

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Simon DRNOVŠEK

**KVALITETA IMPREGNIRANIH ELEMENTOV IZ SLOVENSKIH
PRODAJNIH CENTROV**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**QUALITY OF IMPREGNATED ELEMENTS FROM SLOVENIAN
SALES CENTERS**

GRADUATION THESIS

University Studies

Ljubljana, 2016

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

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela odobril prof. dr. Miho Humarja, za somentorja dr. Nejca Thalerja in za recenzenta doc. dr. Boštjana Lesarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Simon DRNOVŠEK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*84
KG	Biocidni pripravki/impregnirani vzorci iz trgovskih centrov/impregnirana smrekovina/impregniran rdeči bor/zaščita lesa/navzem zaščitnega sredstva/globina prodora zaščitnega sredstva
AV	DRNOVŠEK, Simon
SA	HUMAR, Miha (mentor)/THALER, Nejc (somentor)/LESAR, Boštjan (recezent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	KVALITETA IMPREGNIRANIH ELEMENTOV IZ SLOVENSKIH PRODAJNIH CENTROV
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 61 str., 4 pregl., 30 sl., 20 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V Slovenskih trgovskih centrih lahko kupimo najrazličnejše izdelke iz globinsko zaščenega lesa. Izdelki naj bi odgovarjali uporabi v četrtem razredu ogroženosti (v stiku z zemljo). Deset naključno izbranih vzorcev smo pripravili za določitev globine prodora in navzema zaščitnega sredstva, ter za testiranje odpornosti na glive razkrojevalke lesa. Vzorci so bili iz smrekovine in redečega bora, ki navadno predstavljajo probleme pri globinski zaščiti lesa. Globino prodora smo določili glede na standard SIST EN 351-1. Zahtevano retencijo smo določili glede na dokument NWPC iz leta 2015. Vzorce smo za 12 tednov izpostavili beli hišni gobi in navadni tramovki. Zadostni globini prodora je ustrezalo pet vzorcev od desetih. Zahtevane retencije (16 kg/m^3) nismo določili pri nobenem od vzorcev. Prav tako nobeden izmed vzorcev ni izkazal ustrezne odpornosti na delovanje bele hišne gobe. V primeru izpostavitve vzorcev navadni tramovki je zahtevam ustrezalo le pet vzorcev. Na podlagi rezultatov lahko sklenemo, da nobeden od vzorcev ne ustreza zahtevam več kot dveh kriterijev od štirih. Zaključni sklep je, da so naključno izbrani vzorci, kupljeni v maloprodaji slabo globinsko zaščiteni in ne odgovarjajo zahtevam in namembnosti za katere se jih prodaja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 630*84

CX biocidal products/impregnated samples from sales centers/impregnated spruce/impregnated scots pine/wood preservation/retention of preservative/penetration of preservative

AU DRNOVŠEK, Simon

AA HUMAR, Miha (supervisor)/THALER, Nejc (co-supervisor)/LESAR, Boštjan (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2016

TI QUALITY OF IMPREGNATED ELEMENTS FROM SLOVENIAN SALES CENTERS

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 61 p., 4 fig., 30 tab., 20 ref.

LA sl

AL sl/en

AB In Slovenian sales centers we can buy various products from deep preserved wood. These products shall be used in fourth hazard class (in ground contact). We prepared ten randomly selected samples to determine penetration and retention of preservation and for testing resistance to wood decay fungi. Samples were made from spruce and Scots pine which usually represents problems in deep wood preservation. Penetration was determined according to standard SIST EN 351-1, 2007. Required retention was determined according to the document NWPC from 2015. For 12 weeks the samples were exposed to two decay fungi *Poria moticola* and *Gloeophyllum trabeum*. Sufficient penetration corresponded five samples from ten. Required retention (16 kg/m³) were not found in any of the samples. Also none of the samples did not show any resistance to *Poria monticola*. In case of exposure to *Gloeophyllum trabeum* only five samples corresponded to requirements. Based on the results, we can conclude that neither sample meets the requirements of more than two of the four criteria. Final conclusion is that the randomly selected samples purchased in retail are bad preserved and does not meet the requirements and purposes for which they are sold.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI RAZISKOVANJA	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ZAŠČITA LESA	2
2.1.1 Razkroj lesa	2
2.1.2 Naravna odpornost in trajnost.....	3
2.2 DEJAVNIKI KVALITETE IMPREGNIRANEGA LESA	3
2.2.1 Globina prodora – penetracija.....	3
2.2.2 Navzem – retencija	5
2.3 BAKROVI PRIPRAVKI ZA ZAŠČITO LESA	6
2.3.1 Klasični bakrovi pripravki za zaščito lesa	7
2.3.2 Novejši bakrovi pripravki za zaščito lesa.....	9
2.3.3 Baker-etanolaminski pripravki.....	11
2.4 POSTOPKI ZAŠČITE	11
2.4.1 Premazovanje	12
2.4.2 Potapljanje	12
2.4.3 Postopek Boucherie	12
2.4.4 Kotelski postopki	13

2.4.4.1	Postopek polnih celic ali postopek polnega vpitja (Bethellov postopek)	13
2.4.4.2	Postopek praznih celic ali ekonomični (Rüpingov) postopek.....	15
2.4.4.3	Dvojni Rüpingov postopek, je dvakrat izveden Rüpingov postopek.....	17
2.5	UPORABLJENE LESNE VRSTE	18
2.5.1	Smreka (<i>Picea abies</i> Karst.)	18
2.5.2	Rdeči bor (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	19
2.6	UPORABLJENE GLIVE	20
2.6.1	Navadna tramovka – <i>Gloeophyllum trabeum</i>(Pers.) Murr.	20
2.6.2	Bela hišna goba – <i>Poria monticola</i> Murr.	21
3	MATERIAL IN METODE.....	23
3.1	NAKUP VZORCEV	23
3.2	PRIPRAVA VZORCEV	26
3.2.1	Označevanje in razžagovanje.....	26
3.2.2	Priprava vzorcev za določitev globine prodora (penetracije)	26
3.2.3	Priprava vzorcev za določitev navzema (retencije).....	27
3.2.4	Priprava vzorcev za izpostavitve glivam razkrojevalkam lesa	29
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	33
4.1	GLOBALNA PRODORA (PENETRACIJA) ZAŠČITNEGA SREDSTVA	33
4.2	NAVZEM (RETENCIJA) ZAŠČITNEGA SREDSTVA	46
4.3	ODPORNOST ANALIZIRANEGA LESA NA GLIVE RAZKROJEVALKE	48
5	SKLEPI	54
6	POVZETEK.....	55
7	VIRI	56
	ZAHVALA	58

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razredi penetracije, ki prikazujejo zahtevano penetracijo in ustrezne dele za analizo (SIST EN 351-1, 2007)	4
Preglednica 2 :Navzem zaščitnih pripravkov glede na razred uporabe (Humar in Pohleven, 2005).....	6
Preglednica 3: Nakup vzorcev	24
Preglednica 4: Skupni rezultati testiranja.....	53

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Diagram impregniranja - Bethellov postopek polnih celic	14
Slika 2: Telekomunikacijski drogovi impregnirani z bakrovimi pripravki po Bethellovem postopku	14
Slika 3: Diagram impregniranja - Rüpingov postopek praznih celic	16
Slika 4: Telekomunikacijski drogovi impregnirani s kreozotnim oljem po Rüpingovem postopku	16
Slika 5: Kupljeni vzorci impregniranega lesa	25
Slika 6: Razžagovanje vzorcev	26
Slika 7: Skenirani vzorci	27
Slika 8: Priprava vzorcev za določitev vsebnosti bakra	28
Slika 9: Rengentski fluorescenčni spektrometer	29
Slika 10: Vzorci pripravljeni za test izpostavitvi glivam razkrojevalkam	30
Slika 11: Petrijevke z vzorci v rastni komori	31
Slika 12: Razraščeni micelij bele hišne gobe po vzorcih	32
Slika 13: Globina prodora na vzorcih iz impregnirane smrekovine.....	34
Slika 14: Globina prodora na vzorcih iz impregniranega lesa rdečega bora.....	34
Slika 15: Prečni preseki - Vzorec A	36
Slika 16: Prečni preseki - Vzorec B	37
Slika 17: Prečni preseki - Vzorec C	38
Slika 18: Prečni preseki - Vzorec D	39
Slika 19: Prečni preseki - Vzorec E	40
Slika 20: Prečni preseki - Vzorec F.....	41
Slika 21: Prečni preseki - Vzorec G	42
Slika 22: Prečni preseki - Vzorec H	43
Slika 23: Prečni preseki - Vzorec I	44
Slika 24: Prečni preseki - Vzorec J	45
Slika 25: Povprečni navzemi po posameznih vzorcih.....	47
Slika 26: Povprečne vrednosti navzema po posameznih slojih	47
Slika 27: Povprečna izguba mase smrekovih kontrolnih (KS) in impregniranih smrekovih (D, G, I, J) vzorcev	49

Slika 28: Povprečna izguba mase borovih kontrolnih (KB) in impregniranih vzorcev (A, B, C, E, F, H) iz rdečega bora	50
Slika 29: Povprečna izguba mase smrekovih kontrolnih (KS) in impregniranih smrekovih (D, G, I, J) zunanjih slojev vzorcev.....	51
Slika 30: Povprečna izguba mase borovih kontrolnih (KB) in impregniranih zunanjih slojev vzorcev (A, B, C, E, F, H) iz rdečega bora	52

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

SIST EN privzet slovenski standard

EN.....evropski standard

CAD.....računalniško podprto načrtovanje (computer aided design)

PM.....bela hišna goba (*Poria monticola*)

GT.....navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*)

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Raba lesa v Sloveniji narašča. Ker je naravno odpornega lesa v Sloveniji zelo malo, se moramo za zahtevne pogoje uporabe (4 in 5 razred uporabe) posluževati impregnacije manj odpornih lesnih vrst z biocidnimi proizvodi. Impregnacija je industrijski postopek vnašanja biocidnih proizvodov v les, za kar je potrebna ustrezna infrastruktura. Ta trend so zaznale tudi gradbene trgovine, ki že več let na drobno prodajajo impregniran les, za katerega trdijo, da se lahko uporablja v stiku z zemljo.

1.2 CILJI RAZISKOVANJA

- Vzorčiti impregnirane elemente v Slovenskih trgovskih centrih
- Določiti navzem bakrovih aktivnih učinkovin v les
- Določiti globino penetracije bakrovih pripravkov v les
- Določiti učinkovitost zaščitene lesa na glive razkrojevalke

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Ocenjujemo, da je večina impregniranih elementov, ki so na prodaj v Slovenskih trgovskih centrih neustrezno impregniranih.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZAŠČITA LESA

2.1.1 Razkroj lesa

Les zaradi različnih dejavnikov razpada iz organske v anorgansko snov. Vsi ti dejavniki imajo v naravi na splošno pozitivno vlogo, ker bi se brez njihovih vplivov organska snov kopičila in onemogočala rast rastlin, ki za svoj razvoj potrebujejo anorgansko snov. Za človeka ta sicer koristen razkroj lesa poteka večkrat prehitro, zato ga poskuša upočasniti z različnimi ukrepi (Kervina-Hamović, 1990).

Biotski in abiotski dejavniki povzročajo razkroj lesa. Biotski so dejavniki žive narave, zlasti glive in insekti. Abiotski so dejavniki nežive narave, kot so vremenski vplivi (visoke in nizke temperature, vlaga, veter ...) in kemični vplivi. Najhujši abiotski destruktor lesa je ogenj, ki pri nas in v svetu uničuje ogromne količine lesa (Kervina-Hamović, 1990).

Les propade zaradi gliv in insektov zato, ker ga uporabljajo za svojo prehrano. Glive les uničujejo kemijsko, insekti pa mehansko. Spremembe, ki jih povzročajo eni in drugi, se kažejo v izgubah mehanskih in drugih lastnosti lesa. Te spremembe so v začetku neopazne, lokalizirane, sčasoma pa postajajo vse bolj vidne. Na koncu ostane od lesa brezoblična prašna masa, brez kakršne koli uporabne vrednosti. Vsi ti dejavniki so z vidika kroženja hranilnih snovi nujni in potrebni, kadar pa uporabljamo les v gospodarske namene, želimo te procese čim bolj upočasniti, povsem ustaviti jih tako ali tako ne moremo.

Med biotskimi dejavniki so najbolj pomembni lesni škodljivci insekti in glive. Razkroj lesa zaradi lesnih škodljivcev je zapleten biološki proces in je zato za racionalno in učinkovito zaščito lesa nujno potrebno poznavanje posameznih lesnih škodljivcev ter biološke in kemične spremembe, ki pri njihovem razkroju nastajajo (Kervina-Hamović, 1990). V našem podnebnem pasu, glive razvrednotijo več lesa, kot insekti zato v okviru te naloge obravnavamo predvsem odpornost impregniranega lesa proti glivam.

2.1.2 Naravna odpornost in trajnost

Naravna odpornost je lastnost, ki jo ima les v naravnem, zdravem stanju, torej takrat, ko nanj še niso vplivali razni škodljivi dejavniki. To je lastnost ohranitve drugih naravnih lastnosti, kot so barva, trdota, kalorična vrednost itd. Naravna odpornost je zanimiva lastnost lesa, ki ima razen teoretičnega tudi velik praktičen pomen.

Naravna odpornost je odvisna zlasti od kemičnih sestavin lesa, ki jih imenujemo ekstraktivne ali akcesorne sestavine oziroma sekundarni metaboliti. To so snovi, ki se dajo iz lesa ekstrahirati z različnimi topili. Ekstraktivne sestavine lesa so: škrob, sladkorji, beljakovine, smole, tanini, barve, pektini, alkaloidi, glikozidi, fenoli in druge.

Škrob, sladkorji, beljakovine pospešujejo delovanje škodljivcev, smole, tanini, barve, pektini, alkaloidi, glikozidi in fenoli zavirajo ali preprečujejo. Vplivajo pozitivno na naravno odpornost posameznih vrst lesa (Kervina-Hamović, 1990).

Prav zaradi razlike v kemični sestavi je beljava zaradi vsebine škroba, sladkorjev in beljakovin veliko manj naravno odporna kot jedrovina, ki vsebuje smole, fenolne spojine, alkaloidne in druge podobno delujoče snovi. Tako v naravi velikokrat najdemo primere, ki kažejo močno poškodovano in preluknjano beljavo ob popolnoma nedotaknjeni jedrovini (hišni kozliček) (Kervina-Hamović, 1990).

Trajnost lesa je čas, v katerem les oziroma lesni izdelek zadrži vse svoje naravne lastnosti. Trajnost lesa je odvisna od njegove naravne odpornosti in številnih drugih dejavnikov: čas sečnje, postopanja z lesom po sečnji v predelavi in v uporabi, zlasti pa od kraja uporabe in od vseh škodljivih dejavnikov, ki na tem kraju delujejo (Kervina-Hamović, 1990).

