

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Tjaša KOROŠEC

**ODPORNOST SMREKOVEGA LESA, PREPOJENEGA S  
HIDROFOBNIMI PRIPRAVKI, NA GLIVE RJAVE TROHNOBE**

DIPLOMSKI PROJEKT  
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**FUNGICIDAL PROPERTIES OF SPRUCE WOOD IMPREGNATED  
WITH HYDROPHOBICAL COATINGS AGAINST BROWN ROT  
FUNGI**

B. Sc. THESIS  
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2010

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva prve stopnje. Opravljeno je bilo v Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Tjaša Korošec

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Du1  
DK UDK 630\*841  
KG zaščita lesa/glive rjave trohnobe/smrekovina/odpornost/hidrofobn pripravi  
AV KOROŠEC; Tjaša  
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 2010  
IN ODPORNOST SMREKOVEGA LESA, PREPOJENEGA S HIDROFOBNIMI  
PRIPRAVKI, NA GLIVE RJAVE TROHNOBE  
TD Diplomski projekt (univerzitetni študij – 1. stopnja)  
OP IX, 43 str., 3 pregl., 30 sl., 32 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI Les kot organski material pri uporabi potrebuje ustrezno zaščito. Zadnje čase se za zaščito lesa vedno bolj uveljavljajo nebiocidne metode zaščite. Ena od rešitev je tudi zaščita s hidrofobnimi sredstvi, s katerimi želimo ohraniti les čim bolj suh in ga tako zaščititi pred glivami razkrojevalkami. Preučevali smo učinkovitost posameznih hidrofobnih sistemov na lesne glive. Iz smrekovine (*Picea abies*(L.) Karst.) smo izdelali vzorce in jih impregnirali z različnimi hidrofobnimi pripravki (tungovim oljem, parafinsko in silikonsko emulzijo, itd.). Po sušenju in sterilizaciji vzorcev smo le-te izpostavili glivam rjave trohnobe (*Gloeophyllum trabeum*, *Antrodia vaillantii* in *Serpula lacrymans*), kot to predpisuje modificiran standard SIST EN 113. Že po 12 tednih smo vzorce izolirali in gravimetrično določili vlažnost lesa in izgubo mase. Nekateri hidrofobn pripravi dobro zaščitijo les pred glivami rjave trohnobe in izboljšajo trajnost lesa. Med testiranimi hidrofobnimi pripravki se je najbolje obnesla 25 % parafinska emulzija, najslabše pa protektin.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du1  
DC UDC 630\*841  
CX wood preservation/brown rot fungi/spruce wood/performance/hydrophobic solutions  
AU KOROŠEC, Tjaša  
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 2010  
TI FUNGICIDAL PROPERTIES OF SPRUCE WOOD IMPREGNATED WITH HYDROPHOBICAL COATINGS ON BROWN ROT FUNGI  
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programms)  
NO IX, 43 p., 3 tab., 30 ann., 32 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB Wood as an organic material needs its protection when used in exposed conditions. In recent years, the importance of non-biocidal solutions for wood protection is increasing. One of non-biocidal techniques is the treatment of wood with hydrophobic coatings. Those solutions disable moisturizing of wood and thus prevent it against fungal infestation. To elucidate this presumption, specimens were prepared from Norway spruce (*Picea abies*) and impregnated with different hydrophobic coatings. After conditioning spruce wood blocks were exposed to brown rot fungi (*Gloeophyllum trabeum*, *Antrodia vaillantii* and *Serpula lacrymans*). After 12 weeks of exposure, specimens were isolated and their mass loss gravimetrically determined. It can be resolved that some of the hydrophobic coatings can protect wood against wood decay fungi, 25 % paraffin emulsion, being the most effective. Protektin proved to have the highest mass loss.

## KAZALO VSEBINE

str.

|                                                                                                                           |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KLIJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI).....</b>                                                                    | <b>III</b>  |
| <b>KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD) .....</b>                                                                                | <b>IV</b>   |
| <b>KAZALO VSEBINE .....</b>                                                                                               | <b>V</b>    |
| <b>KAZALO PREGLEDNIC.....</b>                                                                                             | <b>VII</b>  |
| <b>KAZALO SLIK.....</b>                                                                                                   | <b>VIII</b> |
| <br>                                                                                                                      |             |
| <b>1 UVOD .....</b>                                                                                                       | <b>1</b>    |
| <b>2 PREGLED LITERATURE .....</b>                                                                                         | <b>2</b>    |
| 2.1 LES.....                                                                                                              | 2           |
| 2.2 NARAVNA ODPORNOST IN TRAJNOST LESA .....                                                                              | 2           |
| 2.3 RAZREDI IZPOSTAVITVE .....                                                                                            | 4           |
| 2.4 LESNE GLIVE .....                                                                                                     | 6           |
| 2.5 RAZKROJ LESA Z GLIVAMI RJAVE TROHNOBE .....                                                                           | 7           |
| 2.6 GLIVE RJAVE TROHNOBE .....                                                                                            | 8           |
| 2.6.1 Bela hišna goba.....                                                                                                | 8           |
| 2.6.2 Siva hišna goba .....                                                                                               | 9           |
| 2.6.3 Navadna tramovka .....                                                                                              | 10          |
| 2.7 LES SMREKE .....                                                                                                      | 11          |
| 2.8 HIDROFOBNI PRIPRAVKI .....                                                                                            | 12          |
| 2.8.1 Tungovo olje .....                                                                                                  | 12          |
| 2.8.2 Laneno olje .....                                                                                                   | 12          |
| 2.8.3 Rustikal olje .....                                                                                                 | 12          |
| 2.8.4 Protektin.....                                                                                                      | 13          |
| 2.8.5 Parafinska emulzija.....                                                                                            | 13          |
| 2.8.6 Silikonska emulzija.....                                                                                            | 13          |
| <b>3 MATERIALI IN METODE .....</b>                                                                                        | <b>14</b>   |
| 3.1 MATERIALI.....                                                                                                        | 14          |
| 3.1.1 Uporabljen les .....                                                                                                | 14          |
| 3.1.2 Uporabljena zaščitna sredstva.....                                                                                  | 14          |
| 3.1.3 Uporabljene lesne glive .....                                                                                       | 15          |
| 3.2 METODE .....                                                                                                          | 15          |
| 3.2.1 Priprava vzorcev .....                                                                                              | 15          |
| 3.2.2 Impregnacija vzorcev.....                                                                                           | 16          |
| 3.2.3 Priprava hranilnih gojišč .....                                                                                     | 17          |
| 3.2.4 Vstavljanje vzorcev v hranilna gojišča .....                                                                        | 18          |
| 3.2.5 Določanje vlažnosti in izgube mase po razkroju.....                                                                 | 19          |
| <b>4 REZULTATI IN RAZPRAVA .....</b>                                                                                      | <b>21</b>   |
| 4.1 NAVZEM HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV.....                                                                                    | 21          |
| 4.2 ODPORNOST SMREKOVIH VZORCEV PROTI GLIVAM RJAVE TROHNOBE .....                                                         | 22          |
| 4.2.1 Vlažnost in izguba mase kontrolnih neimpregviranih vzorcev po izpostavitvi glivam rjave trohnobe.....               | 22          |
| 4.2.2 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregviranih s tungovim oljem po izpostavitvi glivam rjave trohnobe..... | 24          |
| 4.2.3 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregviranih z lanenim in rustikal oljem.....                            | 26          |

|          |                                                                                      |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.4    | Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s protektinom .....          | 28        |
| 4.2.5    | Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s parafinsko emulzijo .....  | 30        |
| 4.2.6    | Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s silikonsko emulzijo .....  | 31        |
| 4.2.7    | Pregled učinkovitosti delovanja izbranih hidrofobnih pripravkov na lesne glive ..... | 33        |
| 4.2.8    | Odvisnost med izgubo mase in suhim navzemom ter med izgubo mase in vlažnostjo .....  | 34        |
| <b>5</b> | <b>SKLEPI .....</b>                                                                  | <b>39</b> |
| <b>6</b> | <b>POVZETEK.....</b>                                                                 | <b>40</b> |
| <b>7</b> | <b>VIRI .....</b>                                                                    | <b>41</b> |

## KAZALO PREGLEDNIC

|                                                                                           | str. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Preglednica 1: Razredi izpostavitve lesa (SIST EN 335/1,2 2006) .....                     | 5    |
| Preglednica 2: Lastnosti hidrofobnih pripravkov .....                                     | 14   |
| Preglednica 3: Razpored vzorcev za impregnacijo z različnimi hidrofobnimi pripravki ..... | 16   |

## KAZALO SLIK

|                                                                                                                                                                                                                                         | str. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Slika 1: Rizomorfi bele hišne gobe ( <a href="http://www.holz-schimmel.de/antrodia.html">http://www.holz-schimmel.de/antrodia.html</a> ) .....                                                                                          | 9    |
| Slika 2: Trosnjak sive hišne gobe ( <a href="http://www.mirado.nl/ZwamPics/kelderzwam-3.jpg">http://www.mirado.nl/ZwamPics/kelderzwam-3.jpg</a> ) .....                                                                                 | 10   |
| Slika 3: Plodišča navadne tramovke<br>( <a href="http://www.messiah.edu/Oakes/fungi_on_wood/poroid%20fungi/images/G%20sepiariumGB.jpg">http://www.messiah.edu/Oakes/fungi_on_wood/poroid%20fungi/images/G%20sepiariumGB.jpg</a> ) ..... | 11   |
| Slika 4: Laboratorijski sušilnik Kambič .....                                                                                                                                                                                           | 15   |
| Slika 5: Laboratorijska vakuumsko tlačna komora Kambič .....                                                                                                                                                                            | 16   |
| Slika 6: Tehnica SARTORIUS .....                                                                                                                                                                                                        | 17   |
| Slika 7: Avtoklav .....                                                                                                                                                                                                                 | 18   |
| Slika 8: Kozarec s hranilnim gojiščem, mrežico, glivo in vzorci preden smo ga vstavili v<br>rastno komoro .....                                                                                                                         | 19   |
| Slika 9: Mokri navzem vodoodbojnih pripravkov po vakuumsko tlačni impregnaciji .....                                                                                                                                                    | 21   |
| Slika 10: Suhi navzem vzorcev impregniranih z različnimi vodoodbojnimi pripravki .....                                                                                                                                                  | 22   |
| Slika 11: Izguba mase pri kontrolnih vzorcih, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe .....                                                                                                                                               | 23   |
| Slika 12: Vlažnost kontrolnih vzorcev, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe .....                                                                                                                                                      | 23   |
| Slika 13: Izguba mase vzorcev, impregniranih z različnimi koncentracijami tungovega olja, po<br>izpostavitvi glivam rjave trohnobe .....                                                                                                | 25   |
| Slika 14: Vlažnost vzorcev, impregniranih z različnimi koncentracijami tungovega olja, po<br>izpostavitvi glivam rjave trohnobe .....                                                                                                   | 26   |
| Slika 15: Izguba mase vzorcev, impregniranih z lanenim in rustikal oljem, po izpostavitvi<br>glivam rjave trohnobe .....                                                                                                                | 27   |
| Slika 16: Vlažnost vzorcev, impregniranih z lanenim in rustikal oljem, po izpostavitvi glivam<br>rjave trohnobe .....                                                                                                                   | 28   |
| Slika 17: Izguba mase vzorcev, impregniranih s protektinom, po izpostavitvi glivam rjave<br>trohnobe .....                                                                                                                              | 29   |
| Slika 18: Vlažnost vzorcev, impregniranih s protektinom, po izpostavitvi glivam rjave<br>trohnobe .....                                                                                                                                 | 29   |
| Slika 19: Izguba mase vzorcev, impregniranih s parafinsko emulzijo, po izpostavitvi glivam<br>rjave trohnobe .....                                                                                                                      | 30   |
| Slika 20: Vlažnost vzorcev, impregniranih s parafinsko emulzijo, po izpostavitvi glivam rjave<br>trohnobe .....                                                                                                                         | 31   |
| Slika 21: Izguba mase vzorcev, impregniranih s silikonsko emulzijo, po izpostavitvi glivam<br>rjave trohnobe .....                                                                                                                      | 32   |
| Slika 22: Vlažnost vzorcev impregniranih s silikonsko emulzijo, po izpostavitvi glivam rjave<br>trohnobe .....                                                                                                                          | 32   |
| Slika 23: Izguba mase vzorcev impregniranih z različnimi hidrofobnimi pripravki po<br>izpostavitvi glivam rjave trohnobe .....                                                                                                          | 33   |
| Slika 24: Vlažnost vzorcev impregniranih z različnimi hidrofobnimi pripravki po izpostavitvi<br>glivam rjave trohnobe .....                                                                                                             | 34   |
| Slika 25: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih beli<br>hišni gobi in suhim navzemom hidrofobnih pripravkov .....                                                                                    | 35   |
| Slika 26: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih<br>navadni tramovki in suhim navzemom hidrofobnih pripravkov .....                                                                                   | 35   |
| Slika 27: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih sivi<br>hišni gobi in suhim navzemom hidrofobnih pripravkov .....                                                                                    | 36   |
| Slika 28: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih beli<br>hišni gobi in vlažnostjo .....                                                                                                               | 37   |



|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 29: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih navadni tramovki in vlažnostjo ..... | 37 |
| Slika 30: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih sivi hišni gobi in vlažnostjo. ....  | 38 |

## 1 UVOD

Les je naravni material, ki je človeku skozi zgodovino predstavljal dobrino za izdelavo najrazličnejših izdelkov in konstrukcij (Šernek, 2008). Les je izpostavljen abiotским (padavine, visoke in nizke temperature, sončna svetloba) in biotskim (lesne glive, insekti) vplivom, ki povzročajo na lesu raznolike poškodbe (Pohleven, 2008). V našem podnebni pasu so glive najpomembnejši biotski dejavnik razkroja lesa.

Navadna smreka je pri nas zelo razširjena, saj so jo z gozdarskimi ukrepi v zadnjih 200 letih z njenih naravnih gorskih rastišč razširili tudi v nižje ležeče gozdove. Uporaba smrekovine je v Sloveniji zelo razširjena, saj je les razmeroma trden, se suši in kasneje obdeluje brez večjih težav. Pomanjkljivost smrekovine je neodpornost proti insektom in glivam (Čufar, 2008). Tako je smrekovina danes najpomembnejši les, ki se uporablja.

Les lahko zaščitimo na več možnih načinov. V zadnjem času zaradi okoljskih zahtev in pričakovanj uporabnikov, vedno bolj pridobivajo na pomenu nebiocidni postopki zaščite lesa. Ti postopki vključujejo konstrukcijsko zaščito, modifikacijo lesa, impregnacijo s hidrofobnimi pripravki... Eden od možnih ukrepov je torej les napraviti čim bolj vodoodbojen oz. manj higroskopen. To lahko dosežemo tudi z impregnacijo lesa s hidrofobnimi pripravki, kot so tungovo olje, laneno olje, rustikal olje, silikonske emulzije, parafinske emulzije... Nekateri od teh pripravkov se že uporabljajo v praksi kot hidrofobni premazi ali hidrofobne impregnacije. V literaturi pa ni moč zaslediti podatkov o učinkovitosti teh hidrofobnih sredstev na lesne glive. V diplomski nalogi, smo želeli ugotoviti, kateri hidrofobni pripravek je najboljši za zaščito smrekovine pred razkrojem gliv rjave trohnobe. Za glive rjave trohnobe smo se odločili, ker ravno glive rjave trohnobe najpogostejše ogrožajo konstrukcije iz smrekovine v praksi.

## 2 PREGLED LITERATURE

### 2.1 LES

Les je naravni material. Je tkivo, sestavljeno iz različnih celic. Nastaja v lesnih rastlinah, drevesih in grmih. Naloga lesa je prevajanje vode, mehanska funkcija, ter prevajanje in skladiščenje hrane. Večina celic v lesu je mrtvih z izjemo parenhimskih celic v beljavi. Prevajanje vode in mehansko funkcijo opravljajo mrtve celice, prevajanje in skladiščenje hranilnih snovi pa žive celice.

