

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože PLANINŠIČ

**FUNGICIDNE LASTNOSTI NARAVNO STARANE SMREKOVINE  
IMPREGNIRANE Z BAKROVIMI PRIPRAVKI**

DIPLOMSKI PROJEKT  
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**FUNGICIDAL PROPERTIES OF NATURALLY AGED SPRUCE  
IMPREGNATED WITH COPPER BASED PRESERVATIVES**

B. SC. THESIS  
University studies

Ljubljana, 2014

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

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval prof. dr. Miho Humarja, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Spodaj podpisan se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je projekt, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identičen tiskani verziji.

Jože Planinšič

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Du1  
DK UDK 630\* 841.4.  
KG biocidni proizvodi/smreka/lesne glive/izpiranje/bakrovi proizvodi  
AV PLANINŠIČ, Jože  
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 2014  
IN FUNGICIDNE LASTNOSTI NARAVNO STARANE SMREKOVINE  
IMPREGNIRANE Z BAKROVIMI PRIPRAVKI  
TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij – 1. stopnja)  
OP VIII, 29 str., 10 pregl., 17 sl., 16 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Navadna smreka je najbolj razširjena drevesna vrsta pri nas. Njen les uporabljamo tudi v gradbeništvu. Pri uporabi v višjih razredih izpostavitve je lesne izdelke treba zaščititi pred okužbo gliv in napadi insektov. Podaljšanje trajnosti lesa pomeni nižje stroške vzdrževanja in izboljšanje zanesljivosti infrastrukture. Za zaščito lesa pogosto uporabljamo bakrove pripravke. Da bi preverili stanje bakrove učinkovine pri starejših telekomunikacijskih drogovih in ograji, kjer je bil les globinsko impregniran z bakrovimi pripravki, smo pripravili vzorce za določanje radialne distribucije Cu, za ugotavljanje fungicidnih lastnosti in določanje vezave Cu v lesu. Oba izdelka sta bila v četrtem razredu izpostavitve. Za analize Cu smo uporabili rentgensko fluorescenčno spektroskopijo (XRF). Ugotovili smo, da se vsebnost Cu niža od vrha proti dnu droga. V zgornjem delu droga zasledimo Cu in Cr po celem preseku. Pri kolutu iz srednjega dela sta Cu in Cr še samo v prvih 6 cm. Pri kolutu iz dna pa sta prisotna do 4 cm v globino. Glede na fungicidne lastnosti smo ugotovili, da je vrhnji del droga veliko odpornejši od dna. Vzorci, izdelani iz droga in ograje, so pri izpostavitvi glive "in vitro" v povprečju imeli 14 % izgube mase, ki nam kaže, da les ni več za uporabo. Pri določanju vezave smo prišli do zaključka, da se je pripravek med uporabo izpral do te mere, da z našim poskusom praktično nismo zaznali izpiranja.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du1  
DC UDC 630\* 841.4.  
CX biocidal products/spruce/wood decay fungi/leaching/copper products  
AU PLANINŠIČ, Jože  
AA HUMAR, Miha (supervisor)/POHLEVEN, Franc (co-advisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology  
PY 2014  
TI FUNGICIDAL PROPERTIES OF NATURALLY AGED SPRUCE IMPREGNATED WITH COPPER SUBSTANCES  
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)  
NO VIII, 29 p., 10 tab., 17 fig., 16 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB Norway spruce is one of the most frequent tree species in our region, and it is frequently used for construction applications. When used in higher use classes, it has to be protected against attacks by fungi and insects. Prolongation of wood service life is important for lower maintenance costs and increased reliability of the infrastructure. To protect spruce wood in hazardous environment, copper based wood preservatives are frequently used. To elucidate what is happening with Cu substances in the old telecommunication poles and fence, impregnated with Cu products, samples of various types were prepared for radial distribution of Cu, for determining the fungicidal properties and for determination of Cu fixation in the wood. All investigated material was used in the fourth use class. Using X-ray fluorescence spectroscopy (XRF for Cu analysis) we found out that the content of Cu was lowering from the top to the bottom of the pole. Cu and Cr was traced all over the pole in the upper part of the pole. In the reel cut from the middle part, Cu and Cr were traced only in the first 6 cm; in that taken from the bottom just to 4 cm in the interior. Fungicidal properties revealed the upper part of the pole to be much more resistant than the bottom. An average weight loss of the samples exposed to the fungus '*in vitro*' was 14 %, showing that wood was no longer of use. Fixation experiment clearly indicated that there was no sign of leaching, as the Cu was fixed in wood and all of the unreacted Cu already leached from the wood during its service life.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2 PREGLED OBJAV</b> .....	<b>2</b>
2.1 NARAVNA ODPORNOST LESA IN TRAJNOST.....	2
2.2 RAZREDI UPORABE LESA.....	3
2.3 ZAŠČITA LESA.....	4
2.3.1 Zaščita v višjih razredih uporabe.....	4
2.3.2 Biocidna zaščita .....	5
2.3.3 Bakrovi biocidni proizvodi .....	5
2.4 SMREKOV LES.....	6
2.5 GLIVE.....	7
2.5.1 Navadna tramovka ( <i>Gloeophyllum trabeum</i> ).....	7
2.5.2 Ogljena kroglica ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> ) .....	8
2.5.3 Bukov ostrigar ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	9
2.5.4 Bela hišna goba ( <i>Antrodia sp.</i> ) .....	10
2.5.5 Pisana ploskocevka ( <i>Trametes versicolor</i> ).....	11
2.6 MATERIALI.....	13
2.6.1 Vzorci.....	13
2.6.2 Glive.....	13
2.6.3 XRF spektrometer.....	13
2.7 METODE.....	14
2.7.1 Priprava vzorcev.....	14
2.7.1.1 Vzorci za določanje razporeditve bakrovih učinkovin po preseku.....	14
2.7.1.2 Vzorci za izpostavitve glivam.....	15
2.7.1.3 Vzorci za izpiranje bakra .....	15
2.7.2 Določanje razporeditve bakra po preseku.....	16
2.7.3 Določanje fungicidnih lastnosti lesa .....	16
2.7.4 Izpiranje bakra .....	18
<b>3 REZULTATI Z RAZPRAVO</b> .....	<b>19</b>
3.1 DOLOČANJE RAZPOREDITVE BAKRA IN KROMA PO PRESEKU DROGA .....	19
3.2 DOLOČANJE FUNGICIDNIH LASTNOSTI LESA .....	22
3.2.1 Fungicidne lastnosti droga.....	22

3.2.2	Fungicidne lastnosti ograje.....	23
3.2.3	Izgube mas.....	24
3.3	IZPIRANJE BAKRA.....	25
4	SKLEPI.....	27
5	VIRI.....	28

## ZAHVALA

## KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Življenjska doba lesa v stiku z zemljo. Podatki veljajo za jedrovino. Preglednica je prirejena po standardu SIST EN 350-2. ....	2
Preglednica 2: Razredi izpostavitve po SIST EN 335 1/2, 2006 .....	3
Preglednica 3: Uporaba biocidov v posameznem razredu uporabe (Humar, 2010) .....	5
Preglednica 4: Prikazuje čase ciklov, po standardu SIST EN 1250-2 (1994).....	18
Preglednica 5: Izguba mase in vlažnost lesa vrha in dna droga, v zunanjem (impregniranem) in notranjem (neimpregniranem) delu.....	23
Preglednica 6: Izguba mase in vlažnost lesa ograje, v notranjem (neimpregniranem) in zunanjem (impregniranem) delu .....	24
Preglednica 7: Povprečna izguba mase lesa za posamezno glivo .....	24
Preglednica 8: Koncentracija Cu v izpirkih iz notranjega in zunanjega dela vrha droga .....	25
Preglednica 9: Koncentracija Cu v izpirkih iz notranjega in zunanjega dela pete droga.....	25
Preglednica 10: Koncentracija Cu v izpirkih iz notranjega in zunanjega dela ograje.....	26

## KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Nezaščiten les bukovine, pojav glive že po pol leta (Foto: M. Humar) .....	4
Slika 2: Les navadne smreke (Spruce, 2014) .....	7
Slika 3: Plodišče navadne tramovke ( <i>G. trabeum</i> (Pers.: Fr.) Murr) (Foto: M. Humar, 2008) .	8
Slika 4: Ogljena kroglica (vidna mlada trosišča) (Foto: M. Humar, 2005) .....	9
Slika 5: Plodišče bukovega ostrigarja (Foto: M. Humar, 2008) .....	10
Slika 6: Rizomorfi bele hišne gobe najdene v gozdu na podzemnih delih hlodovine (Foto: M. Humar, 2008) .....	11
Slika 7: Plodišče pisane ploskocevke (Foto: F. Pohleven) .....	12
Slika 8: Rengentski flourescenčni spektrometer (Foto: M. Humar, 2007) .....	14
Slika 9: Vzorec za izpostavitve glivam (Foto: J. Planinšič, 2013).....	15
Slika 10: Vzorci, ki smo jih uporabili pri izpiranju (Foto: J. Planinšič, 2013) .....	15
Slika 11: Vstavljena vzorca (Foto: J. Planinšič, 2013) .....	17
Slika 12: Vzorca prekrita z micelijem (Foto: J. Planinšič, 2013) .....	17
Slika 13: Vzorci pripravljene za izpiranje (Foto: J. Planinšič, 2013).....	18
Slika 14: Razporeditev bakra in kroma po plasteh vrhnjega koluta droga .....	19
Slika 15: Razporeditev bakra in kroma po plasteh osrednjega dela droga .....	20
Slika 16: Razporeditev bakra in kroma po plasteh koluta iz dna droga.....	21
Slika 17: Izguba mase v odvisnosti od vlage .....	25



## 1 UVOD

V zadnjem času les vedno bolj pridobiva na pomenu v gradbeništvu. V kolikor želimo neodporne lesne vrste uporabljati na prostem, jih je potrebno zaščititi. Večina slovenskih lesnih vrst ima neodporen les, med njimi tudi pri nas najbolj razširjena navadna smreka. Z namenom izdelkom podaljšati življenjsko dobo v bolj izpostavljenih okoljih, najpogosteje uporabljamo bakrove pripravke. Pri načrtovanju lesenih objektov je eden pomembnejših podatkov informacija o življenjski dobi lesa in stroški vzdrževanja. Les je, podobno kot drugi gradbeni materiali, izpostavljen abiotskim in biotskim dejavnikom razgradnje, ti pa vplivajo na njegove lastnosti in trajnost.

Navadna smreka je v Evropi, kot tudi v Sloveniji, ena glavnih lesnih vrst v gradbeništvu, saj jo je lahko obdelovati in sušiti ter ima odlično razmerje med gostoto in mehanskimi lastnostmi. Slabost predstavlja njena neodpornost na glive in insekte. Ob nepravilni uporabi ima zelo kratko življenjsko dobo, ki pride do izraza še posebej, ko les uporabljamo v višjih razredih izpostavitve, kje je vlažnost lesa ves čas relativno visoka. Tako nastanejo dobri pogoji za rast gliv. Da bi se izognili razkroju, moramo les zaščititi. Pri zaščiti nimamo na voljo veliko učinkovitih biocidnih proizvodov. Zelo pogosto se uporablja bakrove pripravke, s katerimi je bil zaščiten tudi telekomunikacijski drog in ograja, ki smo ju proučili v tem diplomskem projektu.

Cilji naloge:

- Določiti vpliv staranja na radialno distribucijo bakrovih učinkovin v lesu
- Določiti vpliv staranja na vezavo bakrovih proizvodov
- Določiti vpliv staranja na fungicidne lastnost lesa, impregniranega z bakrovimi proizvodi

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 NARAVNA ODPORNOST LESA IN TRAJNOST

Les se že od nekdaj uporablja kot gradben material. Z njim že tisočletja gradimo bivališča. Vseskozi pa se soočamo z njegovo trajnostjo, ki pa je dokaj kratka. Na njegovo trajnost vpliva ob zaščiti s kemikalijami tudi ravnanje z njim. Na odpornost pa vplivajo tudi njegove kemične sestavine, kot so ekstraktivi in smole (Humar, 2009).

Naravna odpornost je lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in pomeni njegovo dovzetnost za škodljivce (Gliha, 2008). Humar (2009) pojasnjuje, da na odpornost lesa smreke vpliva tudi to na kakšnih tleh raste drevo, če raste na revnih tleh bo rastlo počasneje in bo tudi odpornejše, kot pa to, ki je rastlo na bogatih tleh in hitro. Naravna odpornost je odvisna tudi od anatomske zgradbe.

Trajnost je čas, v katerem les ohrani svoje naravne lastnosti (Humar, 2010). Odvisna je od naravne odpornosti, načina in mesta uporabe ter kemične zaščite.

Lesove drevesnih vrst po standardu SIST EN 350-2, glede na naravno odpornost delimo na pet skupin (Preglednica 1). Razvrščamo jih od zelo odporne do zelo občutljive. Najbolj odporen del drevesa je jedrovina, saj ima največjo vsebnost ekstraktivov, beljava pa je veliko bolj dovzetna za škodljivce.

Preglednica 1: Življenjska doba lesa v stiku z zemljo. Podatki veljajo za jedrovino. Preglednica je prirejena po standardu SIST EN 350-2.

Razredi odpornosti	Življenjska doba (Leta)	Drevesna vrsta
1 - Zelo odporne	20 +	robinija (1-2), iroko, tik
2 - Odporne	15 - 20	kostanj, dob, tisa
3 - Zmerno odporne	10 - 15	oreh, macesen, bor (3-4)
4 - Neodporne	5 - 10	smreka, jelka, brest
5 - Zelo občutljive	< 5	javor, breza, bukev, topol

## 2.2 RAZREDI UPORABE LESA

Način uporabe lesa ima lahko velik vpliv na življenjsko dobo lesa. Zato glede na ogroženost, lesne izdelke razvrščamo v pet razredov uporabe, ti razredi prikazujejo, kako vplivata mesto in način uporabe na življenjsko dobo lesa. Te predpisuje standard SIST EN 335 1/2, 2006 (Preglednica 2).

Preglednica 2: Razredi izpostavitve po SIST EN 335 1/2, 2006

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

## 2.3 ZAŠČITA LESA

Zaščita lesa sega daleč v zgodovino, kjer je kot prvi znani zapis o zaščiti lesa v Svetem pismu (4000 p.n.š.)

Les je razgradljiv material in nanj vplivajo abiotski in biotski dejavniki. Ker pa hočemo, da bi les zdržal dlje, ga zaščitimo. Z zaščito tako dosežemo, da lahko uporabljamo manj odporne drevesne vrste na mestih, kjer bi to bilo brez zaščite nemogoče. Trajnost lesa s tem podaljšamo in imamo nižje stroške pri nabavi lesa.

### 2.3.1 Zaščita v višjih razredih uporabe

Pri višjih razredih izpostavitve igra glavno vlogo vlaga lesa. Četrty in peti razred sta najbolj kritična. V teh razredih je vedno prisotna in zato je les zelo izpostavljen glivam. Izdelki so ves čas v stiku z zemljo ali vodo, kar povzroča nenehno navlaževanje lesa. Glive vse to s pridom izkoriščajo in življenjska doba lesa drastično pade (Slika 1). Neodporen les je zato nujno potrebno ustrezno zaščititi, če nečemo imeti stroškov z nenehnim menjavanjem le tega. Tudi, če uporabimo različne pripravke, moramo uporabiti takšne, ki se ne izpirajo iz lesa.



Slika 1: Nezaščiten les bukovine, pojav glive že po pol leta (Foto: M. Humar)

### 2.3.2 Biocidna zaščita

Biocidi so aktivne snovi namenjene za uničevanje, odvracanje, preprečevanje delovanja, ali za kakršenkoli drugačen vpliv na škodljive organizme na kemijski ali biološki način. Glede na kemijsko sestavo jih delimo na anorganske in organske. Glede na ciljni organizem pa na insekticide in fungicide (Humar 2010).

Biocidni proizvodi so zmesi, ki vsebujejo eno ali več aktivnih snovi, pripravljenih v obliki, v kakršni se dobavljajo uporabniku. Namenjeni so za zaščito lesa. (Humar, 2010).

Vsak razred izpostavitve zahteva drugačno biocidno učinkovino (Preglednica 3).

