

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sašo ŠENEKAR

**OBARVANJE JAVORJEVINE Z GLIVAMI
MODRIVKAMI IN PLESNIMI**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sašo ŠENEKAR

**OBARVANJE JAVORJEVINE Z GLIVAMI MODRIVKAMI IN
PLESNIMI**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij - 1. stopnja

**SPALTING OF ACER WOOD WITH BLUE STAIN AND MOULD
FUNGI**

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Lesarstva – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno 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 dela imenoval prof. dr. Miha Humarja, za somentorja asist. dr. Nejca Thalerja in za recenzenta doc. dr. Boštjana Lesarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisni izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Sašo Šenekar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 630*844.1
KG	glive bele trohnobe/glive plesni/javor/barvne spremembe
ŠS	ŠENEKAR, Sašo
HM	HUMAR, Miha(mentor)/LESAR, Boštjan(recenzent)/THALER, Nejc(somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	OBARVANJE JAVORJEVINE Z GLIVAMI MODRIVKAMI IN PLESNIMI
TD	Diplomski projekt (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
OP	VIII, 30 str., 3 pregl., 25 sl., 20 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V preteklosti so barvne spremembe lesa, ki so bile posledica okužbe z glivami, veljale za napake lesa, danes pa so ponekod zaželeni. Namen raziskave je preučiti barvne spremembe in izgubo mase lesa javorja, ki so posledica okužbe lesa z glivami. Uporabil smo kombinacijo gliv bele trohnobe in dve glivi plesni. Manjšim vzorcem, ki so bili izdelani iz lesa poljskega javorja – maklen, sem numerično določil barvni ton po sistemu CIELAB, pred in po štiri oziroma osem tedenski izpostavitvi. Sočasno smo večje kose lesa izpostavili enakim kombinacijam gliv za osem tednov. Na osnovi rezultatov smo ugotovili, da smo priča barvnim spremembam na lesu izpostavljenim pri plesnim kakor tudi glivam bele trohnobe. Glive plesni so izrazito spremenile barvni ton lesa, hkrati so glive bele trohnobe tvorile konske linije. Rezultati izgube mase so kazali dobre in slabe znake. Medtem ko je pri plesnih prišlo do manjših izgub mase, je pri glivah bele trohnobe prišlo do velikih padcev v masi, za približno 20 %. Velike izgube mase pomenijo izgube v mehanskih lastnostih in s tem padec vrednosti. Večji vzorci so pred odstranitvijo zgornjega sloja kazali optimistične rezultate, vendar po odstranitvi so bile vidne le manjše barvne spremembe, ki niso dosegale pričakovanj. Na podlagi teh ugotovitev sklepam, da pri večjih vzorcih potrebujemo več časa za zadovoljive barvne spremembe.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1
DC UDC 630*844.1
CX white rot fungi/staining fungi/acer wood/colour changes
AU ŠNEKAR, Sašo
AA HUMAR, Miha(supervisor)/LESAR, Boštjan(co-supervisor)/THALER, Nejc(co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2016
TY SPALTING OF ACER WOOD WITH BLUE STAIN AND MOULD FUNGI
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
NO VIII, 30 p., 3 tab., 25 fig., 20 ref.
LA sl
Al sl/en
AB In the past, the color changes of wood, which were caused by fungi, were considered as wood defects, but today they are sometimes desired. The purpose of the research is to study the color change and weight loss of maple wood, which is caused by fungi infection. We used a combination of white rot and mold fungi. The smaller samples, which were made of field maple wood, had their color tone numerically determined with the CIELAB system, before and after a four and eight weeks of exposure. At the same time, bigger samples of wood were exposed to the same fungi combinations. Based on the results, we found out that color changes appear no matter what fungi we used. Mold fungi have drastically changes the color tone of the samples, while white rot fungi formed zone lines. The weight loss results showed good and bad sings. Mold fungi samples lost only a small portion of their weight, while on the other hand, the white rot fungi samples lost up to 20 % of their weight, Great weight loss means loss in mechanical properties and thereby fall in value. Larger samples showed optimistic results on their surface, but after removing the upper layer only minor color changes were present, which did not match our expectations. Based on these findings, we conclude that the larger samples would need more time to satisfy our expectations.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	2-1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	2-1
1.2 CILJ NALOGE	2-2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE.....	2-2
2 PREGLED OBJAV	2-3
2.1 JAVOR (ACER SP.).....	2-3
2.1.1 Botanični opis poljskega javorja in njegova razširjenost	2-3
2.1.2 Makroskopske značilnosti lesa poljskega javorja	2-4
2.1.3 Mikroskopske značilnosti poljskega javorja.....	2-4
2.2 DISKOLORACIJA LESA ZARADI GLIV	2-5
2.3 PIRAVOST LESA	2-5
2.3.1 Glive bele trohnobe.....	2-6
2.3.2 Plesni.....	2-8
2.3.3 Interakcija gliv in lesa	2-9
2.4 NAČINI BARVANJA LESA Z GLIVAMI	2-10
2.5 CIELAB - SISTEM	2-12
3 MATERIALI IN METODE	2-13
3.1 MATERIAL	2-13
3.1.1 Vzorci.....	2-13
3.1.2 Uporabljene glive.....	2-13
3.1.3 Oprema, pripomočki in orodja	2-14
3.2 METODE.....	2-18
3.2.1 Priprava manjših vzorcev	2-18

3.2.2	Priprava hranilnega gojišča in cepitev gliv in plesni na manjše vzorce ..2-18	
3.2.3	Priprava večjih vzorcev.....	2-21
3.2.4	Priprava vermikulita in inokulacija večjih vzorcev	2-21
3.2.5	Meritev spremembe barve	2-22
3.2.6	Določanje spremembe mase.....	2-23
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	2-23
4.1	SPREMEMBA BARVE MANJŠIH VZORCEV PO 4 IN 8 TEDNIH.....	2-23
4.2	SPREMEMBA BARVE PO CIELAB SISTEMU	2-26
4.3	VIZUALNA OCENA VEČJIH VZORCEV	2-29
4.4	IZGUBA MASE VZORCEV	2-31
5	SKLEPI	2-34
6	VIRI	2-35

ZAHVALA

KAZALO SLIK

str.

Slika 1 : Stružena skleda iz bukovine na kateri so vidne conske linije značilne za piravost (Lamovšek, 2016).....	2-2
Slika 2 : Poljski javor (<i>Acer campestre</i>), (Wikipedija, 2016)	2-4
Slika 3 : Rumena, modra in rdeča diskoloracija smrekovine (Robinson in sod., 2013).....	2-5
Slika 4 : Bukova kresilna goba (<i>Fomes fomentarius</i>), (Reich, 2010)	2-6
Slika 5 : Pisana ploskocevka (<i>Trametes versicolor</i>), (Volk, 1997)	2-7
Slika 6 : Bukov ostrigar (<i>Pleurotus ostreatus</i>), (Gobe.si, 2014).....	2-8
Slika 7 : Obarvan agar z <i>Fusarium solani</i> , (Mycota, 2016).....	2-9
Slika 8 : Stružena skleda pobarvana z glivami (Robinson Sara C. 2013)	2-10
Slika 9 : CIELAB-sistem (Pavlič in sod, 2008)	2-12
Slika 10 : Ne izpostavljeni manjši vzorci	2-13
Slika 11 : Micelij gliv, ki so bile uporabljene za raziskavo.....	2-14
Slika 12 : Avtoklav za sterilizacijo vzorcev	2-15
Slika 13 : Brezprašna komora.....	2-15
Slika 14 : Rastna komora.....	2-16
Slika 15 : Laboratorijski sušilnik Kambič	2-16
Slika 16 : Laboratorijska tehtnica Precisa gravimetrics ep 320.....	2-17
Slika 17 : Računalniška oprema za preslikavo vzorcev in CIELAB analizo	2-17
Slika 18 : Spremljevalni vzorec, ki kaže znake obarvanja po štirih tednih	2-21
Slika 19 : Izpostavljeni večji vzorci v plastičnih posodah	2-22
Slika 20 : Barvne spremembe vzorca po 4 in 8 tednih izpostavitve.....	2-23
Slika 21 : Vidne sledi sijaja po osmih tednih izpostavitve	2-24
Slika 22 : Oranžno rjavo obarvanje po štiri tedenski izpostavitvi.....	2-24
Slika 23 : Prelivanje svetlejših v temnejše odtenke.....	2-24
Slika 24 : Vzorec brez sledi sijaja	2-25
Slika 25 : Barvne spremembe večjih vzorcev	2-30

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1 : Kombinacija gliv, čas in trajanje izpostavitve.....	2-20
Preglednica 2 : CIELAB-sistem analiza.....	2-27
Preglednica 3 : Izgube mas vzorcev po 4 in 8 tednih izpostavitve.....	2-32

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Les v zadnjem obdobju postaja vedno bolj popularen za izdelavo raznolikih, predvsem unikatnih predmetov. Pozornost kupcev in medijev pritegnejo lesena očala, pisala, vaze, okraski in drugi podobni butični izdelki. Z namenom povečevanja edinstvenosti oziroma unikatnosti teh predmetov, se še posebej v Severni Ameriki uveljavlja obarvanje lesa z glivami. V preteklosti smo določene barvne spremembe pogosto obravnavali kot napake, danes pa so te barvne spremembe ponekod celo zaželeno. Temu je vzrok njihov unikaten videz in barvni ton. Ključno vprašanje pri obarvanju lesa je, katero glivo izbrati za posamezen tip obarvanja. Ton in intenziteta obarvanja sta namreč pogosto močno odvisna od uporabljene lesne vrste. Za glivno obarvanje lesa so praviloma primernejše svetlejši in homogene lesne vrste, kot so bor, bukev, breza in javor. Jedrovina zaradi prisotnih sekundarnih metabolitov ni zaželena, saj ekstraktivi zavirajo rast gliv in tako tudi preprečujejo glivna obarvanja.

Že v otroških letih me je vedno fasciniral les, ki je bil izpostavljen glivam, ker se je ista drevesna vrsta zelo razlikovala od drevesa do drevesa, zaradi edinstvenih linij, lis ali barvnih nians. To zanimanje me je usmerilo v lesarske vode in moj interes je z leti šolanja in študija naraščal. Hkrati so me predavanja in vaje pri predmetu lesni škodljivci in zaščita lesa navdušila k bolj podrobnemu vpogledu v znanost interakcije lesa in gliv. Zato sem se v okviru diplomske naloge odločil preučiti, kakšna bo interakcija lesa javorja z v nadaljevanju navedenimi glivami in njihovimi kombinacijami.

