

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Simon SLABE

**LASTNOSTI HIBRIDNIH KOMPOZITOV IZ
ODSLUŽENIH LESENIH OKEN**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Simon SLABE

**LASTNOSTI HIBRIDNIH KOMPOZITOV IZ ODSLUŽENIH
LESENIH OKEN**

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**PROPERTIES OF HYBRID COMPOSITES FROM USED WOODEN
WINDOWS**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno v proizvodnih prostorih podjetja M Sora d. d. in v laboratorijih 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 imenoval prof. dr. Miho Humarja in za somentorja dr. Aleša Ugovška, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani 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.

Simon Slabe

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*862:630*84
KG	hibridni kompoziti/odpornost proti termitu/odpornost proti ognju/odpornost proti glivam
AV	SLABE, Simon
SA	HUMAR, Miha (mentor), UGOVŠEK Aleš (somentor), POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. CIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	LASTNOSTI HIBRIDNIH KOMPOZITOV IZ ODSLUŽENIH LESENIM OKEN
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 34 str., 4 pregl., 26 sl., 24 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Ohranjanje narave in njenih virov vztrajno pridobiva na pomenu. Različne organizacije so v zadnjih letih napravile velik korak k boljšemu ozaveščanju ljudi o oskrbi za naš planet. Med te dejavnosti lahko uvrščamo tudi recikliranje. V diplomskem projektu smo se osredotočili na recikliranje izdelkov, kot so lesena okna, za katere reciklaža še ni našla pravih rešitev. Pri lesenih oknih se srečujemo z več materiali, kar nam samo recikliranje zelo oteži. Osnovni materiali v oknu so namreč kovine, steklo in les. V diplomskem projektu smo se osredotočili na reciklažo dveh materialov (les in steklo), iz katerih je bila izdelana hibridna kompozitna plošča. Za ploščo je bilo uporabljeno zmleto steklo in zmlet les, kot lepilo pa je bila uporabljena melaminska smola. Plošči so bile določene protitermitska odpornost, odpornost proti glivam in ognjevarnost. Rezultati kažejo, da dodatek stekla v ploščo ne vpliva bistveno na njene lastnosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1

DC UDC 630*862:630*84

CX hybrid composites/termit resistance/fungal resistance/flame retardance

AU SLABE, Simon

AA HUMAR, Miha (supervisor), UGOVŠEK, Aleš (co-supervisor), POHLEVEN, Franc (co-advisor)

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

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

PY 2015

TY PROPERTIES OF HYBRID COMPOSITES FROM USED WOODEN WINDOWS

DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)

NO IX, 34 p., 4 tab., 26 fig., 24 ref.

LA sl

Al sl/en

AB Preserving nature and its resources steadily gaining in importance. Different organizations have taken a substantial step up to raise awareness of people about the care of our planet in recent years. These activities may also include the recycling. In this project we focused on the recycling of products, like wooden windows, for which recycling has not yet found the right solutions. Wooden windows are made from several materials, which makes recycling very difficult. The base window materials is metal, glass and wood. In this project we focused on the recovery of the two materials (wood and glass) from which it was made hybrid composite panel. For the plate were used ground glass, and ground wood, as an adhesive, was applied melamine resin. The plates were made tests for termite's resistance, fungal resistance and flame retardance. The results obtained clearly indicates, that boards made from old wood, already have excellent properties, therefore addition of the glass do not improve their performance.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	IV
KEY WORDS DOCUMENTATION	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 RECIKLAŽA LESA PRI OKNIH.....	2
2.1.1 Staranje in razkroj lesa.....	2
2.2 RECIKLIRANJE MATERIALOV	3
2.3 RECIKLAŽA LESA	3
2.4 RECIKLAŽA STEKLA	4
2.5 KOMPOZITI IZ DEZINTEGRIRANEGA LESA	4
2.6 NA SPLOŠNO O MATERIALIH	5
2.6.1 Smreka.....	5
2.6.2 Standardno steklo	5
2.7 ODPORNOST PROTI TERMITOM.....	5
2.8 ODPORNOST PROTI GLIVAM	6
2.8.1 <i>Gloeophyllum trabeum</i> – Navadna tramovka	7
2.9 PROTIPOŽARNA ODPORNOST	7
2.9.1 Definicija gorenja	7
2.9.2 Gorenje lesa.....	7
2.9.3 Naravna odpornost lesa proti gorenju.....	8
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 MATERIALI	9
3.1.1 Les	9
3.1.2 Steklo	9
3.1.3 Melamin-Urea-Formaldehidna smola	9
3.2 METODE.....	9
3.2.1 Demontaža odsluženih oken	9
3.2.2 Recikliranje materialov.....	12

