

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

David HRASTNIK

**ODPORNOST V VROČEM OLJU  
MODIFICIRANEGA IN POVRŠINSKO  
OBDELANEGA BOROVEGA LESA PROTI  
LESNIM GLIVAM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2005

POPRAVKI:

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

David HRASTNIK

**ODPORNOST V VROČEM OLJU MODIFICIRANEGA IN  
POVRŠINSKO OBDELANEGA BOROVEGA LESA PROTI  
LESNIM GLIVAM**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**RESISTANCE OF OIL HEAT TREATED AND SURFACE FINISHED  
PINE WOOD AGAINST WOOD DECAY FUNGI**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2005

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za pohištvo in Katedri za patologijo in zaščito lesa Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja imenoval prof. dr. Marka PETRIČA ter za somentorja doc. dr. Miho HUMARJA. Za recenzenta je bil imenovan prof. dr. Franc POHLEVEN.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

David HRASTNIK

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn  
DK UDK 630\*841.1:630\*844.1  
KG modifikacija lesa/površinski premazi/glive modrivke/glive prave razkrojevalke  
AV HRASTNIK, David  
SA PETRIČ, Marko (mentor)/HUMAR, Miha (somentor)/POHLEVEN, Franc  
(recenzent)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, Cesta VIII/34  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo  
LI 2005  
IN ODPORNOST V VROČEM OLJU MODIFICIRANEGA IN POVRŠINSKO  
OBDELANEGA BOROVEGA LESA PROTI LESNIM GLIVAM  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP XIII, 37 str., 14 pregl., 21 sl., 3 pril., 24 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V skladu s standardnimi metodami SIST EN 113, SIST EN 152-1 ter nestandardno,  
tako imenovano obrnjeno metodo po Van Acker-ju, smo preverili odpornost  
nepremazanega, v vročem olju modificiranega, lesa na prave razkrojevalke in  
premazanega, v vročem olju modificiranega, lesa na glive modrivke. Ugotovili smo,  
da je modifikacija lesa učinkovit postopek za zaščito lesa, tako pred pravimi  
razkrojevalkami kot pred glivami modrivkami. Premazna sredstva dodatno zaščitijo  
les pred okužbo z glivami modrivkami, zato je površinska obdelava modificiranega  
lesa priporočljiva.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC UDC 630\*841.1:630\*844.1
- CX wood modification/surface coatings/blue stain fungi/wood rotting fungi
- AU HRASTNIK, David
- AA PETRIČ, Marko (supervisor)/HUMAR, Miha (co-supervisor)/POHLEVEN, Franc (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, Cesta VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2005
- TI RESISTANCE OF OIL HEAT TREATED AND SURFACE FINISHED PINE WOOD AGAINST WOOD DECAY FUNGI
- DT Graduation Thesis (University studies)
- NO XIII, 37 p., 14 tab., 21 fig., 3 ann., 24 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The resistance of uncoated, oil heat treated, wood to wood rotting fungi and that of coated, oil heat treated, wood to blue stain fungi were examined. Wood resistance was examined according to the SIST EN 113, and SIST EN 152-1 standard method, so as using a non-standard, so called reverse exposure method named after Van Acker. It was found out that the oil heat treatment is an effective process protecting wood from rotting so as from blue stain fungi. Because of surface coatings being very helpful as additional protection of wood against infection of blue stain fungi; the surface treatment of oil heat treated wood is recommendable.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	X
Kazalo prilog	XII
Okrajšave in simboli	XIII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 DELOVNA HIPOTEZA	2
1.2 NAMEN DELA	2
<b>2 PREGLED LITERATURE</b>	<b>3</b>
2.1 GLIVE	3
2.1.1 <i>Ascomycotina</i> (zaprtotrosnice)	3
2.1.2 <i>Basidiomycotina</i> (prostotrosnice)	4
2.1.3 <i>Deuteromycotina</i> ali <i>Fungi imperfecti</i> (nepopolne glive)	4
2.2 MODIFIKACIJA LESA	4
2.3 PREMAZI ZA LES	5
2.3.1 Vodni akrilni lazurni premazi	6
2.3.2 Alkidni lazurni premazi na osnovi organskih topil	6
2.4 ODPORNOST MODIFICIRANEGA PREMAZANEGA LESA PROTI GLIVAM	6
<b>3 MATERIALI IN METODE</b>	<b>8</b>
3.1 MATERIALI	8

<b>3.1.1</b>	<b>Uporabljen les</b>	<b>8</b>
3.1.1.1	Nemodificiran les	8
3.1.1.2	Modificiran les	8
<b>3.1.2</b>	<b>Uporabljene lesne glive</b>	<b>8</b>
3.1.2.1	Glive modrivke	8
3.1.2.2	Glive prave razkrojevalke	9
<b>3.1.3</b>	<b>Uporabljena premazna sredstva</b>	<b>11</b>
3.2	METODE DELA	13
<b>3.2.1</b>	<b>Standardna metoda SIST EN 152-1</b>	<b>13</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Obrnjena metoda po Van Acker-ju</b>	<b>14</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Priprava vzorcev za standardno metodo SIST EN 152-1 in obrnjeno metodo po Van Acker-ju</b>	<b>14</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Izvedba poskusa po standardni metodi SIST EN 152-1 in obrnjeni metodi po Van Ackerju</b>	<b>15</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Standardna metoda SIST EN 113</b>	<b>16</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Priprava vzorcev za standardno metodo SIST EN 113</b>	<b>17</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Izvedba poskusa po standardni metodi SIST EN 113</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	<b>19</b>
4.1	ODPORNOST VZORCEV PROTI GLIVAM MODRIVKAM	19
<b>4.1.1</b>	<b>Masa nanosa</b>	<b>19</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Debelina utrjenega filma</b>	<b>19</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Določanje pomodrelosti po standardni metodi SIST EN 152-1</b>	<b>20</b>
4.1.3.1	Nepremazani vzorci	20
<b>4.1.4</b>	<b>Določanje pomodrelosti po obrnjeni metodi po Van Acker-ju</b>	<b>20</b>
4.1.4.1	ICP (standardiziran primerjalni alkidni premaz) - Premaz 1	21



4.1.4.2	Bel pigmentiran prekrivni alkidni premaz - Premaz 4	21
4.1.4.3	Bel pigmentiran prekrivni akrilni premaz - Premaz 5	22
4.1.4.4	Nepigmentiran transparentni alkidni premaz - Premaz 8	22
4.1.4.5	Nepigmentiran transparentni akrilni premaz - Premaz 9	23
<b>4.1.5</b>	<b>Ocena obarvanja po prerezu</b>	<b>24</b>
4.1.5.1	Kontrolni vzorci	24
4.1.5.2	Nepigmentiran transparentni akrilni premaz - Premaz 9	24
4.2	ODPORNOST VZORCEV PROTI PRAVIM RAZKROJEVALKAM	25
4.2.1	<b>Bela hišna goba - <i>Antrodia vaillantii</i></b>	<b>25</b>
4.2.2	<b>Siva hišna goba - <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf. Ex Fr.) Bond.</b>	<b>26</b>
4.2.3	<b>Kletna goba - <i>Coniophora puteana</i> (Schum. Ex Fr.) Karst</b>	<b>27</b>
4.2.4	<b>Navadna ali labirintasta tramovka - <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murr.</b>	<b>27</b>
4.2.5	<b>Kontrola</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	<b>30</b>
5.1	RAZPRAVA	30
5.2	SKLEPI	33
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>35</b>
7.1	CITIRANI VIRI	35
7.2	DRUGI VIRI	37
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Število nanosov za proučevana premazna sredstva	15
Preglednica 2: Povprečne vrednosti mokrih nanosov proučevanih premazov na modificiranih in nemodificiranih vzorcih	19
Preglednica 3: Mejne vrednosti debelin utrjenih filmov za proučevane premaze na modificiranih in nemodificiranih vzorcih	19
Preglednica 4: Stopnje pomodrelosti površin nepremazanih kontrolnih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam	20
Preglednica 5: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 1 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam	21
Preglednica 6: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 4 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam	22
Preglednica 7: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 5 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam	22
Preglednica 8: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 8 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam	23
Preglednica 9: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 9 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam	23
Preglednica 10: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih beli hišni gobi	25
Preglednica 11: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih sivi hišni gobi	26
Preglednica 12: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih kletni gobi	27

Preglednica 13: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih navadni tramovki	28
Preglednica 14: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih kontrolnih vzorcev, izpostavljenih hranilnemu gojišču	29

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Izgled nepremazanih kontrolnih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam	20
Slika 2: Izgled s premazom 1 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam	21
Slika 3: Izgled s premazom 4 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam	22
Slika 4: Izgled s premazom 5 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam	22
Slika 5: Izgled s premazom 8 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam	23
Slika 6: Izgled s premazom 9 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam	23
Slika 7: Obarvanje nepremazanih kontrolnih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po preseku	24
Slika 8: Obarvanje s premazom 9 premazanih nemodificiranih vzorcev po preseku	24
Slika 9: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju bele hišne gobe	25
Slika 10: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi beli hišni gobi	25
Slika 11: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju sive hišne gobe	26
Slika 12: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi sivi hišni gobi	26
Slika 13: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju kletne gobe	27
Slika 14: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi kletni gobi	27
Slika 15: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju navadne tramovke	28

Slika 16: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi navadni tramovki	28
Slika 17: Modificiran in nemodificiran kontrolni vzorec, izpostavljen hranilnemu gojišču	29
Slika 18: Modificiran in nemodificiran kontrolni vzorec po izpostavitvi hranilnemu gojišču	29
Slika 19: Povprečne ocene pomodrelosti premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam po nestandardizirani obrnjeni metodi po Van Acker-ju	31
Slika 20: Povprečna izguba mas modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih pravim razkrojevalkam	32
Slika 21: Razmerje izgube mas med nemodificiranimi in modificiranimi vzorci	32

## KAZALO PRILOG

Priloga A: Mokri nanosi proučevanih premazov na modificiranih in nemodificiranih  
vzorcih

Priloga B: Izgube mas modificiranih vzorcev po izpostavitvi standardni metodi  
SIST EN 113

Priloga C: Izgube mas nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi standardni metodi  
SIST EN 113

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>
Premaz 1	ICP (standardiziran primerjalni alkidni premaz)
Premaz 4	Bel pigmentiran prekrivni alkidni premaz
Premaz 5	Bel pigmentiran prekrivni akrilni premaz
Premaz 8	Nepigmentiran transparentni alkidni premaz
Premaz 9	Nepigmentiran transparentni akrilni premaz
PV2	Bela hišna goba - <i>Antrodia vaillantii</i>
GT2	Navadna ali labirintasta tramovka - <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murr.
CP	Kletna goba - <i>Coniophora puteana</i> (Schum. Ex Fr.) Karst
SL	Siva hišna goba - <i>Serpula lacrymans</i> (Wulf. Ex Fr.) Bond.

## 1 UVOD

Les je sekundarni ksilem, t.j. vaskularno (prevajalno) tkivo golosemenk in dvokaličnic, ki nastaja z delitvijo celic v kambiju (sekundarnem lateralnem meristemu) v centripetalni smeri (Gorišek s sod., 1994). Kot organski material je podvržen razkroju, zato mu odpornost povečamo z uporabo zaščitnih sredstev. Ščitimo ga lahko pred biotskimi in abiotskimi dejavniki razkroja. Biotski so dejavniki žive narave, zlasti glive in insekti, abiotski pa dejavniki nežive narave in delujejo mehansko, fizikalno ter kemijsko. Najhujši med njimi je ogenj.