Botanično je les sekundarni ksilem, ki ga kambij v procesu sekundarne (debelitvene) rasti proizvaja navznoter v smeri stržena. Tehnično ga je mogoče definirati kot trdo vlakneno snov pod skorjo debel in vej dreves ter grmov.

Zaradi več funkcij, ki jih les opravlja v živih rastlinah, je njegova zgradba zelo raznolika. Sestavljajo ga različna tkiva in celice kot so: osnovno vlakneno tkivo iz raznih tipov vlaken, trahejni členi, aksialni in trakovni parenhim... Kemično ga sestavljajo celuloza, hemiceluloza, lignin, ekstraktivne snovi in anorganske snovi, ki jih skupaj označujemo kot pepel.

Bistvene prednosti lesa kot materiala so njegova obnovljivost, razširjenost, vsestranska uporabnost, visoka trdnost glede na gostoto, relativna enostavnost in čistost pridobivanja, predelave in obdelave. Poleg tega je za predelavo lesa značilna relativna majhna poraba energije na enoto proizvoda (Čufar, 2006).

### 2.2 NARAVNA ODPORNOST IN TRAJNOST LESA

Naravna odpornost je lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in pomeni dovzetnost za škodljivce (Pohleven, 2008)..

Odpornost jedrovine v primerjavi z beljavo iste drevesne vrste je boljša predvsem zaradi prisotnosti ekstraktivov. Ekstraktivne snovi se nahajajo v stenah in lumnih celic in predstavljajo zelo širok spekter kemičnih spojin, ki imajo v drevesu fungistatičen in bakteriostatičen učinek (Čufar, 2006).

Vendar pa samo z ekstraktivi ne moremo vedno v zadostni meri pojasniti naravne odpornosti lesa. Hidrofobnost lesa ima tudi zelo pomemben učinek na naravno odpornost (Gerardin in sod., 2004). Hidrofobnost povečujejo snovi, odložene v lumnih celic (tile, gumozni depoziti), smole.

Na naravno odpornost lesa proti glivam odločno vpliva tudi zgradba celične stene. Celične stene lesa sestavljajo veliki kompleksi netopnih polimerov v visoko molekulsko maso. Te spojine morajo glive s svojimi encimi spremeniti (depolemizirati) v enostavnejše produkte, da jih kasneje lahko vsrkajo v celico in presnovijo. Lignifikacija celične stene fizično preprečuje dostop encimov do polisaharidov (celuloze, hemiceluloze). Poleg tega je

delovanje glivnih encimov v glavnem omejeno le na nekristalinične (amorfne) dele celuloze (Panshin in de Zeeuw, 1980). Poleg encimatske, pri razkroju sodelujejo tudi neencimatski mehanizmi. Encimi gliv so namreč preveliki, da bi prodrli v celično steno.

Trajnost lesa pa je čas (obdobje), v katerem lesni izdelek ohrani vse svoje naravne lastnosti. Odvisna je od naravne odpornosti lesa in načina vgradnje oz. konstrukcije ter mesta uporabe (Pohleven, 2008).

## 2.3 RAZREDI IZPOSTAVITVE

Glede na ogroženost lesnih izdelkov so z evropskim standardom opredeljeni razredi izpostavitve škodljivcem. Z naraščanjem razreda narašča tudi ogroženost lesa. Les v 1 razredu izpostavitve je bistveno manj ogrožen, kot les v tretjem ali četrtem razredu izpostavitve. Hidrofozni pripravki tako niso namenjeni za zaščito lesa v 4 ali 5 razredu izpostavitve. Ogroženost v teh razredih je previsoka. Menimo pa, da bi hidrofozne pripravke lahko uporabili le v 2. ali 3. razredu.

Glede na mesto uporabe in vrsto zaščitnega pripravka ločimo pet evropskih razredov izpostavitve (SIST EN 335/1,2 2006) (preglednica 1).

Preglednica 1: Razredi izpostavitve lesa (SIST EN 335/1,2 2006)

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

## 2.4 LESNE GLIVE

Izum mikroskopa v osemnajstem stoletju je omogočil preučevanje hif in spor ter s tem prinesel velik napredek na področju poznavanja gliv. V prvotni razdelitvi so bile glive postavljene v kraljestvo rastlin, leta 1969 pa je Whittaker uvrstil glive v samostojno kraljestvo živih bitij (Carlie in Watkinson, 1994).

Glive najdemo v vseh ekosistemih: na kopnem, v vodi in v zraku. Glavne razlike, ki ločijo glive od rastlin so:

- glavna skeletna snov celičnih sten je hitin
- zalogo hrane skladiščijo v obliki glikogena
- imajo heterotrofen način prehranjevanja.

Glive so iz prehranjevalnega in razmnoževalnega dela, ki sta jasno ločena. Prehranjevalni (vegetativni) del sestavljajo zelo tanke niti (hife), ki nenehno rastejo in prodirajo v podlago (substrat), jo z encimi razkrajajo in črpajo iz nje hranljive snovi, ki jih potrebujejo za svojo rast. Preplet hif tvori podgobje ali micelij. Ko se podgobje oskrbi z dovolj energije, se razvijejo trosnjaki (razmnoževalni del), ki jih pri večini višjih gliv imenujemo goba. Na trosnjaku se tvorijo trosi, ki se ob dozoritvi sprostijo v ozračje (Schmidt, 1994).

Osnovna taksonomija gliv izhaja iz njihovega razvojnega cikla in njihovih reprodukcijskih organov. Glive razvrščamo v pet razredov, za lesarje pa so pomembne naslednje tri sistematske skupine:

- *Ascomycotina* (zaprtotrosnice - spore so zaprte v asku)
- *Basidiomycotina* (prostotrosnice - spore se tvorijo prosto po bazidiju)
- *Deuteromycotina* (nepopolna gliva, pri katerih ni znan spolni stadij)

Vsa živa bitja pri rasti potrebujejo določene pogoje za rast. Tako tudi glive potrebujejo ugodno klimo (vlaga, temperatura, zrak in svetlobo). Zelo pomemben je tudi substrat, ki ima primerni hranilno vrednost. Če so ti dejavniki optimalni, potem gliva z rastjo napreduje zelo hitro. V kolikor je samo eden izmed teh dejavnikov neustrezen, gliva upočasni svoj razvoj ali pa celo odmre. Znano je, da se glive ne razvijajo v določenih pogojih, kar upoštevamo pri naravnih zaščitnih ukrepih.

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

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

Od teh največjo škodo na lesu povzročajo glive bele in rjave trohnobe.

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

Glavne posledice razkroja lesa zaradi delovanja gliv so:

- zaradi encimske razgradnje lesa pride do razkroja olesenele celične stene,
- masa lesa se manjša, les postaja lažji,
- trdota, trdnost in kalorična vrednost lesa se zmanjšujejo,
- barva in vonj lesa se spremenita (Benko in sod., 1987).

## 2.5 RAZKROJ LESA Z GLIVAMI RJAVE TROHNOBE

Razkroj lesa se pod ugodnimi pogoji začne z okužbo s sporami, konča pa se, ko les popolnoma razpade. V začetni fazi glive prodirajo v lumne celičnih sten in ga fizično osvojijo. V tej stopnji še navadno ne opazimo izgube mase lesa. Zato običajno to stopnjo imenujemo tudi nevidno. Ko razkroj napreduje, se pojavijo rahle diskoloracije in spremembe v teksturi lesa. To fazo poimenujemo zgodnja. V tej fazi je razkroj opazen, vendar ne očiten. Pojavi se tudi prva občutna izguba mase. Stopnji, ko prvič brez problema prepoznamo razkrojen les, pravimo vmesna. V tej stopnji les še ohrani svoje strukturne lastnosti. Med seboj še lahko ločimo posamezne drevesne vrste. V zadnji fazi pa les popolnoma izgubi svojo teksturo. Glive razgradijo les do lignina ali polioz. Les izgubi tudi večino svojih mehanskih lastnosti (Zabel in Morrell, 1992).

Glive, ki povzročajo rjavo trohnobo, spadajo med najpogostejše in najdestruktivnejše uničevalce vgrajenega lesa. Med razkrojem zelo zgodaj močno oslabijo mehanske lastnosti lesa, predvsem natezno in posledično tudi upogibno trdnost. Glive rjave trohnobe razkrajajo predvsem hemicelulozo in celulozo, medtem ko ostane lignin skoraj nedotaknjen. Razkrojen les potemni, razpoka in skoraj popolnoma izgubi trdnost. Glive, ki okužijo celico, lahko prodrejo v celico prek celične stene mehansko ali pa z razgradnjo celične stene. Slednje je znano za glive, ki z ustreznimi encimi hidrolizirajo ali oksidirajo sestavine celične stene. V začetnih fazah razkroja hife prodirajo iz celice v celico prek pikenj, prevajalnih elementov in parenhima. Kasneje pa si z razgradnjo celične stene same ustvarijo prehode (Eaton in Hale, 1993).

Procese glivne razgradnje lesa, kot tudi mehanizme rjave trohnobe, je za uspešno zaščito lesa nujno poznati. Glive rjave trohnobe bistveno hitreje depolimerizirajo celulozo kot glive bele trohnobe, ni pa še jasno zakaj. Cowling in Brown (1969) sta že pred desetletji spoznala, da so celo najmanjše molekule encima celulaze prevelike, da bi lahko prodrle preko vrzeli v celični steni. Predpostavila sta, da imajo pri rjavi trohnobi veliko vlogo neencimatske oksidativne spojine. Predlagana je bila možnost, da glive razkrajajo celulozo s pomočjo Fentonovega reagenta ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ ). Ta povzroči nastanek hidroksilnega radikala



oziroma podobnega oksidanta. Ta teorija je verjetna, saj je bilo dokazano, da so glive rjave trohnobe sposobne proizvajati vodikov peroksid in da les vsebuje dovolj železa (Hughes, 1999). Ko skušali celulozo oksidirati z vodikovim peroksidom, so bili razgradni produkti zelo podobni tistim, ki nastanejo, če celulozo izpostavimo glivam rjave trohnobe.

Pri razkrajanju celuloze ima pomembno vlogo še oksalna kislina, kar je prvi opisal Schmidt s sodelavci (1981). Oksalna kislina omogoči redukcijo  $\text{Fe}^{3+}$  v  $\text{Fe}^{2+}$ . Ta pretvorba pospeši razgradnjo. Po drugi strani pa se pri višjih koncentracijah oksalne kisline v lesu razkroj celuloze s Fentonovo reakcijo ustavi, saj oksalna kislina, kot močan reducent, preprečuje oksidacijo. Nekatere glive kot na primer *Postia placenta*, *Antrodia vaillantii* in *Serpula incrassata*, kopičijo v lesu velike količine oksalne kisline (Schmidt in sod, 1981), kar je v nasprotju z opisano Fentonovo teorijo. Verjetno ima oksalna kislina pomembno vlogo v začetnih procesih razkroja lesa in je že sama dovolj reaktivna, da deloma razgradi celulozo. Vendar pa zgolj z izločanjem oksalne kisline glive ne morejo razgraditi kristaliničnih delov celuloze. Nadaljnji razkroj je možen le z encimskimi reakcijami (Rayner in Boddy, 1995).

Najbolj tipične glive, ki povzročajo rjavo trohno, so: kletna goba (*Coniophora puteana*), bela hišna goba (*Serpula lacrymans*), bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*), tramovki (*Gloeophyllum trabeum*) in (*Gloeophyllum saepiarium*), luskasta nazobčanka (*Lentinus lepideus*) in hrastova labirintnica (*Daedalea quercina*) (Humar, 2008).

## 2.6 GLIVE RJAVE TROHNOBE

### 2.6.1 Bela hišna goba

Bela hišna goba je zelo pogosta v kletih, rudnikih in drugih zelo vlažnih okoljih. Okužuje tudi les na skladiščih. Najdemo jo tudi v gozdu na podzemnih delih hlodovine. Bela hišna goba okužuje zelo vlažen les iglavcev, še posebej, če se na lesu nabira kondenzirana voda. Ta vrsta je tipičen predstavnik rjave trohnobe. Razkrojen les prizmatično razpoka, vendar so razpoke plitkejšje kot pri sivi hišni gobi, prizme pa večje kot pri kletni gobi. V praksi belo hišno gobo najlažje spoznamo po značilnih belih, gladkih rizomorfih, ki ostanejo prožni tudi, ko gliva odmre. Micelij na lesu pogosto razrašča v obliki ledene rože na oknih, ki ga z lahkoto odstranimo s površine (slika 1). Ta gliva med razkrojem močno zakisa les z izločanjem oksalne kisline. Zato v okuženem lesu pogosto najdemo kristale kalcijevega oksalata. Beli hišni gobi ustrezajo višje temperature kot sivi hišni gobi ali kletni gobi. Gliva najbolje ustreza temperatura med 26 in 27 °C ter vlažnost lesa 35 do 45 %. Bela hišna goba razkraja le vlažen les, lahko pa preživi večletna sušna obdobja (Humar, 2008).



Slika 1: Rizomorfi bele hišne gobe (<http://www.holz-schimmel.de/antrodia.html>)

### 2.6.2 Siva hišna goba

Siva hišna goba ali solzivka je najbolj nevarna razkrojevalka lesa. Imenujejo jo tudi hišni lesomor. Siva hišna goba tvori površinsko podgobje in razkroj poteka s površine v notranjost lesa. Zato ji ustreza okolje z visoko zračno vlažnostjo, kjer na lesu razvije bujno, belo puhasto podgobje. Zaradi tega okužbo z lahkoto opazimo (slika 2). Običajno se pojavlja na vgrajenem lesu iglavcev in listavcev. Najpogostejše razkraja lege, tramove, lesena tla, podboje vrat, okna, lesene stropce ter pohištvo. Kot vse hišne gobe, se tudi solzivka hrani s celulozo in povzroča rjavo destruktivno trohnobo. Les pri tem izgubi mehanske lastnosti, v končni fazi pa razpade v rjav prah. Do okužbe s solzivko pride samo ob visoki vlažnosti lesa (nad 20 %). Najpogostejše se pojavlja v prostorih, kjer zamaka ali če temelji niso izolirani pred vlago, pa tudi tam, kjer se zaradi slabega prezračevanja pojavlja kondenz. optimalna temperatura za njeno rast je okoli 21 °C. ko podgobje dodobra preraste les, je z izsušitvijo ne moremo uničiti, saj si z razkrojem celuloze sama ustvarja vlago. Kapljice vode se nabirajo na površini podgobja, od tod ji tudi ime solzivka. Ker je siva hišna goba zelo odporna na izsušitev, je za odstranitev okužbe treba izvesti temeljito sanacijo objekta (Pohleven, 2008a).



Slika 2: Trosnjak sive hišne gobe (<http://www.mirado.nl/ZwamPics/kelderzwam-3.jpg>)

### 2.6.3 Navadna tramovka

Tramovka je ena izmed najpomembnejših razkrojevalk lesa na skladiščih, vrtnega pohištva, ograj, telekomunikacijskih drogov, ostrešij, mostov, lesenih plovil, lesenih oken, itd. Nevarna je zlasti takrat, kadar zaradi napačne konstrukcije ali slabega vzdrževanja zamaka ali zastaja voda. Znotraj stavb teh gliv navadno ne najdemo (slika 3). Tramovka povzroča tipično rjavo trohnobo. Razkrojen les se cepi po letnicah v obliki različno velikih prizem in ima značilen sladek vonj, ki spominja na katran. Razkroja dolgo ne opazimo, saj glive pustijo zunanjo plast nerazkrojeno. Ko iz razpok poženejo plodišča, pa je navadno za ukrepanje že prepozno. Tramovki ustrezajo višje temperature kot drugim lesnim glivam. Optimalna temperatura je med 26 in 35 °C. navadna tramovka lahko raste tudi pri 40 °C. optimalna vlažnost lesa je med 40 in 60 %. Še posebej ji ustreza vlaga, ujeta v les, iz katerega ne more hitro izhlapeti. Za uničenje tramovke moramo les dve uri izpostaviti temperaturi, višji od 97 °C (Humar, 2008).



