

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Miha ADAMIČ

**NARAVNA ODPORNOST, DELEŽ EKSTRAKTIVOV IN IZBRANE  
MEHANSKE LASTNOSTI Z INSEKTI NAPADENEGA LESA ŽE  
UPORABLJENE BUKOVINE**

DIPLOMSKI PROJEKT  
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**NATURAL DURABILITY, EXTRACTIVE RATIO AND SELECTED  
MECHANICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD DAMAGED BY  
INSECTS**

M. Sc. THESIS  
Master Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomski projekt je zaključek Visokošolsko strokovnega študija – 1. stopnje Tehnologija lesa in vlaknatih kompozitov. Delo je bilo opravljeno v Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa in na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo odobril naslov diplomskega projekta in za mentorja imenoval prof. dr. Miha Humarja in za recenzenta 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.

Miha Adamič

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*84
KG	bukovina/upogibna trdnost/lesne glive/insekti/ekstraktivi
AV	ADAMIČ, Miha
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	NARAVNA ODPORNOST, DELEŽ EKSTRAKTIVOV IN IZBRANE MEHANSKE LASTNOSTI Z INSEKTI NAPADENE STARE BUKOVINE
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP	XI, 58 str., 34 sl., pril., 30 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Les je pomemben gradben material; v te namene se uporablja že tisočletja. Je naravno obnovljiva surovina, kar je ena njegovih glavnih prednosti. Ima več življenjskih ciklov; odslužen les lahko ponovno uporabimo ali recikliramo v nove izdelke. V kolikor želimo takemu lesu povečati dodano vrednost, je dobro poznati njegove relevantne lastnosti (odpornost, poškodbe, mehanske lastnosti, itd.). Da bi osvetlili te lastnosti, smo iz stare bukovine izdelali vzorce in jih izpostavili 5 glivam razkrojevalkam lesa ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Gloeophyllum trabeum</i> in <i>Antrodia vaillantii</i> ). Gravimetrično smo določili izgubo mase, mehanske lastnosti pa z metodo upogibne in tlačne trdnosti. Določili smo delež izpranih ekstraktivov. Rezultati kažejo, da je naravna odpornost stare bukovine primerljivo slabša kot odpornost sveže posekane bukovine. Žal pa so preiskovane mehanske lastnosti starega bukovega lesa bistveno slabše. Glavni vzroki za poslabšanje so izletne odprtine insektov in dejstvo, da je bil les že delno strohnjen. Uporabnost starega odsluženega bukovega lesa dodatno poslabšuje dejstvo, da star les vpija bistveno več vode kot svež.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1  
DC UDC 630\*84  
CX beech wood/bending strength/wood decay fungi/insects/extractives  
AU ADAMIČ, Miha  
AA HUMAR, Miha (supervisor)/POHLEVEN, Franc (reviewer)  
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology  
PY 2015  
TI NATURAL DURABILITY, EXTRACTIVE RATIO AND SELECTED MECHANICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD DAMAGED BY INSECTS  
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)  
NO XI, 58 p., 34 fig., 30 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB Wood is an important building material used for construction purposes for thousands of years. One of the main advantages of wood is that it is a naturally renewable raw material. Wood has more life cycles; used wood can be reused or recycled into new products. If we want a disused timber to raise the added value we have to be familiar with its relevant properties (resistance, damages, mechanical properties, etc.) To shed light on these properties, old beech samples were prepared and subjected to 5 species of wood decay fungi (*Hypoxylon fragiforme*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*, *Antrodia vaillantii*). The weight loss was defined gravimetricly; mechanical properties by a method of flexural and compressive strength. The proportion of washed extractives was determined. The results show that the natural resistance of the old beech wood is worse compared to the resistance of freshly harvested beech wood. Unfortunately, the mechanical properties of the investigated old beech wood are much worse. The main causes of deterioration are the exit openings made by insects, and the fact that the timber is already partially decomposed. Use of old obsolete beech wood is further aggravated by the fact that the old wood absorbs significantly more water than fresh wood.

## KAZALO VSEBINE

str.

<b>Ključna dokumentacijska informacija (KDI)</b> .....	<b>III</b>
<b>Key Words Documentation (KWD)</b> .....	<b>IV</b>
<b>Kazalo vsebine</b> .....	<b>V</b>
<b>Kazalo slik</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Okrajšave in simboli</b> .....	<b>X</b>
<b>Slovarček</b> .....	<b>XI</b>

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJI RAZISKOVANJA	1
1.3	DELOVNE HIPOTEZE	1
<b>2</b>	<b>PREGLED OBJAV</b> .....	<b>2</b>
2.1	LES IN RABA LESA NA PROSTEM	2
<b>2.1.1</b>	<b>Les</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Bukev in bukovina</b>	<b>3</b>
2.2	DEJAVNIKI RAZKROJA LESA	4
<b>2.2.1</b>	<b>Abiotski dejavniki</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Biotski dejavniki</b>	<b>5</b>
2.3	LESNE GLIVE	6
<b>2.3.1</b>	<b>Glive bele trohnobe</b>	<b>6</b>
2.3.1.1	Bukov ostrigar ( <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm)	6
2.3.1.2	Pisana Ploskocevka ( <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd)	7
2.3.1.3	Oglena kroglica ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> (Pers). J. Kickx f.)	8
<b>2.3.2</b>	<b>Glive rjave trohnobe</b>	<b>10</b>
2.3.2.1	Bela hišna goba ( <i>Antrodia vaillantii</i> (DC.) Ryvarden)	10
2.3.2.2	Navadna tramovka ( <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murill)	11
2.4	LESNI INSEKTI	13
2.5	TRADICIONALNA SLOVENSKA GRADNJA	15

<b>2.5.1</b>	<b>Kmečka hiša</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Pod</b>	<b>17</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Kašča</b>	<b>17</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Kozolec</b>	<b>18</b>
2.5.4.1	Enojni stegnjeni kozolec	18
2.5.4.2	Enojni stegnjeni kozolec s plaščem	19
2.5.4.3	Dvojni stegnjeni kozolec	19
2.5.4.4	Kozolec na psa ali kozla	20
2.5.4.5	Prislonjeni kozolec	20
2.5.4.6	Vezani kozolec ali toplar	21
2.6	STRATEGIJE RAVNANJA Z ODSLUŽENIM LESOM	22
<b>3</b>	<b>MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>23</b>
3.1	MATERIALI	23
<b>3.1.1</b>	<b>Vzorci</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Oprema in aparature</b>	<b>24</b>
3.1.2.1	Oprema	24
3.1.2.2	Aparature	24
3.2	METODE	25
<b>3.2.1</b>	<b>Izdelava vzorcev</b>	<b>25</b>
3.2.1.1	Vzorci za izpostavitve delovanju gliv	26
3.2.1.2	Vzorci za določanje upogibne trdnosti in sorpcijskih lastnosti	26
3.2.1.3	Vzorci za določanje deleža ekstraktivov	26
3.2.1.4	Vzorci za določanje tlačne trdnosti in navzema vode	26
<b>3.2.2</b>	<b>Določevanje fungicidnih lastnosti lesa</b>	<b>27</b>
3.2.2.1	Priprava gojišča in steklovine	27
3.2.2.2	Izpostavitve vzorcev glivam	28
3.2.2.3	Gravimetrično določanje izgube mase	29
<b>3.2.3</b>	<b>Določevanje upogibne trdnosti</b>	<b>30</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Določevanje kapilarnega navzema vode</b>	<b>31</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Določevanje tlačne trdnosti</b>	<b>32</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Določanje deleža ekstraktivov</b>	<b>33</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Analiza rezultatov</b>	<b>34</b>

<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>35</b>
4.1	FUNGICIDNE LASTNOSTI LESA	35
<b>4.1.1</b>	<b>Izgube mase vzorcev stare bukovine po izpostavitvi glivam</b>	<b>35</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Vlažnosti stare bukovine po izpostavitvi glivam</b>	<b>36</b>
4.2	SPREMEMBA UPOGIBNE IN TLAČNE TRDNOSTI	37
<b>4.2.1</b>	<b>Upogibna trdnost</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Tlačna trdnost</b>	<b>39</b>
4.3	DELEŽ EKSTRAKTIVOV V LESU	40
<b>4.3.1</b>	<b>Delež ekstraktivov v bukovini</b>	<b>40</b>
4.4	NAVZEM VODE IN SORBCIJSKE LASTNOSTI	41
<b>4.4.1</b>	<b>Kapilarni navzem vode</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>SKLEPI .....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>44</b>

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Dejavniki razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990) .....	4
Slika 2: Bukov Ostrigar ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) (Bukov ostrigar, 2015).....	7
Slika 3: Pisana ploskocevka ( <i>Trametes versicolor</i> ) (Pisana ploskocevka, 2015) .....	8
Slika 4: Oglena kroglica ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> )(Oglena kroglica, 2015).....	9
Slika 5: Bela hišna goba ( <i>Antrodia vaillantii</i> ) (Bela hišna goba, 2015).....	11
Slika 6: Navadna tramovka ( <i>Gloeophyllum trabeum</i> ) (Navadna tramovka, 2015).....	12
Slika 7: Navadni trdoglavec, odrasel hrošč, ličinka in buba (Kervina – Hamović, 1989) ..	14
Slika 8: Podeželska poslopja s Cerkljanskega (France Pohleven) .....	15
Slika 9: Prekmurska kmečka hiša (Prekmurska kmečka hiša, 2015) .....	15
Slika 10: Kmečka "črna" kuhinja (Deu, 2001) .....	16
Slika 11: Enojni stegnjeni kozolec (Svetek, 2011).....	18
Slika 12: Enojni stegnjeni kozolec s plaščem (Svetek 2011) .....	19
Slika 13: Dvojni stegnjeni kozolec (Svetek, 2011) .....	20
Slika 14: Kozolec na psa ali kozla (Svetek, 2011) .....	20
Slika 15: Prislonjeni kozolec (Svetek, 2011) .....	21
Slika 16: Vezani kozolec ali toplar (Svetek, 2011) .....	21
Slika 17: Bukovi plohi.....	23
Slika 18: Fini razrez vzorcev stare bukovine.....	25
Slika 19: Krožni žagalni stroj Proxxon .....	25
Slika 20: Avtoklav      Slika 21: Brezprašna komora Iskra Pio .....	28
Slika 22: Izpostavitev vzorcev glivam .....	28
Slika 23: Analitska tehtnica Sartorius .....	29
Slika 24: Preizkus upogibne trdnosti vzorcev lesa .....	30
Slika 25: Tenziometer Krüss 100 .....	31
Slika 26: Testirni stroj Zwick za določanje tlačne trdnosti vzorcev .....	32
Slika 27: Soxhlet aparat za ekstrakcijo Büchi, B-811 .....	33
Slika 28: Povprečna izguba mase. ....	35
Slika 29: Povprečna sprememba vlažnosti .....	36
Slika 30: Modul elastičnosti [N/mm <sup>2</sup> ].....	37



Slika 31: Upogibna trdnost [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]	38
Slika 32: $F_m$ = modul porušitve [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]	39
Slika 33: Delež ekstraktivov [%]	40
Slika 34: Navzem vode [ $\text{g}/\text{cm}^2$ ]	41

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Fm	Modul porušitve ( $\text{N/mm}^2$ )
Gt2	Navadna tramovka ( <i>Gloeophyllum trabeum</i> )
HF	Ogljena kroglica ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> )
MoE	Modul elastičnosti ( $\text{N/mm}^2$ )
Plo5	Bukov ostrigar ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )
Pv2	Bela hišna goba ( <i>Antrodia vaillantii</i> )
Tv6	Pisana ploskocevka ( <i>Trametes versicolor</i> )

## SLOVARČEK

- Bela trohnoba** je trohnoba, ki jo povzročajo glive; le-te razgrajujejo predvsem lignin pa tudi celulozo in hemicelulozo, pri čemer ostaja celuloza v presežku (pribitku, v večjem deležu) (Lesarski priročnik, 2008).
- Beljava** je periferni del debla ali veje s še živimi (parenhimskimi) celicami, ki vsebujejo rezervne snovi (npr. škrob) (IAWA 163, cit. po Torelli, 1990).
- Jedrovina** označuje notranje plasti lesa v rastočem drevesu, kjer so celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih le-te vsebovale (npr. škrob), pa so se odstranile ali spremenile v jedrovinske snovi. Jedrovina je lahko neobarvana (smreka, jelka), večinoma pa obarvana (dob, rdeči bor, itd.); tedaj jo imenujemo črnjava (IAWA 44, cit. po Torelli, 1990).
- Ojedritev** je starostni, genetsko programiran pojav, ki slej ko prej nastopi pri večini lesnih vrst. Pri nekaterih se pojavi že v prvih desetletjih življenja, pri drugih pa se beljava ne pretvori v jedrovino tudi po 100 in več letih. V procesu ojedritve žive parenhimske celice začnejo odmirati, ob tem se običajne biokemijske poti presnove spremenijo in nastajati začnejo predhodniki jedrovinskih snovi ali ekstraktivov (Torelli, 2003).
- Piravost** tip bele trohnobe, ki jo povzroča več gliv hkrati. Zanja so značilne črne conske linije, ki razmejujejo predele različno razkrojenega lesa.