Ljudje so že v pradavnini les ščitili na različne načine, da bi lesene predmete in druge konstrukcije iz lesa ohranili čim dlje. Starejše metode zaščite pred biotskimi dejavniki razkroja temeljijo na obžiganju površin in pooglenevanju, potapljanju v morskovo vodo, omakanju z živalskimi, rastlinskimi in zemeljskimi olji ter drugimi načini zaščite. Šele v 19. stoletju pa lahko govorimo o pravi industrijski zaščiti. Zelo pomemben razlog za zaščito lesa je bila vse večja poraba lesa ter izsekavanje gozdov, posledično pa vse bolj cenjen les kot surovina. Do te stopnje ji je pomagal predvsem znanstveno metodičen pristop k spoznavanju področja in razvoj drugih industrij. Med njimi je bilo najpomembnejše ladjedelništvo, kasneje pa železnica in elektrogospodarstvo. Za zaščito lesa so preizkušali skoraj vse znane materiale. Med najpomembnejšimi je bilo kreozotno olje (derivat katrana), z razvojem kemične industrije pa tudi druga kemična zaščitna sredstva.

Bakrove spojine so bile med prvimi, ki so se uporabljale za zaščito lesa. Delovale so predvsem fungicidno. Njihova pomanjkljivost je slaba fiksacija v les, kar pa so izboljšali z uporabo kromovih(VI) spojin. Ta mešanica je zadovoljila potrebe takratne industrije, saj je les kakovostno ščitila pred biotskimi dejavniki. Zaradi kromovih(VI) spojin se je sredstvo dobro vezalo v strukturo lesa. Vendar pa se zaradi rakotvornosti kromovih(VI) spojin te mešanice opuščajo in celo prepovedujejo. Zato se je v zadnjem času veliko raziskav usmerilo v nov način zaščite lesa, ki ga imenujemo modifikacija lesa, po tem postopku zaščiten les pa modificiran les.

Prve raziskave modifikacije lesa segajo v obdobje po drugi svetovni vojni. Največ raziskav je bilo opravljenih v smeri izboljšanja dimenzijskih stabilnosti in biološke odpornosti. Eden od možnih postopkov modifikacije lesa je tudi termična obdelava. V tem primeru les v odsotnosti kisika segrevajo pri temperaturah med 150 °C in 230 °C. Termično



modificiran les je primeren za zunanje opaže, vrtno pohištvo, okenske okvirje ter druge izdelke, ki so izpostavljeni pogostemu navlaževanju, niso pa v stiku z zemljo. Glede na izpostavljenost so to prvi trije razredi ogroženosti, ki jih predpisuje evropski standard SIST EN 335-1/2. Za četrtega (v stiku z zemljo) pa uporabo tako obdelanega lesa odsvetujejo (Tjeerdsma s sod., 1998).

## 1.1 DELOVNA HIPOTEZA

Predvidevamo, da je borov les, termično modificiran z obdelavo v vročem olju, bolj odporen na glive modrivke ter nekatere prave razkrojevalke lesa kot nemodificiran les. Odpornost proti okužbi z glivami modrivkami pa lahko še povečamo s površinskimi premazi.

## 1.2 NAMEN DELA

Namen dela je bil ugotoviti odpornost površinsko obdelanega borovega lesa, ki je bil predhodno termično modificiran v vročem olju, proti glivam modrivkam.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 GLIVE

Glive so bile dolgo časa uvrščene v rastlinsko kraljestvo, saj so jih smatrali za nižje rastline. Leta 1969 pa jih je Whittaker uvrstil v samostojno kraljestvo (Carlile in Watkinson, 1994). Od rastlin se razlikujejo v naslednjih značilnostih:

- so brez klorofila,
- v celičnih stenah imajo hitin,
- zalogo hrane predstavlja glikogen,
- način prehranjevanja je heterotrofen,
- prehranjujejo se na tri načine; kot paraziti, saprofiti in simbionti.

Sestojijo iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela. Prehranjevalni del predstavljajo hife, katerih splet tvori podgobje, ki je lahko površinsko ali notranje. Vloga podgobja je encimski razkroj ter črpanje razkrojnih produktov in vode ter razširjanje po lesu. Ko akumulira dovolj hrane, se lahko iz njega razvije razmnoževalni del oziroma trosnjak. V trosovnici se oblikujejo trosi, ki se ob dozoritvi sprostijo v ozračje. Prenašajo jih veter, dež in žuželke. Glive se lahko razširjajo tudi z rizomorfi.

Glive razvrščamo v pet razredov, za lesarje pa so pomembni predvsem naslednji trije:

- *Ascomycotina* (zaprtotrosnice),
- *Basidiomycotina* (prostotrosnice) in
- *Deuteromycotina* ali *Fungi imperfecti* (nepopolne glive).

#### 2.1.1 *Ascomycotina* (zaprtotrosnice)

Povzročajo lahko mehko trohnobo in različna obarvanja. Z obarvanjem ne povzročajo destrukcije, ampak les samo razvrednotijo. Do sedaj je poznanih več kot 400 različnih vrst gliv, ki povzročajo modrenje lesa. Glede na vrsto okužbe modrivost delimo na plesenje in notranjo pomodritev beljave. Plesen ne sega globoko v les, obarvani del pa se s površinsko obdelavo enostavno odstrani. Pri notranji pomodritvi beljave to ni mogoče, nastopi pa takoj po poseku v soparnem vremenu. Največ škode povzročijo na beljavi iglavcev v gozdu ali na skladiščih, pri čemer listavci niso izvzeti. Modrenje lahko opazimo tudi na drugih lesnih sortimentih z ugodno vlažnostjo, redkeje pa jih najdemo na furnirju. Stoječe drevo okužijo

le v primeru, če je fiziološko oslabeledo in je skorja poškodovana, da se trosi ob stiku z beljavo lahko razvijejo.

### **2.1.2 *Basidiomycotina* (prostotrosnice)**

Mednje uvrščamo glive, ki sodijo med najpomembnejše razkrojevalke lesa. Okužujejo stoječa drevesa, posekan les, jamski les, gradbeni les in druge lesene izdelke, ki so vgrajeni na prostem, v stavbi ali zemlji. Osnova za klasifikacijo teh gliv je bazidij, v katerem se oblikujejo zasnove štirih bazidospor. Ko dozorijo, se razsejejo v ozračje in se na tak način razmnožujejo. Povzročajo lahko rjavo ali belo destruktivno trohnobo.

Pri rjavi trohnobi pride do intenzivnega razkroja celuloze, zato les razpoka vzdolžno in prečno na lesna vlakna in se v končni fazi zdrobi v prah. Ta pojav imenujemo tudi kockasta oziroma prizmatična trohnoba. Gostota in trdnost lesa se zmanjšata že po nekaj tednih delovanja glive, poveča pa se sposobnost navzemanja vode. Rjava trohnoba je pogostejša pri iglavcih kot pa pri listavcih.

Podobno je pri beli trohnobi, kjer glive najprej razkrojijo lignin in šele kasneje celulozo, les pa v končni fazi razpade na velike snope vlaken. Trdnost lesa v nekaj tednih pade na polovico prvotne trdnosti, sorazmerno pa se zmanjša tudi gostota. Okužba dolgo ni opazna, saj navadna bela trohnoba pogosto prodira od znotraj navzven. Bela trohnoba je pogostejša pri listavcih.

### **2.1.3 *Deuteromycotina* ali *Fungi imperfecti* (nepopolne glive)**

Glive iz skupine *Deuteromycotina* lahko povzročijo različna obarvanja in mehko trohnobo. Bolj razširjen je nespolni način razmnoževanja, zato je spolna oblika pri večini vrst še neodkrita. Če jo odkrijejo, vrsto uvrstijo v ustrezne sistematske kategorije. Zato imajo dvojno poimenovanje.

## **2.2 MODIFIKACIJA LESA**

Pri izrazu "modifikacija lesa" ne smemo mešati modifikacije celuloze z modifikacijo lesa kot celote. Kemična obdelava celuloze ima že dolgo zgodovino in je uveljavljena v papirni industriji, medtem ko je postopek modifikacije lesa zahtevnejši, kompleksnejši in težje izvedljiv (Berlec, 2001). Od impregnacije lesa z zaščitnimi pripravki se razlikuje po tem,

da v lesu ni ostankov strupenih substanc, ki bi se kasneje izpirale in izločale iz lesa v okolje ter predstavljale problem tudi pri odlaganju zaščitene odpadnega lesa.

Pri modifikaciji lesa se spremeni njegova kemična zgradba na molekularnem nivoju. To lahko dosežemo na več načinov. Poznamo tri glavne načine modifikacije lesa:

- termični,
- kemični in
- encimatski.

Za maksimalen učinek je potrebno za vsak postopek modifikacije ugotoviti optimalne pogoje modifikacije. Glavni parametri so katalizator, temperatura, čas in lesna vrsta (Militz s sod., 1997). Bistveno pri vseh postopkih modifikacije je, da ena od kemičnih komponent lesa zreagira z drugimi molekulami. Pri kemični modifikaciji so to molekule reagenta, pri termični pa druge molekule v lesu. Najbolj reaktivne so hidroksilne skupine v celični steni in posledično tudi najbolj verjetna mesta za nastanek kemične vezi (Štern, 2000). S tem se zmanjša možnost absorpcije vodnih molekul in sama vezava le-teh na hidroksilne skupine. Poleg tega modificiranega lesa škodljivci ne prepoznajo in zanje ne predstavlja možnega vira prehrane. Pri postopku modifikacije pa se ne spremeni samo molekulska zgradba lesa, ampak pride tudi do drugih posledic, kot so sprememba barve, sprememba mehanskih lastnosti (v večini primerov so slabše) in drugih sprememb, ki so v nekaterih primerih nezaželene.

### 2.3 PREMAZI ZA LES

Les, ki je izpostavljen zunanjim dejavnikom in vremenskim vplivom, je potrebno primerno površinsko obdelati. S površinsko obdelavo les do določene mere zaščitimo pred fizikalno-kemijskimi vplivi okolja, ki se pojavijo med uporabo, obenem pa z njo dosežemo, da dobi površina izdelka želene dekorativne lastnosti. Sredstva za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi delimo na sredstva za kemično zaščito lesa, lake, lak emajle in lazure (Pečenko, 1987).

Lazure so transparentni premazi, ki ne prekrijejo naravne teksture lesa. Osnovne komponente lazurnih premazov so:

- vezivo,
- pigmenti,
- topila,

- fungicidne in insekticidne snovi ter
- hidrofobne snovi.

Glede na uporabljeno topilo ločimo lazure na vodni osnovi in lazure na osnovi organskih topil.

### **2.3.1 Vodni akrilni lazurni premazi**

V začetni fazi razvoja akrilnih premazov so se pojavile težave s formiranjem filma, sušenjem, oprijemnostjo ter zlepljanjem dotikajočih se utrjenih filmov (Žepič, 1993). Te težave so sedaj odpravljene. Po načinu utrjevanja jih delimo na:

- fizikalno utrjujoče,
- kemično zamrežene in
- UV utrjujoče.