3.2.3	Priprava plošč	18
3.2.4	Odpornost proti termitom	20
3.2.5	Odpornost proti glivam.....	22
3.2.6	Odpornost proti ognju	24
4	REZULTATI IN DISKUSIJA.....	26
4.1	REZULTATI ODPORNOSTI PROTI TERMITOM	26
4.1.1	Smrtnost termitov.....	26
4.1.2	Ocena in opis poškodb na vzorcih zaradi delovanja termitov	28
4.2	REZULTATI ODPORNOSTI PROTI GLIVAM RAZKROJEVALKAM.....	30
4.3	REZULTATI ODPORNOSTI PROTI OGNJU.....	31
5	SKLEPI	32
6	VIRI	33

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vpliv deleža stekla na smrtnost termitov	27
Preglednica 2: Ocena poškodbe lesa po 4 tednih delovanja termitov	28
Preglednica 3: Izguba mase vzorcev po poskusu	30
Preglednica 4: Mase vzorcev pred in po izpostavitvi plamenu	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Odpadna okna uporabljena v projektu	10
Slika 2: Skladiščenje okenskih okvirov uporabljenih v raziskavi	11
Slika 3: Demontaža okovja.....	11
Slika 4: Ločen material.....	12
Slika 5: Čeljenje izbranega lesa.....	13
Slika 6: Čela elementov	13
Slika 7: Grobo mletje lesa	14
Slika 8: Grobo zmleti les	14
Slika 9: Stroj za fino mletje lesa Retsch SM 2000	15
Slika 10: Fino zmleti les, frakcije 1 mm ²	15
Slika 11: Izbito steklo	16
Slika 12: Stroj za mletje stekla, Retsch MM 200	17
Slika 13: Zmleto steklo.....	17
Slika 14: Izdelava kalupov	18
Slika 15: Lepilna mešanica in iveri	19
Slika 16: Iveri in kalupi pred stiskanjem	19
Slika 17: Stisnjena plošča	20
Slika 18: Vzorci z valjčkom	21
Slika 19: Termit.....	21
Slika 20: Priprava hranilnih gojišč	23
Slika 21: Okuženi in očiščeni vzorci	23
Slika 22: Ruska metoda določanja gorljivosti	24
Slika 23: Ožgani vzorci	25
Slika 24: Poškodbe na smrekovih - kontrolnih vzorcih zaradi delovanja termitov	28
Slika 25: Poškodbe na kompozitnih vzorcih, izdelanih iz stekla in odsluženega lesa	29
Slika 26: Najbolj poškodovani kompozitni vzorci po izpostavitvi termitom.....	29

1 UVOD

Živimo v obdobju, ko se vsi po vrsti zavedamo, kako pomembni so naravni energetski viri in materiali. Ravno zaradi njih se zato oblikujejo posebne združbe in organizacije, ki ozaveščajo ljudi o škodljivih vplivih prekomerne uporabe naravnih materialov na okolje. Ena od alternativ je reciklaža, ki je bila osrednja točka tega diplomskega projekta.

Obstaja že mnogo načinov recikliranja in prav tako materialov, ki jih je mogoče reciklirati. Opazili smo, da ni veliko govora o reciklaži lesenih oken, kar je bil povod za diplomski projekt. Reciklaža lesenih oken je zamudna in zahtevna, zato se o tovrstnem recikliranem materialu malo ve. Pri reciklaži lesenih oken se srečujemo s tremi materiali: lesom, steklom in kovino.

Možnost reciklaže omenjenih treh materialov je veliko, a smo se v sodelovanju s podjetjem M Sora in z Oddelkom za lesarstvo Univerze v Ljubljani odločili za izdelavo hibridnih kompozitov, kjer bi iz istega okna porabil zmlet les in tudi steklo. Novo nastalo idejo, je bilo potrebno tudi izvesti in preizkusiti. Ta rešitev omogoča razvoj novega materiala, ki bi ga lahko ponudili na trg, kar povečuje verjetnost, da bi projekt izvedli tudi v polindustrijskem in industrijskem merilu.

