

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gašper RAINER

**UGOTAVLJANJE KURATIVNIH MINIMALNIH
INHIBITORNIH KONCENTRACIJ BOROVE KISLINE IN
MODRE GALICE NA GLIVE RAZKROJEVALKE LESA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gašper RAINER

**UGOTAVLJANJE KURATIVNIH MINIMALNIH INHIBITORNIH
KONCENTRACIJ BOROVE KISLINE IN MODRE GALICE NA GLIVE
RAZKROJEVALKE LESA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DETERMINATION OF MINIMAL CURATIVE CONCENTRATIONS OF
BORIC ACID AND COPPER SULPHATE AGAINST WOOD DECAY
FUNGI**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratorijih skupine za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja določil doc. dr. Miho Humarja, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Mentor: doc. dr. Miha Humar

Recenzent: prof. dr. Franc Pohleven

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Gašper RAINER

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*844.2
KG	zaščita lesa/bakrovi pripravki/borovi pripravki/glive razkrojevalke lesa/minimalna inhibitorna koncentracija
AV	RAINER, Gašper
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	2009
IN	UGOTAVLJANJE KURATIVNIH MINIMALNIH INHIBITORNIH KONCENTRACIJ BOROVE KISLINE IN MODRE GALICE NA GLIVE RAZKROJEVALKE LESA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 66 str., 20 pregl., 30 sl., 46 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	Bakrove in borove pripravke pogosto uporabljamo za preventivno zaščito lesa, saj že pri nizkih koncentracijah delujejo kot zanesljivi fungicidi, borove spojine pa tudi kot insekticidi. Kljub temu, da se borove učinkovine že dolgo uporabljajo v zaščiti lesa, v literaturi ni zaslediti zanesljivih podatkov o minimalnih kurativnih inhibitornih koncentracijah za glive razkrojevalke lesa. Ugotavljali smo s kakšno koncentracijo pripravka moramo prepojit les, da preprečimo nadaljnji razvoj lesnih gliv. Za primerjavo smo uporabili še zaščitne pripravke na osnovi bakrovega(II) sulfata pentahidrata. Testirali smo 3 vrste gliv rjave (<i>Antrodia vaillantii</i> , <i>Gloeophyllum trabeum</i> , <i>Serpula lacrymans</i>) in 3 vrste gliv bele trohnobe (<i>Trametes versicolor</i> , <i>Hypoxylon fragiforme</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i>). Rezultati testiranja kažejo, da je kurativna učinkovitost bakrovega(II) sulfata pentahidrata bistveno slabša od borove kisline. Opazili smo, da zaustavimo delovanje večine gliv, če lesne vzorce prepojimo s pripravki s 5.000 ppm bora. Največjo toleranco na borove pripravke sta izkazali (<i>Antrodia vaillantii</i>) in (<i>Serpula lacrymans</i>). Za zaustavitev rasti omenjenih gliv smo morali les prepojit s pripravki, ki so vsebovali 8.700 ppm bora.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 630*844.2

CX wood preservation/boron based biocides/copper based biocides/wood decay
fungi/minimal inhibitory concentration

AU RAINER, Gašper

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 2009

TI DETERMINATION OF MINIMAL CURATIVE CONCENTRATIONS OF
BORIC ACID AND COPPER SULPHATE AGAINST WOOD DECAY
FUNGI

DT Graduation Thesis (University studies)

NO XI, 66 p., 20 tab., 30 fig., 46 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Copper and boron based biocides are frequently used for wood preservation, their compounds being very effective at relatively low concentrations. Additionally, boron compounds have insecticidal properties as well. In spite of the relatively extensive use of copper and boron based preservative solutions, exact minimal remedial concentrations are not elucidated yet. The thesis tries to determine the concentration of boron and copper based aqueous solutions to inhibit fungal growth in infested wood. 3 brown rot fungi (*Antrodia vaillantii*, *Gloeophyllum trabeum*, *Serpula lacrymans*) and 3 white rot fungi (*Trametes versicolor*, *Hypoxylon fragiforme*, *Pleurotus ostreatus*) were utilized for testing. The results show that the curative efficacy of copper compounds is much lower than that of copper compounds. The growth of the great majority of the fungi tested is inhibited after submersion to aqueous solution of 5,000 ppm of boron. The highest tolerance against boron based biocides was determined at (*Antrodia vaillantii*). To prevent growth of these fungi in infested wood, the preservative solution containing 8,700 ppm of boron is required.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	X
1 UVOD	1
1.1 OBRAZLOŽITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJ DIPLOMSKE NALOGE	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 SPLOŠNI DEL	2
2.1 ZGODOVINA ZAŠČITE LESA	2
2.2 NARAVNA ODPORNOST IN TRAJNOST LESA	2
2.3 RAZKROJNI PROCES LESA	3
2.3.1 Glive	4
2.3.2 Bela ali korozivna trohnoba	5
2.3.3 Rjava trohnoba	5
2.3.4 Mehka trohnoba ali soft rot	5
2.3.5 Modrenje	6
2.3.6 Plesni	6
2.4 ZAŠČITA LESA	6
2.4.1 Nekemična preventivna zaščita lesa	6
2.4.2 Kemična preventivna zaščita lesa	6
2.4.3 Postopki za preventivno kemično zaščito lesa	7
2.4.4 Naknadna zaščita lesa	8
2.4.5 Represivna (kurativna) zaščita lesa	8
2.4.6 Nekemična represivna (kurativna) zaščita lesa	8
2.4.7 Kemična represivna (kurativna) zaščita lesa	9
2.5 AKTIVNE UČINKOVINE ZA REPRESIVNO ZAŠČITO LESA	9
2.5.1 Borove učinkovine	10

2.5.2	Zgodovina borovih spojin	10
2.5.3	Prisotnost borovih spojin v vsakdanjem življenju	10
2.5.4	Lastnosti borovih spojin.....	11
2.5.5	Toksičnost borovih spojin	11
2.5.6	Delovanje biocidov proti glivam razkrojevalkam, modrivkam, plesnim in insektom	12
2.5.7	Difuzivnost in izpiranje bora	12
2.5.8	Borovi pripravki v zaščiti lesa	13
2.6	BAKROVE SPOJINE	14
2.6.1	Fungicidne in fungistatične lastnosti bakrovih spojin	14
2.6.2	Klasični bakrovi pripravki za zaščito lesa.....	14
2.6.3	Novejši bakrovi pripravki za zaščito lesa	15
3	MATERIAL IN METODE	16
3.1	MATERIAL	16
3.1.1	Vzorci lesa	16
3.1.2	Uporabljene testne glive.....	17
3.1.3	Opis gliv	18
3.1.3.1	Pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>)	18
3.1.3.2	Ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>)	19
3.1.3.3	Bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	19
3.1.3.4	Siva hišna goba (<i>Serpula lacrymans</i>)	20
3.1.3.5	Bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>)	21
3.1.3.6	Navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	22
3.2	METODE	22
3.2.1	Priprava hranilnega gojišča.....	22
3.2.2	Cepljenje (inokulacija) hranilnega gojišča z izbranimi kulturami gliv.....	23
3.2.3	Izpostavitve vzorcev lesnim glivam.....	23
3.2.4	Priprava raztopine.....	24
3.2.5	Ugotavljanje represivne (kurativne) zaščite	25
3.2.6	Določanje mokrega navzema zaščitnih pripravkov	25
3.2.7	Ocenjevanje učinkovitosti represivne zaščite	25
3.2.8	Določanje izgube mase	26

4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	27
4.1	POVPREČNA IZGUBA MASE VZORCA.....	27
4.2	MOKRI NAVZEM ZAŠČITNIH PRIPRAVKOV	29
4.3	UČINKOVITOST REPRESIVNE ZAŠČITE NA GLIVE RAZKROJEVALKE	32
4.3.1	Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na sivo hišno gobo (<i>Serpula lacrymans</i>)	32
4.3.2	Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na navadno tramovko (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	36
4.3.3	Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na belo hišno gobo (<i>Antrodia vaillantii</i>).....	39
4.3.4	Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na ogljeno kroglico (<i>Hypoxylon fragiforme</i>)	45
4.3.5	Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na pisano ploskocevko (<i>Trametes versicolor</i>)	49
4.3.6	Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na glivo bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	53
5	SKLEPI	60
6	POVZETEK.....	61
7	VIRI	63

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razredi izpostavitve glede na mesto uporabe in organizme, ki poškodujejo les	7
Preglednica 2: Glive, razkrojevalke lesa, uporabljene pri eksperimentalnem delu diplomske naloge.....	18
Preglednica 3: Uporabljene koncentracije zaščitnih pripravkov	24
Preglednica 4: Ocene učinkovitosti delovanja represivne zaščite	26
Preglednica 5: Povprečna izguba mase smrekovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam rjave trohnobe.....	27
Preglednica 6: Povprečna izguba mase bukovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam bele trohnobe.....	28
Preglednica 7: Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva v delno razkrojene smrekove vzorce	29
Preglednica 8: Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva bukovih vzorcev	31
Preglednica 9: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo siva hišna goba (<i>Serpula lacrymans</i>) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku	33
Preglednica 10: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo siva hišna goba (<i>Serpula lacrymans</i>) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku.....	34
Preglednica 11: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku	37
Preglednica 12: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku.....	38
Preglednica 13: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku	41

Preglednica 14: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku.....	42
Preglednica 15: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku	46
Preglednica 16: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku.....	48
Preglednica 17: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku	50
Preglednica 18: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku.....	52
Preglednica 19: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku	54
Preglednica 20: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku.....	56

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1:	Popolnoma razkrojena beljava in skoraj nedotaknjena jedrovina borovega štora (foto: Humar) 3
Slika 2:	Biotični ter abiotični dejavniki razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990) 4
Slika 3:	Dimenzije vzorca 17
Slika 4:	Plodišče pisane ploskocevke (<i>Trametes versicolor</i>) 18
Slika 5:	Plodišča ogljene kroglice (<i>Hypoxylon fragiforme</i>) 19
Slika 6:	Plodišče bukovega ostrigarja (<i>Pleurotus ostreatus</i>) 20
Slika 7:	Plodišče sive hišne gobe (<i>Serpula lacrymans</i>) 21
Slika 8:	Plodišče bele hišne gobe (<i>Antrodia vaillantii</i>) 21
Slika 9:	Plodišče navadne tramovke (<i>Gloeophyllum trabeum</i>) 22
Slika 10:	Inokuliran gojitveni kozarec z mrežico in z vzorcema lesa 23
Slika 11:	Povprečna izguba mase smrekovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam rjave trohnobe 28
Slika 12:	Povprečna izguba mase bukovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam bele trohnobe 29
Slika 13:	Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva pri delno razkrojenih smrekovih vzorcih 30
Slika 14:	Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva pri delno razkrojenih bukovih vzorcih 31
Slika 15:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij sive hišne gobe (<i>Serpula lacrymans</i>) 32
Slika 16:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij sive hišne gobe (<i>Serpula lacrymans</i>) 35
Slika 17:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij navadne tramovke (<i>Gloeophyllum trabeum</i>) 36
Slika 18:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij navadne tramovke (<i>Gloeophyllum trabeum</i>) 39
Slika 19:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij bele hišne gobe (<i>Antrodia vaillantii</i>) 40

Slika 20:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij bele hišne gobe (<i>Antrodia vaillantii</i>)	43
Slika 21:	Število, z glivami okuženih vzorcev (n = 5), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi borovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij	44
Slika 22:	Število, z glivami okuženih vzorcev (n = 5), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi bakrovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij	45
Slika 23:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij ogljene kroglice (<i>Hypoxylon fragiforme</i>)	47
Slika 24:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij ogljene kroglice (<i>Hypoxylon fragiforme</i>).....	49
Slika 25:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij pisane ploskocevke (<i>Trametes versicolor</i>)	51
Slika 26:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij pisane ploskocevke (<i>Trametes versicolor</i>).....	53
Slika 27:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij bukovega ostrigarja (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	55
Slika 28:	Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij bukovega ostrigarja (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	57
Slika 29:	Število, z glivami okuženih vzorcev (n = 5), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi borovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij	58
Slika 30:	Število, z glivami okuženih vzorcev (n = 5), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi bakrovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij	59

1 UVOD

1.1 OBRAZLOŽITEV PROBLEMA

Ob uvedbi direktive o biocidih je bil s trga umaknjen velik del (dve tretjini) aktivnih učinkovin za zaščito lesa. Borove učinkovine so zaenkrat še na seznamu dovoljenih. Te spojine smo do nedavnega uporabljali predvsem kot insekticide, fungicidnosti pa smo pripisovali drugotni pomen. Najpogosteje so se uporabljale kot sekundarni fungicidi v bakrovih pripravkih za zaščito impregniranega lesa pred na baker tolerantnimi izolati. Borove spojine se v les slabo vežejo, zato se iz njega zelo hitro izpirajo. To omejuje njihovo uporabo na prostem. Po drugi strani pa lahko dobro difuzivnost izkoriščamo tudi za represivno zaščito z glivami okuženega lesa. Kljub temu da se borove učinkovine v zaščiti lesa uporabljajo že zelo dolgo, v literaturi ni zaslediti zanesljivih podatkov o minimalnih inhibitornih koncentracijah na glive razkrojevalke lesa. Zato smo v tej diplomski nalogi želeli določiti, koliko borove kisline moramo vnesti v les, da preprečimo nadaljnji razvoj gliv. Za primerjavo smo v raziskavo vključili še zaščitne pripravke na osnovi bakrovega(II) sulfata pentahidrata.

1.2 CILJ DIPLOMSKE NALOGE

Je razviti ustrezno metodo za določanje inhibitornih koncentracij aktivnih učinkovin ter določiti mejno kurativno inhibitorno koncentracijo borove kisline in bakrovega(II) sulfata pentahidrata, za najpomembnejše lesne glive povzročiteljice bele in rjave trohnobe.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da bosta imeli borova kislina in bakrov(II) sulfat pentahidrat različen kurativni učinek na lesne glive. Menimo, da bo borova kislina bolj učinkovita kot bakrov(II) sulfat pentahidrat. Poleg tega pa pričakujemo, da bodo glive rjave trohnobe bolj občutljive na borove biocide, glive bele trohnobe pa na bakrove.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 ZGODOVINA ZAŠČITE LESA

Človek je že od nekdaj stremel, da bi zaščitil les in povečal njegovo trajnost. Vendar nikoli v preteklosti niso imeli tako kvalitetnih in okolju prijaznih rešitev za izboljšanje odpornosti lesa, kot jih imamo danes. Človek je sicer imel na voljo velike količine lesa, znal pa je uporabljati tudi naravno odpornejše drevesne vrste in odpornejše dele debla.

Že pred 2000 leti so Kitajci potapljali gradbeni les v morsko vodo, stari Grki so lesene kipe obdelovali z raznimi olji, Rimljani so za zaščito lesa uporabljali oljčno olje, na Orientu pa so les potapljali v katranska (zemeljska) olja. Eden najstarejših postopkov zaščite lesa je poogljevanje njegove površine z obžiganjem (Kervina-Hamović, 1990).

Začetke industrijske zaščite lesa pripisujemo letu 1838, ko je Bethell razvil metodo globinske impregnacije lesa s kreozotnim oljem za zaščito železniških pragov in drogov. Pred tem odkritjem so v te namene uporabljali večinoma le les odpornejših drevesnih vrst. Bethellovo odkritje globinske impregnacije pa je omogočilo intenzivnejšo gradnjo železniških prog ter elektro-telekomunikacijskega omrežja (Kervina-Hamović, 1990; Humar, 2003).

2.2 NARAVNA ODPORNOST IN TRAJNOST LESA

Odpornost in trajnost lesa imata velik pomen. Čim večja je naravna odpornost, čim daljša je njegova trajnost oziroma življenjska doba, tem večja je tudi njegova vrednost.

Naravna odpornost lesa je lastnost, ki jo ima les v naravnem, zdravem stanju in pomeni dovzetnost na škodljivce. Odvisna je zlasti od kemične sestave in anatomske zgradbe lesa. V največji meri nanjo vplivajo snovi, ki jih imenujemo ekstraktivne ali akcesorne sestavine. To so snovi, ki se dajo iz lesa ekstrahirati z različnimi topili in večinoma nastanejo med ojedritvijo.

Naravna odpornost posamezne drevesne vrste ni absolutna lastnost. Ena drevesna vrsta je lahko odporna samo proti določenim škodljivcem. Ta lastnost je različna tudi znotraj iste drevesne vrste. Zaradi razlike v kemični sestavi je beljava, zaradi vsebnosti škroba, sladkorjev in beljakovin, veliko manj odporna kot jedrovina, ki vsebuje fenolne spojine, tanine, alkaloidne in druge podobno delujoče snovi (Kervina-Hamović, 1990).

Tako v naravi velikokrat najdemo močno poškodovano beljavo ob popolnoma nedotaknjeni jedrovini (slika 1).



Slika 1: Popolnoma razkrojena beljava in skoraj nedotaknjena jedrovina borovega štora (foto: Humar)

Trajnost lesa je obdobje, v katerem les ohrani večino svojih naravnih lastnosti. Trajnost lesa pa je odvisna od naravne odpornosti ter načina in mesta uporabe (Pohleven in Rosić, 2003).

2.3 RAZKROJNI PROCES LESA

Les razkrajajo številni abiotični (neživi) in biotični (živi) dejavniki narave.

Med abiotične dejavnike razkroja lesa štejemo:

- mehanske vplive (delovanje mehanskih sil, kot so sile pritiska, trenja in udarci),
- fizične vplive (vlaga, veter, visoke in nizke temperature, požari, dež, sneg, mraz, žled, atmosferska elektrika, ultravijolični žarki in kemikalije),
- kemijske vplive (delovanje močnih neorganskih kislin in baz, plinov, atmosferski kisik in prosti radikali).

Pomembnejši in številčnejši od abiotičnih dejavnikov so biotični dejavniki. Biotični dejavniki, z izjemo požara, hitreje povzročajo spremembe in spadajo med naravne vzroke razkroja lesa. Pogosto so neopazni, saj povzročajo spremembe v notranjosti lesa. Med biotičnimi dejavniki so najpomembnejši insekti in glive. Razne skupine teh živih organizmov uporabljajo les za svojo prehrano ali prebivališče in tako povzročijo v lesu zelo hitre spremembe, ki se

posledično odražajo v poslabšanju mehanskih in drugih relevantnih lastnosti lesa (Pohleven in Rosić, 2003) (slika 2).



Slika 2: Biotični ter abiotični dejavniki razkroja lesa (Kervina-Hamović, 1990)

2.3.1 Glive

Glive, oziroma njihovo znanstveno ime (*Fungi*), so eno izmed petih kraljestev živih bitij. Uvrščamo jih v samostojno kraljestvo večceličnih organizmov in po raznovrstnosti presegajo rastline. Predvidevamo, da jih je več kot 350.000 vrst, a opisanih je le okoli 75.000 vrst. Kraljestvo gliv je izredno obsežno. Obsega tako s prostim očesom nevidne organizme, kot so kvasovke in podobne glive ter rje, sneti, plesni in glive z betom in klobukom. Živijo v sladkih vodah, na kopnem, redkeje v morju in so različnih oblik ter velikosti. Po svojem razvoju niso enotna skupina. Pravimo, da je njihov razvoj polifiletski.

Glive so heterotrofni organizmi in se samostojno prehranjujejo. Preživljajo se lahko na račun živih organizmov kot paraziti (zajedavci) ali pa se hranijo z organskim materialom mrtvih organizmov kot gniloživke (saprofiti). V določenih primerih lahko celo živijo v sožitju z drugimi organizmi kot simbioti (npr. mikoriza).