Les javorja je zelo cenjen v slovenski lesarski industriji in tudi drugod po svetu. Vzrok za visok ugled javorjevine je plemenit videz, zanimiva tekstura, dobre mehanske lastnosti, kakovost Javor maklen, ki ga omenjam v tej diplomski nalogi, je ob gorskem in trolistem javorju zelo pomembna vrsta za naše čebelarje. Konec aprila in maja maklen izloča medicino in cvetni prah, medenje pa se nadaljuje tudi pozneje, ko že odcveti. Veliko žuželk izkorišča mlade peclje listov in cvetove za tvorbo mane (Brus, 2007). Mana je po eni strani zelo zaželena z vidika čebelarjev, a po drugi strani zelo preganjana s strani šoferjev, ker maže vetrobranska stekla v senci parkiranih avtomobilov.

Maklen sodi med primerne drevesne vrste za živo mejo. Dobro se odnese za žive meje, ki so široke 3 do 4 metre in visoke 60 do 70 cm. Povsod dobro uspeva in je neobčutljiv na obrezovanje in obžagovanje. Obrezovanje drevesa spodbuja bujno rast poganjkov, zaradi česar lahko posadimo dve drevesi na razdalji enega metra in bo kljub temu živa meja gosta (Tomažič, 2013).

Stanislav Lamovšek je slovenski mizar, ki uporablja svoje znanje o lesu in struženju, da ustvari unikatne lesene stružene izdelke. Zato uporablja različne vrste lesa, med njimi

najdemo tudi les, ki je bil izpostavljen glivam. To daje struženim izdelkom edinstven videz, hkrati pa dokazuje, da je možno uporabiti tudi les, tudi če je bil okužen z glivami. Seveda struženje delno razkrojenega lesa zahteva veliko izkušenj in znanja.



Slika 1 : Stružena skleda iz bukovine na kateri so vidne conske linije značilne za piravost (Lamovšek, 2016)

1.2 CILJ NALOGE

Namen naloge je preučiti vpliv kolonizacije različnih gliv in plesni na večje in manjše vzorce lesa javorja (*Acer sp.*) z izbranimi glivami bele trohnobe in glivami plesnimi na barvo in estetski videz lesa. Prav tako nas zanima kakšna je izguba mase manjših vzorcev. Izguba mase je dober indikator razkroja in s tem nakazuje uporabnost obarvanega lesa. Manjše vzorce smo kolonizirali 4 in 8 tednov. Večje vzorce smo izpostavili lesnim glivam za 8 tednov, vmes pa smo spremljali intenzivnost obarvanja s pomočjo manjših testnih kosov.

Cilj naloge je bil določiti, kako intenziven je ton obarvanja lesa po navedeni časovni izpostavitvi vzorcev ter v kolikšni meri s takim postopkom les izgubi maso in s tem povezane lastnosti. Vzoredno smo spremljali tudi obarvanje večjih vzorcev, ki so bili izpostavljeni glivam v vermikulitu.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da so po končani kolonizaciji najbolj intenzivna obarvanja pričakovana na vzorcih, ki so bili izpostavljeni 8 tednov. Hkrati je pričakovana večja izguba mase vzorcev, ki so bili izpostavljeni glivam bele trohnobe.

Predvidevamo tudi da je obarvanje lesa močno odvisno od uporabljene glive ali plesni oziroma kombinacije dveh ali več gliv.

2 PREGLED OBJAV

2.1 JAVOR (ACER SP.)

Javorji so večinoma drevesa, včasih tudi grmi. Listi so dlanasto krpati, redko enostavni ali pernato sestavljeni. Plodovi (pokovci) so sestavljeni iz dveh krilatih plodičev (oreščkov). Izvorni center javorjev je vzhodna Azija. Znanih je med 150 do 200 vrst javorjev, ki uspevajo na severni polobli. V Sloveniji raste 6 samoniklih vrst kot so : gorski javor (*Acer pseudoplatanus*), ostrolistni javor (*Acer platanoides*), maklen (*Acer campestre*), trokrpi javor (*Acer monspessulanum*), topokrpi javor (*Acer obtusatum*) in tatarski javor (*Acer tataricum*) (Brus, 2011). V nadaljevanju diplomske naloge bom govoril o poljskemu javorju maklen, saj sodeč po lokaciji rasti sklepamo, da gre za to vrsto.

2.1.1 Botanični opis poljskega javorja in njegova razširjenost

Acer campestre L. – maklen ali poljski javor je listopadno drevo visoko do 20 m in s premerom debela do 0,5 m. Skorja na deblu je drobno mrežasto razpokana. Koreninski sistem je srčast in se ne razrašča globoko. Poganjki so svetlo rjavi, tanki in goli. Brsti so jajčasti in drobni. Listi so v primerjavi z ostali javorji manjši, široki 5 do 10 cm in 3 do 7 cm dolgi, dlanasto krpati ali dlanasto deljeni. Listi so sprva dlakavi, nato zgoraj goli in temnejši, spodaj svetlejši in goli ali fino dlakavi. Pecelj je rdečkast in vsebuje bel mlečni sok. Cvetovi so po 10-20 združeni v rumenkasto zelen češuljasta socvetja, cvetovi so hermafroditi (dvospolni). Zaradi obilnega cvetenja je maklen primeren za čebeljo pašo, plodovi pa so pomembna hrana za nekatere ptice. Krilata delna plodiča rasteta pod kotom 180°, sta rdečkasta ali zelena in dolga 2,5 do 3 cm (Brus, 2011).

Maklen najraje raste na rahlih, globokih in s humusom bogatih tleh na apnenčasti podlagi. Kisla rastišča slabše prenaša. Dobro je prilagojen na sušo ali vlažna poplavljenata tla. V primerjavi z gorskim in ostrolistnim javorjem potrebuje več toplote v času rasti, sicer pa je skromnejši. Dobro prenaša senco, zimski mraz ali pozebo. Pozna pozeba lahko poškoduje mlade sadike v drevesnici (Brus, 2011).

Poljski javor raste v srednji, vzhodni in zahodni Evropi V severni Evropi uspeva zgolj na skrajnem jugu Skandinavije. Prav tako ni razširjen v večini Španije . Pogosto ga opazimo na Apeninskem in Balkanskem polotoku, nekaj nahajališč je tudi v severni Afriki. Naravno je razširjen po skoraj vsej Sloveniji. Raste predvsem v nižinah in gričevju. Redko uspeva nad 800 m n. v.. Najpogostejši je v nižinskih hrastovih gozdovih redkejšega sestoja. Najraje raste na gozdnih robovih. Dobro uspeva v spodnji plasti hrastovih gozdov in s tem pomaga k lepšemu oblikovanju hrastovih debel (Brus, 2011).



Slika 2 : Poljski javor (*Acer campestre*), (Poljski javor, 2016)

2.1.2 Makroskopske značilnosti lesa poljskega javorja

Les različnih vrst javorja je med seboj zelo težko razlikovati, manjše in ne zelo zanesljive razlike so opazne zgolj na mikroskopskem nivoju, kvaliteta in lastnosti lesa pa so povsem primerljive. Gostota javorjevine je med 480 in 750 kg/m³. pri čemer je lep poljskega javorja nekoliko gostejši od gorskega. Les se zmerno krči, je stabilen, trd, trden, žilav in elastičen. Njegova zgradba je homogena. Lesa različnih javorjev med seboj ne moremo zanesljivo razlikovati, saj so si med seboj zelo podobni. Les poljskega javorja nima obarvane jedrovine. Razvidna je le manjša barvna razlika med beljavo in jedrovino. Les ima svilnat lesk, ki se razteza od rumenkastobeale do rahlo rdečkaste barve. Branike se zaradi temnejše barve dobro opazijo. Trakovi so dokaj široki, na gosto posajeni, zato so v radialni smeri razvidni kot gosta rdečkasta zrcala, ki bistveno vplivajo na videz lesa (Čufar, 2006).

2.1.3 Mikroskopske značilnosti poljskega javorja

Javor spada med difuzno porozne listavce. Njegove pore so široko razporejene in samostojne (Schoch in sod., 2006).

Traheje so na prečnem prerezu vidne le z lupo, na vzdolžnih površinah pa jih vidimo s prostim očesom. Trakovi javorja so dokaj široki, v velikem številu posejani po površini. Na prečnem prerezu tvorijo z letnicami radialno usmerjene pravokotnike, na radialnem prerezu so razvidni kot gosta rdečkasta zrcala (Čufar, 2006).

Javor ima več redne trakove, sestavljene iz 40 do 50 parenhinskih celic. Les različnih javorjev ima lahko od dvo- do osem-redne trakove (t.j. širine od dveh do osem celic) različnih višin. Ta lastnost je ključna pri prepoznavanju različnih vrst javorjev; na primer,

gorski javor ima do osem-redne trakove višine do 1 mm, ostrolistni do pet-redne višine do 600 μm , poljski pa od dvo-do štiri-redne višine do 800 μm . (Schoch in sod., 2006).

2.2 DISKOLORACIJA LESA ZARADI GLIV

Okuženost lesa z lesnimi glivami se najprej pokaže v spremembi naravne barve lesa, sočasno pa začne les izgubljati maso in mehanske lastnosti. Sprememba barve lesa je pogosto najzanesljivejše znamenje da je les okužen z glivami. Pri tem je treba upoštevati, da lahko barvne spremembe povzročijo tudi abiotski dejavniki kot so ostanki kovin, UV sevanje ... Intenzivna sprememba barve je zanesljiv dokaz, da jo povzročajo glive. Les okužen z s plesnimi glivami je najrazličnejših barv in odtenkov: od rožnatih, rdečih, oranžnih, rjavih, zelenih, modrih, sivih do črnih. Tudi obarvanost je različno razporejena po lesu. Lahko je pikčasta, pegasta ali razporejena v madežih. Obarvanje gliv modrivk prepoznamo po tem, da je po navadi omejeno le na beljavo. Če les postaja zmerno svetlejši lahko sklepamo, da je okužen z glivami bele trohnobe, ki razgrajujejo predvsem lignin. Za piravost so značilne črne conske črte. V kolikor opazimo, da les postaja vse temnejši, je verjetno okužen z glivami, ki povzročajo rjavo trohnobo, ki razgrajujejo celulozo, rjave ostanke lignina pa puščajo za seboj (Benko in sod, 1987).