- Rjava trohnoba                      trohnoba, ki jo povzročajo glive, ki razgrajujejo celulozo in hemiceluloze; v (presežku) pribitku pa ostane lignin, ki rjavo obarva strohneli les; zanjo so značilne razpoke vzdolžno in prečno na vlakna (prizmatično razpokan les) (Lesarski priročnik, 2008).
- Tlačna trdnost                      je odpornost proti stiskanju vlaken. Pri lesu je največja odpornost v smeri lesnih vlaken, najmanjša pa pravokotno na smer vlaken.
- Upogibna trdnost                    odpor materiala proti zunanji sili, ki ga skuša upogniti in zlomiti. Pri največji sili je dosežena upogibna trdnost oz. največja napetost, ki jo element še zdrži (Gorišek, 2009).

## 1 UVOD

### 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V zadnjem času les vedno bolj pridobiva na pomenu tudi v gradbeništvu. Eden izmed ključnih podatkov pri načrtovanju lesenih objektov je informacija o življenjski dobi in stroških vzdrževanja uporabljenih materialov. Za les teh podatkov primanjkuje. Les je, podobno kot drugi materiali, izpostavljen različnim abiotskim in biotskim dejavnikom razgradnje, ki vplivajo na njegove lastnosti. Po vsem svetu les ogrožajo glive in insekti. V našem podnebnem pasu pa predvsem glive, manj pa insekti. Le ti so še posebej pogosti v starih lesenih konstrukcijah. S praktičnega vidika je tako zelo pomembno, kako le ti vplivajo na lastnosti lesa.

### 1.2 CILJI RAZISKOVANJA

- Določiti vpliv staranja in delovanja insektov na odpornost lesa na glive
- Določiti vpliv staranja in delovanja insektov na izbrane mehanske lastnosti bukovine

### 1.3 DELOVNE HIPOTEZE

- Naravna odpornost bukovine se s starostjo in zaradi delovanja insektov ne spreminja
- Mehanske lastnosti bukovine se s staranjem ne spreminjajo
- Delež v vodi topnih snovi se med naravnim staranjem povečuje

## **2 PREGLED OBJAV**

### **2.1 LES IN RABA LESA NA PROSTEM**

#### **2.1.1 Les**

Les je biološki material, ki je sestavljeno iz celičnih sten. Nastaja v lesnih rastlinah in opravlja prevajanje vode, mehansko funkcijo ter prevajanje in skladiščenje hrane. Botanično je les sekundarni ksilem, ki ga kambij v procesu sekundarne (debelitvene) rasti proizvaja navznoter, t. j. v smeri stržena. Tehnično ga je mogoče definirati kot trdo vlakneno snov pod skorjo debel, vej dreves ter grmov. Les sestavljajo različna tkiva in celice, kot so: osnovno vlakneno tkivo iz različnih tipov vlaken, trahejni členi, aksialni in trakovni parenhim itd. Kemično ga sestavljajo celuloza, hemiceluloza, lignin, ekstraktivne snovi in mineralne snovi. Les je nehomogen (sestavljajo ga različna tkiva in anomalije npr. grče), anizotropen (usmerjenost tkiv so različne) in biološko razgradljiv material, zato nam otežuje njegova predelava, obdelava ter zmanjšuje njegova uporabnost (Čufar, 2006).

Les je že od nekdaj ena najpomembnejših surovin in njegova poraba v današnjem času narašča. Les kot surovina nastaja v gozdovih in ker je njihov prirastni potencial omejen in ker se površine gozdov v nekaterih predelih stalno zmanjšujejo, bo prihodnja oskrba z lesom v veliki meri odvisna od plantaž. Prednost lesa, kot materiala so njegova obnovljivost, razširjenost, vsestranska uporabnost, visoka trdnost glede na gostoto, relativna enostavnost in čistost pridobivanja, predelave in obdelave. Pri lesu cenimo tudi njegovo toplino, zaradi vzajemnega učinka toplih barv in nizke toplotne prevodnosti. Privlačita nas njegova naravnost in dekorativnost, ki je posledica najrazličnejših barvnih in strukturnih tekstur (Čufar, 2006).

Lesu lahko s kemičnimi in fizikalnimi postopki zmanjšamo njegovo higroskopnost, povečamo dimenzijsko stabilnost ter izboljšamo trdnostne lastnosti masivnega lesa. Njegovo odpornost proti škodljivcem lahko povečamo s kemijskimi sredstvi ter s pravilno uporabo (Čufar, 2006).

Bukovina je ena najpomembnejših lesnih vrst v Sloveniji, zato je v prihodnjih poglavjih podrobneje opisana tako bukovina, kot tipično bukovno drevo.

### **2.1.2 Bukev in bukovina**

Do 40 m visoko drevo in do 1 m (izjemoma 2 m) debelo listopadno drevo ima veliko, zaobljeno krošnjo in razvejen, srednje globok in zelo gost srčast koreninski sistem, v katerem so korenine pogosto zraščene med seboj. Deblo bukve je ravno in včasih razvito do vrha krošnje, skorja je tudi pri starejših drevesih tanka, siva in gladka, le izjemoma v spodnjem delu nekoliko razpokana (Brus, 2008).

Les je rdečkastobel z difuzno razporejenimi trahejami, normalno brez obarvane jedrovine, kjer se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Pri starejših drevesih se na prečnem prerezu navadno pojavlja nepravilno oblikovan rdečerjav diskoloriran les imenovan »rdeče srce«. Za rdeče srce je značilno močno otiljenje trahej, kar med drugim otežuje impregnacijo lesa. Branike so razločne. Zelo značilni so številni široki trakovi, ki so na tangencialni površini vidni kot rdečkasta vretenca, na radialni pa kot očitna, do več milimetrov visoka zrcalca, ki zelo vplivajo na videz lesa. Bukovina nima specifičnega vonja ali okusa (Čufar, 2006).

Les bukve ima visoko gostoto, je trd in se zelo krči in nabreka. Dimenzijska stabilnost je ugodna, trdnostne lastnosti so glede na gostoto nadpovprečno visoke (npr. dobra upogibna trdnost), elastičnost je nižja. Les je zelo žilav, malo elastičen in zelo trd. Dobro se cepi in predvsem po parjenju se dobro upogiba. Nezaščiten bukovina je podvržena okužbi z glivami in insekti in sodi med neodporne lesne vrste, zato je potrebna hitra in pravilna manipulacija po poseku. Z izjemo rdečega srca se dobro impregnira. Delež juvenilnega lesa je zanemarljiv. Možen je obilnejši pojav tenzijskega lesa (Čufar, 2006).

Na trgu se ločeno prodaja neparjena in parjena bukovina, sicer so na razpolago hlodovina, žagan les, furnirji, vezan les in razni polizdelki. Uporaba lesa je zelo raznovrstna kot npr. za gradbeno mizarstvo, stopnice, opaže, parket, pohištvo, pri čemer se uporablja masiven, krivljen ali vezan les. Bukovina je odlična za izdelavo železniških pragov, vendar mora biti za ta namen ustrezno impregnirana. Uporablja se tudi za delavniške mize, ročaje orodij in armatur, za gospodinjske pripomočke, za igrače, embalažo, za pridobivanje oglja, za stružene izdelke, za proizvodnjo palet in zabojev, za ohišja in v strojni industriji. Skupaj z drugimi lesnimi vrstami se uporablja tudi za pridobivanje celuloze (Čufar, 2006).

## 2.2 DEJAVNIKI RAZKROJA LESA

Les, kot organska snov razpada zaradi različnih dejavnikov v anorgansko. Vsi ti dejavniki imajo v naravi na splošno pozitivno vlogo, ker bi se brez njihovih vplivov organska snov kopičila in onemogočila rast rastlin, ki za svoj razvoj potrebujejo anorgansko snov. Za človeka pa ta sicer koristen razkroj lesa poteka prehitro, zato ga poskuša upočasniti z različnimi ukrepi (Kervina – Hamović, 1990).

Razkroj lesa povzročajo abiotični (neživi) in biotični (živi) dejavniki (Kervina – Hamović, 1990), kot to prikazuje Slika 1.



Slika 1: Dejavniki razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990)



### **2.2.1 Abiotski dejavniki**

Abiotični dejavniki so nežive narave, kot so vremenski vplivi (visoke, nizke temperature, vlaga, veter ...) in kemični vplivi. Abiotični dejavniki delujejo mehansko, fizično in kemijsko. Do mehanskih sprememb pride zaradi delovanje mehanskih sil, izgubi prvotno nosilnost in trdoto, vendar ostane kemijsko nespremenjen. Do fizičnih poškodb pride zaradi visokih ali nizkih temperatur in atmosferske električnosti. Les pri tem spremeni mehanske in kemijske lastnosti (Kervina – Hamović, 1990).

Ti dejavniki so veter, ki povzroča pokanje lesa, pesek in prah povzročata korozijo, voda izpira vodotopne kemijske sestavine v lesu, visoke temperature mehansko spremenijo les, ogenj je najhujši destruktor lesa, ki pri nas in v svetu uniči ogromne količine lesa, ter kemikalije, ki razkrajajo posamezne sestavine lesa, zlasti polioze in lignin. Kemijske poškodbe povzroča tudi kisik, kjer pride na površini lesa do oksidacije, les menja barvo, fizikalne lastnosti in izgublja mehanske lastnosti (Kervina – Hamović, 1990).

### **2.2.2 Biotski dejavniki**

Med biotičnimi dejavniki, so najbolj pomembni lesni škodljivci insekti in glive. Les pri tem propada, ker ga lesni škodljivci uporabljajo za svojo prehrano. Spremembe, ki jih povzročajo eni in drugi, se kažejo v izgubah tehničnih in drugih lastnosti lesa. Te spremembe so na začetku neopazne, lokalizirane, sčasoma pa so vse bolj vidne (Kervina – Hamović, 1990).

## 2.3 LESNE GLIVE

### 2.3.1 Glive bele trohnobe

Glive bele trohnobe so edini organizmi, ki so sposobni razgraditi vse strukturne spojine lesa (celulozo, hemicelulozo, lignin). Les zaradi razkrojenega lignina postane svetlejši, zato to vrsto razkroja imenujemo bela trohnoba. Les se vlaknasto ali lamelno cepi (Benko in sod., 1987).