Glive, ki delujejo kot razkrojevalci, razgrajujejo organske ostanke tako rastlin kot živali in omogočajo kroženje snovi v naravi. Glive uporabljajo posebno obliko razkrojevanja, in sicer ekstracelularno encimsko in neencimsko razgradnjo organskih snovi (lizotrofija), kar pomeni, da s pomočjo encimov razgradijo okuženo materijo in nato razgrajene produkte vsrkajo v celice za lastni metabolizem (Pohleven in Rosić, 2003).

Obstaja več kriterijev, na podlagi katerih lahko delimo lesne glive. Najbolj se je uveljavila delitev, ki odraža barvo razkrojenega lesa.

2.3.2 Bela ali korozivna trohnoba

Skupina gliv, katerih zastopnice najdemo pogosto na lesu listavcev, razgrajujejo glavni sestavini lesa (celulozo in lignin) približno enako intenzivno. Mehanske lastnosti lesa se že v nekaj tednih po okužbi lahko močno poslabšajo. Les se prelomi že pri majhni obremenitvi in ga za tehnične (nosilne) namene ne smemo uporabljati. Gostota lesa se zaradi razgradnje glavnih komponent izrazito zmanjša. Povečuje se delež razkrojene mase, ki jo zapolni zrak in v primeru omočitve te prostore zapolni voda. V zadnji fazi razpade les na snope vlaken, zato nekateri belo trohnobo poimenujejo tudi korozivna vlaknasta trohnoba. V razkrojenem lesu z razgradnjo narašča relativni delež celuloze. Zaradi delovanja oksidativnih encimov in bele barve celuloze postaja les svetlejši, zato se ta razkroj imenuje bela trohnoba. Pogostejša je pri listavcih (Pečenko, 1987).

2.3.3 Rjava trohnoba

Glive, ki povzročajo rjavo trohnobo, med okužbo lesa razkrajajo predvsem celulozo, zato narašča delež rjavkasto obarvanega oksidirane lignina, kar se odraža v rjavi barvi trhlega lesa. Razkrojen les razpoka, postane drobljiv, saj ga lahko zdrobimo med prsti. Tudi pri lesu, ki so ga okužile glive rjave trohnobe, že po nekaj tednih upadejo mehanske lastnosti in gostota lesa. Pri razkrojenem lesu se izrazito poveča higroskopnost. Tovrsten tip trohnobe pogosteje najdemo na lesu iglavcev (Pečenko, 1987).

2.3.4 Mehka trohnoba ali soft rot

Mehka trohnoba se pojavlja na lesu, ki je izpostavljen visoki vlagi. Povzročajo jo glive iz rodov (*Deuteromycotina*) ali (*Fungi imperfecti*), v nekaterih primerih pa tudi glive iz rodu (*Ascomycotina*), ki razgrajujejo predvsem celulozo v sekundarnem sloju lesne celice. Poškodbe so podobne rjavi trohnobi, le da je videz lesa na koncu skoraj črn. Pri iglavcih je črno obarvanje kasnega lesa intenzivnejše, zato so letnice (branike) v zgodnejših stadijih razvoja mehke trohnobe izrazitejše kot pri zdravem lesu. Meje med zdravim in okuženim lesom so pogosto ostro ločene (Pečenko, 1987).

2.3.5 Modrenje

Delovanje gliv, ki les le obarvajo, je najbolj opazno v spremembi barve beljave lesa. To omejuje njegovo uporabo predvsem zaradi estetskih razlogov. Glive modrivke les obarvajo v modro ali sivo-modre odtenke. Na mehanske lastnosti lesa te glive skoraj ne vplivajo, saj ga ne razgrajujejo, temveč se hranijo predvsem z vsebino parenhimskih celic. Večinoma prodirajo v lumne celic prek naravnih medceličnih povezav – pikenj, redkeje skozi odprtine, ki jih naredijo same. Poslabšanje mehanskih lastnosti lesa postane izrazito šele pri močno pomodrelem lesu listavcev z veliko količino tenzijskega lesa (Pečenko, 1987).

2.3.6 Plesni

Povzročajo le površinsko obarvanje lesa v najrazličnejših barvnih odtenkih (črna, modra, rdeča, zelena, siva in rožnata). Značilna je tudi oblika in globina obarvanih madežev. Obarvanja, ki nastanejo zaradi plesni, so največkrat neenakomerno pikčasta, pegasta ali razporejena v madežih. Le redko se zgodi, da bi bila obarvana celotna površina. Plesni na polizdelkih ne predstavljajo velike ekonomske škode, saj je les po njihovi okužbi še vedno uporaben. Z brušenjem ali skobljanjem se lahko madeži delno ali pa v celoti odstranijo. Veliko škodo pa povzročajo na kemičnih izdelkih in umetniško-zgodovinskih predmetih.

2.4 ZAŠČITA LESA

2.4.1 Nekemična preventivna zaščita lesa

Preventivno zaščito lesa je potrebno izvajati povsod, kjer imamo opravka z lesom. Negovati moramo že drevo, samo hlodovino, jo sortirati ter varovati gotov izdelek. Drevo namreč raste zelo počasi, zato je že v dobi rasti les izpostavljen številnim škodljivim dejavnikom, od katerih je odvisna tudi poznejša kvaliteta lesne mase (Kervina-Hamović, 1990).

2.4.2 Kemična preventivna zaščita lesa

V EU se letno zaščiti približno 18 milijonov m³ lesa (Connell, 2004), V ZDA pa še dodatnih 15 milijonov m³ (Preston, 2000). Znano je, da se je količina impregniranega lesa v zadnjih 15 letih skoraj podvojila. Trg z zaščitnimi pripravki se močno spreminja. Zaščiten les se umika iz četrtega razreda ogroženosti, močno pa raste uporaba v druge namene.

Univerzalnih zaščitnih sredstev, kot sta na primer kreozotno olje in pripravki CCA, bo v svetu v prihodnosti vedno manj. Novejša zaščitna sredstva imajo oziroma bodo imela natančno določen namen uporabe in ožji spekter delovanja (Humar, 2004). S stališča zaščite lesa pa je potrebno razlikovati les in lesne proizvode glede na mesta njihove uporabe oziroma glede na stopnjo ogroženosti. Ti razredi izpostavitve so razvidni iz preglednice 1.

Preglednica 1: Razredi izpostavitve glede na mesto uporabe in organizme, ki poškodujejo les

RAZRED OGROŽENOSTI	IZPOSTAVITVENI POLOŽAJ	VLAŽENJE	OGROŽENOST ZARADI				VSEBNOST VLAGE
			insekti	glive	izpiranje	modrivke	
I.	nad tlemi, pokrito	stalno suho	+	-	-	-	pod 20 %
II.	nad tlemi, pokrito, nevernost močenja	občasno močenje	+	+	-	-	občasno nad 20 %
III.	nad tlemi, nepokrito	pogosto močenje	+	+	+	+/-	često nad 20 %
IV.	v tleh ali vodi	stalna izpostavljenost	+	+	+	+	stalno nad 20 %
V.	v morski vodi	stalna izpostavljenost močenju morske vode	+	-	+	-	stalno nad 20 %

2.4.3 Postopki za preventivno kemično zaščito lesa

Za kvalitetno zaščito lesa je pomembna pravilna izbira kemičnega sredstva kot tudi pravilna izbira postopka, s katerim sredstvo vnesemo v les. Eden najstarejših postopkov za zaščito je obžiganje. Pri tem pride na površini lesa do suhe destilacije in s tem do tvorbe zaščitnih snovi. Razpokanemu lesu se zmanjša mehanska lastnost, skozi razpoke pa hitro pride do vdora škodljivcev v notranjost lesa.

Zaradi takšnih težav so se razvili drugi postopki za preventivno zaščito lesa:

- premazovanje
- brizganje
- oblivanje
- potapljanje
- osmozni postopek
- postopek Boucherie
- kotelski postopki

2.4.4 Naknadna zaščita lesa

Naknadno zaščitimo les, kadar želimo poprej impregniranemu ali neimpregniranemu vgrajenemu lesu dodatno podaljšati trajnost.

Najbolj znana je naknadna zaščita z:

- bandažiranjem in pokrivanjem z zaščitnimi kapami
- obnovo premazov
- naknadnim premazovanjem
- kapsuliranjem
- injiciranjem

2.4.5 Represivna (kurativna) zaščita lesa

Z represivnimi postopki direktnega uničevanja lesnih škodljivcev uničujemo ksilofagne insekte in lesne glive, ki so v že napadenem lesu. S tem želimo ustaviti propadanje lesa, podaljšati njegovo življenjsko dobo in zavarovati predmete pred popolnim uničenjem ter nadaljnjo okužbo okolice. Represivno zaščito izvajamo tam, kjer lesni škodljivci niso prekomerno uničili lesa, kadar lahko predmeti po uničenju škodljivcev še dolgo služijo svojemu namenu. Izjema so le dragoceni kulturno-zgodovinski predmeti. V tem primeru izvajamo represivno zaščito tudi takrat, ko so posamezni leseni predmeti močno poškodovani (Kervina-Hamović, 1990).

2.4.6 Nekemična represivna (kurativna) zaščita lesa

Postopki za nekemično represivno zaščito so:

- sušenje lesa
- segrevanje lesa
- izpostavljanje lesa podtlaku
- visokofrekvenčno obsevanje (v H-F agregatih)
- izpostavljanje lesa mikrovalovom
- izpostavljanje lesa infrardeči svetlobi (IR – postopek)
- izpostavitev lesa gama žarkom

- plazma postopki
- ...

Pogosto samo z nekemično represivno zaščito ne moremo v celoti uničiti lesnih škodljivcev v lesu. Še posebej težko uničimo jajčeca insektov in spore lesnih gliv. V teh primerih moramo pogosto nekemično zaščito kombinirati s kemično represivno zaščito. V posameznih primerih pa nekemična zaščita ni možna zaradi tehnoloških omejitev, nemobilnosti okuženih izdelkov ali dimenzij.

2.4.7 Kemična represivna (kurativna) zaščita lesa

Za kemično uničevanje insektov in gliv uporabljamo kemična sredstva z izrazitim biocidnim učinkom. Za insekte uporabljamo insekticide, ki delujejo kot kontaktni, želodčni ali inhalacijski strup. Za represivno zaščito z glivami okuženega lesa lahko uporabljamo fungicidna sredstva, ki so topljiva v vodi ali v etanolu (Kervina-Hamović, 1990). Uporaba zaščitnih pripravkov na osnovi etanola je pogosto bolj smiselna iz več razlogov. Etanol je že sam po sebi strupen za številne lesne glive in insekte, poleg tega pa etanolni pripravki bolje prodirajo v les kot vodotopni pripravki in ne povzročajo nabrekanja.

Postopki za kemično represivno zaščito lesa:

- impregnacija (premazovanje, potapljanje...)
- injiciranje z brizgalkami
- injiciranje pod visokim pritiskom
- kapsuliranje
- fumigacija ali zaplinjevanje
- (anoksi postopek)

2.5 AKTIVNE UČINKOVINE ZA REPRESIVNO ZAŠČITO LESA

Za kemično represivno zaščito se pogosto uporabljajo tako bakrove, še pogosteje pa borove učinkovine. Dva pripravka na osnovi teh učinkovin smo uporabili tudi pri diplomski nalogi, zato sta ti dve skupini biocidov podrobneje opisani v naslednjih podpoglavjih.

2.5.1 Borove učinkovine

Bor je zelo razširjen kemijski element. V naravi se ne nahaja v čisti elementarni obliki, ampak v spojinah s kisikom in drugimi elementi. Najpogostejši obliki sta borova kislina in boraks. Znanih je več kot 80 različnih mineralnih tipov boraksa, ki ga uporabljajo za sintezo drugih borovih spojin. Svetovna letna proizvodnja boraksa znaša približno 2 milijona ton (Anonymus, 2006).

2.5.2 Zgodovina borovih spojin

Borove spojine so ene izmed najstarejših aktivnih učinkovin, ki se še vedno uporabljajo za zaščito lesa. Sami začetki segajo v leto 1913 z Wollmanovim pripravkom Wollmanit CB (kombinacija kromovih in borovih spojin), ki se je uporabljal za zaščito lesenih drogov in pragov. Dodatek kroma je izboljšal antikorozivno delovanje in fiksacijo sredstva v les. Uporaba nekaterih borovih spojin za zaščito lesa je dovoljena tudi po uvedbi direktive o biocidih (Biocidal Products Directive) (BPD 98/8EC; Humar, 2004), saj spadajo med najvarnejše biocide za zaščito lesa. Ob običajni uporabi v industriji ni poročil o nesrečah ali drugem škodljivem vplivu na okolje (Lloyd, 1998).

2.5.3 Prisotnost borovih spojin v vsakdanjem življenju

Do devetnajstega stoletja so se borove spojine redko uporabljale, danes pa jih srečujemo na vsakem koraku, le da za to največkrat sploh ne vemo. Borove spojine so prisotne v rastlinah, prehrani ljudi, z njimi se srečujemo tudi doma, kjer se uporabljajo kot dodatek najrazličnejšim izdelkom v gospodinjstvu in za razne plastične posode, katerim izboljša toplotno odpornost. Bor se uporablja tudi pri proizvodnji steklenih vlaken, ki se med drugim uporabljajo za izdelavo športne opreme. V vsakodnevem življenju se borove spojine uporabljajo v kozmetičnih in farmacevtskih izdelkih, kot so: mila, pralni praški, hladilne kreme, kreme po britju, kapljice za oči in še v mnogih drugih. Srečujemo ga v transportnem sektorju kot dodatek gorivom, motornemu olju in hladilni tekočini. Vedno večja poraba bora je tudi v sodobni »high tech« tehnologiji. Že dolgo pa ga lahko srečamo v gradbeništvu in lesarstvu za zaščito lesa ter lesnih tvoriv.

2.5.4 Lastnosti borovih spojin

Glavna lastnost borovih spojin je dobra difuzivnost, ki omogoča zaščito tudi slabo permeabilnih lesnih vrst. Učinkuje na širok spekter delovanja proti insektom in glivam. A slaba stran dobre difuzivnosti pa je, da so borove spojine iz lesa izpirajo. Zato je uporaba borovih spojin omejena na zaščito lesa v suhih pogojih oziroma dovoljuje občasna zvišanja vlažnosti v pokritih prostorih. Borove spojine že pri nizkih koncentracijah delujejo kot učinkovit fungicid in insekticid. Dobro raziskano je delovanje bora proti glivam, insektom in tudi termitom. Po do sedaj znanih podatkih nobena gliva razkrojevalka ni tolerantna na borove spojine. Ena od najpomembnejših lastnosti boratov je tudi nizka toksičnost za ljudi (Findlay, 1956; Jonge, 1987; Dickinson in Murphy, 1989).

2.5.5 Toksičnost borovih spojin

Kot smo že omenili, se bor nahaja v majhnih količinah povsod v naravi: v zemlji, vodi, rastlinah in živalih. Povprečna koncentracija bora v zemlji znaša med 3,00 mg/kg in 10,0 mg/kg zemlje (Adams, 1964). Morska voda ga vsebuje v povprečju 4,50 mg/kg (Jenkis, 1980), pitna voda pa od 0,05 mg/L do 0,30 mg/L. Koncentracije so lahko tudi višje, odvisno predvsem od lokacije (Yazbeck in sod., 2005). Na primer koncentracija bora v pitni vodi na obrobju rudnikov bora v Turčiji znaša 21,0 mg/L do 29,0 mg/L (Sayli in sod., 1998).

Bor se uporablja tudi kot dodatek – konzervans k prehrabnim izdelkom. Uporabnik dnevno vnese bor v telo predvsem s hrano, z uživanjem sadja, zelenjave in pa skozi kožo ter po dihalni poti. Vdihovanje zraka, v katerem je $4,1 \text{ mg/m}^3$, povzroča draženje nosu, žrela ali oči le tedaj, ko smo boru izpostavljeni daljše časovno obdobje (Roper, 1992). Maksimalna delovna koncentracija borovega oksida in boraksa v zraku znaša 10 mg/m^3 . Akutna oralna toksičnost (LD50) borove kisline znaša pri podganah 3.000 mg/kg do 4.000 mg/kg telesne teže, boraksa pa 4.500 mg/kg do 6.000 mg/kg telesne teže (Weir in Fisher, 1972). Razlike nastanejo zaradi različne vsebnosti bora, 1,0 mg bora je enakovreden 5,7 mg borove kisline ali 8,8 mg boraksa (natrijev tetraborat dekahidrat). Iz navedenih podatkov lahko kar hitro povzamemo, da je akutna toksičnost borovih spojin primerljiva s toksičnostjo kuhinjske soli, po drugi strani pa je bistveno nižja od drugih biocidov, ki se uporabljajo v zaščiti lesa. Tudi poskusi z borovo kislino na miših so pokazali, da borova kislina ni mutagena ali genotoksična. Bor se v

človeškem telesu ne skladišči, temveč se izloči po 95 urah (Roper, 1992; Rainer, 1993; ECETOC, 1995).

2.5.6 Delovanje biocidov proti glivam razkrojevalkam, modrivkam, plesnim in insektom

Učinkovitost borovih spojin proti glivam razkrojevalkam lesa je odvisna predvsem od deleža bora v posamezni spojini. Delež bora v borovi kislini znaša 17,48 %, v boraksu (natrijev tetraborat dekahidrat) pa 11,34 %. Zato je mejna vrednost za boraks višja od mejne vrednosti borove kisline (Jonge, 1987). Poleg deleža bora pa na učinkovitost vpliva tudi pH vrednost. Najbolj učinkovite so borove spojine z visokim pH, zato je natrijev tetraborat relativno bolj učinkovit kot borova kislina (Richardson, 1978). Borove spojine delujejo tudi proti glivam modrivkam in nekaterim vrstam plesni. Mejna vrednost za plesni je veliko višja kot za glive razkrojevalke. Bor je za insekte želodčni in ne kontaktni strup, zato učinkuje počasneje (Becker, 1959). Za njegovo delovanje je nujen prehod preko črevesja v telo. Na insekticidnost močno vpliva tudi starost larv insektov.

2.5.7 Difuzivnost in izpiranje bora

Borove spojine se uporabljajo samostojno le za prvi in drugi razred izpostavitve, kjer ni nevarnosti močenja ter izpiranja. Pomembno je upoštevati, da se bor v impregniranem lesu ne fiksira in zaradi vlage difundira z mesta višje koncentracije na mesta z nižjo (Lloyd, 1998). Na difuzijo vplivajo različni dejavniki, ki jih lahko kontroliramo, in sicer: vlažnost lesa, temperatura, koncentracija raztopine in čas trajanja difuzije. Poleg njih pa vplivajo tudi nekontrolirani dejavniki, ki so v tesni zvezi z anatomskimi, fizikalnimi in kemičnimi karakteristikami lesa (Ra in sod., 2002). Za difuzijo bora je potrebno vsaj 20 % vlažnost lesa. Najbolje pa bo bor difundiral pri vlažnosti lesa med 40 % in 60 % (Morrell in sod., 1992; Morrell in Freitag, 1995). Zaradi dobre difuzivnosti globina penetracije sčasoma narašča, maksimalna globina penetracije znaša približno 40 mm in jo dosežemo po 25 dneh difuzije (Ra in sod., 2002). Dobra difuzija bora omogoča dobro globinsko zaščito. Po drugi strani pa je dobra difuzija slabost, saj vpliva na izpiranje borovih spojin iz lesa. Borovi biocidi se že dolgo časa uporabljajo v mešanicah anorganskih pripravkov za zaščito lesa. Eden takšnih pripravkov

je pripravek CCB (krom, baker, bor), ki se uporablja predvsem za kotelski postopek zaščite lesa. Ta zaščita se uporablja v tretjem, četrtem in petem razredu izpostavitve. Peylo in Willeitner (1997) sta ugotovila, da se je v treh letih in pol na prostem (nad zemljo) iz droga, impregniranega s pripravkom CCB, izpralo približno 30,00 % borovih spojin, medtem ko je bilo izpiranje bakrovih učinkovin veliko manjše (1,30 %). Podobno kot bakrove so se izpirale tudi kromove spojine (0,05 %).