Slika 3 : Rumena, modra in rdeča diskoloracija smrekovine (Robinson in sod., 2013)

2.3 PIRAVOST LESA

Piravost je vrsta bele trohnobe, ki se pojavlja na nekaterih listavcih, najpogosteje na bukovini. Od običajne bele trohnobe se razlikuje po neenakomernem razkroju, do katerega pride zaradi sočasne okužbe z različnimi vrstami gliv. Piravost se po navadi pojavi po oksidativnem obarvanju parenhimskih celic jedrovine (rdečo srce). Tem abiotskim dejavniku pogosto sledi biotični dejavnik, to je glivna okužba. Piravo lahko postane tudi

stoječe drevo, in sicer osrednji del debla. Pogoj, da na stoječem drevesu nastane piravost je odprta rana na deblu drevesa ali poškodba koreninskega sistema.

Piravost se zagotovo pojavi če hlodovino pustimo ležati v gozdu med poletnimi meseci ali vse leto. Barva piravega lesa je bela, rumenkasta do svetlo rjava (Benko in sod, 1987).

2.3.1 Glive bele trohnobe

Razkroje gliv bele trohnobe je usmerjen predvsem v razgradnjo lignina. Zaradi tega postane les svetlejši od svoje naravne barve. Če je les okužen z različnimi vrstami bele trohnobe, ga pogosto spoznamo po temnih črtah, ki ločujejo območja različno razkrojenega lesa (Benko in sod, 1987). Temu pojavu pravimo tudi piravost.

V nadaljevanju so opisane glive bele trohnobe, ki smo jih uporabili v tej raziskavi.

Fomes fomentarius – bukova kresilna goba ali kresilna goba je zelo razširjena v Evropi in Ameriki. Pojavlja se kot parazit na stoječih drevesih, panjih. Zelo redko okuži suh in obdelan les. Najpogosteje jo najdemo na bukvi, brezi in gabru.

Doseže lahko do 50 cm v širino, trosnjaki so večlistni in konzolaste ali kopitaste oblike. Skorja trosnjaka je sivo do temno sive barve v koncentričnih pasovih. Optimalna temperatura za rast je med 10 in 30 °C. Maksimalna temperatura ugodne rasti je okoli 36 °C. V prvi stopnji razkroja dobi lesno tkivo temnorjavo barvo, zunanji videz in trohnoba lesa ostaneta nespremenjena. V drugi stopnji trhel les postane belo rumen pojavljati se začnejo črne črte in linije, ki ločijo dele neenake stopnje razkroja. Les postane porozen, krhek, na videz puhast.

Bukova kresilna goba je najpogostejši drevesni parazit predvsem v naših gozdovih. Najpogosteje jo najdemo na starejših bukovih drevesih. Zaradi okužbe pa les izgubi svoje mehanske lastnosti (Benko in sod, 1987).



Slika 4 : Bukova kresilna goba (*Fomes fomentarius*), (Reich, 2010)

Trametes versicolor - pisana ploskocevka je gliva, ki sodi med najbolj razširjene vrste na svetu. Najdemo jo predvsem na listavcih, le redko pa tudi na iglavcih. Zelo pogosto se pojavlja na hlodovini in štorih, najdemo jo tudi na jamskem lesu, pragovih, drogovih ipd. Trosnjaki so različnih barv in najpogostejše konzolaste oblike, diskasti in tanki. Lahko so beli, rumeni, rjavi, rdečkasti, sivkasti pa tudi črni. Gliva je zelo odporna proti dolgotrajni suši in visokim temperaturam. Optimalna temperatura rasti je okoli 30 °C.

Gliva povzroča belo trohnobo beljave, pri manj odpornih vrstah pa okuži tudi jedrovino. V prvi fazi dobi les bele pege, pozneje postane popolnoma bel in lahek. Gliva razgraja lignin in celulozo. V 4 mesecih lahko les izgubi več kot 35 % svoje mase (Benko in sod, 1987).



Slika 5 : Pisana ploskocevka (*Trametes versicolor*), (Volk, 1997)

Pleurotus ostreatus - poznamo ga tudi pod imeni pozni školjkar, zimski ostrigar, bukov ali preprosto ostrigar. Bukov ostrigar je razširjen v zmernem in subtropskem podnebnem pasu severne poloble. Gliva je tipičen saprofit, ki ga najdemo predvsem na lesu listavcev, najpogostejše na bukovini. Navadno na konstrukcijskem lesu ne povzroča škode. V novjšem času poročajo o škodi, ki jo ta gliva povzroča na vezanih, ivernih ploščah in podobnih kompozitih. Zato se ta gliva uveljavlja kot standardna gliva za testiranje odpornosti teh plošč na glivni razkroj. Povzroča tipično belo trohnobo. Klobuk ostrigarja spominja na školjko, veliki so od 5 do 15 cm, so sivorjave do rumenkasto rjave barve. Izrašča v šopih. Bukovem ostrigarju ustreza temperatura okoli 27 °C ter vlažnost lesa med 60 % in 80 %. Gliva ne prenese sušnih obdobj, rast gob pa izzove temperaturni šok, ko temperatura pade vsaj pod 15 °C, zato jo imenujemo zimski ostrigar, saj se tako nizke temperature pojavijo predvsem v poznih jesenskih mesecih (Humar, 2008)

Bukov ostrigar je užitna vsestranska goba, za uživanje so primerne le mlade gobe. Raste skupinsko v tesnih šopih. Največkrat jo vidimo na bukovih štorih, pa tudi na lesu drugega drevja. V iglastih gozdovih raste tudi na smrekovih panjih. Umetno ga gojijo na slami (gobe.si, 2014).



Slika 6 : Bukov ostrigar (*Pleurotus ostreatus*), (Gobe.si, 2014)

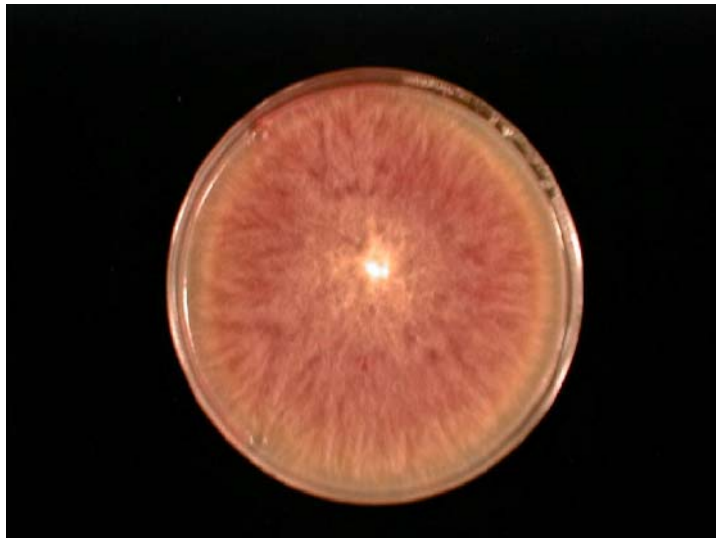
2.3.2 Plesni

Razširjene so po sem svetu in so povečini parazitske vrste. Med njimi je tudi veliko saprofitov, ki na lesu povzročajo površinska in globinska obarvanja. Najdemo jih na hlodovini, žaganem lesu, iverju ... Na površini lesa so plesni vidne kot puhaste, belkaste, sivkaste, zelene, modrozeleno ali rumenkaste obloge. Površinska obarvanja se pojavljajo v obliki pik in prog in povzročajo estetske spremembe lesa. Površinsko obarvanje sega največ 2 mm globoko v les in je praviloma žive barve. Globinsko obarvanje je pomembnejše in bolj škodljivo od površinskega saj se lahko v kasnejših stopnjah odraža tudi kot mehka trohnoba. Površina lesa po navadi deluje zdrava, a notranjost je močno obarvana in sega vsaj 5 mm globoko. Najpogostejša globinska obarvanja so modre in sive barve. Najprimernejša temperatura za plesni je med 22 in 23 °C vendar nekatere obdržijo vitalnost tudi pri bistveno širšem razponu med -18 in 50 °C. Obarvan les nima bistveno manjše komercialne vrednosti, če obarvanja ne segajo pregloboko. V tem primeru je škoda primerljiva s škodo, ki jo povzročajo glive modrivke. Takšen les lahko uporabimo le za dele, ki niso vidni. Dan danes se takšen trend gospodarjenja počasi opušča, saj postaja obarvan les vedno bolj cenjen. Na lesnih skladiščih v Sloveniji se pojavljajo plesni, ki obarvajo les predvsem v črne, modre, rjave, rdeče in zeleno rumene odtenke (Benko in sod, 1987).

V nadaljevanju sta opisani dve glivi plesni, ki smo jih uporabili pri izvajanju poskusov obarvanja lesa.

Fusarium solani - je plesen, ki se predvsem pojavlja na listavcih in nekaterih iglavcih (bor) in povzroča predvsem površinsko rdeče obarvanje (Benko in sod, 1987). Mnogo vrst iz rodu *Fusarium* je patogenih, zato je potrebna velika pozornost pri izbiri in identifikaciji vrste preden pričnemo z postopkom okužbe lesa. Praviloma pri teh vrstah ne pride do razgradnje lesa (Robinson in sod., 2016).

Prva obarvanja na hranilnem gojišču se pojavijo 10 do 14 dni po inkubaciji; Za razvoj obarvanja je potreba tudi dnevna izpostavljenost svetlobi. Ta vrsta glive dobro uspeva pri 25 °C (Mycology Online, 2001).



Slika 7 : Obarvan agar z *Fusarium solani*, (Fusarium, 2016)

Gliocladium viride- je hitrorastoča vrsta plesni, puhaste teksture, ki spominja na bombaž. Micelij je bele barve, ki se s časoma obarva rumenkasto-zeleno do rjavo. Dobro uspeva pri temperaturah med 25 in 30 °C (synapse.koreamed.org, 2010).