Dobra lastnost akrilnih polimerov je njihova zunanja trajnost in svetlobna obstojnost, saj ne absorbirajo UV svetlobe. Akrilne smole so termoplastične in sposobne samozamreženja pri povišani temperaturi ali z dodatkom kisline. Novi akrilni vodni premazi vsebujejo le še okoli 5 % topil, kar je pod zahtevami predpisov o vsebnosti zdravju škodljivih snovi. To predstavlja veliko prednost pred klasičnimi alkidnimi premazi, ki vsebujejo tudi do 50 % topil.

### **2.3.2 Alkidni lazurni premazi na osnovi organskih topil**

Alkidne lazurne premaze uvrščamo med prve lazurne premaze za les, ki so se pojavili konec petdesetih let. Z razvojem se je njihova sestava spreminjala. Prav tako so se začeli dodajati različni dodatki za izboljšanje lastnosti premazov.

Surovine za alkidne smole so maščobne kisline, ki jih pridobivajo iz rastlinskih olj. Alkidne smole z daljšimi verigami so bolj viskozne, se hitreje suše in so vodoodporne. Za izboljšanje trdnosti in trajnosti filma alkidne smole modificirajo z uretani.

## **2.4 ODPORNOST MODIFICIRANEGA PREMAZANEGA LESA PROTI GLIVAM**

Joris van Acker in sodelavci (1998) so testirali odpornost lesnih vzorcev, premazanih s premazi z nizko vsebnostjo lahkohlapnih organskih spojin na glive modrivke. Ugotavljali

so tudi vpliv dodanega fungicidnega sredstva v premaz. Uporabili so lazure in prekrivne barve s sintetičnimi alkidnimi in akrilnimi smolami. Test so opravili po standardni metodi SIST EN 152 in nestandardizirani, tako imenovani obrnjeni metodi. Rezultati so se med sabo razlikovali. Ugotovili so, da je obrnjena metoda bolj primerna za testiranje odpornosti površinskih premazov proti glivam modrivkam. Med samim testom so opazili, da v začetni fazi premazi različno zaščitijo les pred okužbo z glivami modrivkami. Ob daljši izpostavitvi pa so glive modrivke začele propadati, saj so sintetične smole zaviralno delovale na njihovo rast. Vzorci, premazani s prekrivnimi barvami, niso pomodreli v tolikšni meri kot tisti, ki so bili premazani z lazurami. Pri testiranju premazov z nizko koncentracijo fungicidnih sredstev niso ugotovili pomembnih razlik.

Hans-Werner Wegen in Volker Hellwig (2000) sta ugotavljala trajnost premazov pri umetnem staranju in njihovo učinkovitost pred okužbo z glivami modrivkami. Pri procesu umetnega staranja so se pojavile razpoke na površini premazanih vzorcev. Posledično so sledile okužbe z glivami modrivkami in obarvanja, ki pa so se pojavila po končanem procesu umetnega staranja. Med samim procesom se glive niso razvile, saj so bili pogoji za njihovo rast neprimerni. Opazila sta razlike pri vzorcih, ki so bili površinsko obdelani s premazi z dodatkom fungicidnih sredstev, saj so se le ti obarvali v manjši meri. Obratno je bilo pri vzorcih, ki so bili premazani s premazi na vodni osnovi, kjer sta opazila intenzivnejšo obarvanost.

O prednostih modifikacije lesa sta pisala tudi Gregor Rep in Franc Pohleven (2001). S spreminjanjem kemične strukture lesa se lahko izboljšajo številne lastnosti lesa, kot so trajnost, dimenzijska stabilnost ter odpornost proti UV žarkom. Strukturno lesa se lahko spremeni z encimatsko, kemično ali termično modifikacijo. Slednja se v nekaterih evropskih državah že uporablja v komercialne namene. Pomembna prednost modifikacije lesa je zmanjšan negativni vpliv na okolje. Modificiran les se danes uporablja predvsem v stavbnem mizarstvu za izdelavo oken, vrat, talnih oblog, vrtnih garnitur ter kot gradbeni les.

Jämsä in sodelavci (2000) so nepremazane ter premazane modificirane in nemodificirane vzorce za pet let izpostavili naravnim vremenskim razmeram ter spremljali spremembe, ki so pri tem nastale. Razpoke so se pojavile na vseh vzorcih, tako premazanih kot nepremazanih modificiranih ter nemodificiranih. Pri modificiranih vzorcih so izmerili nižjo lesno vlažnost, kar pa ni preprečilo nastanka razpok. Nepremazani modificirani vzorci so tudi posiveli, kar je še dodaten razlog za površinsko obdelavo modificiranega lesa.

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 MATERIALI

##### 3.1.1 Uporabljen les

###### 3.1.1.1 Nemodificiran les

Vzorci iz nemodificiranega lesa smo izdelali iz beljave borovine (*Pinus sylvestris* L.). Standarda predpisujeta vzorce iz lesa brez grč in razpok. Upoštevali smo pravilno orientiranost lesnih vlaken. Deske so bile klimatizirane in osušene na primerno vlažnost.

###### 3.1.1.2 Modificiran les

Pri raziskavi smo uporabili vzorce iz termično modificiranega lesa v vročem olju, ki so ga pripravili v Bundesforschungsanstalt für Forst - und Holzwirtschaft, Hamburg. Postopek termične modifikacije so opravili na naslednji način: Borovino (*Pinus sylvestris*) so za 24 ur izpostavili temperaturi 103 °C in jo tako osušili. Nato so jo potopili v segreto repično olje, ki je imelo temperaturo 220 °C. Ko je sredina vzorcev dosegla to temperaturo, so postopek nadaljevali še štiri ure. Na koncu so les zavili v papir in ga ponovno za 24 ur izpostavili temperaturi 103 °C. Vse je potekalo v olju, kjer ni bilo prisotnosti kisika.

Modificirane vzorce smo ravno tako izdelali iz beljave bora, ki ni imela vidnih poškodb ter je po vseh merilih ustrezala uporabljenima standardoma.

##### 3.1.2 Uporabljene lesne glive

###### 3.1.2.1 Glive modrivke

Pri raziskavi smo uporabili naslednji glivi modrivki:

- *Aureobasidium pullulans* (de Barry) Arnaud
- *Sclerophoma pithyophila* (Corda) Hohn.

Optimalna temperatura za razvoj gliv modrivk je med 22 °C in 27 °C, vlažnost lesa pa med 50 % in 60 %. Njihova rast se ustavi pod 5 °C in nad 40 °C ter pod vlažnostjo lesa 23 % in nad 160 %. Glive modrivke se hranijo s celično vsebino parenhimskih celic. Po lesu se

širijo preko pikenj, le redko pa si same naredijo odprtine v celični steni. Pri prehodu skozi piknje se hifa stanjša, nato pa zopet odebeli. Pomodrel les se lahko uporablja za izdelke, kjer je površina lesa zakrita ali pa estetski videz ni pomemben. V zadnjem času pa tudi takšen les postaja vse bolj iskan in cenjen med potrošniki. Glive modrivke povzročijo zanemarljivo majhne spremembe upogibne, natezne in tlačne trdnosti, medtem ko se lahko odpornost na zvijanje in odpornost proti udarcem precej zmanjša.

### 3.1.2.2 Glive prave razkrojevalke

#### Bela hišna goba - *Antrodia vaillantii*

Ta goba se pojavlja kot razkrojevalka lesa v stavbah, najdemo pa jo tudi na železniških pragovih, telefonskih drogovih ter drugem lesu na prostem. Najraje razkraja zelo vlažen les iglavcev, še posebno pa ji prija vlaga, ki se nabira v obliki kapljic, medtem ko zračno suhega lesa ne okuži. Na lesnih sortimentih, ki so vgrajeni na prostem, okuži predvsem cono, ki je na stiku med zemljo in zrakom.

Na okuženem lesu se pojavi bogato izoblikovano belo podgobje. Iz podgobja se razvijejo do 4 mm debeli rizomorfi, ki ne izgubijo svoje barve in prožnosti niti takrat, ko se posušijo. Poleg trosnjakov je to značilno znamenje za prepoznavanje. Trosnjaki so kožasti ter na začetku beli, nato pa slamnato rumeni in so plutasti. Na les so prirasli kot večje ali manjše blazinice. Trosovnica je na vodoravni površini obrnjena navzgor. Vsebuje značilne kotaste cevčice, ki so s prostim očesom vidne kot nepravilne mnogokotne pore. Ob robu je prirasla z žarkastim podgobjem. Trosi so ledvičaste ali eliptične oblike.

Najugodnejša pogoja za razvoj sta temperatura 27 °C in vlažnost lesa okoli 40 %. Najvišja temperatura, pri kateri se goba še razvije, je 36 °C, najnižja pa 3 °C. V laboratorijskih pogojih lahko podgobje vsak dan priraste za 12,5 mm, preživi pa lahko tudi do 5 let dolgo sušno obdobje in nato ob idealnih razmerah zopet oživi (Benko s sod., 1987). Bela hišna goba povzroča rjavo destruktivno trohno. Okužen les hitro izgublja upogibno trdnost, medtem ko se udarna trdnost močno zmanjša že takrat, ko komaj zaznamo izgubo mase.

#### Siva hišna goba - *Serpula lacrymans* (Wulf. Ex Fr.) Bond.

Najdemo jo izključno v stavbah, čeprav obstajajo podatki, da so jo v Indiji našli tudi na hlodovini. Okužuje predvsem gradbeni les iglavcev in tistih listavcev, ki ne vsebujejo čreslovin. Ne omejuje se samo na stavbni les, temveč okuži tudi vse druge izdelke, ki vsebujejo celulozo. Pred njo niso varni zidaki, lesna volna in prepleti v ceveh. Okuži pa



tudi krompir in druge snovi, ki vsebujejo ogljikove hidrate. Je najbolj nevarna hišna goba, saj ima veliko razkrojevalno moč in se lahko z rizomorfi razširi zelo daleč od žarišča okužbe.

Kot druge hišne gobe, tudi siva hišna goba začne uničevati les na periferiji, šele nato pa prehaja v notranjost. Opazili so tudi nasproten potek razkroja. Trosnjaki so mesnati, nato kožasti in s celo površino priraščeni na podlago. V mladosti so svetlo sivi, nato rdečkasto rjavi. Labirintasta trosovnica je na zgornji strani in je nagubana. Na njih se pojavljajo kapljice vode, ki so produkt kemične razgradnje celuloze (zato glivo imenujemo solzivka). Zaradi tega lahko siva hišna goba razkrajata tudi popolnoma suh les, ne more pa ga okužiti. Trosi so eliptični in rjavkasto rdeči.

Optimalna lesna vlažnost za okužbo je 30 %, temperatura pa 23 °C. Minimalna temperatura je -3 °C, maksimalna pa 26 °C. V optimalnih razmerah v laboratoriju zraste za 7,9 mm na dan (Hočevar, 1975). Dnevna svetloba, preprih in povišana temperatura delujeta negativno. Trosi ostanejo vitalni do treh let. Okužba se lahko razvije tudi iz ostankov podgobja. Povzroča rjavo, destruktivno trohnobo. Les prizmatično razpoka in v zadnji fazi pod manjšim pritiskom razpade v prah. V optimalnih razmerah lahko po 18 tednih izgubi do 62 % svoje teže, kar močno vpliva na mehanske lastnosti (Benko s sod., 1987). Siva hišna goba je najnevarnejša razkrojevalka vgrajenega gradbenega lesa.