Slika 3: Plodišča navadne tramovke  
([http://www.messiah.edu/Oakes/fungi\\_on\\_wood/poroid%20fungi/images/G%20sepiariumGB.jpg](http://www.messiah.edu/Oakes/fungi_on_wood/poroid%20fungi/images/G%20sepiariumGB.jpg))

## 2.7 LES SMREKE

Navadna smreka (*Picea abies*(L.) Karst.) je pri nas zelo razširjena, saj so jo z gozdarskimi ukrepi v zadnjih 200 letih z njenih naravnih gorskih rastišč razširili tudi v nižje ležeče gozdove.

Les smreke je rumenobel s svilnatim leskom. Beljava in jedrovina se barvno ne ločita. Les sčasoma potemni. Branike so razločne, s svetlim ranim in kasnim lesom. Les vsebuje smolne kanale. Pogost je pojav večjih smolnih žepkov, ki predstavljajo napako v lesu. Srednja gostota absolutno suhega lesa je  $430 \text{ kg/m}^3$ , krčenje lesa je zmerno, les pa ima razmeroma dobre mehanske lastnosti. Suši se brez težav, strojna in površinska obdelava je dobra. Lepi se dobro. Dobro se tudi žeblija in vijači. Železo ob stiku s smrekovino ne korodira, vendar se les zaradi železovih ionov lahko obarva sivkasto ali črno .

Les smreke je neodporen proti insektom in glivam, kar je ena njihovih glavnih pomanjkljivosti, pri uporabi na prostem mora biti pravilno vgrajen oziroma površinsko obdelan. V primerjavi z borovino se bistveno slabše impregnira.

Glavna prednost smreke je v tem, da ima ravna polnolesna debbla, les ima razmeroma visoko trdnost ob razmeroma nizki gostoti, široko uporabnost, ter je na razpolago v zadostnih količinah. Glede na gostoto pa les ni primeren za težje nosilne konstrukcije (Čufar, 2008).

## 2.8 HIDROFOBNI PRIPRAVKI

V lesarstvu, gradbeništvu in sorodnih panogah se uporabljajo številni hidrofozni pripravki. Glavni namen teh pripravkov je ohraniti les čim bolj suh in s tem preprečiti ali vsaj upočasniti njegovo pretirano navlaževanje.

### 2.8.1 Tungovo olje

Tungovo olje je naravno olje rastlinskega izvora, ki se nahaja v plodovih drevesa tungovca (*Fordii Aleurites* Hemsl.). Plodovi v povprečju vsebujejo od 14 % do 20 % olja, od tega 53 % do 60 % olja prispeva seme, preostali del plodu pa prispeva od 30 % do 40 %. Tungovo olje spada med sušeča olja. Čisto tungovo olje je lahko svetle ali temne barve, odvisno od postopka pridobivanja. Kadar tungovo olje hladno stiskajo v lesenih stiskalnicah, dobimo olje svetle barve, če pa uporabijo vroče stiskanje, pa je tungovo olje temno (Gettens in Stout, 1966). Tungovo olje je zelo reaktivno sušeče olje (Knothe, 2002). V primeru površinskih nanosov po utrjevanju tvori zamrežen površinski premaz. Zagotavlja trd, a žilav in fleksibilen premaz, ki je popolnoma vodotesen, utrjena plast olja je odlično odporna proti obrabi (Gettens in Stout, 1966; McElroy, 1987). Dobra je odpornost proti alkoholu, acetonu, ter proti alkalijam, prav tako tudi proti prahu in umazaniji (Guidice, 2001; McElroy, 1987). S staranjem ne potemni, tako kot laneno olje ali druga rastlinska olja (Jewitt, 1998). Ker je tungovo olje zelo fleksibilno, dobro prenaša raztezanje in krčenje lesa zaradi temperaturnih in vlažnostnih sprememb, ki jim je izpostavljen lesen izdelek (Budija, 2008).

### 2.8.2 Laneno olje

Laneno olje je najstarejše in najbolj poznano olje za površinsko obdelavo lesa in spada med sušeča olja, kar pomeni, da se suši zaradi reakcije s kisikom iz zraka. Proces utrjevanja pri lanenem olju je kemičen. Sušenje lanenega olja je zelo počasno, odvisno od temperature. Poleti se suši približno 4 dni, pozimi pa 6 dni. Pridobivajo ga s stiskanjem ali ekstrakcijo zrelih semen lana (*Linum usitatissimum* L.) (Bolta, 2007). Laneno olje je v obliki tekočine in je transparentno rumenkaste barve. Njegova gostota pri 20°C je 0,94 – 0,95 g/cm<sup>3</sup>. Laneno olje se ne meša z vodo. Ni nevarno za človeka in okolje.

### 2.8.3 Rustikal olje

Rustikal olje je sestavljeno iz lanenega olje, estrov kolofonije, palminega voska, olja citrusov, sikativov in sljuda.

#### **2.8.4 Protektin**

Protektin je vodna emulzija različnih smol. To emulzijo proizvaja SAMSON Kamnik. Ta kombinacija smol na bi bila zelo odporna na delovanje atmosferilij in žarkov UV. To sredstvo ne vpliva na videz površine, niti na paroprepustnost materiala. Dobro odbija vodo in olje.

#### **2.8.5 Parafinska emulzija**

Parafin je brezbarven, brez vonja, kemijsko inerten, tali pa se med 48 in 66 °C. Njegove lastnosti močno variirajo glede na stopnjo čistosti. Topen je v bencinu, terpentinu in različnih drugih organskih topilih, netopen pa je v vodi in 90 % etanolu. Les obdelan s parafinom privlači prah in nima svetleče površine. V lesarstvu se parafin uporablja kot dodatek lepilu pri proizvodnji vodoodpornih ivernih plošč in ostalih lesnih kompozitov (Lesar, 2009).

#### **2.8.6 Silikonska emulzija**

Silikonska emulzija je brezbarvna tekočina z nizko viskoznostjo. Ima nizko molekularno težo, ki omogoča globoko prodiranje v materiale. Njena gostota je med 1 g/cm<sup>3</sup> in 1,04 g/cm<sup>3</sup>. Silikonska emulzija ni vnetljiva, je stabilna in jo je mogoče redčiti z vodo in je okolju prijazna. Na površini ne povzroča barvnih sprememb, omogoča pa odlično izparevanje pare.

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 MATERIALI

##### 3.1.1 Uporabljen les

Za poskus smo uporabili že vnaprej pripravljene vzorce dimenzij  $0,8\text{ cm} \times 1,5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ . Vzorci so bili iz smrekovine (*Picea abies* (L.) Karst.), ki ima srednjo gostoto  $430\text{ kg/m}^3$ . Vsi vzorci so bili orientirani in brez vidnih napak.

##### 3.1.2 Uporabljena zaščitna sredstva

Za poskus smo uporabili različne hidrofozne pripravke (preglednica 2). Uporabili smo naslednje hidrofozne pripravke:

- tungovo olje 100 %
- tungovo olje 50 %
- tungovo olje 66 %
- laneno olje
- rustikal olje
- parafinska emulzija 10 %
- parafinska emulzija 25 %
- silikonsko emulzijo
- protektin vodni.

Da smo dobili različne koncentracije tungovega olja, smo 100 % koncentraciji tungovega olja dodali heksan.

Preglednica 2: Lastnosti hidrofoznih pripravkov

| Zaščitno sredstvo                                    | Tungovo olje  | Laneno olje   | Rustikal olje | Protektin     | Silkonska emulzija | Parafin              |
|------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|----------------------|
| Proizvajalec                                         | SAMSON Kamnik | SAMSON Kamnik | SAMSON Kamnik | SAMSON Kamnik | ACHITE X           | Lesna TIP Otiški vrh |
| Oblika                                               | tekočina      | tekočina      | tekočina      | tekočina      | tekočina           | tekočina             |
| Gostota pri $20^{\circ}\text{C}$ [ $\text{g/cm}^3$ ] | Ni določena   | 0,94 – 0,95   | Ni določena   | Ni določena   | 1 – 1,04           | Ni določena          |

### 3.1.3 Uporabljene lesne glive

Impregnirane in neimpregnirane – kontrolne vzorce sem izpostavila glivam rjave trohnobe, ki smo jih pridobili iz zbirke lesnih gliv na katedri za patologijo in zaščito lesa. Uporabili smo naslednje glive:

- Bela hišna goba (*Antrodia vaillanti*) (ZIM L037)\*
- Siva hišna goba (*Serpula Lacrymans*) (ZIM L044)\*
- Navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*) (ZIM L017)\*

\*Zbirka Industrijskih Mikroorganizmov Ljubljana, 1995

## 3.2 METODE

### 3.2.1 Priprava vzorcev

Za poskus smo uporabili 210 smrekovih vzorcev, dimenzij  $0,8\text{ cm} \times 1,5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ . Najprej smo vzorce malo obrusili. Ker pa smo te vzorce izpostavili različnim glivam in jih prepojili z različnimi hidrofobnimi pripravki smo vse vzorce oštevilčili, da smo lažje spremljali poskus. Preden smo se lotili impregnacije, smo vzorce čez noč sušili v laboratorijskem sušilniku Kambič (slika 4) pri  $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Naslednji dan smo vzorce zložili v eksikator, kjer so se ohladili jim določili maso.



Slika 4: Laboratorijski sušilnik Kambič



### 3.2.2 Impregnacija vzorcev

Impregnacijo vzorcev z hidrofobnimi pripravki smo izvedli v laboratorijski vakuumski komori Kambič (slika 5). V vsako čašo smo zložili 15 vzorcev (preglednica 3), jih obtežili in nato prelili z določenim impregnacijskim sredstvom. Potek impregnacije je bil sestavljen iz več stopenj. Najprej smo vzorce izpostavili 20 minut podtlaku -0,9 bar, temu je sledilo 60 min nadtlaka 8 bar. Po izpostavitvi nadtlaku smo vzorce za 10 minut ponovno izpostavili podtlaku -0,9 bar. Vzorcev oštevilčenih od 136 do 210 nismo impregnirali, saj smo jih uporabili kot kontrolne vzorce (preglednica 3).

Preglednica 3: Razpored vzorcev za impregnacijo z različnimi hidrofobnimi pripravki

| Številka vzorca | Impregnacijsko sredstvo |
|-----------------|-------------------------|
| 1 - 15          | Parafin 25 %            |
| 16- 30          | Parafin 10 %            |
| 31 - 45         | Protektin vodni         |
| 46 - 60         | Laneno olje             |
| 61 - 75         | Rustikal olje           |
| 76 - 90         | Tungovo olje 100 %      |
| 91 - 105        | Tungovo olje 50 %       |
| 106 - 120       | Tungovo olje 66 %       |
| 121 - 135       | Silikon 15 %            |
| 136 - 210       | Kontrolni vzorci        |



Slika 5: Laboratorijska vakuumsko tlačna komora Kambič

Pred in po impregnacijo smo vzorce stehali in jim določili mokri navzem impregnacijskega sredstva (slika 6).



Slika 6: Tehtnica SARTORIUS

Preden smo vzorce izpostavili glivam, samo impregnirane in kontrolne vzorce sušili 24 ur pri 103°C in jih po sušenju zopet stehali. Pri impregniranih vzorcih smo nato iz razlike mas absolutno suhih vzorcev pred in po impregnaciji izračunali suhi navzem.

### 3.2.3 Priprava hranilnih gojišč

Hranilno gojišče smo pripravili iz krompirjevega dekstroznega agarja v prahu proizvajalca Difco. Pripravili smo ga po navodilih proizvajalca. Najprej smo 1 L destilirane vode segreli in nato dodali 39 g krompirjevega agarja v prahu in mešali dokler ni zavrelo. Nato smo skuhano gojišče nalili v 150 razkuženih kozarcev in jih zaprli s pokrovom, ki ima na sredini vato, da lahko gliva diha, po drugi strani pa vata preprečuje okužbo. Nato smo te zaprte kozarce z medijem sterilizirali z avtoklaviranjem (slika 7). Avtoklaviranje smo izvajali 40 minut, pri 121 °C oz. tlaku 1,5 bar.



Slika 7: Avtoklav

Sterilizaciji je sledila inkulacija micelija izbranih vrst gliv. To smo izvedli v brezprašni komori pri sterilnih pogojih, saj smo sproti razkuževali pribor v alkoholu in nad plamenom. Inokolum izbrane glive smo vstavili na sredino hranilnega gojišča. Zatem je sledilo vstavljanje razkuženih mrežic na površino hranilnega gojišča. Te mrežice smo vstavili zato, da vzorci niso v stiku z medijem, s čimer preprečimo njihovo pretirano navlaževanje. Inokulirane kozarce smo za teden dni postavili v rastno komoro. Belo hišno gobo in navadno tramovko smo izpostavili 75 % relativni zračni vlažnosti in 25 °C, sivo hišno gobo pa 75 % relativni zračni vlažnosti in 20 °C.

#### **3.2.4 Vstavljanje vzorcev v hranilna gojišča**

Ko je micelij prerasel površino hranilnega gojišča, smo v pripravljene kozarce začeli vstavljat sterilizirane vzorce. Vzorce smo vstavljali v sterilnih pogojih po določenem zaporedju. Vsakih 15 vzorcev impregniranih z enakim hidrofobnim pripravkom smo razdelili na tri dele, tako da smo 5 vzorcev izpostavili beli hišni gobi, drugih 5 vzorcev sivi hišni gobi in naslednjih 5 vzorcev navadni tramovki. V en kozarec smo vstavili 3 vzorce. Dva vzorca sta bila impregnirana, en pa kontrolni-neimpregniran. Poleg tega smo v posamezne čaše vstavili le kontrolne vzorce (slika 8).



Slika 8: Kozarec s hranilnim gojiščem, mrežico, glivo in vzorci preden smo ga vstavili v rastno komoro

Ko smo končali z vstavljanjem vzorcev, smo gojitvene kozarce zložili v rastno komoro z optimalnimi pogoji. V rastni komori, kjer smo izpostavili belo hišno gobo in navadno tramovko, je bila stalna temperatura 25 °C in relativna zračna vlažnost 75 %. V rastni komori, kjer je bila izpostavljena siva hišna goba, pa je bila stalna temperatura 20 °C in relativna zračna vlažnost 75 %. Vzorci so bili izpostavljeni glivam v teh pogojih 3 mesece.