#### 2.3.1.1 Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm)

Bukov ostrigar je razširjen v zmernem in subtropskem podnebnem pasu severne poloble. Gliva je tipičen saprofit, ki ga najdemo predvsem v lesu listavcev (najpogosteje v bukovini), zelo redko pa tudi na iglavcih. Bukov ostrigar povzroča tipično belo trohnobo. Na okuženem lesu najdemo bel, usnjat micelij. Trosišča so sestavljena iz klobuka z betom. Klobuk po obliki spominja na školjko in doseže premer od 5 cm do 15 cm. So od sivorjave do rumenkastorjave barve. Navadno izraščajo v šopih. Lamelle trosišča na spodnji strani so belkasto rjave in so priraste k betu (Slika 2). Spore so bele, cilindrične oblike, velike od 8 do  $12 \times 3$  do  $4,5 \mu\text{m}$ . Hife v notranjosti lesa so brezbarvne, tanko - stene, premera od 1 do  $3 \mu\text{m}$ . Bukovemu ostrigarju ustreza temperatura okoli  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  ter vlažnost lesa med 60 in 80 %. Gliva ne prenese sušnih obdobjih. S temperaturo pa je povezana tudi tvorba trosišč. Rast gob izzove temperaturni šok, ko temperatura pade vsaj pod  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Zaradi te lastnosti, nekateri to glivo imenujejo tudi zimski ostrigar.



Slika 2: Bukov Ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) (Bukov ostrigar, 2015)

Trosnjaki bukovega ostrigarja so zelo okusna, zato ga zelo pogosto gojijo v prehrabene namene. Micelij bukovega ostrigarja lahko uporabimo tudi za razstrupljanje zemlje, okužene z odpadnimi olji, pesticidi ali biocidi. Struktura nekaterih onesnažil je sorodna strukturi lignina, zato jih te glive prepoznajo kot vir hrane in jih v določenih pogojih lahko mineralizirajo. Poleg tega micelij glive ostrigarja lahko odličen biofilter ali celo biokontrolni agent. V gozdu bi z micelijem bukovega ostrigarja lahko okužili sveže šture in na ta način preprečili ali omejili nezaželeno okužbo s parazitskimi glivami (štorovka, jelenov koreničnik). V zadnjem času še posebej pridobiva pomen uporabe te glive v medicinske namene (Humar, 2008a).

#### 2.3.1.2 Pisana Ploskocevka (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd)

Pisana ploskocevka 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 razkrajata bukovino. Okužuje posekan les in poškodovana oslABLJENA drevesa, lahko pa tudi izdelke iz lesa, ki so v stiku z zemljo in s tem dela precejšnjo škodo. Na lesu povzroča belo trohnobo, kar pomeni, da razkrajata predvsem lignin, celuloza pa ostaja v prebitku, kar se izrazi v značilni beli barvi strohnjenega 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. 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. Izražajo v skupinah po eden vrh drugega in so različnih barv od svetlo do temnorjave, okrasto rdeče do sive pa vse do črno modre barve. Robovi so vedno svetlejši, pri mladih gobah beli. To jim daje značilno pisanost, od tod tudi ime pisana ploskocevka. Trosovnica na spodnji strani klobučka je bela, sestavljena iz kratkih cevč iz katerih se dnevno sprosti na milijone belih trosov (Slika 3).



Slika 3: Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) (Pisana ploskocevka, 2015)

Zaradi žilave zgradbe goba ni užitna, primerna je pa za kuhanje čaja. Pripisujejo ji številne zdravilne učinke od izboljšanja imunskega sistema in delovanja proti prehladu in drugim virusi. Najbolj znan je njen učinek proti raku (Pohleven, 2008).

### 2.3.1.3 Oglena kroglica (*Hypoxylon fragiforme* (Pers). J. Kickx f.)

Oglena kroglica je zelo pogosta razkrojevalka lesa listavcev v Evropi in Severni Ameriki. Spada med tipične saprofitske glive in okuži odmrle veje kmalu po tem, ko se odlomijo, oziroma ko odmrejo. Trosnjake najpogosteje vidimo na lubju vej bukve, včasih pa tudi na vejah drugih listavcev. Kljub temu, da gliva spada med zaprtotrosnice, zelo dobro razkrajala les. Uvrščamo jo med glive bele trohnobe in je tudi ena izmed povzročiteljic piravosti. Gliva je zelo agresiven primarni kolonizator lesa, ki se zadrži na lesu tudi več let.



Slika 4: Oglena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)(Oglena kroglica, 2015)

Oglena kroglica ima kopaste, sestavljene trosnjake, ki so brez beta. Trosnjaki zrastejo med julijem in novembrom. So hemisferične, pogosto celo povsem sferične oblike. Pojavljajo se posamično ali pa v večjih ali manjših skupinah. Mladi so sive barve, kasneje za kratek čas postanejo roza-rdeče, zrela plodišča 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 je oglena kroglica dobila tudi ime. Površina kroglic je hrapava, velikost pa znaša od 2 mm do 9 mm (Slika 4). Pod ogleno površino se skriva svetlejša sredica in če kroglico prerežemo opazimo značilne peritecije. Z mikroskopom si lahko v peritecijah ogledamo dobro vidne aske z ostrimi sporami. Sveža stroma je žilava, ko se posuši, pa postane krhka.

Oglena kroglica se uporablja v zdravilne namene. Iz trosnjakov so že izolirali učinkovine (fragiformine), ki zavirajo napredovanje AIDS-a pri HIV pozitivnih bolnikih. Poleg tega mladi trosnjaki oglene kroglice vsebujejo učinkovine z baktericidnim in fungicidnim delovanjem. Zaradi nespecifičnim mehanizmov razgradnje lignina je gliva sposobna razkrajati tudi širok spekter organskih onesnažil, zato bi jo lahko uporabljali tudi za čiščenje s pesticidi onesnaženega okolja (Humar, 2009).

### 2.3.2 Glive rjave trohnobe

Glive rjave trohnobe so najpogostejši biotski razkrojevalci lesa. Razgrajujejo hemicelulozo in celulozo olesenele celične stene, ligninska komponenta ostane nerazgrajena, vendar delno modificirana. Okuženi les potemni, se skrči ter razpade v kockaste strukture, ki se zlahka zdrobijo v rjavkast prah (Green in Highley, 1997; Jellison in sod., 1997).

#### 2.3.2.1 Bela hišna goba (*Antrodia vaillantii* (DC.) Ryvarden)

Bela hišna goba je zelo pogosta v kletih, rudnikih in drugih zelo vlažnih prostorih. Okužuje tudi les na skladiščih. Najdemo jo tudi v gozdu na podzemnih delih hlodovine. Glivo najdemo v zmernem kot tudi v tropskem pasu v Evropi, Aziji, Avstraliji, Afriki, redkeje pa v S. Ameriki. Bela hišna goba pogosteje okužuje zelo vlažen les iglavcev, še posebej, če se v lesu nabira kondenzirana voda. Ta vrsta je tipičen predstavnik rjave trohnobe. Razkrojen les prizmatično razpoka. 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 do 4 mm. Glivo spoznamo po značilnih belih, gladkih rizomorfi, ki ostanejo prožni tudi, ko gliva odmre (Slika 5). Micelij (rizomorfi) na lesu pogosto razrašča v obliki ledene rože na oknih, ki ga z lahkoto odstranimo s površine. Rizomorfi navadno ne prodrejo v zidake ali beton. Ta gliva med razkrojem močno zakisa les z izločanjem oksalne kisline. V okuženem lesu zato pogosto najdemo kristale kalcijevega oksalata. Gliva najbolje uspeva med 26 in 27 °C ter med 35 do 45 % vlažnosti lesa. Bela hišna goba razkrajja le vlažen les, lahko pa preživi večletna sušna obdobja.



Slika 5: Bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) (Bela hišna goba, 2015)

Za belo hišno gobo je značilna visoka toleranca na bakrove pripravke. Odpornost na baker med posameznimi izolati močno niha. Toleranca na baker je povezana z velikim izločanjem oksalne kisline, ki z bakrovimi učinkovinami tvori v vodi netopne in zato biološko neaktivne komponente bakrovega oksalata. Tako toleranca na baker po eni strani predstavlja težavo, po drugi strani pa tolerantne izolate bele hišne gobe v biotehnoloških procesih lahko uporabimo za mikoremedacijo odsluženega zaščitenege lesa (Humar, 2008b).

#### 2.3.2.2 Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murill)

Navadna tramovka najdemo praktično po vsem svetu z izjemo tropskih in puščavskih predelov.

Gliva je ene izmed najpomembnejših razkrojevalk lesa na skladiščih, vrtnega pohištva, ograj, telekomunikacijskih drogov, ostrešij, mostov, lesenih plovil... Še posebej pogosto 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 oslabilih drevesih. Znotraj stavb teh gliv navadno ne najdemo.



Navadna tramovka povzroča tipično rjavo trohno. Razkrojeni les se cepi po letnicah v obliki različno velikih prizem. 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 trosnjaki, pa je navadno za ukrepanje že prepozno. V primeru, da 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, školjkaste, v obliki traku, konzol, pogosto se pojavijo tudi v izrazitih vrstah. Ponavadi jih je več skupaj. Klobuki so žilavi in prožni. Večinoma zrastejo iz razpok. Na spodnji strani klobuka je lamelasto trosišče. Lamelle so razvrščene v vzdolžni smeri. Na zgornji strani klobuka so dobro razvidne rjave koncentrične prirastne plasti (Slika 6). Površina je rahlo razbrazdana. Navadna tramovka ima plodišča oker do rjave barve z gosto posejanimi lamelami (Humar, 2008c).



Slika 6: Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) (Navadna tramovka, 2015)

Navadni tramovki ustreza višja temperatura, kot drugimi lesnimi gobami. Optimalna temperatura je med 26 in 30 °C. Optimalna vlažnost lesa za rast je med 40 in 60 %. Še posebej jim ustreza vlaga, ujeta v les, iz katerega ne more hitro izhlapeti. Takšni primer so okna, premazana z debeloslojnimi površinskimi premazi (Humar, 2008c).



## 2.4 LESNI INSEKTI

Med biotične dejavnike razkroja lesa štejemo tudi lesne insekte. Ti pomembno vplivajo na razgradnjo lesa. Les zanje predstavlja hrana in bivališče, ki jih varuje pred zunanjimi vplivi. Insekti (*Hepaxapoda*, *Insecta*) spadajo med členonožce (*Antrophoda*). Telo insektov je sestavljeno iz glave (caput), oprsja (thorax), zadek (abdomen). Na oprsju imajo po tri pare nog in navadno po dva para kril. Njihov življenjski cikel sestavlja stadij jajčeca, ličinke, bube in na koncu stadij imaga (odraslega osebk) (Kervina – Hamović, 1989).

Lesne insekte najpogosteje delimo na primarne, sekundarne, terciarne in kvarterne.