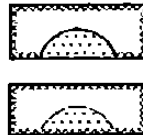
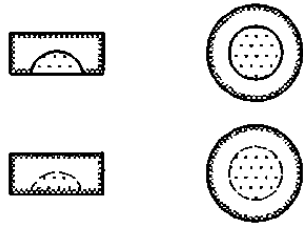
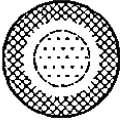
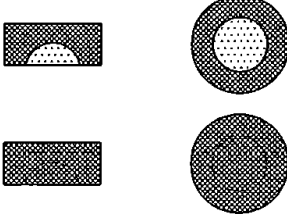
2.2 DEJAVNIKI KVALITETE IMPREGNIRANEGA LESA

2.2.1 Globina prodora – penetracija

Globino prodora oz. penetracije biocidnega proizvoda v les določa standard SIST EN 351-1:2007.

Penetracija mora biti določena z zaznavo biocidnega proizvoda na ali za mejo zahtevane penetracije (SIST EN 351-1), kot prikazuje preglednica 1.

Preglednica 1: Razredi penetracije, ki prikazujejo zahtevano penetracijo in ustrezne dele za analizo (SIST EN 351-1)

Penetracijski razred	Zahtevana penetracija ^b	Del za analizo	Ilustracije zahtevane penetracije
NP1	Ni zahtev	3 mm bočno	
NP2	Minimalno 3 mm bočno v beljavo	3 mm bočno v beljavo ^c	 Če ni mogoče ločiti beljave od jedrovine
NP3	Minimalno 6 mm bočno v beljavo	6 mm bočno v beljavo ^c	 Če ni mogoče ločiti beljave od jedrovine
NP4 ^a	Minimalno 25 mm bočno	25 mm bočno v beljavo ^c	 Debelina beljave > 25 mm
NP5	Celotna beljava	Celotna beljava ^c	 Če ni mogoče ločiti beljave od jedrovine

NP6	Celotna beljava in minimalno 6 mm v izpostavljeno jedrovino	Celotna beljava in 6 mm v izpostavljeno jedrovino	   Samo če je prisotna jedrovina
Legenda: —— Meja med beljavo in jedrovino, ko jih lahko ločimo ---- Meja med beljavo in jedrovino, ko jih ne moremo ločiti a Se nanaša na okrogli les nepermeabilnih drevesnih vrst b Doseganje posameznih razredov penetracije je zelo odvisna od impregnabilnosti posameznih lesnih vrst. Upoštevati je potrebno, da vseh ciljnih razredov penetracije pri posameznih drevesnih vrstah ni mogoče doseči brez uporabe posebnih tehnik. (npr. vrezovanje, posebni režimi sušenja, podaljšana difuzija). Glede na izkušnje zgornje trditve veljajo za razrede penetracije NP5 in NP6 pri smrekovini. c Če ni mogoče ločiti beljave od jedrovine je potrebno zahtevano penetracijo in del za analizo oceniti tako, da debelina beljave ustreza posameznemu razredu penetracije.			

2.2.2 Navzem – retencija

Navzem ali retencija zaščitnega sredstva je eden ključnih parametrov kvalitetno impregniranega lesa. Izražamo jo v kg/m^3 lesa. Retencijo določimo s tehtanjem lesa pred impregnacijo in po impregnaciji. Razliko teže na enoto volumna lesa imenujemo navzem zaščitnega sredstva.

V preglednici 2 so navedena nekatera zaščitna sredstva in njihov navzem, ki je potreben za določen razred uporabe (Humar in Pohleven, 2005).

Preglednica 2 :Navzem zaščitnih pripravkov glede na razred uporabe (Humar in Pohleven, 2005)

Zaščitni pripravek:	Razred uporabe:	Navzem (kg/m³)
CCA	III	4
	IV	6,4
CCB	III	6
	IV	9
ACQ	III	12
	IV	36
Tanalith E	III	9
	IV	18
CuHDO	III	12
	IV	24
III razred uporabe: les, ki ni pokrit, vendar ni v stiku z zemljo		
IV razred uporabe: les, ki ni pokrit in je v stiku z zemljo ali sladko vodo		

2.3 BAKROVI PRIPRAVKI ZA ZAŠČITO LESA

Bakrovi pripravki, ki jih za zaščito lesa uporabljamo že skoraj 200 let so tudi danes še vedno najpomembnejši fungicidi za zaščito lesa. Ker zanje zaenkrat še ni ustrezne cenovne in siceršnje alternative se bodo po vsej verjetnosti uporabljali tudi v prihodnosti. (Humar in Pohleven, 2005).

Ko je bil patentiran Boucherie postopek se je začela industrijska uporaba bakrovih pripravkov za zaščito lesa. Uporabljati so začeli vodno raztopino bakrovega (II) sulfata. Ker se je baker iz tako zaščenega lesa prehitro izpiral, les na prostem ni dosegal ustrezne trajnosti. Ko so v začetku dvajsetega stoletja rešili težavo povezano z izpiranjem bakrovih pripravkov iz lesa, je njihova poraba strmo narasla. Zaščitna sredstva, ki vsebujejo bakrove spojine, ščitijo les pred glivami in tudi pred algami. Poleg tega tudi preprečujejo usidranje morskih škodljivcev na podvodne dele ladij in lesenih konstrukcij (Humar in Pohleven, 2005).

Letno se za zaščito lesa porabi 100.000 ton bakrovih biocidnih proizvodov (Hughes, 1999; Preston, 2000). Količina v zadnjem obdobju še narašča. Razlogov za to je več:

- bakrovi pripravki so že v relativno nizkih koncentracijah učinkovitina večino gliv, alge in bakterije, na višje rastline pri komercialnih koncentracijah ne vplivajo, v nizkih koncentracijah je baker celo esencialni element, nujno potreben za njihovo pravilno rast in razvoj (Gupta, 1979),
- biocidni proizvodi na osnovi bakra so relativno poceni in sorazmerno varni v primerjavi z drugimi biocidnimi proizvodi (Richardson, 1997),
- prepoved oziroma strožji nadzor nad nekaterimi klasičnimi organskimi biocidi za les ob uveljavitvi direktive o biocidnih proizvodih v EU, zaradi strupenosti ali njihove okoljske neprimernosti (pentaklorofenol, DDT, Lindan, kreozotno olje, organokositrovi pripravki) (Pohleven, 1998)
- velik vpliv ima tudi hiter razvoj tretjega sveta in s tem povezane večje potrebe po kvalitetnem zaščitenem lesu zaradi pomanjkanja naravno odpornih lesnih vrst (Richardson, 1997),

2.3.1 Klasični bakrovi pripravki za zaščito lesa

Po Boucherie postopku leta 1838 je bilo razvito mnogo drugih pripravkov, ki vsebujejo baker. ACZOL je bil pomembnejši pripravek, ki so ga razvili leta 1907. To je bila raztopina fenola, bakra, cinka in amonijaka. (Hughes, 1999). V Evropi nikoli ni dosegel takšnega uspeha, kot v ZDA, predvsem zaradi neuglednega videza površine in neprijetnega vonja amonijaka.

Brumingovo odkritje v letu 1913, da kromove spojine močno izboljšajo vezavo bakrovih komponent je pomenilo veliko prelomnico v razvoju zaščitnih pripravkov za les.

Prvi znani komercialni pripravek na osnovi bakrovega sulfata in natrijevega dikromata je leta 1926 patentiral Gilbert Gunn. Kmalu so odkrili, da tako zaščiten les ni odporen proti termitom in tolerantnim izolatom lesnih gliv.

Te težave so bile v veliki meri odpravljene z odkritjem indijskega raziskovalca Sontija Hamesana. Ugotovil je, da krom ne fiksira le bakrovih spojin, temveč tudi arzenove. Kasneje (1953) so vodno raztopino bakrovih spojin, kromatov in arzenovega pentoksida poimenovali CCA. Dodatek arzena v pripravke je izboljšal tako fiksacijo bakra in kroma kot tudi odpornost s CCA zaščitenega lesa proti termitom in tolerantnim izolatom gliv (Richardson, 1993). Zato je množično uporabo ta pripravek doživel v termitskih področjih Azije in ZDA. CCA pripravki so danes v EU prepovedani, V Avstraliji in Aziji pa so na trgu dostopni pod različnimi komercialnimi imeni (Celcure A, Tanalith C, Smoe K33, Langwood itd.) (Humar in Pohleven, 2005).

Arzenovih spojin niso dodajali le zaščitnim pripravkom na osnovi kromovih in bakrovih spojin, temveč tudi pripravkom na osnovi bakrovih spojin in amonijaka. Leta 1940 je Gordon tak pripravek tudi patentiral. Amonijakalni pripravki so v ZDA v uporabi še danes. Poleg bakrovih soli v amonijakalne pripravke dodajajo tudi cinkove. V Evropi jih praktično nismo uporabljali. Večjega razmaha zaradi dražjega vonja amonijaka in neugledne površine zaščitenega lesa niso doživeli (Humar, 2004).

Uporaba arzena za zaščito lesa v skladu z direktivo o biocidih (BDP 98/08/EC) v EU ni več dovoljena. Poleg tega pa uporabo arzena v EU omejujejo še druge direktive. Najpomembnejši je dokument, ki prepoveduje uporabo arzenovih zaščitnih pripravkov za zaščito otroških igralskih površin, vrtnega, stavbnega pohištva... Arzenove zaščitne pripravke je dovoljeno uporabljati edino še za zaščito telekomunikacijskih drog v odročnih krajih Skandinavije, infrastrukture in lesa v stiku z morskimi vodami (Murphy in sod., 2004) v zelo omejenem obsegu z dovoljenjem EU komisije.

Pripravke, v katerih so arzenove spojine nadomestile borove, imenujemo CCB pripravki. Nekateri proizvajalci so namesto bora uporabljali fosfor (Jermer in sod., 2004), v tem primeru smo jih poimenovali CCP. Fiksacija bakra je v kombinaciji kroma in fosforja bistveno boljša kot v kombinaciji z borom, zato so ti pripravki primerni za zaščito lesa na vodnih območjih, saj je baker zelo škodljiv za vodne organizme, predvsem ribe (Humar in Pohleven, 2005).

Ob implementaciji direktive o biocidih v letu 2006, so uporabo kroma v EU zelo omejili. Zaradi zelo zahtevne birokracije povezane z uporabo kroma v zaščiti lesa, se mu profesionalni uporabniki izogibajo. V Sloveniji se ni niti en profesionalni uporabnik odločil za registracijo za uporabo kromovih spojin.

Poleg vodotopnih so za zaščito lesa veliko uporabljali tudi bakrove karboksilate, topne v lak bencinu (white spirit). Bakrov naftenat so odkrili leta 1889 v Rusiji. Prvi komercialni pripravek so leta 1911 na Danskem prodajali pod blagovnoznamko Cuprinol. Uporaba se je razširila v prvi svetovni vojni, kjer se je uporabljal za zaščito zabojev za municijo. Zelena raztopina bakrovega naftenata je še danes dokaj množično uporabljano zaščitno sredstvo za les, prodaja se pod različnimi blagovnimi znamkami (Oborex, KP Cuprinol). Ta sistem se uporablja predvsem v ZDA. Uporaba bakrovih naftenatov v EU ni dovoljena. Z bakrovimi naftenati prepojeni les ni odporen proti insektom, razen v primeru, ko je še vedno prisotna prosta naftenska kislina. Slabost bakrovega naftenata je nekompatibilnost s površinskimi premazi in neugoden vonj po nafti (Humar in Pohleven, 2005).

2.3.2 Novejši bakrovi pripravki za zaščito lesa

Cu-HDO (N-cikloheksil-N-nitrozohidroksilamin baker) je bila prva aktivna učinkovina, ki je bila alternativa klasičnim zaščitnim pripravkom na bakrovi in kromovi osnovi. Razvita je bila v podjetju dr. Wolman. Na trgu je bila najprej dostopna pod komercialnim imenom Wolmanit CXS, danes pa kot Wolmanit CX. (Hughes, 1999). Ta aktivna učinkovina, je še vedno dovoljena za uporabo, tudi po implementaciji direktive o biocidih v EU. Uporaba v ZDA je omejena zaradi potencialnih kancerogenih lastnosti Cu-HDO.

Z amini so uspešno nadomestili amoniak v novejših pripravkih. Bakrove učinkovine najpogosteje kombinirajo z etanolaminom ali trietanolaminom. Za izboljšanje insekticidnih lastnosti jim dodajo bor in kvartarne amonijeve spojine, ki učinkujejo tudi kot sekundarni fungicidi. ACQ je znana kratica, ki jo uporabljajo v ZDA. (Zhang in Kamdem, 2000). V ZDA so danes baker-etanolaminske pripravke nadomestili pripravki na osnovi mikroniziranega bakra. Na trgu jih prodajajo pod različnimi komercialnimi imeni. Les, zaščiteno s pripravki na osnovi aminov in bakra lahko vgrajujemo tudi v zemljo. Vendar je navzem pripravka v tem primeru skoraj še enkrat večji kot pri lesu, ki smo ga zaščitili s CCA (Humar in Pohleven, 2005). Po prepovedi večine klasičnih biocidov, omejitev uporabe kreozota, so baker-etanolaminski pripravki edina rešitev, ki se v EU lahko uporablja za zaščito lesa v 3 in 4 razredu uporabe.

Ker se bor kot sekundarni biocid iz lesa hitro izpira, so dolgo časa iskali primeren vodotopen biocid, ki bi deloval tako fungicidno, kot tudi insekticidno. Kot zelo učinkoviti so se izkazali pripravki na osnovi bakrovih spojin aminov in azolov. Še posebej sta se uveljavila tebukonazol in propikonazol.

Ker so večinoma novejši pripravki manj učinkoviti kot CCA in CCB moramo v les vnesti večjo količino zaščitnih učinkovin. Priporočen navzem za lesene drogove, vgrajene v zemljo, je za pripravek na osnovi bakra, aminov in kvartarnih amonijevih spojin (ACQ) skoraj šestkrat višji kot pri impregnaciji s sredstvom CCA.

Dejstvo je, da krom, baker in arzen delujejo sinergistično. Arzen ne deluje le insekticidno, temveč tudi fungicidno. Zaradi več višjih navzemov, slabše vezave se bodo iz tako zaščitene lesa sproščale tudi večje količine težkih kovin. Postavlja se vprašanje, ali je uvedba novih zaščitnih pripravkov res vedno najboljša rešitev (Humar in Pohleven, 2005).