Preglednica 3: Uporaba biocidov v posameznem razredu uporabe (Humar, 2010)

Razred	Biocidno sredstvo
I	Pogosto ni potrebna zaščita. <ul style="list-style-type: none"><li>• Borove spojine</li><li>• Juvenilni hormoni</li><li>• Piretroidi</li></ul>
II	<ul style="list-style-type: none"><li>• Borati (v kombinaciji s površinskimi premazi)</li><li>• Triazoli</li><li>• Piretroidi</li><li>• QUAT</li><li>• IPBC</li></ul>
III	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baker etanol-aminski pripravki</li><li>• Triazoli kombinacija s karbamati in piretroidi</li></ul>
IV	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baker etanol-aminski pripravki</li><li>• Kreozotno olje</li><li>• CCB</li></ul>
V	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baker etanol-aminski pripravki</li><li>• Kreozotno olje</li><li>• CCB, CCA</li></ul>

### 2.3.3 Bakrovi biocidni proizvodi

Baker je element, ki je vsesplošno razširjen. Najdemo ga tako v zemlji, kot tudi v morju. V periodnem sistemu je prehodna kovina. Kot najpomembnejši fungicid se uporablja že od leta 1838. Njegove spojine uporabljajo tudi v vinogradih za zaščito vinske trte (Humar, 2010).

V zaščiti lesa uporabljamo naslednje bakrove spojine:

- Bakrov hidroksid karbonat ( $\text{CuCO}_3 - \text{Cu(OH)}_2$ )
- Bakrov oksid ( $\text{CuO}$ )
- Bakrov sulfat ( $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ) (v EU prepovedan)
- Bakrov klorid ( $\text{CuCl}$ ) (v EU prepovedan)
- Bakrov oktanoat (v EU prepovedan)

Uporaba bakrovih učinkovin ima pozitivne in negativne vplive. Eden od pozitivnih razlogov je, da so že ob nizkih koncentracijah strupeni za glive, alge in bakterije. Po drugi strani pa niso strupeni za višje rastline. Bakrove spojine so tudi ene najbolj varnih med biocidi in imajo nizko ceno, glede na ostale. Slaba stran bakrovih spojin je, da se iz lesa izpirajo, so samo fungicid in neučinkoviti proti insektom. Tudi nekatere glive jih v manjših koncentracijah lahko tolerirajo. Baker spada med težke kovine in zaradi tega lahko pride do bioakumulacije. Zaradi teh njegovih slabosti, baker uporabljamo v kombinaciji z drugimi spojinami (Povzeto po Humar, 2010).

Baker lahko kombiniramo s kromovimi spojinami (CCA, CCP, CCB...), z amini, z amonijakom ali pa ga uporabljamo v obliki nanodelcev.

## 2.4 SMREKOV LES

Znanstveno ime navadne smreke je *Picea abies* (L.). Spada v družino borovk. Je najbolj razširjena drevesna vrsta pri nas. Zaradi gospodarjenja z gozdovi, se je razširila po vsem kontinentu (Čufar, 2006).

Smreka ima mehak les, s srednjo gostoto med  $350 \text{ kg/m}^3$  in  $640 \text{ kg/m}^3$ . Beljava in jedrovina se barvno ne ločita. V mladosti je les rumenkastobelega barve, v starosti pa lahko postane tudi rumenkastorjav (Slika 2). Prehod med ranim in kasnim lesom je postopen. Pri smreki se pogosto pojavljajo smolni žepki.

Les smreke je neodporen proti insektom in glivam, kar je ena njegovih glavnih pomanjkljivosti. Pri uporabi na prostem mora biti pravilno vgrajen oziroma ustrezno zaščiten (Korošec, 2010).

Glavna prednost smreke je v tem, da ima ravna polnolesna debla, les ima razmeroma visoko trdnost ob razmeroma nizki gostoti, široko uporabnost ter je na razpolago v zadostnih količinah (Korošec, 2010).



Slika 2: Les navadne smreke (Spruce, 2014)

## 2.5 GLIVE

V okviru tega diplomskega projekta smo preučili odpornost starega zaščitenelega lesa na lesne glive. Podrobneje so opisane glive, ki so bile uporabljene pri eksperimentalnemu delu.

### 2.5.1 Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)

Navadna tramovka (*G. trabeum* (Pers.: Fr.) Murr) spada v rod tramovk (*Gloeophyllum* sp.), katerega vrste spadajo med najbolj kozmopolitanske. Glive, pod katere spada tudi prej omenjena navadna tramovka, opisane pod tem rodом so: rjava ali hojeva tramovka (*G. abietinum* (Bull.:Fr.) P. Karsten), ki razkrajata smreko in jelko; sivo rjava (*G. sepiarium* (Wulfen: Fr.) P. Karsten), ki razkrajata borovino; navadna pa razkrajata listavce in iglavce. Gliva je prisotna predvsem tam, kjer zamaka voda zaradi površne gradnje kritine. Razmnožuje se tudi na imunsko manj odpornih drevesih. Njihov temperaturni optimum je nekoliko nad povprečjem ostalih lesnih gliv, in sicer med 26 in 35 °C, vlažnost pa med 40 in 60 %. Razkrojeni les se cepi po letnicah v obliki različno velikih prizem in ima značilen sladkast vonj, ki spominja na katran. »Bolezen« oz uničenje zdravega lesa, ki nastane zaradi tramovk se imenuje rjava trohnoaba. Okužen les prepoznamo, ko je za zaščito le tega že prepozno, saj se micelij na izpostavljeni svetlobi oz. na vidnih mestih ne razrašča. Okužbo prepoznamo šele, ko iz razpokanega lesa poženejo klobuki oz. trosnjaki. Spodnja stran klobuka je sestavljena iz vzdolžno razvrščenih lamelastih trosišč. Hojeva tramovka ima trosnjak sive barve z gostoto lamel 8 do 12 na cm s svetlo roza rastočim robom. Sivo rjava tramovka ima plodišča rjave barve s svetlejšo obrobo. Navadna tramovka ima klobuke oker do rjave barve z najgostejšimi lamelami od 20 lamel do 40 lamel na cm (Slika 3). Tramovke imajo na splošno visoko toleranco na temperaturna in vlažnostna nihanja, zato jih lahko najdemo praktično povsod (Humar, 2008).



Slika 3: Plodišče navadne tramovke (*G. trabeum* (Pers.: Fr.) Murr) (Foto: M. Humar, 2008)

### 2.5.2 Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)

Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme* (Pers.: Fr.) J. Kickx.), imenovana tudi jagodasti skorjeder, spada med glive razkrojevalke oz. ti. saprofite. Po klasifikaciji na osnovi trosišč, spada med zaprtotrosonice Ascomycotina in sicer med glive bele trohnobe. Okuži nefunkcionalne veje predvsem bukve. Najdemo pa jo tudi na odmrlih delih breze, gabra, jelše, topola, lipe in hrasta. V laboratorijskih pogojih v 16 tednih razkroji povprečno 40 % mase bukovine. Med drugimi je tudi povzročiteljica piravosti, saj lahko na lesu uspeva več let. Gliva je kot razkrojevalka organskih onesnažil uporabna pri procesu bioremediacije in tudi v zdravilne namene kot zaviralka AIDS-a. Ogljena kroglica ima sestavljene trosnjake brez beta. Trosnjaki zrastejo med junijem in novembrom sama ali pa v skupinah. Če trosnjak kroglice prerežemo, že s prostim očesom na trosišču opazimo značilne peritecije ( $r =$  od 250  $\mu\text{m}$  do 400  $\mu\text{m}$ ). Mladi jagodasti skorjederji so lahko sivi, kasneje rozardeči do temnorjavi. Iz peritecijev pa se sprostijo zrele črne spore, katere opazimo v vseh letnih časih. Ko se iz peritecijev sprostijo črne spore, površina trosnjaka potemni in končno stroma postane skoraj črna kot oglje (Slika 4). Od tod tudi izvira ime ogljena kroglica (Humar, 2009).