### 3.2.5 Določanje vlažnosti in izgube mase po razkroju

Po 12 tednih izpostavitve vzorcev glivam, smo vzorce izolirali, iz vzorcev previdno odstranili micelij, ter jih še mokre stehali na tehtnici SARTORIUS. Nato smo vzorce posušili pri temperaturi  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  in jih naslednji dan stehali v absolutno suhem stanju. Iz mase vlažnih vzorcev po izpostavitvi in absolutno suhe mase vzorce po izpostavitvi, smo izračunali vlažnost vzorcev po izpostavitvi po formuli 1:

$$v = \frac{m5-m4}{m4} * 100 \% \quad (...1)$$

m5...masa vlažnih vzorcev po izpostavitvi glivam (g)

m4...masa suhih vzorcev po izpostavitvi glivam (g)

v...vlažnost vzorcev po izpostavitvi glivam (%)

V drugi stopnji smo iz mas absolutno suhih vzorcev pred in po izpostavitvijo izračunali še izgubo mase v % po formuli 2:

$$u = \frac{m_3 - m_4}{m_3} * 100 \% \quad (...2)$$

u...izguba mase v %

m3...masa suhih vzorcev po impregnaciji (g)

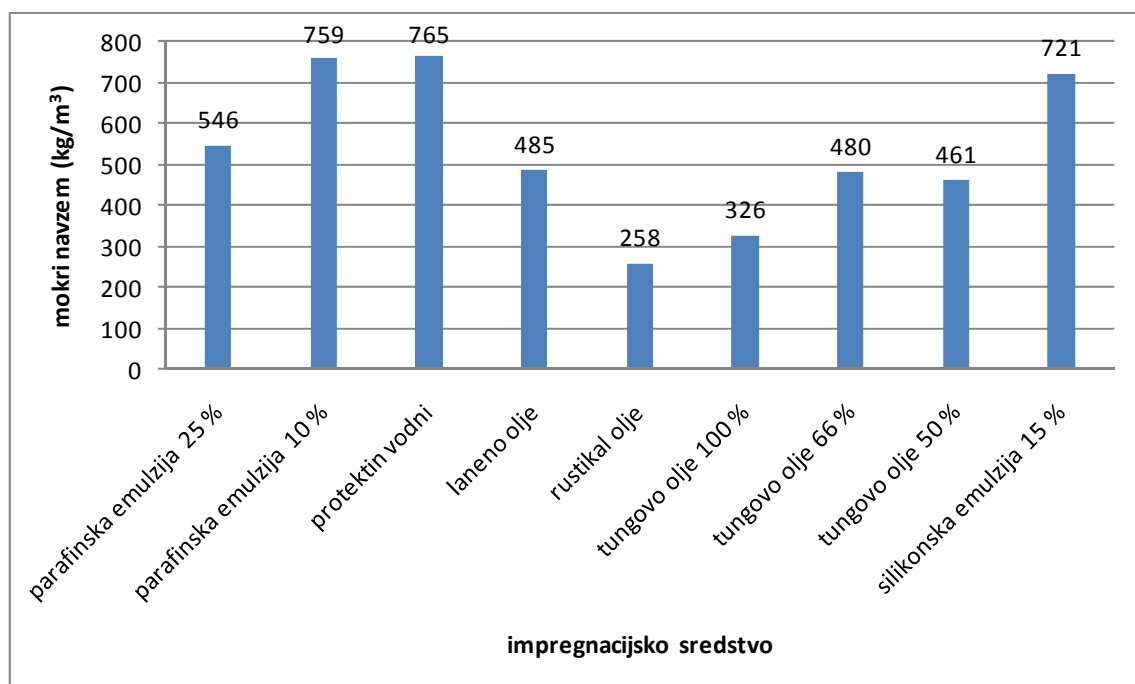
m4...masa suhih vzorcev po impregnaciji (g)

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 NAVZEM HIDROFOBNIH PRIPRAVKOV

Navzem je količina impregnacijskega sredstva, ki je prodrla v les med postopkom impregnacije. Ločimo mokri in suhi navzem. Mokri navzem nam pove, koliko impregnacijskega sredstva je prodrlo v les. Suhi navzem pa nam pove, koliko je v lesu ostalo nehlapnih sestavin. Izražamo ga v  $\text{kg/m}^3$  pri površinsko obdelanem lesu pa v  $\text{kg/m}^2$ .

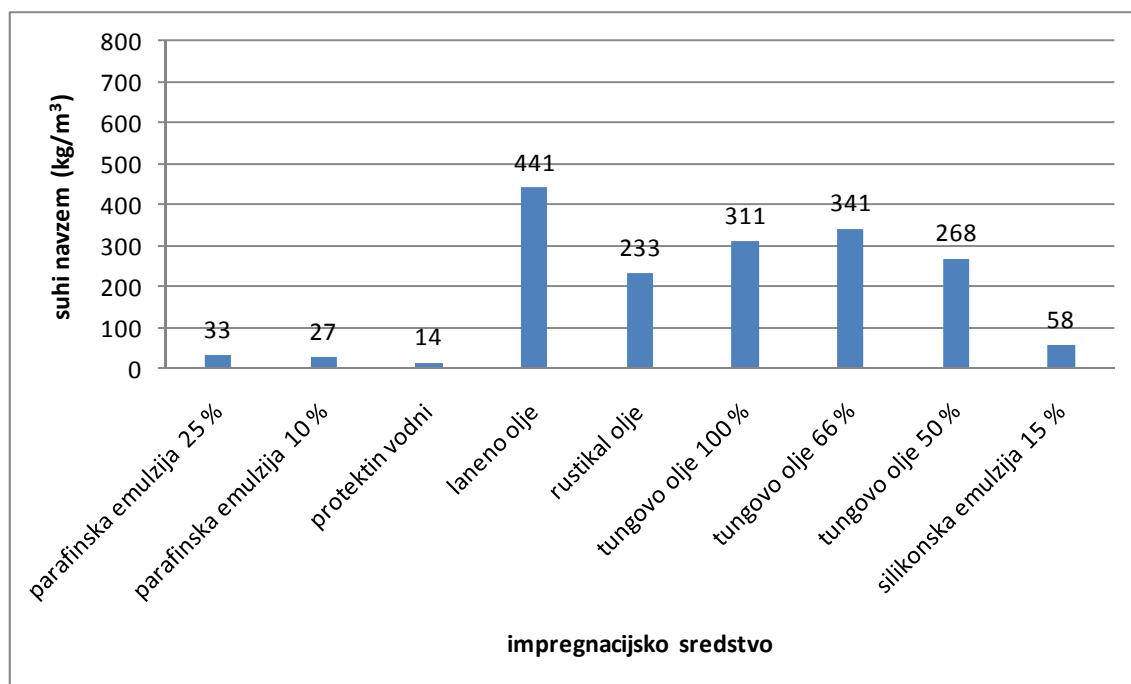
Mokri navzem smrekovine je znašal med  $258 \text{ kg/m}^3$  in  $765 \text{ kg/m}^3$ . Najnižji mokri navzem smo opazili pri vzorcih impregniranih z rustikal oljem, najvišjega pa pri vzporednih vzorcih, ki smo jih prepojili s pripravkom protektin vodni. Opazili smo, da impregnacijska sredstva z nižjo koncentracijo bolje prodirajo v les kot pripravki z višjo koncentracijo. Višji kot je delež suhe snovi v zaščitnem sredstvu, nižji je mokri navzem (slika 9).



Slika 9: Mokri navzem vodoodbojnih pripravkov po vakuumsko tlačni impregnaciji

To je tudi razlog, da imajo olja (tungovo in laneno) v primerjavi z ostalimi impregnacijskimi sredstvi nižje mokre navzeme. Poleg suhe snovi pa na mokri navzem vpliva še viskoznost pripravka, uporabljen impregnacijski postopek, lesna vrsta, obdelanost površin. Upoštevajoč dejstvo, da smreko uvrščamo med slabše impregnabilne lesne vrste ocenjujemo, da so doseženi mokri navzemi zadovoljivi. Pri impregnacijskih sredstvih, ki so slabše prodrli v les, smo po drugi strani opazili, da jih je relativno veliko ostalo v lesu, kar se odraža v visokem suhem navzemu. Suhi navzem je znašal med  $14 \text{ kg/m}^3$  in  $441 \text{ kg/m}^3$ . Najnižji suhi navzem smo opazili pri vzorcih impregniranih s protektinom vodnim ( $14 \text{ kg/m}^3$ ), kjer smo po drugi strani zabeležili najvišji mokri navzem. Najvišji suhi navzem

pa smo opazili pri vzorcih impregniranih z lanenim oljem ( $441 \text{ kg/m}^3$ ). Pri teh vzorcih pa smo zaznali najnižji mokri navzem (sliki 9 in 10).

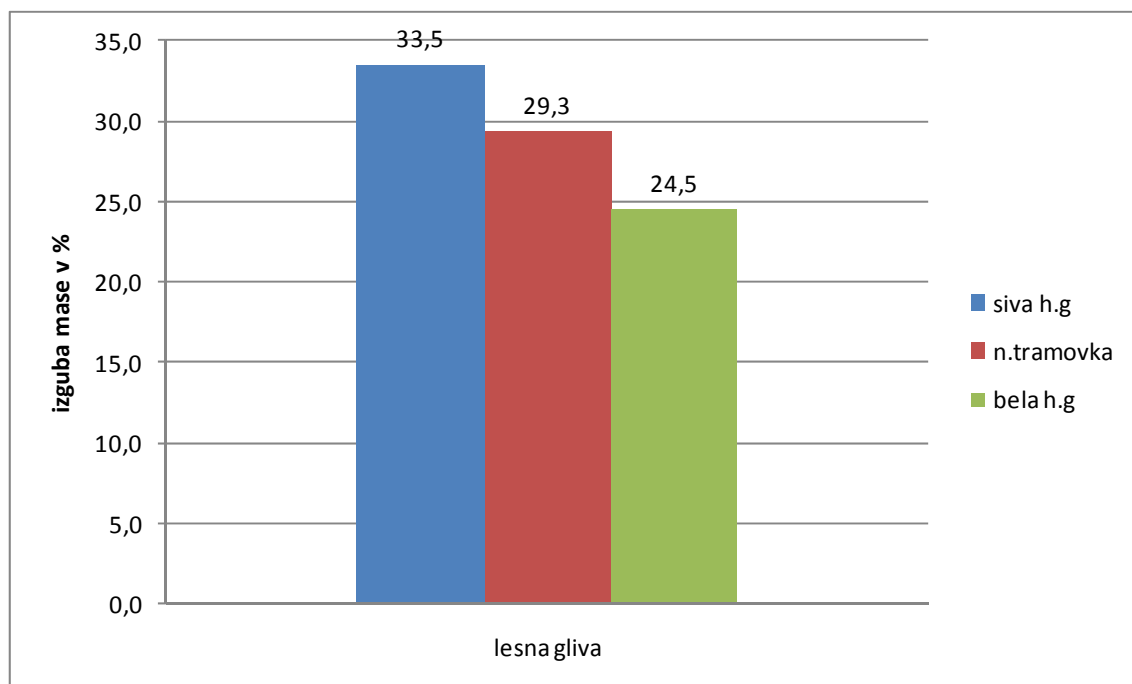


Slika 10: Suhi navzem vzorcev impregniranih z različnimi vodoodbojnimi pripravki

## 4.2 ODPORNOST SMREKOVIH VZORCEV PROTI GLIVAM RJAVE TROHNOBE

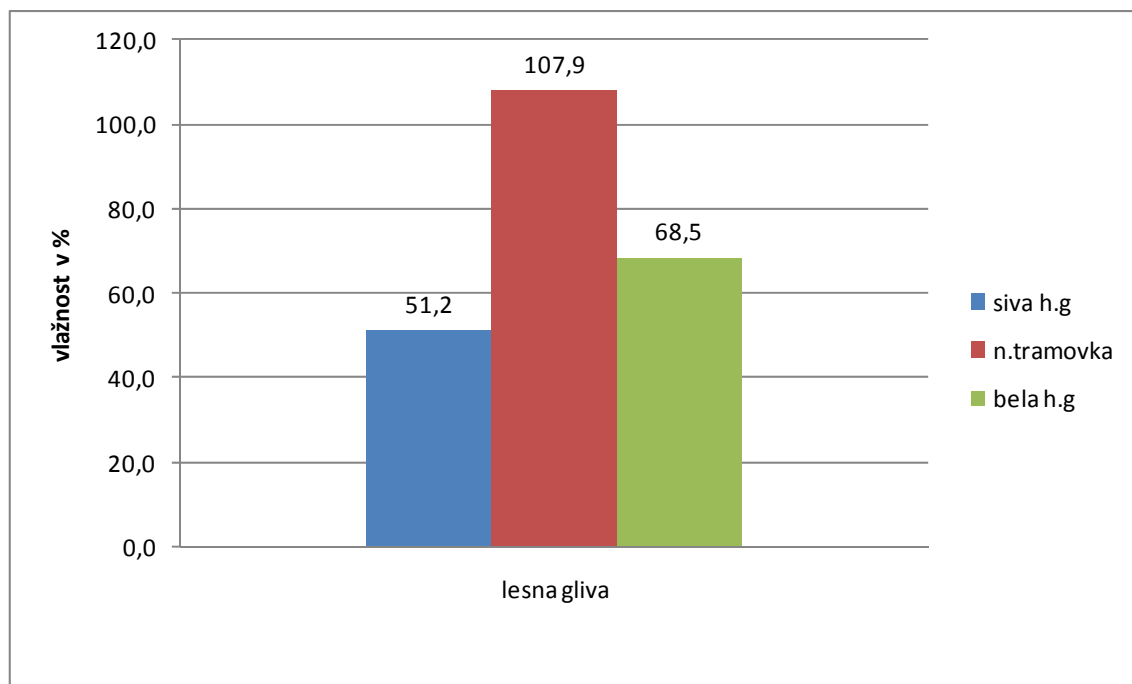
### 4.2.1 Vlažnost in izguba mase kontrolnih neimpregniranih vzorcev po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

Kot smo pričakovali, je bila odpornost neimpregniranih smrekovih vzorcev slaba, saj so vsi kontrolni vzorci izgubili več kot 20 % svoje mase. To potrjuje, da so bile glive vitalne in da so dobro razkrajale les. Kontrolni vzorci, ki niso bili impregnirani z nobenim zaščitnim sredstvom so izgubili maso med 35,5 % in 24,5 %. Največjo izgubo mase kontrolnih vzorcev je povzročila siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), sledila ji je navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), najnižjo izgubo mase pa je povzročila bela hišna goba (*Antrodia vaillanti*) (slika 11).



Slika 11: Izguba mase pri kontrolnih vzorcih, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

Pri kontrolnih vzorcih izpostavljenim glivam rjave trohnobe, je najbolj navlažila vzorce navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*), sledila ji je bela hišna goba (*Antrodia vaillanti*), najmanj vlažni pa so bili vzorci izpostavljeni sivi hišni gobi (*Serpula lacrymans*) (slika 12).



Slika 12: Vlažnost kontrolnih vzorcev, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe



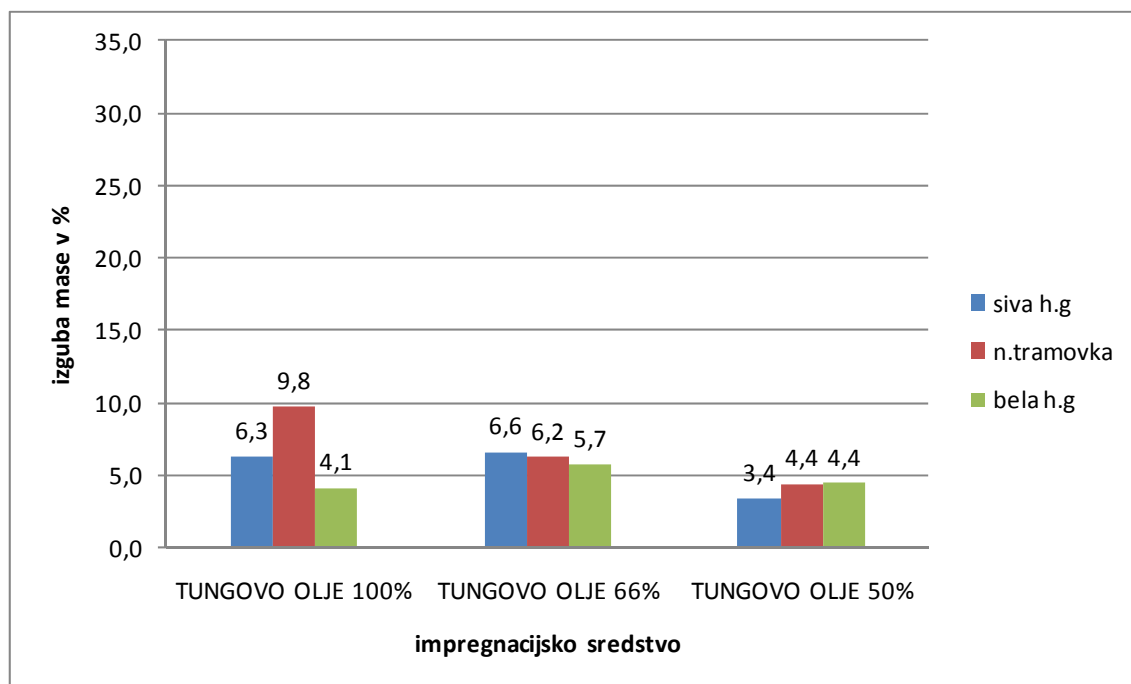
#### **4.2.2 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s tungovim oljem po izpostavitvi glivam rjave trohnobe**

Pri vzorcih impregniranih s 100 % koncentracijo tungovega olja, smo opazili najvišjo izgubo mase po izpostavitvi navadni tramovki (9,8 %), sledila ji je siva hišna goba (6,3 %), najnižjo izgubo mase pa smo opazili pri vzorcih izpostavljenih beli hišni gobi (4,1 %) (slika 13).