2.3.3 Baker-etanolaminski pripravki

Kombinacija bakra in etanolamina je nadomestila okoljsko spornejšše kromove spojine (Englot, 2006). Večina bakrovih pripravkov v EU danes temelji na Cu in etanolaminu. To sta najpomembnejši sestavini številnih komercialnih pripravkov, kot so: Silvanolin (Silvaprodukt, SI), Kuproflorin (Regeneracija, SI), Tanalith E (Arch, UK), Wolmanit CX10 (Wolman, D), ACQ (CSI, ZDA)... (Humar, 2008)

2.4 POSTOPKI ZAŠČITE

Najstarejši poznani poskus zaščite lesa je pooglevanje njegove površine z obžiganjem, kar so ljudje počeli že pred štirimi in več tisočletji. Kasneje so poskušali s premazovanjem lesa z živalskimi maščobami in rastlinskimi olji. Kasneje se je izkazalo, da so z nekaterimi prijemi celo pospešili glivni razkroj. Še danes v zaščiti lesa vlada veliko mitov, ki se prenašajo iz roda v rod. Šele v zadnjih dveh stoletjih je zaščita lesa postala industrijska panoga (Pečenko, 1987)

Biocidni ukrepi za zaščito lesa so ukrepi umetnega konzerviranja lesa, s katerim v les pred njegovo uporabo vnesemo potrebno količino biocidov, ki varujejo les pred škodljivimi dejavniki. Ker je les za številne lesne škodljivce bivališče in hrana, ga z biocidi napravimo strupenega oziroma odbijajočega za škodljivce (Kervina-Hamović, 1990).

Za kvalitetno zaščito lesa je enako pomembno kot pravilna izbira biocidnega proizvoda tudi pravilna izbira postopka, s katerim biocide vnesemo v les.

2.4.1 Premazovanje

Premazovanje je najbolj preprost in pogost postopek zaščite lesa. Premaz nanašamo s čopičem ali drugimi napravami za premazovanje. S tem postopkom, pri večini lesnih vrst dosežemo samo površinsko zaščito, kar pa ne zadostuje za dobro zaščito lesa zunaj v višjih razredih uporabe. Žal ga kljub temu velikokrat uporabljamo, ker je preprost za uporabo in največkrat tudi edino izvedljiv za zaščito že vgrajenega lesa (ograje, lesne obloge, vrata, okna, klopi, čela hlodovine). Pogosto je ravno izbira premazovanja kot neprimerne postopka zaščite, vzrok hitremu propadu zaščenega lesa (Kervina-Hamović, 1990).

2.4.2 Potapljanje

Potapljanje je postopek, ki ga lahko izvajamo tudi doma v preprostih sodih ali pa industrijsko v bazenih. Potapljanje se uporablja tudi za zaščito lesa med transportom. Ti bazeni so visoko avtomatizirani. K temu sodi dodatna oprema, transportne in obtežilne naprave, ki les pripeljejo, dvigajo in spuščajo ter obtežijo pod nivo tekočine. Potapljanje lahko traja nekaj minut do več dni, običajno potapljamo 1, 8, 12, 24 ali 48 ur. Retencija in penetracija sredstva sta odvisni od vrste lesa, deleža beljave, površinske obdelave, vlažnosti lesa itd. Penetracija aktivnih učinkovin med potapljanjem doseže nekaj mm (Kervina-Hamović, 1990).

2.4.3 Postopek Boucherie

Postopek Boucherie je tudi postopek za impregnacijo popolnoma svežega lesa (za lesene drogeve). Drogovi, za ta postopek ne smejo biti olupljeni. Rezervoar z raztopino anorganske soli postavimo na višjo lego (stolp ali breg), tako da tekočina s prostim padom priteka skozi cevi in skozi posebne kape v drogeve in tako prodira z ene strani drogova na drugo. Namesto stolpa lahko uporabljamo tudi rezervoar pod tlakom. Hitrost pretoka je približno 1 m/dan.

Z »bušeriziranjem lesa« dosegamo popolno prepojitev beljave smrekovega lesa, ki se sicer težko impregnira z biocidnimi proizvodi. Problem za izvajanje tega postopka je kontinuirana dobava sveže posekanega lesa z nepoškodovanim lubjem (Kervina-Hamović, 1990). Zaradi tega se ta postopek v EU ne uporablja več. V Aziji se ta postopek uporablja za zaščito bambusa, ki ga drugače ni mogoče uspešno zaščititi.

2.4.4 Kotelski postopki

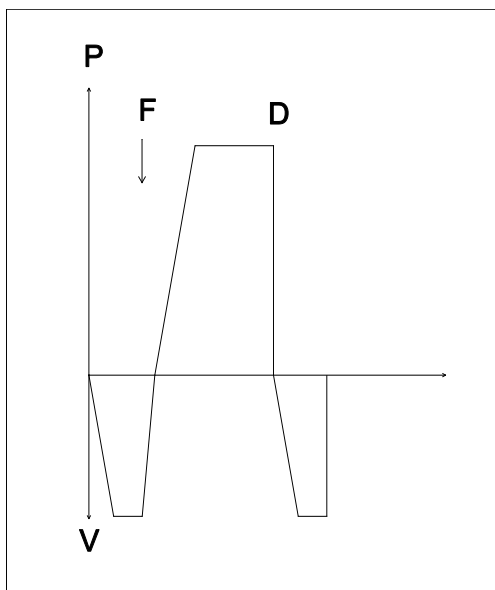
Kotelski postopki so postopki v velikih jeklenih hermetično zaprtih kotlih. Princip vseh je kombinacija podtlaka in nadtlaka, v določeni višini in trajanju. Napravo za impregnacijo pri kotelskih postopkih običajno sestavljajo: mešalna posoda za biocidni proizvod, pretočni rezervoar, merilna posoda, predgrelec, vakuumška črpalka, tlačna črpalka in kotel. Za kakovostno zaščito morajo celotna naprava in kontrolni instrumenti delovati brezhibno. Danes je večina postopkov vodena preko računalniških sistemov. Samo s kotelskimi postopki lahko dosežemo globinsko impregnacijo lesa (Kervina-Hamović, 1990).

2.4.4.1 Postopek polnih celic ali postopek polnega vpitja (Bethellov postopek)

Postopek poteka tako, da vzpostavijo v kotlu, ki je napolnjen z zračno suhim lesom podtlak, ki izčrpa zrak iz celic lesa, nato ob vzdrževanju vakuumu potiskajo v kotel biocidni proizvod. Temu sledi nadtlak. Retencijo in penetracijo definira dolžina trajanja nadtlaka. Sledi prekinitev tlaka, prečrpavanje sredstva in kratkotrajna vzpostavitev podtlaka, da se površina lesa nekoliko osuši.

Ta postopek uporabljajo pri lesnih vrstah, ki težko vpijajo, na primer naša smreka, za impregnacijo s pripravki na vodni osnovi.

Slika 1 predstavlja diagram impregniranja po Bethellovem postopku. Oznake na diagramu: P – tlak, V – podtlak, F – zalitje s tekočino, D – izčrpanje tekočine (Kervina-Hamović, 1990). Slika 2 prikazuje telekomunikacijske drogeve impregnirane z bakrovimi pripravki po Bethellovem postopku.



Slika 1: Diagram impregniranja - Bethellov postopek polnih celic



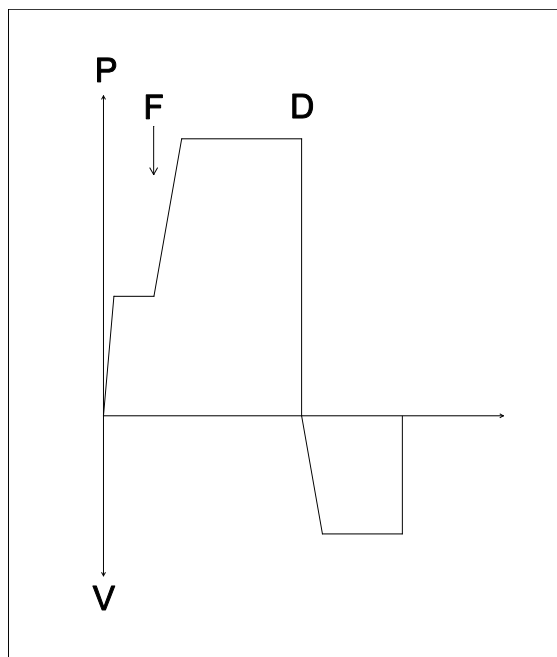
Slika 2: Telekomunikacijski drogovi impregnirani z bakrovimi pripravki po Bethellovem postopku

2.4.4.2 Postopek praznih celic ali ekonomični (Rüpingov) postopek.

Ta postopek poteka tako, da vzpostavijo v kotlu, napolnjenem z zračno suhim lesom, tlak ki stisne zrak v celicah lesa, nato ob povečanem tlaku potiskajo v kotel biocidni proizvod. Ko tlak v kotlu pade in predhodno ustvarjeni tlak v celicah lesa iztisne iz lesa sredstvo tako, da ostanejo celične stene oblite s sredstvom, notranjost celic pa prazna. Po tem je postopek dobil ime postopek praznih celic. Ko se kotel izprazni, sledi kratkotrajni vakuum, da se površina lesa nekoliko osuši.

Višino in trajanje tlaka in vakuuma naravnajo glede na les, ki ga impregnirajo in glede na uporabljen biocidni proizvod. Potem postopku impregniramo lesene pragove in drogove s kreozotnim oljem, ki ga pred tem segrejemo na 100 °C do 120 °C (Kervina-Hamović, 1990). Danes se postopek uporablja tudi za impregnacijo lesa, za modifikacijo s furfuril alkoholom in DMDHEU.

Slika 3 predstavlja diagram spreminjanja tlaka in podtlaka v skladu z Rüpingovem postopkom. Oznake na digramu: P – tlak, V – podtlak, F – zalitje s tekočino, D – izčrpanje tekočine. Slika 4 prikazuje telekomunikacijske drogove impregnirane s kreozotnim oljem po Rüpingovem postopku.



Slika 3: Diagram impregniranja - Rüpingov postopek praznih celic



Slika 4: Telekomunikacijski drogovi impregnirani s kreozotnim oljem po Rüpingovem postopku

2.4.4.3 Dvojni Rüpingov postopek, je dvakrat izveden Rüpingov postopek.

S tem dosežemo boljšo penetracijo biocidnega proizvoda. Uporabljamo ga zlasti za impregnacijo bukovih pragov s kreozotnim oljem. To impregnacijo lahko opravljamo tudi s štirifaznim postopkom (Kervina-Hamović, 1990). To je dražja rešitev, ki se ji izognemo, če je le možno.

Znani so še drugi postopki za impregnacijo lesa v kotlih: oscilacijski tlačni postopek, Boultonov postopek, High pressure postopek ... S temi postopki impregnirajo predvsem les trdih listavcev (Kervina-Hamović, 1990).

2.5 UPORABLJENE LESNE VRSTE

2.5.1 Smreka (*Picea abies* Karst.)

Smrekovina ima neobarvano jedrovino. Beljava in jedrovina se barvno ne ločita. Les je večinoma rumenkasto bel, v starosti tudi rumenkasto rjav. Branike od ozkih do zelo širokih, so jasno razločne. Prehod iz svetlega, belkastega ranega lesa, do rdečkasto rumenega kasnega lesa, je postopen. Skobljane površine imajo svilnat lesk. Svež les diši po smoli. Pogost je pojav smolnih žepkov. Les je mehak in srednje gost (gostota ρ_0 300...430...640 kg/m³). Za smreko je značilno ravno, vitko, polnolesno in dokaj cilindrično deblo z malo vejami (razen prosto rastočih smrek, ki so malolesne in grčave) (Čufar, 2006).

Branike so dobro razločne, aksialni elementi potekajo premo. Jedrovina ni obarvana. Krčenje je dokaj zmerno. Les je elastičen in trden. Pri sušenju smrekovine ni težav. Poleg tega se lepo lušči in cepi.

Les se brez težav obdeluje tako z ročnimi kot tudi s strojnimi orodji.

Les je malo kemično aktiven zaradi nizke vsebnosti ekstraktivov. Ob stiku s smrekovino železo ne korodira. Nezaščiten les sodi v 4 razred odpornosti. V kolikor smrekovino uporabljamo na prostem mora biti vgrajena pravilno in zaščiten.

Smrekovino lahko kupimo v obliki hlodov, žaganega lesa ali furnirja. Največ se jo uporablja v gradbene in konstrukcijske namene ter notranjo opremo. Za inštrumente se uporablja resonančni les smreke (Čufar, 2006).

2.5.2 Rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.)

Sveža jedrovina je rdečkastorumena, kasneje potemni do rjavkaste oz. rdečerjave barve, beljava je večinoma široka, rumenkasto do rdečkastobela.

Branike so razločne, s temnim kasnim lesom, prehod iz ranega v kasni les je postopen do oster. Smolni kanali so številni in razločni (znatno večji kot pri smreki in macesnu), svež les s prijetnim aromatičnim vonjem, les je zmerno trd in srednje gost (Čufar, 2006).

Les se zmerno krči in nabreka vendar bolj kot pri smrekovini. Trdnost je odvisna od gostote. Je delno odporen proti atmosferilijam. Jedrovina sodi v tretji razred odpornosti, beljava pa je primer najbolj dovzetnega lesa za razkroj. Beljava se brez problemov impregnira. Glive modrivke pogostokrat okužijo beljavo.

Sušenje borovine je enostavno. Obdelovanje lesa ne predstavlja problemov, razen večje količine smole, ki jo vsebuje, ker se lepi na orodja strojev. Zaradi večje količine smole je borovino potrebno sušiti pri nižjih temperaturah. Pred površinsko obdelavo je potrebno les predhodno očistiti smole. Borovino je navadno moč kupiti predvsem kot žagan les. Največja uporaba je v splošnem in stavbnem mizarstvu. Uporablja se jo tudi kot jamski les, telekomunikacijski drogovi in železniški pragovi (Čufar, 2006).

2.6 UPORABLJENE GLIVE

2.6.1 Navadna tramovka – *Gloeophyllum trabeum*(Pers.) Murr.

Razširjenost in nahajališča: Zelo razširjena je v Evropi, Avstraliji, na Novi Zelandiji, v Afriki in Severni Ameriki. Okužuje iglavce (smreka, bor) in listavce (bukev, robinija, cipresa). Najdemo jo predvsem na lesenih konstrukcijah – na strešnih konstrukcijah, na mostovih, okenskih okvirjih, vratih, lesu v savnah, na zunanjih talnih oblogah, včasih tudi na drogovih, pragovih, v rudnikih ipd.

Opis: Aktivni trosnjaki so temno rumene barve. Lamela in pore imajo nepravilno obliko in razpored. Trosi so brezbarvni in cilindrični. V začetku je klobuk temno rumen, s starostjo potemni, včasih pa tudi zbledi.

Pogoji razvoja: Optimalna temperatura za razvoj te glive je 35 °C, maksimalna pa nad 40 °C. Trosi ohranijo kalivost v suhem stanju tudi po enem letu.

Trohnoba: Povzroča temno, prizmatično trohnobo, podobno drugim vrstam gliv iz rodu *Gloeophyllum*.

Gospodarski pomen: Zelo pogostna in nevarna razkrojevalka gradbenega in stavbnega lesa (Benko in sod., 1987).

2.6.2 Bela hišna goba – *Poria monticola* Murr.

Razširjenost in nahajališča: To je precej razširjena hišna goba v Evropi. Pojavlja se kot razkrojevalka lesa v stavbah, najdemo pa jo tudi na lesu, ki je na prostem (na hlodovini v gozdu), ali na lesu, ki je v stiku z zemljo (drogovi, pragovi, jamski les ipd.). Večinoma jo najdemo na zelo vlažnem lesu iglavcev, zlasti če se vlaga nabira v obliki kapljic (kondenzacijska vlaga).