Izpiranje bora iz lesa je v dobri korelaciji z vlažnostjo lesa. Višja kot je vlažnost, več bora se izpere iz lesa (Peylo, 1995; Peylo in Willeitner, 1995; Kartal in sod., 2004; Baysal in sod., 2006). Takoj, ko je vlažnost lesa dovolj visoka, se izpiranje začne (Peylo in Willeitner, 1995). Zato je ena od možnosti, kako zmanjšati izpiranje bora, uporaba hidrofbnih sredstev ali površinskih premazov, ki so sposobni upočasniti navlaževanje lesa. Toda tudi premaz v celoti ne zaustavi izpiranja bora (Orsler in Holland, 1993).

2.5.8 Borovi pripravki v zaščiti lesa

Borove pripravke se v praksi lahko uporablja samostojno ali pa jih kombiniramo z drugimi biocidi. Ker so relativno slabo topni v vodi, jim topnost izboljšamo z različnimi dodatki, kot so amini, hidroksidi... Za izboljšanje učinkovitosti proti modrenju nekateri proizvajalci borove spojine kombinirajo tudi s fungicidi (kvartarne amonijeve spojine, azoli...). Poleg tega pa borove spojine v nekaterih pripravkih nastopajo le kot insekticidi ali sekundarni fungicidi. Najbolj je znan klasičen pripravek CCB, poleg tega pa borovo kislino najdemo tudi v novi generaciji pripravkov na osnovi bakra in etanolamina, kjer ima borova kislina predvsem vlogo insekticida in sekundarnega fungicida. Poleg klasičnih pripravkov je na trgu na voljo tudi trimetilborat, ki ga v les vnesemo s posebnim plinskim postopkom zaščite. Trimetilborat je v vakuumu hlapen in v les prodira kot plin, zato lahko dobro prodre tudi v slabo permeabilne lesne vrste. Ob stiku z vodo se pretvori v borovo kislino. Priporočljiva vlažnost lesa pred impregnacijo je 8 %. Les je po zaščiti s plinskim postopkom suh in takoj primeren za obdelavo. Ker voda kot topilo ni potrebna, se les ne krči oziroma ne nabreka, kar je posebej pomembno za konstrukcijski les.

2.6 BAKROVE SPOJINE

Sveže posekan les, zaščiten z vodno raztopino bakrovega(II) sulfata, ni imel velike trajnosti, kajti bakrove spojine so se iz lesa hitro izpirale. Ko so v začetku dvajsetega stoletja rešili težave, povezane z izpiranjem bakrovih pripravkov iz lesa, je njihova poraba strmo narasla. Zaščitna sredstva, ki vsebujejo bakrove spojine, ščitijo les tako pred glivami kot tudi pred algami. Poleg tega preprečujejo tudi vsidranje morskih škodljivcev na podvodne dele ladij in lesenih konstrukcij. Letno se za zaščito lesa porabi več kot 100.000 ton bakrovih pripravkov, količina pa še narašča (Hughes, 1999; Preston, 2000).

Razlogov za to je več:

- bakrovi pripravki so že v relativno nizkih koncentracijah učinkoviti za glive, bakterije in alge, na višje rastline ne vplivajo; v nizkih koncentracijah je baker celo nujno potreben za njihovo rast in razvoj (Gupta, 1979),
- zaščitna sredstva na osnovi bakra so relativno poceni in sorazmerno varna v primerjavi z drugimi zaščitnimi pripravki (Richardson, 1997),
- prepoved oziroma strožji nadzor nad nekaterimi klasičnimi organskimi biocidi za les zaradi strupenosti ali njihove okoljske neprimernosti (Pohleven, 1998),
- hiter razvoj dežel tretjega sveta in s tem povezane večje potrebe po zaščitenem lesu (Richardson, 1997).

2.6.1 Fungicidne in fungistatične lastnosti bakrovih spojin

Baker je eden izmed sedmih esencialnih elementov, ki so v sledovih nujno potrebni za rast gliv in rastlin. Višje koncentracije spojin bakra pa delujejo fungicidno (Gupta, 1979). Kljub dolgi in množični uporabi bakrovih biocidov v fungicidne namene njihovo delovanje na glive še ni v celoti raziskano (Richardson, 1997). Znano je, da mora biti bakrova aktivna komponenta raztopljena v vodnem okolju, da deluje fungicidno oziroma fungistatično.

2.6.2 Klasični bakrovi pripravki za zaščito lesa

Veliko prelomnico v razvoju zaščitnih pripravkov za les pomeni Bruningovo odkritje iz leta 1913. Ugotovili so, da kromove spojine bistveno izboljšajo vezavo aktivnih komponent. Poleg

tega pa močno omilijo tudi korozijo materialov med obdelavo zaščenega lesa. To odkritje je omogočilo obsežen komercialni razmah zaščitnih pripravkov. Tudi dodatek arzenovih soli v pripravke je izboljšal tako fiksacijo bakrovih in kromovih spojin kot tudi odpornost s CCA zaščenega lesa proti termitom in tolerantnim izolatom gliv (Richardson, 1993). Arzenovih spojin pa niso dodajali le zaščitnim pripravkom na osnovi kromovih in bakrovih spojin temveč tudi pripravkom na osnovi bakrovih spojin in amoniaka. Arzen pa je zaradi svoje škodljivosti skoraj povsem umaknjen s trga razvitih držav. V posameznih državah, kjer je nevarnost termitov, ga je dovoljeno uporabljati le še za zaščito telekomunikacijskih drog, infrastrukture in lesa v stiku z morsko vodo.

2.6.3 Novejši bakrovi pripravki za zaščito lesa

Zaradi omejitve uporabe zaščitnih pripravkov, ki vsebujejo kromove spojine, bakrove učinkovine v novi generaciji zaščitnih pripravkov najpogosteje kombinirajo z etanolaminom ali trietanolaminom. Za izboljšanje insekticidnih lastnosti jim dodajo borove in kvartarne amonijeve spojine, ki delujejo tudi kot sekundarni fungicidi. Ker se borove učinkovine kot sekundarni biocid iz lesa zelo dobro izpira, so dolgo časa iskali primeren biocid, vodotopen biocid, ki bi imel tako fungicidne kot tudi insekticidne lastnosti. Kot zelo učinkoviti so se izkazali pripravki na osnovi bakrovih spojin aminov in azolov. Kakorkoli, večina novejših pripravkov je manj učinkovitih, kot sta klasična priprava CCA in CCB, zato moramo les prepojit z večjo količino zaščitnih učinkovin. Priporočen navzem za lesne droge, vgrajene v zemljo, je za pripravek na osnovi bakra, aminov in kvartarnih amonijevih spojin (ACQ) skoraj šestkrat višji kot pri impregnaciji s sredstvom CCA. Zaradi večjih navzemov se bodo s tako zaščenega lesa sproščale tudi večje količine težkih kovin. Tako se postavlja vprašanje, ali je uvedba novih zaščitnih pripravkov res vedno najboljša rešitev. Baker je še posebej učinkovit za morske organizme, zato se za zaščito lesa v stiku z morsko vodo še vedno najpogosteje uporabljajo pripravki CCA.

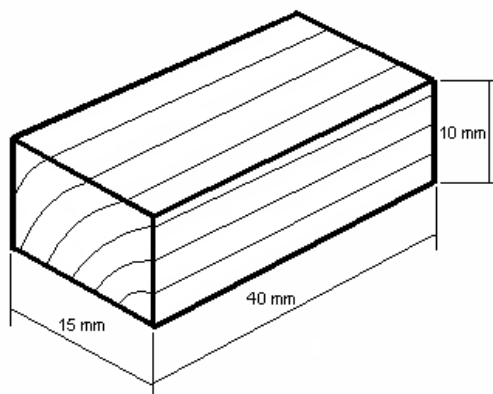
3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

- grelna plošča
- čaše
- merilni valji
- lonec
- petrijevke
- gojitveni (rastni) kozarci
- rastni komori
- avtoklav
- sušilnik
- laminarij oziroma brezprašna komora
- elektronska tehtnica (natančnost 0,0001 g)
- špiritni gorilnik
- pincete
- mrežice
- pripravljeni vzorci lesa
- krompirjev glukozni agar (PDA)
- borova kislina
- bakrov(II) sulfat pentahidrat

3.1.1 Vzorci lesa

Za izdelavo vzorcev smo uporabili beljavo lesa smreke (*Picea abies*) in les bukve (*Fagus sylvatica*). Vzorci so bili brez kakršnih koli vidnih napak, se pravi zdravi, brez grč, brez razpok, brez smolnih kanalov in zračno suhi. Povprečna gostota vzorcev lesa smreke je bila 450 kg/m^3 , povprečna gostota vzorcev lesa bukve pa okoli 700 kg/m^3 . Izdelali smo 150 vzorcev iz smrekovine in 150 vzorcev iz bukovine, vzdolžno orientiranih dimenzij $40 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ (slika 3). Vse vzorce smo oštevilčili za kasnejšo identifikacijo.



Slika 3: Dimenzije vzorca

3.1.2 Uporabljene testne glive

Za izvajanje testov smo uporabili glive prostotrosnice (*Basidiomycotina*), ki povzročajo rjavo ali pa belo trohnobo. Izolate kultur gliv smo dobili v banki gliv Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti.

Uporabili smo naslednje izolate gliv:

- Bela trohnoba:
 - pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)
 - ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)
 - bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*)

- Rjava trohnoba:
 - siva hišna goba (*Serpula lacrymans*)
 - bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*)
 - navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)

Glive so bile izbrane po kriteriju najpomembnejših predstavnic trohnenja lesa (preglednica 2).

Preglednica 2: Glive, razkrojevalke lesa, uporabljene pri eksperimentalnem delu diplomske naloge

VRSTA TROHNOBE	SLOVENSKO IME	LATINSKO IME	ZIM *	OKRAJŠAVA
bela trohnoba	pisana ploskocevka	(<i>Trametes versicolor</i>)	L057	Tv
	ogljena kroglica	(<i>Hypoxylon fragiforme</i>)	L108	Hf
	bukov ostrigar	(<i>Pleurotus ostreatus</i>)	L030	Pl ₅
rjava trohnoba	navadna tramovka	(<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	L018	Gt ₂
	bela hišna goba	(<i>Antrodia vaillantii</i>)	L037	Pv ₂
	siva hišna goba	(<i>Serpula lacrymans</i>)	L044	Sl ₅

3.1.3 Opis gliv

3.1.3.1 Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*)

Najdemo jo večinoma na lesu listavcev, predvsem na bukvi pa tudi na iglavcih. Pogosta je na stebrih, drogovi in žaganem lesu. Optimalna temperatura za rast je 26 °C in relativno visoka vlažnost. Povzroča tudi piravost. Poškodbe so vidne na lesu kot temno rjave do črne proge. Je substratna gliva, ki nima površinskega podgobja. Trosnjaki imajo obliko konzol, debelih do 3,0 mm, s premerom do 60 mm, pogosto se prekrivajo kot strešniki. Zgornji del je rahlo dlakav, svilenega leska, obarvan v koncentričnih conah rumenkasto, rjavkasto, rdečkasto, sivo, črnkasto in na robu belkasto (slika 4). Himenij (spodnja stran) je bel oziroma rumenkasto bel, s finimi okroglimi porami, premera do 0,2 mm in usnjat. Pod dlakavo površino leži zelo trd sloj temne barve, ki je značilen za to glivo (Pečenko, 1987).



Slika 4: Plodišče pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*)

3.1.3.2 Ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*)

Ogljena kroglica je ena redkih vrst gliv iz skupine zaprtotrošnic, ki povzroča belo trohnobo. Je zelo pogost primarni saprofit bukve in drugih listavcev. Na lesu povzroča piravost, to je netipična bela mozaična trohnoba oziroma obarvanje lesa v pasovih, ki so med seboj ločeni s temnimi črtami. Trošnjaki imajo obliko čvrstih, trdih kroglic, premera od 2 mm pa vse do 7 mm (slika 5).



Slika 5: Plodišča ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*)

3.1.3.3 Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*)

Bukov ostrigar je razširjen v zmernem in subtropskem podnebnem pasu severne poloble. Gliva je tipičen saprofit, ki ga najdemo predvsem na lesu listavcev, najpogosteje na bukovini. Navadno na konstrukcijskem lesu ne povzroča škode, v novjšem času pa poročajo o škodi, ki jo ta gliva povzroča na vezanih in ivernih ploščah. Zato je ostrigar standardna gliva za testiranje odpornosti ivernih in OSB plošč proti trohnenju.

Na okuženem lesu najdemo bel micelij. Plodišča so sestavljena iz klobuka z betom. Klobuk po obliki spominja na školjko in doseže premer od 5,0 cm do 15 cm. So od sivorjave do rumenkastorjave barve. Navadno izraščajo v šopih. Beti so nameščeni stransko, poševno in so različnih dolžin. Lamle trosišča na spodnji strani so belkasto rjave in so prirastle k betu (slika 6). Včasih vonj trosišč spominja na rahel vonj po janežu. Spore so bele, cilindrične oblike, velike od 8,0 μm do 12 μm $\times$ 3,0 μm do 4,5 μm . Hife v notranjosti lesa so brezbarvne, tankostene, premera od 1,0 μm do 3,0 μm . Bukovemu ostrigarju ustreza temperatura okoli 27 °C ter vlažnost lesa med 60 % in 80 %. Pri teh pogojih lahko gliva priraste tudi 7,5 mm dnevno.

Plodišča bukovega ostrigarja so zelo okusna, zato ga zelo pogosto gojijo v prehrabene namene. Bukov ostrigar pa ima še mnogo širšo uporabnost. Micelij bukovega ostrigarja lahko uporabimo tudi za razstrupljanje zemlje, okužene z odpadnimi olji, pesticidi ali biocidi. Poleg

tega je micelij glive lahko odličen biofilter ali celo biokontrolni agent. V zadnjem času pa ta gliva pridobiva velik pomen tudi v uporabi za medicinske namene (Humar, 2008).



Slika 6: Plodišče bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*)

3.1.3.4 Siva hišna goba (*Serpula lacrymans*)

Je ena najbolj nevarnih razkrojevalk vgrajenega lesa. Okužuje ves les od kleti do podstrešja, najpogosteje les iglavcev (redkeje listavcev) v naravi, pa je redka. V zgradbi se lahko naseli na izdelke iz lesa ali na predmete, ki vsebujejo celulozo oziroma ogljikove hidrate. Optimalna temperatura je 21 °C, že pri 27 °C pa preneha z rastjo. V začetku rasti potrebuje vlažnost lesa okoli 60 %, kasneje pa le še 30 %. Povzroča rjavo trohnobo. Površinsko podgobje je v začetku v obliki vatastih kosmov bele do srebrno bele barve, kasneje se kosmi združijo v več centimetrsko debelo vatasto prevleko, ki jo lahko razslojimo in je belo sive do umazano sive barve (slika 7). Če naleti gliva na neugodne razmere za rast, dobi micelij limonasto rumene ali vinsko rdeče madeže. Rizomorfi so sivi ali umazano sivi, obrasli s kosmi oziroma krpami vatastega micelija. Presek rizomorfov je do 10 mm. Sveži rizomorfi so upogljivi, suhi pa se zlomijo podobno kot les podobne debeline. Na vrvicah in podgobju je pogosto mogoče najti vodne kapljice. Podgobje se zlahka odstrani s podlage. Trosnjaki so okroglaste oblike in lahko prekrijejo tudi površino več kvadratnih metrov. Notranji del trosovnice je rdečkasto rjave barve, labirintno naguban, v gubah zorijo trosi. Sveži trosnjaki dišijo po gobah, gnijoči pa zaudarjajo z ostrim vonjem, ker so bogati z beljakovinami. Ob robu je več centimetrov širok pas prirastnega podgobja bele barve, ki se ostro loči od trosovnice. Debelina trosnjaka doseže do 20 mm. Najprej so trosnjaki mesnati, pogosto zelo vlažni, kasneje pa postanejo žilavi in usnjati. Na vertikalnih površinah lahko dobijo trosnjaki razen plosko krožne oblike tudi obliko balončka. Trosi se nabirajo v prostoru dobro razvitega trosnjaka kot fin rjavo rdeč prah. V

novogradnjah na solzivko redko naletimo, zato pa je pogostejša v starih zgradbah (Pečenko, 1987).



Slika 7: Plodišče sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*)

3.1.3.5 Bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*)

Ta gliva je precej razširjena v Evropi. Pojavlja se kot razkrojevalka na lesnih izdelkih. Najdemo jo tudi na lesu na prostem (hlodovina v gozdu) ali na lesu v stiku z zemljo (drogovi, pragovi...). Večinoma jo najdemo na vlažnem lesu iglavcev, zlasti če se vlaga nabira v obliki kapljic. Lahko je prisotna tudi v prostorih, kjer prihaja do občasnega navlaževanja (kopalnica), sopare (kuhinja) in talne vode (kleti). Na okuženi strani lesa se pojavi belo podgobje, ki ohrani barvo tudi, ko se goba postara. Podgobje se razrašča kot pozimi ledene rože na okenskih steklih. Iz podgobja se razvijejo beli rizomorfi, ki so lahko debeli do 4,0 mm (slika 8). Ti ostanejo prožni in se ne lomijo niti takrat, ko so posušeni. Trosnjaki so kožasti. Mladi so beli, ko pa dozori postanejo rumenkasti. Gliva raste v temperaturnem območju od 3,0 °C pa do 36 °C. Optimalni pogoji za razvoj bele hišne gobe so temperatura 27 °C in vlaga lesa okoli 40 %. V laboratorijskih razmerah zraste podgobje tudi do 12,5 mm dnevno. Bele hišne gobe prenesejo tudi do pet let trajajoče sušno obdobje in nato spet oživijo. Lahko je odporna na baker.



Slika 8: Plodišče bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*)

3.1.3.6 Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)

Tramovke so zelo razširjene v Evropi, Avstraliji, na Novi Zelandiji, Afriki in S. Ameriki. Okužijo tako les iglavcev pa tudi les listavcev. Povzročajo rjavo trohnobo. Najdemo jih predvsem na lesnih konstrukcijah, mostovih, okenskih okvirjih ter zunanjih talnih oblogah. Aktivni trosnjaki so temno rumene barve (slika 9). Lamele imajo nepravilno obliko in razpored. Trosi so brezbarvni in cilindrični. V začetku je klobuk temno rumen, s starostjo potemni, včasih pa tudi zbledi. Les, okužen z navadno tramovko, je v začetku obarvan rumeno, v končni fazi razkroja pa je les rjav lahko celo rdeč. Optimalna temperatura za razvoj je 35 °C, maksimalna pa 40 °C. Trosi ohranijo kaljivost tudi po enem letu v suhem stanju. Poznamo jo kot zelo nevarno razkrojevalko stavbnega pohištva.