Slika 4: Ogljena kroglica (vidna mlada trosišča) (Foto: M. Humar, 2005)

### 2.5.3 Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*)

Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer) znan kot zelo dobra užitna goba spada med glive razkrojevalke lesa. Zaradi užitnih trosnjakov glivo gojijo za namen prehrane. Je preprost za gojenje, zato ga gojijo tudi doma. Najpogosteje ga najdemo na lesu bukve. Njegova oblika spominja na ostrige, od tod izvira tudi njegovo ime bukov ostrigar. Redkeje se nahaja na lesu iglavcev. Navadno na konstrukcijskem lesu ne povzroča škode. V novejšem času pa poročajo o škodi, ki jo ostrigar povzroča na vezanih in ivernih ploščah. Zaradi tega se najpogosteje uporablja za testiranje odpornosti ivernih in OSB plošč proti trohnenju. Optimalna temperatura za rast glive je okoli 27 °C, vlažnost pa med 60 in 80%. Tvorbo trosnjaka sproži nižja temperatura in sicer ta zraste pri 15 °C, torej je za rast potreben temperaturni šok. Od tod tudi ime zimski ostrigar. Trosnjaki so od sivorjave do rumenkastorjave barve (Slika 5). Ostrigar povzroča tipično belo trohno. Glivo lahko izkoristimo za bioremediacijo in tudi v medicinske namene. Priznani strokovnjak Paul Stamets poroča, da uživanje bukovega ostrigarja deluje protivnetno, uravnava krvni tlak, znižuje raven sladkorja in holesterola v krvi, pospešuje celjenje ran ter izboljšuje delovanje imunskega sistema (Humar, 2008).



Slika 5: Plodišče bukovega ostrigarja (Foto: M. Humar, 2008)

#### 2.5.4 Bela hišna goba (*Antrodia sp.*)

Bela hišna goba, najpogosteje strokovno imenovana *Antrodia vaillantii* (DC.: Fr.) Ryv, je znana kot gliva, ki lahko razkraja tudi zaščiten les. Pod imenom bela hišna goba je znanih več vrst: *Oligoporus placenta*, *Postia placenta*, *Poria monticola*, *Postia monticola* in *Poria vaillantii*. Najpogosteje jo najdemo v kletih, rudnikih, gozdu, na skladiščih in v drugih podobnih bivališčih. Najdemo jo v tropskem in zmernem pasu, kjer je primerna vlažnost in toplota za njeno rast. Optimalna temperatura se nahaja med 26 in 27 °C, vlažnost pa med 35 do 45%. Trosnjaki so dobro prirasli na podlago, najdemo jih pa le redko. Glivina značilna prepoznavnost je po belih rizomorfih, ki gradijo gladki preplet po lesni površini (Slika 6). Izloča oksalno kislino, katere dokaz so kristali kalcijevega oksalata v okuženih predelih lesa. Gliva zelo dobro tolerira bakrove pripravke, ki pa so najbolj pogosta zaščitna sredstva lesa. Najbolj tolerantni izolati lahko rastejo celo na hranilnem gojišču, ki vsebuje 8000 ppm bakra ali impregniranem lesu, ki vsebuje do 30 kg bakra/m<sup>3</sup>. Zaradi te lastnosti jo lahko uporabljamo za mikroremediacijo nerabnega zaščitnega lesa (Humar, 2008).



Slika 6: Rizomorfi bele hišne gobe najdene v gozdu na podzemnih delih hlodovine (Foto: M. Humar, 2008)

### 2.5.5 Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)

Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilat ali *Coriolus versicolor* (L. ex Fr.) Quel) je dobro poznana gliva razširjena praktično povsod. Najpogosteje jo najdemo na bukovini. Na lesu povzroča belo trohno, kar pomeni, da razkrajja predvsem lignin, celuloza pa ostaja v prebitku, kar se izrazi v značilni beli barvi strohnelega lesa. Temne črte na okuženem lesu pomenijo kompeticijo te glive z ostalimi, ta tip trohno se imenuje piravost. Klobučki, ki izraščajo iz lesa so pisani od temno rjave do rumenkaste barve, zraščajo pa kar en čez drugega. Zaradi te lastnosti izvira tudi njeno ime. Na spodnji strani klobučka se nahaja trosišče, ki je bele barve. Gobo lahko uporabljamo v zdravilne namene s pripravki čajev, za kuho pa žal ni primerna zaradi njene žilavosti. Nekajletne osebnosti izkušnje z bolniki kažejo, da je polisaharid, pridobljen iz pisane ploskocevke, od vseh gob najbolj uspešen pri zdravljenju raka. Uporabna pa je tudi v mikroremediaciji (Pohleven, 2008) (Slika 7).



Slika 7: Plodišče pisane ploskocevke (Foto: F. Pohleven)

## MATERIAL IN METODE

### 2.6 MATERIALI

#### 2.6.1 Vzorci

Vzorci, ki smo jih uporabili, so bili iz smrekovega lesa. Izrezani so bili iz ograje in lesenega droga z Butajnovce, ki sta bila impregnirana z bakrovimi pripravki in sta se več let nahajala v četrtemu razredu izpostavitve.

Za določanje razporeditve Cu po preseku, smo uporabili vzorce iz smrekovega koluta, ki je bil odvzet iz vrha, sredine in dna droga.

Za izpostavitve glivam in izpiranje smo uporabili vzorce iz ograje in droga. Vzorci so bili iz zunanega dela droga in ograje ter notranje strani zunanega dela.

#### 2.6.2 Glive

Glive, ki smo jih uporabili pri izpostavitvi so bile:

- navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)
- ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)
- bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*)
- bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*)
- pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)

Miceliji gliv so bili vzeti iz Zbirke industrijskih organizmov (ZIM) (Raspor in sod., 1995).

#### 2.6.3 XRF spektrometer

Za analize vsebnosti bakra in kroma smo uporabljali rentgenski fluorescenčni spektrometer Twin-X (XRF) znamke Oxford instruments (Slika 8). Osnova metode XRF je vzbujanje (ionizacija) atomov (predvsem v K in L lupini) in nato relaksacija vzbujenega (ioniziranega) atoma. S to metodo se, da določati elemente od Mg (12) do U (92). Določamo lahko vzorce v tekoči, prašni ali trdni obliki (Humar, 2007).



Slika 8: Rengentski flourescenčni spektrometer (Foto: M. Humar, 2007)

## 2.7 METODE

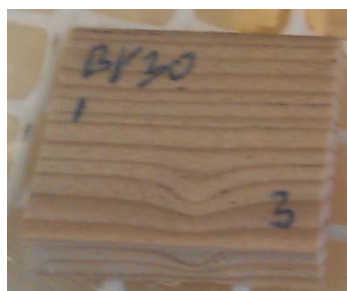
### 2.7.1 Priprava vzorcev

#### 2.7.1.1 Vzorci za določanje razporeditve bakrovih učinkovin po preseku

Iz smrekovih kolutov, ki so bili odvzeti iz vrha, sredine in dna droga smo iz zunanje strani proti notranji klesali obod za centimeter debeline. Vse te lesene koščke smo vstavljali v kozarce ter označevali kako si sledijo po vrsti od zunaj proti notranjosti; vsako plast v ločen kozarec. Nato smo vsak del posebej zmleli v mlinu RETCH SM 2000 in iz premletega lesa na v stiskalnici Chempex izdelali lesene tablete ( $r = 16 \text{ mm}$ ) za XRF analizo. Za vsako plast smo pripravili po tri tablete.

### 2.7.1.2 Vzorci za izpostavitvev glivam

Vzorci ograje in droga smo našagali na namiznem krožnem žagalnem stroju. Iz ograje smo naredili pet krat po tri vzorce iz zunanlega dela in enako za notranji - slabše impregniran del. Iz droga pa pet krat po tri vzorce iz zunanlega dela kosa, ki je bil odvzet iz vrha droga in dna droga. Deske, iz katerih smo izžagali vzorce, so bile iz zunanlega dela droga in ograje. Dimenzije vzorcev so bile:  $25 \times 25 \times 8$  mm. Vseh vzorcev je bilo 90. Vse smo označili in obrusili z brusilnim papirjem (Slika 9). Za izpostavitvev smo uporabili po tri vzorce za posamezno glivo. V vzorcih smo pred izpostavitvijo določili še vsebnost Cu in Cr.