Pri vzorcih impregniranih z nekoliko razredčenim tungovim oljem (66 % koncentracija) smo najvišjo izgubo mase zabeležili po delovanju sive hišne gobe (6,6 %), sledili so vzorci razkrojeni z navadno tramovko (6,2 %), najnižjo izgubo mase pa je podobno kot pri vzorcih impregniranih s tungovim oljem višje koncentracije povzročila bela hišna goba (5,7 %) (slika 13).

V primeru, ko smo vzorce smrekovega lesa prepojili s 50 % raztopino tungovega olja pa smo najvišjo izgubo mase opazili po dvanajsttedenski izpostavitvi navadni tramovki (4,4 %) in sledili so vzorci izpostavljeni beli hišni gobi (4,4 %), najnižjo izgubo mase vzorcev pa smo določili pri sivi hišni gobi (3,4 %) (slika 13).

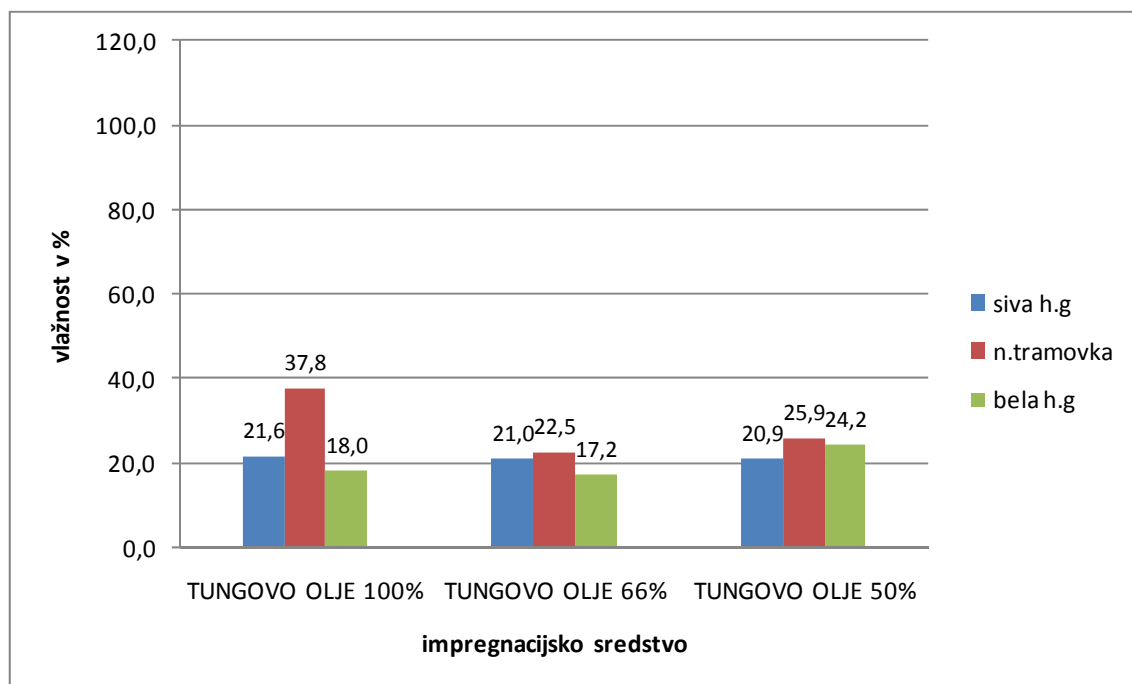
Če primerjamo med seboj vse tri koncentracije, smo pri najbolj razredčenem pripravku s 50 % tungovega olja opazili najbolj učinkovito zaščitno lesa, saj je bila pri vzorcih impregniranih s to koncentracijo zabeležena najnižja izguba mase ne glede na to kateri glivi smo izpostavili vzorce (slika 13).



Slika 13: Izguba mase vzorcev, impregniranih z različnimi koncentracijami tungovega olja, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

Glede na podatke o suhem navzemu, smo pričakovali, da bo najnižja izguba mase pri 66 % koncentraciji tungovega olja, saj smo pri vzorcih impregniranih s tem pripravkom določili najvišji suhi navzem (slika 10). Po drugi strani pa ta podatek nakazuje, da suhi navzem ni edini podatek, ki nakazuje na kvaliteto impregnacije. Bolj redki pripravki na osnovi tungovega olja z nižjo koncentracijo so očitno bolje prodrli v celične stene in na ta način zagotovili boljšo kvaliteto zaščite kot pripravki na osnovi tungovega olja z višjo koncentracijo.

Pri vzorcih impregniranih s 100 % tungovim oljem smo je najvišjo vlažnost opazili pri vzorcih izpostavljenih navadni tramovki (37,8 %), sledili so vzorci izpostavljeni sivi hišni gobi (21,6 %), najnižjo vlažnost pa smo določili pri vzorcih, ki jih je razkrajala bela hišna goba (18 %). Ta vlažnost je relativno nizka, in nakazuje na dobro hidrofoбно delovanje tungovega olja. Pri vzorcih prepojenih s 66 % raztopino tungovega olja smo prav tako opazili najvišjo vlažnost pri vzorcih izpostavljenih navadni tramovki (22,5 %), sledili so vzorci, ki jih je razkrajala siva hišna goba (21 %), najnižja vlažnost pa je bila zabeležena po izpostavitvi beli hišni gobi (5,7 %). Ta vlažnost je izjemno nizka in preprečuje glivni razkroj. Pri vzorcih ki so bili impregnirani s 50 % raztopino tungovega olja so bili najbolj vlažni vzorci razkrojeni z navadno tramovko (25,9 %), sledili so vzorci izpostavljeni beli hišni gobi (24,2 %), najbolj suhi pa so bili vzorci po izpostavitvi sivi hišni gobi (20,9 %) (slika 14).

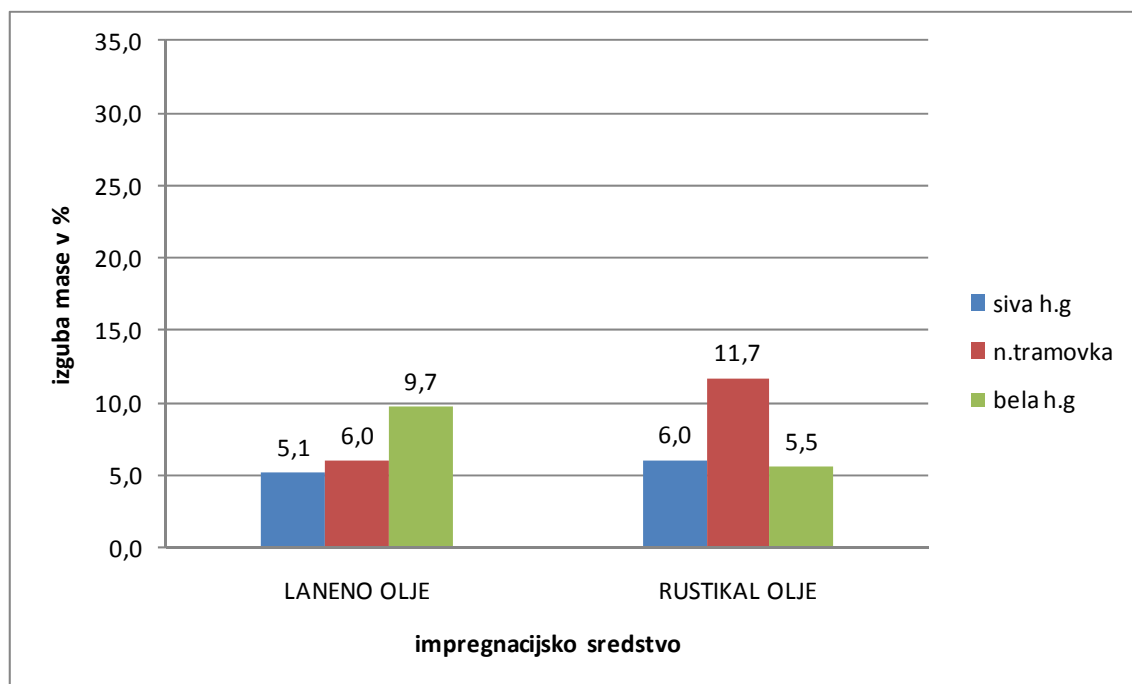


Slika 14: Vlažnost vzorcev, impregniranih z različnimi koncentracijami tungovega olja, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

#### 4.2.3 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih z lanenim in rustikal oljem

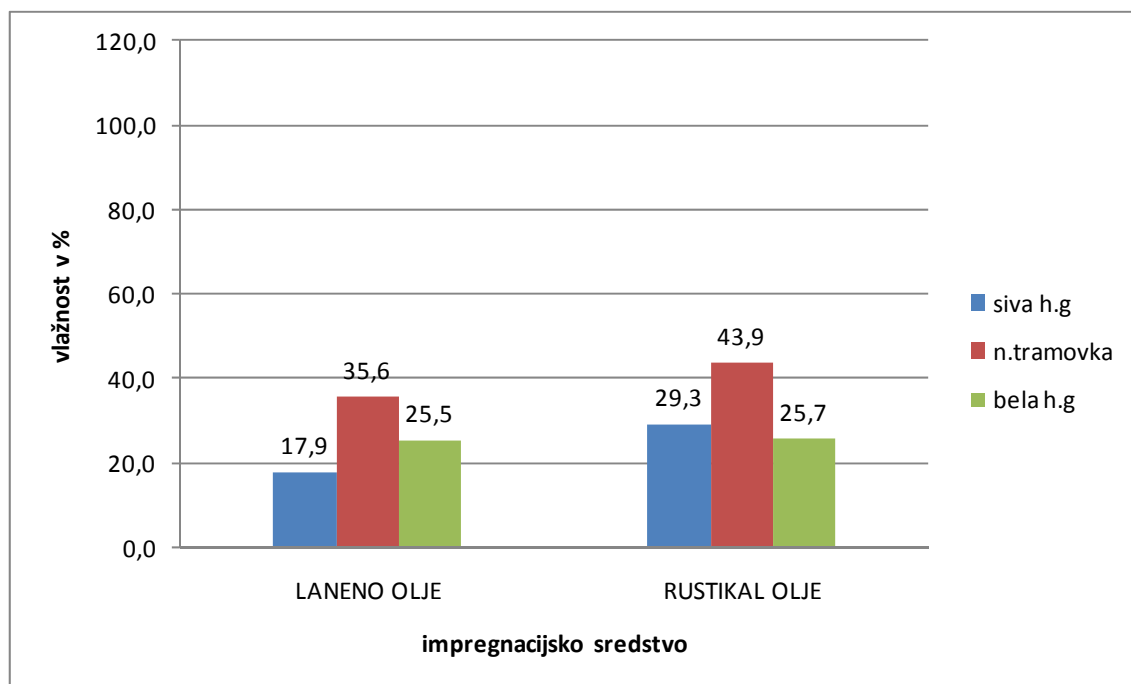
Pri vzorcih impregniranih z lanenim oljem je izguba mase po izpostavitvi glivam rjave trohnobe nihala med 5,1 % in 9,7 %, pri vzorcih impregniranih z rustikal oljem, pa je bila izguba mase med 5,5 % in 11,7 % (slika 15).

Pri vzorcih impregniranih z lanenim oljem smo največjo izgubo mase opazili po izpostavitvi beli hišni gobi (9,7 %), najnižjo pa po delovanju sive hišne gobe (5,1 %). Pri smrekovih vzorcih prepojenih z rustikal oljem smo najvišjo izgubo mase opazili pri vzorcih, ki jih je razkrajala navadna tramovka (11,7 %), najnižjo pa pri vzorcih izpostavljenih beli hišni gobi (5,5 %). Primerjava lanenega in rustikal olje, kaže na to, da rustikal olje bolje zaščiti smrekovino pred belo hišno gobo, kot pa laneno olje. Ravno obratno delovanje, pa smo opazili pri navadni tramovki. Pred to glivo je bila smrekovina bolj zaščitena z lanenim oljem kot pa z rustikal oljem (slika 15).



Slika 15: Izguba mase vzorcev, impregniranih z lanenim in rustikal oljem, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

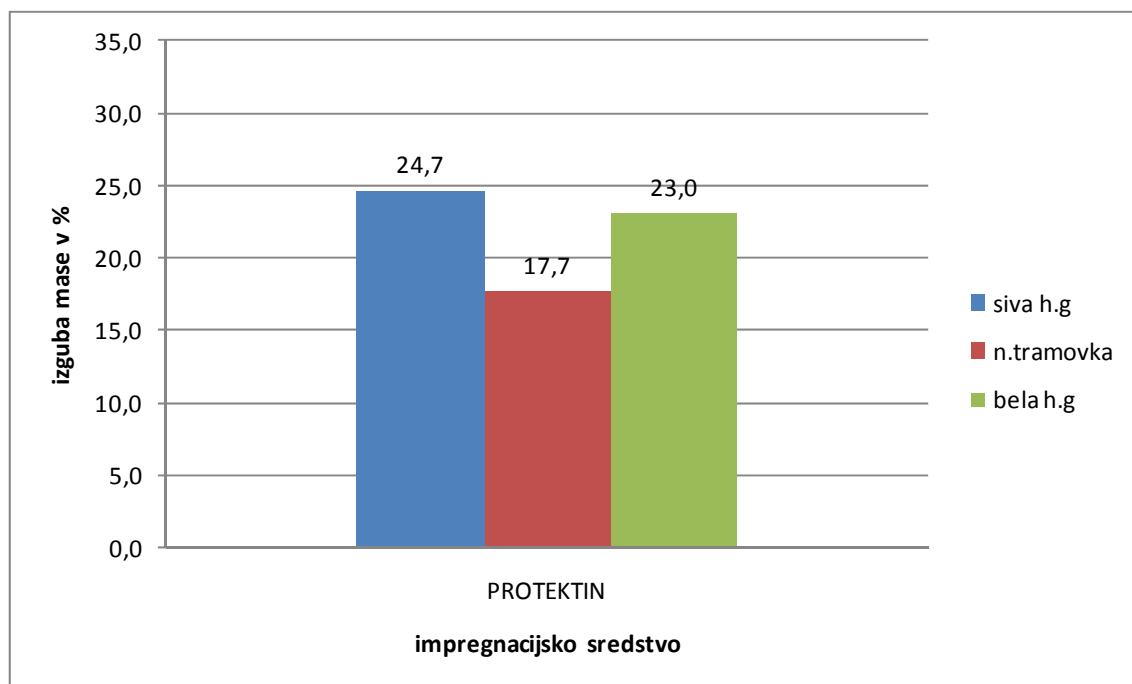
Pri vzorcih impregniranih z lanenem oljem, smo po izpostavitvi glivam rjave trohnobe določili vlažnost med 17,9 % in 35,6 %, pri vzorcih impregniranih z rustikal oljem pa med 25,7 % in 43,9 % (slika 16). Ta podatek nakazuje, da ima predvsem laneno olje dobro hidrofoбно delovanje. Pri obeh oljih pa je najvišjo vlažnost impregniranega lesa povzročila navadna tramovka (slika 16).