Slika 9: Plodišče navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*)

3.2 METODE

3.2.1 Priprava hranilnega gojišča

Hranilno gojišče smo pripravili z destilirano vodo in s krompirjevim glukoznim agarjem v prahu (PDA – Potato Dextrose Agar), in sicer tako, da smo za 1,0 L hranilnega gojišča zatehtali 39 g hranilnega gojišča v prahu, ki smo ga najprej stehtali in mu dolili nekoliko destilirane vode ter ga dobro raztopili. Preostali del destilirane vode smo v loncu segreli do vretja in dodali že prej omenjeno hranilno gojišče z nekaj destilirane vode. Vse skupaj smo mešali, dokler ni hranilno gojišče z destilirano vodo zopet zavrelo. Nato smo hranilno gojišče prelili v gojitvene kozarce, in sicer v vsak kozarec po 30 mL hranilnega gojišča. Ker smo potrebovali 102 gojitvenih kozarcev, smo morali dodati destilirani vodi 119,34 g hranilnega gojišča v prahu proizvajalca (Difco laboratories, ZDA). Gojitvene kozarce smo pokrili s pokrovi, v katere smo naredili luknje in jih zamašili z vato ter jih sterilizirali v avtoklavu 45 minut pri temperaturi 121 °C. Gojitvene kozarce smo nato zložili v laminarij (brezprašno

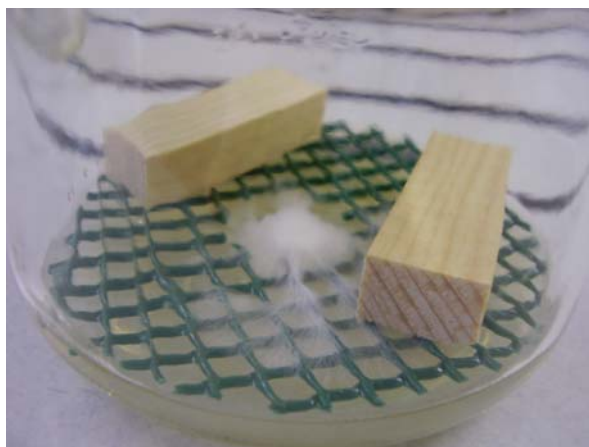
komoro) in jih izpostavili približno 10 minut UV svetlobi, s tem smo zagotovili sterilnost gojišča.

3.2.2 Cepljenje (inokulacija) hranilnega gojišča z izbranimi kulturami gliv

V laminarij smo zložili petrijevke s štartno kulturo izbranih gliv, mrežice in gojitvene kozarce s hranljivim gojiščem. Nato je sledila inokulacija hranilne podlage z izbranimi kulturami lesnih gliv. Iz petrijevke z izhodiščno kulturo smo vzeli košček že zraslega micelija določene glive ter ga s pomočjo špatule sterilno prenesli na hranilno gojišče v gojitveni kozarec. Na gojišče smo nato postavili še sterilno mrežo. Gojitvene kozarce smo zaprli ter zložili v rastne komore, in sicer v komoro s temperaturo 25 °C ter relativno zračno vlažnostjo 80 %. Kozarce, inokulirane s kulturo sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*), pa v komoro s temperaturo 21 °C in relativno zračno vlažnostjo 80 %. Inokulirane gojitvene kozarce smo v komori inkubirali sedem dni.

3.2.3 Izpostavitve vzorcev lesnim glivam

Smrekove in bukove vzorce smo pred sterilizacijo en dan sušili v sušilniku (103 °C) in jim določili maso v absolutno suhem stanju. Vse vzorce smo 20 minut sterilizirali v avtoklavu pri temperaturi 121 °C. Sterilne vzorce smo prestavili v laminarij in počakali, da se ohladijo. Medtem smo jih za 10 minut izpostavili UV svetlobi ter na ta način zmanjšali verjetnost okužbe. V gojitveni kozarec smo sterilno vstavili po dva ali tri vzorce (slika 10). Glivam bele trohnobe smo izpostavili bukove vzorce, glivam rjave trohnobe pa smrekove vzorce. Zatem smo gojitvene kozarce z vzorci za šest tednov postavili v rastno komoro.



Slika 10: Inokuliran gojitveni kozarec z mrežico in z vzorcema lesa

3.2.4 Priprava raztopine

Za kurativno zaščito smo pripravili dva tipa zaščitnih pripravkov, in sicer vodni raztopini borove kisline in bakrovega(II) sulfata pentahidrata različnih koncentracij. V štiri čaše smo najprej stehali borovo kislino (H_3BO_3), in sicer v prvo čašo 3,432 g borove kisline in 600,0 g destilirane vode. Tako smo dobili 0,10 % raztopino borove kisline. Nato smo stehali 8,580 g borove kisline in 600,0 g destilirane vode, da smo dobili 0,25 % raztopino borove kisline. Stehali smo še 17,160 g borove kisline in 600,0 g destilirane vode, da smo dobili 0,50 % raztopino borove kisline. Zatem pa smo stehali še 29,856 g borove kisline in 600,0 g destilirane vode, da smo dobili 0,87 % raztopino borove kisline. Podobno smo pripravili tudi vodne raztopine bakrovega(II) sulfata pentahidrata, in sicer za 0,10 % raztopino smo stehali 2,352 g bakrovega(II) sulfata in 600,0 g destilirane vode, za 0,25 % raztopino smo stehali 5,880 g bakrovega(II) sulfata in 600,0 g destilirane vode, za 0,50 % raztopino smo stehali 11,784 g bakrovega(II) sulfata in 600,0 g destilirane vode in za 1,00 % raztopino smo stehali 23,580 g bakrovega(II) sulfata in 600 g destilirane vode. Pri borovi raztopini smo naredili le 0,87 % raztopino, saj se 1,00 % raztopina borove kisline zaradi slabe topnosti borove kisline v celoti ne raztopi, ker pride do nasičenja raztopine. Vse čaše smo postavili na električna mešala ter raztopine mešali toliko časa, da sta se borova kislina oziroma bakrov(II)sulfat pentahidrat popolnoma raztopila. Za kontrolo smo vzorce namočili v sterilno destilirano vodo (preglednica 3).

Preglednica 3: Uporabljene koncentracije zaščitnih pripravkov

AKTIVNA UČINKOVINA	OZNAKA	KONCENTRACIJA	AKTIVNA UČINKOVINA	OZNAKA	KONCENTRACIJA
bakrov(II) sulfat pentahidrat	Cu	0,10 %	borova kislina	Ba	0,10 %
		0,25 %			0,25 %
		0,50 %			0,50 %
		1,00 %			0,87 %

* (Raspor in sod., 1995)

3.2.5 Ugotavljanje represivne (kurativne) zaščite

Vzorci smo po šestih tednih izpostavitve glivam razkrojevalkam vzeli iz gojitvenih kozarcev, jih postavili v laminarij ter jih s papirjem očistili (odstranili micelij). Očiščene vzorce (po pet vzorcev/glivo/raztopino) smo za 10 minut potopili v pripravljene sterilne raztopine (preglednica 3). Vzorce smo nato prenesli v petrijevke (po dva vzorca/petrijevko) in prestavili v rastno komoro za štiri dni.

3.2.6 Določanje mokrega navzema zaščitnih pripravkov

Povprečni navzem zaščitnih pripravkov smo določali s potapljanjem v destilirano vodo. Zaradi zagotavljanja sterilnosti ga nismo uspeli določiti na vseh vzorcih, temveč le na izbranih, ki smo jih potem izločili. Določali smo ga gravimetrično in ga izračunali na podlagi petih vzporednih meritev.

Najprej smo vse kontrolne vzorce stehtali, nato smo jih za 10 minut potopili v destilirano vodo. Po preteku 10 minut smo vzorce vzeli iz destilirane vode ter jih ponovno stehtali. Iz razlike mas vzorcev (formula [...1]), smo dobili povprečen navzem zaščitnega sredstva.

$$r^v = \frac{m_4 - m_3}{V} \quad [...1]$$

r^v ...celotni navzem zaščitnega pripravka v kg/m³

V ...volumen vzorca v m³

m_3 ...masa vzorca pred impregniranjem v kg

m_4 ...masa vzorca po impregniranju v kg

3.2.7 Ocenjevanje učinkovitosti represivne zaščite

Petrijevke smo po štirih dneh vzeli iz rastnih komor, jih zložili na pult ter jih primerjali s kontrolnimi vzorci. Pripravili smo ocenjevalno lestvico med 0 (zaščitno sredstvo je popolnoma zavrlo rast glive) in 3 (zaščitni pripravek ni imel učinka na rast glive) (preglednica 4). Po dveh dneh smo postopek ponovili in vzorce ocenili z istimi kriteriji. Ker je bilo ponovno nekaj vzorcev ocenjenih z ocenami (0), smo postopek ponovili še po dveh ter štirih dneh. Na ta način smo zagotovo ugotovili, katera koncentracija zaščitnega pripravka v celoti zavre glive v lesu.

Preglednica 4: Ocene učinkovitosti delovanja represivne zaščite

OCENA	OPIS OCENE
0	zaščitni pripravek je v celoti zavrl rast glive
1	pripravek je močno zavrl rast glive, vendar je na posameznem mestu prišlo do rasti micelija
2	rast glive je bila nekoliko zavrt
3	zaščitni pripravek ni imel nikakršnega vpliva na rast glive

3.2.8 Določanje izgube mase

Za določanje povprečne izgube mase smo najprej vsak vzorec pred izpostavitvijo glivam, posušili do absolutne suhosti, ga postavili v eksikator, da se je ohladil in ga nato ponovno stehali. Potem smo ga izpostavili izbranim glivam razkrojevalkam. Po končanih poskusih smo vzorce zopet posušili do absolutne suhosti ter jih ponovno stehali. Izgubo mase smo določili s pomočjo naslednje formule [...2].

$$m_{izgub} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \quad [...2]$$

m_{izgub} ...izguba mase na posameznem vzorcu v %

m_1 ...masa absolutno suhih vzorcev v g

m_2 ...masa absolutno suhih okuženih vzorcev v g

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 POVPREČNA IZGUBA MASE VZORCA

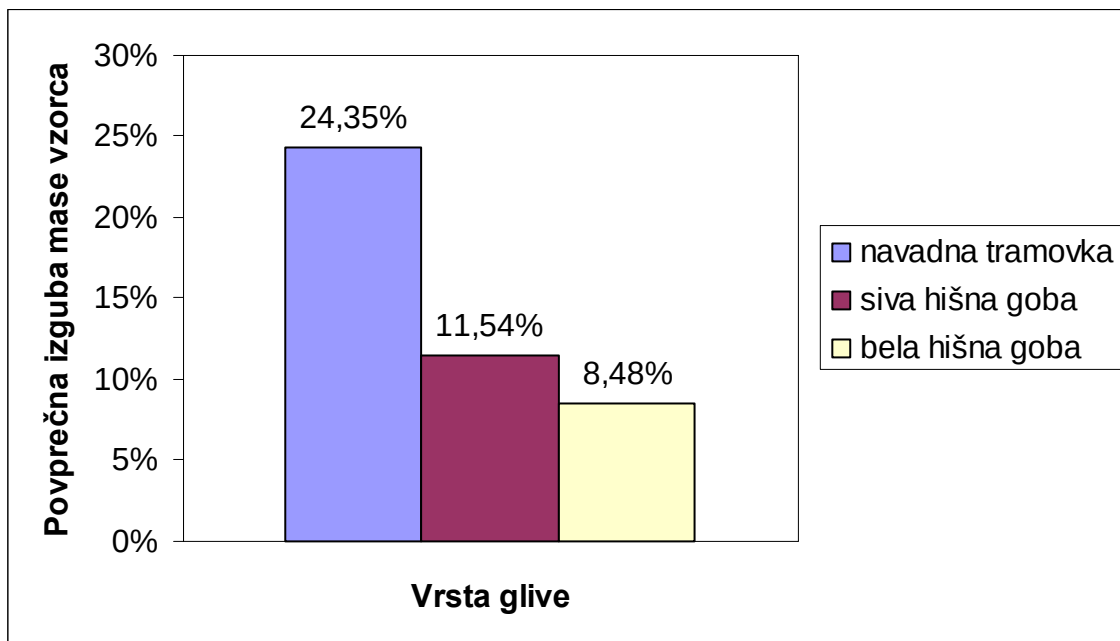
Kot smo že omenili, smo izgubo mase določali gravimetrično. Na podlagi formule [...2] s strani 26 smo izračunali izgubo mase posameznih vzorcev in jih izrazili v odstotkih. Vzorci so bili glivam izpostavljeni le šest tednov. Navadno standardni laboratorijski testi trajajo dlje, vendar smo mi želeli, da je pred samim postopkom represivne zaščite gliva v čim bolj vitalnem stanju, zato smo izpostavitve prekinili prej.

Izgubo mase smrekovih vzorcev, izpostavljenih glivam rjave trohnobe, so nihale med 8,5 % in 24,3 %, v odvisnosti od uporabljene glive. Največjo povprečno izgubo mase lesa je povzročila gliva navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), in sicer so vzorci v šestih tednih izgubili kar 24,3 %. Najmanjšo povprečno izgubo mase smo določili po izpostavitvi vzorcev beli hišni gobi (*Antrodia vaillantii*), in sicer približno trikrat manj (8,5 %) kot po izpostavitvi tramovke (*Gloeophyllum trabeum*). Naši rezultati potrjujejo, da je navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) veliko bolj agresivna razkrojevalka lesa kot bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) (preglednica 5 in slika 11).

Preglednica 5: Povprečna izguba mase smrekovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam rjave trohnobe

VRSTA GLIVE	OZNAKA	POVPREČNA IZGUBA MASE
navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	Gt ₂	24,3 %
siva hišna goba (<i>Serpula lacrymans</i>)	Sl ₅	11,5 %
bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>)	Pv ₂	8,5 %

Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) je razkrojila največji delež lesa, saj je povprečna izguba mase lesa bila 24,3 %. Siva hišna goba (*Serpula lacrymans*) je povzročila izgubo mase, ki se nahaja nekje med navadno tramovko (*Gloeophyllum trabeum*) in belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*). Podatki o izgubi mase nakazujejo, da so bile glive vitalne in so lahko razkrajale les (slika 11).

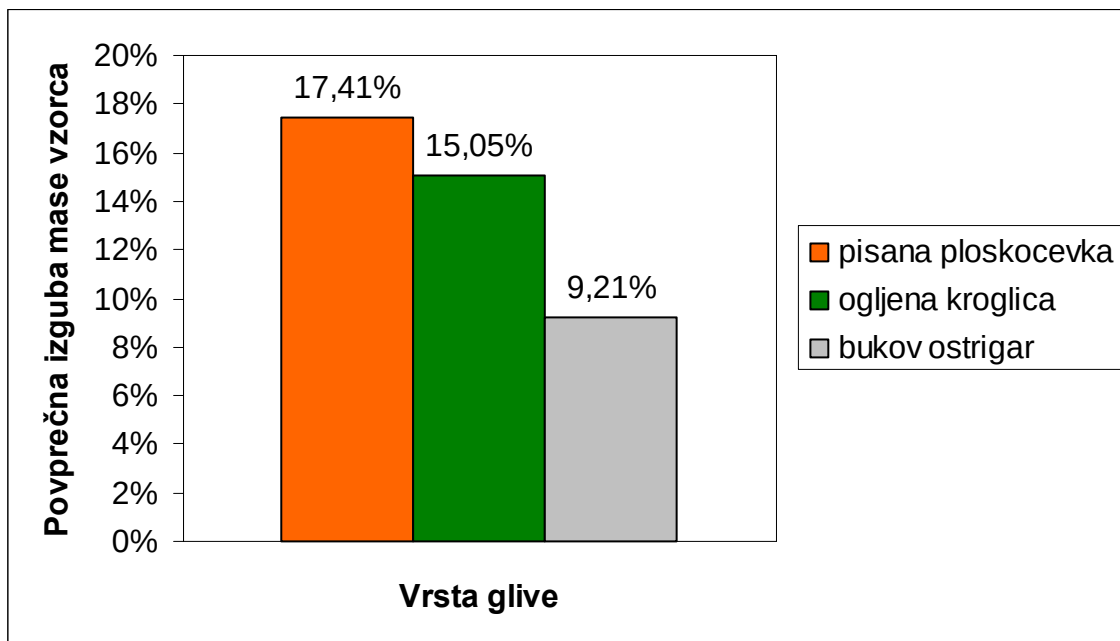


Slika 11: Povprečna izguba mase smrekovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam rjave trohnobe

Povprečne izgube mase bukovih vzorcev so bile nekoliko nižje kot pri smrekovih vzorcih. Pri bukovih vzorcih je največjo povprečno izgubo mase povzročila pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) (17,4 %). Izguba mase teh vzorcev je približno za 7 odstotnih točk nižja od izgube mase smrekovih vzorcev, izpostavljenih najbolj agresivni glivi rjave trohnobe – navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*). Tudi ogljena kroglica (*Hypoxyylon fragiforme*) ne zaostaja veliko za pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*). Pri bukovem ostrigarju (*Pleurotus ostreatus*) pa je povprečna izguba mase lesa približno še enkrat nižja od izgube mase vzorcev, izpostavljenih pisani ploskocevki (*Trametes versicolor*) (preglednica 6 in slika 12). Kakorkoli, razlike med izgubami mase bukovih vzorcev, izpostavljenih različnim glivam bele trohnobe so manjše od izgube mase vzporednih smrekovih vzorcev, izpostavljenih glivam rjave trohnobe.

Preglednica 6: Povprečna izguba mase bukovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam bele trohnobe

VRSTA GLIVE	OZNAKA	POVPREČNA IZGUBA MASE
pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>)	Tv	17,4 %
ogljena kroglica (<i>Hypoxyylon fragiforme</i>)	Hf	15,1 %
bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Plo ₅	9,2 %



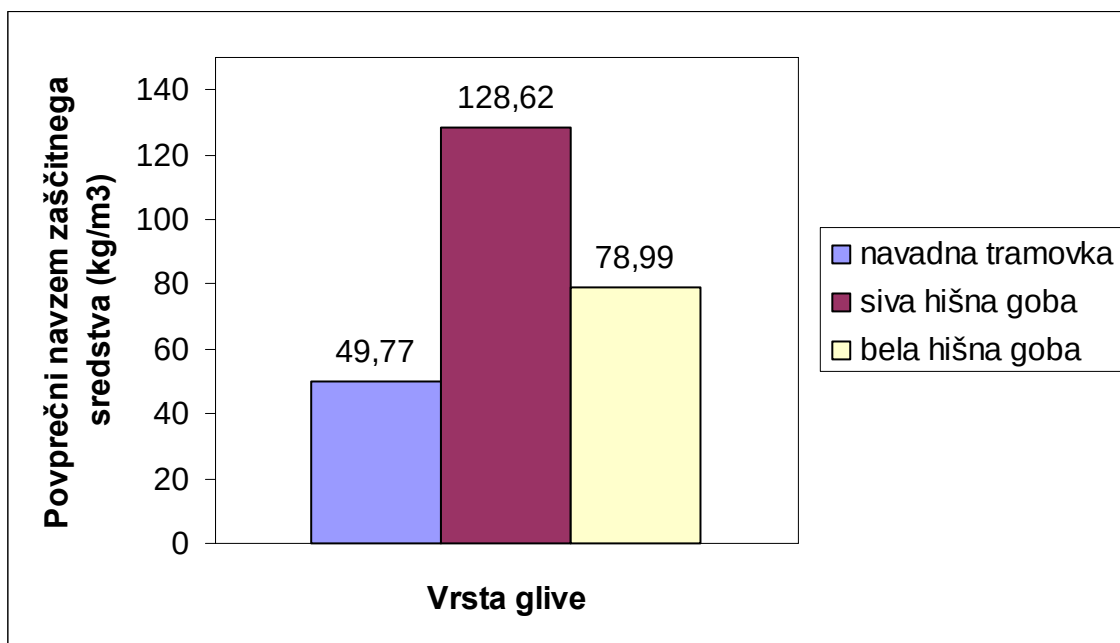
Slika 12: Povprečna izguba mase bukovih vzorcev po šestih tednih izpostavitve glivam bele trohnobe

4.2 MOKRI NAVZEM ZAŠČITNIH PRIPRAVKOV

Mokri navzem je podatek, ki nam pove, koliko zaščitnega pripravka je prodrlo v les med postopkom zaščite. Največji mokri navzem pri smrekovih vzorcih smo določili pri vzorcih, izpostavljenih sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*) (129 kg/m^3). Nato so ji sledili vzorci, izpostavljeni beli hišni gobi (*Antrodia vaillantii*) (79 kg/m^3). Najmanjši mokri navzem pa smo zasledili pri vzorcih, izpostavljenih navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) (50 kg/m^3) (preglednica 7 in slika 13).