Opis: Na okuženem lesu se na trebušni strani pojavi belo podgobje, ki ohrani barvo, tudi ko se goba postara. Goba se razširja kot pozimi ledene rože na okenskih steklih. Iz podgobja se razvijejo bele hife, ki so lahko debele do 4 mm. Te ostanejo prožne in se ne lomijo niti takrat, ko so že posušene. Trosnjaki so kožasti. Mladi so beli, ko ostarijo pa postanejo slamnato rumeni do opečnato rdeči in so prirasli na les kot debela koža ali blazinica. Trosovnica vsebuje značilne cevčice nepravilnih, oglatih oblik, velikih do 5 mm. S prostim očesom jih vidimo kot nepravilne, mnogokotne pore. Pri vodoravnih trosnjakih je trosovnica obrnjena navzgor. Trosnjaki so plutovinasti. Trosi so cilindrični in elipsoidni. Trosnjak je priraščen na les z žarkastim ali vrvičastim podgobjem.

Pogoji razvoja: Optimalna pogoja za razvoj bele hišne gobe sta temperatura 27 °C in vlaga lesa 40%. Goba raste v temperaturnem območju 3 °C do 36 °C. V laboratorijskih razmerah zraste podgobje 12,5 mm na dan. Bela hišna goba prenese tudi do pet let trajajoče sušno obdobje in nato spet oživi ter začne razkrajati les, če ta vsebuje 40 % vlage.

Trohnoba: Bele hišne gobe povzročajo rjavo destruktivno trohnobo, paralelopipedne oblike. Les, okužen z belimi hišnimi gobami, zelo hitro izgublja prelomno trdnost. Zaradi hitre depolimerizacije nastanejo kratko vlaknati lomi. Odpornost proti udarcem se zmanjša že takrat, ko skoraj še ni izgube teže. To se zgodi zaradi razcepitve vezi med ligninom in ogljikovimi hidrati. Po okužbi bele hišne gobe se pojavita tudi nenormalno longitudinalno krčenje lesnih vlaken in manjša natezna trdnost (Benko in sod., 1987).

V laboratorijskih razmerah les po 16 tednih izgubi tudi do 41 % teže.

Gospodarski pomen: Goba se pojavlja predvsem na tehničnem lesu, zato je škoda, ki jo povzroča še toliko večja (Benko in sod., 1987). Za glivo je značilna velika odpornost na bakrove biocide.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 NAKUP VZORCEV

Vzorci za analizo smo kupili v različnih trgovskih centrih z gradbenim materialom po Sloveniji, pri enem od proizvajalcev, ki jih sam proizvaja in prodaja, ter pri enem izmed trgovcev, ki impregnirane lesene kole uvaža iz tujine in jih prodaja v Sloveniji. Želeli smo zajeti čim večji spekter impregniranega lesa, ki ga lahko slovenski potrošnik kupi v maloprodaji. Vse vzorce smo izbrali naključno. Kupili smo 10 različnih vzorcev, od vsakega vzorca smo izbrali po tri kose. Skupno število vzorcev (morali, deske, količki, okroglice) za analizo je tako znašalo 30. V preglednici 3 so prikazani poleg oznake in številke vzorca: trgovec, kraj nakupa, datum nakupa, oblika vzorca, prodajne dimenzije, dejanske dimenzije vzorca, vrsta lesa, cena izdelka, cena izdelka na m³. Vsi trgovci so izdelke prodajali kot globinsko zaščiten les. Vrste uporabljenega biocidnega proizvoda v večini primerov nismo izvedeli. Slika 5 prikazuje nakupljene vzorce:

Preglednica 3: Nakup vzorcev

Oznaka vzorca:	Št. vzorca :	Trgovec:	Kraj:	Datum nakupa:	Oblika vzorca:	Prodajne dimenzije (mm):	Dejanske dimenzije (mm):	Vrsta lesa:	Cena (€/kos):	Cena (€/m ³):
A	1	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik							
	2	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik	26.3.15	Moral	90 x 90 x 1000	85 x 85 x 1000	rdeči bor	5,59	690
	3	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik							
B	4	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik							
	5	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik	26.3.15	Okroglica (kol)	80 x 1250	Ø 76 x 1250	rdeči bor	3,29	548
	6	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik							
C	7	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik				Ø 55 x 1470			
	8	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik	26.3.15	Okroglica (kol)	Ø 60 x 1500	Ø 55 x 1440	rdeči bor	2,89	723
	9	Bauhaus	Ljubljana-Rudnik				Ø 55 x 1420			
D	10	Obi	Ljubljana-Rudnik							
	11	Obi	Ljubljana-Rudnik	26.3.15	Okroglica (kol)	Ø 80 x 1250	Ø 80 x 1250	smreka	4,99	792
	12	Obi	Ljubljana-Rudnik							
E	13	Obi	Ljubljana-Rudnik							
	14	Obi	Ljubljana-Rudnik	26.3.15	Količek	40 x 40 x 1500	40 x 40 x 1500	rdeči bor	1,99	829
	15	Obi	Ljubljana-Rudnik							
F	16	Inpos	Slovenska Bistrica							
	17	Inpos	Slovenska Bistrica	30.3.15	Moral	70 x 70 x 1000	66 x 66 x 1000	rdeči bor	3,98	812
	18	Inpos	Slovenska Bistrica							
G	19	Merkur	Ljubljana-Višmarje							
	20	Merkur	Ljubljana-Višmarje	31.3.15	Moral	50 x 70 x 2000	49 x 68 x 2000	smreka	5,69	813
	21	Merkur	Ljubljana-Višmarje							
H	22	Baumax	Kranj							
	23	Baumax	Kranj	1.4.15	Moral	70 x 70 x 1000	69 x 69 x 1000	rdeči bor	4,15	847
	24	Baumax	Kranj							
I	25	Omorika	Dolenjske toplice							
	26	Omorika	Dolenjske toplice	2.4.15	Deska	35 x 85 x 945	35 x 85 x 945	smreka	2,44	871
	27	Omorika	Dolenjske toplice							
J	28	Agrikol	Črni Kal							
	29	Agrikol	Črni Kal	2.4.15	Okroglica (kol)	Ø 80 x 1300	Ø 80 x 1300	smreka	4,50	692
	30	Agrikol	Črni Kal							



Slika 5: Kupljeni vzorci impregniranega lesa

3.2 PRIPRAVA VZORCEV

3.2.1 Označevanje in razžagovanje

Vzorci oz. elemente smo najprej označili in zarisali potek razžagovanja na manjše vzorce. Na vsakem elementu smo določili 5 območij. Prvega smo zarisali najmanj 10 cm od čela, nato smo vse ostale zarisali s približno enakimi razmaki med njimi. Na vsakem izmed petih območij smo zarisali vzorce debeline 3 cm (test retencije) in poleg njega vzorec debeline 2 cm (test za določanja odpornosti proti glivam). Pri zarisovanju smo se poskušali izogibati grčam in drugim napakam v lesu. Vzorce smo razžagali na miznem krožnem žagalnem stroju kot je prikazano na sliki 6



Slika 6: Razžagovanje vzorcev

3.2.2 Priprava vzorcev za določitev globine prodora (penetracije)

Za določitev penetracije smo vse vzorce (5 vzorcev za vsak element posebej) skenirali skupaj in s pomočjo CAD (Ang., Computer aided design) programa izmerili globino navzema oz. penetracijo biocidnega proizvoda v les. Slika 7 prikazuje skenirane vzorce.



Slika 7: Skenirani vzorci

3.2.3 Priprava vzorcev za določitev navzema (retencije)

Za določitev navzema oz. retencije biocidnega proizvoda v les smo iz vsakega elementa odvzeli vzorce številka 1, 3 in 5, pri manjših presekih vzorcev pa smo izbrali vse vzorce (številke od 1 do 5). Pri določevanju retencije smo se osredotočili na količino bakra (Cu) v impregniranem lesu in določali kako se njegova koncentracija spreminja iz oboda vzorca proti sredini.

Na vsakem vzorcu smo označili 2 mm široko zunanjo plast, srednjo 5 mm široko plast in notranjo 5 mm široko plast. Plasti so si sledile ena za drugo. Vsako plast posebej smo odrezali iz vzorca s pomočjo mizarskega dleta kot prikazuje slika 8. V skupno posodo smo shranili npr. zunanjo plast vzorcev 1, 3 in 5 iz elementa A-1.



Slika 8: Priprava vzorcev za določitev vsebnosti bakra

Pripravljene odrezke smo zmleli v iveri in prah s pomočjo laboratorijskega mlina (Retsch 2000). Med vsakim mletjem smo mlin temeljito očistili, da ni prišlo do medsebojnega mešanja vzorcev in s tem posledično nepravilnih rezultatov pri meritvah.

Zmlet les smo s pomočjo laboratorijske stiskalnice (Chemplex Spectro pellet press) stisnili v obliko tablet. Za vsak posamezni sloj elementa smo naredili tri tablete. Tablete smo označili s pripadajočimi oznakami (prim. A-1(1)3).

Za analizo bakra v pripravljenih tabletah smo uporabili rentgenski fluorescenčni spektrometer Twin-X (XRF) znamke Oxford instruments (Slika 9).

Osnovna metoda XRF je vzbujanje (ionizacija) atomov (predvsem v K in L lupini) in nato relaksacija vzbujenega (ioniziranega) atoma. V procesu relaksacije (prehod atoma v osnovno stanje) odda vzbujen atom odvečno energijo kot fluorescenčno oziroma karakteristično sevanje, ki neposredno služi za določanje kvalitativne in kvantitativne sestave vzorcev. S to metodo se, da določiti elemente od Mg (12) do U (92). Določamo lahko vzorce v tekoči, prašni ali trdni obliki (Humar, 2007).



Slika 9: Rengentski flouescenčni spektrometer

3.2.4 Priprava vzorcev za izpostavitve glivam razkrojevalkam lesa

Manjše vzorce za izpostavitve glivam razkrojevalkam smo pripravili iz vzorcev debeline 2 cm. Za pripravo smo uporabili vzorce s številkami 1, 3 in 5 (najbolj zunanja in srednji vzorec v elementu). Iz sredine vsakega vzorca smo s pomočjo tračne žage izžagali lamelo debeline 1 cm. Z žagalnim strojem Proxxon FKS/e smo iz vsake lamele nažagali manjše vzorce velikosti 1 cm. Iz vsake lamele smo dobili 5 manjših vzorcev oz. 3 vzorce pri manjših presekih. Končani vzorci so merili 1 cm x 1 cm x 2 cm. (Slika10) Vzorce smo ustrezno označili. Poleg teh vzorcev smo pripravili tudi kontrolne vzorce enakih dimenzij. Uporabili smo neimpregnirano smreko, beljavo bora in jedrovino bora.



Slika 10: Vzorci pripravljeni za test izpostavitvi glivam razkrojevalkam

Tako pripravljene vzorce smo najprej sušili v laboratorijskem sušilniku. Vzorci so bili izpostavljeni 24 ur temperaturi 103 ± 2 °C. Pred izpostavitvijo glivam smo jih stehali na elektronski tehtnici na štiri decimalna mesta grama natančno. Tako smo določili maso vzorcev v absolutno suhem stanju.

Za izpostavitve vzorcev glivam smo predhodno pripravili agarjevo gojišče (krompirjev dekstrozni agar v prahu in destilirana voda – 39g/L). V pripravljene petrijevke z agarjem smo cepili seve gliv. Celoten postopek smo izvajali v laminariju pod sterilnimi pogoji.

Vrste gliv, ki smo jim uporabili:

- *Gloeophyllum trabeum* (navadna tramovka)
- *Poria monticola* (bela hišna goba)

Petrijevke smo zaščitene s PVC folijo pustili v rastni komori en teden. V tem času se je micelij glive razrastel po celotnem gojišču.

Neokužene petrijevke smo ponovno odprli, vanje vstavili plastične mrežice, da se vzorec ni direktno dotikal micelija in vanje vstavili posušene vzorce. Petrijevke smo zaprli in jih na spojih povili s PVC folijo, da smo preprečili okužbo gliv.

Vse vzorce smo razdelili na dva dela tako, da smo na vsako izmed gliv izpostavili enako število. Npr. vzorec A-1 je bil razdeljen na dva dela (1,3). Vseh pet manjših vzorcev iz A-1-1 smo izpostavili eni vrsti glive itd.

Petrijevke smo za 12 tednov zložili v rastno komoro, kjer je bila temperatura 25 °C in vlažnost 85% (Slika11).



Slika 11: Petrijevke z vzorci v rastni komori

Po 12 tednih, smo iz petrijevke pobrali vzorce in iz njih odstranili micelij. Vzorce smo stehali na elektronski tehtnici, ter tako določili maso vlažnih vzorcev. Nato smo jih ponovno sušili 24 ur v sušilniku pri temperaturi 103 ± 2 °C. Po sušenju smo jih še enkrat stehali in dobili maso vzorcev v absolutno suhem stanju. Z izračunom (razlika mas) smo določili izgubo mase, ki so jo povzročile glive. Izgubo mas vzorcev smo primerjali z izgubo mas kontrolnih vzorcev. Slika prikazuje razraščeni micelij bele hišne gobe po vzorcih.