Slika 9: Vzorec za izpostavitvev glivam (Foto: J. Planinšič, 2013)

### 2.7.1.3 Vzorci za izpiranje bakra

Za izpiranje bakra smo vzorce (enako kot za izpostavitvev glivam) našagali na namiznem krožnem žagalnem stroju, iz vzporednih delov droga oziroma ograje. Vseh vzorcev je bilo 36, iz ograje 12 vzorcev, 6 zunanji del (impregniran) in 6 notranji (neimpregniran). Tudi iz zgornjega in spodnjega dela drogu smo pripravili primerljivo število vzorcev. Dimenzije vzorcev so bile  $50 \times 25 \times 15$  mm (Slika 10).



Slika 10: Vzorci, ki smo jih uporabili pri izpiranju (Foto: J. Planinšič, 2013)

### **2.7.2 Določanje razporeditve bakra po preseku**

Tablete, ki smo jih naredili iz plasti kolotov, smo uporabili za določanje vsebnosti Cu po presekih. Za meritve vsebnosti smo uporabili XRF spektrometer. XRF spektrometer (Slika 9) v enem ciklu analizira 10 vzorcev, katere zložimo v posebne namenske posodice, dno posodice pa se zaščiti s prozorno folijo za analizo brez dodanih težkih kovin (Oxford Instruments). Meritve so bile opravljene s PIN-detektorjem ( $U = 26 \text{ kV}$ ,  $I = 112 \text{ } \mu\text{A}$ ,  $t = 360 \text{ s}$ ).

### **2.7.3 Določanje fungicidnih lastnosti lesa**

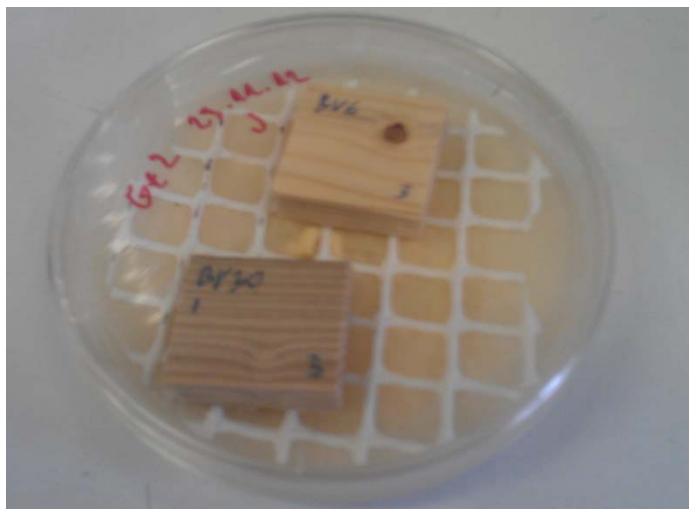
Vzorci, opisane v poglavju 3.2.1.2, smo po izdelavi sušili v laboratorijskem sušilniku, kjer so bili 24 ur izpostavljeni temperaturi  $103 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Po kondicioniranju v eksikatorju smo jih še pred izpostavitvijo glivam stehali na analitski tehtnici in določili maso v absolutno suhem stanju. Odpornost lesa na glive smo določili v skladu z modificiranim standardom SIST EN 113.

Za izpostavitve vzorcev glivam smo uporabili gojišče, ki smo ga po navodilih proizvajalca pripravili iz destilirane vode in krompirjevega dekstroznega agarja v prahu (PDA), proizvajalec Difco (39 g/L).

Pred vstavljanjem vzorcev v petrijevke, je bila potrebna inokulacija medija z micelijem gliv. V laminariju smo v sterilnih pogojih s kovinsko spatulo vstavljali vcepke petih različnih vrst gliv v petrijevke. Pred vsako inokulacijo smo spatulo dodatno razkužili z alkoholom in plamenom. Za preprečitev okužb, smo vsako petrijevko zaprli s pokrovom in še dodatno zaščitili s PVC folijo. Petrijevke smo v rastni komori pustili en teden, da se je micelij razrastlel po gojišču. Po enem tednu smo začeli z inkubacijo vzorcev. Najprej smo opravili kontrolo gojišč, če je kje prišlo do okužbe ter izbrali devet neokuženih petrijevok za vsako vrsto glive.

V vsako petrijevko smo najprej vstavili mrežico, ki preprečuje direkten stik vzorca z glivo in gojiščem. Nato smo vstavili še po dva vzorca na petrijevko; eden iz zunanega dela in drugi iz notranjega (Slika 11). Vzorce smo izpostavili petim različnim glivam; ena vrsta glive na devet petrijevok. Vseh petrijevok je bilo 45. Vse smo za 12 tednov zložil v rastno komoro, temperatura v komori je bila  $25 \text{ } ^\circ\text{C}$  in relativna zračna vlažnost 85 %.





Slika 11: Vstavljena vzorca (Foto: J. Planinšič, 2013)

Po 12 tednih izpostavitve smo vzorce izolirali ter s površine odstranili micelij (Slika 12) in jih takoj spet stehali na analitski tehtnici, kjer smo dobili maso vlažnih vzorcev. Po tehtanju smo jih ponovno sušili v laboratorijskem sušilniku 24 ur pri temperaturi  $103 \pm 2$  °C. Po kondicioniranju v eksikatorju smo vzorce stehali in dobili maso vzorcev v absolutno suhem stanju. Z vsemi dobljenimi podatki smo lahko gravimetrično določili izgubo mase, ki so jo povzročile glive, katere so les razkrojevale med izpostavitvijo.



Slika 12: Vzorca prekrita z micelijem (Foto: J. Planinšič, 2013)

### 2.7.4 Ispiranje bakra

Pri postopku izpiranja smo v odrezane plastične platenke dali po tri vzorce na platenko (Slika 13). Šest vzorcev na serijo, dve paralelni izpiranji. Vseh platenk je bilo dvanajst. Vzorce smo pokrili s plastično mrežico, jih obežili in prelili z 400 mL vode ter jih postavili na stresalnik.



Slika 13: Vzorca pripravljene za izpiranje (Foto: J. Planinšič, 2013)

Vodo smo menjavali in shranjevali za vsak cikel, ki pa jih je bilo šest (A, B, C, D, E, F) (Preglednica 4). Shranjeno vodo smo označevali in jo uporabili za analizo izpranega bakra na XRF spektrometru. Za merjenje smo uporabljali analizo: Cu v vodi 5 – 800 ppm

Preglednica 4: Prikazuje čase ciklov, po standardu SIST EN 1250-2 (1994)

CIKEL	ČAS NAMAKANJA (h)
A	1
B	2
C	4
D	8
E	16
F	48

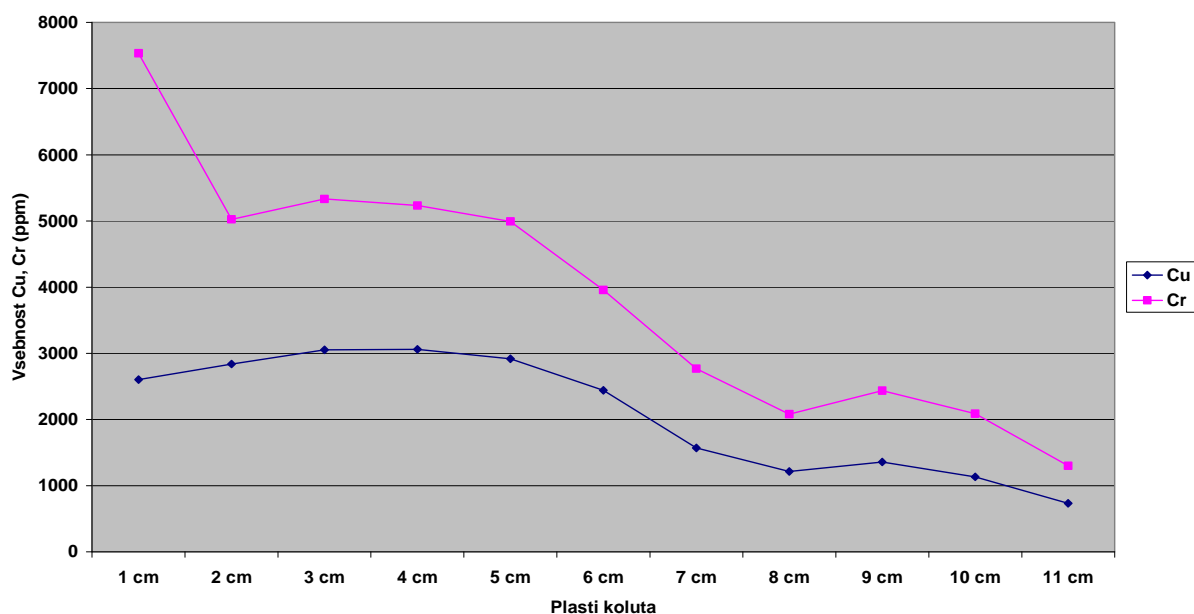
Vzorci smo po izpiranju še zmelili in naredili tablete ter opravili analizo Cu, Cr v lesu 1 – 2500 ppm, na XRF spektrometru. Ta podatek je služil za izračun deleža izpranega bakra, saj izhodiščne vrednosti nismo poznali.