2.3.3 Interakcija gliv in lesa

Mizarji že dolgo uporabljajo les okužen z glivami. Glive ustvarjajo edinstvene barve in vzorce na površini lesa. Največ takšnega lesa se najde v gozdu. Ker povpraševanje pogosto presega ponudbo, se povečuje zanimanje tudi za umetno izpostavljen les glivam. Na spletu je moč najti veliko domačih receptov, kako uspešno okužiti les z glivami in dobiti lepo obarvan les. Problem, s katerim se srečujemo, je pomanjkanje znanstvenih raziskav o interakcijah med različnimi glivami in lesom. Za vse glive ni znano kakšno barvo tvorijo, ter kako dolgo je lahko les izpostavljen glivam, da ne pride do znatne izgube mase. Kljub temu obstaja nekaj podatkov o glivah, za katere je znano, kakšne barvne odtenke tvorijo in kakšni tipi obarvanja obstajajo. Pojavlja se več tipov, najbolj pogosti pa so naslednji trije tipi; pigmentacija, beljenje ali posvetlitev in piravost (Robinson in sod., 2007).

Prvi tip obarvanja povzročajo pigmentne glive, ki povzročajo barvne madeže na površini, pogosto pa tudi v globini lesa. Ti madeži so pogosto modre ali črne barve in nastanejo v beljavi, pojavijo pa se tudi v jedrovini, če le-ta nima visoke koncentracije ekstraktivnih snovi. Te glive spadajo med glive, ki ne razkrajajo lesa, saj ne razgrajujejo strukturnih komponent lesa, temveč le sladkorje in snovi z nizko molekulsko maso. Ko se ta vrsta gliv razrašča preko pikenj, s tem poveča permeabilnost lesa, saj odstranijo depozite na membranah in tile, na ta način pa omogočijo hitrejši pretok vode skozi les. Po drugi strani s tem povečajo dovzetnost lesa za razkroj drugim glivam (Robinson in sod., 2007).

Drugi tip obarvanj nastane zaradi delovanja gliv bele trohnobe, ki na lesu povzročijo učinek beljenja. Glive bele trohnobe so prisotne v beljavi in jedrovini in razkrajajo lignin. Pojav belega obarvanja lesa je lahko posledica odstranitve lignina, lahko pa je tudi povezan z razraščanjem belega micelija v celičnih stenah, kar se odraža v učinku beljenja. Te vrste gliv počasi razkrajajo les, zaradi tega se tudi masa in mehanske lastnosti lesa počasi spremenijo. Ob predlogi izpostavitvi lahko les postane popolnoma neuporaben (Robinson in sod., 2007).

Zadnji tip obarvanja je pojav črnih conskih linij oziroma piravosti. Do pojava conskih linij pride zaradi antagonizma med dvema glivama. Glivi lahko pripadata različnim vrstama ali celo isti vrsti. Črno obarvanje je obrambni mehanizem, ki ga povzročajo glive z namenom lastne zaščite in obrambe svojega teritorija. Pri tem tipu je izguba mase in mehanskih lastnosti zelo izrazita (Robinson in sod., 2007).



Slika 8 : Stružena skleda pobarvana z glivami (Robinson Sara C. 2013)

2.4 NAČINI BARVANJA LESA Z GLIVAMI

Robinson in sod. (2007) poročajo, da les enostavno obarvamo z glivami in dosežemo željen efekt. Po drugi strani se uporabniki pogosto srečujejo z veliko večjim izzivom, kako zavarovati les, da se obarvanje ne pojavi. Glavne skrivnosti pri obarvanju so povezane z izbiro načina obarvanja, prostora, kjer bomo izvajali postopek, in čas, ki ga želimo vložiti v ta postopek. V nadelavanju so opisane štiri metode, ki se stopnjujejo po težavnosti in stroških, sorazmerno pa se izboljšuje rezultat našega dela (Robinson in sod., 2007).

Prva metoda je hitra in umazana. Za ta pristop ne potrebujemo strokovnega znanja temveč veliko časa. Izbran les in glive na tesno zložimo in zakopljemo 15 cm globoko v zemljo. Pri zlaganju lesa nasujemo na površje micelij oziroma trosnjake glive, in po potrebi les rahlo zalijemo, da mu uravnamo vlažnost. Vlažnost lesa more znašati vsaj 30 % preden les pokrijemo z zemljo. Les nato pustimo zakopanega leto ali dve in ga občasno zalivamo, če

se pojavljajo sušna obdobja. Zanesljivost tega poskusa je nizka in znaša okoli 50 % (Robinson in sod., 2007).

Druga metoda je malenkost zahtevnejša, je pa zato hitrejša in bolj zanesljiva. Izbran les postavimo v prazen prostor in ga navlažimo, tako da je vlažnost lesa vsaj malo nad točko nasičenja celičnih sten. Na vzorce nato naneseemo micelij glive, ki smo jo predhodno vzgojili na hranilnem gojišču. Vzorce pokrijemo s plahto in se pustimo presenetiti. Priporočeno je, da prostor v katerem se izvaja ta poskus segrevamo na temperaturo med 20 in 30°C. Med časom inkubacije spremljamo vlažnost vzorcev in jih po potrebi zalijemo z vodo. Po treh do štirih mesecih vzorce odkrijemo, jih posušimo in preverimo stanje obarvanja. Za izvedbo tega načina je priporočeno, da je prostor prazen. Zanesljivost te metode je okoli 75 % (Robinson in sod., 2007).

Tretja metoda zahteva dobro razumevanje fiziologije gliv in poznavanje značilnosti lesa. V primerjavi s prejšnjima metodama, je njena zanesljivost bistveno večja in znaša kar 95 %. Za izvedbo je potrebna večja posoda v katero nalijemo 2 do 3 cm vode ali vermikulit, ki ga je treba predhodno navlažiti. Izbran les je potrebno nažagati na dimenzije, ki ustrezajo naši posodi. Micelij gliv s hranilnega gojišča naneseemo na vzorce in z njim zapolnimo prostore med vzorci. Po želji lahko tudi nasujemo vermikulit v špranje, da so vzorci obdani z vlago po celotni površini. Posodo postavimo v ogrevan prostor in spremljamo vlago vzorcev, ki ne sme pasti pod 30 %, ter narasti čez 35 %. Po treh do štirih mesecih dobimo zadovoljive rezultate (Robinson in sod., 2007).

Zadnja metoda je zelo zahtevna, ampak traja zgolj 1 do 2 uri. Zanesljivost rezultatov je skoraj 100 %. Za izvedbo te metode mora biti les v zadnji fazi svoje predelave, bodisi kot na primer kos pohištva, pribor ali stružena skleda. V prvem koraku postopka preverimo, ali je naše gojišče še aktivno in proizvaja barvilo. Hranilno gojišče vsujemo v stekleno posodo in ga prelijemo z acetonom ali diklorometanom. Posodo je potrebno 20 minut dobro mešati, nato tekočino prefiltriramo, da odstranimo trde koščke. Pridobljeno barvito tekočino lahko naneseemo na površino lesa s čopičem, polivanjem, potapljanjem, izpostavljanjem lesa podtlaku, ali za bolj natančni nanos uporabimo pipeto. Da dobimo bolj izrazit odtenek barve je priporočen večkratni nanos barvila na isto mesto. Če so na lesu prisotne conske linije, lahko te izkoristimo za bolj natančen in lokalni nanos barvila, saj črne črte delujejo kot pregrada in zmanjšajo mobilnost tekočine (Robinson in sod., 2007).

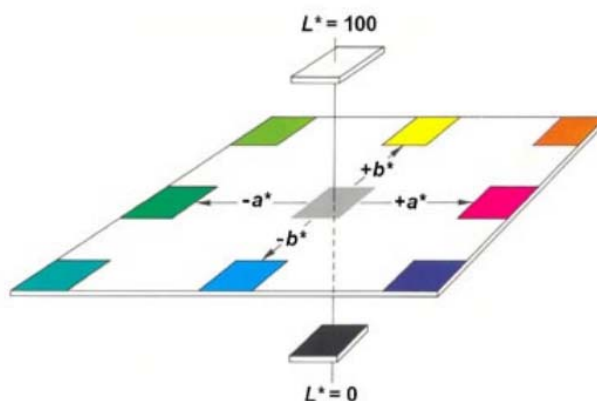
Pred pričetkom izvedbe prve, druge in tretje metode se moramo zavedati, da razkroj lesa oddaja vonjave, ki privlačujejo insekte, zato je priporočeno, da se te poskusi ne izvajajo v stanovanju ali bližini lesa, ki ga ne želimo okužiti. Hkrati se moramo zavedati, da so glive počasna in »lena« živa bitja, ki delujejo po liniji najmanjšega odpora; naprej okužijo in razkrojijo beljavo ali lahko dostopno hrano, nato se lotijo jedrovine, zato ni priporočeno

dodajati hranil, saj bodo najprej razgradile hranila ter se šele nato lotile lesa. Zaradi tega bomo na zadovoljive rezultate čakali dlje časa (Robinson in sod., 2007).

2.5 CIELAB - SISTEM

CIELAB sistem je najpogostejše uporabljen, izpopolnjen ter v svetu poznan sistem za numerično vrednotenje barve, ki predstavlja kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema, kjer je barva opredeljena s tremi osnovnimi vrednostmi.

- L^* - določa svetlost barve in zavzema vrednost od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo)
- a^* - določa lego barve na rdeči (+) in zeleni (-) osi,
- b^* - določa lego barve na rumeni (+) in modri (-) osi.



Slika 9 : CIELAB-sistem (Pavlič in sod, 2008)

Barvne razlike so izražene z vrednostjo ΔE^* in jih izračunamo po naslednji enačbi :

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \dots(1)$$

Problemi, ki se pojavljajo pri merjenju barve lesa izhajajo iz velike barvne nehomogenosti podlage. Da bi bilo numerično vrednotenje barve nehomogenih površin čim bolj objektivno moremo izvesti čim več meritev, se pri tem izogibati ne reprezentativnim predelom in seveda uporabiti instrument z čim večjo merilno odprtino (Pavlič in sod., 2008).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIAL

Za izvedbo naloge smo pripravili vzorce javorja (*Acer sp.*). Vzorci so bili radialno orientirani in nismo smeli imeti znakov obdelave in glivnih okužb ali znakov napada insektov. Vzorce smo nato izpostavili glivami bele trohnobe in glivam plesnim.

3.1.1 Vzorci

Za preučevanje časovne odvisnosti izpostavitve vzorcev za obarvanje lesa javorja z glivami smo pripravili 60 manjših vzorcev, 10 za vsako vrsto uporabljene glive, dimenzije $65\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 5\text{ mm}$, ki so bili radialno orientirani. Za radialno orientacijo smo se odločili zaradi lažjega ocenjevanja obarvanja lesa. Manjše vzorce smo nato izpostavili glivam za 4 in 8 tednov. Vzoredno smo izdelali 6 večjih vzorcev, ki so bili namenjeni 8 tedenski kolonizaciji vzorcev na vermikulitu. Večji vzorci so imeli mere okoli $350\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 45\text{ mm}$.