Slika 12: Razraščen micelij bele hišne gobe po vzorcih

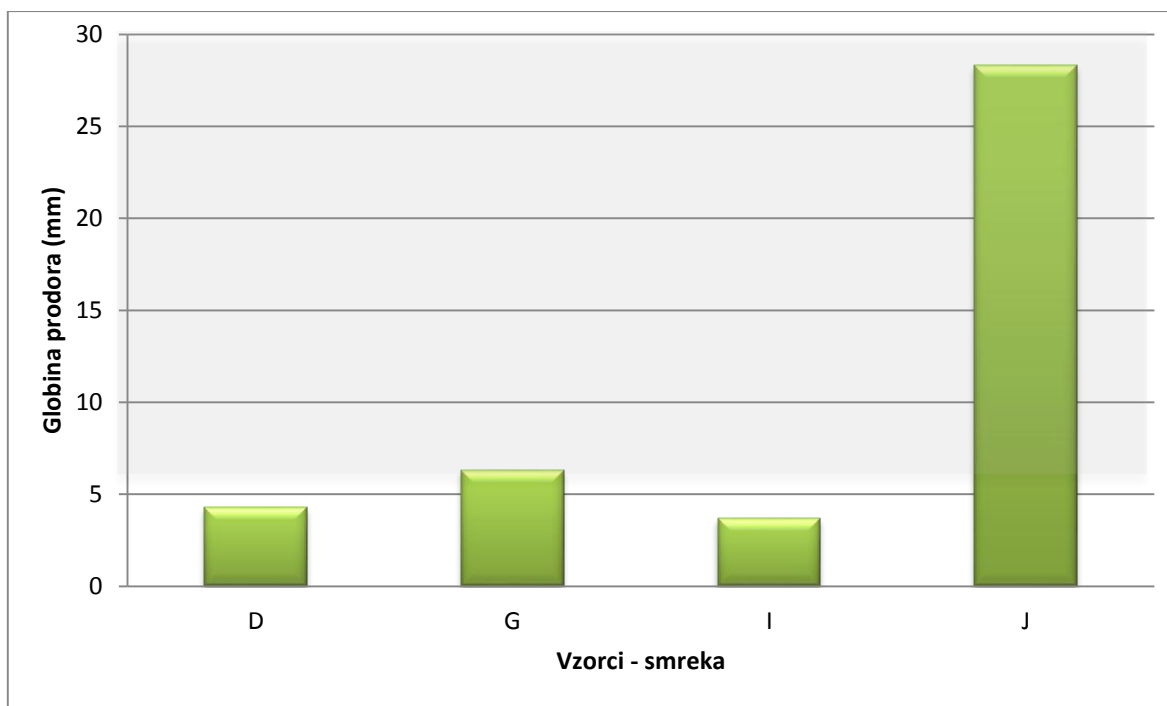
4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 GLOBINA PRODORA (PENETRACIJA) ZAŠČITNEGA SREDSTVA

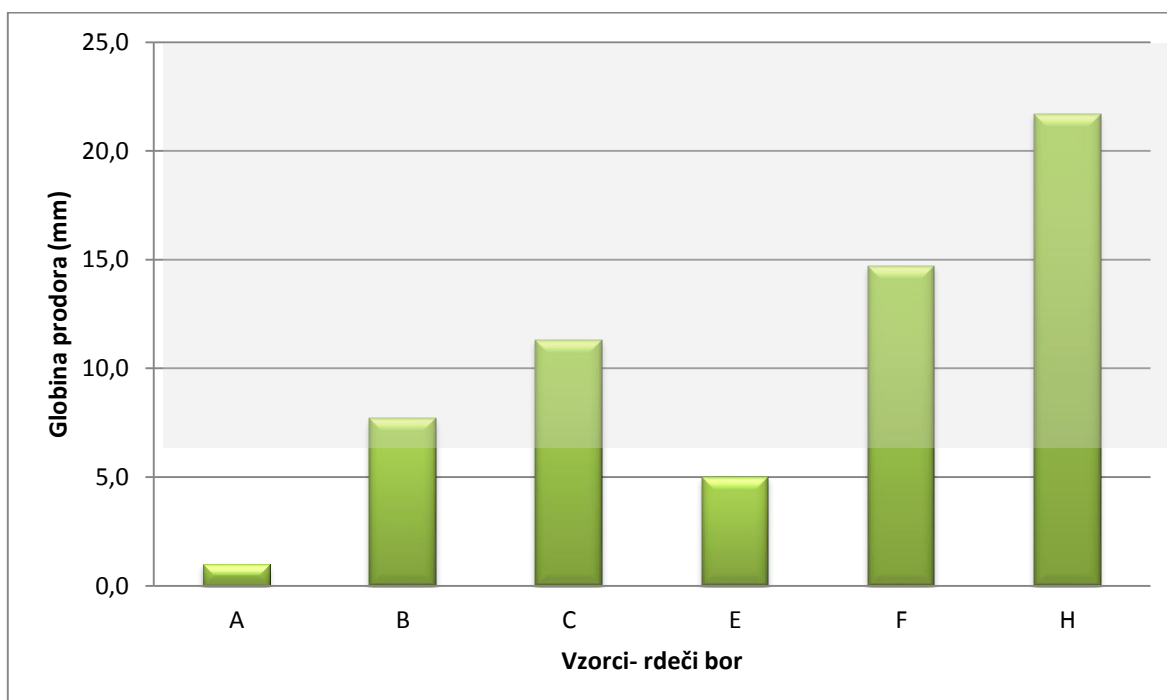
Zahteve za globino prodora oz. penetracijo zaščitnega sredstva v les smo določili po standardu SIST EN 351-1:2007. Glede na uporabnost lesenih elementov v četrtem razredu uporabe smo za smrekove elemente določili razred NP3 in elemente iz rdečega bora razred NP6.

Razred NP3 zahteva globino prodora minimalno 6 mm. Razred NP6 zahteva impregnirano celotno beljavo in minimalno 6 mm v izpostavljeni jedrovini.

Na sliki 13 vidimo globine prodora na vzorcih iz smrekovine, ter na sliki 14 globine prodora na vzorcih iz rdečega bora. Sivo območje na sliki predstavlja zadostno globino prodora, kot jo zahteva standard.



Slika 13: Globina prodora na vzorcih iz impregnirane smrekovine

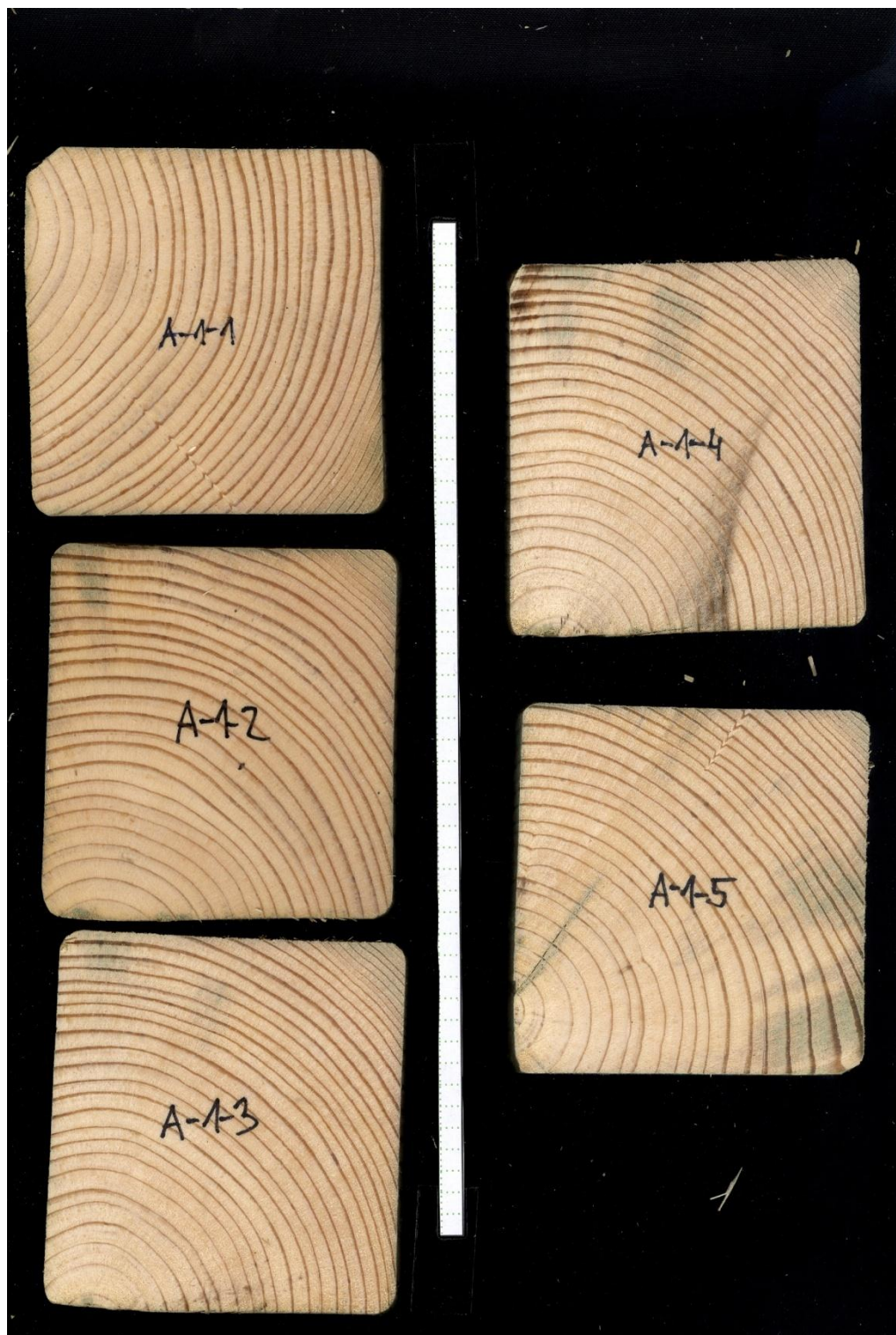


Slika 14: Globina prodora na vzorcih iz impregniranega lesa rdečega bora

Rezultati so podani kot povprečne ocene vseh izmerjenih presekov posameznih vzorcev. Tako je npr. globina prodora vzorca A povprečna ocena 15 izmerjenih presekov (trije enaki elementi, vsak element je bil razdeljen na pet delov).

Pri vzorcih iz smreke lahko vidimo, da zahtevam standarda ustrezata vzorca G in J. Pri vzorcih iz rdečega bora ustrezajo zahtevam standarda vzorci B, C, F in H. Vzorcem iz rdečega bora je večji globini prodora botrovalo predvsem dejstvo da so posamezni elementi imeli precej velik delež beljave, ki je dobro impregnabilna in je zato lažje doseči predpisan razred penetracije..

Na slikah št.: 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 vidimo skenirane vzorce od A do J in dobro vidno globino prodora impregnacijskega sredstva.