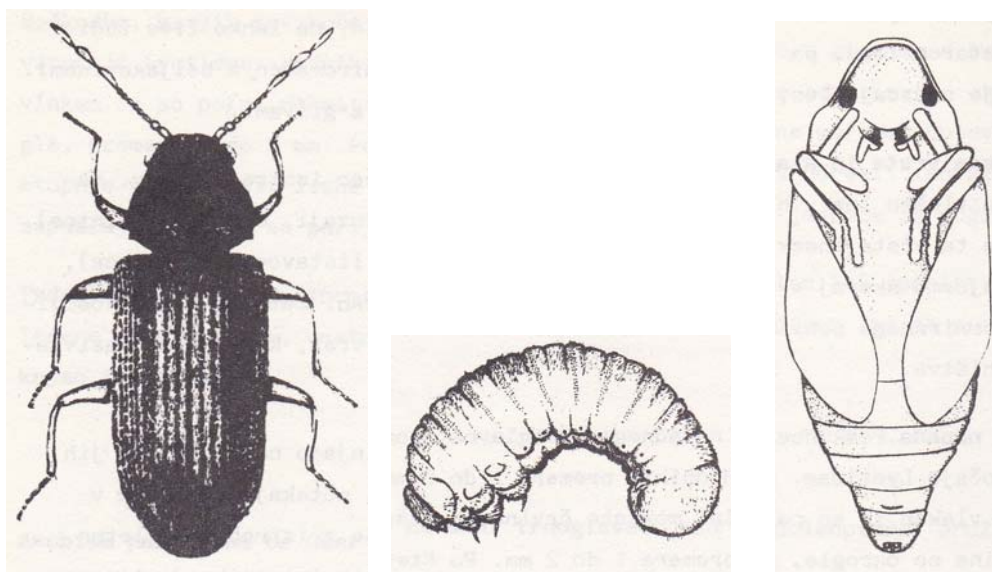
Primarni insekti so prebivalci gozdov in napadajo zdrava drevesa. Hranijo se s sokovi in v večini primerih ne prodrejo globoko v les. Sekundarni insekti napadajo fiziološko oslABLJENA drevesa, sveže posekana oz. v katerih je pretakanje sokov upočasnjeno. Ti se hranijo s celulozo in lesnimi poliozami, drugi pa s škrobom in beljakovinami, ki so v notranjosti plasti skorje, kambijski plasti in beljavi. Ti insekti so največkrat v simbiozi z glivami in ne prodrejo globoko v les. Terciarni insekti napadajo zračno suh les in se hranijo s celulozo, ki jo razgrajujejo s fermenti ali pa s simbiotičnimi mikroorganizmi. Ti insekti ne zapustijo napaden les, dokler ga popolnoma ne uničijo. Kvarterni insekti pa napadajo bolj ali manj strohnel les (Kervina – Hamović, 1989).

Navadni trdoglavc *Anobium punctatum* (De Geer, 1774)

Trdoglavci so poleg hišnega kozlička najnevarnejši in najbolj razširjeni škodljivci zračno suhega lesa iglavcev in listavcev. Sodijo med terciarne insekte. Živijo zlasti v lesu, ki je okužen z glivami in je v različnih stopnjah trohnjenja. Najdemo ga v Južni Afriki, Avstraliji, Severni Ameriki, kot tudi pri nas v Evropi.

Hroščki so precej majhni, merijo le nekaj milimetrov (3 do 4 mm). So ovalne oblike, črne in rjave barve. Pokrovke so grobo pikčaste in imajo podolgovate vdolbine. Imajo velike oči in tanke tipalke (Slika 7). Samica izleže 20 do 40 jajčec.

V dobi parjenja se iz napadenih lesenih predmetov sliši trkanje, podobno tiktakanju ure. Samci trdoglavca trkajo s čeljustmi ob stene hodnikov in tako privabljajo samice. S tem trkanjem je povezano ljudsko praznoverje, namreč da trkanje pomeni slutnjo nesreče, zato so to poimenovali "mrtvaška ura". Za polaganje jajčec hroščki izberejo star, nekoliko vlažen les. Navadni trdoglavec ima fermente, ki razkrajajo celulozo in hemicelulozo do monosaharida, s katerim se ličinke hranijo. Tako napada predvsem notranje lesene konstrukcije, pohištvo in umetnine iz lesa. Napaden les je preluknjan in razpada (Kervina – Hamović, 1989)



Slika 7: Navadni trdoglavec, odrasel hrošč, ličinka in buba (Kervina – Hamović, 1989)

## 2.5 TRADICIONALNA SLOVENSKA GRADNJA

V preteklosti se je les pogosto uporabljal za gradbene namene. Iz lesa so bile zgrajeni deli hiš, ponekod pa celotna gospodarska poslopja (Slika 8) ali manjši pomožni in pastirski objekti. Les v okviru te raziskave je bil odvzet s poda starega lesenega objekta, zato so le ti predstavljeni v nadaljevanju.



Slika 8: Podeželska poslopja s Cerkljanskega (France Pohleven)

### 2.5.1 Kmečka hiša

Kmečka hiša (Slika 9) izhaja iz iztega prednika kot meščanska hiša, to je iz nekdanje eno ali več-prostorne kajže. Za razliko od mestne, ki je zaradi mestnega okolja rasla v višino, je kmečka domačija, zaradi kmetijske proizvodnje potrebovala več prostora, saj je morala poleg stanovanjskih prostorov vsebovati tudi prostore za shranjevanje predelkov, živine itd (Sedej, 1989).



Slika 9: Prekmurska kmečka hiša (Prekmurska kmečka hiša, 2015)

Kmečke hiše so vsebovale v osnovi eno oz. dvoje med seboj povezanih prostorov: izba in črna kuhinja (Slika 10). V izbi je bila peč, kjer se je kurila iz črne kuhinje (Sedej, 1989). Izbo ("hiša") so uporabljali kot skupni prostor, medtem ko so v črni kuhinji pripravljali hrano. Neprijeten in nadležen dim iz preči so preusmerili skozi zidano predelno steno v vežo (Karlovšek, 1939).



Slika 10: Kmečka "črna" kuhinja (Deu, 2001)

Pri gradnji kmečke hiše so uporabljali material, ki je bil v bližnji okolici. Uporabljali so les, kamen, ilovico, slamo, opeko itd. Za kritino so najpogosteje uporabljali slamo. Za sakralne objekte, mestne hiše in bogatejše kmetije pa so objekte krili s skodlami. Poznamo več raznovrstnih hiš na Slovenskem, to so: panonska, alpska, kraška, istrska, dolenska, pohorska (Sedej, 1989).

### **2.5.2 Pod**

Pod je gospodarsko poslopje za shranjevanje sena in mlačev. To je bila samostojna brunasta stavba, pri kateri je včasih pod istim slemenom bila priključena tudi kašča. Večkrat se pa je pod držal tudi hleva. Podobno funkcijo je imelo tudi skedenj, ki je služil pri spravilu sena (Baš, 1984).

Pod naj bi bil prvotno le največji oz. osrednji prostor na skednju, vendar se je marsikje, zlasti na Gorenjskem, Dolenjskem in Posavju na ves skedenj razširila beseda pod. Ta je sestavljen iz velikega poda (prostor za mlačev), malega poda (prostor za snopje pred mlačetvijo) in senice (prostor za shranjevanje sena) (Kobe, 2005).

### **2.5.3 Kašča**

Srednjeveško tesarstvo je razvijalo shrambe kot samostojna gospodarska poslopja – lesene, večkrat podzidane – kašče. Kašča je služila za shranjevanje žita, suhih mesnin, kmečkih pridelkov, sadja in vina. Poznamo lesene ali zidane, nadstropne, vrhkletene, pritlične ali v sklopu poda. V mestih in ob gradovih so bile kašče zidane. V te objekte so spravljali dajatve podložnikov (žita, kmečki pridelki). Te kašče so upravljali posebni uradniki imenovani kaščarji (Baš, 2004).

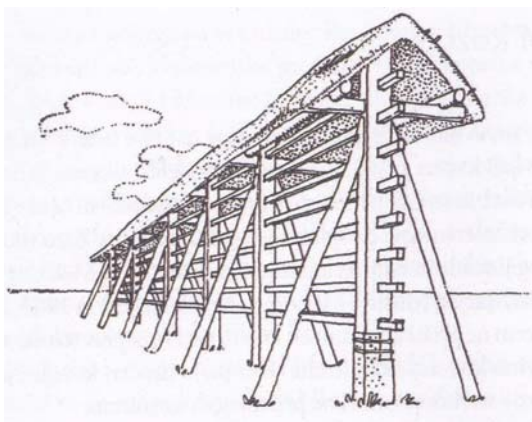
## 2.5.4 Kozolec

Kozolec sodi med etnografsko najpomembnejša gospodarska poslopja na Slovenskem. Z njim je kmet rešil vprašanje sušenja žita v snopih. Sušenje žitnega snopja v kozolcih pa je na delu slovenskega ozemlja zavrlo zraščanje vseh gospodarskih poslopih v eno stavbo, ker arhitektura kozolca za tako zraščanje ni bila primerna (Baš, 1984).

V stoletjih se je na ozemlju, ki ga pokrivajo kozolci, izoblikovalo več tipov kozolcev. Tip kozolca je bil odvisen od oblike tal in konfiguracije, velikosti parcele, kje stoji, namena, dovoznih in povezovalnih poti, oddaljenosti od doma ... Poznamo enojni stegnjeni kozolec, enojni stegnjeni kozolec s plaščem, dvojni stegnjeni kozolec, vezani kozolec ali toplar, kozolec na psa ali kozla in prslonjeni kozolec (Svetek, 2011).

### 2.5.4.1 Enojni stegnjeni kozolec

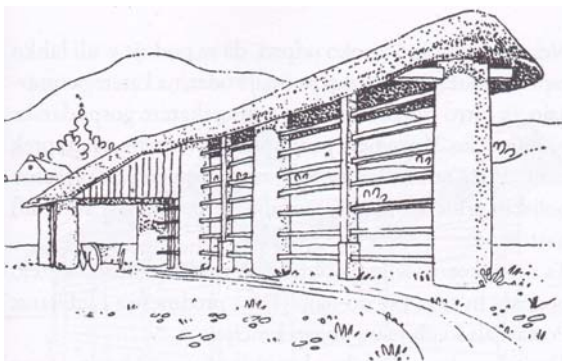
Je najznačilnejši in najpogostejši kozolec v osrednjih slovenskih območjih. Vseskozi je obdržal eno vrsto in dvokapno streho (Slika 11). Zaradi vetra je bil kozolec vedno podprt iz ene strani. Je izredno visok v primerjavi s poznejšimi, ki so bili občasno visoki le štiri do pet metrov in pokriti s slamo. Gradili so ga zaradi ekonomičnosti izrabe čim manjšega prostora v primerjavi s poznejšimi kozolci, ki so se znižali in potegnili v dolžino (Svetek, 2011).



Slika 11: Enojni stegnjeni kozolec (Svetek, 2011)

#### 2.5.4.2 Enojni stegnjeni kozolec s plaščem

Podstrešek - plašč tega kozolca je prislonjen k obstoječemu kozolcu in je običajno v širini enega okna. Stoji na začetku ali koncu kozolca. Plašč je vezan zgoraj na kozolec, spodnji del pa stoji na dveh več kot polovico nižjih stebrih, ki so pa tudi povezana z latami (Slika 12). Plašč se je uporabljalo za shranjevanje kmečkega orodja in vozov. Postavljali so ga manj bogati kmetje (Svetek, 2011).

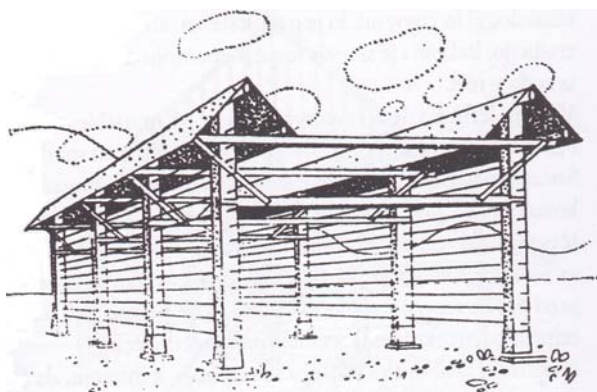


Slika 12: Enojni stegnjeni kozolec s plaščem (Svetek 2011)

#### 2.5.4.3 Dvojni stegnjeni kozolec

To sta dva vzporedna stegnjena kozolca, odmaknjena od drugega za širino voza in med seboj povezana s prečkami (Slika 13). Tako se je s tem zagotovila večja trdnost in kozolec ni potreboval opornikov. Ti kozolci so se pojavili dosti kasneje, kot enojni kozolci in so bili znak za premožnost in dobrega gospodarjenja. Bili so dokaj redki (Svetek, 2011).

