lesa kostanja po 12 tednih izpostavitve glivam. Poleg so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni.

	Lesna gliva						
	bela hišna goba	navadna tramovka	zimski ostrigar	dlakava slojevka	ogljena kroglica	pahljačica	sploščena položčenka
	Izguba mase (%)						
povprečje	0,7	2,8	4,9	2,4	1,8	2,6	2,6
standardni odklon	0,3	2,2	1,4	0,7	0,3	0,7	1,1
min.	0,7	1	2,8	2	1,3	1,5	0,9
max.	1	6,5	7	3,9	2,2	3,7	3,8

Vzorci bukovine so v primerjavi s kostanjem izgubili bistveno večji delež mase. Največ mase so izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni ogljeni kroglici 38,5 % in svetlikavi položčenki 38,1 %. Sledijo vzorci izpostavljeni zimskemu ostrigarju, ki so izgubili 28,2 % mase, malenkost manj vzorci izpostavljeni, dlakavi slojevki. Ta je znašal 21 %. Vzorci izpostavljeni navadni tramovki so izgubili 20,6 %, beli hišni gobi pa le 8,40 % mase. Najmanjši delež pa je izgubila pahljačica 5,8 % (Preglednica 8). Ti podatki nakazujejo, da

so bile glive vitalne. Nižja izguba mase zaradi delovanja gliv rjave trohnobe je pričakovana, saj glive rjave trohnobe razkrajajo predvsem les iglavcev. Tudi pahljačica je v prvi vrsti primarna kolonizatorka, zato vedno ne povzroča znatne izgube mase.

Preglednica 8: Povprečne vrednosti izgube mase lesa bukve po 12 tednih izpostavitve glivam. Poleg so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni.

	Lesna gliva						
	bela hišna goba	navadna tramovka	zimski ostrigar	dlakava slojevka	ogljena kroglica	pahljačica	sploščena položčenka
	Izguba mase (%)						
povprečje	8,4	20,6	28,2	21	38,5	5,8	38,1
standardni odklon	8,9	8,5	3,2	6,9	2,1	4,3	7,5
min.	9,9	6,7	23,6	8,7	34,3	0,9	23
max.	16,5	30,2	33	28	39,5	12,7	44,6

Vzorci smrekovine so izgubili velik delež mase. Največ mase, 31,70 %, so izgubili vzorci, ki so bili izpostavljeni navadni tramovki. Ta gliva na splošno sodi med najbolj agresivne vrste na lesu iglavcev. Sledijo vzorci izpostavljeni beli hišni gobi 15 %, zatem še ogljena kroglica z 10,6 %. Veliko manjši delež so izgubili vzorci izpostavljeni zimskemu ostrigarju 6,30 %, svetlikavi položčenki 5,50 %, najmanjši delež pa je izgubila dlakava slojevka 0,90 % (Preglednica 9).

Preglednica 9: Povprečne vrednosti izgube mase lesa smreke po 12 tednih izpostavitve glivam. Poleg so podane še minimalne, maksimalne vrednosti in standardni odkloni.

	Lesna gliva						
	bela hišna goba	navadna tramovka	zimski ostrigar	dlakava slojevka	ogljena kroglica	pahljačica	sploščena položčenka
	Izguba mase (%)						
povprečje	15	31,7	6,3	0,9	10,6	1	5,5
standardni odklon	3,5	6,4	4,4	0,8	2,6	9,7	9,6
min.	9,6	20,7	1,4	0,2	7,4	0,2	2
max.	18,3	38,8	13	1,7	13,2	13,1	19,1

Izguba mase po izpostavitvi glivam je pokazatelj odpornosti lesa proti glivam razkrojevalkam. Nižja, ko je izguba mase, bolj je gliva odporna. Izgube mase določene na vzorcih neodporne smrekovine in bukovine kažejo, da so bile glive vitalne. V vseh primerih, smo najnižjo izgubo mase določili pri kostanjevini. Primerjava z mednarodnimi

standardi, jo uvršča v najvišji 1. razred odpornosti. Standard EN 335, jo uvrša nekoliko nižje v 4. razred.

Že v začetku razkroja se zelo zmanjša masa in s tem les znatno izgubi Bela hišna goba povzroča rjavo, temno trohnobo lesa. Je torej razkrojevalka celuloze. Okuženi les postopoma spremeni barvo, postane temnejši in na koncu razkroja razpade v rjave, temne kocke.

Tako lahko potrdimo, da vzorcev kostanjevine kritično ni razgradila nobena gliva (razen zimski ostrigar), saj so bile izgube mase večine vzorcev nižje od 3 % (Slika 19) glede na kriterije standarda SIST EN 113 (2006).