Slika 15: Prečni preseki - Vzorec A



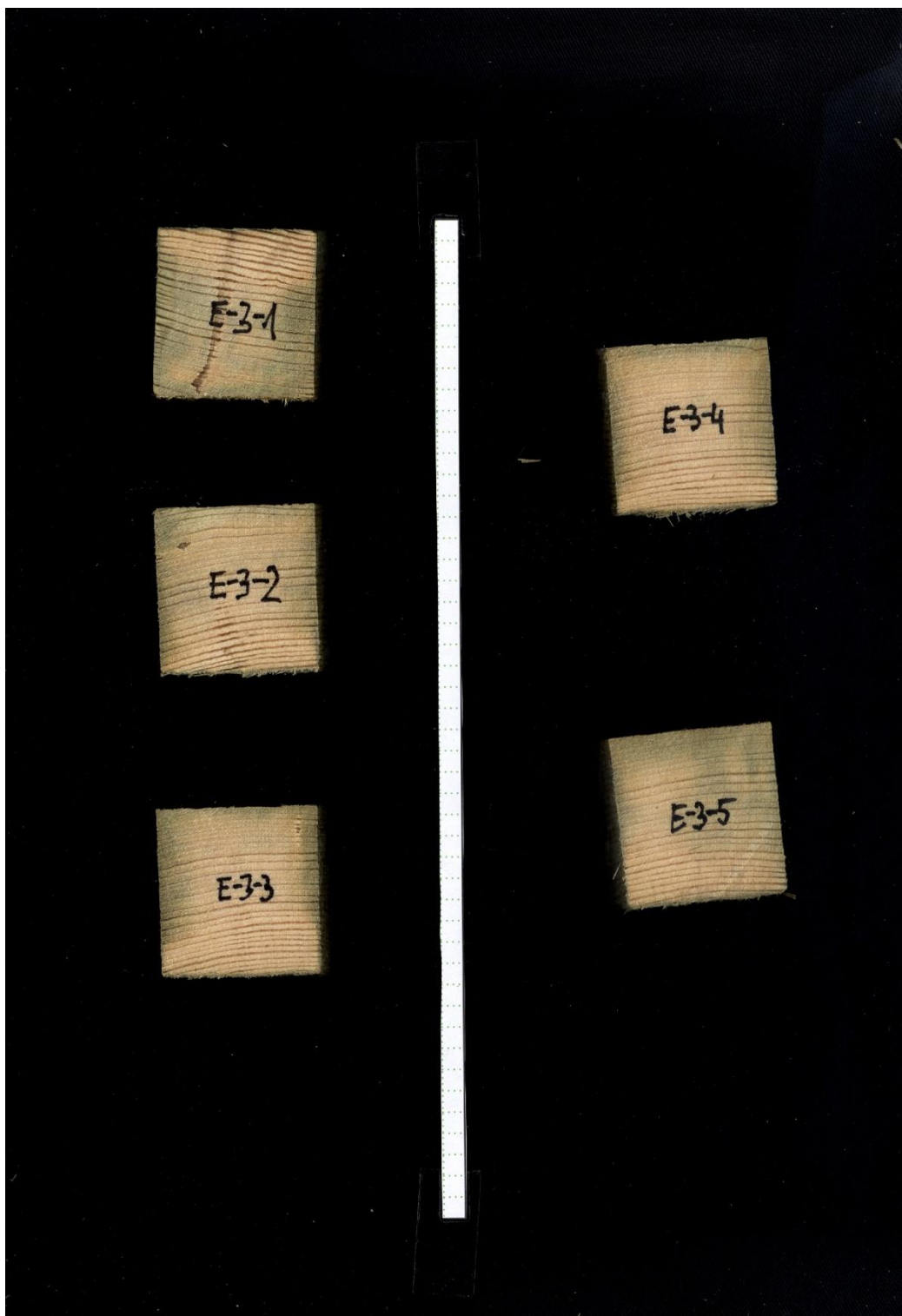
Slika 16: Prečni preseki - Vzorec B



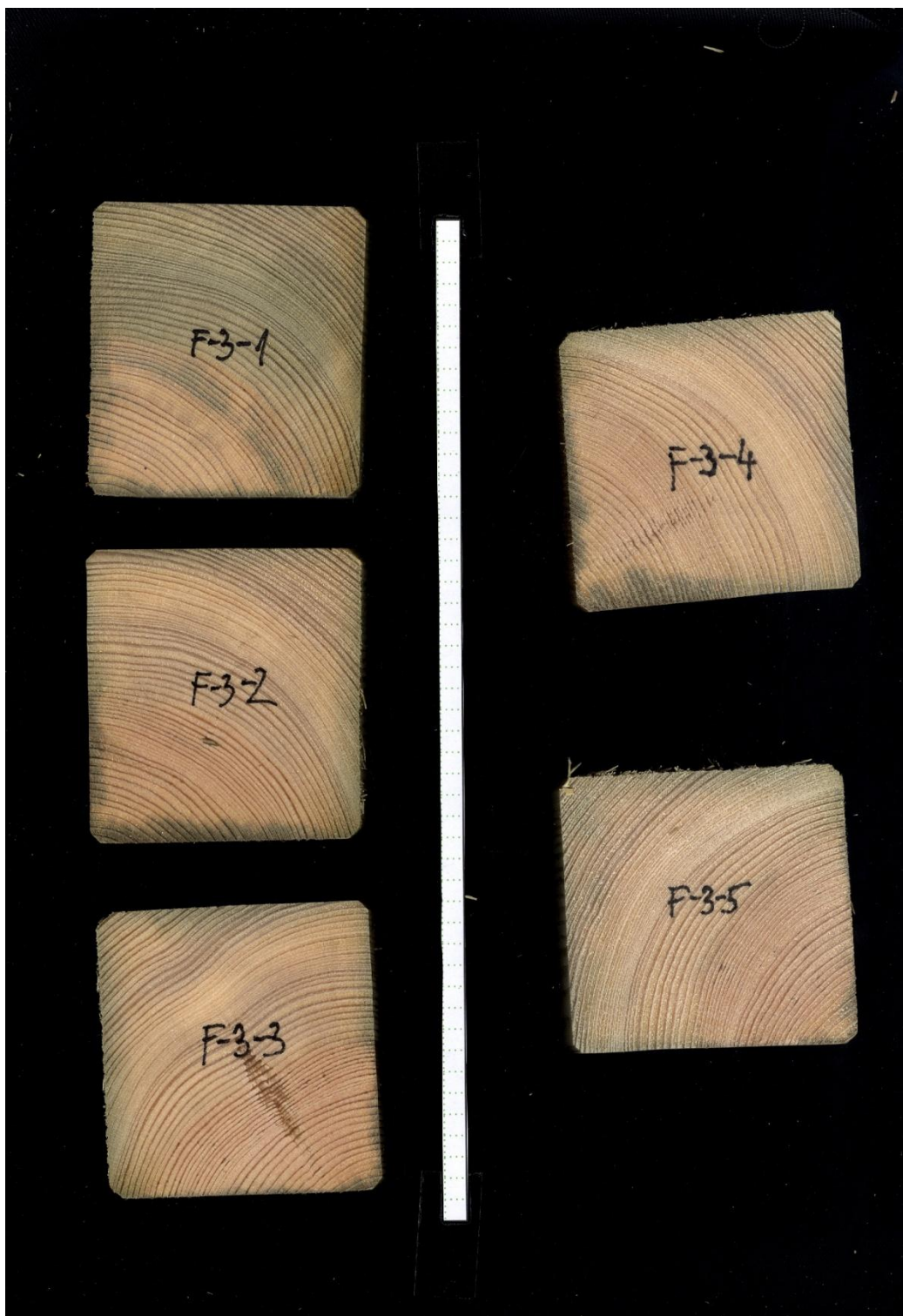
Slika 17:Prečni preseki - Vzorec C



Slika 18: Prečni preseki - Vzorec D



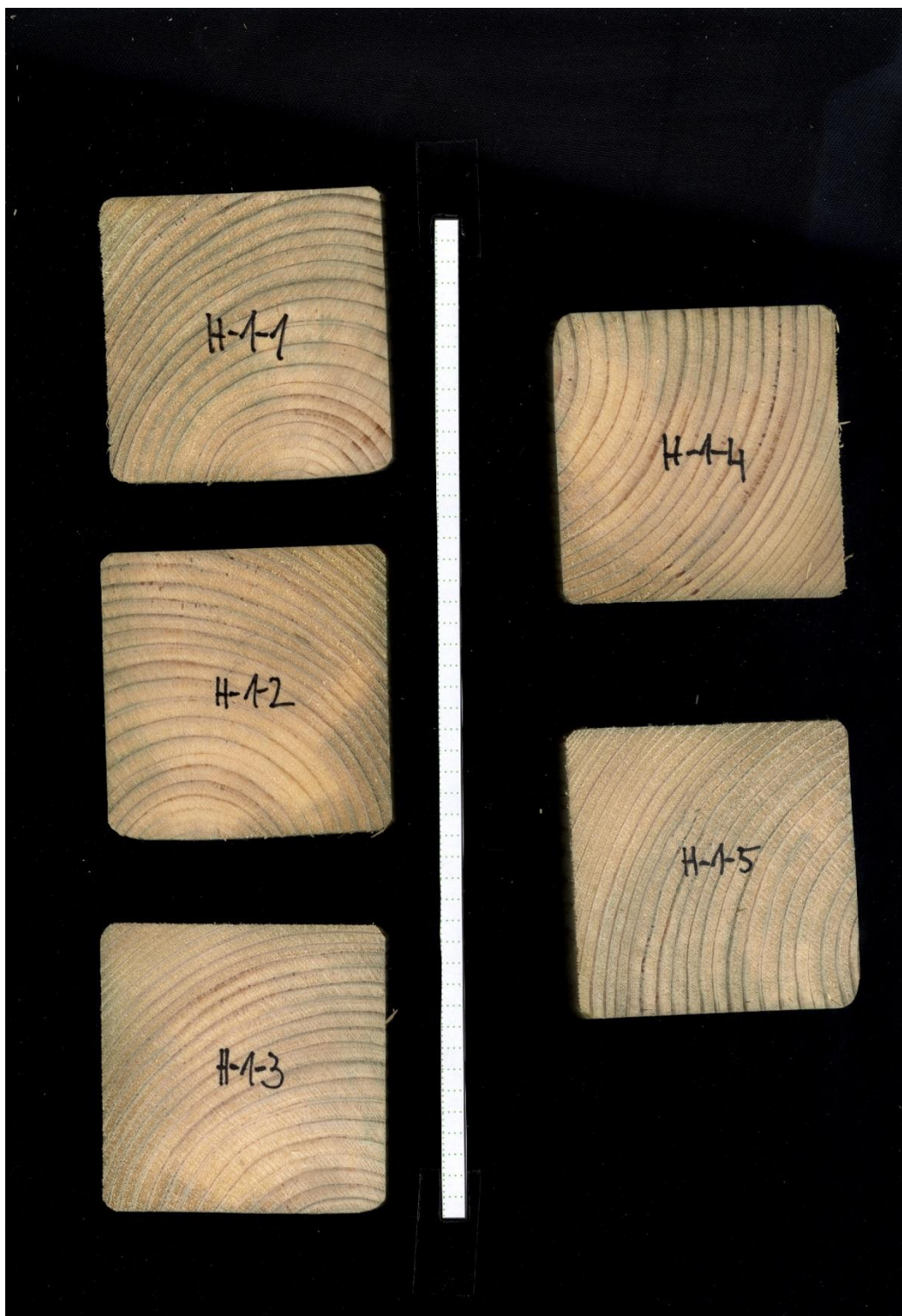
Slika 19: Prečni preseki - Vzorec E



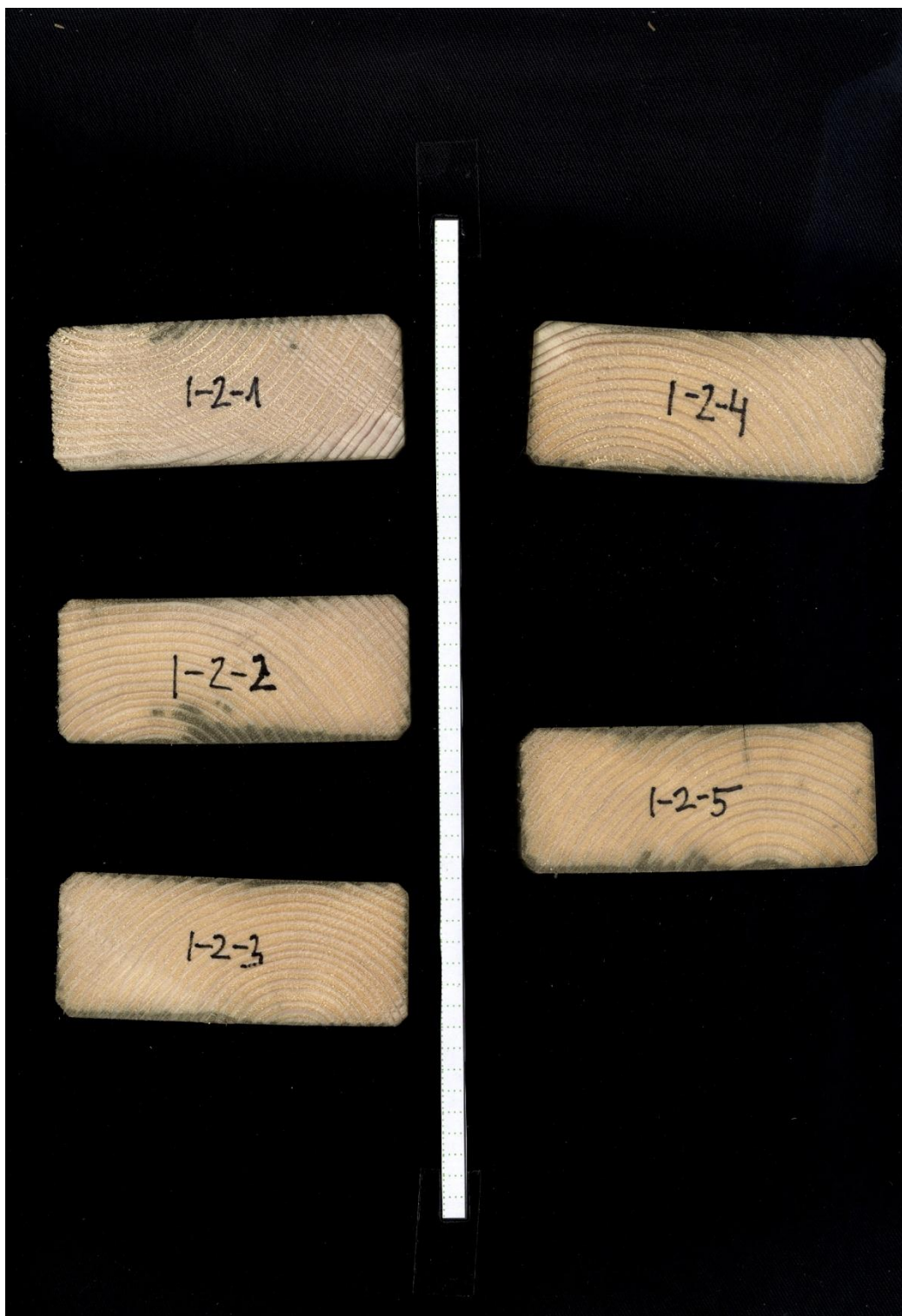
Slika 20: Prečni preseki - Vzorec F



Slika 21: Prečni preseki - Vzorec G



Slika 22: Prečni preseki - Vzorec H



Slika 23: Prečni preseki - Vzorec I



Slika 24: Prečni preseki - Vzorec J

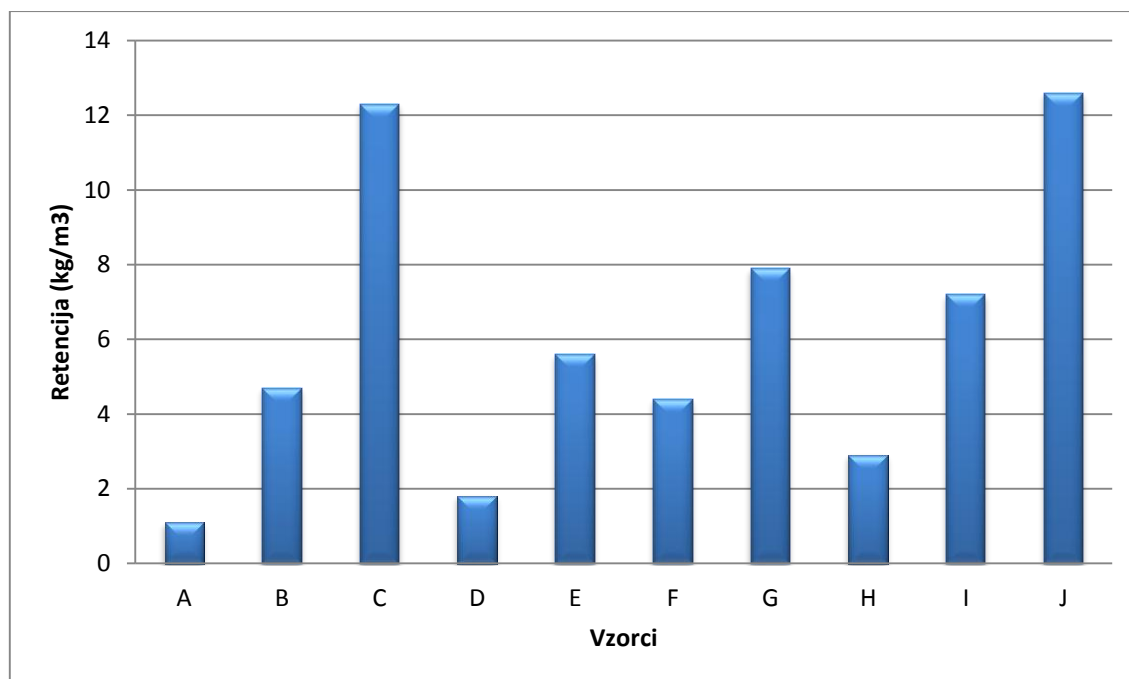
4.2 NAVZEM (RETENCIJA) ZAŠČITNEGA SREDSTVA

Za določitev navzem impregnacijskega sredstva smo pripravili tablete iz različnih slojev vzorcev. S pomočjo rentgensko fluorescenčnega spektrometera (XRF) smo določili vsebnost bakra v posamezni tableti. Dobili smo različne vrednosti podane v ppm (parts per milion) oziroma v mg/kg. S pripravo tablet smo izničili nihanja zaradi različnih gostot analiziranega lesa.

Ker podatkov o uporabljenih biocidnih proizvodih ni, smo za naše vzorce predpostavili, da so vsi impregnirani z biocidnim proizvodom Tanalith E. To sredstvo se v komercialnih impregnacijskih postajah največ in najpogosteje uporablja. Podatke o potrebnem navzemu in globini penetracije predpiše proizvajalec na podlagi testiranj. Tako lahko izračunamo, kakšna količina bakra v biocidnem proizvodu ustreza določenemu navzemu. Tako smo iz koncentracije navzetega bakra izračunali navzem celotnega biocidnega proizvoda.