Preglednica 7: Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva v delno razkrojene smrekove vzorce

VRSTA GLIVE	OZNAKA	POVPREČNI MOKRI NAVZEM
siva hišna goba (<i>Serpula lacrymans</i>)	Sl ₅	129 kg/m ³
bela hišna goba (<i>Antrodia vaillantii</i>)	Pv ₂	79 kg/m ³
navadna tramovka (<i>Gloeophyllum trabeum</i>)	Gt ₂	50 kg/m ³



Slika 13: Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva pri delno razkrojenih smrekovih vzorcih

V kolikor primerjamo podatke o izgubi mase (preglednici 5 in 6) in podatke o mokrem navzemu (preglednici 7 in 8), vidimo, da med stopnjo razkrojenosti in mokrim navzemom ni neke povezave. Morda bi lahko pričakovali, da bodo bolj razkrojeni vzorci vpili več zaščitnega pripravka, vendar naše meritve tega ne potrjujejo. Očitno je, da na mokri navzem vplivajo še drugi dejavniki, ki pa jih v tem trenutku ne znamo pojasniti.

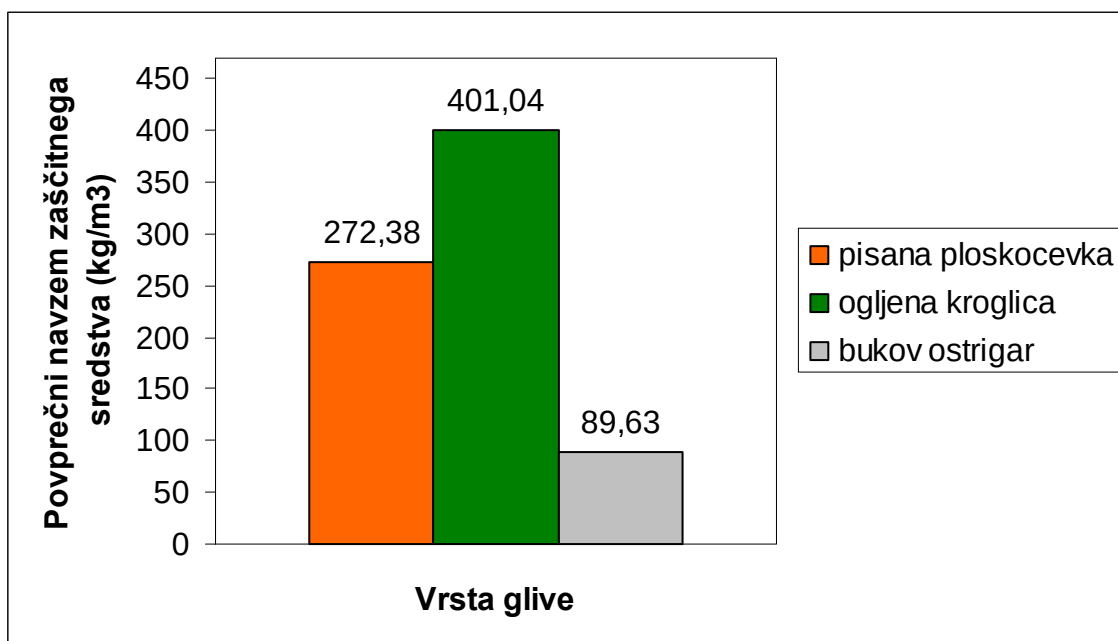
Že na prvi pogled je očitno, da so vzorci, izpostavljeni glivam bele trohnobe, vpili več zaščitnega pripravka kot smrekovi vzorci, izpostavljeni glivam rjave trohnobe. Največji mokri navzem smo določili pri vzorcih, izpostavljenih ogljeni kroglici (*Hypoxylon fragiforme*). Ti vzorci so v povprečju vpili kar 400 kg/m^3 tekočine. Ta podatek je zelo zanimiv tudi z drugega vidika. Morda bi bilo smiselno raziskati možnosti uporabe te glive v biotehnoloških postopkih, s katerimi želimo izboljšati impregnabilnost lesa.

Med samim postopkom represivne zaščite je bilo opazno, da so bukovni vzorci zelo nabrekli že po nekaj minutah.

Nekoliko nižje mokre navzeme kot pri vzorcih, izpostavljenih ogljeni kroglici (*Hypoxylon fragiforme*), smo zabeležili pri vzorcih, izpostavljenih pisani ploskocevki (*Trametes versicolor*) (271 kg/m^3), bistveno slabše pa pri bukovini, razkrojeni z bukovim ostrigarjem (*Pleurotus ostreatus*) (90 kg/m^3) (slika 14).

Preglednica 8: Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva bukovih vzorcev

VRSTA GLIVE	OZNAKA	POVPREČNI MOKRI NAVZEM
ogljena kroglica (<i>Hypoxylon fragiforme</i>)	Hf	401 kg/m ³
pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>)	Tv	272 kg/m ³
bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Plo ₅	90 kg/m ³



Slika 14: Povprečni mokri navzem zaščitnega sredstva pri delno razkrojenih bukovih vzorcih

Podobno kot pri smrekovih vzorcih tudi pri bukovih nismo opazili povezanosti med izgubo mase in mokrim navzemom. Zanimiv je podatek, da je bilo že s prostim očesom dobro vidno, da je bila površina vzorcev po izpostavitvi glivam bele trohnobe manj hidrofozna kot površina vzorcev, izpostavljenih glivam rjave trohnobe. Kakorkoli, tega opažanja nismo uspeli podrobneje osvetliti, saj presega obseg diplomske naloge.

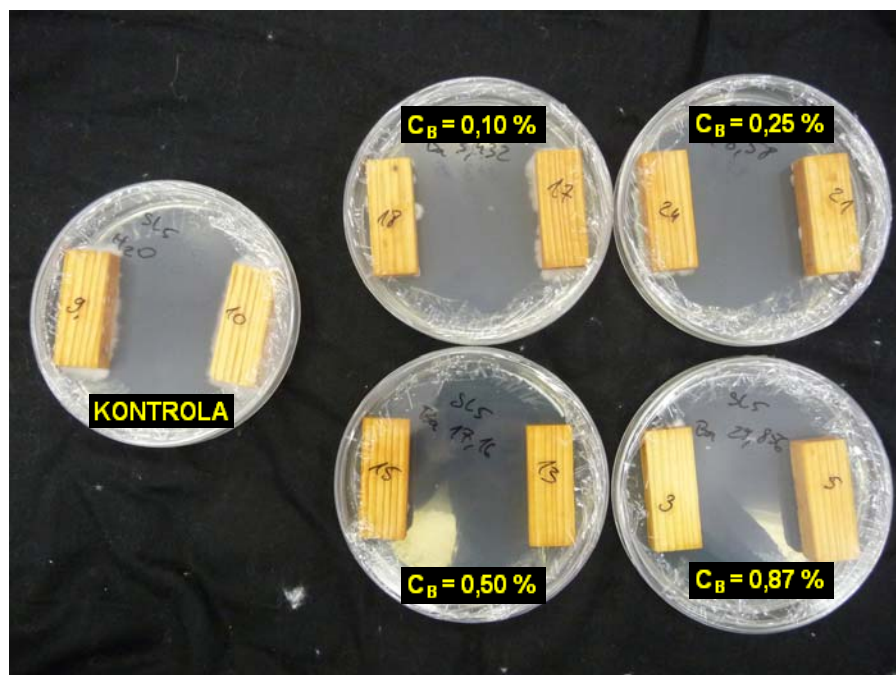
4.3 UČINKOVITOST REPRESIVNE ZAŠČITE NA GLIVE RAZKROJEVALKE

4.3.1 Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na sivo hišno gobo

(*Serpula lacrymans*)

Prepojitev kontrolnih vzorcev z vodo ni vpliva na rast sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*). Iz vseh kontrolnih vzorcev je v relativno kratkem času pognal micelij. Ta podatek nakazuje, da 10 minutno potapljanje v vodno raztopino ni imelo bistvenega vpliva na rast sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*).

Prepojitev smrekovine z nižjimi koncentracijami borove kisline ($c_B = 0,10 \% - 0,50 \%$) ni imela zadostnega kurativnega učinka na glivo sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*). Nižje koncentracije so glivo sicer nekoliko zavrle, vendar njene rasti niso zaustavile. Zavrtost je najbolj izrazita po prvem ocenjevanju, kasneje pa na rast glive ne vpliva več. V kolikor smo želeli povsem preprečiti rast sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*), smo morali vzorce prepojit z vodno raztopino z najvišjo koncentracijo borove kisline ($c_B = 0,87 \%$) (preglednica 9 in slika 15).



Slika 15: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*)

Preglednica 9: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo siva hišna goba (*Serpula lacrymans*) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku

c _B = 0,87 %			VZOREC	c _B = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0	I.	0	0	0
0	0	0	II.	0	1	1
0	0	0	III.	0	0	0
0	0	0	IV.	0	0	0
0	0	0	V.	0	0	0
c _B = 0,25 %			VZOREC	c _B = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0	I.	3	3	3
0	0	0	II.	3	3	3
0	0	0	III.	0	1	1
0	0	0	IV.	3	3	3
0	1	1	V.	0	1	1

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrtla rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrtla
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive

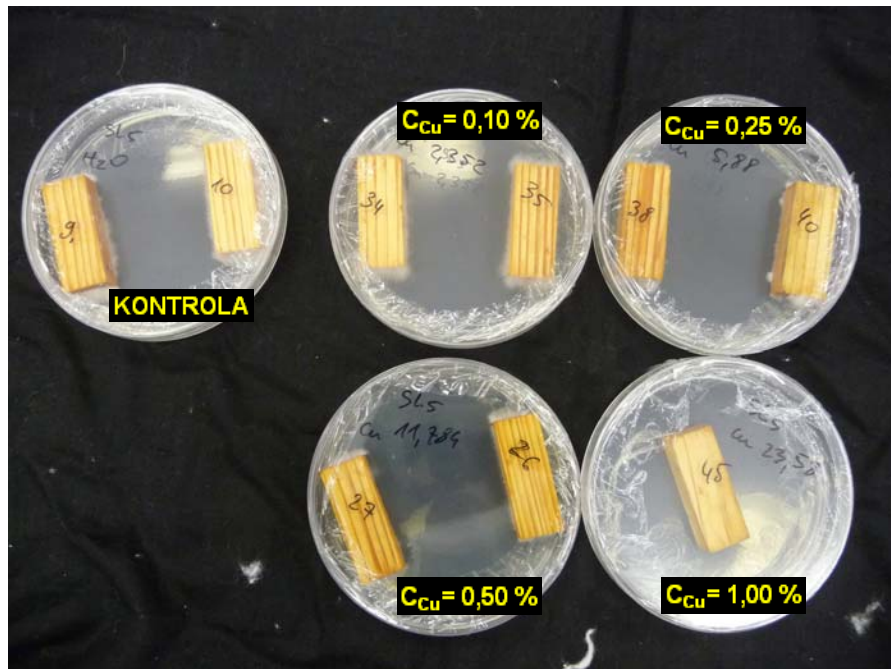
Če primerjamo kurativno delovanje borovih in bakrovih učinkovin na sivo hišno gobo (*Serpula lacrymans*), je že na prvi pogled očitna večja učinkovitost borovih učinkovin. Nižje koncentracije bakrovih učinkovin ($c_{Cu} = 0,10 \%$ – $0,50 \%$) niso niti malo zavrle rasti sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*). Prve znake zaviranja opazimo šele po prepojitvi okuženih smrekovih vzorcev z najvišjo koncentracijo vodne raztopine bakrovega(II) sulfata pentahidrata. Vendar tudi ta koncentracija ni zadostovala in ni v celoti preprečila rasti glive (preglednica 10 in slika 16).

Preglednica 10: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo siva hišna goba (*Serpula lacrymans*) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku

c _{Cu} = 1,00 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
1	1	2		I.	3	3
0	1	2	II.	3	3	3
1	2	3	III.	2	3	3
1	2	3	IV.	3	3	3
0	1	1	V.	3	3	3
c _{Cu} = 0,25 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
1	2	2		I.	3	3
1	2	3	II.	3	3	3
2	2	3	III.	3	3	3
3	3	3	IV.	3	3	3
2	3	3	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 16: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*)

Zanimivo je, da so biocidni pripravki tako neučinkoviti na sivo hišno gobo (*Serpula lacrymans*), čeprav smo ravno pri vzorcih, izpostavljenih sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*), med vsemi smrekovimi vzorci določili najvišje mokre navzeme (preglednica 7). Verjetno bi bila učinkovitost biocidov na to glivo še slabša, če bi bili navzemi manjši. Po drugi strani pa primerjava navzemov in učinkovitosti odraža veliko odpornost te glive na komercialne biocide.

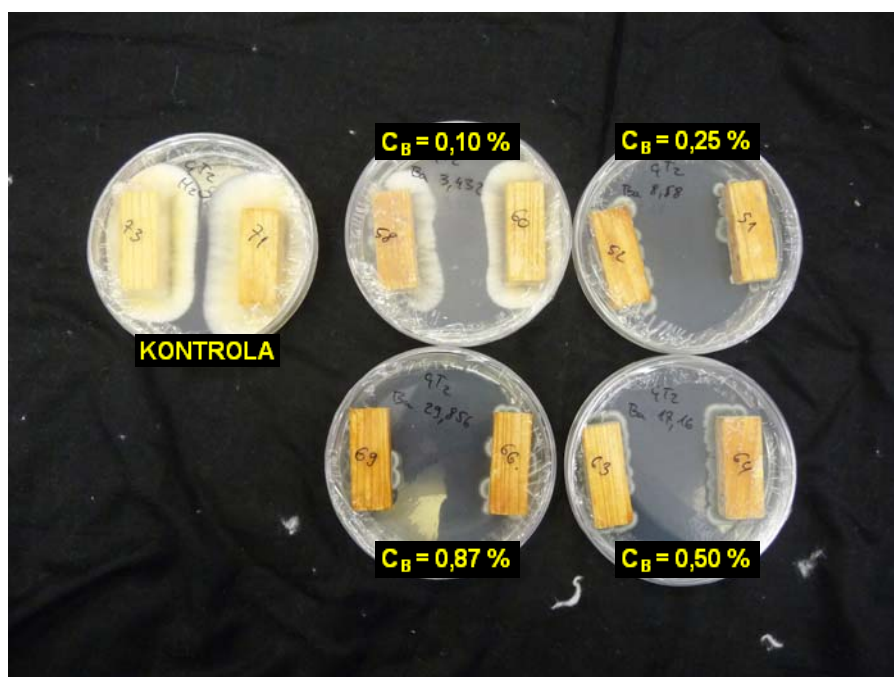
Najpomembnejši razlogi za slabše učinkovanje bakrovih učinkovin na sivo hišno gobo (*Serpula lacrymans*) so v dejstvu, da je siva hišna goba (*Serpula lacrymans*) v manjši meri tolerantna na bakrove učinkovine (Hastrup in sod., 2005). Glavni razlog za toleranco se skriva v izločanju oksalne kisline. Siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), podobno kot bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) izloča znatne količine te kisline. Oksalna kislina reagira z bakrovimi učinkovinami v lesu. Pri tem nastane v vodi netopen in zato glivam nestrupen bakrov oksalat (Humar in sod., 2005).

4.3.2 Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na navadno tramovko

(*Gloeophyllum trabeum*)

Prepojitev kontrolnih vzorcev z vodo podobno kot pri vzorcih, izpostavljenih glivi sive hišne gobe (*Serpula lacrymans*), ni imela vpliva na rast navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*). Iz vseh kontrolnih vzorcev je v relativno kratkem času pognal izrazit micelij. Ta podatek nakazuje, da 10 minutno potapljanje v vodno raztopino ni imelo bistvenega vpliva na rast navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*).

Prepojitev smrekovine z najmanj koncentrirano raztopino ($c_B = 0,10 \%$) borove kisline ni imela zadostnega kurativnega učinka na glivo navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*). Zavrtost je bila že izrazita po prvem ocenjevanju. Za popolno preprečitev rasti glive navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) smo morali vzorce prepojit z vodno raztopino s koncentracijo 0,25 % bora (preglednica 11 in slika 17).



Slika 17: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*)

Preglednica 11: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku

c _B = 0,87 %			VZOREC	c _B = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0	I.	0	0	0
0	0	0	II.	0	0	0
0	0	0	III.	0	0	0
0	0	0	IV.	0	0	0
0	0	0	V.	0	0	0
c _B = 0,25 %			VZOREC	c _B = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0	I.	3	3	3
0	0	0	II.	3	3	3
0	0	0	III.	3	3	3
0	0	0	IV.	2	3	3
0	0	0	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrtla rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrtla
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive

V kolikor primerjamo kurativno delovanje borovih in bakrovih učinkovin na glivo navadno tramovko (*Gloeophyllum trabeum*), je že na prvi pogled očitna večja učinkovitost borovih učinkovin. Saj noben pripravek na osnovi bakrovih učinkovin, ne glede na koncentracijo ($c_{Cu} = 1,00 \%$ – $0,10 \%$), ni zavrl rasti navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*). Sicer smo prve znake zaviranja opazili pri prepojitvi s pripravkom najvišje koncentracije bakrovih učinkovin ($c_{Cu} = 1,00 \%$) pri prvem ocenjevanju, vendar se je izkazalo, da se v nadaljevanju rast te glive nadaljuje (preglednica 12 in slika 18).