### 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

#### 3.1 DOLOČANJE RAZPOREDITVE BAKRA IN KROMA PO PRESEKU DROGA

Razporeditev aktivnih učinkovin po preseku droga je pomemben podatek, ki kaže na kvaliteto izvedene impregnacije in učinkovitost vezave aktivnih učinkovin. Dobra penetracija in dobra vezava aktivnih učinkovin sta predpogoja za dolgo življenjsko dobo lesenih telekomunikacijskih drogov

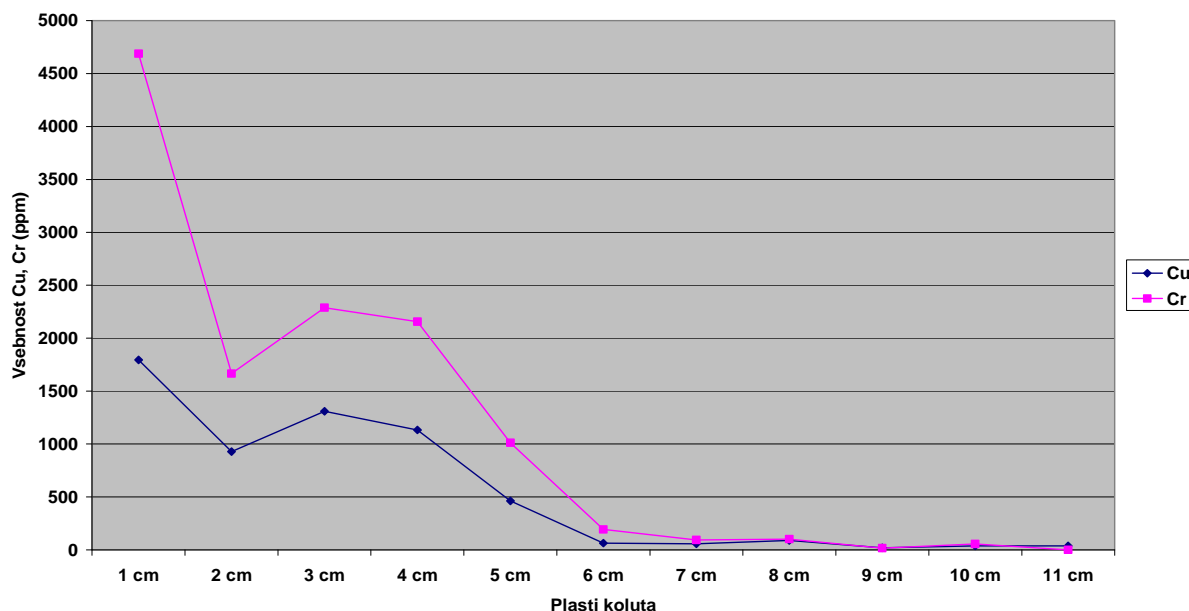
Na Sliki 14 je prikazana vsebnost bakra in kroma v vrhnjem delu droga. Vsebnost obeh primerih pada od zunanosti proti notranosti. Kroma je v skrajnem zunanjem delu 7500 ppm in v srednjem delu pade na približno 1200 ppm. Pri bakru je najvišja vsebnost pri 3 do 4 cm v notranost in znaša malo čez 3000 ppm. Najmanj ga je seveda v sredini koluta in sicer okoli 800 ppm. Krivulji sta si podobni, ker je bilo kroma več v pripravku ga je več zaslediti tudi v lesu.



Slika 14: Razporeditev bakra in kroma po plasteh vrhnjega koluta droga

V vrhnjem delu je aktivnih učinkovin več, saj biocidni proizvodi s čela globlje prodrejo v les. Peta droga in sredina pa sta bolj reprezentativna in predstavljata povprečne vrednosti droga.

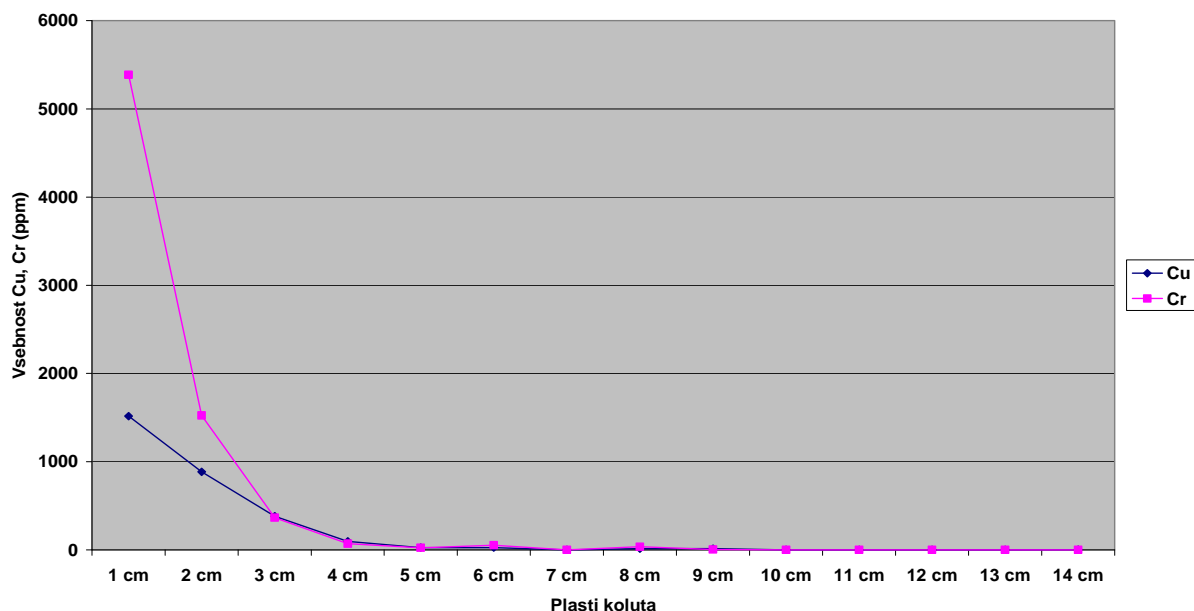
Srednji kolot vsebuje manj kroma in bakra kot zgornji, razlogi za razlike so opisani v prejšnjem odstavku. Najvišja vsebnost bakra okoli 1800 ppm in kroma okoli 4700 ppm je v zunanjem delu, prvi centimeter. Po 4 cm v notranjost začne vsebnost strmo padati. Na 9 cm je vsebnost obeh učinkovin že minimalna (Slika 15).



Slika 15: Razporeditev bakra in kroma po plasteh osrednjega dela droga

Nekako je osrednji del najbolj reprezentativen, saj je tako impregniranega večina droga. Kakorkoli aktivne učinkovine so prodrle relativno globoko. Smreka je namreč relativno slabo impregnabilna in je navadno težko doseči dobro penetracijo biocidnih proizvodov.

Dno droga ima najmanjšo vsebnost obeh aktivnih učinkovin. Vsebuje največ in sicer okoli 1500 ppm bakra ter okoli 5400 ppm kroma. Že v drugem centimetru vsebnost kroma strmo pade na 1500 ppm. Koncentracija Cu upada nekoliko počasneje in znaša 900 ppm. Ne glede na učinkovino, pa že pri 5 cm v lesu ne zaznamo več Cu oziroma Cr (Slika 16).