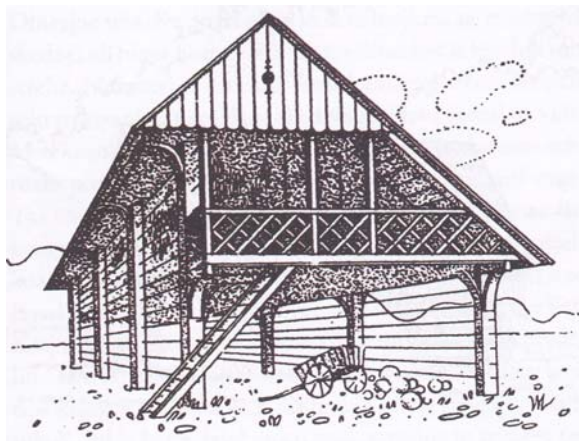




Slika 13: Dvojni stegnjeni kozolec (Svetek, 2011)

#### 2.5.4.4 Kozolec na psa ali kozla

Ta oblika kozolca je vmesna med enojnim stegnjenim kozolcem in vezanim kozolcem ali toplarjem. Sama zgradba je trdnejša, saj je konstrukcijsko bolj povezana kot samostojni kozolec. Je pa skromnejši od vezanega kozolca (Slika 14). Namenjen je bil shranjevanju sena, kmečkega orodja in vsem drugim opravilom, ki zahtevajo pokrit prostor, pod katerim je mogoče delati v dežju, slabem vremenu in v zimskem času (Svetek, 2011).

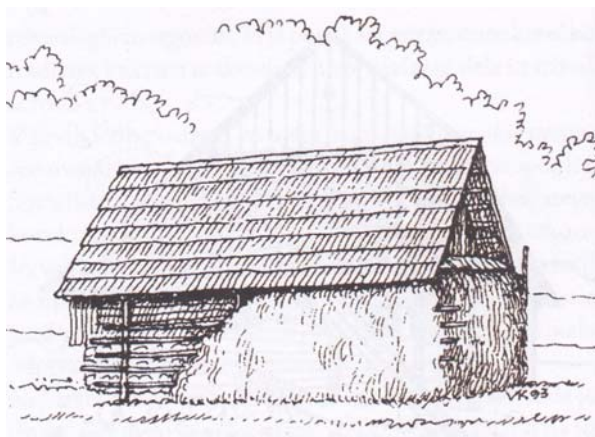


Slika 14: Kozolec na psa ali kozla (Svetek, 2011)

#### 2.5.4.5 Prislonjeni kozolec

Kozolec tega tipa je v osnovi stegnjeni kozolec, a popolnoma nesamostojen. Največkrat je v sredini imel hlev z borno živino ali kozami (Slika 15). Bil je znak velike revščine, izhajal pa je iz kajžarstva (Svetek, 2011).

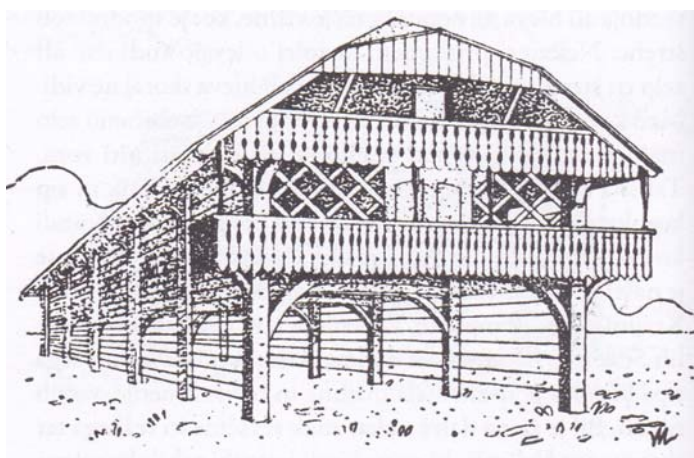




Slika 15: Prislonjeni kozolec (Svetek, 2011)

#### 2.5.4.6 Vezani kozolec ali toplar

Izraz vezani kozolec ali toplar naj bi pomenil dvojni kozolec. Bil je nadgradnja dvojnem stegnjem kozolcu (Slika 16). V tej nadgradnji naj bi shranjevali seno, pod njo pa pripomočke, ki so jih potrebovali na polju. V njem so sortirali in trebili kmečke pridelke pred spravilom v klet ali kaščo. Shranjevali so tudi lesene deske, vozove in druge stvari, ki jih kmet ni mogel spraviti v druga gospodarska poslopja. Razvoju toplarja je botrovalo večje število govedi, za katero je bilo potrebno zagotoviti dovolj suhega sena in nova tehnologija pri obdelavi zemlje. Toplar je bil kazalec bogatega kmeta in naprednega gospodarstva (Svetek, 2011).



Slika 16: Vezani kozolec ali toplar (Svetek, 2011)

## 2.6 STRATEGIJE RAVNANJA Z ODSLUŽENIM LESOM

Les je edina naravno obnovljiva surovina, ki jo imamo v Sloveniji v relativnem izobilju. V Evropi se soočamo s presežki lesa, v bližnji prihodnosti pa bo po napovedih strokovnjakov, les začel primanjkovati. Glavni vzrok za to bo veliko naraščanje potreb po lesu, papirju in lesnih materialih v državah v razvoju, ki jim lesa že primanjkuje. Zato je potrebno les čim bolj smotno izrabiti že danes, da bomo pripravljeni na čase, ko bo ta surovina primanjkovala (Humar, 2012).

V zadnjem desetletju se je predvsem v Evropi uveljavila politika kaskadne oz. stopenjske rabe lesa. To pomeni, da les po končanem ciklu kot izdelek (žagan les, gradbeni les, pohištvo), ponovno uporabimo kot material v reciklirnem procesu (plošče in papir), na zadnje pa za pridobivanje energije (biomasa – kurivo). V Sloveniji so potenciali odsluženega lesa še neizkoriščeni. Veliko lesa še vedno zaide na odlagališča komunalnih odpadkov. To je v Evropi vedno bolj nezaželeno, ali celo prepovedano. Kajti pri anaerobni razgradnji lesa nastaja toplogredni plin, tj. metan, ki ima izrazito negativen vpliv na segrevanje ozračja. Tudi pri energetski rabi moramo biti previdni, zaradi vsebnosti anorganskih onesnažil. V vsakem primeru pa mora energetska izraba potekati v ustreznih kotlih s kakovostnim filtriranjem dimnih plinov, ki preprečujejo izhajanje strupenih plinov ali težkih kovin (Humar, 2012).

Zato vedno pogosteje prihaja do ponovne uporabe lesa ali njegovega recikliranja. V kolikor želimo les ponovno uporabiti, moramo poznati njegove relevantne lastnosti, kot so mehanske lastnosti, sorpcijske lastnosti, odpornost... Še posebej pomembno je, da osvetlimo te lastnosti, če je les poškodovan zaradi delovanja biotskih ali abiotskih dejavnikov razkroja. To pa so tudi cilji tega diplomskega projekta.

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 MATERIALI

V nadaljevanju so opisani materiali, lesne glive, oprema in aparature, ki smo jih potrebovali pri praktičnem delu diplomske naloge.

##### 3.1.1 Vzorci

Za diplomsko delo smo iskali star bukov (*Fagus sylvatica* L.) kos starejšega ostrešja. Tako smo pridobili bukove plohe, ki so bili skladiščeni pod streho skednja. Skedenj je po opisih lastnika bil star od 150 do 200 let in je bil redno vzdrževan, tako so bili bukovi plohi zavarovani pred vremenskimi vplivi. Bukovi kosi so bili tako v obliki plohov in so merili dolžine 3 m in profila 20 cm × 5 cm (Slika 17).



Slika 17: Bukovi plohi

### 3.1.2 Oprema in aparature

#### 3.1.2.1 Oprema

- merilni valji,
- čaše različnih velikosti,
- petrijevke različnih velikosti,
- plastične mrežice,
- papirnate brisače,
- kovinska pinceta,
- kovinske spatule,
- samolepilna PVC folija,
- papir za avtoklaviranje,
- stekleni liji,
- stekleni kozarci,
- vata,
- steklene palčke.

#### 3.1.2.2 Aparature

- Namizni krožni žagalni stroj (Proxxon),
- laboratorijski sušilnik (Kambič),
- tenziometer (Krüss 100),
- univerzalni testirni stroj za mehanske lastnosti (Zwick-Roell),
- analitska tehtnica, ki tehta na štiri decimalna mesta natančno (Sartorius),
- brezprašna komora – laminarij (Iskra Pio),
- avtoklav (Sutjeska),
- digitalno kljunasto merilo (Mitutoyo),
- komore za uravnoteženje vzorcev v določeni klimi,
- rastna komora (Kambič),
- soxhlet aparat za ekstrakcijo (Büchi, B-811).

## 3.2 METODE

### 3.2.1 Izdelava vzorcev

Pripravili smo vzorce za testiranje naravne odpornosti (fungicidne lastnosti), deleža ekstraktivov in izbranih mehanskih lastnosti (upogibna, tlačna trdnost) in kratkotrajnega navzema vode z insekti napadene stare bukovine. Ti vzorci so bili pripravljani iz treh različnih kosov stare bukovine (A, B, C) (Slika 18).



Slika 18: Fini razrez vzorcev stare bukovine

Kose lesa smo nato z krožnim žagalnim strojem (Slika 19) razrezali na manjše kose – vzorce. Zaradi ponovljivosti so morali biti vzorci brez napak npr. grče, razpoke ... Vse vzorce smo nato primerno označili.



Slika 19: Krožni žagalni stroj Proxxon

Poizkus je bil zaradi primerljivosti izveden po podobni shemi, kot ga je zasnoval Thaler (Thaler in Humar, 2013)

### 3.2.1.1 Vzorci za izpostavitve delovanju gliv

Vzorci smo razžagali na velikost 8 mm × 25 mm × 25 mm. Skupno število kosov je bilo 44, za vsako skupino po 15. Vzorci smo nato oštevilčili od 1 do 44 (1 – 15 iz skupine B, 16 – 30 iz skupine C, 31 – 44 iz skupine A).

### 3.2.1.2 Vzorci za določanje upogibne trdnosti in sorpcijskih lastnosti

Vzorci smo razžagali na velikost 5 mm × 20 mm × 50 mm ( $r \times t \times l$ ). Skupno število kosov je bilo 28, 14 vzorcev je bilo izžaganih iz skupine B, 14 pa iz skupine C (pri A skupini so bili zaradi delovanja insektov vzorci preveč uničeni, zato jih ni bilo možno pripraviti). Vzorci smo nato oštevilčili od 1 do 28 (1 – 14 iz skupine B, 15 – 28 iz skupine C).

### 3.2.1.3 Vzorci za določanje deleža ekstraktivov

Vzorci smo razžagali na velikost 8 mm × 25 mm × 25 mm. Skupno število kosov je bilo 90, za vsako skupino po 30. Vzorci smo nato oštevilčili od 1 do 90 (1 – 30 iz skupine A, 31 – 60 iz skupine B, 61 – 90 iz skupine C).