Za izdelavo končnega hibridnega kompozita je potrebno ugotoviti ustrezno razmerje med lesom, steklom in lepilom, zaradi česa je potrebno izdelati večje število plošč z različnimi razmerji.

Na izdelanih ploščah so bili izvedeni različni testi, ki so pokazali odpornost plošče proti delovanju termitov, gliv in ognja. Te teste se je izvajalo zaradi domnevnega pozitivnega učinka stekla na odpornost plošče

2 PREGLED OBJAV

2.1 RECIKLAŽA LESA PRI OKNIH

Les, darilo narave z edinstveno strukturo in žlahtnostjo so pred mnogimi leti skrbno obdelali in oblikovali v okenske okvirje in krila. Mnogo let so imela lesena okna pomembno nalogo varovati ljudi pred mrazom in drugimi zunanjimi vplivi, ob enem pa jim nuditi pogled v svet. Po nekaj desetletjih pa les izgubi odpornost, lep videz in funkcionalnost, zato je potrebno lesena okna odstraniti in jih zamenjati z novimi.

Po koncu življenjske dobe lesena okna končajo na odlagališčih, kar obremenjuje okolje. Vendar je v teh oknih mnogokrat še povsem dober les in steklo, ki ju je mogoče ponovno uporabiti (Pohleven, 1998; Jungmeier in sod., 2005; Humar in sod. 2012).

2.1.1 Staranje in razkroj lesa

Dejavniki, ki pospešijo razkroj lesa:

-Padavine in vlaga

Les kot vemo, lahko sprejema ali oddaja vodo. S tem se spreminja vlažnostni gradient, ki povzroči krčenje oz. nabrekanje zaradi različne vlažnosti med lesom in okolico ali pa v samem lesu. Zaradi krčenja in nabrekanja se pojavljajo notranje napetosti. Sprostitev teh notranjih napetosti, pa lahko privedejo do nastanka razpok (Gorišek in sod., 1994). Ustrezno visoka vlažnost omogoča razvoj gliv in bakterij, ki lahko močno pospešijo razkroj lesa. Tekoča voda s površine spira stranske produkte fotodegradacije in ekstraktivne snovi.

-Svetloba

Les dobro absorbira tudi sončno svetlobo, kar povzroča pojav, znan kot fotodegradacija. Posledica fotodegradacije lignina (ki zelo dobro absorbira UV svetlobo) je nastanek nizkomolekularnih snovi, ki se nato z vodo izpirajo iz lesa (Pavlič in Mihevc, 2001).

-Temperatura

Temperatura ima na lesne konstrukcije v glavnem posredni vpliv. Zaradi povišanja temperature se spremeni relativna zračna vlažnost okoli lesene konstrukcije, kar omogoča transport vlage iz lesa v okolico. Hkrati se segreva tudi površina lesene konstrukcije, kar poveča hitrost izhlapevanja vlage iz lesa in tudi omogoči nastanek vlažnostnega gradienta in s tem povezanih napetosti v lesu.

-Biotski dejavniki

Med biotske dejavnike uvrščamo razkroj lesa zaradi delovanja mikroorganizmov (bakterij), lesnih gliv in lesnih insektov. Potrebna pogoja za delovanje teh razkrojevalcev lesa sta ugodna temperatura in primerna lesna vlažnost. Takšni pogoji so pogosti pri nezaščitenem lesu, lahko pa nastanejo tudi pri zaščitenem lesu na poškodovanih mestih in se nato razširijo po celotnem volumnu lesa (Pohleven, 1998).

2.2 RECIKLIRANJE MATERIALOV

Recikliranje je predelava in ponovna uporaba že uporabljenih snovi v proizvodnem procesu. Namen recikliranja je zmanjšanje porabe svežih surovin in energije ter preprečevanja onesnaženja okolja z bolj okoljsko sporno predelavo svežih surovin. Recikliranje je ključen sestavni del sodobnega ravnanja z odpadki. Veriga reciklaže se glasi: "zmanjšaj, ponovno uporabi in recikliraj" ali angleško: "Reduce, Reuse, Recycle".