Slika 10 : Manjši vzorci pred izpostavitvijo glivam

3.1.2 Uporabljene glive

Barvne spremembe smo skušali doseči po izpostavitvi šestim glivami ter njihovim kombinacijam. Skupaj je to nanoslo na 6 kombinacij gliv in plesni. Uporabili smo pisano ploskocevko (*Trametes versicolor*), ostrigarja (*Pleurotus ostreatus*) in kresilno gobo (*Fomes fomentarius*) za conska obarvanja, 2 seva glive *Fusarium solani* (plesen), ki tvorita rdečeroza oziroma oranžna obarvanja, glivo *Gliocladium viride* za rumeno rjava obarvanja ter kombinacijo pisane ploskocevke in oranžnega seva *Fusarium solani*. Vzorce smo izpostavili glivam za 4 in 8 tednov. Kombinacijo pisane ploskocevke in *Fusarium solani* smo izpostavili na dva načina: v enem primeru sočasno, v drugem pa *F. solani* dva tedna kasneje po izpostavitvi pisane ploskocevke. Sočasno smo večje vzorce izpostavili istim

kombinacijam. Inkubacija je potekala pri sobni temperaturi. Ostali manjši vzorci so uspevali v rastni komori na kontrolirani klimi pri 25 °C in 75 % zračni vlažnosti.



Slika 11 : Micelij gliv, ki so bile uporabljene za raziskavo

3.1.3 Oprema, pripomočki in orodja

3.1.3.1 Avtoklav

To je naprava podobna loncu večje izvedbe, ki deluje pod višjim tlakom, kar omogoča razkuževanje z nasičeno paro pri 121 °C in nadtlaku 1,5 bar. Na ta način dosežemo ostrejšše pogoje, ki skrajšajo čas obdelave (v našem primeru sterilizacije vzorcev, pripomočkov in ostale opreme), da lahko s sterilno opremo kakovostno izvedemo delo in preprečimo nezaželene okužbe.



Slika 12 : Avtoklav za sterilizacijo vzorcev

3.1.3.2 Brezprašna komora (laminarij)

To je naprava, ki nam s pomočjo filtracije zraka skozi zelo goste filtre omogoča delo v sterilnem okolju. To zagotovimo s sterilno zračno zanko, ki preprečuje vdor tujih prašnih delcev in mikrobov, ki bi ogrožali sterilno delo. Sestavljena je iz ventilatorja, filtra za zrak, UV-luči, delovne površine in priključkov za različne pline.



Slika 13 : Brezprašna komora

3.1.3.3 Rastna komora

Rastna komora je namenjena za rast gliv pri kontrolirani temperaturi in vlažnosti. V komori ni nobenega vira svetlobe. Za kvalitetno tvorjenje micelija na ravnem gojišču moramo v komori vzpostaviti sledeče pogoje :

- Temperatura (T) : 25 °C
- Zračna vlažnost (φ) : 75 %



Slika 14 : Rastna komora

3.1.3.4 Laboratorijski sušilnik KAMBIČ

Funkcija naprave je sušenje vzorcev do željene vrednosti. Naprava ima nastavljivo temperaturo in hitrost gibanja zraka v komori. Vzorce smo izpostavili sledečim pogojem:

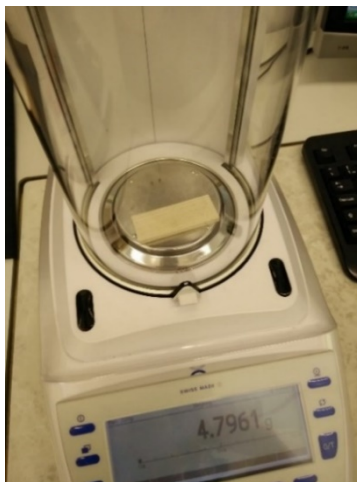
- Temperatura (T) : $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Zračna vlažnost (φ) : 0 %
- Hitrost gibanja zraka : 10 m/s
- Čas (t) : 24 h
- Končna vlažnost vzorcev (u) : 0 %



Slika 15 : Laboratorijski sušilnik Kambič

3.1.3.5 Tehnica Precisa gravimetrics ep 320

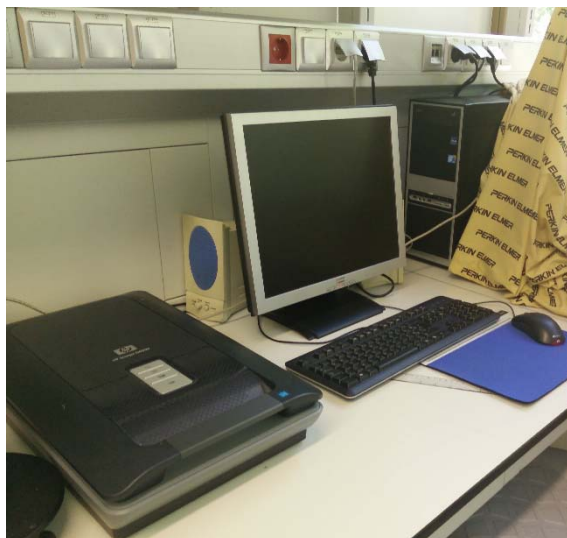
Naprava je služila natančnemu tehtanju mase vzorcev pred in po kolonizaciji. Tehnica izmeri vrednosti na 0,0001 gram natančno ter jih vnese v Excelovo tabelo, s čimer nam olajša in pospeši delo.



Slika 16 : Laboratorijska tehnica Precisa gravimetrics ep 320

3.1.3.6 Računalnik opremljen z optičnim čitalcem in računalniško opremo za določanje barvnih sprememb

Optični čitalec je namenjen za preslikavo vzorcev pred in po kolonizaciji gliv in plesni. Preslikava vzorcev je bila izvedena s programsko opremo HP solution center, barvne spremembe pa smo določili z računalniško aplikacijo Corel Photo Paint 8. Pri preslikavi vzorcev pred in po kolonizaciji smo morali biti pozorni, da smo uporabili enake nastavitve skenerja.



Slika 17 : Računalniška oprema za preslikavo vzorcev in CIELAB analizo

3.2 METODE

Vzorci so bili na hranilnem gojišču, v petrijevkah. Izpostavljeni so bili posamičnim glivam in glivam plesnim ter njihovim kombinacijam. Vzorce smo izpostavili za štiri in osem tednov na kontrolirani klimi v rastni komori. Večji vzorce so bili v plastičnih posodah na vermikulitu. Glive in plesni smo direktno cepili na vzorce in spremljali obarvanje vsak drugi teden s spremljevalnimi vzorci. Po osmih tednih se je poskus zaključil in pričelo se je sušenje in ocenjevanje vzorcev.

3.2.1 Priprava manjših vzorcev

Vzorce smo izžagali iz večjega radialnega ploha javorovine v mizarski delavnici oddelka za lesarstvo. Končne dimenzije vzorcev so bile 65 mm × 25 mm × 5 mm. Pripravljeni vzorci so bili radialno orientirani brez sledi obdelave in znakov okužbe gliv in napada insektov. Dobljene vzorce smo nato označili ter jih posušili v laboratorijskem sušilniku pod navedenimi pogoji. Sledilo je določanje mase absolutno suhih vzorcev in njihova preslikava.

3.2.2 Priprava hranilnega gojišča in cepitev gliv in plesni na manjše vzorce

Hranilno gojišče je bilo na osnovi krompirjevega glukoznega agarja (PDA- potato dextrose agar – DIFCO Laboratories). Gojišče smo pripravili po navodilih proizvajalca. Za izvedbo poskusa smo potrebovali 500 ml hranilnega gojišča. V steklenico z zamaškom smo vnesli 19,5 g krompirjevega agarja v prahu nato smo dolili 500 ml destilirane vode in vse dobro premešali. Pripravljeno gojišče in potrebno opremo smo nato sterilizirali v avtoklavu. Kuhanje in sterilizacija je potekala pri 121°C in 1,5 bar za 15 minut. Vzoredno smo sterilizirali brezprašno komoro (laminarij) z UV lučko. Sterilizirano gojišče smo v laminariju nalili v sterilne petrijevke (po 15-18 ml v vsako) in jih zaprli, da ne bi prišlo do okužbe. Petrijevke smo enakomerno razporedili po laminariju in počakali z delom dokler se gojišče ni ohladilo in strdilo. Ko je bilo primerno za nadaljevanje dela, smo ga inokulirali s kulturo posamične glive ali kombinacije gliv. Petrijevke smo inokulirali s cepiči gliv premera 5 mm, jim obžgali rob ter zaprli s folijo. Na pokrov petrijevke smo napisali kratico glive oziroma njihovo kombinacijo ter jih postavili v rastno komoro s 25 °C in 75 % relativno zračno vlažnostjo.

Po sedmih dneh smo pregledali petrijevke in odstranili okužene, za nadaljevanje poizkusa pa smo izbrali najbolj kvalitetno preraščene petrijevke z micelijem. V vsako petrijevko smo nato položili 2 vnaprej sterilizirana, označena, stehtana in preslikana pripadajoča vzorca. Petrijevke smo nato spet zaprli, jim prežgali rob in jih ovili s folijo. Vzorce smo položili v rastno komoro in jih izpostavili glivam za štiri oziroma osem tednov. Po končanem ciklu smo vzorce odstranili s hranilnega gojišča ter jih očistili. Pri čiščenju smo morali biti pozorni, da nismo poškodovali površine lesa, saj bi takšne poškodbe vplivale na

kasnejšo preslikavo, hkrati bi pa lahko odstranili oznako na vzorcu. Vzorce smo nato posušili pri 103°C, stehali in ponovno preslikali.

V spodaj navedeni preglednici (Preglednica 1) so razvidne vse označitve vzorcev in uporabljene glive na manjših vzorcih. Hkrati je zraven datum inokulacije in izpostavitve vzorcev.