Slika 16: Vlažnost vzorcev, impregniranih z lanenim in rustikal oljem, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

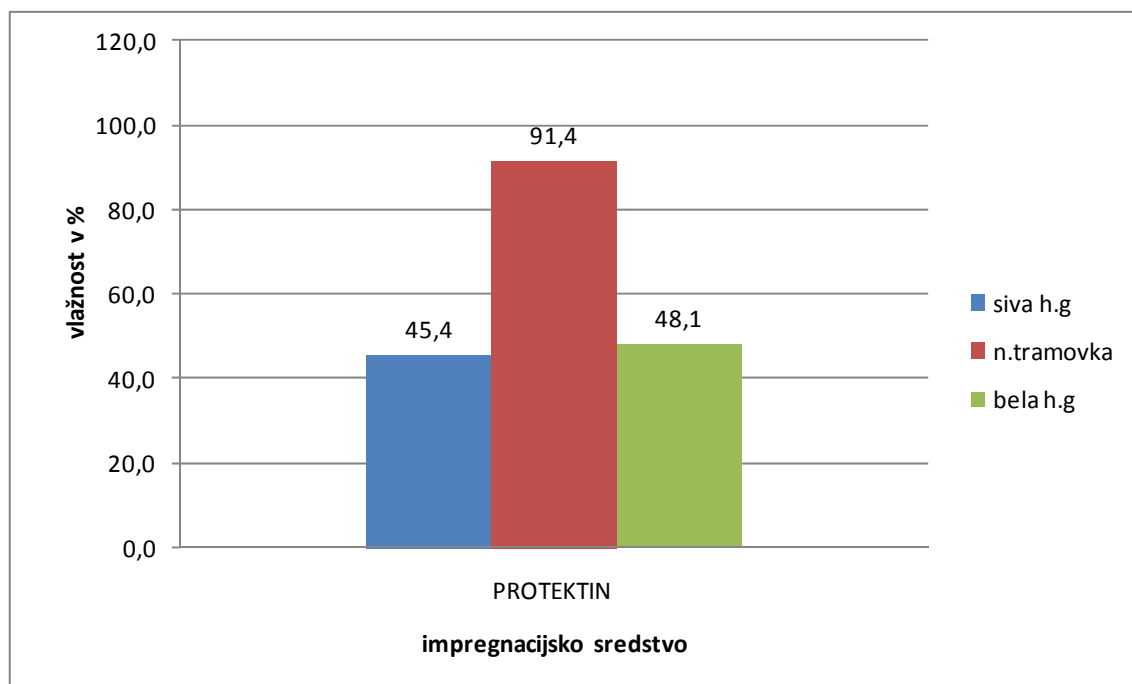
#### 4.2.4 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s protektinom

Vzorci impregnirani s protektinom so bili slabo zaščiteni pred delovanjem gliv rjave trohnobe. Izguba mase se je gibala med 17,7 % in 24,7 %. Pri vzorcih impregniranih s protektinom smo v primerjavi z ostalimi impregnacijskimi sredstvi opazili najvišjo izgubo mase (slika 17).



Slika 17: Izguba mase vzorcev, impregniranih s protektinom, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

Pri vzorcih impregniranih s protektinom so vlažnosti impregniranega lesa nihale med 45,4 % in 91,4 %. Siva hišna goba, ki je najbolj navlažila impregniran les (45,4 %), je po drugi strani povzročila tudi najvišjo izgubo mase (24,7 %). Navadna tramovka, ki pa je najbolj navlažila smrekove impregnirane vzorce (91,4 %), pa je med vsemi tremi glivami tudi najmanj razkrojila impregniran les (slika 18).

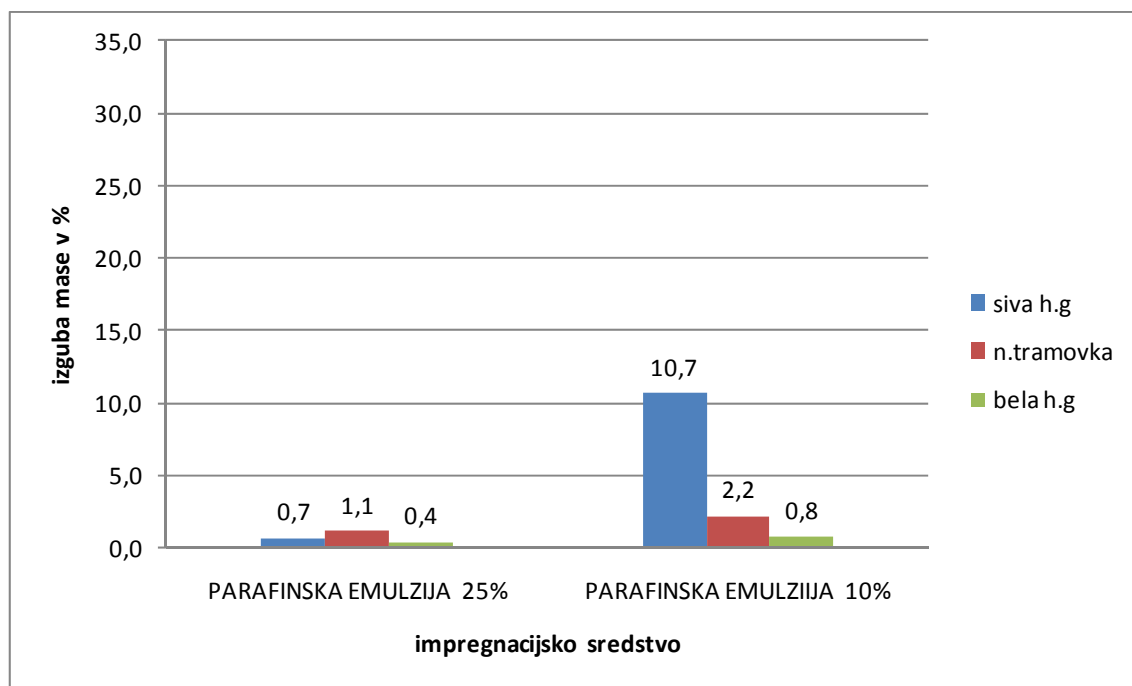


Slika 18: Vlažnost vzorcev, impregniranih s protektinom, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

#### 4.2.5 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s parafinsko emulzijo

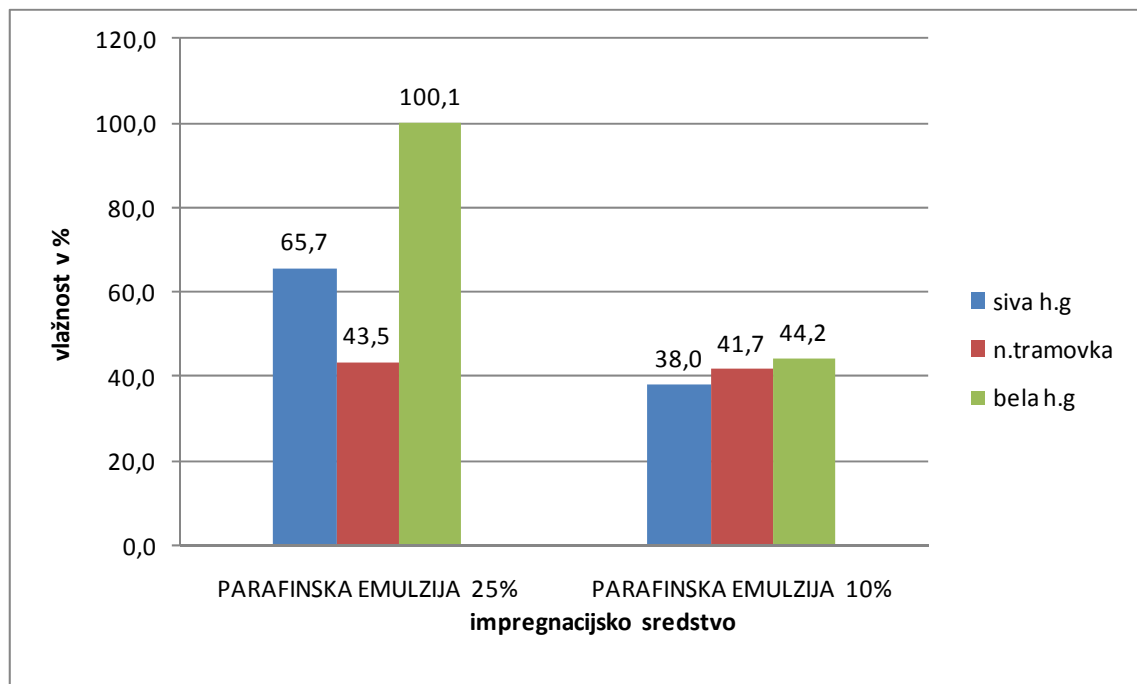
Parafinska emulzija se je izkazala, kot zaščitno sredstvo z ki je v posameznih primerih povsem preprečilo razkrojne procese lesa. Vzorci impregnirani s 25 % parafinsko emulzijo so izgubili med 0,4 % in 1,1 % (slika 19). Ker je bila izguba mase pri tej koncentraciji pri vseh treh uporabljenih glivah nižja od 3 %, pomeni, da les impregniran s 25 % parafinsko emulzijo ustreza zahtevam standarda SIST EN 113.

Pri smrekovini impregnirani z 10 % parafinsko emulzijo, smo zaznali izgubo mase vzorcev med 0,8 % in 10,7 %. Pri tej koncentraciji smo opazili velika nihanja izgube mase. Navadna tramovka in bela hišna goba sta povzročili izgubo maso impregniranih vzorcev nižjo od 3 %, kar pomeni, da je 10 % parafinska emulzija dobro zaščitno sredstvo za les. Sivi hišna goba pa je bistveno bolj razkrojila vzorce (10,7 %), kar nakazuje na nezadostno učinkovitost tega sistema na solzivko (slika 19).



Slika 19: Izguba mase vzorcev, impregniranih s parafinsko emulzijo, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

Vlažnost vzorcev impregniranih s 25 % emulzijo parafina, po izpostavitvi glivam je nihala med 43,5 % in 100,1 %. Bela hišna goba je najbolj navlažila vzorce (100,1 %), po drugi strani pa jih je tudi najmanj razkrojila. Pri vzorcih impregniranih s parafinsko emulzijo smo opazili da je vlažnost lesa obratno sorazmerna z izgubo mase, ki jo je povzročila gliva (slika 20).

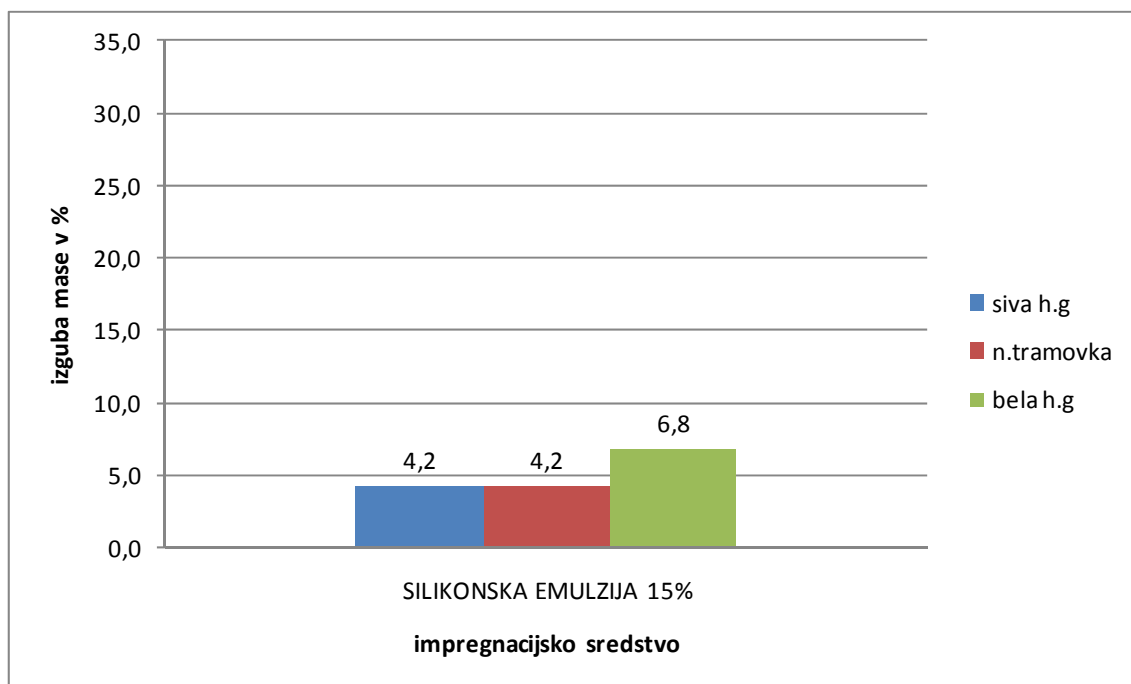


Slika 20: Vlažnost vzorcev, impregniranih s parafinsko emulzijo, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

#### 4.2.6 Vlažnost in izguba mase smrekovih vzorcev impregniranih s silikonsko emulzijo

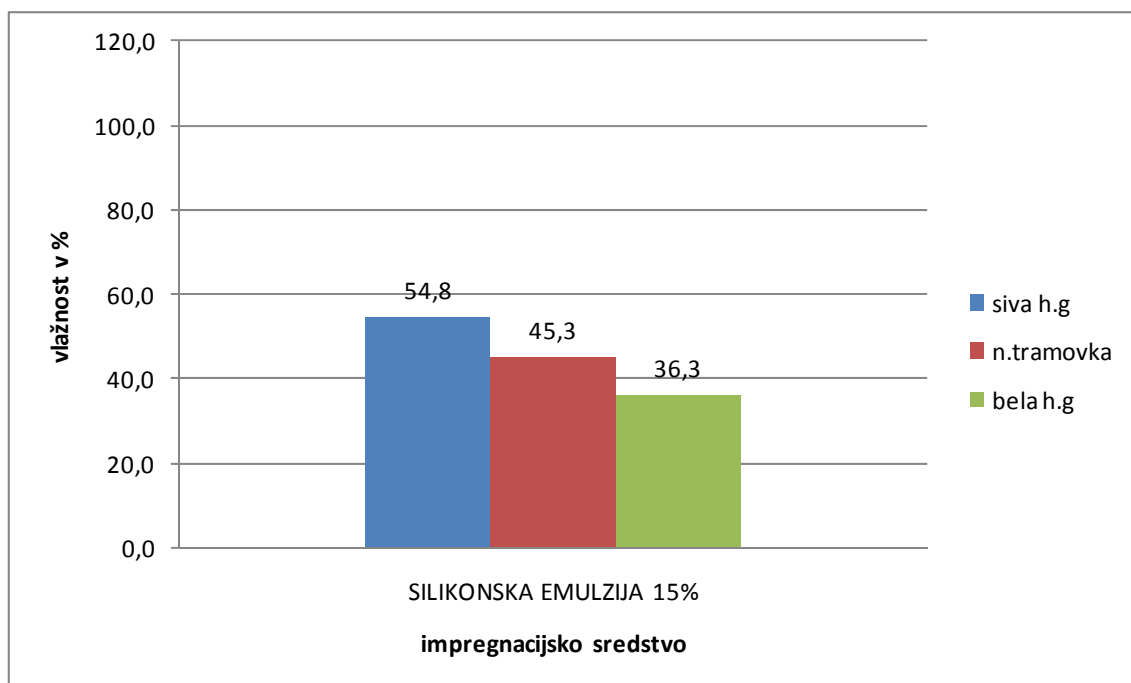
Pri vzorcih impregniranih z silikonsko emulzijo smo določili izgubo mase med 4,2 % in 6,8 %. Siva hišna goba in navadna tramovka sta povzročili 4,2 % izgubo mase impregniranih vzorcev, bela hišna goba pa 6,8 % (slika 21). Ta rezultat nakazuje relativno dobro odpornost impregniranega lesa na glivni razkroj, vendar so izgube mase kljub vsemu še previsoke, da bi zadostile zahtevam standarda SIST EN 113.





Slika 21: Izguba mase vzorcev, impregniranih s silikonsko emulzijo, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

Glive so pri vzorcih impregniranih s silikonsko emulzijo dvignile vlažnost lesa na 36,3 % do 54,8 % (slika 22). Najvišjo vlažnost je povzročila siva hišna goba, ta gliva pa je povzročila tudi najnižjo izgubo mase.