Kletna goba - *Coniophora puteana* (Schum. Ex Fr.) Karst

Okužuje vgrajen les predvsem v novih zgradbah, pri čemer ne moremo izključiti starih stavb, drogov, pragov, jamskega lesa in tudi hlodovine, ki dlje časa leži na tleh. Najdemo jo tudi v gozdu na panjih. Okužuje iglavce in listavce. Z rizomorfi lahko prodre tudi v opeko in beton ter povzroči njun razpad. Glede na škodo, ki jo povzroča, jo lahko primerjamo s sivo hišno gobo. Večkrat kletna goba pripravi pot uničevalnemu delu solzivke.

Podgobje razvije na okuženem lesu ali pa kar po vlažnih stenah. Na začetku je bele, nato rumeno rjave in v zadnji fazi črnkasto rjave barve. Rizomorfi so črni, koreninasti in se težko odtrgajo od lesa. Trosnjaki se razvijejo zelo redko, kar je tudi razlog za pozno odkritje okužbe. So kožasti in okroglaste ali jajčaste oblike. Sprva so blede rumeni, nato temno rjavi in se težko ločijo od okuženega lesa. Trosovnice so bradavičaste, trosi pa jajčasti in večji kot pri sivi hišni gobi.

Najugodnejše razmere za razvoj podgobja so temperature od 22 °C do 24 °C ter visoka lesna vlažnost med 50 % in 60 %. Zelo je odporna na ekstremno nizke temperature in vzdrži celo do -30 °C, hitro pa propade ob osušitvi in ne oživi, če se les ponovno navlaži. Povzroča temno rjavo, destruktivno trohnobo lesa iglavcev in listavcev s prizmatično razpokanostjo.

Navadna ali labirintasta tramovka - *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murr.

Pojavlja se v Evropi, Avstraliji, Novi Zelandiji, Afriki in Severni Ameriki. Okužuje konstrukcije iz iglavcev in listavcev kot so mostovi, okenski okvirji, vrata, zunanje talne obloge, včasih tudi drogove ter pragove.

Trosnjaki so temno rjave barve. Trosovnico sestavljajo lamele in pore nepravilnih oblik in razporejenosti. Trosi so brezbarvni ter cilindrični. Klobuk je temno rumen in z leti potemni.

Optimalna temperatura za razvoj je 35 °C, maksimalna pa nad 40 °C. Trosi ne zamrejo tudi po enem letu.

Povzroča prizmatično trohnobo in je zelo pogosta ter nevarna razkrojevalka gradbenega in stavbnega lesa.

### 3.1.3 Uporabljen premazna sredstva

Za zaščito testnih površin smo uporabili vodna premazna sredstva ter premazna sredstva na osnovi organskih topil.

Vodni premazni sredstvi sta bili:

- bel pigmentiran prekrivni akrilni premaz premaz 5
- nepigmentiran transparentni akrilni premaz premaz 9

Premazna sredstva na osnovi organskih topil so bila:

- ICP (standardiziran primerjalni alkidni premaz) premaz 1
- bel pigmentiran prekrivni alkidni premaz premaz 4
- nepigmentiran transparentni alkidni premaz premaz 8

Za zaščito površin pred vdorom gliv smo uporabili dvokomponentno epoksidno smolo. Vzorcem, ki smo jih uporabili pri testu s standardno metodo SIST EN 152-1, smo premazali samo čelne ploskve. Vzorce, uporabljene za test z obrnjeno metodo, pa smo premazali skoraj v celoti. Nepremazano smo pustili samo testno površino. Epoksidno smolo smo nanašali s čopičem v dveh slojih.

## 3.2 METODE DELA

### 3.2.1 Standardna metoda SIST EN 152-1

Standard SIST EN 152-1 opisuje laboratorijsko metodo za ugotavljanje preventivnih varovalnih učinkov biocidnih sredstev proti glivam modrivkam. Namenjen je za testiranje zaščitnih sredstev in ne površinskih premazov.

Poskus poteka v laboratoriju z določeno klimo. To je temperatura ( $20\pm 3$ ) °C in relativna zračna vlažnost ( $65\pm 4$ ) %. Vzorec iz beljave je velikosti 90 mm × 40 mm × 10 mm. Letnice na preseku morajo potekati približno po kotom 45 °, na 1 cm pa je lahko 2,5 do 8 branik. Vzorec je na sredini spodnje strani zarezan z 2 mm širokim in 4 mm globokim utorom. Zgornja testna površina ima zaokrožene robove. Polmer zaokrožitve je 2 mm. Površina je premazana s testnim premazom do konca radija, čela pa so zaščitena z nepropustnim premazom, ki preprečuje prodiranje gliv s čelne strani. Vzorci se v testne posode (Kolleyeve steklenice) postavijo s testno površino navzgor oziroma utorom navzdol, nato pa se dolije 15 mL suspenzije spor gliv modrivk pripravljenih v skladu s standardno metodo SIST EN 152-1. Zaprte steklenice se za šest tednov položijo v rastno komoro. V tem času hife prodirajo po lesu do premaza. Na koncu poskusa se testne površine vizualno ocenijo z naslednjimi ocenami, ki jih delimo na štiri stopnje:

0 – ni modrenja; ni vidnih modrih madežev na opazovani površini vzorca,

1 – na zgornji površini opaženi madeži modrivk; na opazovani površini mora biti posamezni madež sam, na celotni površini pa je lahko do pet madežev, ki imajo premer do 2 mm,

2 – pomodrelost površine; če so madeži med seboj povezani, je lahko pomodrelo do 1/3 testne površine; v nasprotnem primeru je lahko pomodrelo do 1/2 testne površine,

3 – močna pomodrelost; če so madeži med seboj povezani, je pomodrelo več kot 1/3 testne površine; v nasprotnem primeru je pomodrelo več kot 1/2 testne površine.

Po ocenjevanju se vzorci prerežejo, da se lahko oceni tudi globina obarvanja.

### 3.2.2 Obrnjena metoda po Van Acker-ju

Metoda je namenjena za testiranje odpornosti površinskih premazov proti glivam modrivkam. Razvita je bila na podlagi izkušenj v praksi, saj je primernejša za boljšo in zanesljivejšo oceno učinkovitosti zaščite pred glivami modrivkami na površinskih premazih. To se opazi pri večjih razlikah med posameznimi testiranimi premazi. Van Acker in sodelavci (1998) so s pomočjo tega testa ugotovili, da na razvoj gliv modrivk vpliva že premazno sredstvo samo, nizka koncentracija fungicidnega sredstva v premazu pa ne zaščiti lesa pred modrenjem.

Vzorec iz beljave ima dimenzije 50 mm × 40 mm × 10 mm. Robovi na testni površini so zaokroženi s polmerom 2 mm. Po nanosu testnega premaza se pred vdorom gliv zaščitijo še vse ostale površine. Za razliko od vzorcev izpostavljenih po standardu SIST EN 152-1, vzorec za obrnjeno metodo nima utora. Vzorce se v Kolleyeve steklenice postavi s testno površino navzdol, test pa traja šest tednov. Ocenjevanje pomodrelosti površin je nekoliko prilagojeno metodi in ima šest stopenj:

- 0 – ni pomodrelosti na opazovani površini,
- 1 – malo število majhnih madežev; do pet madežev, ki so opaženi pod mikroskopom,
- 2 – majhni madeži; do pet madežev, ki imajo premer 2 mm,
- 3 – delno pomodrel vzorec; do tretjine pomodrel vzorec,
- 4 – močno pomodrel vzorec; vzorec pomodrel več kot tretjino, vendar ne popolno,
- 5 – popolno pomodrel vzorec; na površini vzorca ni področja, ki ne bi bilo pomodrelo.

### 3.2.3 Priprava vzorcev za standardno metodo SIST EN 152-1 in obrnjeno metodo po Van Acker-ju

Pripravili smo 70 vzorcev. Najprej smo izrezali letvice širine 5 cm in jih poravnali z dveh strani. Nato smo jih kalibrirali, zaokrožili robove in prečno razžgali na ustrezne dimenzije. 10 vzorcev smo potrebovali za test po standardu SIST EN 152, zato smo jim na spodnji strani prečno zarezali utor. Polovica vzorcev je bila iz modificirane in polovica iz

nemodificirane beljave bora. Preostalih 60 vzorcev smo premazali z različnimi premaznimi sredstvi. Tudi teh je bila polovica izdelana iz modificirane, druga polovica pa iz nemodificirane beljave bora. Uporabili smo pet premazov, zato smo pripravili 10 skupin po šest vzorcev. Vzorce smo tehtali pred premazovanjem in takoj po njem ter kasneje izračunali maso nanosa. Iz vsake skupine smo po en vzorec uporabili za merjenje debeline utrjenega filma. Pred premazovanjem smo vzorce klimatizirali v standardni klimi pri temperaturi  $(22\pm 1)$  °C ter zračni vlažnosti  $(65\pm 5)$  %. Premazovali smo jih s čopičem, pri čemer je bilo število nanosov različno, kar je prikazano v preglednici 1.

Preglednica 1: Število nanosov za proučevana premazna sredstva

Oznaka premaznega sredstva	Število nanosov
Premaz 1	3
Premaz 4	2
Premaz 5	3
Premaz 8	3
Premaz 9	3

Po končanem sušenju smo vzorce pred vdorom gliv zaščitili z epoksidno smolo. Za test po standardu SIST EN 152-1 smo premazali samo čela, za obrnjen test pa še vse ostale površine. Vse vzorce smo primerno označili.

### 3.2.4 Izvedba poskusa po standardni metodi SIST EN 152-1 in obrnjeni metodi po Van Ackerju

Tekoče hranilno gojišče smo pripravili po naslednjem receptu, ki ga predpisuje standard: Za 1,5 L tekočega hranilnega gojišča smo potrebovali 18,75 g citronske kisline-monohidrata, 180 mL (1 mol/L) NaOH, 585 mL (0,1 mol/L) HCl in 30 g koncentriranega sladnega ekstrakta. Vse smo prelili z destilirano vodo ter izmerili vrednost pH. Z dodajanjem vodne raztopine NaOH oziroma HCl smo vrednost pH uravnali na 4,2. Tako pripravljeno hranilno gojišče smo razdelili v osem erlenmajeric in jih zaprli z aluminijasto folijo ter papirjem. Dvajset minut smo jih sterilizirali v avtoklavu pri temperaturi 121 °C oziroma tlaku 1,5 bara, nato pa jih ohladili v brezprašni komori.

Polovico erlenmajeric smo inokulirali s kulturo micelija *Aureobasidium pullulans*, drugo polovico pa s *Sclerophoma pithyophila*. V vsako erlenmajerico smo dodali po dva cepiča s površino približno 1cm<sup>2</sup> micelija. Preden smo erlenmajerice odprli, smo vrat obžgali nad

gorilnikom. Podobno smo ravnali z vsemi ostalimi pripomočki. Nato smo erlenmajerice postavili na stresalnik. V nekaj dneh je gojišče potemnelo, saj so glive tvorile spore. V brezprašni komori smo vsebino erlenmajeric precedili preko sterilne gaze in dobili suspenzijo spor testnih gliv.

Kollejeve steklenice smo najprej očistili z alkoholom ter vanje vložili filterni papir. Prav tako smo v papir zavili vzorce, vse skupaj pa nato sterilizirali. Ko so se steklenice ohladile, smo jih v brezprašni komori najprej odmašili. Vsak vzorec smo potopili v hranilno gojišče ter ga zatem vstavili v Kollejevo steklenico. Nato smo prilili 15 mL tekočega gojišča, jih ponovno zamašili ter postavili v rastno komoro za šest tednov.