Preglednica 1 : Kombinacija gliv, čas in trajanje izpostavitve

Številka in oznaka vzorca	Kombinacija gliv	Datum priprave hranilnega gojišča in datum inokulacije	Datum izpostavitve	Trajanje izpostavitve (tedni)
GV 1,2,3,4,5	<i>Gliocladium viride</i>	3.5.2016	10.5.2016	4
GV 6,7,8,9,10	<i>Gliocladium viride</i>	3.5.2016	10.5.2016	8
Fus 1,2,3,4,5	<i>Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016	4
Fus 6,7,8,9,10	<i>Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016	8
MP 3,4,7,8,9	<i>Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016	4
MP 1,2,5,6,10	<i>Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016	8
KB 1,2,3,4,5	<i>Trametes versicolor, Fomes Fomentarius, Pleurotus osteratus</i>	3.5.2016	10.5.2016	4
KB 6,7,8,9,10	<i>Trametes versicolor, Fomes Fomentarius, Pleurotus osteratus</i>	3.5.2016	10.5.2016	8
T+P 3,4,5,7,8	<i>Trametes versicolor + Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016	4
T+P 1,2,6,9,10	<i>Trametes versicolor + Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016	8
T/P 3,4,8,9,10	<i>Trametes versicolor, kasneje Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016 /24.5.2016	4
T/P 1,2,5,6,7	<i>Trametes versicolor, kasneje Fusarium solani</i>	3.5.2016	10.5.2016 /24.5.2016	8

3.2.3 Priprava večjih vzorcev

Večje vzorce smo našagali na primerno dolžino, ki ni smela znašati pod 30 cm, debelina je znašala 4 cm, širina pa okoli 15 cm. Preostali les smo narezali na poljubno velike kose iste debeline kot vzorci in so služili opazovanju obarvanja vzorcev. Sledila je sterilizacija v avtoklavu pri 121 °C in 1,5 bara za 15 min. Sterilizirane kose lesa smo položili na mizo in jih pustili, da se ohladijo. Sočasno smo v avtoklavu sterilizirali vermikulit, ki nam je služil kot sredstvo za zadrževanje vlage, ki omogoča lažje uspevanje glive ali plesni. Vermikulit smo nato nasuli v večje polietilenske posode, ki so bile sterilno očiščene. Sterilizirane vzorce smo položili na vlažen vermikulit in ga inokulirali z izbrano glivo oziroma kombinacijo gliv. Sočasno so zraven položili manjše vzorce, ki so bili namenjeni za spremljanje obarvanja in rasti glive/plesni vsak drugi teden. Plastične posode smo nato zaprli in jih označili. Vsak drug teden smo odstranili en manjši vzorec, ga posušili in pobrusili površino, da smo določili barvne spremembe. Nato smo vzorce razpolovili in preverili globino obarvanja. Po 8 tednih smo večje vzorce izolirali iz vermikulita, jih označili in očistili. Za 3 dni smo vzorce sušili pri temperaturi 40 °C, sledilo je sušenje vzorcev na 50 °C za dva dni in še 24h sušenja vzorcev na 60 °C . Višja temperatura bi morda razgradila glivne pigmente.



Slika 18 : Spremljevalni vzorec, ki kaže znake obarvanja po štirih tednih

3.2.4 Priprava vermikulita in inokulacija večjih vzorcev

V kovinske posode smo nasuli vermikulit in ga položili v avtoklav za sterilizacijo. Po predpisanem času smo vermikulit nasuli v večje posode, dolili vodo, ki je služila za

naglaševanje vzorcev in vzdrževanje primerne vlažnosti v posodi. Tik za tem smo večje vzorce navlažili in jih položili v posode. Na vse vidne stranice vzorca smo inokulirali izbrano glivno kulturo ali kombinacijo gliv, prelili vzorce z vodo in zaprli posode. Vzorce smo glivam izpostavili za 8 tednov.



Slika 19 : Izpostavljeni večji vzorci v plastičnih posodah

3.2.5 Meritev spremembe barve

Spremembo barve vzorcev smo določili s pomočjo preslikave vzorcev pred in po izpostavitvi vzorcev glivam. Vzorce smo preslikali z optičnim čitalcem priključenim na računalnik. Pomembno je bilo da smo preslikali označeno stran vzorcev, ter da so bili vzorci tem bolj vzporedni s stranicami skenerja, saj smo kasneje lahko lažje analizirali večjo površino vzorca. Meritev barv smo izvedli s pomočjo sistem CIELAB, ki služi numeričnemu vrednotenju barve na površini vzorca. Zaradi boljše primerjave, smo imeli pri vsaki preslikavi iste pogoje. Iz dobljenih vrednosti petih vzorcev smo izračunali povprečje in izračunali spremembo barve s pomočjo naslednje enačbe :

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \dots(2)$$

Legenda :

ΔE	Sprememba barve po CIELAB sistemu
ΔL	razlika med barvno komponento L^* pred in po izpostavitvi
Δa	razlika med barvno komponento a^* pred in po izpostavitvi
Δb	razlika med barvno komponento b^* pred in po izpostavitvi

3.2.6 Določanje spremembe mase

Pred izpostavitvijo smo vzorce posušili na absolutno suho stanje in jih stehali s tehtnico Precisa gravimetrics ep 320. Pred tehtanjem smo vzorce pustili v eksikatorju za 15 minut da so se ohladili in uravnovesili. Nato smo vsak vzorec posebej stehali in vrednosti zaokrožili na tri decimalke natančno. Po 4 in 8 tednih smo vzorce očistili in jih ponovno posušili na $103 \pm 2^\circ\text{C}$ za 24 ur. Suhim vzorcem smo ponovno določili maso v absolutno suhem stanju. Dobljene vrednosti smo primerjali s primarno maso in izračunali izgub mase po 4 in 8 tedenski izpostavitvi vzorcev in jo izrazili v odstotkih.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 SPREMEMBA BARVE MANJŠIH VZORCEV PO 4 IN 8 TEDNIH

Za les javorja je značilno, da je svetlejše bele ali rumenkaste barve. Pogosto se pojavijo tudi rdečkasti odtenki z nežno teksturo in leskom. Po različni časovni izpostavitvi vzorcev je jasno vidno, da je prišlo do barvnih sprememb vzorcev. Uporabljena gliva je vplivala na spremembo osnovnih lastnosti vzorca. Dlje izpostavljeni vzorci imajo te spremembe bolj izrazite, kar se vidi v konskih linijah ali izrazitejši barvi parenhimih celic. Slika 20 prikazuje barvne spremembe vzorcev v odvisnosti od uporabljene glive in časa izpostavitve vzorca.



Slika 20 : Barvne spremembe vzorcev po 4 in 8 tednih izpostavitve

Vzorci ki so bili izpostavljeni rdeče barvajočem sevu *Fusarium solani* so v 4 tednih izgubili večino svojega leska in svetle barve. Iz rumenkasto bele barve so nastali rjavkasto

rdeči z nežnim pridihom svetlejših odtenkov rjave barve. Na določenih mestih se pojavljajo roza-vijolični madeži, le-ti so na hrbtni strani vzorcev še bolj izraziti, saj je bila direktno v stiku s hranilnim gojiščem. Vzorci, ki so bili 8 tednov v stiku z glivo, imajo enake makroskopske lastnosti kot 4 tedne izpostavljeni vzorci. Manjša razlika je vidna v bolj temno rjavih madežih in bolj izstopajočih bleščicah na površini. Na nekaterih mestih so vidne manjše črne lise z roza podlago. Kljub izpostavitvi je les obdržal svoj sijaj.



Slika 21 : Vidne sledi sijaja po osmih tednih izpostavitve rdečemu sevu *F. solani*

Vzorci z oranžno barvajočim sevom *Fusarium solani* so v 4 tednih kazali znake oranžno rjavih obarvanj po celotni površini (slika 22).



Slika 22 : Oranžno rjavo obarvanje po štiri tedenski izpostavitvi oranžnemu sevu *F. solani*

Bleščice so bolj vidne zaradi temnejšega obarvanja. Na nekaterih mestih so vidni barvno intenzivnejši madeži, ki dajejo vtis vijolične barve. V primerjavi z 8 tednov izpostavljenimi vzorci ni vidne bistvene razlike med intenzivnostjo barvnega tona. Zanimivo je, da so 8 tednov izpostavljeni vzorci izgubili večji delež svojega sijaja.

Pri vzorcih izpostavljeni glivi *Gliocladium viride* je po 4 tednih jasno videti rumeno rjava obarvanja v obliki lis ali madežev v obliki oblaka. Na določenih mestih lahko vidimo prelivanje svetlejših odtenkov v temnejše (slika 23).



Slika 23 : Prelivanje svetlejših v temnejše odtenke

Po osmih tednih so obarvanja bolj izrazita. Rumeni madeži se prelivajo s svetlo rjavo barvo vzorca. Na nekaterih mestih se pojavlja obarvanje v obliki manjših pik, ali celo

oranžnih madežev. Štiri in osem tednov izpostavljeni vzorci so obdržali svoj sijaj, a je ta malenkost oslabljen.

Izpostavljeni vzorci kombinacije pisane ploskocevke, bukovega ostrigarja in kresilne gobe so po štirih tednih kazale šibke znake obarvanja in conskih linij. Vzorci so porumeneli, vidne so svetlejšje in temnejše lise, ponekod tudi bele. Možno je opaziti nastajanje conskih linij. Po osmih tednih so vzorci kazali izrazite znake medsebojnega delovanja gliv. Conske linije so postale izrazitejše, na površini opazimo tri različne odtenke obarvanj. Barva je lisasta ali pikčasta. Sijaj vzorcev je zelo šibek, ponekod ga ni.

Dve skupini vzorcev smo izpostavili kombinaciji pisane ploskocevke in oranžnega seva *Fusarium solani*. Ena skupina je bila izpostavljena sočasno, druga pa je bila najprej izpostavljena pisani ploskocevki za dva tedna, nato pa *Fusarium solani* za šest tednov. Sočasno izpostavljeni vzorci so imeli po štirih tednih na površini bele lise in oranžne oblakaste madeže. Polovica vzorca je bila sivo obarvana, ponekod z rdečo oranžnim tonom. Po osmih tednih so vzorci bili oranžno obarvani z belimi lisami. Oranžna barva je postala bolj intenzivna.

Vzorci, ki smo jih izpostavljali z zamikom, so bili po štirih tednih močno oranžno obarvani, ponekod z manjšimi ali večjimi belimi lisami. Po osmih tednih so bele lise postale bolj intenzivne, oranžna barva v njih je zbledela. Barvni ton vzorcev je postal bolj intenziven, ponekod je oranžna barva pridobila rdečkast barvni ton. Sijaj vzorcev se je že po štirih tednih popolnoma izgubil (slika 24).