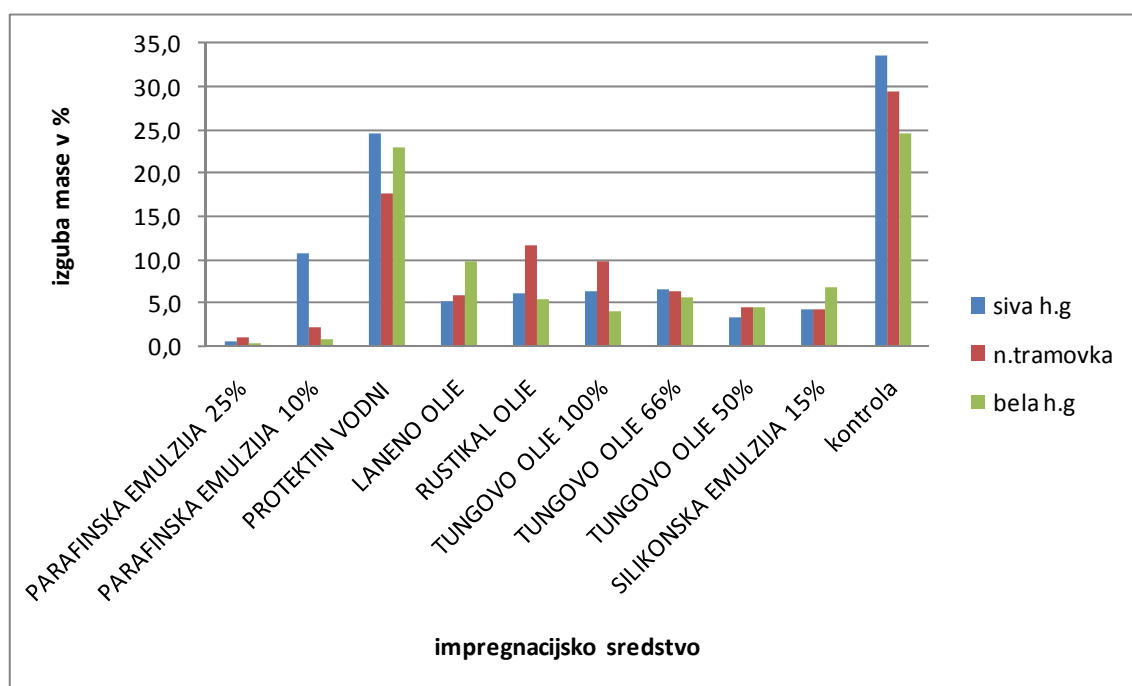


Slika 22: Vlažnost vzorcev impregniranih s silikonsko emulzijo, po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

#### 4.2.7 Pregled učinkovitosti delovanja izbranih hidrofobnih pripravkov na lesne glive

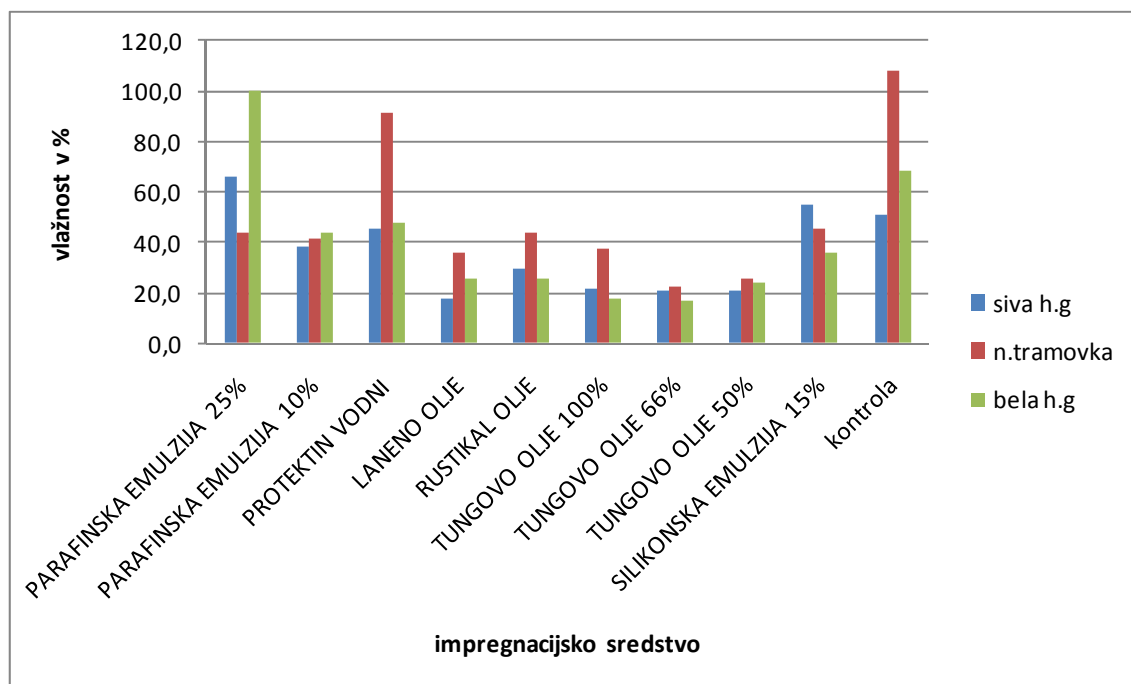
Najboljše fungicidne lastnosti smo opazili pri lesu impregniranem s 25 % parafinsko emulzijo. Pri vseh impregniranih vzorcih izpostavljenih trem različnim glivam, je bila izguba mase nižja od 3 %. Glede na učinkovitost parafinski emulziji sledi 10 % parafinska emulzija. Iz podatkov predstavljenih na sliki 23 se vidi, da poleg parafinske emulzije dobre rezultate dosega tudi silikonska emulzija.

Najslabše odpornostne lastnosti, smo opazili pri smrekovih vzorcih impregniranih s protektinom, ki najbolj odstopa od ostalih testiranih impregnacij (slika 23).



Slika 23: Izguba mase vzorcev impregniranih z različnimi hidrofobnimi pripravki po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

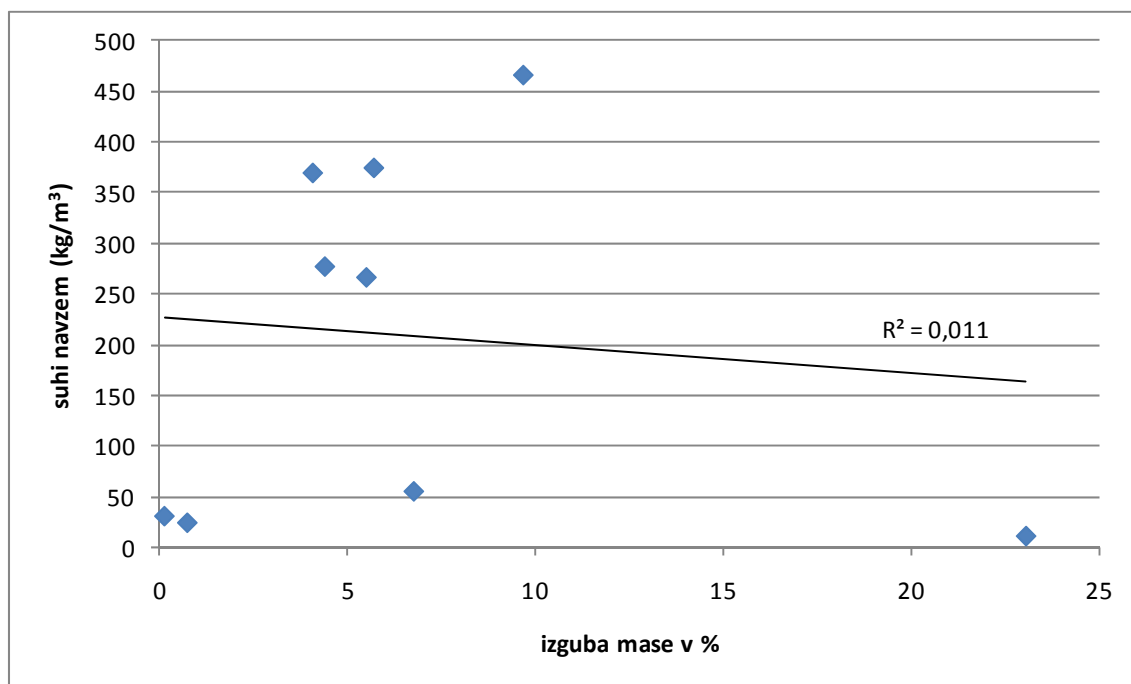
Najvišjo vlažnost lesa, smo opazili pri tistih vzorcih, ki so bili najbolj odporni pred glivnim razkrojem in smo torej opazili najnižjo izgubo mase (slika 24).



Slika 24: Vlažnost vzorcev impregniranih z različnimi hidrofobnimi pripravki po izpostavitvi glivam rjave trohnobe

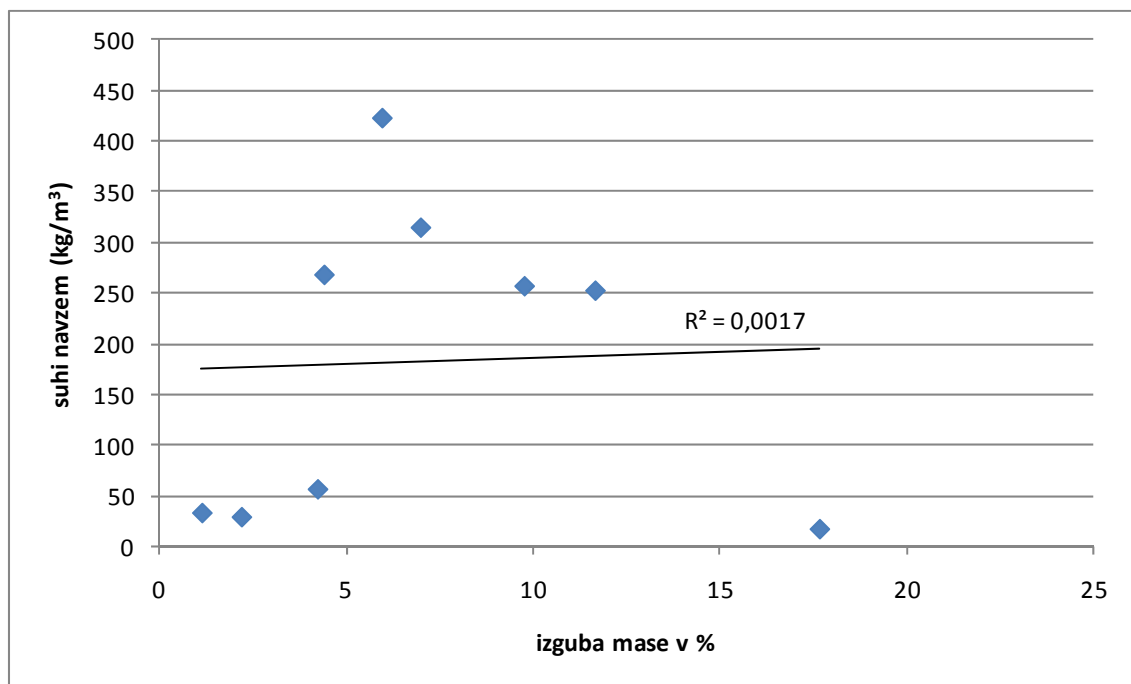
#### 4.2.8 Odvisnost med izgubo mase in suhim navzemom ter med izgubo mase in vlažnostjo

V nadaljevanju nas je zanimalo ali obstaja kakšna povezava med suhim navzemom in izgubo mase po izpostavitvi glivam. Pričakovali smo, da bodo pripravki, ki jih je več ostali v lesu po sušenju, bolje zaščitili les pred glivami rjave trohnobe. Vendar nasprotno, pri impregniranih smrekovih vzorcih, izpostavljenih beli hišni gobi, nismo opazili povezave med suhim navzemom in izgubo mase (slika 25).



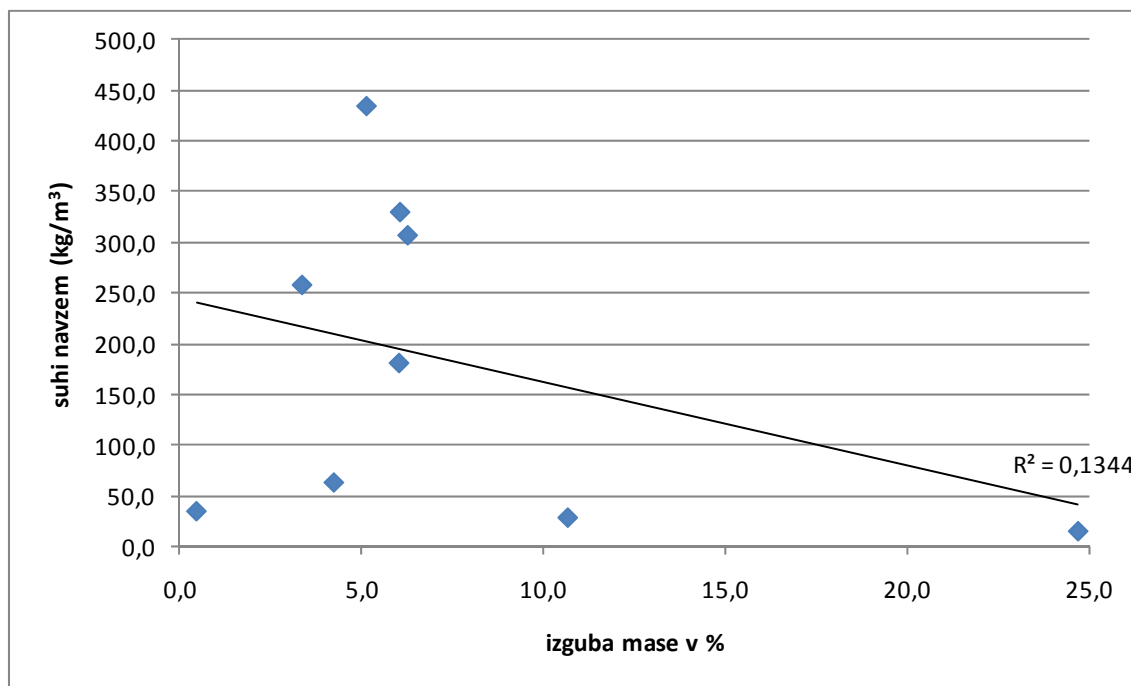
Slika 25: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih beli hišni gobi in suhim navzemom hidrofobnih pripravkov

Podobno kot pri beli hišni gobi tudi pri impregniranih smrekovih vzorcih, izpostavljenih navadni tramovki, opazili povezave med suhim navzemom in izgubo mase. Med izgubo mase in suhim navzemom ni prav nikakršne korelacije (slika 26) .



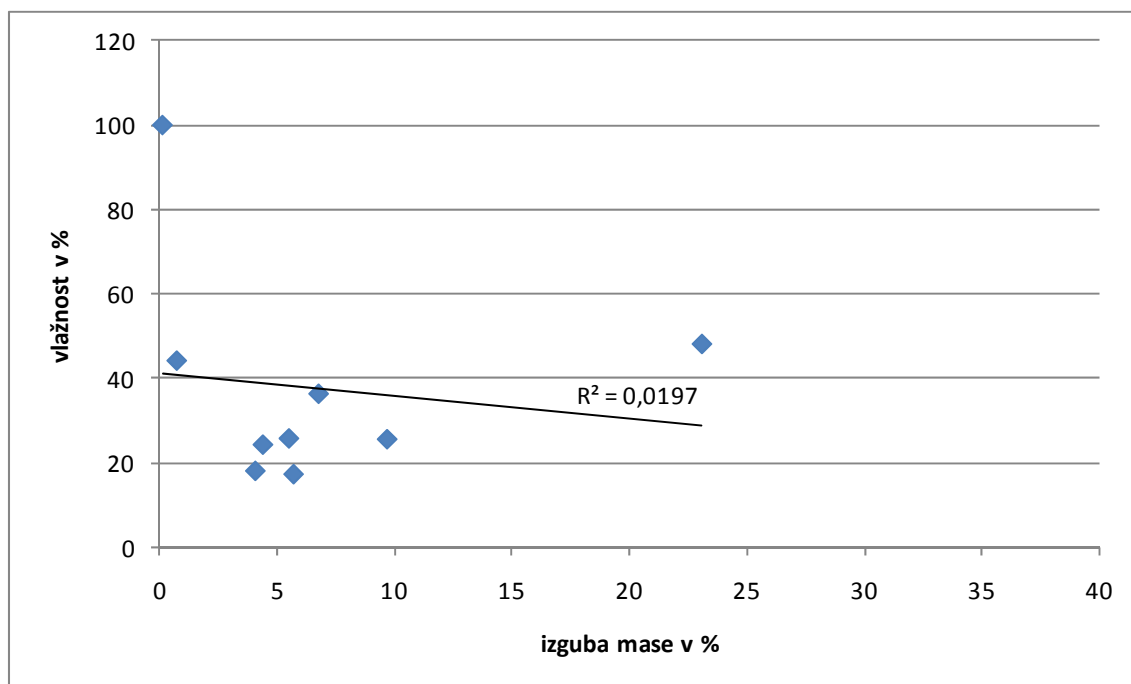
Slika 26: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih navadni tramovki in suhim navzemom hidrofobnih pripravkov

Pri impregniranih smrekovih vzorcih, izpostavljenih sivi hišni gobi, nismo opazili nobene povezave med suhim navzemom in izgubo mase (slika 27). Ker smo podobno povezavo opazili pri vseh glivah, menimo, da zapolnitev celic s hidrofobnim materialom ni mehanizem, ki bi razložil odpornost lesa.