Pomembna razlika med vstavljanjem vzorcev pri standardnem testu SIST EN 152-1 in obrnjeni metodi po Van Ackerju je v tem, da je v prvem primeru testna površina obrnjena navzgor, v drugem pa navzdol (je v neposrednem stiku z glivo).

### 3.2.5 Standardna metoda SIST EN 113

Ta standard temelji na določanju izgube mase lesnih vzorcev, ki so izpostavljeni lesnim glivam. Namenjen je predvsem ugotavljanju fungicidne učinkovitosti zaščitnega sredstva na glive prave razkrojevalke lesa.

Vzorec iz beljave ima dimenzije 50 mm × 25 mm × 15 mm. Tekstura ne sme biti povsem tangencialna. Ranega lesa je lahko največ 30 %, na 1 cm pa je lahko 2,5 do 8 branik. Vzorci se najprej za 18 ur postavijo v sušilnik s temperaturo (103±2) °C. Nato se ohladijo v eksikatorju in stehtajo na 0,01 g natančno. Tako pripravljene vzorce se nato vstavijo v kozarce. Pred tem se iz krompirjevega dekstroznega agarja pripravi trdo hranilno gojišče (50 mL za v vsak kozarec).

Kozarce z vzorci se za 16 tednov postavi v rastno komoro. Po izpostavitvi razkroju se vzorci očistijo in ponovno osušijo pri temperaturi (103±2) °C. Nato se stehtajo, iz dobljenih meritev pa se izračuna izguba mase po naslednji enačbi:

$$im = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \% \quad \dots(1)$$

Kjer je:

- $m$  izguba mase [%]
- $m_1$  masa pred izpostavitvijo [g]
- $m_2$  masa po izpostavitvi [g]

### 3.2.6 Priprava vzorcev za standardno metodo SIST EN 113

Letvice širine 3 cm smo najprej poravnali in nato še kalibrirali. Sledilo je prečno razžagovanje na krožni formatni žagi. Za ta test smo pripravili 48 vzorcev. 24 jih je bilo izdelanih iz modificiranega, preostalih 24 pa iz nemodificiranega lesa. Uporabili smo štiri testne glive, zato smo tudi tukaj sestavili skupine po pet parov vzorcev. Štiri vzorce iz modificiranega in štiri iz nemodificiranega lesa smo uporabili za kontrolo, ki smo jih vstavili v kozarce brez glive. Vse vzorce smo izdelali iz beljave s primerno orientiranostjo lesnih vlaken v skladu z zahtevami standarda SIST EN 113. Vzorcev nismo premazali z nobenim premazom.

### 3.2.7 Izvedba poskusa po standardni metodi SIST EN 113

Za izvedbo tega poskusa smo potrebovali 0,5 litrske kozarce s preluknjanimi pokrovčki. Kozarce smo očistili z alkoholom in jih osušili. Enako smo storili s pokrovčki. V luknje smo vstavili vato, ki je omogočala glivi dostop zraka in hkrati preprečevala okužbo. Pripravili smo tudi mrežice, ki so služile kot nastavek vzorcem, da niso bili v neposrednem stiku s hranilnim gojiščem.

Hranilno gojišče je bilo v tem primeru trdo. Pripravili smo ga iz krompirjevega dekstroznega agarja. Za 2 L smo potrebovali 78 g krompirjevega dekstroznega agarja (PDA, Difco). Zatehtali smo ga v čašo in prelili z 2 dL vode ter dobro premešali. Preostanek od 2 L vode smo segreli na temperaturo vrelišča in šele nato dodali prej pripravljeno mešanico ter vse skupaj skrbno mešali. Ko je bilo hranilno gojišče pripravljeno, smo ga v vsak kozarec odmerili 50 mL in jih pokrili s pokrovčki. Kozarce s hranilnim gojiščem smo sterilizirali v avtoklavu pri temperaturi 121 °C. Po 40 min smo kozarce postavili v brezprašno komoro, da so se ohladili.

Pred inokulacijo z glivami smo previdno obžgali rob pokrova ter kozarec odprli. Vstavili smo mrežico ter cepič določene vrste glive in kozarec ponovno zaprli. Vsako glivo smo cepili v pet kozarcev, uporabili pa smo glive *Antrodia vaillantii*, *Serpula lacrymans*,



*Coniophora puteana* in *Gloeophyllum trabeum*. Štiri kozarce smo namenili za kontrolo, zato vanje nismo cepili nobene glive. S pomočjo teh kozarcev smo skušali določiti izgubo mase zaradi izhlapevanja smol med sterilizacijo in difuzijo ekstraktivov v hranilno gojišče. Nato smo vse kozarce postavili v rastne komore z različnimi temperaturami. Glivi *Antrodia vaillantii* in *Gloeophyllum trabeum* na temperaturo 25 °C, glivi *Serpula lacrymans* in *Coniophora puteana* pa na temperaturo 21 °C. V rastno komoro s temperaturo 21 °C smo postavili tudi kozarce s kontrolnimi vzorci.

Vzorci smo označili z zaporednimi številkami in jih za 24 ur postavili v sušilnik pri temperaturi (103±2) °C. Naslednji dan smo jih za 10 min postavili v eksikator in nato stehali. Po tehtanju smo jih zavili v papir in sterilizirali pri istih pogojih kot kozarce s hranilnim gojiščem.

Ko so se miceliji gliv dobro razrasli po površini agarja, smo v kozarce dali vzorce. V vsak kozarec smo vstavili po dva vzorca. Eden je bil iz modificirane, drugi pa iz nemodificirane beljave bora. Kozarce smo nato postavili v prej omenjene rastne komore in jih tam pustili 16 tednov.

## 4 REZULTATI

### 4.1 ODPORNOST VZORCEV PROTI GLIVAM MODRIVKAM

#### 4.1.1 Masa nanosa

Med premazovanjem testnih vzorcev smo s tehtnico ugotavljali nanose posameznih premazov. Vrednosti so izračunana povprečja za enkratno premazovanje. Nanesli smo po tri plasti. Izjema je bil premaz 4, ki smo ga nanesli v dveh plasteh. Med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci smo opazili majhne razlike. Mokri nanos je bil večji pri nemodificiranih vzorcih, kar nakazuje na spremenjene lastnosti modificiranega lesa. Izjema je bil premaz 1, kjer je bil povprečni mokri nanos na modificirane vzorce večji od nanosa na nemodificiran les (preglednica 2).

Preglednica 2: Povprečne vrednosti mokrih nanosov proučevanih premazov na modificiranih in nemodificiranih vzorcih

VZOREC	Nanos premaza [g/m <sup>2</sup> ]				
	Premaz 1	Premaz 4	Premaz 5	Premaz 8	Premaz 9
Modificiran	52,39	121,47	78,80	61,65	67,78
Nemodificiran	51,72	125,25	79,61	68,98	74,50

#### 4.1.2 Debelina utrjenega filma

Ko so se vsa premazna sredstva dokončno utrdila, smo izmerili še debelino utrjenega filma. Mejne vrednosti debelin utrjenih filmov so bile sorazmerne s povprečno vrednostjo mokrih nanosov. Debelina filma je bila največja pri premazu 4. Med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci nismo opazili večjih razlik (preglednica 3).

Preglednica 3: Mejne vrednosti debelin utrjenih filmov za proučevane premaze na modificiranih in nemodificiranih vzorcih

VZOREC	Mjerne vrednosti debelin utrjenih filmov [μm]				
	Premaz 1	Premaz 4	Premaz 5	Premaz 8	Premaz 9
Modificiran	41,5 - 58,1	74,7 - 91,3	58,1 - 66,4	33,2 - 41,5	41,5 - 58,1
Nemodificiran	41,5 - 49,8	66,4 - 83,0	66,4 - 74,7	33,2 - 41,5	49,8 - 58,1

### 4.1.3 Določanje pomodrelosti po standardni metodi SIST EN 152-1

Določanje pomodrelosti vzorcev po standardni metodi SIST EN 152-1 je temeljilo na vizualnem ocenjevanju obarvanosti površine. Ker je ta standardizirana metoda namenjena ugotavljanju preventivnih varovalnih učinkov biocidnih sredstev proti glivam modrivkam, smo preizkus izvedli samo na nepremazanih vzorcih. S tem testom smo želeli ugotoviti učinkovitost same modifikacije lesa. Na sliki 1 sta iz vsake skupine petih vzorcev prikazana samo značilna vzorca.

#### 4.1.3.1 Nepremazani vzorci

Na sliki 1 je pri modificiranem vzorcu obarvanje komaj opazno, madežev pa ni več kot pet in niso večji od 2 mm. Pri nekaterih vzorcih madežev sploh nismo opazili, kar pa ne velja za nemodificirane vzorce. Pri nemodificiranem vzorcu so lepo vidni barvni madeži, ki so med seboj povezani in presegajo 1/2 testne površine. V preglednici 4 vidimo, da so modificirani vzorci dobili povprečno oceno 0,4, nemodificirani pa 3, kar je tudi najvišja možna ocena.



Slika 1: Izgled nepremazanih kontrolnih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Preglednica 4: Stopnje pomodrelosti površin nepremazanih kontrolnih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam

Stopnje pomodrelosti	
Modificirani	Nemodificirani
1, 0, 0, 0, 1	3, 3, 3, 3, 3
Povprečna ocena	
0,4	3,0

### 4.1.4 Določanje pomodrelosti po obrnjeni metodi po Van Acker-ju

Določanje pomodrelosti vzorcev po obrnjeni metodi po Van Acker-ju je prav tako temeljilo na vizualnem ocenjevanju obarvanosti površine. Ker je ta metoda namenjena testiranju učinkovitosti površinskih premazov proti glivam modrivkam, smo test izvedli na preostalih 60 premazanih vzorcih. S to metodo smo ugotavljali učinkovitost premaznih

sredstev v kombinaciji z modifikacijo lesa. Tudi tukaj so iz vsake skupine petih vzorcev na slikah prikazani samo značilni vzorci.

#### 4.1.4.1 ICP (standardiziran primerjalni alkidni premaz) - Premaz 1

Pri premazu 1 ni bilo posebnih razlik med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci. Na sliki 2 je razvidno, da so na obeh vzorcih opazni manjši madeži, za katere se je pod mikroskopom izkazalo, da gre za obarvanja. Pri nekaterih vzorcih madežev ni bilo opaziti. Povprečni oceni za modificirane in nemodificirane vzorce sta znašali 0,4 in 0,6 (preglednica 5).



Slika 2: Izgled s premazom 1 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Preglednica 5: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 1 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam

<b>Stopnje pomodrelosti</b>	
<b>Modificirani</b>	<b>Nemodificirani</b>
1, 0, 0, 0, 1	1, 1, 0, 0, 1
<b>Povprečna ocena</b>	
0,4	0,6

#### 4.1.4.2 Bel pigmentiran prekrivni alkidni premaz - Premaz 4

Premaz 4 je popolnoma zaščitil površino, saj ni bilo opaziti nobenih večjih napak ali obarvanj. Na sliki 3 opazimo samo obarvanja na površini filma. Glede na ocenjevanje po standardni metodi SIST EN 152-1 bi morali opaziti poškodbe v filmu ali na površini lesnega vzorca, vendar teh poškodb nismo opazili. Kljub temu pa so z vidika površinske obdelave lesa pomembni tudi madeži na sami površini premaza, ki jih ni možno odstraniti, zato bi v tem primeru bile potrebne nadaljnje raziskave za prilagoditev ocenjevanja vrsti vzorcev, ki smo jih proučevali. Pomodrelost vzorcev smo ocenili s povprečno oceno 0,0 in velja tako za modificirane kot tudi za nemodificirane vzorce (preglednica 6).