Najbolj razširjeni materiali oz. snovi za reciklažo so naslednji:

- papir
- steklo
- les
- kovine
- plastika
- gume
- asfalt
- beton

Za uspešno reciklažo je pomemben ustrezen sistem zbiranja in sortiranja odpadnih snovi, v nadaljevanju pa tehnološki proces za predelavo materiala v obliko novih produktov. Kakovost novih recikliranih materialov je lahko povsem enaka ali spremenjena in prilagojena novim nalogam materiala. V nekaterih primerih pa povrnemo samo funkcionalnost določenega izdelka oz. sestavnega dela izdelka (Recikliranje, 2014).

Recikliranje se v osnovi deli na dve vrsti. Preprostejše je osnovno recikliranje pri katerem se material npr. rabljen papir ali steklo vrne v proizvodni proces. Pri tem je potrebno paziti na kvaliteto novega izdelka, saj lahko material s ponovno uporabo izgublja svoje prvotne lastnosti.

Druga oblika recikliranja je odstranjevanje določenih materialov iz bolj kompleksnih proizvodov, pri čemer je za recikliranje pomemben le odstranjen material. Pri odsluženem oknu, bi to lahko bila kovina, ko jo odstranimo in jo peljemo na zbirališče surovin (Recikliranje, 2014).

2.3 RECIKLAŽA LESA

Les je naravni material z odličnimi lastnostmi, kar mu omogoča širok spekter uporabe tako v pohištveni industriji kot v gradbeništvu. Da pa bi zmanjšali porabo masivnega lesa in da bi omogočili večje izkoristke so se v drugi polovici 20. stoletja razvile tehnologije, za doseg boljšega izkoristka in za bolj ekonomično rabo lesa. A tu še ne moremo govoriti o reciklaži saj je surovina za te tehnologije še vedno v prvem življenjskem ciklu. Pričela se je množična proizvodnja lesnih ploščnih kompozitov (furnirnih, ivernih in vlaknenih plošč). Te plošče so postale nepogrešljiv material, ki se uporablja tako pri izdelavi pohištva kot tudi konstrukcijski element.

Zadnje čase pa se je poraba lesa zelo povečala, zato je potrebno z njim ravnati gospodarno. V letih med 2020 in 2050 ga bo v Evropi že začelo primanjkovati, zato predstavlja v nekaterih državah pomemben delež tudi odslužen les. Odsluženega lesa je vse več, kar tudi predstavlja surovino za izdelavo kompozitov. Največkrat so to iverne ali OSB plošče. Za recikliranje se lahko uporabi odslužen konstrukcijski les, staro pohištvo, iverne plošče, lesne obloge, laminat in talne obloge, kuhinjski pulti, oglasne deske, ostanki pakirnega materiala itd. Odslužen les se trenutno najpogosteje uporablja predvsem za proizvodnjo ivernih plošč in v energetske namene. Možnost ponovne uporabe odsluženega lesa predstavlja tudi boljšo vizijo pri gospodarjenju z lesom. Druge možnosti za izkoriščenost recikliranega lesa so trenutno zanemarljive (Humar, 2012).

2.4 RECIKLAŽA STEKLA

Steklo je idealen material za recikliranje, ker se neskončno lahko uporablja za recikliranje. Uporaba recikliranega stekla pomaga varčevati z energijo in s kremenčevim peskom. Ohrani pa se tudi dobršen del ogljikovega dioksida, vsaka tona odpadnega stekla reši oz. prihrani 315 dodatnih kilogramov ogljikovega dioksida, ki se sprošča v ozračje med izdelavo stekla (Recikliranje, 2014).

Reciklaža stekla je proces obračanja odpadlega stekla v uporabne izdelke. Stekleni odpadki morajo biti ločeni s kemično sestavo, nato pa glede na končnega namena uporabe in lokalnih zmogljivosti, lahko ločimo še po različnih barvah. Veliko predelovalnih obratov zbira različne barve stekla zaradi tega ker steklo tudi po reciklaži obdrži barvo. Najpogostejše barve stekla so: brezbarvno steklo, zeleno steklo, rjavo/ oranžno steklo (Recikliranje, 2014).

2.5 KOMPOZITI IZ DEZINTEGRIRANEGA LESA

Po splošni definiciji je kompozit kombinacija dveh ali več materialov z različnimi lastnostmi. Ker pa se kompoziti največkrat uporabljajo kot konstrukcijski materiali, ožja definicija zajema le materiale, pri katerih je matrica oz. vezivo polimer, kovina ali keramika. Armatura pa so materiali, ki se odlikujejo po visokih modulih in trdnostih; le-te lahko uporabljamo v različnih oblikah, kot so npr. vlakna, kosmiči, delci itd. (Žigon, 1996).