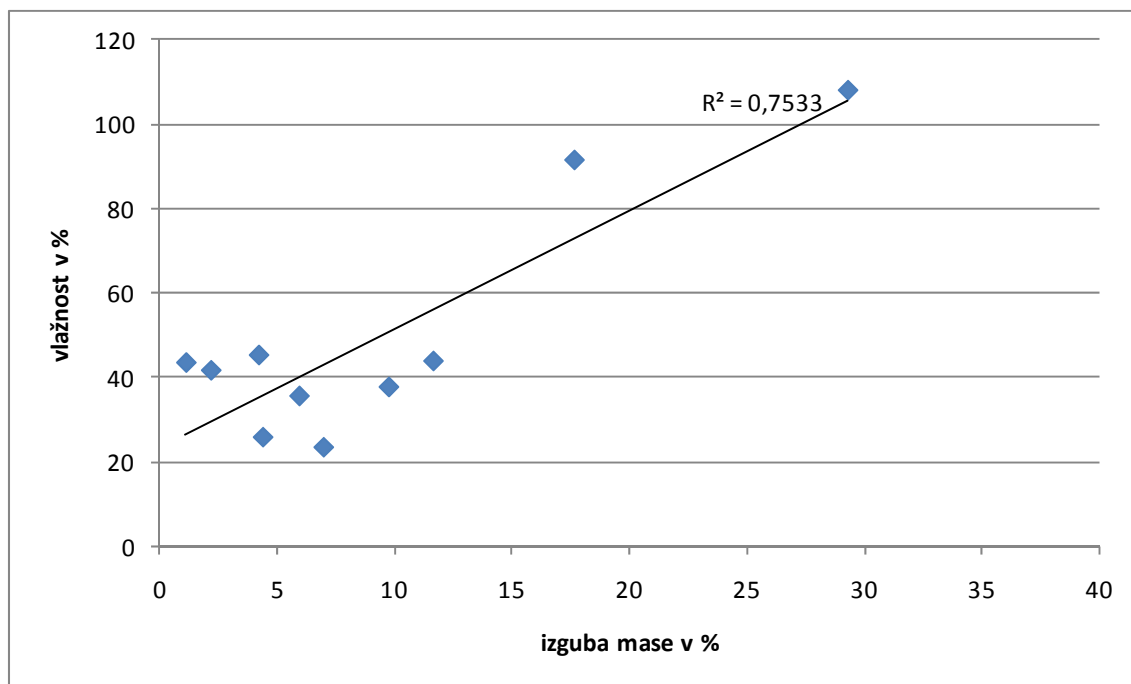
Slika 27: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih sivi hišni gobi in suhim navzemom hidrofobnih pripravkov

Poleg tega nas je zanimalo tudi kako vpliva delovanje hidrofobnost na glivni razkroj. Pričakovali smo, da bodo bolj suhi vzorci manj razkrojeni, kot bolj vlažni vzorci. V nasprotju z našimi pričakovanji, pa smo pri impregniranih smrekovih vzorcih, izpostavljenih beli hišni gobi, nismo opazili nobene povezave med vlažnostjo in izgubo mase (slika 28).



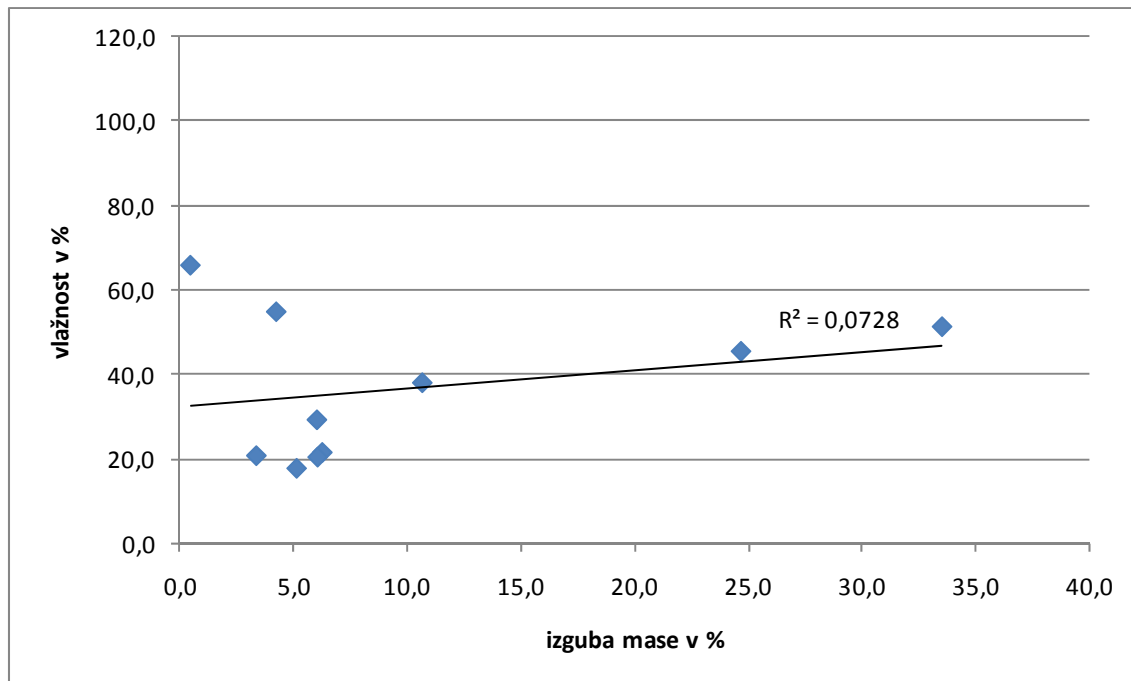
Slika 28: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih beli hišni gobi in vlažnostjo

Do podobnega rezultata kot pri beli hišni gobi smo prišli tudi po navadni tramovki. Pri impregniranih smrekovih vzorcih, izpostavljenih navadni tramovki, smo opazili povezavo med vlažnostjo in izgubo mase (slika 29).



Slika 29: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih navadni tramovki in vlažnostjo

Pri impregniranih smrekovih vzorcih, izpostavljenih sivi hišni gobi nismo opazili povezave med vlažnostjo in izgubo mase (slika 30).



Slika 30: Povezava med izgubo mase impregniranih smrekovih vzorcev, izpostavljenih sivi hišni gobi in vlažnostjo.

Glede na to, da pri nobeni proučevani glivi nismo opazili povezave med vlažnostjo lesa po razkroju in izgubo mase menimo, da morajo biti poleg hidrofobnosti prisotni še drugi mehanizmi, ki zavirajo glivni razkroj. Eden izmed možnih vzrokov je, da se je na notranji strani celične stene oblikoval film-kariera, ki zavira prodiranje glivnih encimov v celično steno in razgradnih produktov iz celične stene proti hifi. Druga možnost pa je, da imajo posamezni hidrofojni pripravki že sami po sebi fungicidni učinek. To bi bilo potrebno preveriti v eni od nadaljnjih raziskav.

## 5 SKLEPI

Med hidrofobnimi pripravki, ki smo jih uporabili za impregnacijo smrekovih vzorcev, je v les najboljše prodrlo protektin ( $765 \text{ kg/m}^3$ ). Zelo dobro sta v smrekov les prodrli tudi 10% parafinska emulzija ( $759 \text{ kg/m}^3$ ) in silikonska emulzija ( $721 \text{ kg/m}^3$ ).

Med testiranimi hidrofobnimi pripravki je v les najslabše prodrlo rustikal olje ( $258 \text{ kg/m}^3$ ). Poleg rustikal olja je v les slabo prodrlo tudi nerazredčeno tungovo olje ( $326 \text{ kg/m}^3$ ). Po drugi strani smo opazili, relativno nizke suhe navzeme pri vzorcih impregniranih s hidrofobnimi pripravki, ki so dobro prodrli v les. Ugotovili smo, da hidrofozna sredstva z nižjimi koncentracijami, boljše prodirajo v les, kot hidrofozna sredstva z večjimi koncentracijami.

Kontrolni, neimpregnirani smrekovi vzorci, so po izpostavitvi glivam izgubili med 24,5 in 33,5 % svoje mase. Najvišjo izgubo mase pri kontrolnih vzorcih smo opazili po dvanajsttedenski izpostavitvi sivi hišni gobi, najnižjo pa po delovanju bele hišne gobe.

Vzorci zaščiteni s 25 % parafinsko emulzijo so bili najboljše zaščiteni pred glivami rjave trohnobe, saj je bila izguba mase po izpostavitvi vsem trem testiranim glivam nižja od 3 %, in tako edina zadostila zahtevam standarda SIST EN 113. Vzorci impregnirani z 10 % parafinsko emulzijo so bili relativno dobro zaščiteni pred belo hišno gobo in navadno tramovko, ne pa pred sivo hišno gobo. Najslabše fungicidne lastnosti pa smo opazili pri lesu impregniranem s protektinom, ki močno odstopa od ostalih testiranih impregnacij.



## 6 POVZETEK

Les je naravni kompozit, ki je človeku skozi zgodovino predstavljal material za izdelavo najrazličnejših izdelkov in konstrukcij. V času uporabe pa so ti izdelki in konstrukcije izpostavljene različnim abiotskim in biotskim vplivom, ki povzročajo na lesu raznolike poškodbe. V našem podnebnem pasu so glive najpomembnejši biotski dejavnik razkroja lesa. Da bi lesu podaljšali življenjsko dobo na naravnem način, vse bolj v ospredje prihaja nebiocidna zaščita lesa.

Pri raziskavi smo uporabili različne hidrofozne pripravke (tungovo olje, laneno olje, rustikal olje, parafinsko emulzijo, silikonsko emulzijo, protektin), da bi lesene vzorce zaščitili pred glivami rjave trohnobe.

Ugotovili smo, da je izmed vseh hidrofoznih pripravkov v les najboljše prodrli protektin. Med testiranimi hidrofoznimi pripravki pa je v les najslabše prodrlo rustikal olje. Po drugi strani pa smo opazili, relativno nizke suhe navzeme pri vzorcih impregniranih s hidrofoznimi pripravki, ki so dobro prodrli v les.

Najvišjo izgubo mase pri kontrolnih vzorcih smo opazili po dvanajst tedenski izpostavitvi sivi hišni gobi, najnižjo pa po delovanju bele hišne gobe. Od vseh hidrofoznih pripravkov, je bila najbolj učinkovita parafinska emulzija 25 %, saj je bila izguba mase vzorcev po izpostavitvi vsem trem testiranim glivam nižja od 3 %. Najslabše fungicidne lastnosti pa smo opazili pri vzorcih impregniranih s protektinom, ki močno odstopa od ostalih testiranih impregnacij.

## 7 VIRI

Bela hišna gob: <http://www.holz-schimmel.de/antrodia.html> (31.8.2010)

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

Bolta M. 2007. Uporaba infrardeče spektroskopije za preiskave tradicionalnih premaznih sistemov za les. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 63 str.

Budija F. 2008. Tungovo olje. Les, 60, 4: 142–147

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

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

Čufar K. 2008. Lastnosti izbranih lesnih vrst za gradnjo. V: Gradnja z lesom – izziv in priložnosti za Slovenijo. Kitek Kuzman M. (ur.). Ljubljana: 74-77

Dinwoodie J. 2000. Timber: Its nature and behaviour. London, E & FN Spon: 257 str.

Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood – decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 250 str.

Gerardin P. 2004. Contribution of gums to natural durability of *Prosopis africana* heartwood. Holzforseung, 58: 39-44

Gettens R. J., Stout G. L. 1966. Painting Materials: A Short encyclopedia. New York, Dover Publications: 333 str.

Guidice A. 2001. The Seven Essentials of Woodworking. New York, Sterling Publishing Company, Inc.: 128 str.

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.

Humar M. 2008. Tramovka – najbolj kozmopolitanska lesna gliva. Les, 60, 4: 159

Humar M. 2008. Bela hišna goba – gliva, ki razkraja tudi zaščiten les. Les, 60, 2: 77

Humar M. 2008. Zaščita lesa – kam gremo?. V: Gradnja z lesom – izziv in priložnosti za Slovenijo. Kitek Kuzman M. (ur.). Ljubljana: 102-107

Jewitt J. 1997. Hand-Applied Finishes. Newtown. Taunton Press: 208 str.

- Knothe G. 2002. Structure Indices in FA Chemistry. How relevant is the iodine value? *Journal of the American Chemical Society*, 79: 847-854
- Lesar B., Petrič M., Kričej B., Humar M. 2009. Voski in njihova uporaba v lesarstvu. *Les*, 61, 5: 191
- McElroy W. 1987. *Painter's Handbook*. Carlsbad, Craftsman Book Company: 318 str.
- Navadna tramovka:  
[http://www.messiah.edu/Oakes/fungi\\_on\\_wood/poroid%20fungi/images/G%20sepiariumGB.jpg](http://www.messiah.edu/Oakes/fungi_on_wood/poroid%20fungi/images/G%20sepiariumGB.jpg) (31.8.2010)
- Panshin A., De Zeeuw C. 1980. *Textbook of Wood Technology*. 4 izd. McGraw-Hill, New York: 722 str.
- Pohleven F. 2008a. Siva hišna goba ali hišni lesomor (*Serpula lacrymans*). *Les*, 60, 5: 214
- Pohleven F. 2008. Konstrukcijska zaščita lesa pred škodljivci. V: *Gradnja z lesom – izziv in priložnosti za Slovenijo*. Kitek Kuzman M. (ur.). Ljubljana: 96–100
- Raspor P. 1995. *Zbirka industrijskih mikroorganizmov* Ljubljana, Katalog biokultur. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 98 str.
- Rayner A.D.M, Boddy L. 1995. *Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology*. New York, John Wiley & Sons: 587 str.
- Schmidt O. 1994. *Holz – Bauenpilze*. Berlin, Springer – verlag: 246 str.
- SIST EN 350-1:1995. Trajnost lesa in lesnih izdelkov – Naravna trajnost masivnega lesa – 1. del: Navodila za osnove preskušanja in klasifikacije naravne trajnosti lesa. 1995: 20 str.
- SIST EN 335-1/2:2006. Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Definicija uporabnosti razredov – 1. in 2. del. 2006: 23 str.
- Siva hišna goba: <http://www.mirado.nl/ZwamPics/kelderzwam-3.jpg> (31.8.2010)
- Šernek M. 2008. Konstrukcijski kompozitni les. V: *Gradnja z lesom – izziv in priložnosti za Slovenijo*. Kitek Kuzman M. (ur.). Ljubljana: 84
- Zabel R.A., Morrell J.J. 1992. *Wood Microbiology, Decay and its prevention*. San Diego, New York, Academic press: 476 str.

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Mihi Humarju za pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

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

Zahvaljujem se Boštjanu Lesarju za pomoč pri eksperimentalnem delu.

Zahvaljujem pa se tudi družini, fantu Nejcu in prijateljem, ki so mi v času študija stali ob strani.