Slika 3: Izgled s premazom 4 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Preglednica 6: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 4 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam

Stopnje pomodrelosti	
Modificirani	Nemodificirani
0, 0, 0, 0, 0	0, 0, 0, 0, 0
Povprečna ocena	
0,0	0,0

#### 4.1.4.3 Bel pigmentiran prekrivni akrilni premaz - Premaz 5

Površine vzorcev, premazane s premazom 5, po izpostavitvi glivam modrivkam niso ostale popolnoma neobarvane. Na sliki 4 obarvanja niso opazna s prostim očesom, opazijo pa se pod mikroskopom. Zaznali smo tudi razliko med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci. Povprečna ocena modificiranih vzorcev je znašala 0,4, nemodificiranih pa 1,2 (preglednica 7).



Slika 4: Izgled s premazom 5 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Preglednica 7: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 5 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam

Stopnje pomodrelosti	
Modificirani	Nemodificirani
0, 0, 0, 1, 1	1, 2, 2, 1, 0
Povprečna ocena	
0,4	1,2

#### 4.1.4.4 Nepigmentiran transparentni alkidni premaz - Premaz 8

Tudi pri premazu 8 ni bilo posebnih razlik med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci. S prostim očesom smo opazili majhne madeže, ki pa so bili bolj vidni pod mikroskopom.

Večjih napak v filmu nismo opazili (slika 5). V preglednici 8 sta navedeni povprečni oceni za modificirane in nemodificirane vzorce, ki znašata 0,4 in 0,6.



Slika 5: Izgled s premazom 8 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Preglednica 8: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 8 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam

<b>Stopnje pomodrelosti</b>	
Modificirani	Nemodificirani
1, 0, 0, 0, 1	1, 0, 2, 0, 0
Povprečna ocena	
0,4	0,6

#### 4.1.4.5 Nepigmentiran transparentni akrilni premaz - Premaz 9

Pri premazu 9 je bila razlika med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci najbolj opazna. Na sliki 6 vidimo, da je na nemodificiranem vzorcu več kot pet madežev. Teh madežev s prostim očesom nismo opazili na modificiranih vzorcih, vidna pa so bila pod mikroskopom. Povprečna ocena pomodrelosti je bila 0,6 za modificirane vzorce in 2,8 za nemodificirane vzorce (preglednica 9).



Slika 6: Izgled s premazom 9 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi glivam modrivkam

Preglednica 9: Stopnje pomodrelosti površin s premazom 9 premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam

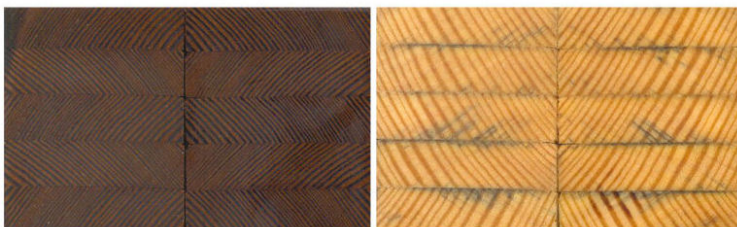
<b>Stopnje pomodrelosti</b>	
Modificirani	Nemodificirani
1, 1, 0, 1, 0	3, 3, 2, 3, 3
Povprečna ocena	
0,6	2,8

#### 4.1.5 Ocena obarvanja po prerezu

Za natančnejši pregled in ocenjevanje smo vzorce še prerezali in ocenili globino obarvanja. Rezultate smo podali opisno in samo za kontrolne vzorce ter vzorce, premazane s premazom 9, saj drugod po prerezu ni bilo opaznih znakov obarvanja.

##### 4.1.5.1 Kontrolni vzorci

Pri modificiranih nepremazanih kontrolnih vzorcih obarvanja po prerezu ni bilo opaziti. Drugače je bilo pri nemodificiranih nepremazanih kontrolnih vzorcih, kjer smo opazili obarvanja do globine 7 mm, kar kaže na vitalnost gliv modrivk. Na sliki 7 vidimo, da to obarvanje ni bilo prisotno po celotni širini vzorca, ampak so obarvane samo določene cone.



Slika 7: Obarvanje nepremazanih kontrolnih modificiranih in nemodificiranih vzorcev po preseku

##### 4.1.5.2 Nepigmentiran transparentni akrilni premaz - Premaz 9

Pri vzorcih, premazanih s premazom 9, so se obarvanja pojavila samo na določenih mestih in še to samo na nemodificiranih vzorcih. Globina obarvanja je znašala do 5 mm, obarvane cone pa so bile po obsegu dosti manjše kot pa pri nemodificiranih nepremazanih kontrolnih vzorcih, kar vidimo na sliki 8.



Slika 8: Obarvanje s premazom 9 premazanih nemodificiranih vzorcev po preseku

## 4.2 ODPORNOST VZORCEV PROTI PRAVIM RAZKROJEVALKAM

### 4.2.1 Bela hišna goba - *Antrodia vaillantii*

Na sliki 9 vidimo bogato izoblikovano belo podgobje, iz katerega so se razvili debeli rizomorfi. Če primerjamo preraščenost micelija na modificiranem in nemodificiranem vzorcu lahko ugotovimo, da med njima ni opaziti posebne razlike.



Slika 9: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju bele hišne gobe

Med vsemi glivami je bela hišna goba pri naših poskusih na nemodificirane vzorce delovala najmanj destruktivno, saj na vzorcih skoraj ni bilo videti večjih sprememb. Obratno je bilo pri modificiranih vzorcih, kjer je bela hišna goba najbolj razgradila vzorce (slika 10). V preglednici 10 vidimo, da se je masa modificiranih vzorcev v povprečju zmanjšala za 7,69 %, masa nemodificiranih pa v povprečju za 17,01 %.



Slika 10: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi beli hišni gobi

Preglednica 10: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih beli hišni gobi

Izguba mase [%]	
Modificirani	Nemodificirani
7,69	17,01



#### 4.2.2 Siva hišna goba - *Serpula lacrymans* (Wulf. Ex Fr.) Bond.

Pri opisu posamezne vrste glive smo lahko razbrali, da je siva hišna goba najpomembnejša in najnevarnejša razkrojevalka. Že po videzu se je v kozarcu razvilo zelo bogato podgobje, ki se je razširilo čez oba vzorca. Vendar pa to ni merilo za učinkovitost razkroja, saj je bila sprememba mase pri modificiranih vzorcih kljub temu zelo majhna v primerjavi z nemodificiranimi. Na stenah kozarca so bile vidne kapljice (slika 11).



Slika 11: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju sive hišne gobe

Na sliki 12 vidimo za rjavo trohnobo značilne prizmatične razpoke, ki so se pojavljale na nemodificiranih vzorcih. Tega na modificiranih vzorcih ni bilo opaziti. V preglednici 11 vidimo, da so modificirani vzorci v povprečju izgubili 6,01 % svoje mase, nemodificirani pa 39,17 %. Od vseh uporabljenih testnih gliv je siva hišna goba najbolj razgradila kontrolne vzorce (nemodificirane).



Slika 12: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi sivi hišni gobi

Preglednica 11: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih sivi hišni gobi

Izguba mase [%]	
Modificirani	Nemodificirani
6,01	39,17

### 4.2.3 Kletna goba - *Coniophora puteana* (Schum. Ex Fr.) Karst

Vzorci, preraščeni z micelijem, so bili rumene in črnkasto rjave barve, kar je značilno za kletno gobo. Hife so bile črne in so se težko odtrgale od lesa. Samo podgobje ni bilo tako bogato, kot pri sivi hišni gobi (slika 13).



Slika 13: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju kletne gobe

Kletna goba je povzročila razkroj le na nemodificiranih vzorcih, ne pa na modificiranih, kar je vidno na sliki 14. V preglednici 12 vidimo, da je povprečna izguba mase pri modificiranih vzorcih znašala samo 0,52 %, kar je pri naših poskusih najnižja izguba mase določena na modificiranih vzorcih. Po drugi strani so nemodificirani vzorci v povprečju izgubili kar 22,88 % svoje mase, kar kaže na vitalnost glive.



Slika 14: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi kletni gobi

Preglednica 12: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih kletni gobi

Izguba mase [%]	
Modificirani	Nemodificirani
0,52	22,88

### 4.2.4 Navadna ali labirintasta tramovka - *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murr.

Tudi navadno tramovko lahko uvrščamo med zelo učinkovito razkrojevalko lesa. Rumenkasto podgobje je močno preraslo vzorca v steklenici (slika 15).



Slika 15: Modificiran in nemodificiran vzorec, izpostavljen delovanju navadne tramovke

Na sliki 16 vidimo skoraj nespremenjen vzorec iz modificiranega lesa ter močno deformiran nemodificiran vzorec. Modificirani vzorci so v povprečju izgubili 5,38 % svoje mase, nemodificirani pa kar 37,29 %, kar kaže na razkrojevalno moč navadne tramovke (preglednica 13).



Preglednica 13: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih navadni tramovki

Izguba mase [%]	
Modificirani	Nemodificirani
5,38	37,29

Slika 16: Modificiran in nemodificiran vzorec po izpostavitvi navadni tramovki

#### 4.2.5 Kontrola

Sprememba mase kontrolnih vzorcev, ki niso bili izpostavljeni razkrojevalkam lesa, je bila pri nemodificiranih in modificiranih vzorcih skoraj enaka. Na sliki 17 sta vidna kontrolna vzorca, ki smo ju vstavili v kozarec, kamor predhodno nismo cepili nobene glive.



Slika 17: Modificiran in nemodificiran kontrolni vzorec, izpostavljen hranilnemu gojišču

Vzorci so zato ostali popolnoma nespremenjeni, kar vidimo na sliki 18. Povprečna izguba mase je znašala 0,03 % pri modificiranih in 0,04 % pri nemodificiranih vzorcih. (preglednica 14). Omenjena izguba mase je verjetno rezultat izhlapevanja smole med sterilizacijo oziroma difuzijo ekstraktivov v hranilno gojišče, vendar je tako majhna, da jo lahko pri interpretaciji rezultatov zanemarimo.



Slika 18: Modificiran in nemodificiran kontrolni vzorec po izpostavitvi hranilnemu gojišču

Preglednica 14: Povprečna izguba mase modificiranih in nemodificiranih kontrolnih vzorcev, izpostavljenih hranilnemu gojišču

<b>Izguba mase [%]</b>	
<b>Modificirani</b>	<b>Nemodificirani</b>
0,03	0,04

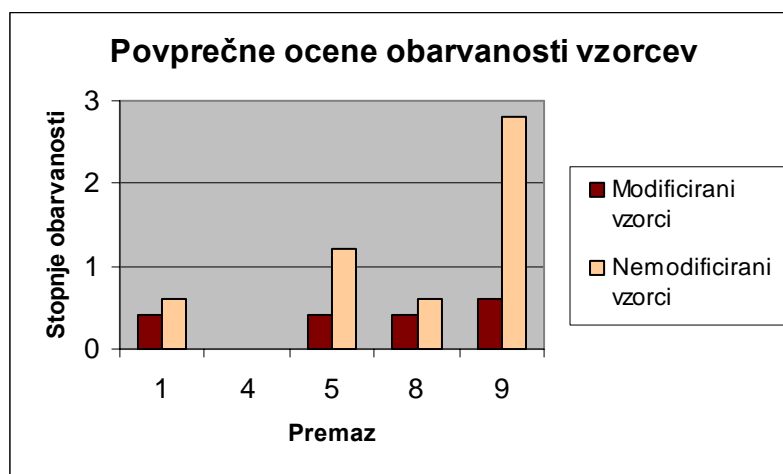
## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V diplomski nalogi smo ugotavljali odpornost modificiranega in nemodificiranega lesa bora proti glivam modrivkam in nekaterim pravim razkrojevalkam. Preverili smo tudi učinkovitost površinskih premazov proti okužbi z glivami modrivkami.