Slika 16: Razporeditev bakra in kroma po plasteh koluta iz dna droga

Dno je bilo vseskozi v stiku z zemljo in se je nenehno navlaževalo in s tem se je tudi pripravek bistveno bolj izpiral, kot na sredini oziroma vrhu droga. Tudi vsa voda, ki je pritekla ob deževju po drogu je bremenila ta spodnji del. Spodnji del droga je tudi debelejši in je zato v srednjih delih koluta vsebnost aktivnih učinkovin manjša, saj biocidni proizvod ni prodrl tako globoko.

## 3.2 DOLOČANJE FUNGICIDNIH LASTNOSTI LESA

Fungicidne lastnosti lesa v uporabi, nakazujejo na to kaj se bo z lesom dogajalo v prihodnosti. Če le te upadejo, je pričakovati da se bo na drogu v bližnji prihodnosti pojavil razkroj. Če odpornost na glive ne upade, pa lahko pričakujemo še 5 do 10 let življenjske dobe.

### 3.2.1 Fungicidne lastnosti droga

Laboratorijski testi lahko zelo hitro pokažejo ali je les še odporen ali ne. Pri nekaterih vzorcih izguba mase med notranjimi in zunanji deli ne odstopa veliko. To je opaziti pri dobro impregniranih vzorcih, kjer je tudi osrednji del dobro zaščiten ter pri slabo impregnirani peti droga... Še posebej zanimiva je na baker tolerantna bela hišna goba, ki je boljše razkrojila zunanji vzorec iz dna kot pa notranjega, čeprav je vzorec zunanjega dela vseboval več biocidnih učinkovin, kot notranji. Razlog za to je dejstvo, da bakrove učinkovine ob ustrezni koncentraciji ne zavirajo, temveč celo spodbujajo rast na baker tolerantnih gliv, kot je gliva *A. vaillantii*. Na splošno opazimo, da so imeli vzorci s pete droga veliko večjo izgubo mase kot pa vzorci z vrha. Glavni razlog za te razlike se skriva v koncentraciji aktivnih učinkovin v peti in na vrhu (Slika 14 in Slika 16). Pri vrhu je notranji del najboljše razkrajala bela hišna goba, ki je povzročila 8,25 % izgube mase, najmanjšo izgubo pa navadna tramovka (0,43 %). Kot smo že omenili je bela hišna goba odporna na bakrove učinkovine, med tem ko že nizke koncentracije povsem zavrejo delovanje tramovk. Pri dnu je največjo izgubo mase, v notranjem delu, povzročila navadna tramovka (33,06 %) in najmanjšo bela hišna goba (5,45 %). V tem primeru, notranji del ni bil impregniran zato je prišla do izraza velika učinkovitost tramovke. Vzorci zunanjega dela pri vrhu praktično niso bili razkrojeni. Izgube mase so bile v vseh primerih pod 3 %, ki je meja ki loči dobro zaščito od slabe. Največjo izgubo mase je povzročila bela hišna goba in sicer 1,22 %, najmanjšo pa navadna tramovka z 0,66 % izgube mase. Pri vzorcih s pete droga je zunanji del najboljše razkrajala, enako kot notranjega, navadna tramovka s 25,35 % izgube mase. Najslabše pa je zunanji del dna razkrajal bukov ostrigar z 2,17 % izgube mase (Preglednica 5).

Preglednica 5: Izguba mase in vlažnost lesa vrha in dna droga, v zunanjem (impregniranem) in notranjem (neimpregniranem) delu

		NOTRANJI DEL			ZUNANJI DEL	
		GLIVE	VLAŽNOST	IZGUBA MASE	VLAŽNOST	IZGUBA MASE
DROG	VRH	<i>G. trabeum</i>	49 %	0,43 %	52 %	0,66 %
		<i>H. fragiforme</i>	48 %	4,17 %	57 %	0,80 %
		<i>P. ostreatus</i>	41 %	0,58 %	56 %	0,73 %
		<i>A. vaillantii</i>	61 %	8,25 %	152 %	1,22 %
		<i>T. versicolor</i>	35 %	0,68 %	43 %	0,78 %
	DNO	<i>G. trabeum</i>	100 %	33,06 %	116 %	25,35 %
		<i>H. fragiforme</i>	57 %	20,40 %	40 %	11,09 %
		<i>P. ostreatus</i>	63 %	10,88 %	37 %	2,17 %
		<i>A. vaillantii</i>	50 %	5,45 %	80 %	13,62 %
		<i>T. versicolor</i>	40 %	18,15 %	35 %	2,89 %

Glive bele trohnobe na splošno ne razkrajajo lesa iglavcev tako učinkovito, kot glive rjave trohnobe, zato je ta razlika pričakovana. Količina preostalih biocidov pa je bila tudi v impregniranem delu prenizka, da bi zaustavila razkroj na baker občutljive tramovke. Zato je pričakovati, da bi ta drog prej ali slej propadel.

### 3.2.2 Fungicidne lastnosti ograje

Tudi pri ograji vidimo, da se je v lesu ohranilo premalo aktivnih učinkovin za dobro zaščito, zato ni čudno, da je bil spodnji del že povsem razkrojen in je zaradi tega propadel. Tudi pri ograji je bila najbolj učinkovita bela hišna goba. Razkrojila je celo zunanji del, ki je bil vsaj delno impregniran. Navadna tramovka, je ustvarila najvišjo vlago pri obeh delih, zunanjem in notranjem. Notranji del je najboljše razkrajala ogljena kroglica z 19,89 % izgube mase, takoj za njo je osrednji del razkrojila navadna tramovka. Najslabše je razkrajala pisana ploskocevka, ki je povzročila samo 0,80 % izgube mase (Preglednica 6). Medtem, ko je zunanji del najboljše razkrajala bela hišna goba, ki je povzročila kar 18,42 % izgubo mase. Druge glive, ki so občutljive na baker so dosegale manjše izgube mase. Zunanji del je najslabše razkrajal bukov ostrigar, ki je povzročil le 0,67 % izgube mase.

Preglednica 6: Izguba mase in vlažnost lesa ograje, v notranjem (neimpregniranem) in zunanjem (impregniranem) delu

	GLIVE	NOTRANJI DEL		ZUNANJI DEL	
		VLAŽNOST	IZGUBA MASE	VLAŽNOST	IZGUBA MASE
OGRAJA	<i>G. trabeum</i>	108 %	17,33 %	82 %	5,42 %
	<i>H. fragiforme</i>	63 %	19,89 %	50 %	7,14 %
	<i>P. ostreatus</i>	46 %	1,04 %	50 %	0,67 %
	<i>A. vaillantii</i>	60 %	10,25 %	69 %	18,42 %
	<i>T. versicolor</i>	32 %	0,80 %	36 %	3,77 %

### 3.2.3 Izgube mas

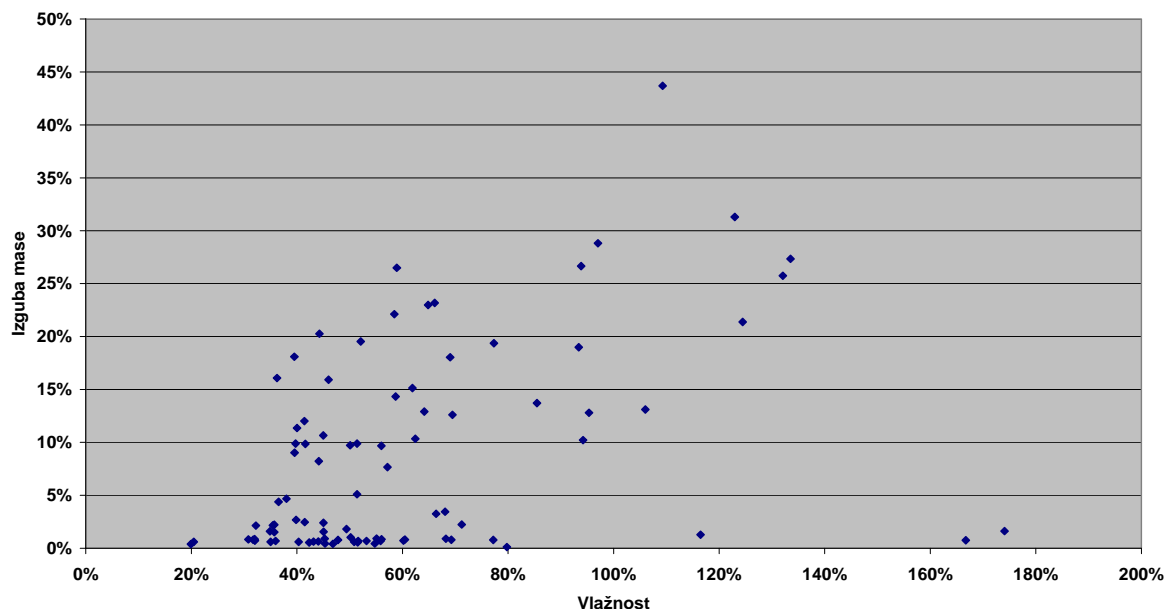
Preglednica 7 prikazuje povprečja vseh izgub mas za posamezno glivo. Največjo izgubo mase je povzročila navadna tramovka s povprečjem 13,71 %. Najslabše je razkrajal bukov ostrigar, ki je v povprečju povzročil 2,68 % izgube mase. Rezultat je pričakovan, saj glive bele trohnobe niso odporne na Cu pripravke in v naravi redkeje razkrajajo les iglavcev.