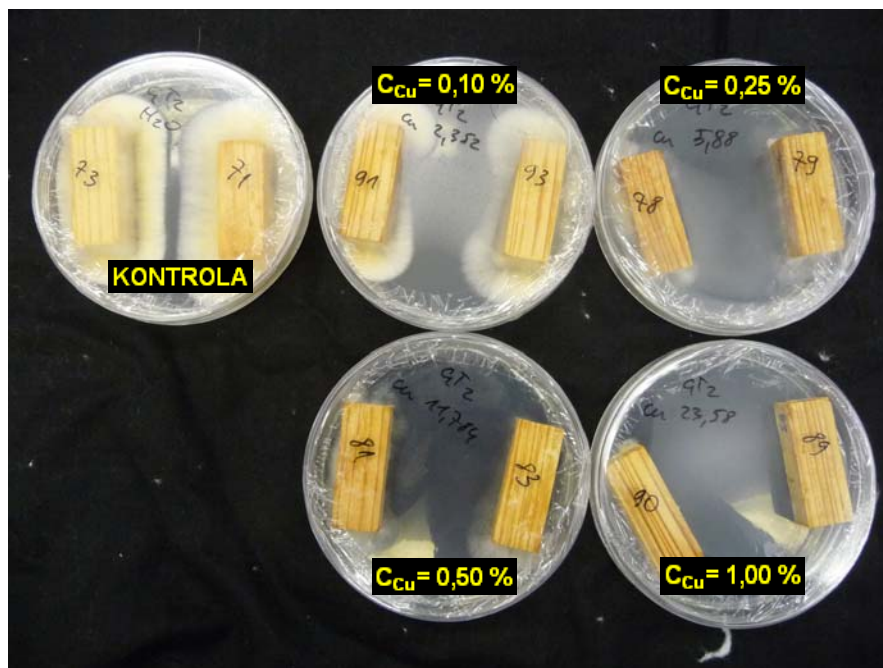
Preglednica 12: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku

c _{Cu} = 1,00 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	1	I.	3	3	3
2	3	3	II.	3	3	3
0	0	1	III.	3	3	3
1	2	2	IV.	3	3	3
1	3	3	V.	3	3	3
c _{Cu} = 0,25 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
2	3	3	I.	3	3	3
3	3	3	II.	3	3	3
3	3	3	III.	3	3	3
2	3	3	IV.	3	3	3
3	3	3	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrtla rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrtla
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive

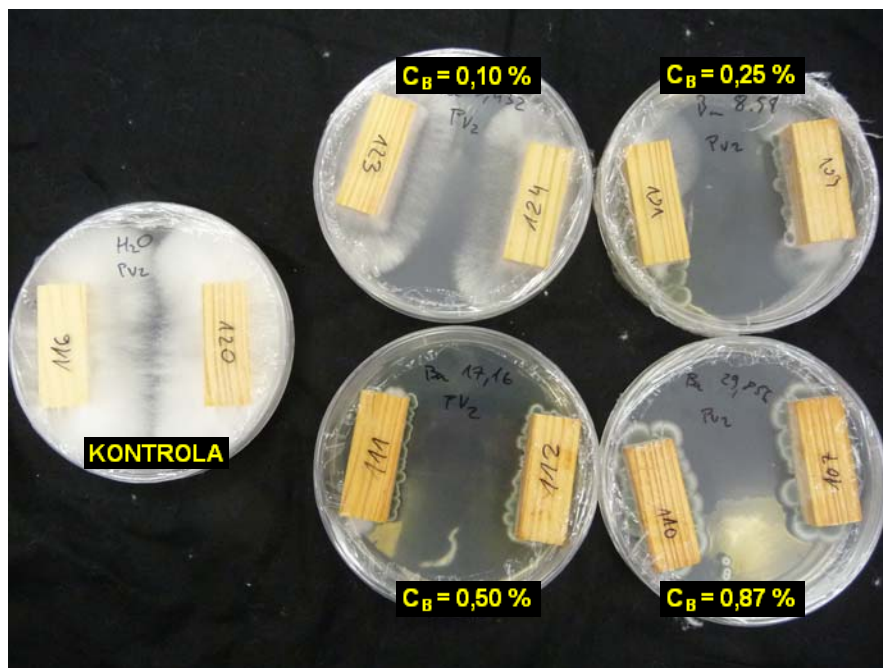
Primerjava učinkovitosti bakrovih in borovih učinkovin na navadno tramovko (*Gloeophyllum trabeum*) nakazuje, da je podobno kot pri sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*) učinkovitost borovih spojin bolj izrazita kot učinkovitost bakrovih spojin. Zanimivo je, da se tudi iz represivne učinkovitosti bakrovih spojin odslikava dejstvo, da je navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) bolj občutljiva na bakrove spojine kot siva hišna goba (*Serpula lacrymans*). Eden od razlogov za njeno občutljivost je dejstvo, da v primerjavi s sivo hišno gobo (*Serpula lacrymans*) in predvsem belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*) izloča bistveno manj oksalne kisline (Humar in sod., 2005).



Slika 18: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij navadne tramovke (*Gloeophyllum trabeum*)

4.3.3 Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*)

Pri vseh kontrolnih vzorcih, potopljenih v sterilno destilirano vodo, je gliva razkrojevalka močno rasla in micelij je zelo razraščен ter dobro viden po vsej petrijevki. Prepojitev kontrolnih vzorcev z vodo tako ni imelo vpliva na rast bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*). Iz vseh kontrolnih vzorcev je v relativno v kratkem času pognal micelij. Ta podatek nakazuje, da 10 minutno potapljanje v vodno raztopino ni imelo bistvenega vpliva na rast bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*) (slika 19).



Slika 19: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*)

Prepojitev smrekovine z vodnimi raztopinami nižje koncentracije borove kisline ($c_B = 0,10 \%$ – $0,87 \%$) ni imelo zadostnega kurativnega učinka na glivo bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*). Višji koncentraciji ($c_B = 0,50 \%$ – $0,87 \%$) sta glivo sicer nekoliko zavrli, vendar njene rasti nista zaustavili. Zavrtost je najbolj izrazita pri vzorcih, prepojenih z najvišjo koncentracijo ($c_B = 0,87 \%$) vodne raztopine borove kisline. Saj je pri štirih vzorcih gliva bila zavrt v svoji rasti, pri petem pa se rast glive nadaljuje. Tudi pri vzorcih, prepojenih z $0,50 \%$ vodno raztopino bora je rast glive zavrt pri treh vzorcih, pri dveh pa se rast nadaljuje. Popolna zaustavitev rasti bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*) pri delno razkrojenih vzorcih, prepojenih z vodno raztopino borove kisline, nam ni uspela, saj so bile očitno naše koncentracije prenizke (preglednica 13 in slika 19). Verjetno bi lahko izboljšali delovanje borove kisline, v kolikor bi jo kombinirali s kakšnim drugim biocidom, kot je, na primer: kvartarna amonijeva spojina.

Preglednica 13: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku

c _B = 0,87 %			VZOREC	c _B = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
1	1	1		I.	1	1
0	0	0	II.	0	0	0
0	0	0	III.	0	0	0
0	0	0	IV.	1	1	1
0	0	0	V.	0	0	0
c _B = 0,25 %			VZOREC	c _B = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
2	3	3		I.	3	3
0	0	0	II.	3	3	3
2	3	3	III.	3	3	3
1	2	3	IV.	2	3	3
1	3	3	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive

V kolikor primerjamo kurativno delovanje borovih in bakrovih učinkovin na belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*), je že na prvi pogled očitna večja učinkovitost borovih učinkovin. Uporabljene koncentracije bakrovih učinkovin ($c_{Cu} = 1,00 \%$ – $0,10 \%$) namreč niso niti malo zavrle rasti bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*) na delno razkrojenih smrekovih vzorcih. Tudi pri razkrojenih vzorcih, prepojenih z najvišjo koncentracijo vodne raztopine bakrovega(II) sulfata pentahidrata rast glive ni bila niti malo zavrta (preglednica 14 in slika 20). Ta podatek jasno potrjuje splošno znano dejstvo, da je bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) zelo tolerantna na bakrove učinkovine. Podobno kot pri sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*) je vzrok za ta pojav intenzivno izločanje oksalne kisline in nastanek netopnega in nestrupenega bakrovega oksalata (Humar in sod., 2005). Kakorkoli, dejstvo je zelo neugodno za prakso, saj očitno bela

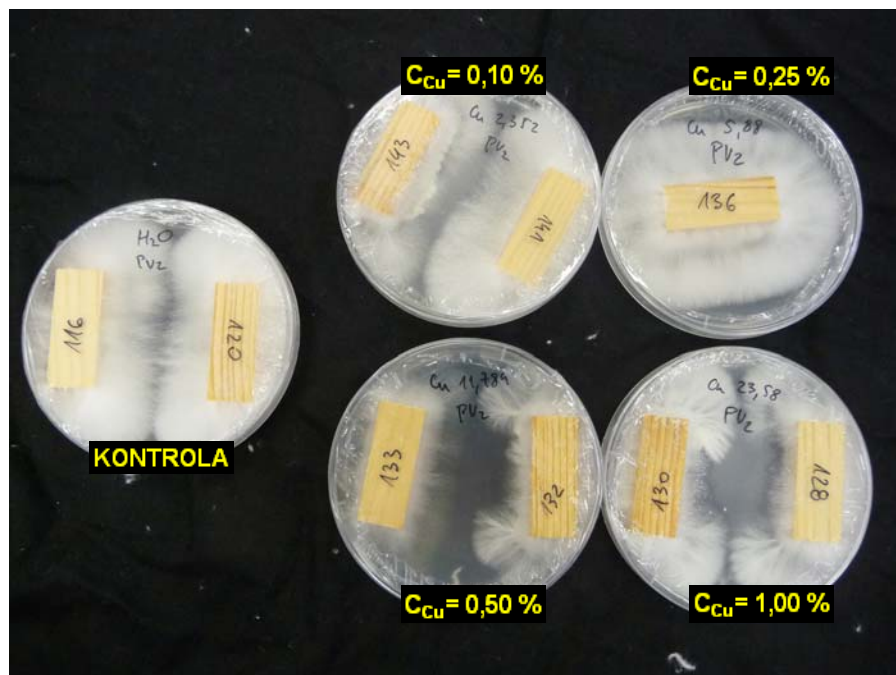
hišna goba (*Antrodia vaillantii*) ni tolerantna le na bakrove učinkovine, temveč izkazuje visoko odpornost tudi na borove spojine.

Preglednica 14: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku

c _{Cu} = 1,00 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
3	3	3	I.	3	3	3
3	3	3	II.	3	3	3
3	3	3	III.	3	3	3
3	3	3	IV.	3	3	3
3	3	3	V.	3	3	3
c _{Cu} = 0,25 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
2	3	3	I.	3	3	3
3	3	3	II.	3	3	3
3	3	3	III.	3	3	3
2	3	3	IV.	3	3	3
3	3	3	V.	3	3	3

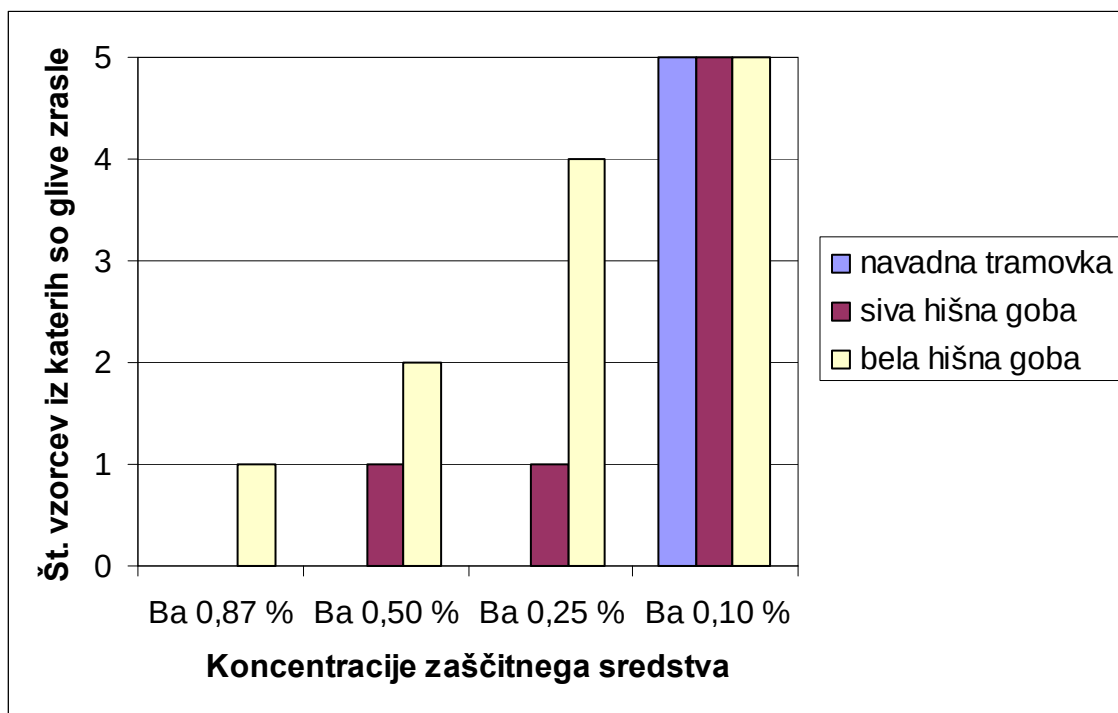
Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 20: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij bele hišne gobe (*Antrodia vaillantii*)

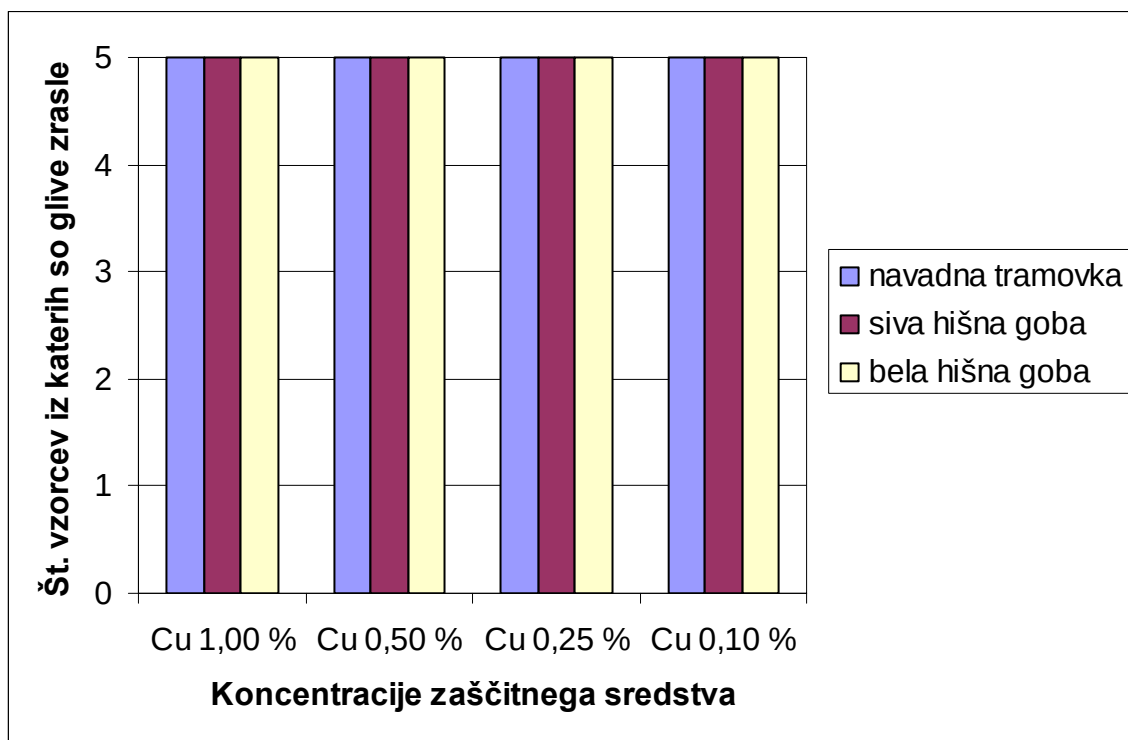
Minimalna inhibitorna koncentracija borove kisline za glivo navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) je 0,25 % borove raztopine, za sivo hišno gobe (*Serpula lacrymans*) pa je minimalna inhibitorna koncentracija bora v raztopini 0,87 %. Bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) je zelo tolerantna tudi na borovo kislino, saj prepojitvev okuženih vzorcev s 0,87 % raztopino bora rasti te glive še ni v celoti zaustavila (slika 21).



Slika 21: Število, z glivami okuženih vzorcev (n = 5), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi borovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij

Primerjava minimalnih koncentracij in mokrega navzema zaščitnih pripravkov kaže, da med tema parametroma ni enoznačne povezave. Največjo učinkovitost borovih učinkovin smo opazili pri vzorcih, izpostavljenih navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*), kjer je v povprečju v les, med postopkom represivne zaščite, prodrlo največ bakrovih učinkovin. Po drugi strani je v vzorce, okužene z belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*), prodrlo manj zaščitnega pripravka, kar se odraža v manjši učinkovitosti teh pripravkov v primerjavi s smrekovino, okuženo s sivo hišno gobo (*Serpula lacrymans*).

Glive razkrojevalke, ki povzročajo rjavo trohnobo, so zelo odporne na bakrove pripravke. To je opaziti pri koncentracijah, višjih od 1,00 % raztopine zaščitnega sredstva bakrovega(II) sulfata pentahidrata. Torej lahko sklepamo, da so borovi pripravki zaščitnih sredstev bolj učinkoviti na glive razkrojevalke, ki povzročajo rjavo trohnobo kot pa bakrovi pripravki (slika 22).



Slika 22: Število, z glivami okuženih vzorcev ($n = 5$), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi bakrovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij

4.3.4 Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na ogljeno kroglico

(*Hypoxylon fragiforme*)

Prepojitev okuženih bukovih vzorcev s sterilno destilirano vodo ni imelo vpliva na rast ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*). Iz vseh kontrolnih vzorcev je v relativno kratkem času pognal micelij. Ta podatek nakazuje, da 10 minutno potapljanje v vodni raztopini ni imelo bistvenega vpliva na rast ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*).

Prepojitev bukovine z nižjimi koncentracijami borove kisline ($c_B = 0,10 \% - 0,25 \%$) ni imela zadostnega kurativnega učinka na glivo ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*). Koncentracija ($c_B = 0,25 \%$) je glivo sicer pri treh vzorcih zavrlo, vendar pa je pri dveh vzorcih rasla naprej. V kolikor smo želeli povsem preprečiti rast ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*), smo morali vzorce prepojit z vodno raztopino s koncentracijo borove kisline ($c_B = 0,50 \%$). Ta podatek nakazuje, da je gliva občutljiva na borove učinkovine. Po drugi strani

pa se moramo zavedati, da so ravno bukovi vzorci, okuženi z glivo ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*), vpili največji delež zaščitnih pripravkov (preglednica 15 in slika 23).

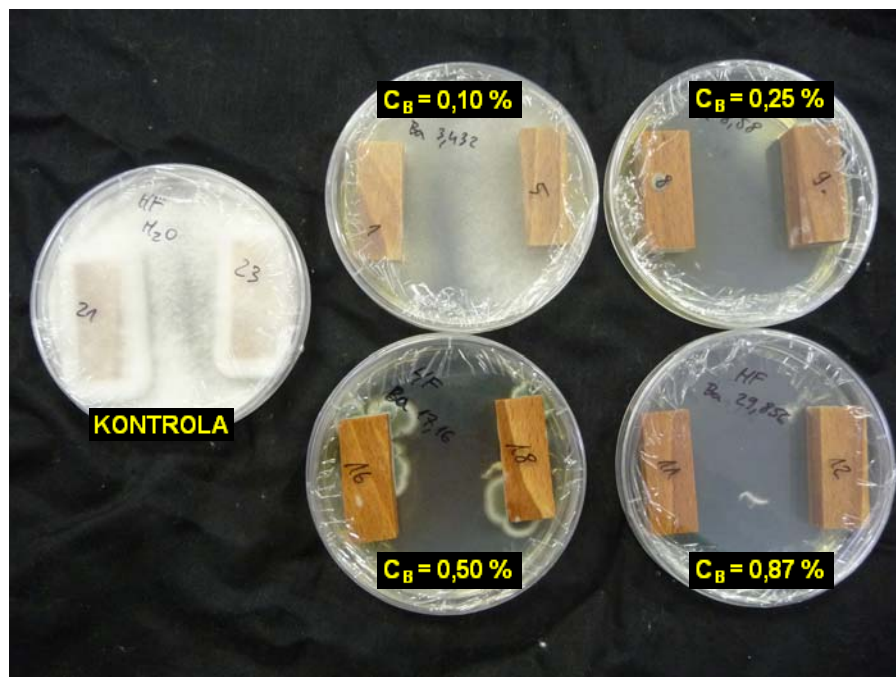
Preglednica 15: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku

c _B = 0,87 %			VZOREC	c _B = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0		I.	0	0
0	0	0	II.	0	0	0
0	0	0	III.	0	0	0
0	0	0	IV.	0	0	0
0	0	0	V.	0	0	0
c _B = 0,25 %			VZOREC	c _B = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
1	1	1		I.	2	3
3	3	3	II.	3	3	3
0	0	0	III.	3	3	3
0	0	0	IV.	2	3	3
0	0	0	V.	2	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive

Iz kontrolnih vzorcev je gliva razkrojevalka rasla zelo hitro in učinkovito, kar je dobro razvidno iz slike 23.