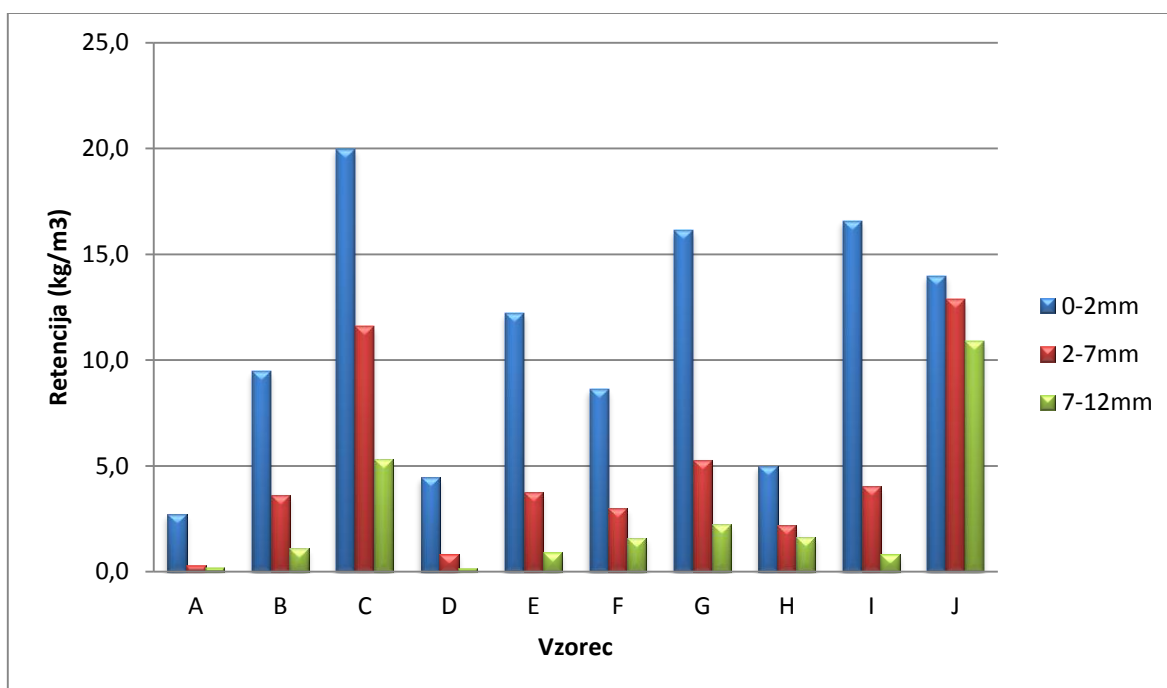
Iz dokumenta, ki ga je izdal Skandinavski svet ta zaščito lesa NWPC iz leta 2015 smo pridobili zahtevane navzeme biocidnega proizvoda Tanalith E za četrti razred ogroženosti. Podatki o zahtevanem navzemu in penetraciji se za posamezen razred uporabe razlikujejo. Kakorkoli, za kole je samo po sebi jasno, da so izdelani za uporabo v stiku z zemljo. Naše elemente iz trgovskih centrov smo opredelili kot nezahtevne izdelke zato je za njih zahtevani navzem 16 kg/m^3 lesa. Navzemi, za zahtevane elemente so višji, saj so posledice porušitve pri zahtevnih elementih navadno resnejše. Med zahtevne elemente sodijo telekomunikacijski drogovi, lesena infrastruktura. Za tretji razred uporabe, dokument predvideva, da mora impregniran del droga vsebovati 8 kg/m^3 Tanalitha E (Nordic, 2015).

Na sliki 25 so prikazane povprečne vrednosti navzema biocidnega proizvoda za posamezen vzorec.



Slika 25: Povprečni navzemi po posameznih vzorcih

Slika 26 prikazuje povprečne vrednosti navzema po posameznih slojih v vzorcih.



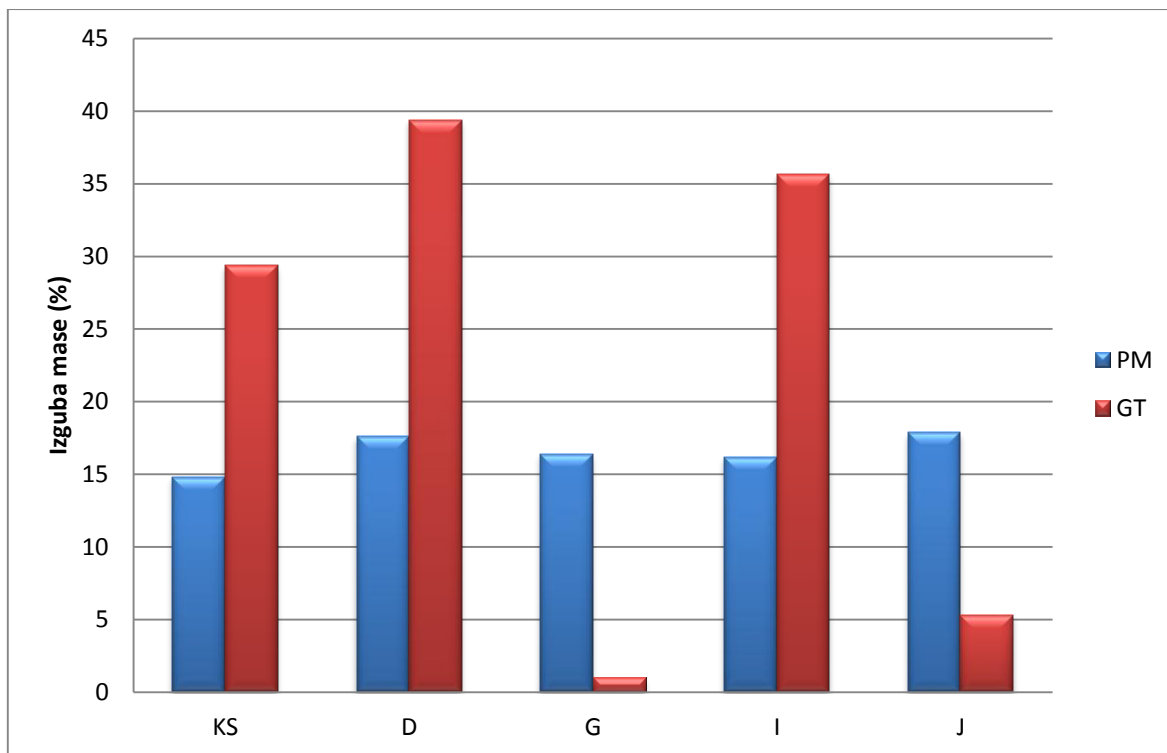
Slika 26: Povprečne vrednosti navzema po posameznih slojih

Kot lahko vidimo v primeru skupnih povprečnih vrednosti, nobeden izmed vzorcev ne ustreza zahtevam retencije 16 kg/m^3 .

V kolikor upoštevamo, da mora impregniran del lesa, ki bo uporabljen v 4 razredu uporabe vsebovati vsaj 16 kg/m^3 Tanalitha E, je jasno da pri analizi posameznih plasti ustrezajo zahtevam le vzorci C, G in I. Zahtevam ustrezajo le zunanje plasti, ki so debele le 2 mm. Glede na zahteve standarda SIST EN 351-1:2007 kjer je za četrti razred ogroženosti določena minimalna penetracija 6 mm moramo za pravilno določitev ustreznosti količine zaščitnih sredstev upoštevati vsaj še drugi sloj. V kolikor analiziramo še drugi sloj, je jasno razvidno, da nobeden izmed vzorcev ne ustreza zahtevam o retenciji. Razlog, da nekateri izmed vzorcev v prvem sloju (do 2 mm) dosegajo dobre rezultate, je predvsem ta, da je izmerjeni sloj relativno tanek. Biocidni proizvodi relativno enostavno prodrejo zunanja 2 mm, globlje pa v tangencialni in radialni smeri veliko težje. Iz rezultatov prikazanih na sliki 26, je jasno razvidno, da koncentracija bakra oziroma biocidnega proizvoda v drugem sloju (do 7 mm) pri vseh vzorcih, razen vzorca J, močno pade.

4.3 ODPORNOST ANALIZIRANEGA LESA NA GLIVE RAZKROJEVALKE

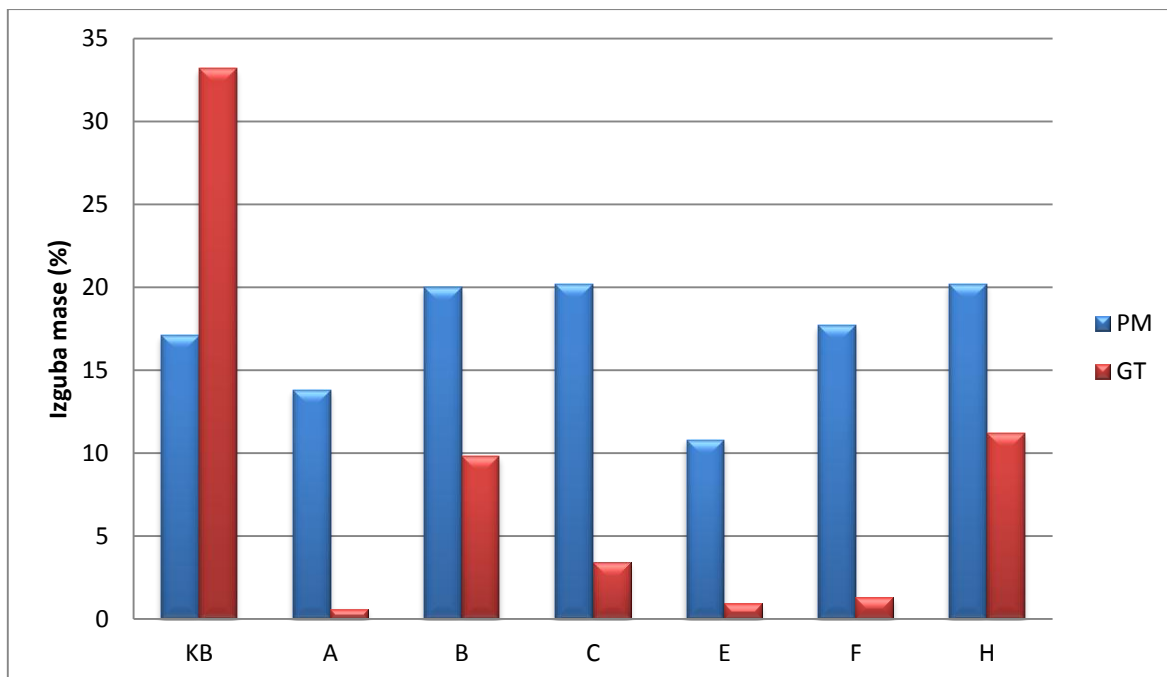
Glede na zahteve standarda EN 113:1996 smo na slikah št. 27 in 28 podali povprečno izgubo mase vzorcev. To je povprečje vseh manjših vzorcev znotraj preseka. V rezultate so vključeni tudi kontrolni vzorci smrekovine in rdečega bora. Na ta način lahko ocenimo aktivnost posameznih gliv. Kontrolni vzorci so bili neimpregnirani. Tako smo kontrolne vzorce rdečega bora razdelili na vzorce iz beljave in vzorce iz jedrovine. Kot rezultat smo podali skupno povprečno oceno beljave in jedrovine za rdeči bor. Oznaka KS predstavlja kontrolni vzorec smreke, KB predstavlja kontrolni vzorec rdečega bora. Modri stolpiči predstavljajo razkroj glive *Gloeophyllum trabeum* (navadna tramovka). Modri stolpiči predstavljajo razkroj glive *Poria monticola* (bela hišna goba).



Slika 27: Povprečna izguba mase smrekovih kontrolnih (KS) in impregniranih smrekovih (D, G, I, J) vzorcev

Pri primerjavi izgube mase vzorcev, ki so bili izpostavljeni beli hišni gobi (PM) opazimo minimalna odstopanja od kontrolnih vzorcev, v vseh primerih imajo celo nekoliko višji delež izgube mase. Iz rezultatov lahko sklepamo, da se je po 12 tednih izpostavitve zaščitno sredstvo izkazalo za neučinkovito. Rezultat je pričakovan, saj to nakazuje že nizka retencija. Poleg tega je treba upoštevati, da je bela hišna goba ena izmed gliv, ki so tolerantne na bakrove pripravke. Nizke koncentracije bakrovih učinkovin tako celo spodbudijo njihovo rast.

Pri primerjavi izgube mase vzorcev, ki so bili izpostavljeni navadni tramovki (GT) opazimo večjo razliko pri izgubah mase. Standard EN 113:1996 predpisuje, da so vzorci, kjer je izguba mase nižja od 3 % ustrezajo zahtevam po učinkovitosti. Med impregniranimi smrekovimi vzorci sta samo J in G (deloma) zaščitila les pred tramovko. Vzorca D in I imata večji delež izgube mase kot kontrolni vzorci. Kakorkoli, upoštevati je treba, da smo analizirali sveže impregnirane vzorce. Če bi vzorce pred izpostavitvijo še umetno postarali, bi verjetno dosegli celo slabše rezultate.



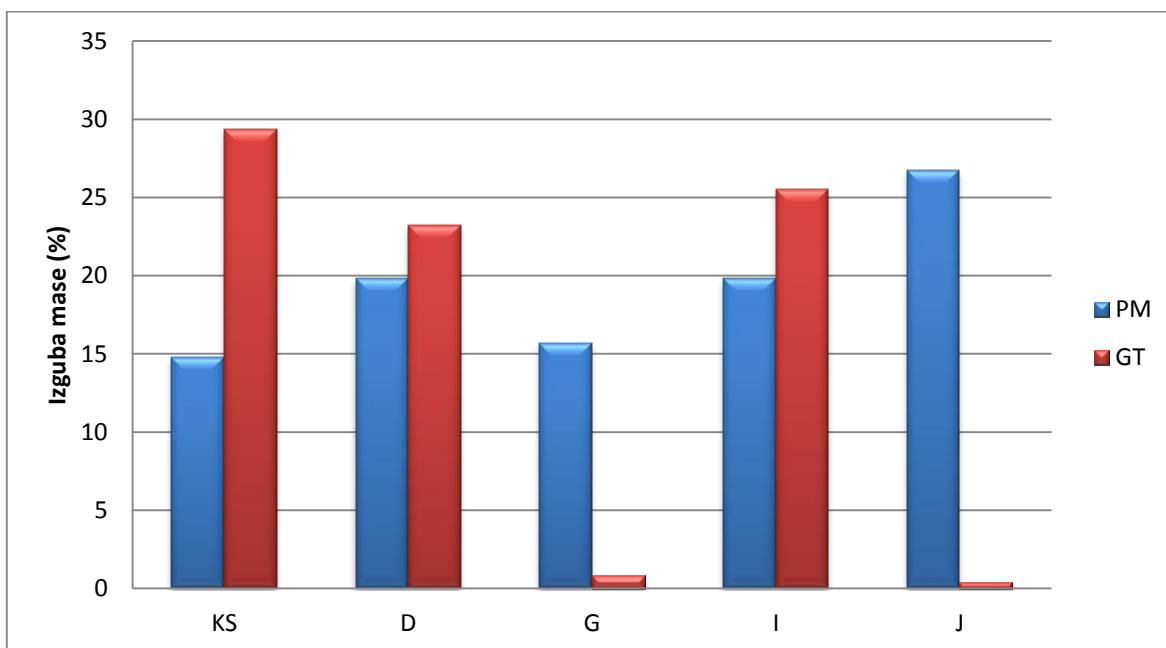
Slika 28: Povprečna izguba mase borovih kontrolnih (KB) in impregniranih vzorcev (A, B, C, E, F, H) iz rdečega bora

Pri primerjavi izgube mase vzorcev, ki so bili izpostavljeni beli hišni gobi (PM) opazimo odstopanje, da so nekateri vzorci nekoliko zavrli rast gliv. Nekoliko manjšo izgubo mase od kontrolnih vzorcev opazimo pri vzorcih A in E. Kakorkoli, izguba mase tudi pri teh vzorcih presega 10 %, kar presega zahtevane 3 %. Podobno, kot smo poročali pri smrekovini, smo tudi pri impregniranih vzorcih B, C, F in H zaznali celo večjo izgubo mase, kot pri kontrolnih vzorcih. Iz rezultatov lahko sklepamo, da so se po 12 tednih izpostavitve vsi impregnirani elementi izkazali za neustrezno impregnirane.