Vzorci kostanjevine so se izkazali za zelo odporne proti razkroju, saj je bila izguba mase pri vseh sedmih vrstah gliv približno 1,5 % 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.

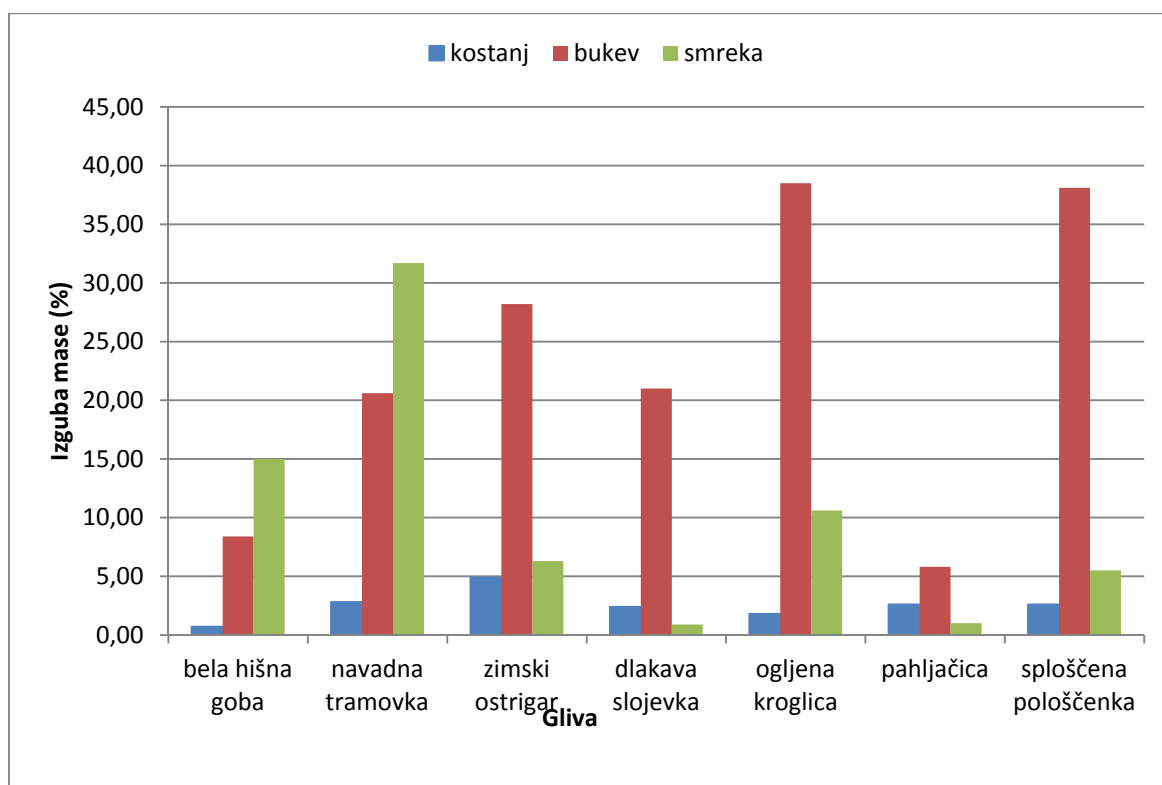
Največji razkroj vzorcev bukovine so povzročile glive bele trohnobe, ki razgrajujejo lignin in pogosteje okužujejo listavce. Posebno ogljena kroglica in svetlikava položčenka sta najpogostejši ravno na bukvi (Pohleven, 2008). Velik razkroj so imeli tudi vzorci izpostavljeni navadni tramovki, ki tako na iglavcih kot listavcih povzroča rjavo trohnobo z razgradnjo celuloze.

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* in *Stereum hirsutum*, vse glive pa so se izkazale za vitalne.

Navadna tramovka, ki je tipična povzročiteljica rjave trohnobe in okužuje predvsem iglavce, je smrekovino najbolj razkrajala. Vzrok za to so dobri mehanizmi za razgradnjo celuloze in polioz, preostanek pa je oksidiran lignin. Razkroj je bil pričakovano slabši pri glivah bele trohnobe, saj te pogosteje najdemo pri listavcih kot na iglavcih. Razgrajujejo lignin, preostanek pa je celuloza. Za glivo *A vaillantii* (predstavnica rjave trohnobe), so značilne nizke izgube mase, zato nas ne preseneča nizka vrednost. To glivo smo vključili v raziskavo, kjer 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).

Presenetila nas je gliva ogljena kroglica. Ta gliva, tipična predstavnica bele trohnobe, je povzročila relativno visoko izgubo mase tudi na smrekovem lesu, kar nakazuje na veliko prilagajanje te glive.