Slika 23: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*)

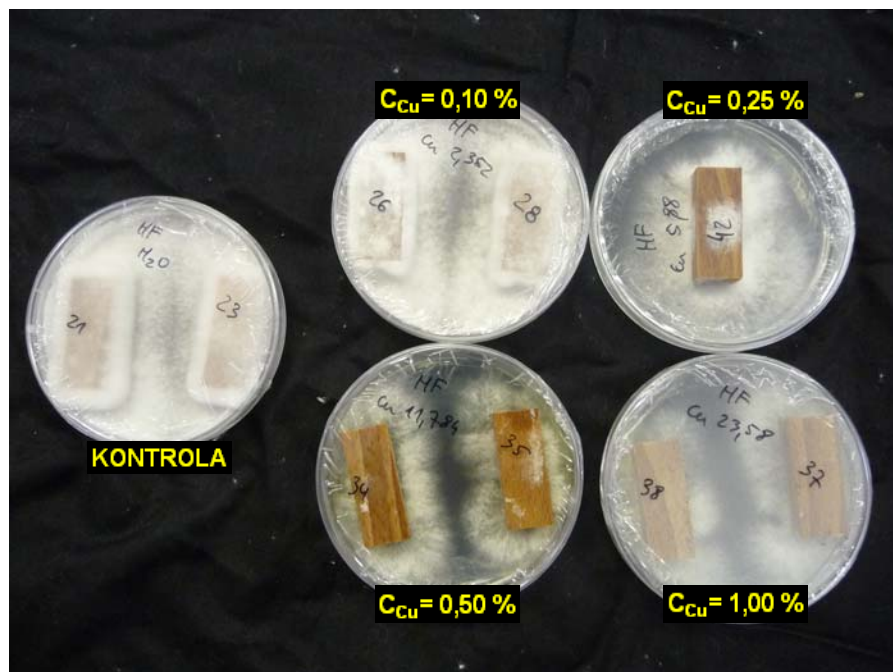
Če primerjamo kurativno delovanje borovih in bakrovih učinkovin na ogljeno kroglico (*Hypoxylon fragiforme*), je že na prvi pogled očitna večja učinkovitost borovih učinkovin. Saj testirane vodne raztopine bakrovih učinkovin ($c_{Cu} = 0,10 \% - 1,00 \%$) niso niti malo zavrle rasti ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*) pri okuženih vzorcih (preglednica 16 in slika 24).

Preglednica 16: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku

c _{Cu} = 1,00 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
1	2	3	I.	3	3	3
2	3	3	II.	3	3	3
2	3	3	III.	3	3	3
2	2	3	IV.	3	3	3
3	3	3	V.	3	3	3
c _{Cu} = 0,25 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
3	3	3	I.	3	3	3
3	3	3	II.	3	3	3
3	3	3	III.	3	3	3
3	3	3	IV.	3	3	3
3	3	3	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 24: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij ogljene kroglice (*Hypoxylon fragiforme*)

Rezultat je presenetljiv, saj kljub zelo visokemu navzemu (401 kg/m^3) in relativno visoki koncentraciji bakrovih učinkovin ($c_{\text{Cu}} = 1,00 \%$), le-ta ni imela niti najmanjšega učinka na rast glive. V večini dosedanjih raziskav se je namreč izkazalo, da so glive bele trohnobe bistveno manj tolerantne na bakrove aktivne učinkovine kot glive rjave trohnobe (Richardson, 1995). Očitno je, da so bakrove spojine zelo uporabne za preventivno zaščito lesa, v kurativni zaščiti pa se izkažejo za neučinkovite.

4.3.5 Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na pisano ploskocevko

(*Trametes versicolor*)

Prepojitev razkrojenih bukovih vzorcev z destilirano sterilno vodo ni imelo bistvenega vpliva na rast pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*). Iz vseh kontrolnih vzorcev je v relativno kratkem času pognal micelij. Ta podatek nakazuje, da podobno kot pri ostalih testiranih glivah, 10 minutno potapljanje v vodni raztopini ni imelo bistvenega vpliva na rast pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*).

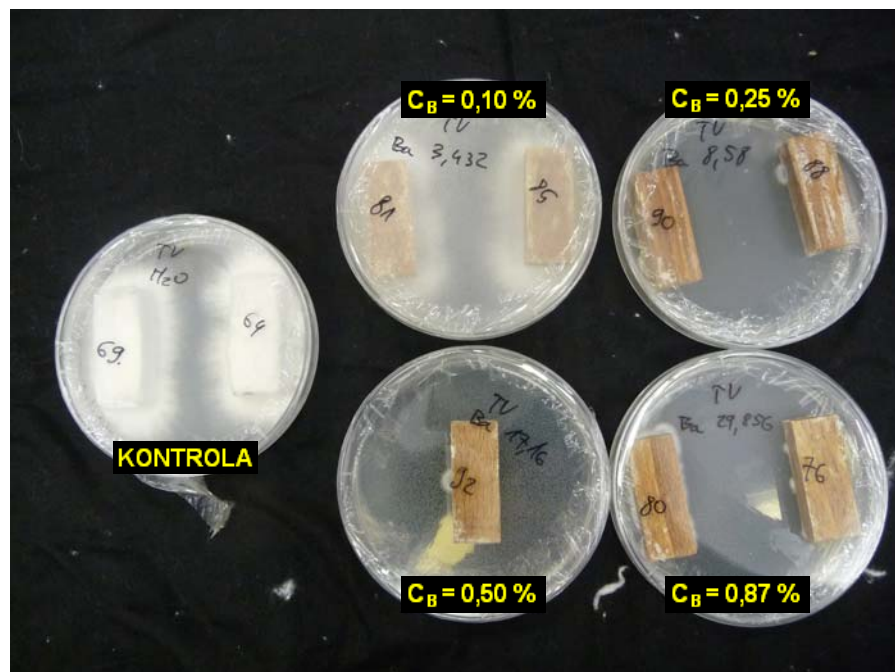
Prepojitev okužene bukovine z nižjimi koncentracijami borove kisline ($c_B = 0,10\% - 0,25\%$) ni imelo zadostnega kurativnega učinka na glivo pisana ploskocevek (*Trametes versicolor*). Koncentracija ($c_B = 0,25\%$) je sicer glivo zavrla pri enem okuženem vzorcu, vendar pa je iz štirih vzorcev gliva rasla naprej. V kolikor smo želeli povsem preprečiti rast pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*), smo morali vzorce prepojit z vodno raztopino, ki je vsebovala $0,50\%$ bora v obliki borove kisline (preglednica 17 in slika 25).

Preglednica 17: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo pisana ploskocevek (*Trametes versicolor*) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku

c _B = 0,87 %			VZOREC	c _B = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0		I.	0	0
0	0	0	II.	0	0	0
0	0	0	III.	0	0	0
0	0	0	IV.	0	0	0
0	0	0	V.	0	0	0
c _B = 0,25 %			VZOREC	c _B = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0		I.	3	3
0	0	0	II.	2	3	3
1	1	2	III.	3	3	3
0	0	0	IV.	3	3	3
0	0	0	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrla rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrla
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 25: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*)

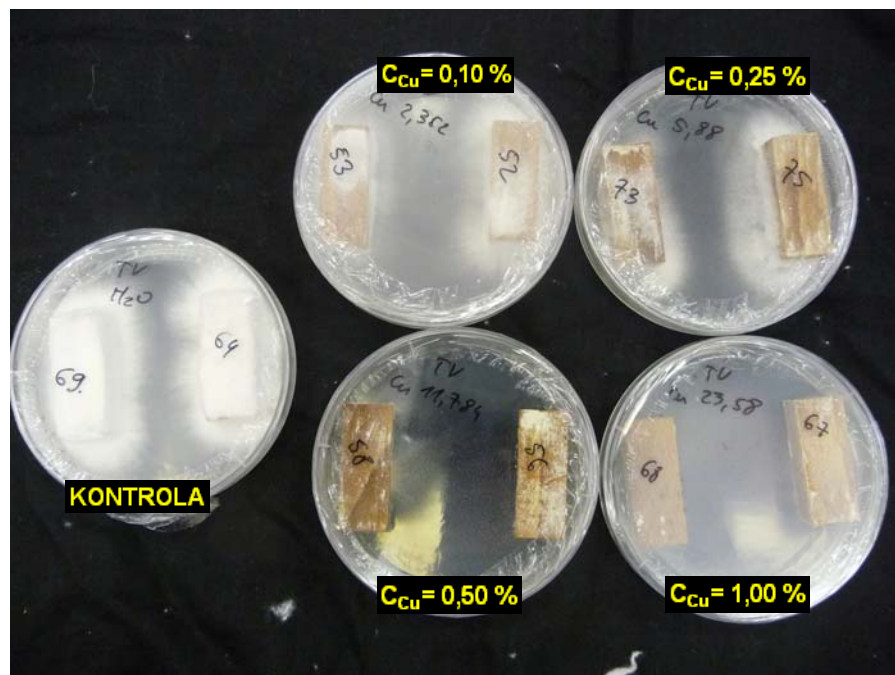
Če primerjamo kurativno delovanje borovih in bakrovih učinkovin na pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*), je že na prvi pogled očitna večja učinkovitost borovih učinkovin. Nižje koncentracije bakrovih učinkovin v zaščitnih pripravkih ($c_{Cu} = 0,10 \%$ – $0,50 \%$) niso niti malo zavrle rasti pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*) iz delno razkrojenih vzorcev. Prve znake zaviranja opazimo šele po prepojitvi okuženih bukovih vzorcev z najvišjo koncentracijo vodne raztopine bakrovega(II) sulfata pentahidrata, in to le pri dveh vzorcih (preglednica 18 in slika 26).

Preglednica 18: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku

c _{Cu} = 1,00 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
3	3	3	I.	3	3	3
2	3	3	II.	3	3	3
0	0	0	III.	1	3	3
1	2	3	IV.	3	3	3
0	0	0	V.	1	2	3
c _{Cu} = 0,25 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
1	2	3	I.	3	3	3
2	3	3	II.	3	3	3
3	3	3	III.	3	3	3
3	3	3	IV.	3	3	3
3	3	3	V.	3	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 26: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij pisane ploskocevke (*Trametes versicolor*)

Očitno je, da so bakrove učinkovine nekoliko bolj fungitoksične na pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*) kot na ogljeno kroglico (*Hypoxylon fragiforme*) (preglednici 16 in 18). Večja učinkovitost je še bolj izrazita, v kolikor upoštevamo, da so s pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*) okuženi vzorci vpili manj zaščitnega pripravka (272 kg/m^3) kot bukovina, ki jo je razkrajala ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) (401 kg/m^3) (slika 14).

4.3.6 Kurativna učinkovitost borovih in bakrovih učinkovin na glivo bukov ostrigar

(*Pleurotus ostreatus*)

Prepojitev vzorcev s sterilno vodo ni vplivala na rast bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*) v bukovih vzorcih. Iz vseh kontrolnih vzorcev je v relativno kratkem času pognal micelij. Ta podatek nakazuje, da kratkotrajno potapljanje v vodi ni učinkovalo na rast bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*).

Prepojitev okužene bukovine z nižjimi koncentracijami borove kisline ($c_B = 0,10 \% - 0,25 \%$) ni imela zadostnega kurativnega učinka na glivo bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*). Koncentracija ($c_B = 0,25 \%$) je sicer glivo zavrla pri treh vzorcih, vendar pa je iz dveh vzorcev

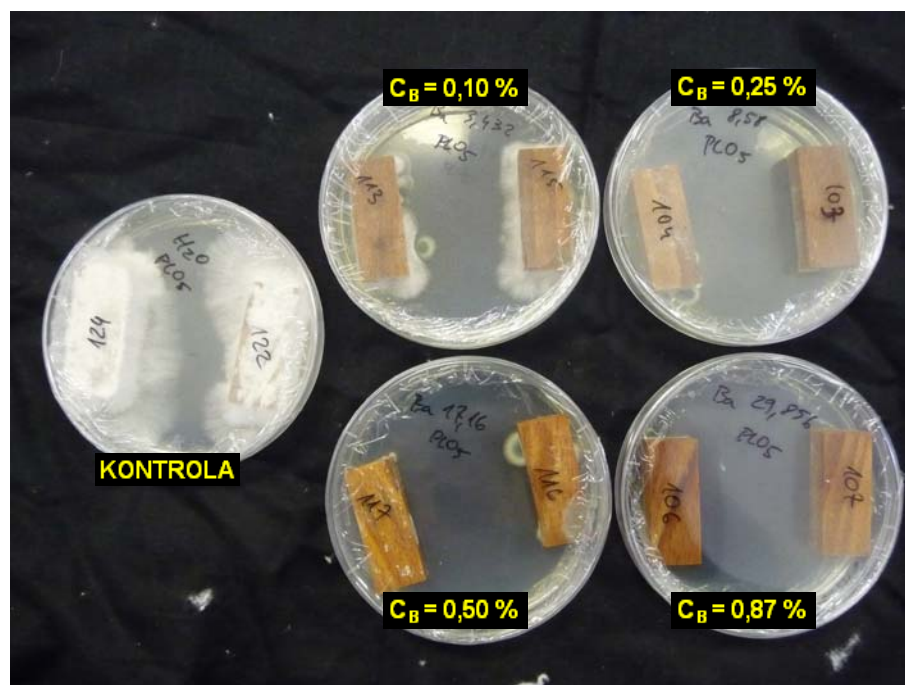
gliva kljub vsemu rasla. V kolikor smo želeli povsem preprečiti rast bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*) na lesu, smo morali okužene vzorce prepojit z 0,50 % vodno raztopino bora v obliki borove kisline (preglednica 19 in slika 27).

Preglednica 19: Represivna učinkovitost vodnih raztopin borove kisline na glivo bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) v odvisnosti od koncentracije bora v zaščitnem pripravku

c _B = 0,87 %			VZOREC	c _B = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0		I.	0	0
0	0	0	II.	0	0	0
0	0	0	III.	0	0	0
0	0	0	IV.	0	0	0
0	0	0	V.	0	0	0
c _B = 0,25 %			VZOREC	c _B = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0		I.	2	3
0	0	1	II.	1	2	3
0	0	0	III.	2	3	3
1	1	1	IV.	2	3	3
1	2	2	V.	2	3	3

Legenda:

- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 27: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij borove kisline na micelij bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*)

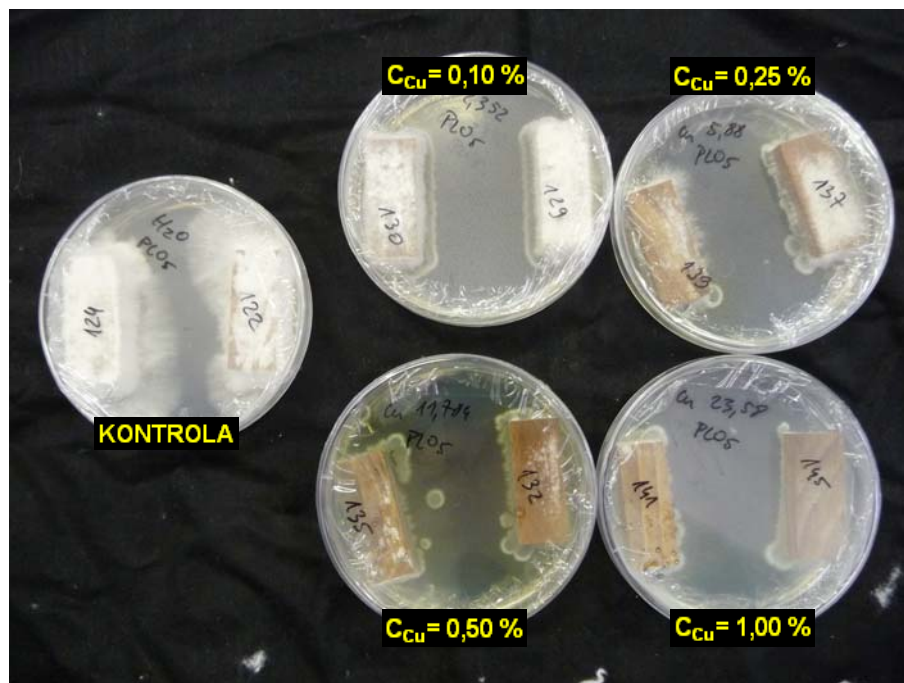
Če primerjamo kurativno delovanje borovih in bakrovih učinkovin na glivo bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*), podobno kot pri drugih testiranih glivah, opazimo večjo učinkovitost borovih učinkovin. Nižje koncentracije bakrovih učinkovin ($c_{Cu} = 0,10 \%$ – $0,50 \%$) niso zavrle rasti bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*) na okuženih vzorcih iz bukovega lesa, razen pri enem vzorcu, prepojenem s pripravkom, ki je vseboval $0,50 \%$ bora. Prve izrazitejšje znake zaviranja opazimo šele po prepojitvi okuženih bukovih vzorcev z najvišjo koncentracijo vodne raztopine bakrovega(II) sulfata pentahidrata (preglednica 20 in slika 28).