Preglednica 7: Povprečna izguba mase lesa za posamezno glivo

Glive	Izguba mase
Navadna tramovka ( <i>Gloeophyllum trabeum</i> )	13,71 %
Ogljena kroglica ( <i>Hypoxylon fragiforme</i> )	10,58 %
Bukov ostrigar ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	2,68 %
Bela hišna goba ( <i>Antrodia vaillantii</i> )	9,53 %
Pisana ploškocevka ( <i>Trametes versicolor</i> )	4,51 %



Na sliki 17 vidimo, da je med vlažnostjo in izgubo mase dobra povezanost. Najvišje vrednosti izgube mase lesa so bile pri vlažnosti med 90 do 130 %.



Slika 17: Izguba mase v odvisnosti od vlage

### 3.3 IZPIRANJE BAKRA

V zaključku nas je zanimalo, kako so aktivne učinkovine vezane v les, po več letih uporabe. Proučili smo ali se aktivne učinkovine izpirajo ves čas uporabe, ali se izpiranje po določenem času ustavi.

Iz zunanjšega dela vrha se je izpralo nekaj bakra, vendar so vrednosti pri vrhu in dnu tako minimalne, da bi lahko rekli, da izpiranja praktično ni bilo. Vemo, da je v vrhu ob koncu uporabe droga ostalo še največ pripravka in zato lahko zasledimo nekaj malega izpiranja (Preglednici 8 in 9).

Preglednica 8: Koncentracija Cu v izpirkih iz notranjega in zunanjšega dela vrha droga

VRH	notranji del	zunanji del
cikel	Cu (ppm)	Cu (ppm)
A 1h	0	5
B 2h	0	0,5
C 4h	0	0
D 8h	0	0,5
E 16h	0	0
F 48h	2	6

Preglednica 9: Koncentracija Cu v izpirkih iz notranjega in zunanjšega dela pete droga

DNO	notranji del	zunanji del
cikel	Cu (ppm)	Cu (ppm)
A 1h	0	1
B 2h	0	0,5
C 4h	0	0
D 8h	0	0
E 16h	0	0,5
F 48h	0	0

Analiza izpirkov je pokazala, da se po več letih uporabe bakrovi pripravki, praktično ne izpirajo več iz lesa. Ta podatek je pomemben tako z okoljskega, kot tudi s praktičnega vidika. Star lesen drog tako lahko ponovno uporabimo v okoljih, ki so ekološko občutljiva saj pri uporabi ne prihaja do morebitnih emisij (Preglednica 10).

Preglednica 10: Koncentracija Cu v izpirkih iz notranjega in zunanjega dela ograje

OGRAJA	notranji del	zunanji del
Cikel	Cu (ppm)	Cu (ppm)
A 1h	0	1
B 2h	0	0
C 4h	0	0,5
D 8h	0	0
E 16h	0	0
F 48h	0	0

#### 4 SKLEPI

Največ bakra smo določili v vrhnjem delu droga. Rezultat je pričakovan, saj je bil ta del droga tudi najbolj impregniran zaradi boljšega prodiranja vodnih raztopin v aksialni smeri. Najvišjo vsebnost Cu in Cr smo določili v globini 3 do 4 cm (3100 ppm). Koncentracija aktivnih učinkovin pri dnu je bila nižja.

Pri določanju fungicidnih lastnosti lesa smo opazili dobro povezanost med koncentracijo učinkovin in izgubo mase. Vrhnji del, ki je bil bolje impregniran, je bil bolj odporen na glive razkrojevalke, saj so nekateri vzorci izgubili okoli deset krat manj mase. Višjo izgubo mase smo zabeležili pri notranjih, slabše impregniranih vzorcih. Na neimpregniranih kosih lesa je bila najbolj učinkovita navadna tramovka, ki je na enem od vzorcev povzročila kar 33 % izgube mase. Pri slabo impregniranih vzorcih pa bela hišna goba, ki je povzročila 18 % izgube mase na vzorcu iz zunanjega dela ograje.

Med uporabo se je iz lesa izprala večina aktivnih učinkovin, zato med izpiranjem lesa v laboratorijskih pogojih nismo več zabeležili znatnih emisij aktivnih učinkovin iz impregniranega lesa.

## 5 VIRI

- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Gliha I. 2008. Vpliv konstrukcije na trajnost otroških igral : diplomski projekt. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 60 str.
- Humar M. 2010. Predavanja, Zaščita lesa, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Humar M. 2009. Ogljena kroglica ali jagodasti skorjeder. Les, 61, 11-12: 451
- Humar M. 2008. Tramovka; najbolj kozmopolitanska lesna gliva. Les, 60, 4: 159
- Humar M. 2008. Bukov ostrigar – užitna goba, ki jo lahko gojimo tudi doma. Les, 60, 9: 353
- Humar M. 2008. Bela Hišna goba; gliva, ki razkraja tudi zaščiten les. Les, 60, 2: 77
- Humar M. 2007. Rentgenski fluorescenčni spektrometer (XRF) nova raziskovalna oprema na Oddelku za lesarstvo BF. Les, 59, 9-10: 261
- Humar M. 2009. Kako zaščititi les?  
[http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Kako\\_za\\_\\_ititi\\_les\\_Humar.pdf](http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Kako_za__ititi_les_Humar.pdf) (12.jul.2013)
- Korošec T. 2010. Odpornost smrekovega lesa, prepojenega s hidrofobnimi pripravki, na glive rjave trohnobe : diplomski projekt. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 43 str.
- Les navadne smreke. wood-database (2014)  
<http://www.wood-database.com/lumber-identification/softwoods/norway-spruce/>  
(14.jul.2014)
- Nezaščiten les bukovine (Humar, 2012)  
<http://www.delo.si/druzba/znanost/nekoc-s-m-o-znali-graditi-kozolce-danes-pa.html>  
(14.jul.2014)
- Pohleven F. 2008. Pisana ploskocevka, najbolj pogosta lesna goba. Les, 60, 3: 115
- Raspor P., Smole-Možina S., Podjavoršek J., Pohleven F., Gogala N., Nekrep F. V., Rogelj I., Hacin J. 1995. ZIM: zbirka industrijskih mikroorganizmov. Katalog biokultur. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Katedra za biotehnologijo: 98 str.

SIST EN 335-1/2:2006. Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Definicija uporabnosti razredov – 1. in 2. del. 2006: 23 str.

SIST EN 350-2. Trajnost lesa in lesnih izdelkov - Naravna trajnost masivnega lesa – 2. del: Naravna trajnost in možnost impregnacije izbranih, v Evropi pomembnih vrst lesa. 1995: 42 str.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Mihi Humarjo za vso pomoč pri nastajanju tega diplomskega projekta, vse koristne napotke in njegov čas.

Zahvaljujem se tudi recenzentu prof. dr. Francu Pohlevnu za recenzijo projekta ter mlademu raziskovalcu Nejcju Thalerju za pomoč pri laboratorijskem delu in za koristne nasvete.

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože PLANINŠIČ

**FUNGICIDNE LASTNOSTI NARAVNO STARANE  
SMREKOVINE IMPREGNIRANE Z BAKROVIMI  
PRIPRAVKI**

DIPLOMSKI PROJEKT  
Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2014