Pri primerjavi izgube mase vzorcev, ki so bili izpostavljeni navadni tramovki (GT) opazimo večjo razliko pri izgubah mase. Upoštevati je treba, da je tramovka gliva, ki je občutljiva na bakrove učinkovine, in jo je zato lažje zaustaviti, kot glivo belo hišno gobo. Vzorci iz skupine A, E in F so po 12 tednih izgubili manj kot 3 % mase, kar standardi označujejo, kot mejo učinkovitosti. Les iz skupin B in H je izgubil okoli 10 % mase, vzorci C pa okoli 5 %. Ta les je bil delno odporen na izbrano glivo.

V zgornjih povprečnih rezultatih so zajeti tudi vzorci iz sredine presekov, ki niso bili zaščiteni, zato so lahko delno prispevali k slabšim skupnim rezultatom. Manjši vzorci so bili debeli 10 mm in ob predpostavki standarda SIST EN 351-1:2007, ki zahteva globino prodora 6 mm je prav, da primerjamo učinkovitost impregniranega lesa, samo iz zunanjih slojev.

Na slikah št. 29 in 30 lahko primerjamo povprečne rezultate izgube mase zunanjih slojev vzorcev iz smreke in vzorcev iz rdečega bora po izpostavitvi glivam razkrojevalkam.

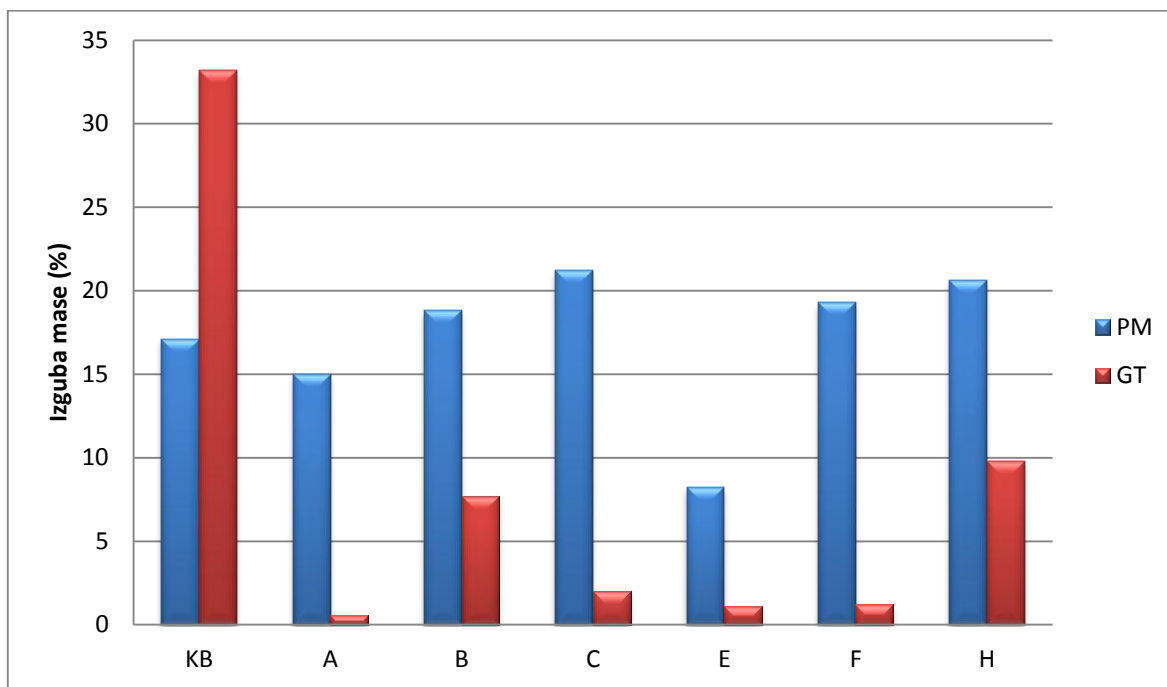


Slika 29: Povprečna izguba mase smrekovih kontrolnih (KS) in impregniranih smrekovih (D, G, I, J) zunanjih slojev vzorcev

V analizi zunanjih slojev smrekovih vzorcev izpostavljenim beli hišni gobi (PM) vidimo, da je izguba mase pri vseh vzorcih večja kot pri kontrolnih vzorcih. Ta podatek jasno kaže na to, da je bila impregnacija izvedena neustrezno, ter da je bila koncentracija biocidnih proizvodov v zunanjem sloju prenizka.

Iz analize odpornosti impregniranega lesa proti glivinavadni tramovki (GT) moramo izpostaviti vzorca G in J, ki sta izgubila manj kot 3 % mase. To je meja, ki jo standard predpisuje za mejo učinkovitosti.

Pri vzorcu D je izguba mase približno 6 odstotnih točk manjša in pri vzorcu I 4 odstotne točke nižja od izgube mase kontrolnih vzorcev. Tako majhna razlika ne nakazuje na učinkovitost biocidnega proizvoda.



Slika 30: Povprečna izguba mase borovih kontrolnih (KB) in impregniranih zunanjih slojev vzorcev (A, B, C, E, F, H) iz rdečega bora

V analizi zunanjih slojev vzorcev iz rdečega bora izpostavljenih beli hišni gobi (PM) izstopa vzorec E, katerega izguba mase je približno 9 odstotnih točk nižja, kot pri kontrolnih vzorcih. Takšna razlika je daleč od razlike, ki bi zagotavljala ustrezne fungicidne lastnosti.

Pri vzorcu A je izguba mase impregniranih vzorcev le 2 odstotni točki nižja od kontrolnih vzorcev, pri ostalih vzorcih je izguba mase celo višja od kontrolnih vzorcev. Ta podatek kaže na to, da je bil les neustrezno impregniran.

Iz analize vzorcev izpostavljenih navadni tramovki (GT), lahko izpostavimo vzorce A, C, E in F. Pri teh vzorcih je bila izguba mase nižja od 3 % , kar nakazuje da je bila koncentracija biocidov zadostna za zaustavitev rasti glive tramovke. V tem primeru je treba upoštevati, da v naravi nikoli ne vemo katera gliva bo prisotna v okolju. Praviloma mora biti les zaščiteno tako, da je odporen proti vsem testnim glivam. Vedno iščemo

najšibkejši člen. Pri lesu zaščitenem z bakrovimi pripravki je to navadno bela hišna goba ker je tolerantna na baker.

Pri vzorcu B je izguba mase »impregniranega dela lesa« znašala 25,5 odstotnih točk manj kot kontrola, pri vzorcu H pa približno 23 odstotnih točk manj, kot je bilo zabeleženo pri kontrolnih vzorcih.

V primeru izpostavitve elementov iz rdečega bora glivam lahko pride do večjih odstopanj predvsem zaradi neenakomernega deleža beljave oz. jedrovine v vzorcih, kot je lepo vidno na vzorcu F (slika 20).

V preglednici št. 4 so podani vsi izmerjeni in izračunani podatki za vse vzorce skupaj.

Preglednica 4: Skupni rezultati testiranja

Oznaka vzorca:	Lesna vrsta:	Globina prodora (mm):	Navzem (kg/m^3):	Povprečna izguba mase - PM (%):	Povprečna izguba mase - GT (%):
A	rdeči bor	1,0	1,1	13,8	0,6
B	rdeči bor	7,7	4,7	20,0	9,8
C	rdeči bor	11,3	12,3	20,2	3,4
D	smreka	4,3	1,8	17,6	39,4
E	rdeči bor	5,0	5,6	10,8	0,9
F	rdeči bor	14,7	4,4	17,7	1,3
G	smreka	6,3	7,9	20,2	1,0
H	rdeči bor	21,7	2,9	16,2	11,2
I	smreka	3,7	7,2	16,2	35,7
J	smreka	28,3	12,6	17,9	5,3
KS	smreka			14,8	29,4
KB	rdeči bor			17,1	33,2

Odebeljeni rezultati v sivih celicah predstavljajo pozitivne rezultate v posameznih kategorijah, skladno z zahtevami. Kakorkoli, nobeden izmed analiziranih vzorcev ni ustrezal zahtevam standardov v več kot dveh zahtevah od štirih.

5 SKLEPI

Med vizualno analizo lesa smo ocenili, da bodo najboljši rezultati doseženi na vzorcih z oznako J. Le na tem vzorcu je bilo razvidno, da so bakrovi pripravki prodrli več kot le nekaj mm globoko. Pri vseh ostalih je bilo opaziti zelo slabo impregniran les.

Tekom različnih testiranj so se ta predvidevanja uresničila. Glede na to da prodajni centri ponujajo izdelke kot globinsko impregniran les primeren za uporabo v četrtem razredu ogroženosti oz. v stiku z zemljo, bi upravičeno lahko pričakovali, da bodo na teh produktih dosežene vsaj minimalne zahteve za kvalitetno zaščiten les.

Na posameznih področjih, predvsem pri globini prodora nekateri vzorci izstopajo, vendar nobeden izmed analiziranih vzorcev ne ustreza zahtevam povezanim z navzemom.

Nobeden izmed analiziranih vzorcev ni dovolj odporen proti glivam razkrojevalkam. Masa razkrojenega lesa, je vsaj v primeru izpostavitve beli hišni gobi, vedno močno presegala predpisane 3 %. Tudi na baker občutljiva gliva tramovka je v vsaj polovici primerov lahko razkrajala »impregniran« les.

Kot smo preračunali, je cena teh izdelkov v prodajnih centrih, preračunano v ceno na kubični meter, izredno visoka. Naši testi so pokazali, da niti eden izmed naključno kupljenih izdelkov ne ustreza zahtevam oz. ni ustrezno zaščiten proti ostrim naravnim dejavnikom za katere naj bi bil namenjen. Lahko smo upravičeno zaskrbljeni nad nakupom takšnih izdelkov v naših prodajnih centrih.

6 POVZETEK

V naših prodajnih centrih in pri posameznih trgovcih lahko kupimo impregnirane izdelke za najrazličnejše vrste uporabe. Trgovci prodajajo takšne izdelke kot globinsko impregnirane in posledično tudi uporabne v četrtem razredu ogroženosti. Lahko jih uporabljamo na prostem v stiku z zemljo. Cena teh izdelkov je pričakovano izredno visoka, predvsem, ko ceno izdelka preračunamo v ceno po kubičnem metru.

Namen tega diplomskega dela je bil naključno izbrane impregnirane izdelke kupljene pri različnih trgovcih testirati glede na predpisane zahteve standardov in drugih določil.

Kupili smo izdelke različnih oblik in dveh drevesnih vrst, smreke in rdečega bora. Drevesni vrsti, ki sta v praksi problematični iz vidika doseganja dobrih rezultatov na področju impregniranja. Ti dve drevesni vrsti je sicer mogoče dobro impregnirati ampak v praksi se to večkrat pokaže, kot dodaten strošek in proizvajalci se navadno temu poizkušajo izogibati.

Vzorci smo ustrezno označili, jih razdelili na manjše vzorce in določili globino prodora in navzem impregnacijskega sredstva. Določen del vzorcev smo izpostavili glivam razkrojevalkam lesa in po 12 tednih pridobili rezultate, ki so nam pokazali procent izgube mase oz. razkroj lesa.

Ugotovili smo, da nobeden izmed vzorcev ne ustreza zahtevam standardov. Vzorca C in J teoretično lahko uvrstimo med uporabne izdelke za tretji razred ogroženosti, vendar po obliki izdelka (kol) vemo, da je njegov osnovni namen v stiku z zemljo.

Glede na ceno plačanih izdelkov, ki ne odgovarjajo potrebnim zahtevam, se lahko upravičeno vprašamo o smotrnosti kupovanja takšnih izdelkov v maloprodaji.

7 VIRI

- Benko R., Kervina-Hamović L., Gruden M. 1987. Patologija lesa, Lesna fitopatologija, Ljubljana, VTOZD za lesarstvo Biotehniške fakultete: 122 str.
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa: (univerzitetni učbenik), Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Englot C. 2006. Treated wood – Managing the risk. V: Townsend T.G. (ur.), Solo-Gabriele H.M. (ur.). Environmental impacts of treated wood. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis: 305-322
- Gupta U. 1979. Copper in the environment. Part 1. New York, John Wiley & Sons: 215 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. 2004. Zaščita lesa danes-jutri. Les, 56, 2: 184-189
- Humar M. 2007. Rentgenski fluorescenčni spektrometer (XRF) nova raziskovalna oprema na Oddelku za lesarstvo BF. Les, 59, 9-10: 261
- Humar M. 2008. Adsorbcija baker-etanolaminskih zaščitnih pripravkov v les. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 85: 47-54
- Humar M., Pohleven F. 2005. Bakrovi pripravki in zaščita lesa. Les, 57, 3: 57-62
- Jermer J., Ekvall A., von Bahr B., Tullin C. 2004. Waste wood management in Sweden - an update. Final Workshop COST Action E22 "Environmental Optimisation of Wood Protection" Lisboa - Portugal: 7 str.

- Kervina-Hamović L. 1990. Zaščita lesa. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 126 str.
- Murphy R., McQuillan P., Jermer J., Peek R.D. 2004. Preservative treated wood as a component in the recovered wood stream in Europe – A Quantitative and qualitative review. Management of recovered wood recycling, bioenergy and other options, Thessaloniki, Greece: 169-189
- Nordic wood preservation council – NWPC. 2015. NORDIC WOOD PRESERVATION COUNCIL – NWPC. Approval list no. 92 – 2015-01-01
- Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 221 str.
- Pohleven F. 1998. The current status of use of wood preservatives in some European countries -summary of the answers to the questionnaire – the last correction in February 1998. Brussel, COST E2: 2 str.
- Preston A. 2000. Wood preservation. Trends of today that will influence the industry tomorrow. Forest products journal, 50, 9: 12-19
- Richardson B.A. 1993. Wood Preservation. Second edition. London, E & FN Spon: 226 str.
- Richardson H.W. 1997. Handbook of copper compounds and applications. New York, M. Dekker: 93-122
- SIST EN 351-1. Trajnost lesa in lesnih proizvodov - Zaščiten masivni les - 1.del: Klasifikacija penetracije in retencije zaščitnega sredstva. 2007: 21 str.
- Zhang J., Kamdem D.P. 2000. Interactions of copper-amine with southern pine: retention and Migration. Wood and Fiber Science, 32, 4: 332-339

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Mihi Humarju za vso pomoč in nasvete pri nastanku tega diplomskega dela.

Zahvala gre tudi somentorju dr. Nejcu Thalerju za pomoč in čas pri praktičnem delu ter recezentu doc. dr. Boštjanu Lesarju za pregled diplomskega dela.

Zahvalil bi se rad tudi mojim domačim in vsem prijateljem, ki so verjeli vame. Posebna zahvala Nacetu Kregarju in vsem sodelavkam in sodelavcem Oddelka za kontrolo lesa in lesnih izdelkov iz podjetja Bureau Veritas d.o.o

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Simon DRNOVŠEK

**KVALITETA IMPREGNIRANIH ELEMENTOV IZ
SLOVENSКИH PRODAJNIH CENTROV**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016