### 3.2.1.4 Vzorci za določanje tlačne trdnosti in navzema vode

Vzorci smo razžagali na velikost 20 mm × 20 mm × 50 mm. Skupno število kosov je bilo 30, za vsako skupino po 15 (pri A skupini so bili zaradi delovanja insektov vzorci preveč uničeni, zato jih ni bilo možno pripraviti). Vzorci smo nato oštevilčili od 1 do 30 (1 – 15 iz skupine B, 16 – 30 iz skupine C).

### 3.2.2 Določevanje fungicidnih lastnosti lesa

Za določanje fungicidnih lastnosti z insekti napadene stare bukovine smo izvajali teste, pri katerih smo uporabili izolate gliv, ki povzročajo rjavo in belo trohnobo.

Uporabili smo naslednje glive:

Bela trohnoba:

- bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm) – Plo5
- pisana ploskocevka (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd) – Tv6
- ognjena kroglica (*Hypoxylon fragiforme* (Pers.) J. Kickx f.) – Hf

Rjava trohnoba

- bela hišna goba (*Antrodia vaillantii* (DC.) Ryvarden) – Pv2
- navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murill) – Gt2

#### 3.2.2.1 Priprava gojišča in steklovine

Za testiranje smo pripravili 44 sterilnih plastičnih petrijev, jih sterilizirali v avtoklavu (Slika 19) pri temperaturi 121 – 124 °C, za 15 minut. Nato smo hranilno gojišče v prahu (Potato Dextrose Agar; Difco) zmešali z destilirano vodo (v 1 liter destilirane vode raztopimo 39 g gojišča) in raztopino nato sterilizirali v avtoklavu (Slika 20) na temperaturi 121 – 124 °C za 15 minut. Raztopino smo nato v brezprašni komori (Slika 21) nalili v plastične petrijevke (po 20 mL na vsako petrijevko).



Slika 20: Avtoklav



Slika 21: Brezprašna komora Iskra Pio

### 3.2.2.2 Izpostavitve vzorcev glivam

Strnjena gojišča smo inokulirali z izbranimi kulturami lesnih gliv (Slika 22) po naslednjem vrstnem redu: po 9 petrijevk bukovega ostrigarja (Plo5), po 9 vzorcev oglene kroglice (Hf), po 9 vzorcev pisane ploskocevke (Tv6), po 9 vzorcev bele hišne gobe (Pv2) in 8 vzorcev navadne tramovke (Gt2).



Slika 22: Izpostavitve vzorcev glivam



Glive smo pustili, da dovolj zrastejo in nato preverili za morebitne okužbe z nezaželenimi glivnimi kulturami. Kontaminirane petrijevke smo zavrgli ter jih zamenjali z novimi svežimi gojišči in jih na novo inokulirali. Tako smo vzgojili neokužene kulture gliv. Ko so glive prerasle micelij, smo v petrijevke vstavili po dva sterilna, stehtana vzorca lesa. Vzorce smo polagali na sterilno plastično mrežico, ki je preprečevala stik vzorcev z gojiščem in s tem omejili pretirano vlaženje lesa. Vzorci so bili glivam izpostavljeni osem tednov.

### 3.2.2.3 Gravimetrično določanje izgube mase

Pred začetkom poizkusa smo stehali vseh 44 vzorcev absolutno suhega lesa, ki smo jih pred tem sušili v laboratorijskem sušilniku (Kambič,  $103 \pm 2$  °C). Po pretečenem času, ko smo vzorce izpostavili glivam, smo jih nato očistili s krpo in jih še vlažne stehali na analitski tehtnici (Slika 23). Nato smo vzorce ponovno sušili 24 h v laboratorijskem sušilniku in jih ponovno stehali.



Slika 23: Analitska tehtnica Sartorius

Razliko v masi smo gravimetrično določili po enačbi:

$$\Delta m = \frac{m^0 - m^2}{m^2} \times 100 [\%] \quad \dots (1)$$

$\Delta m$ ...	sprememba mase [%]
$m_0$ ...	masa absolutno suhega vzorca pred izpostavitvijo delovanju gliv [g]
$m_2$ ...	masa absolutno suhega vzorca po izpostavitvi delovanju gliv [g]

### 3.2.3 Določevanje upogibne trdnosti

Upogibna trdnost je odpor lesnega nosilca med oporoma proti maksimalni sili, ki deluje pravokotno na os nosilca (Slika 24) (Polanc in Leban, 2004).



Slika 24: Preizkus upogibne trdnosti vzorcev lesa

Na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, smo preverili mehanske lastnosti bukovine. Preverjali smo, do kakšne mere je prišlo do sprememb v strukturi lesa. Uporabili smo napravo za določanje mehanskih lastnosti materialov Zwick-Roell na absolutno suhih vzorcih. Pred začetkom smo pripravili stroj, kot to določa standard SIST EN 310, in izvedli tritočkovni upogib. Vzorcem smo z digitalnim kljunastim merilom izmerili debelino in širino ter dobljene vrednosti vnesli v program, kateri je izračunal vrednosti upogibne trdnosti.

### 3.2.4 Določevanje kapilarne navzema vode

Za določanje kapilarne navzema vode smo uporabili vzorce velikosti 50 mm × 20 mm × 20 mm. Vzorce smo nato posušili v laboratorijskem sušilniku Kambič 103 ± 2 °C za 24 h in nato v komori uravnovesili na zračno vlažnost 65 % in temperaturo 25 °C. Na čelu vzorcev smo narisali diagonali in na stičišču zabili žebelj. Vzorec smo nato vstavili v tenziometerski preparat Krüss 100 (Slika 25) in pod vzorec postavili čašo z vodo. S kontrolami preparata smo čašo z vodo približali vzorcu in zagnali program. Naprava je spustila vzorec, da se je ta dotikal vodne površine, nato pa je začela beležiti navzem vode. Merjenje vsakega vzorca je trajalo 200 s, na 2 s pa so se beležili podatki navzema. Zanimalo nas je kolikšna je hitrost vpijanja vode in končni navzem vode po 200 s.



Slika 25: Tenziometer Krüss 100

### 3.2.5 Določevanje tlačne trdnosti

Tlačna trdnost je odpor lesa proti maksimalni sili, ki stiska, tlači les vzporedno s smerjo lesnih vlaken ali pa pravokotno nanje. Največkrat preizkušamo tlačno trdnost v smeri lesnih vlaken. Zaradi obremenitve se celična stena deformira (Polanc in Leban, 2004).

Eksperimentalni del določanja tlačne trdnosti smo opravili v Laboratoriju za preizkušanje lesnih tvoriv Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Vzorce za testiranja smo najprej sušili 24 ur na  $103 \pm 2$  °C v laboratorijskem sušilniku Kambič. Najprej smo vsakemu vzorcu s kljunastim merilom izmerili debelino in širino ter vnesli v program. Nato smo vzorce testirali na napravi za določanje mehanskih lastnosti Zwick-Roell (Slika 26), tako da smo jih postavili v center med dve plošči in nanj pritiskali s silo. Program je nato avtomatično izračunal tlačno trdnost posameznega vzorca.



Slika 26: Testirni stroj Zwick za določanje tlačne trdnosti vzorcev

### 3.2.6 Določanje deleža ekstraktivov

Pripravili smo vzorce za določanje deleža ekstraktivov pri lesu bukve. Vzorce smo najprej sušili 24 ur na  $103 \pm 2$  °C v laboratorijskem sušilniku Kambič ter jim določili maso. Nato smo razdelili vzorce v tri skupine ter za vsako skupino uporabili različno topilo. Uporabili smo cikloheksan, destilirano vodo in 70 % metanol. Vzorce smo zložili v posebne čaše za izpiranje jih pokrili z vato, da se ne premikajo in jih 24 ur izpirali z izbranim topilom. Uporabili smo napravo Büchi, B-811 (Slika27). Po končanem ciklusu, smo vzorce ponovno 24 ur sušili na  $103 \pm 2$  °C v laboratorijskem sušilniku Kambič in stehtali.



Slika 27: Soxhlet aparat za ekstrakcijo Büchi, B-811

Delež ekstraktivov smo izračunali po naslednji enačbi:

$$E = \frac{m^0 - m^1}{m^0} \times 100 [\%] \quad \dots (2)$$

- E...           delež ekstraktivov [%]  
m<sub>0</sub>...       masa absolutno suhega vzorca pred ekstrakcijo [g]  
m<sub>1</sub>...       masa absolutno suhega vzorca po ekstrakciji [g]

### **3.2.7 Analiza rezultatov**

Rezultate smo analizirali in obdelali z računalniškim programom Microsoft Excel 2010. Ko smo podali vse meritve, smo nato izračunali povprečne vrednosti in standardne odklone, kot to priporočajo relativni standardi, ki se uporabljajo na tem področju. Število vzorcev je bilo primerno, kot zahteva standard, vendar premalo za natančno statično analizo. Kakorkoli, primerljivo število vzorcev je bilo uporabljeno tudi v preostalih raziskavah s tega področja (IRG-WP compendium, 2012). V projektni nalogi smo, zaradi lažje predstave, podali le povprečne vrednosti.

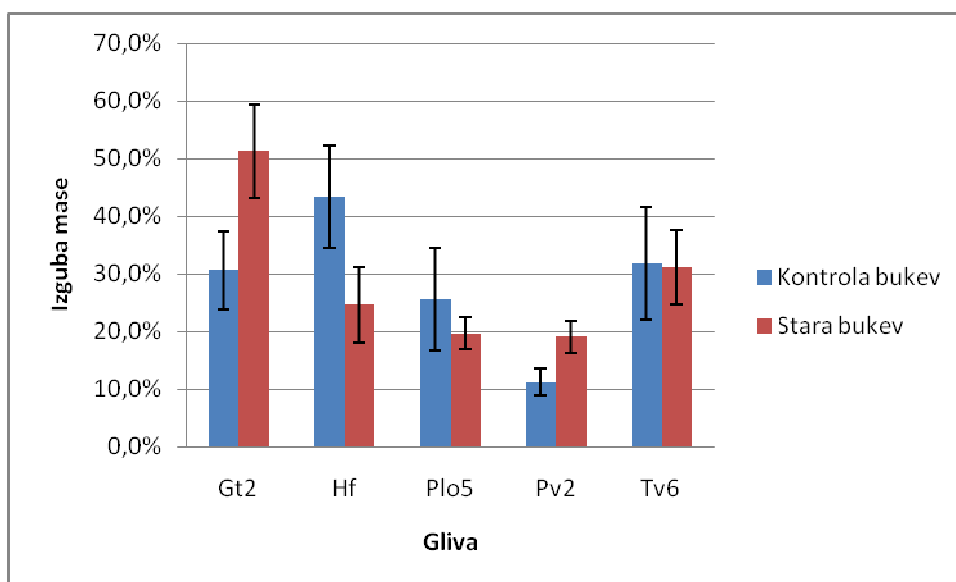
## 4 REZULTATI

### 4.1 FUNGICIDNE LASTNOSTI LESA

Glive razkrojevalke so najpomembnejši škodljivci v našem podnebnem pasu. Odpornost lesa lahko preizkušamo na več načinov. Terenski testi so relativno dolgotrajni in trajajo vsaj nekaj let. Zato smo v okviru te naloge izvedli laboratorijske teste. Glavno merilo pri teh testih je izguba mase. Nižja, ko je izguba mase, bolj odporen je les.