Dobljeni rezultati so pokazali, da je v vročem olju termično modificiran les bolj odporen na glive modrivke in nekatere prave razkrojevalke kot nemodificiran les. Odpornost premazanega ter nepremazanega modificiranega in nemodificiranega lesa bora proti glivam modrivkam smo ugotavljali po standardni metodi SIST EN 152-1 in nestandardizirani obrnjeni metodi po Van Acker-ju. Površina nepremazanih nemodificiranih kontrolnih vzorcev, ki smo jih glivam modrivkam izpostavili po standardni metodi SIST EN 152-1, je močno pomodrela, medtem ko je bila površina nepremazanih modificiranih vzorcev skoraj neobarvana. To pomeni, da je termična modifikacija z obdelavo v vročem olju zelo učinkovit postopek zaščite lesa proti glivam modrivkam. Obarvanost nemodificiranih vzorcev prav tako dokazuje, da so bile glive modrivke vitalne ter da so zato dobljeni rezultati veljavni.

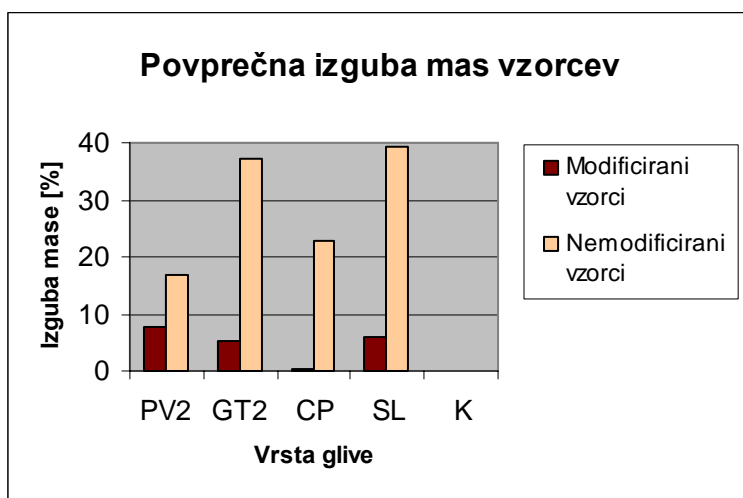
Premazane vzorce smo glivam modrivkam izpostavili po nestandardizirani obrnjeni metodi po Van Acker-ju. Na sliki 19 vidimo, da so premazani vzorci v povprečju dosegali različne ocene. Ker obarvanj na nepremazanih modificiranih vzorcih skoraj nismo opazili, barvnih madežev ni bilo opaziti tudi na premazanih modificiranih vzorcih. Zato so v nadaljevanju razprave obravnavani samo premazani nemodificirani vzorci. Najbolj učinkovit je premaz 4 (bel pigmentiran prekrivni alkidni premaz), saj na nobenem vzorcu nismo opazili niti najmanjših barvnih madežev. Na drugem mestu sta premaz 1 (ICP - standardiziran primerjalni alkidni premaz) in premaz 8 (nepigmentiran transparentni alkidni premaz), pri katerih smo obarvanja opazili samo pri nekaterih vzorcih. Madeži so bili opazni samo pod mikroskopom. Pri premazu 5 (bel pigmentiran prekrivni akrilni premaz) so se obarvanja pojavila skoraj na vseh vzorcih. V nekaterih primerih so bila vidna s prostim očesom. Močno pomodrelo površino smo opazili pri vzorcih, premazanih s premazom 9 (nepigmentiran transparentni akrilni premaz), ki je od vseh premaznih sredstev najslabše zaščitil površino.



Slika 19: Povprečne ocene pomodrelosti premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih glivam modrivkam po nestandardizirani obrnjeni metodi po Van Acker-ju

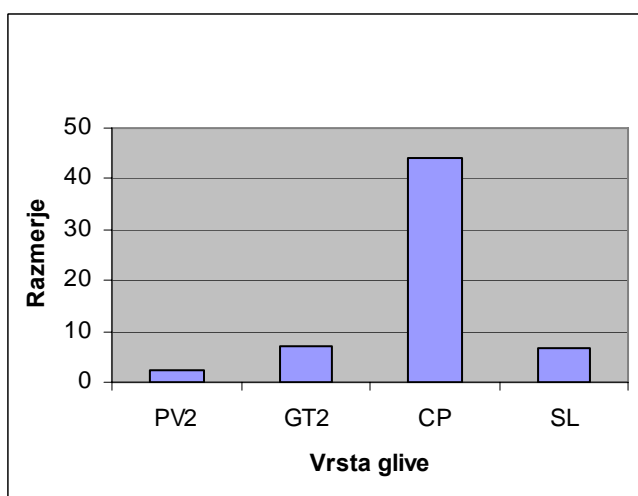
Močno pomodrelost nemodificiranih vzorcev, premazanih s premazom 9, lahko pripisujemo lastnostim nepigmentiranega transparentnega akrilnega premaza na vodni osnovi. Že Wegen in Hellwig (2000) sta odkrila, da so vodni premazi bolj propustni za vlago kot premazi na osnovi organskih topil. Na propustnost vplivajo tudi pigmenti. Transparentni premazi z manjšim deležem pigmentov so prav tako bolj propustni kot pigmentirani premazi, o čemer so pisali Joris van Acker in sodelavci (1998). Dokaz za to je premaz 4 oziroma bel pigmentiran prekrivni alkidni premaz, ki vsebuje visok delež pigmentov. Med vsemi premazi ima ta tudi največjo debelino utrjenega filma, kar dodatno otežuje glivi prodor skozi premaz.

S standardno metodo SIST EN 113 smo testirali odpornost modificiranega lesa bora na prave razkrojevalke. Nemodificirane vzorce je najbolj razgradila siva hišna goba, ki je razkrojila 39,17 % mase vzorcev. Sledile so navadna tramovka (37,29 %), kletna goba (22,88 %) in bela hišna goba (17,01 %). Pri modificiranih vzorcih je največjo izgubo mase povzročila bela hišna goba (7,69 %), sledile pa so siva hišna goba (6,01 %), navadna tramovka (5,38 %) in kletna goba (0,52 %). Pri kontrolnih vzorcih, ki niso bili izpostavljeni lesnim glivam, pa je bila izguba mase zanemarljiva (slika 20).



Slika 20: Povprečna izguba mas modificiranih in nemodificiranih vzorcev, izpostavljenih pravim razkrojevalkam

Opazili smo tudi velike razlike v izgubi mase med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci. Razmerje izgube mas med nemodificiranimi in modificiranimi vzorci nam kaže, kako učinkovit je postopek termične modifikacije. Največja razlika je pri kletni gobi, ki povzroči kar 44 krat večjo izgubo mase pri nemodificiranih vzorcih kot pa pri modificiranih. To pomeni, da je termična modifikacija z obdelavo v vročem olju zelo učinkovit postopek zaščite lesa proti razkroju kletne gobe. Tega pa ne moremo trditi za belo hišno gobo, saj je izguba mase pri nemodificiranih vzorcih samo 2,2 krat večja od izgube mase modificiranih vzorcev. Siva hišna goba in navadna tramovka se nahajata med tema mejama. Povzročili sta 6,9 in 6,5 krat večjo izgubo mase pri nemodificiranih vzorcih kot pa pri modificiranih (slika 21).



Slika 21: Razmerje izgube mas med nemodificiranimi in modificiranimi vzorci

V vseh primerih se je izkazalo, da je termična modifikacija učinkovit postopek za zaščito lesa pred pravimi razkrojevalkami, učinkovitost zaščite pa je odvisna od vrste glive.

## 5.2 SKLEPI

Z raziskavami smo ugotovili, da so bile tako glive modrivke kot prave razkrojevalke aktivne in da so zato rezultati preizkušanja veljavni.

Termična modifikacija z obdelavo v vročem olju je zelo učinkovit postopek za zaščito lesa pred okužbo z glivami modrivkami.

Prav tako so skoraj vsi uporabljeni premazi učinkovita zaščitna sredstva pred okužbo z glivami modrivkami. Izjema sta premaza 5 (bel pigmentiran prekrivni akrilni premaz) in premaz 9 (nepigmentiran transparentni akrilni premaz), saj so vsi nemodificirani vzorci premazani s tema premazoma pomodreli.

Ker so vodna premazna sredstva bolj propustna za vlago, so zato manj učinkovita pri zaščiti lesa pred glivami modrivkami, kot premazna sredstva na osnovi organskih topil. Na učinkovitost zaščite vpliva tudi delež pigmentov, saj so visoko pigmentirana premazna sredstva manj propustna za vlago ter posledično bolj učinkovita pri zaščiti lesa pred modrenjem.

Termična modifikacija lesa z obdelavo v vročem olju je prav tako zelo učinkovit postopek za zaščito pred nekaterimi pravimi razkrojevalkami. Še posebej je modificiran les odporen proti kletni gobi, medtem ko je bela hišna goba modificiran les nekoliko lažje razkrojila.



## 6 POVZETEK

Zaradi vse večje naravovarstvene osveščenosti se uveljavljajo novi postopki zaščite lesa. Eden od teh je modifikacija lesa. V raziskavi smo ugotavljali odpornost v olju termično modificiranega lesa na glive modrivke ter prave razkrojevalke. Za ugotavljanje odpornosti proti glivam modrivkam smo uporabili standardno metodo SIST EN 152-1 in obrnjeno metodo po Van Acker-ju, pri čemer smo vzorce premazali s petimi različnimi premaznimi sredstvi. Odpornost proti pravim razkrojevalkam pa smo ugotavljali po standardni metodi SIST EN 113. Vzorci so bili nepremazani, ocenili pa smo povprečno izgubo mase po šestnajstih tednih izpostavitve.

Uporabljena drevesna vrsta je bil bor (*Pinus sylvestris*). Uporabili smo termično modificiran les z obdelavo v vročem olju, ki so ga pripravili v BfH Hamburg. Pri ugotavljanju odpornosti premazanih modificiranih in nemodificiranih vzorcev proti glivam modrivkam smo uporabili vodna premazna sredstva ter premazna sredstva na osnovi organskih topil.

Ugotovili smo, da je termična modifikacija lesa v olju učinkovit postopek za zaščito lesa tako pred glivami modrivkami, kot tudi pred pravimi razkrojevalkami. Pri okužbi z glivami modrivkami so se pojavile velike razlike med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci. Pomodrelost nepremazanih modificiranih vzorcev smo ocenili s povprečno oceno 0,4, nepremazanih nemodificiranih pa z oceno 3,0. Manjše spremembe smo opazili pri premazanih vzorcih, kjer ni bilo tako očitnih razlik med modificiranimi in nemodificiranimi vzorci. Opazili pa smo razlike med posameznimi premazi. Vodna transparentna premazna sredstva niso tako učinkovito zaščitno sredstvo pred glivami modrivkami kot prekrivna premazna sredstva na osnovi organskih topil. Vzrok temu je večja propustnost vodnih premazov za vlago ter manjši delež pigmentov. Prekrivne barve z večjim deležem pigmentov so namreč manj propustne za vlago. Učinkovitost modifikacije lesa pred pravimi razkrojevalkami pa kaže podatek, da so nemodificirani vzorci pri kletni gobi v povprečju izgubili tudi do 44 krat več mase kot modificirani.