Preglednica 20: Represivna učinkovitost vodnih raztopin bakrovega(II) sulfata pentahidrata na glivo pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) v odvisnosti od koncentracije bakra v zaščitnem pripravku

c _{Cu} = 1,00 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,50 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
0	0	0		I.	0	0
0	0	0	II.	1	1	2
0	0	0	III.	1	1	1
0	0	0	IV.	1	1	1
0	0	0	V.	1	1	1
c _{Cu} = 0,25 %			VZOREC	c _{Cu} = 0,10 %		
OCENA				OCENA		
PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan		PRVIČ 4. dan	DRUGIČ 6. dan	TRETJIČ 8. dan
2	3	3		I.	3	3
2	3	3	II.	3	3	3
2	3	3	III.	3	3	3
2	3	3	IV.	3	3	3
2	2	3	V.	3	3	3

Legenda:

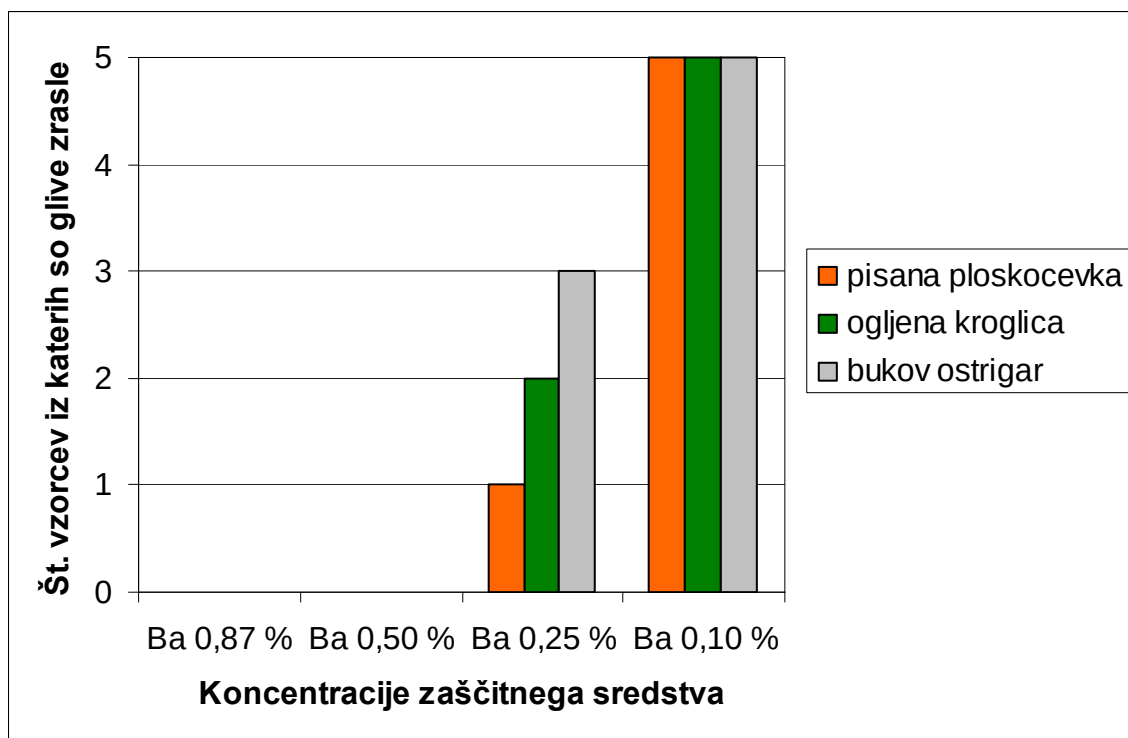
- 0 – popolnoma zavrta rast glive
- 1 – na posameznem mestu pride do rasti micelija
- 2 – rast glive je nekoliko zavrta
- 3 – zaščitni pripravek nima vpliva na rast glive



Slika 28: Kurativna učinkovitost različnih koncentracij bakrovega(II) sulfata pentahidrata na micelij bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*)

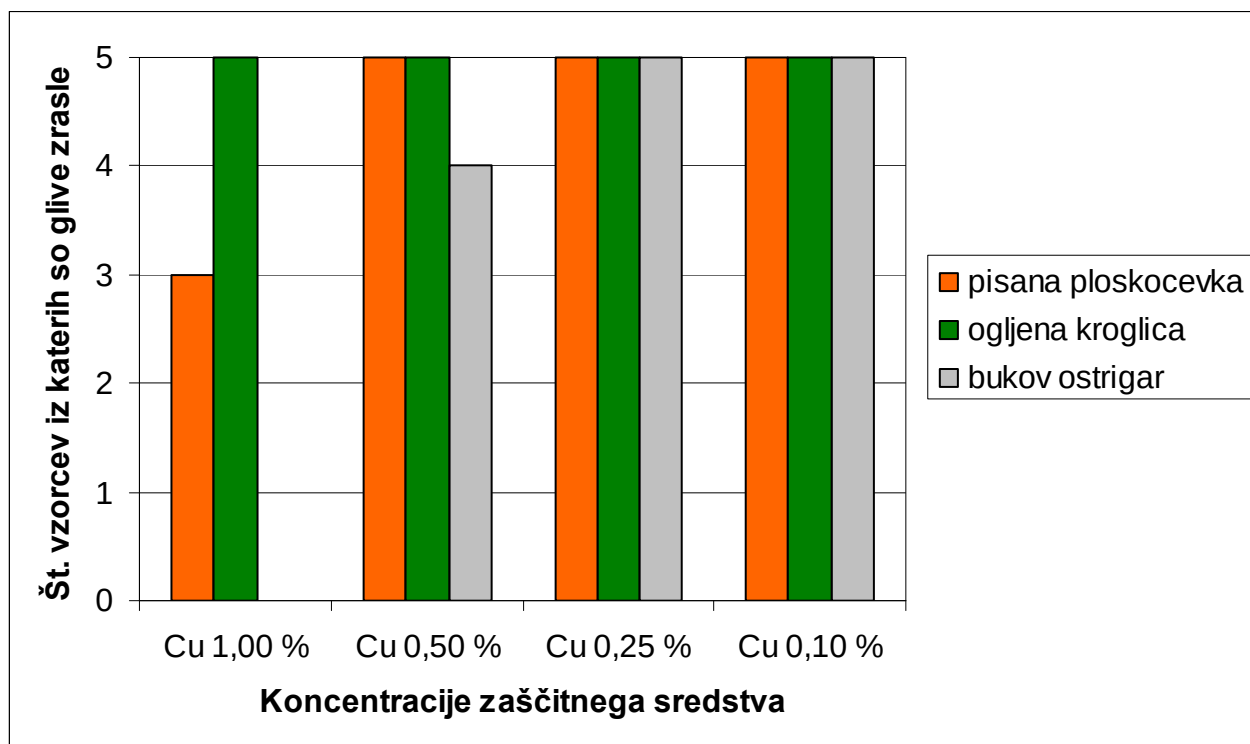
Zanimivo je, da je bil bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) med vsemi glivami najbolj občutljiv na bakrove učinkovine. Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) je edina gliva, kjer je okužbo lesa preprečilo namakanje lesa v 1,00 % vodno raztopino bakra v obliki bakrovega(II) sulfata pentahidrata. Eden od vzrokov za večjo občutljivost te glive na bakrove učinkovine je dejstvo, da ta gliva ne izloča oksalne kisline, kot na primer predstavnice rjave trohnobe. Zato bakrovi ioni ostanejo v topni – strupeni obliki.

Primerjava kurativne učinkovitosti borove kisline na glive bele trohnobe (slika 29) nam nazorno prikazuje, da je za vse testirane glive bele trohnobe, pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*), ogljeno kroglico (*Hypoxylon fragiforme*) in bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*), minimalna kurativna inhibitorna koncentracija bora (v obliki borove kisline) 0,50 %. V primerjavi z glivami rjave trohnobe, so se glive bele trohnobe izkazale za bolj občutljive organizme na biocidne pripravke, ki vsebujejo borove spojine.



Slika 29: Število, z glivami okuženih vzorcev ($n = 5$), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi borovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij

Glive razkrojevalke, ki povzročajo belo trohnobo, so bolj dovzetne na zaščitno sredstvo bakrovega(II) sulfata pentahidrata kot glive rjave trohnobe. Testirane bakrove učinkovine so zavrle vsaj nekaj predstavnic te skupine, med tem ko niso imele nikakršnega vpliva na rast gliv, ki povzročajo rjavo trohnobo. Gliva ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) je zelo tolerantna na naše poskusne koncentracije bakrovega(II) sulfata pentahidrata, saj je zrasla pri vseh koncentracijah zaščitnega sredstva. Tudi gliva pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*) je zrasla pri večini uporabljenih kombinacij zaščitnega sredstva na osnovi bakrovega(II) sulfata pentahidrata, le da je bila pri vzorcih, prepojenih z najvišjo koncentracijo modre galice ($c_{Cu} = 1,00 \%$) rast zavrta pri dveh od petih vzorcev. Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) je najbolj dovzeten na bakrova zaščitna sredstva, saj ga je koncentracija $1,00 \%$ raztopine zaščitnega sredstva, v njegovi rasti popolnoma zavrta (slika 30).



Slika 30: Število, z glivami okuženih vzorcev ($n = 5$), kjer smo po represivni zaščiti z izbranimi bakrovimi pripravki različnih koncentracij opazili micelij

5 SKLEPI

Glive, ki smo jih uporabili pri naših raziskavah, so bile vitalne. V šestih tednih razkroja so v povprečju razkrojile med 8,5 % in 24,3 % mase lesa. Največjo povprečno izgubo mase smo določili pri smrekovih vzorcih, izpostavljenih navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) (24,3 %), najmanjšo izgubo mase pa je povzročila bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*) (8,5 %).

Mokri navzemi okuženih vzorcev so se zelo razlikovali med seboj. Na splošno smo večje mokre navzeme določili pri vzorcih, izpostavljenih glivam bele trohnobe. Najvišji mokri navzem smo določili pri vzorcih, ki so bili deloma razkrojeni z ogljeno kroglico (*Hypoxylon fragiforme*) (401 kg/m³). Najnižje navzeme pa smo določili pri vzorcih, ki so bili pred tem izpostavljeni navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) (50 kg/m³). Pri tem ni bilo opaziti povezave med stopnjo razkrojenosti in mokrim navzemom.

Metoda, s katero smo določali minimalno inhibitorno koncentracijo borove kisline in modre galice, se je izkazala za selektivno. Opazili smo, da prihaja do razlik tako med posameznimi glivami kot tudi med učinkovitostjo izbranih, aktivnih substanc.

Najmanjšo minimalno kurativno inhibitorno koncentracijo borove kisline smo določili pri navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) ($c_B = 0,25$ %), sledijo ji glive pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) in ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*), kjer smo morali vzorce potopiti v raztopino z 0,50 % bora. Največjo toleranco na borove učinkovine smo opazili pri sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*) ($c_B = 0,87$ %). Za belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*) pa minimalne koncentracije nismo uspeli ugotoviti, saj je ta gliva rasla tudi na vzorcih, ki smo jih za 10 minut namočili v nasičeno raztopino borove kisline.

Kurativna učinkovitost bakrovega(II) sulfata pentahidrata je bistveno slabša od borove kisline. Najmanjšo minimalno kurativno inhibitorno koncentracijo bakrovega(II) sulfata pentahidrata smo določili pri bukovem ostrigarju (*Pleurotus ostreatus*). Za zaustavitev rasti te glive smo morali vzorce namočiti v 1,00 % raztopino bakrovih ionov. Ostale glive razkrojevalke pa so lahko rasle tudi iz lesa, ki smo ga prepojili z vodno raztopino bakrovega(II) sulfata pentahidrata najvišje koncentracije.

6 POVZETEK

Tako bakrovi kot borovi pripravki za zaščito lesa že pri nizkih koncentracijah učinkovito delujejo kot fungicidi. Borove spojine pa primarno delujejo kot insekticidi. Ti pripravki se množično uporabljajo za preventivno zaščito lesa. Zanimalo nas je, ali lahko ti dve učinkovini uporabimo tudi za kurativno zaščito z glivami okuženega lesa.

V sklopu te diplomske naloge smo želeli določiti minimalne kurativne inhibitorne koncentracije borove kisline in bakrovega(II) sulfata pentahidrata. Za poskus smo uporabili glive razkrojevalke, ki tudi v praksi sodijo med najhujše razkrojevalke lesa. Predstavnice rjave trohnobe so bile: navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*) in bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*). Predstavnice bele trohnobe pa so bile: pisana ploskoceвка (*Trametes versicolor*), ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*) in bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*).

Mokri navzemi okuženih vzorcev so se zelo razlikovali med seboj. Na splošno smo večje mokre navzeme določili pri vzorcih, izpostavljenih glivam bele trohnobe. Pri tem ni bilo opaziti povezave med stopnjo razkrojenosti in mokrim navzemom.

Metoda, s katero smo določali kurativno minimalno inhibitorno koncentracijo borove kisline in modre galice, se je izkazala za selektivno. Opazili smo, da prihaja do razlik tako med posameznimi glivami kot tudi med učinkovitostjo izbranih, aktivnih substanc.

Najnižjo minimalno kurativno inhibitorno koncentracijo borove kisline smo določili pri navadni tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) ($c_B = 0,25 \%$), sledijo ji glive pisana ploskoceвка (*Trametes versicolor*), bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*) in ogljena kroglica (*Hypoxylon fragiforme*), kjer smo morali vzorce potopiti v raztopino z $0,50 \%$ bora (v obliki borove kisline). Največjo toleranco na borove učinkovine smo opazili pri sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*) ($c_B = 0,87 \%$). Za belo hišno gobo (*Antrodia vaillantii*) pa minimalne koncentracije nismo uspeli ugotoviti, saj je ta gliva rasla tudi na vzorcih, ki smo jih za 10 minut namočili v nasičeno raztopino borove kisline.

Kurativna učinkovitost bakrovega(II) sulfata pentahidrata je bistveno slabša od borove kisline. Najmanjšo minimalno kurativno inhibitorno koncentracijo bakrovega(II) sulfata pentahidrata smo določili pri bukovem ostrigarju (*Pleurotus ostreatus*). Za zaustavitev rasti bukovega ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*), smo morali vzorce namočiti v 1,00 % raztopino bakrovih ionov. Ostale glive razkrojevalke pa so lahko rasle tudi iz lesa, ki smo ga prepojili z najvišjo koncentracijo bakrovega(II) sulfata pentahidrata.

7 VIRI

1. Adams R. 1964. Boron, Metalloboron Compounds and Borates. N. Y.
2. Anonymus. 2006. Boron (B) Chemical properties, Health and Environmental effects.
Lenntech Water treatment & air Purification Holding B. V.:
<http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/B-en.html> (10. mar. 2009)
3. Baysal E., Sonmez A., Colak M., in Tokar H. 2006. Amount of leachant and water absorption levels of wood treated with borates and water repellents. *Bioresource Technology*, 97: 2271-2279
4. Becker G. 1959. Beitrag zur Kenntnis der Wirksamkeit von Borverbindungen als Holzschutzmittel gegen Insekten und Pilze. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 12: 483-489
5. Biocidal Products Directive (98/8/EC). 1998. *Official Journal of the European Communities* L 123: 1-63
6. Connell M. 2004. Issues facing preservative suppliers in changing market for treated wood. Bruselj, COST E22: 8 str.
7. Dickinson D. J., Murphy R. J. 1989. *British Wood Preserves Association Annual Convention*, Paper 6
8. ECETOC. 1995. Technical report No. 63. Reproductive and General Toxicology of some Inorganic Borates and Risk Assessment for Human Beings. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
9. Findlay W. 1956. The toxicity of borax to wood - rotting fungi. *Timber Technology and Machine Woodworking*, 61: 275-276
10. Gupta U. 1979. Copper in the environment. Part 1. New York, John Wiley & Sons: 215 str.
11. Hastrup S. A. C., Green F., Clausen C., Jensen B. 2005. *Serpula lacrymans*, The Dry Rot Fungus and Tolerance Towards Copper-Based Wood Preservatives. The International Research Group on Wood Protection. IRG/WP 05-10555: 1-7
12. Hughes A. S. 1999. Studies on the fixation mechanisms, distribution and biological performance of copper based timber preservatives. Ph. D. thesis, London, Imperial College of Science, Technology and Medicine: 313 str.

13. Humar M. 2003. Biocidi za zaščito lesa. Ljubljana. Gospodarska zbornica Slovenije:
<http://www.gzs.si/Nivo3.asp?ID=8575> (24. mar. 2009)
14. Humar M. 2004. Zaščita lesa danes – jutri. Les, 56, 6: 184-188
15. Humar M. 2006. Izpiranje baker-etanolaminskih pripravkov iz lesa. Zbornik
gozdarstva in lesarstva, 80: 111-118
16. Humar M. 2008. Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*). Les, 60, 9: 353
17. Humar M., Pohleven F. 2005. Bakrovi pripravki in zaščita lesa. Les, 57, 3: 57-62
18. Humar M., Šentjerc M., Amartej S. A., Pohleven F. 2005. Influence of acidification of
CCB (Cu / Cr / B) impregnated wood on fungal copper tolerance. Chemosphere,
58: 743-749
19. Jenkins D. 1980. U. S. Environmental Protection Agency Report.
20. Jonge I. J. 1987. The efficacy of boron preparations. International Research Group for
Wood Preservation. IRG/WP 3400: 7 str.
21. Kartal S., Yoshimura T., Imamura Y. 2004. Decay and termite resistance of boron-
treated and chemically modified wood by in situ co-polymerization of allyl glycidyl
ether (AGE) with methyl methacrylate (MMA). International Biodeterioration &
Biodegradation, 53: 111-117
22. Kervina-Hamović Lj. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, BF – Oddelek za lesarstvo: 126 str.
23. Lesar B., Humar M. 2007. Borove spojine za zaščito lesa I. del. Les, 59, 7-8: 176-179
24. Lesar B., Humar M. 2007. Borove spojine za zaščito lesa II. del. Les, 59, 9-10: 216-
222
25. Lloyd J. D. 1998. Borates and their biological applications. International Research
Group for Wood Preservation. IRG/WP 30178: 26 str.
26. Morrell J., Freitag C. 1995. Effect of wood moisture content on diffusion of boron-
based biocides through Douglasfir and western hemlock lumber. Forest Products
Journal, 45, 3: 51-55
27. Morrell J., Sexton C., Archer K. 1992. Diffusion of boron from fused borate rods
through selected woods. Forest Products Journal, 42, 7-8: 41-44
28. Orsler R., Holland G. 1993. The rate of redistribution and loss of leachable
preservatives under service conditions. International Research Group for Wood
Preservation. IRG/WP 30026: 16 str.

29. Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 221 str.
30. Peylo A. 1995. Auswaschung von Boraten aus chemisch geschutztem Holz. Universität Hamburg. Dissertation: 145 str.
31. Peylo A., Willeitner H. 1995. The problem of reducing Leachability of Boron by Water Repellents. *Holzforschung*, 49: 211-216
32. Pohleven F. 1998. The current status of use of wood preservatives in some European countries - summary of the answers to the questionnaire – the last correction in February 1998. Bruselj, COST E2: 2 str.
33. Pohleven F., Rosić Č. 2003. Patologija in zaščita lesa. *Zapiski s predavanj*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 1-53
34. Preston A. 2000. Wood preservation. Trends of today that will influence the industry tomorrow. *Forest products journal*, 50, 9: 12-19
35. Ra J., Barnes H., Conners T. 2002. Predicting boron diffusion in wood from surface sorption. *Forest Products Journal*, 52, 10: 67-70
36. Rainer M. J. 1993. Borates as wood preservatives – an environmental, health and safety perspective. International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 50001-03: 17 str.
37. 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.
38. Richardson B. A. 1978. Wood Preservation. The construction Press.
39. Richardson B. A. 1993. Wood Preservation. Second edition. London, Glasgow, E & FN Spon: 226 str.
40. Richardson B. A. 1995. Remedial treatment of buildings, 2nd Edition – Oxford Butterworth-Heinemann: 344 str.
41. Richardson H. W. 1997. Handbook of copper compounds and applications. New York, M. Dekker: 93-122
42. Roper W. L. 1992. Toxicological profile for boron. Agency for Toxic Substances and Disease Registry U. S. Public Health Service: 110 str.

43. Sayli B. S., Tuccar E., Elhan A. H. 1998. An assessment of fertility in boron-exposed Turkish subpopulation. *Reproductive Toxicology*, 12: 297-304
44. SIST EN 335 – 1/2. Durability of wood and derived materials – definition of hazard classes of biological attack – part 1 and 2. 1992: 13 str.
45. Tavzes Č. 2003. Proučevanje encimskih in neencimskih procesov razgradnje lesa. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, interdisciplinarni podiplomski študij biotehnologije: 26-28
46. Yazbeck C., Kloppmann W., Cottier R., Chauquillo J., Debotte G., Huel G. 2005. Health impact evaluation of boron in drinking water: a geographical risk assessment in Northern France. *Environmental Geochemistry and Health*, 27: 419-427

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Mihi Humarju, za pomoč in prijazno usmerjanje pri izvajanju eksperimentov in pisanju diplomske naloge.

Hvala recenzentu, prof. dr. Francu Pohlevnu, za strokovno recenzijo diplomskega dela.

Zahvala gre tudi asistentu, Boštjanu Lesarju in vsem ostalim zaposlenim na Katedri za patologijo in zaščito lesa, ki so mi prijazno pomagali pri izvajanju eksperimentov.

Zahvaljujem se gospe Darinki Uršič za pomoč pri lektoriranju diplomske naloge.

Zahvalil bi se rad še svojima staršema za moralno in finančno pomoč v vseh letih mojega študija ter vsem sošolcem in prijateljem za nepozabna študentska leta.