#### 4.1.1 Izgube mase vzorcev stare bukovine po izpostavitvi glivam

Bukovi vzorci so po izpostavitvi glivam v povprečju izgubili 29,2 % svoje mase. Najvišjo povprečno izgubo mase je povzročila tramovka (51,3 %), najnižjo pa bela hišna goba (19,1 %). Zanimivo je, da je izguba mase, zaradi delovanja tramovka, višja od delovanja pisane ploskocevke ali ogljena kroglice, kljub temu, da je tramovka gliva rjave trohnobe. V naravi so na bukovini pogostejše glive bele trohnobe kamor sodita glivi *T. versicolor* in *H. fragiforme* (Slika 28).

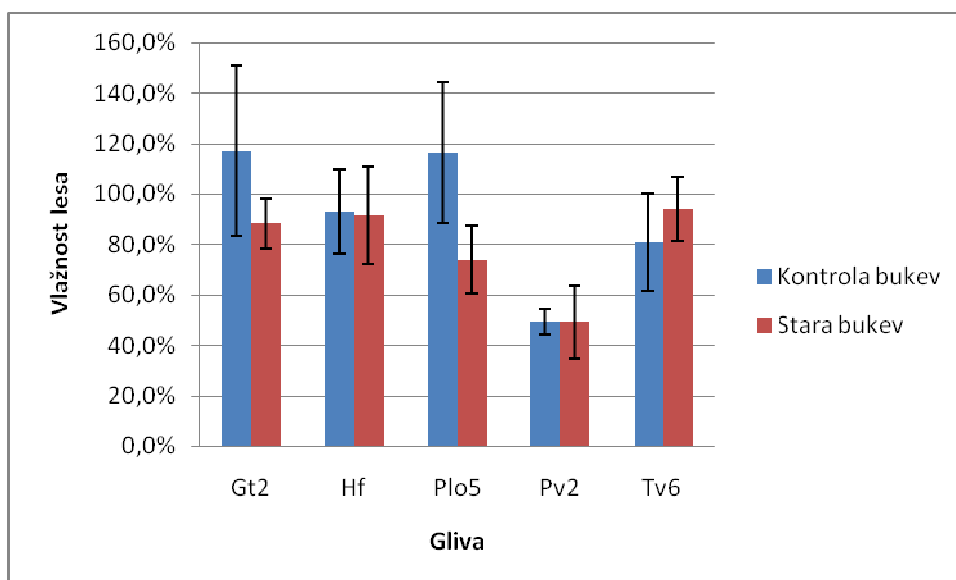


Slika 28: Povprečna izguba mase stare bukovine in kontrole vzorcev bukovine po izpostavitvi glivam. Gt2 – navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Hf - ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*); Plo5 - bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 - bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Tv6 - pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*).

Vpliv staranja lesa na glive ni uniformen. Glivi rjave trohnobe (*G. trabeum* in *A. vaillantii*) sta bolj razkrojili star kot kontrolni les. Pri glivah bele trohnobe pa je opaziti obratno zaporedje. Ta pojav bi lahko pojasnili z dejstvom, da je bil les že delno razkrojen. Na podlagi barve sklepamo, da so ga razkrojile glive, ki povzročajo piravost – glive bele trohnobe. Ker so porabile že del lignina tekom staranja, med izpostavitvijo glivam ni ostal dovolj hranilnih snovi. Po drugi strani med življenjsko dobo ni prišlo do razgradnje celuloze, zato je razkroj z glivami rjave trohnobe intenzivnejši.

#### 4.1.2 Vlažnosti stare bukovine po izpostavitvi glivam

Povprečna vlažnost bukovih vzorcev, je po izpostavitvi glivam znašala 79,4 %, medtem ko pri kontrolnih vzorcih je znašala 91,2 %. Najvišjo vlažnost smo zabeležili pri vzorcih izpostavljenih pisani ploskocevki (94,1 %), najnižjo pa pri tistih, ki jih je razkrojila bela hišna goba (49,3 %). Največje razliko v vlažnosti med kontrolnimi in starimi vzorci zasledimo pri *G. trabeum* in *P. ostreatus* (Slika 29).



Slika 29: Povprečna sprememba vlažnosti kontrolnih vzorcev in vzorcev stare bukovine. Gt2 – navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*); Hf - ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*); Plo5 - bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*); Pv2 - bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*); Tv6 - pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*). (daljice prikazujejo standardne odklone).

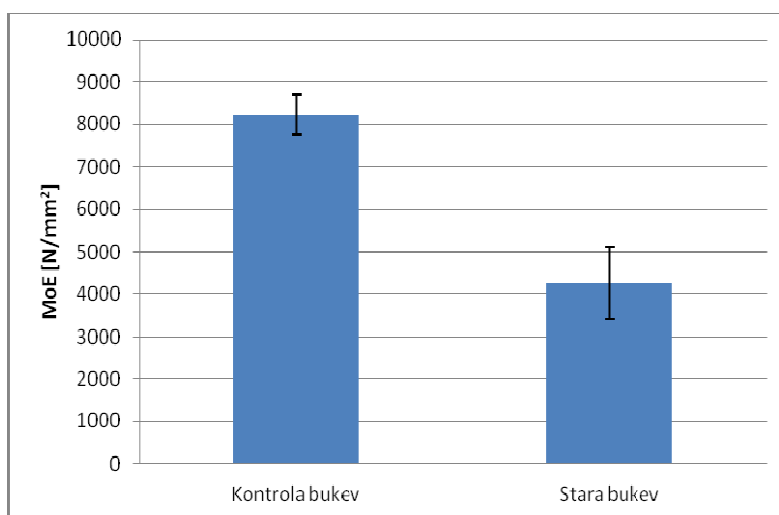


Vlažnost lesa po izpostavitvi glivam je pomembna z več razlogov. Razkroj v suhem lesu ni mogoč, saj encimi za svoje delovanje potrebujejo vlažno okolje. Previsoka vlažnost pa glivam ne ustreza, saj v lesu začne zmanjkovati zraka (kisika), ki je potreben za življenje in delovanje nekaterih encimov.

## 4.2 SPREMEMBA UPOGIBNE IN TLAČNE TRDNOSTI

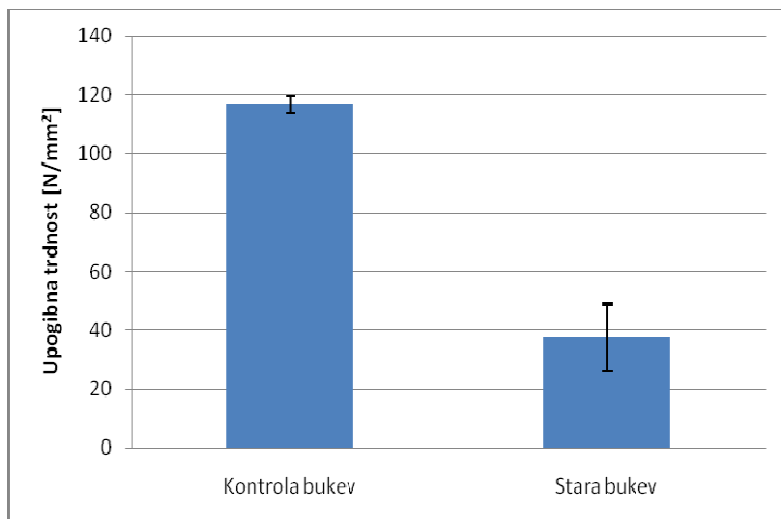
### 4.2.1 Upogibna trdnost

Povprečni modul elastičnosti stare bukovine znaša  $4267,86 \text{ N/mm}^2$ , kontrolnih vzorcev pa  $8221,9 \text{ N/mm}^2$  (Slika 30).



Slika 30: Modul elastičnosti [ $\text{N/mm}^2$ ] - sprememba modula elastičnosti kontrolnih in starih vzorcev bukovine.

Povprečna upogibna trdnost pri stari bukvi znaša  $37,55 \text{ N/mm}^2$ , medtem ko pri kontrolni bukvi znaša  $116,57 \text{ N/mm}^2$  (Slika 31).

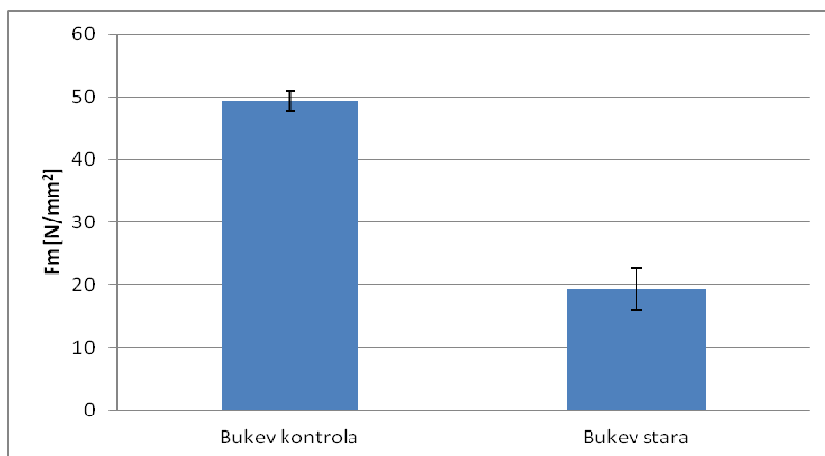


Slika 31: Upogibna trdnost [N/mm<sup>2</sup>] kontrolnih in starih vzorcev bukovine.

Ta podatek kaže na to, da je star les bolj krhek in manj elastičen. Vzrok temu so izletne odprtine navadnih trdoglavcev in rezultat staranja. Če bi na star objekt vgradili nov les, bi zaradi razlike v upogibni trdnosti, lahko prišlo do težav. V primeru, da bi želeli v obstoječem objektu uporabiti star les, bi ga bilo treba ustrezno utrditi z utrjevalci.

#### 4.2.2 Tlačna trdnost

Modul porušitve v tlačni smeri povprečju pri stari bukvi znaša  $19,4 \text{ N/mm}^2$ , kontroli pa  $49,3 \text{ N/mm}^2$  (Slika 32).



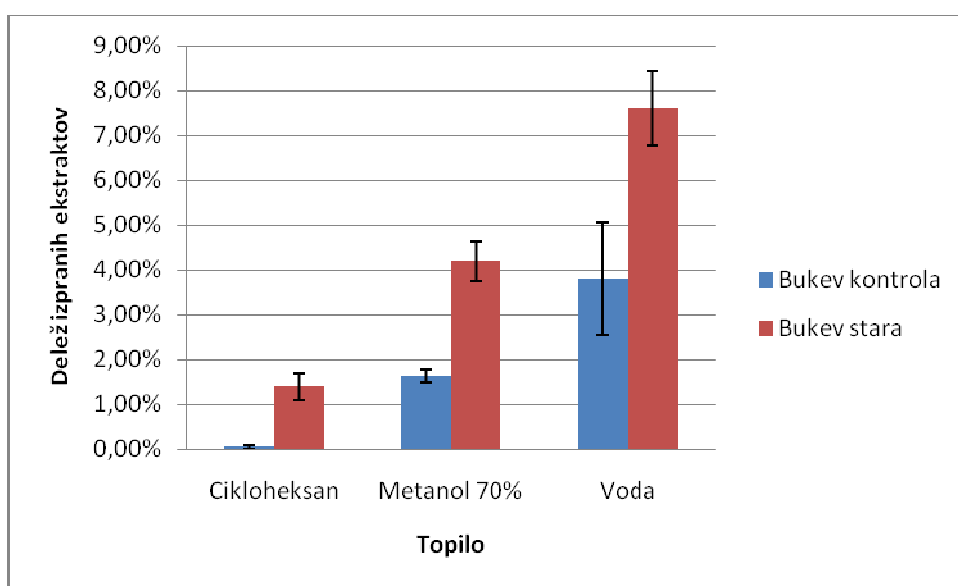
Slika 32: Fm = modul porušitve [N/mm<sup>2</sup>] – sprememba tlačne trdnosti vzorcev kontrolne in stare bukovine.