Slika 24 : Vzorec brez sledi sijaja

Na podlagi vizualne ocene lahko zaključimo, da je po štirih tednih najboljše znake obarvanja kazala kombinacija pisane ploskocevke in oranžnega seva *Fusarium solani*. Relativno dobri rezultati so bili doseženi tudi z rdečim sevom *Fusarium solani*. Pri ostalih vzorcih smo dosegli le šibka obarvanja. Po osmih tednih so imeli vsi vzorci zadovoljive rezultate obarvanja, razen vzorci javorja, izpostavljeni zgolj oranžnemu sevu *Fusarium solani*.

4.2 SPREMEMBA BARVE PO CIELAB SISTEMU

S pomočjo CIELAB sistema smo numerično ovrednotili obarvanje vzorcev pred in po izpostavitvi glivam bele trohnobe in glivam plesnim. Dobljeni rezultati so zapisani v preglednici 2.

Preglednica 2 : CIELAB-sistem analiza

Gliva in številka vzorca	čas izpostavitve (teden)	Pred izpostavitvijo			Po izpostavitvi			ΔE
		L	a	b	L^*	a^*	b^*	
Fus 1,2,3,4,5	4	88,8	1,9	6,22	66	2,74	7,66	22,861
Fus 6,7,8,9,10	8	88,6	1,8	6,04	53,62	2,64	7,56	35,023
MP 3,4,7,8,9	4	89,8	1,7	6,5	77,4	1,9	6,9	12,408
MP 1,2,5,6,10	8	89,6	1,7	6,32	66,8	2,72	7,84	22,873
GV 1,2,3,4,5	4	88	1,9	6,02	78,2	2	8,86	10,204
GV 6,7,8,9,10	8	90	1,8	6,4	73,4	2,18	8,66	16,757
KB 1,2,3,4,5	4	90,4	1,7	6,5	75,6	2,88	10,38	15,346
KB 6,7,8,9,10	8	88,2	1,9	6,1	75,8	3,06	8,98	12,783
T+P 3,4,5,7,8	4	92,2	1,8	6,52	78,6	2,48	9,86	14,021
T+P 1,2,6,9,10	8	89	1,9	6,42	76,2	3,5	9,86	13,350
T/P 3,4,8,9,10	4	90,4	1,9	6,32	59,72	3,76	11,6	31,187
T/P 1,2,5,6,7	8	90,2	1,9	6,04	70,8	4,54	12,2	20,525

Iz preglednice 2 je razvidno, da je prišlo do spremembe barvnega tona pri L^* in b^* komponenti, hkrati je zaznati le manjše spremembe pri a^* komponenti. Sprememba L^* komponente nam pove, da so vzorci tekom izpostavitve postajali bolj temni zaradi obarvanja gliv, sprememba a^* in b^* komponente prikazujeta spremembo barvnega tona

vzorca. Do teh sprememb je prišlo zaradi razkrajanja spojin lesa in interakcij gliva-les in gliva-gliva, ter nastanka razgradnih produktov.

CIELAB analiza je pokazala, da je pri vzorcih izpostavljenih rdečemu sevu *Fusarium solani* prišlo do velikih sprememb v L* komponenti in manjših sprememb pri a* in b* komponenti. V štirih tednih se je L* komponenta spremenila za 22 enot, po osmih tednih pa za 31 enot. Sprememba a* komponente je v obeh primerih znašala 0,6 do 0,7 enot, b* komponenta pa za 1,3 do 1,5 enot, to pomeni sprememba barve proti rdečemu barvnemu tonu. Tako majhne spremembe so lahko zanemarljive, saj se nahajajo v območju relativne napake. Oranžni sev *Fusarium solani* je na lesu povzročil nekoliko manjše spremembe komponente L*. Po štirih tednih so spremembe znašale 12 enot, po osmih tednih pa 23 enot. Komponenta a* se je spremenila zgolj za 0,1 do 0,3 enote, hkrati je komponenta b* izkazala enake rezultate, saj so se vrednosti spremenile zgolj za 0,4 do 1,5 enot, to pomeni sprememba barve proti oranžnemu tonu. Pri rdečem sevu *Fusarium solani* je povprečni ΔE je po štirih tednih znašal 22,9, po osmih tednih pa 35,. Oranžni sev *Fusarium solani* je štirih tednih povzročil, da se je ΔE spremenil za zgolj 12,4, po osmih tednih delovanja te glive se je ΔE približal vrednosti 22,9, kar je primerljivo s spremembo ΔE po štirih tednih delovanja rdečega seva.

Vzorci izpostavljeni *Gliocladium viride* so pri spremembi v a* komponenti kazali enake znake delovanja kot prejšnji vzorci, saj so se vrednosti v štirih in osmih tednih spremenile zgolj za 0,1 do 0,3 enot. Komponenta b* se je spremenila za 2,2 do 2,8 enot, to pomeni spremembo barve proti rumenemu tonu. L* komponenta je kazala bolj raznolike rezultate. Ta vrednost se je v štirih tednih spremenila za 10 enot, po osmih tednih se je vrednost spremenila za 16,6 enot. V primerjavi s *Fusarium solani* je gliva *G. viride* na lesu povzročila manjše barvne spremembe, kar se odraža v manjši vrednosti ΔE , po štirih tednih so znašale 10,2 in 16,8 po osmih tednih delovanja glive *G. viride*.

Kombinacija treh gliv bele trohnobe se je odrazila v bolj zadovoljivih rezultatih. Vzorcem se je L* komponenta spremenila za 13 do 15 enot. Sprememba b* komponente je v štirih tednih znašala 4 enote, po osmih tednih pa le 3 enote. Takšna razlika je posledica neenakomernega preraščanja vzorca z glivo. Komponenta a* se ni veliko spremenila. Spremembe so znašale zgolj 1 ali 2 enoti. To kaže spremembo barvne proti rumenem-oranžnem barvnem tonu.

Kombinacija glive bele trohnobe *Trametes versicolor* in glive plesni *Fusarium solani*, ki so bili izpostavljeni z 2 tedenskim zamikom, je kazala bolj zadovoljive rezultate kot pa sočasno izpostavljena kombinacija teh gliv. Sočasno izpostavljeni vzorci so imeli spremembo vrednosti b* med 2 in 4, medtem ko smo pri drugih vzorcih zabeležili spremembo komponente b* med 5 in 6 enot. Sprememba a* komponente je pri sočasno izpostavljenih vzorcih znašala zgolj 0,6 do 1,1 enot, medtem ko so barvne razlike

komponente a^* pri vzorcih izpostavljenih z zamikom znašale od 1,8 do 2,5. Spremembe b^* in a^* komponent dokazujejo spremembo barve proti rumeno-oranžnem tonu. Povprečna vrednost L^* komponente je po štirih tednih pri sočasno izpostavljenih vzorcih znašala med 14 in 15 enot, pri drugih vzorcih pa je znašala nekoliko več in sicer med 17 in 20 enot. Pri sočasno izpostavljenih vzorcih je povprečna vrednost ΔE je v štirih in osmih tednih znašala med 13,5 in 14 enot, pri vzorcih izpostavljenih z zamikom pa je vrednost znašala po štirih tednih 17,9 in 20,5 po osmih tednih.

Numerični način ocenjevanja spremembe barve je pokazal da je prišlo do sprememb komponent L^* , a^* in b^* pri vseh uporabljenih glivah in kombinacijah. Največjo spremembo L^* komponente smo dosegli pri rdečem sevu *Fusarium solani*, saj se je vzorcu opazno spremenila vrednost b^* komponente. Sprememba b^* komponente je bila pri vseh vzorcih majhna in ni nikjer presegala vrednosti šestih enot, ampak tudi manjše spremembe b^* komponente so bile vizualno razpoznavne in so bile indikator barvnih sprememb na lesu. Zgolj pri zadnjem primeru, kjer smo vzorce izpostavili *T. versicolor* za dva tedna in kasneje *F. solani* za šest tednov, je prišlo do večjih sprememb komponente a^* kot je prikazano v preglednici 2 pod označbo T/P. Le ta so se spremenile za 2 do 3 enote. Pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni samo eni glivi smo največje spremembe komponent L^* , a^* in b^* dosegli pri rdečemu sevu *F. solani*. Vzorci, ki so bili izpostavljeni dvema ali več glivam, so se najbolj obarvali po izpostavitvi kombinaciji oranžnega seve *Fusarium solani* in *Trametes versicolor*. Ti vzorci so bili obema glivama izpostavljeni z manjšim, dvotedenskim zamikom. Z numeričnim ocenjevanjem po CIELab sistemu, smo tako potrdili našo oceno vizualnega ocenjevanja vzorcev.

4.3 VIZUALNA OCENA VEČJIH VZORCEV

Po osmih tednih in počasnem sušenju vzorcev, so vzorci kazali bujne znake obarvanja. Da bi obarvanje lažje opredelili smo vzorce očistili in odstranili zunanji sloj na poravnalnem in debelinskem skobeljnem stroju. Kljub bogatim barvnim odtenkom na površini barvne spremembe niso bile tako izrazite 2 mm globlje.



Slika 25 : Barvne spremembe večjih vzorcev

Rdeč sev *Fusarium solani* je večji vzorec rahlo obarval, njegova naravna belo rumena barva je pridobila svetlo rjav pridih. Na nekaterih mestih je s prostim očesom možno opaziti nežna rdeča in roza obarvanja. Žal ni bilo nikjer zaslediti sledi bolj intenzivnih obarvanj. Oranžen sev je večji vzorec zgolj potemnil, na nekaterih mestih je naravna rumena barva javorja postala bolj izrazita. Parenhimske celice so bile bolj rdečkaste.

Gliocladium viride je vzorec obarval bolj izrazito. Vidne so bile nianse temnejših in svetlejših madežev. Na nekaterih mestih je javorjevina dobila rumenkaste madeže.

Kombinacija gliv bele trohnobe je na vzorcu pustila bolj izrazite znake obarvanja. Vidne so bile nežne conske linije temno rjave barve. Na površini je bilo možno opaziti svetlejše lise obkrožene s conskimi linijami. Naravna barva javorja se je rahlo potemnila v neenakomernih tonih.

Sočasno okužen vzorec z rdečim sevom *Fusarium solani* in pisano ploskocevko je kazal boljše rezultate kot rdeč sev *F. solani* sam po sebi. Rdeča barva je bila za malenkost bolj razločna, na mestu kjer je bil javor pred kolonizacijo rahlo okužen in oksidiran je bilo obarvanje bolj opazno.