Slika 19: Povprečna izguba mase vzorcev kostanjevine, bukovine in smrekovine, po izpostavitvi glivam za 12 tednov

5 SKLEPI

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

Najmanj odporni za razkroj so bili bukovi vzorci. Najbolj vitalne so bile ogljena kroglica, sploščena pološčenska in zimski ostrigar. Te povzročajo belo trohnobo in se pogosto pojavljajo pri bukvi.

Smrekove vzorce sta najbolj razkrojili, bela hišna goba in navadna tramovka. Obe glivi predstavljata rjavo trohnobo in se največkrat pojavljata na iglavcih.

Nobena izmed sedmih testiranih gliv ni močno razkrojila vzorcev iz pravega kostanja. Nekoliko višjo izgubo mase je bilo opaziti le pri vzorcih izpostavljenih zimskemu ostrigarju.

Jedrovina pravega kostanja je primerna za uporabo v stiku z zemljo ne izgubi odpornosti proti glivam razkrojevalkam lesa. V skladu s standardno metodologijo, lahko les kostanja uvrstimo v 1 odpornostni razred.

6 POVZETEK

Les je kot naravni material izpostavljen različnim dejavnikom razgradnje. Glive razkrojevalke lesa so najpomembnejši dejavnik v našem klimatskem prostoru. 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, ki delujejo fungicidno.

Vzorci dimenzij 1 cm × 1,5 cm × 4 cm smo izdelali iz jedrovine lesa pravega kostanja, smreke in bukve. Vzorci smo nato izpostavili sedmimi glivami razkrojevalk lesa: navadni tramovki, beli hišni gobi, zimskemu ostrigarju, dlakavi slojevki, pahljačica, ogljena kroglica in svetlikava položčenka. Glivam razkrojevalkam smo izpostavili tudi kontrolne vzorce bukovine in smrekovine. Izgubo mase po dvanajstih tednih smo jim določili gravimetrično. Ugotovili smo, da je jedrovina pravega kostanja proti glivam razkrojevalkam povsem odporna.

7 VIRI

- [1] Benko R., Kervina – Hamović L., Gruden M. 1987. Patologija lesa. Lesna fitopatologija. Ljubljana, Uni. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, odd. za lesarstvo: 2 – 98
- [2] Belmojster.net – Zatiranje lesnih insektov in gliv trohnikov. 2015.
<http://www.belmojster.net/images/clanki/img1476.jpg> 2015
- [3] Brezar V. 2008. Recenzija. V: Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo. Kitek Kuzman M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 10-11
- [4] Čufar K. 2006. Anatomija lesa: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- [5] Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood-decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 250 str.
- [6] 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.
- [7] Pohleven F., Humar M., 2000. Značilnosti razkroja lesa z rjavo trohno. Les, 52, 7 – 8: 229
- [8] Humar M. 2009. Ogljena kroglica ali jagodasti skorjeder. LesWood, 61, 9-10: 429
- [9] Humar M. 2010. Dlakava slojevka – ena najpomembnejših razkrojevalk hrastove hlodovine. Les, 62, 1: 32-33
- [10] Humar M. 2008. Tramovka – najbolj kozmopolitanska lesna gliva. Les, 60, 4: 159
- [11] Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 126 str
- [12] Lesar B., Humar M., Oven P. 2008. Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. Les, 60, 11/12: 408—414
- [13] Pipa R. 1997. Anatomija in tehnologija lesa. Lesarska založba, Ljubljana
- [14] Schmidt O. 1994. Holz – Bauenpilze. Berlin, Springer – Verlag. 246 str.
- [15] Schmidt O. 2006. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use. Czeschlik D., Schlitzberger A.(eds.). Heidelberg, Springer-Verlag Berlin: 334 str.
- [16] SIST EN 113. 1995 Zaščitna sredstva za les - Določanje meje učinkovitosti proti glivam odprtotrosnicam.: 25 str.
- [17] SIST EN 335. 2006. Trajnost lesa in lesnih proizvodov - Definicije razredov uporabe – Uporaba pri masivnem lesu – del 1 in 2.: 13 str.
- [18] 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.

- [19] Torelli N. 2003. Ojedritev – vloga in proces. Les, 55, 11: 368-379
- [20] Unger A., Schniewind A.P., Unger W. 2001. Conservation of Wood Artifacts. Berlin, Springer: 165-265

8 ZAHVALA

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

Za recenzijo diplomskega projekta se zahvaljujem prof. dr. Francu Pohlevnu.

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

Iskrena hvala mojim najbližjim za podporo in potrpežljivost.

Hvala vsem.