Ta podatek je primerljiv z modulom elastičnosti (Slika 30), kjer je modul elastičnosti kontrolnih vzorcev še enkrat višji od modula elastičnosti starega lesa. To pomeni, da bi se star les v primeru nenadnih obremenitev prej posedel in posledično zrušil. Rezultati kažejo na bistveno slabše lastnosti stare bukovine zaradi izvrtin trdoglavcev in prvih znakov trohnobe.

### 4.3 DELEŽ EKSTRAKTIVOV V LESU

#### 4.3.1 Delež ekstraktivov v bukovini

Delež izpranih snovi pri stari bukovini so večji od kontrolnih vzorcev. Vrednosti za posamezna topila pri stari bukvi znašajo: Cikloheksan 1,39 % (kontrola 0,06 %), metanol 4,19 % (kontrola 1,63 %), voda 7,60 % (kontrola 3,80 %) (Slika 33).



Slika 33: Delež ekstraktivov [%] iz vzorcev stare bukovine in kontrole izpranih s cikloheksanom, metanolom (70 %) in vode.

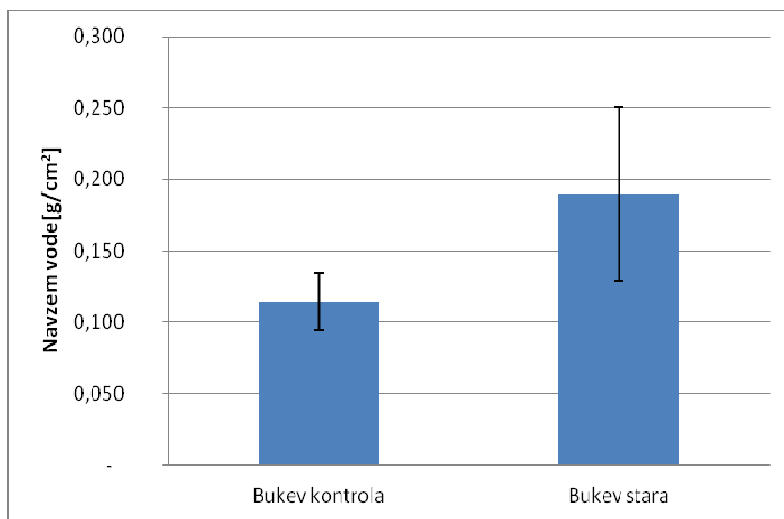
Vzrokov za višji deleže ekstraktivnih snovi v starem lesu bukovine je več. Glive med razkrojem nikoli ne porabijo vseh razgradnih produktov. Zato obstaja verjetnost, da smo z ekstrakcijo izprali del neporabljenih razgradnih produktov iz lesa. Drugi razlog pa verjetno ni povezan z ekstraktivi. Iz lesa smo med ekstrakcijo izprali tudi del larvine. Tako delež ekstraktivov ne odraža le topnih sestavin celične stene lesa, temveč tudi prah, ki se ni držal lesa.

#### 4.4 NAVZEM VODE IN SORPCIJSKE LASTNOSTI

Navzem vode v les je zelo pomemben s praktičnega vidika. Ključno vprašanje je, kaj se dogaja z navzecom vode v delno razkrojen les. Če se med prvimi stopnjami razkroja navzem vode poveča, se bi le to lahko odrazilo v še večjem navzemu vode in posledično intenzivnejšemu razkroju.

##### 4.4.1 Kapilarni navzem vode

Kapilarni navzem vode temelji na navzemu vode z aksialnih površin. Delež aksialnih površin pri kontrolnih vzorcih je relativno majhen, a le ta mesta predstavljajo šibko točko, kjer se razkroj najprej pojavi. Pri starani bukovini je opaziti bistveno večji navzema vode, kot pri kontrolnih vzorcih. Ta znaša  $0,19 \text{ g/cm}^2$ , medtem ko kontrola  $0,114 \text{ g/cm}^2$  (Slika 34).



Slika 34: Navzem vode [g/cm<sup>2</sup>] kontrolne in stare bukovine.

Pri tem lahko sklepamo, da so glavni vzrok za večji navzem vode pri starem lesu izletne odprtine insektov ter delno razkrojen les.

## 5 SKLEPI

Vse glive, ki so jim bili izpostavljeni vzorci, so bile vitalne, saj so učinkovito razkrajale starano bukovino.

Upogibna trdnost, kot tudi tlačna trdnost je pri starani bukovini občutno nižja od kontrolnih vzorcev, zaradi poškodb insektov in delovanja gliv razkrojevalk.

Več ekstraktov smo sprali iz starane bukovine, kot posledica nezadostne razgradnje gliv, kot tudi ekstrakcije prahu v izvrtinah insektov. Največji delež izpranih snovi se je spralo z vodo, kot z organskimi topili.

Pri stari bukovini je bil večji povprečni navzem kapilarne vode.

## 6 POVZETEK

Les, kot naravni material je izpostavljen različnim dejavnikom razgradnje. Večina slovenskih lesov je neodpornih, zato jih skušamo z najrazličnejšimi pripravki podaljšati trajnost lesa. Les v našem podnebnem pasu ogrožajo predvsem glive razkrojevalke. Zato želimo lesu, ki ga uporabljamo v gospodarske namene, podaljšati obstojnost.

Raziskovali smo predvsem biotske dejavnike razkroja na odpornost, mehanske in sorpcijske lastnosti lesa starane bukovine. Vzorce bukovine smo izpostavljali petim glivam: bukovemu ostrigarju, pisani ploskocevki, ogljeni kroglici, beli hišni gobi in navadni tramovki. Gravimetrično smo določali izgubo mase po izpostavitvi omenjenim glivam. Ekstraktive smo izpirali z vodo, cikloheksanom in 70 % metanolom. Za določevanje mehanskih lastnosti smo vzorcem določili upogibno in tlačno trdnost. Ugotovili smo, da glive niso enakomerno razkrajale stare bukovino glede na kontrolno, sveže posekano bukovino. Glive rjave trohnobe so razkrojile več lesa od gliv bele trohnobe, zaradi manjše prisotnosti lignina. Vzorce je najbolj razkrojila navadna tramovka (51,3 %).

Upogibna trdnost se je poslabšala, tako je pri stari bukovini znašala  $37,55 \text{ N/mm}^2$ , medtem ko smo pri kontrolni sveži bukovini zabeležili višje vrednosti ( $116,57 \text{ N/mm}^2$ ). Modul porušitve v tlačni smeri se je v povprečju pri stari bukvi znižal iz  $49,3 \text{ N/mm}^2$  (kontrola), na  $19,4 \text{ N/mm}^2$ . Ta padec je primerljiv z znižanjem modula elastičnosti.

Največ ekstraktivov smo v povprečju sprali z vodo 7,60 % iz starih vzorcev bukve. Delež ekstraktivov v svežem lesu je nižji in znaša 3,80 %. To nakazuje, da smo sprali del neporabljenih produktov, ki so ostali pri razgradnji gliv, kot tudi delcev prahu, ki so bili sprani iz rogov črv.

## 7 VIRI

Baš F. 1984. Stavbe in gospodarstvo na slovenskem podeželju. Ljubljana, Slovenska matica: 382 str.

Bela hišna goba;

<http://www.jaederfeldt.com/~klas.jaederfeldt/svampar/?OpenItemURL=S000BFD>  
A5 (2.april 2015)

Benko R., Kervina-Hamović L. in Gruden M. 1987. Patologija lesa lesna fitopatologija. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardela v Ljubljani VDO Biotehniška fakulteta VTOZD za lesarstvo, Katedra za zaščito lesa: 122 str.

Brus R. 2011. Dendrologija za gozdarje: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.

Bukov ostrigar; <http://www.gobe.si/Slike/PleurotusOstreatus?slika=2> (2.april 2015)

Čufar K. 2006. Anatomija lesa: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Deu Ž. 2001. Stavbarstvo slovenskega podeželja: značilno oblikovanje stanovanjskih hiš. Ljubljana, Kmečki glas: 157 str.

Gorišek Ž. 2009. Les – zgradba in lastnosti lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 178 str.

Humar M. 2008a. Bukov ostrigar – užitna goba, ki jo lahko gojimo tudi doma. Les, 60, 9: 353

Humar M. 2008b. Bela hišna goba. Les, 60, 2: 77



Humar M. 2008c. Tramovka. Les, 60, 4: 159

Humar M. 2009. Ogljena kroglica ali jagodasti skorjeder. Les, 61, 11-12: 451

Humar M. 2012. Odslužen les – še neizkoriščen vir surovin v Sloveniji.

<http://www.gzdbk.si/si/aktualno/uspeh/detajl/?id=1202> (8. okt. 2013)

Karlovshek J. 1939. Slovenski domovi. Ljubljana, Kleinmayr & Bamberg: 191 str.

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

Kervina-Hamović L. 1989. Patologija lesa lesna entomologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 173 str.

Kobe M. 2005 Les v kmečki arhitekturi na Dolžu na Dolenjskem. Diplomsko delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. Za lesarstvo: 105 str.

Lesarski priročnik. 2008. 1. Izdaja. Ljubljana. DZS: 615 str.

Navadna tramovka, Wikipedia; <http://en.wikipedia.org/wiki/Gloeophyllum> (2.april 2015)

Ogljena kroglica; <http://www.pbase.com/nottsfungigroup/image/147905885> (2. april 2015)

Pisana ploskocevka; <http://galerija.foto-narava.com/displayimage.php?pos=-11137>  
(2.april 2015)

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

Prekmurska kmečka hiša:

<http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/naselja/kmecka-hisa.htm> (2. april 2015)

Sedej I. 1989. Sto najlepših kmečkih hiš na slovenskem. Ljubljana, Prešernova družba:  
100 str.

Starček N. 2012. Vpliv biotskih in abiotskih dejavnikov razkroja na odpornost, mehanske  
in sorpcijske lastnosti lesa. Diplomsko delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani,  
Biotehniška fakulteta, Študij biotehnologije: 85 str.

Svetek E. 2011. Ohranimo kozolec!. Celje, Mohorjeva družba: 87 str.

Thaler N., Humar M. 293. Changes of fungicidal, mechanical and sorption properties of  
wood during above ground outdoor exposure. V: Proceedings IRG Annual  
Meeting, Stockholm, Sweden, 16-20 June 2013. Stockholm: IRG, 2013, str. 1-12  
[IRG 13-20513.pdf]

Torelli N. 1990. Les & skorja: slovar strokovnih izrazov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta,  
VTOZD za lesarstvo: 70 str.

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

Žlahtič M. 2013. Vpliv naravnega staranja na izbrane lastnosti smrekovine in kostanjevine.  
Magistersko delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. Za  
lesarstvo: 81 str.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Mihi Humar za njegov čas, znanje in kritike pri izdelavi diplomske naloge in recenzentu prof. Francu Pohlevnu za opravljeno strokovno recenzijo.

Rad bi se zahvalil tudi mlademu raziskovalcu Nejcu Thalerju za pomoč pri eksperimentalnem delu in za pomoč s strokovnimi nasveti.

Iskrena hvala mojim najbližjim za podporo in potrpežljivost pri doseganju zastavljenih ciljev.

Hvala vsem.

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Miha ADAMIČ

**NARAVNA ODPORNOST, DELEŽ EKSTRAKTIVOV  
IN IZBRANE MEHANSKE LASTNOSTI Z INSEKTI  
NAPADENGA LESA ŽE UPORABLJENE BUKOVINE**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2015