## 7 VIRI

### 7.1 CITIRANI VIRI

Benko R., Kervina-Hamović L., Gruden M. 1987. Patologija lesa, lesna fitopatologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 122 str.

Berlec P. 2001. Vpliv modifikacije lesa s pripravki na osnovi lanenih olj na njegove lastnosti. Diplomski naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 77 str.

Carlile M., Watkinson S.C. 1994. The fungi. London, Academic press limited: 482 str.

Gorišek Ž., Geršak M., Velušček V., Čop T., Mrak C. 1994. Sušenje lesa. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije, Lesarska založba: 235 str.

Hočevar S. 1975. Hišne gobe. Ljubljana. Državna založba Slovenije: 58 str.

Jämsä S., Ahola P., Viitaniemi P. 2000. Long-term natural weathering of coated ThermoWood. Pigment & Resin Technology, 29, 2: 68-74

Militz H., Beckers E., Homan W. 1997. Modification of solid wood: research and practical potential. IRG/WP 97 The international research group on wood preservation, Stockholm, Sweden: 12 str.

Pečenko G. 1987. Lazurni premazi za les. Les, 39, 11 - 12: 335 – 337

Rep G., Pohleven F. 2001. Wood modification - a promising method for wood preservation. Drvna industrija, 52, 2: 71-76

SIST EN 113. Wood preservatives - Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes - Determination of the toxic values = Zaščitna sredstva za les - Preskusna metoda za ugotavljanje preventivne učinkovitosti zaščitnih sredstev proti glivam odprtrotrošnicam - Ugotavljanje toksičnih vrednosti. 2002: 32 str.

SIST EN 152-1. Test methods for determining the protective effectiveness of a preservative treatment against blue stain in service - Part 1: Brushing procedure = Metode preskušanja zaščitnih sredstev za les - Laboratorijska metoda za določanje preventivne učinkovitosti zaščitnega sredstva proti glivam modrivkam - 1. del: Nanašanje s premazovanjem. 1996: 31 str.

SIST EN 335-1. Durability of wood and wood-based products - Definition of hazard classes of biological attack - Part 1: General = Trajnost lesa in lesnih materialov - Definicija razredov ogroženosti pred biološkim napadom - 1. del: Splošno. 1995: 10 str.

SIST EN 335-2. Durability of wood and wood-based products - Definition of hazard classes of biological attack - Part 2: Application to solid wood = Trajnost lesa in lesnih materialov - Definicija razredov ogroženosti pred biološkim napadom - 2. del: Uporaba pri masivnem lesu. 1995: 13 str.

Štern J. 2000. Modifikacija lesa in ugotavljanje njegovih fungicidnih lastnosti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.

Tjeerdsma B.F., Boonstra M., Pizzi T., Tekely P., Militz H. 1998. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. Holz als Roh-und Werkstoff, 56: 149-153

Van Acker J., Stevens M., Brauwiers C., Rijckaert V., Mol E. 1998. Laboratory blue stain testing of low VOC paints. V: Advances in exterior wood coatings and CEN standardisation: [Conference papers, The Hague, The Netherlands, October 19-21, 1998]: Pap. 15: 17 str.

Wegen H.W., Hellwig V. 2000. Artificial weathering of coatings including blue stain infection under laboratory conditions. V: Woodcoatings challenges and solutions in the 21st century: [Conference papers, The Hague, The Netherlands, October 23-25, 2000]: Pap. 26

Žepič R. 1993. Korelacije med akrilnimi in alkidnimi premaznimi sredstvi z ozirom na umetno pospešeno staranje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 84 str.

## 7.2 DRUGI VIRI

- Ambrosi P., Offredi P. 1996. The painter's manual: guide to professional wood painting. Milano, HB Pi.erre: 208 str.
- Humar M. 1998. Fungicidna aktivnost tioglikolatov in dimetilamina ter absorpcija bakrovega tioglikolata v micelij gliv. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 85 str.
- Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 126 str.
- Kljun U. 2004. Termična modifikacija lesa v vakuumu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 36 str
- Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2. dopolnjena izdaja. Brezovica, Finitura: 184 str.
- Lorber P. 2004. Primerjava metod za določanje zaščitne učinkovitosti lazur proti glivam modrivkam. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 51 str.

## **ZAHVALA**

Za strokovno vodenje in vsestransko pomoč se zahvaljujem vsem zaposlenim na katedri za pohištvo ter katedri za zaščito lesa.

Posebej se zahvaljujem mentorju prof. dr. Marku PETRIČU ter somentorju doc. dr. Mihi HUMARJU, kakor tudi recenzentu prof. dr. Francu POHLEVNU.

Iskrena hvala tudi vsem ostalim, ki so mi vede ali nevede pomagali v času izdelave diplomske naloge.

## PRILOGE

### Priloga A

Mokri nanosi proučevanih premazov na modificiranih in nemodificiranih vzorcih

Premaz	Vzorec	Oznaka vz.	1. nanos [g]	2. nanos [g]	3. nanos [g]	Povprečna vrednost [g]	Povprečni mokri nanos [g/m <sup>2</sup> ]
1	modificiran	1H1	0,223	0,163	0,164	0,19	52,39
		1H2	0,215	0,184	0,196		
		1H3	0,189	0,155	0,207		
		1H4	0,243	0,161	0,204		
		1H5	0,207	0,149	0,169		
	nemodificiran	1C1	0,173	0,174	0,167	0,19	51,72
		1C2	0,218	0,186	0,170		
		1C3	0,223	0,161	0,186		
		1C4	0,232	0,154	0,198		
		1C5	0,201	0,160	0,190		
4	modificiran	4H1	0,529	0,321		0,44	121,47
		4H2	0,518	0,374			
		4H3	0,429	0,401			
		4H4	0,566	0,384			
		4H5	0,520	0,331			
	nemodificiran	4C1	0,530	0,372		0,45	125,25
		4C2	0,557	0,417			
		4C3	0,474	0,336			
		4C4	0,534	0,373			
		4C5	0,522	0,394			
5	modificiran	5H1	0,284	0,348	0,213	0,28	78,80
		5H2	0,323	0,292	0,230		
		5H3	0,354	0,271	0,223		
		5H4	0,324	0,297	0,230		
		5H5	0,303	0,324	0,239		
	nemodificiran	5C1	0,305	0,324	0,242	0,29	79,61
		5C2	0,279	0,334	0,254		
		5C3	0,317	0,289	0,229		
		5C4	0,355	0,285	0,224		
		5C5	0,342	0,292	0,228		

-se nadaljuje

- nadaljevanje

8	modificiran	8H1	0,234	0,160	0,208	0,22	61,65
		8H2	0,201	0,210	0,218		
		8H3	0,279	0,187	0,219		
		8H4	0,346	0,203	0,223		
		8H5	0,286	0,155	0,200		
	nemodificiran	8C1	0,291	0,197	0,233	0,25	68,98
		8C2	0,348	0,181	0,208		
		8C3	0,311	0,214	0,224		
		8C4	0,373	0,222	0,220		
		8C5	0,277	0,230	0,196		
9	modificiran	9H1	0,312	0,213	0,205	0,24	67,78
		9H2	0,271	0,235	0,251		
		9H3	0,287	0,236	0,214		
		9H4	0,311	0,241	0,197		
		9H5	0,265	0,199	0,223		
	nemodificiran	9C1	0,287	0,273	0,188	0,27	74,50
		9C2	0,349	0,266	0,195		
		9C3	0,338	0,263	0,199		
		9C4	0,375	0,295	0,223		
		9C5	0,332	0,241	0,199		

Priloga B

Izgube mas modificiranih vzorcev po izpostavitvi standardni metodi SIST EN 113

Gliva	Oznaka vzorca	Masa pred izp. [g]	Masa po izp. [g]	Izguba mase [g]	Izguba mase [%]	Povprečje [%]	Standardni odklon
K	107	8,9636	8,9547	0,0089	0,10	0,03	0,04
	113	9,3764	9,3747	0,0017	0,02		
	119	9,2988	9,2980	0,0008	0,01		
	125	9,4318	9,4311	0,0007	0,01		
PV2	108	10,3470	9,5502	0,7968	7,70	7,69	1,12
	109	9,3421	8,7393	0,6028	6,45		
	110	10,8289	10,0938	0,7351	6,79		
	111	8,8867	8,0663	0,8204	9,23		
	112	9,1049	8,3523	0,7526	8,27		
GT2	114	8,6373	8,2022	0,4351	5,04	5,38	2,16
	115	9,9028	9,0086	0,8942	9,03		
	116	9,8414	9,4599	0,3815	3,88		
	117	9,6552	9,3031	0,3521	3,65		
	118	8,6461	8,1855	0,4606	5,33		
CP	120	10,6412	10,6096	0,0316	0,30	0,52	0,60
	121	9,2822	9,2402	0,0420	0,45		
	122	9,1082	9,0977	0,0105	0,12		
	123	9,7541	9,6009	0,1532	1,57		
	124	10,2475	10,2308	0,0167	0,16		
SL	126	10,1220	9,6823	0,4397	4,34	6,01	2,41
	127	8,6332	7,9712	0,6620	7,67		
	128	10,9809	10,4058	0,5751	5,24		
	129	10,8765	10,4962	0,3803	3,50		
	130	8,6815	7,8758	0,8057	9,28		



Priloga C

Izgube mas nemodificiranih vzorcev po izpostavitvi standardni metodi SIST EN 113

Gliva	Oznaka vzorca	Masa pred izp. [g]	Masa po izp. [g]	Izguba mase [g]	Izguba mase [%]	Povprečje [%]	Standardni odklon
K	7	9,5315	9,5311	0,0004	0,00	0,04	0,04
	13	10,7448	10,7404	0,0044	0,04		
	19	8,7469	8,7464	0,0005	0,01		
	25	9,5720	9,5624	0,0096	0,10		
PV2	8	10,1468	8,7200	1,4268	14,06	17,01	2,86
	9	8,9488	7,0564	1,8924	21,15		
	10	8,7555	7,3933	1,3622	15,56		
	11	11,0820	9,3508	1,7312	15,62		
	12	8,6415	7,0278	1,6137	18,67		
GT2	14	11,8039	7,3774	4,4265	37,50	37,29	1,88
	15	9,0236	5,8323	3,1913	35,37		
	16	8,8781	5,2974	3,5807	40,33		
	17	10,8142	6,8172	3,9970	36,96		
	18	10,7602	6,8542	3,9060	36,30		
CP	20	8,4136	6,1416	2,2720	27,00	22,88	3,31
	21	10,8749	8,6077	2,2672	20,85		
	22	10,4935	7,8034	2,6901	25,64		
	23	9,3750	7,3362	2,0388	21,75		
	24	10,8893	8,8024	2,0869	19,16		
SL	26	10,1986	6,4017	3,7969	37,23	39,17	3,22
	27	10,7474	6,6219	4,1255	38,39		
	28	8,7234	4,9084	3,8150	43,73		
	29	8,8393	5,6981	3,1412	35,54		
	30	10,7134	6,3253	4,3881	40,96		