Vzorec, ki smo mu dva tedna kasneje dodali še rdeč sev *Fusarium*, je 2 mm pod površino kazal podobne rezultate kot sočasno okužen vzorec. Ponekod je opazen rahel rdeč ton, a bolj so izraziti svetlejši in temnejši, skorajda sivi madeži.

V kolikor primerjamo večje vzorce, ki so bili glivam izpostavljeni na vermikulitu, z manjšimi vzorci, ki so uspevali z glivo na hranilnem gojišču lahko zaključimo, da smo boljše rezultate dosegli pri manjših vzorcih. Barvni ton se je tam bolj spremenil, vidne so jasne nianse rdeče in oranžne barve pri vzorcih izpostavljenih glivi *Fusarium* in conske linije pri kombinaciji gliv bele trohnobe so bolj izrazite.

Pri analizi velikih in majhnih vzorcev je treba upoštevati, da pri manjših vzorcih površine lesa, ki je bila v stiku z glivami nismo odstranili s skobljanjem, kot pri večjih vzorcih. Morda je to razlog, da so bila obarvanja na manjših vzorcih izrazitejša.

4.4 IZGUBA MASE VZORCEV

Glive razkrojevalke povzročajo v lesu številne kemične in fizikalne spremembe, zaradi česar les izgublja naravne lastnosti in maso (Benko in sod, 1987).

Zaradi razkroja lignina, celuloze in drugih gradnikov lesa, izgublja les svojo maso. V preglednici 3 so prikazane izgube mas vzorcev, ki so bili glivam bele trohnobe ali glivam plesnim izpostavljeni 4 in 8 tednov

Preglednica 3 : Izgube mas vzorcev po 4 in 8 tednih izpostavitve

Številka vzorca	Trajanje izpostavitve (tedni)	Začetna masa vzorca (g)	Končna masa vzorca (g)	Izguba mase (g)	Izguba mase (%)
GV 1,2,3,4,5	4	4,763	4,572	0,191	4,17
GV 6,7,8,9,10	8	4,891	4,718	0,173	3,66
Fus 1,2,3,4,5	4	4,940	4,896	0,045	0,91
Fus 6,7,8,9,10	8	4,998	4,922	0,076	1,54
MP 3,4,7,8,9	4	4,838	4,794	0,044	0,91
MP 1,2,5,6,10	8	4,756	4,701	0,055	1,16
KB 1,2,3,4,5	4	4,791	4,518	0,273	6,05
KB 6,7,8,9,10	8	4,943	4,121	0,821	19,92
T+P 3,4,5,7,8	4	4,820	4,265	0,555	13,01
T+P 1,2,6,9,10	8	4,937	4,071	0,866	21,27
T/P 3,4,8,9,10	4	4,858	4,371	0,487	11,14
T/P 1,2,5,6,7	8	4,857	4,061	0,796	19,60

Iz preglednice 3 je jasno razvidno, kako je določena vrsta glive vplivala na spremembo mase lesa javorja. Les javorja sodi med neodporne lesne vrste, zato ga glive zlahka razkrojijo.

Po štirih tednih so vzorci izpostavljeni rdečemu in oranžnemu sevu *Fusarium solani* izgubili 1 % svoje mase. Po osmih tednih so vzorci izgubili 2 % izgube mase, pri oranžnemu sevu pa 1 % mase. To je razvidno v preglednici 3 pod oznakama MP in Fus. Tako majhne izgube mase so zanemarljive.

Kombinacija gliv bele trohnobe se je po štiritedenski oziroma in osemtemdenski izpostavitvi vzorcev odrazila v znatni spremembi mase, ki je zabeležena pod označbo KB. V štirih tednih je vzorec izpostavljen pisani ploskocevk, bukovem ostrigarju in kresilni gobi izgubil 6 % svoje mase, po osmih tednih izpostavitve je izguba mase znašala kar 19 %. Tako visoka izguba mase se verjetno odraža tudi v velikem padcu mehanskih lastnosti.

Pri vzorcih, ki so bili sočasno izpostavljeni pisani ploskocevk in *Fusarium solani*, smo po štirih tednih delovanja zabeležili 13 % izgubo mase, po osmih tednih pa 21 %. Tudi ta izguba mase nakazuje na agresivno delovanje pisane ploskocevke.

Z zamikom izpostavljeni vzorci so izkazali primerljive rezultate. Po štirih tednih so izgubili 11% svoje mase, po osmih tednih pa 20 %.

Pri vzorcih, kjer so sodelovale glive bele trohnobe ali kombinacija treh gliv bele trohnobe, izguba mase izrazito visoka. Ta izguba mase je višja, kot pri vzorcih izpostavljenih zgolj eni glivi ali glivi plesni. Do tega je prišlo zaradi intenzivnega razkroja lignina. Za plesni je znano, da ne razkrajajo lesa, zato nizke izgube mase niso presenetljive.

5 SKLEPI

Na podlagi rezultatov vizualne ocene in numerične metode v skladu s CIELAB sistemom smo prišli do ugotovitve, da na spremembo barvnega tona vpliva izbira glive ter čas izpostavitve vzorcev. Vsi vzorci, ki so bili glivam izpostavljeni za 8 tednov, so kazali izrazitejšo barvno spremembo, kot vzorci, ki so bili glivam izpostavljeni krajši čas.

Les javorja je dovzeten za glivni razkroj in obarvanja. S pravilnim izborom časa izpostavitve in vrste gliv je mogoče na javorjevini doseči različna obarvanja.

Pri analizi izgube mas vzorcev smo ugotovili, da se kombinacija gliv bele trohnobe in kombinacija gliv *T. versicolor* in *F. solani* odraža v izrazitih izgubah mase že po štirih tednih izpostavitve. Pri kombinaciji gliv bele trohnobe je bila izguba mase celo 20 odstotna. Žal izguba mase in pojav conskih linij nista vedno povezana.

Vzorci, ki so bili izpostavljeni glivam plesnim, bi lahko bili uporabljeni za izdelavo pohištva ali drugih galanterijskih del. Sočasno delovanje več gliv se je odrazilo v manj izrazitih barvnih spremembah in večjih izgubah mase, zato sklepamo, da bi lahko bili uporabljeni le za izdelavo izdelkov, ki niso izpostavljenim večjim mehanskim obremenitvam.

Večji vzorci niso kazali zadovoljivih znakov obarvanja po osmih tednih izpostavitve. Menimo, da bi vzorce potrebno izpostaviti glivam za daljše obdobje, kar pa zaradi časovnih omejitev izdelave diplomskega seminarja ni bilo mogoče. Poleg tega smo mnenja, da bi morali bolje kontrolirati vlažnost in temperaturo med inkubacijo. Sklepamo, da bi dosegli boljše rezultate, če bi vzorce popolnoma pokrili z vermikulitom. Kljub temu, da je obarvanje zelo šibko je les vseeno pridobil edinstvene barvne odtenke, ki bi jih lahko izkoristili za izdelavo unikatnih izdelkov.

6 VIRI

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

Brus R. 2007. Javor maklen. Slovenski čebelar, 1
http://www.czs.si/Files/SlovCebelar_01_07.pdf (22.8.2016)

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

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

Gliocladium Viride, 2010.
<http://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4489/MYCO.2010.38.1.007>
(22.8.2016)

Gobe.si 2014. Bukov ostrigar(*Pleurotus ostretus*).
<http://www.gobe.si/Gobe/PleurotusOstreatus> (22.8.2016)

Gobe.si 2014. Slika Bukov ostrigar(*Pleurotus ostretus*).
<http://www.gobe.si/Slike/PleurotusOstreatus> (22.8.2016)

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

Lamovšek S. 2016. Stružena skleda iz bukovine na kateri so vidne conske linije
<https://www.facebook.com/161507757197885/photos/a.174124462602881.49493.161507757197885/1389018784446770/?type=3&theater> (22.8.2016)

Mycology online, Obarvan agar z *Fusarium solani*, 2001.

<http://mycota-crcc.mnhn.fr/site/espece.php?idE=104#ancre7> (22.8.2016)

Mycology online, 2001.

[http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_\(hyaline\)/Fusarium/](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Fusarium/) (22.8.2016)

Pavlič M., Kričej B., Petrič M. 2008. Spektrofotometer, instrument za numerično vrednotenje barve in barvnih razlik. Les, 60, 1: 22 – 23

Poljski javor(*Acer campestre*) 2016,

https://en.wikipedia.org/wiki/Acer_campestre (22.8.2016)

Robinson S.C., Richter D.L., Laks P.E. 2007,

Colonization of sugar maple by spalting fungi, 57: 24-32

Reich T. 2010. Bukova kresilna goba,

http://www.wsl.ch/totholz/artenportraits/zunderschwamm_DE (22.8.2016)

Robinson S.C. 2013. Rumena, modra in rdeča diskoloracija smrekovine

Repurposing mountain pine beetle blue wood for art through additional fungal colonization. International biodeterioration and biodegradation, 85: 372-374

Robinson S.C., 2013. Stružena skleda pobarvana z glivami,

<http://www.northernspalting.com/shops-and-galleries/previous-work/> (22.8.2016)

Robinson S.C., Michaelsen H., Robinson J. C. 2016. Spalted wood: The History, Science and art of a unique material, Atglen, Schiffer: 287 str.

Schoch W., Heller-Kellenberger I., Kienast F., Schmatz D. 2007. Wood anatomy

<http://www.woodanatomy.ch/species.php?code=ACCA> (22.8.2016)

Tomažič A. 2013 Članki: Kupim podarim,

<http://clanki.kupimprodam.si/katere-rastline-uporabiti-za-zivo-mejo/> (22.8.2016)

Volk T. 1997 Pisana ploskocevka,

http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/aug97.html (22.8.2013)

ZAHVALA

Zahvalil bi se mentorju prof. dr. Mihi Humarju, somentorju dr. Nejcu Thalerju ter recenzentu doc. dr. Boštjanu Lesarju, ki so mi pomagali pri izvedbi raziskav ter pisanju diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem vsem zaposlenim v Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa, ki so mi kakor koli pomagali ter me usmerjali pri opravljanju laboratorijskih testov.

Posebna zahvala gre pa moji družini, ki mi je omogočila študij, verjela vame ter me na študijski poti neprestano podpirala.

Ob tem bi se rad zahvalil tudi vsem ostalim, ki so mi med študijem stali ob strani ter seveda vsem prijateljem, s katerimi sem preživel najlepša študentska leta.