Ker je odsluženega lesa vedno več, je izbira kakovosti tega lesa, zelo velika. Različno kakovost pa je treba nekako razčleniti. Največkrat se to stori s parametri. Najpogostejši parametri, ki opisujejo kakovost odsluženega lesa, so: starost, dimenzije, vsebnost vlage, vsebnost klora, pepel, težke kovine in druge nečistoče (Žigon, 1996).

Lastnosti kompozitov so odvisne od komponent sestava in smeri orientacije armaturnih vlaken. Mehanske lastnosti so v smeri vlaken zelo dobre, pravokotno nanje pa slabe. Pri večslojnih kompozitih vlakna v posameznih plasteh usmerimo pod različnimi koti glede na osnovno smer in s tem izboljšamo mehanske lastnosti tudi v drugih smereh – kvazi-izotropni kompoziti. Konstruiranje oz. načrtovanje sestave kompozitov je podprto z matematičnim modeliranjem pojavov v kompozitu, predvsem na mejnih površinah (Žigon, 1996).

2.6 NA SPLOŠNO O MATERIALIH

2.6.1 Smreka

Les smreke (*Picea abies*) je rumenobel in ima značilen svilnati lesk. V lesu so smolni kanali, je dokaj trden, obdelava smrekovine je enostavna. Beljava in jedrovina se barvno ne ločita. Obdelan les ima vonj po smoli, pogosto pa se pojavljajo tudi smolni žepki. Njegova gostota je 450 kg/m^3 . Na splošno je smrekovina mehka, srednje trdna in žilava. Sušenje ni problematično saj je tudi po sušenju les dimenzijsko stabilen. Les ni trajen in ga relativno težko impregniramo (zaščitimo). Mehanska obdelava pa je pri smrekovini precej enostavna in neproblematična. Smreka je najbolj razširjena drevesna vrsta v naših gozdovih. Ker je smrekovine na zalogi precej, se v praksi pri nas tudi največ uporablja. Glavna prednost smreke je v tem, da ima ravna polnolesna debela, ter da ima dokaj dobro trdnost (Čufar, 2001).

2.6.2 Standardno steklo

Osnova za izdelavo vseh vrst sodobnih stekel je float ali plavajoče steklo, katerega postopek izdelave so iznašli v petdesetih letih prejšnjega stoletja. Proizvodnja float stekla (standardno steklo) poteka tako, da se surovine vsipajo v talilno peč, kjer se pri temperaturi $1560 \text{ }^{\circ}\text{C}$ stalijo, v zadnjem delu peči, kjer je temperatura $1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ pa se steklena talina bistri. V naslednji fazi se steklena masa prelije v kad s tekočim kositrom. Tu je izjemno pomemben fizikalni pojav, da se idealno ravni površini najbolj približa površina mirujoče tekočine. V zadnji fazi stekleni trak zapusti kad s tekočim kositrom in nadaljuje pot preko valjev v hladilni kanal, kjer je potrebno hitrost ohlajanja skrbno nadzorovati. Drugi del ohlajanja poteka na zraku in ko je temperatura steklenega traku enaka temperaturi okolice, se stekleni trak razreže na standardne pravokotnike dimenzij $600 \times 321 \text{ cm}$ (Govedič, 2004).

2.7 ODPORNOST PROTI TERMITOM

Termiti so pomembni razkrojevalci lesa. V Sloveniji so manj razširjeni kot v drugih državah sveta. Večina vrst termitov živi v tropskih in subtropskih predelih. Zunaj tega območja njihovo število in vrstna raznolikost močno upadeta. So zelo nevarni, saj na žalost velikokrat napadejo lesene izdelke. S tem povzročajo veliko gospodarsko škodo še posebej, če napadejo les v bivanjskem okolju. Ti insekti les najprej razvrednotijo, kasneje pa ga lahko popolnoma uničijo. Termiti so zelo zahrbtni škodljivci, saj njihovega napada ne moremo predvideti tako kot okužbe z glivami. Napadejo tako suh, kot tudi vlažen les (Humar, 2003).

Zaradi načina življenja, je zaščita lesa pred termiti izredno zahtevna. Danes, ko je večina klasičnih, okolju neprijaznih zaščitnih sredstev, prepovedana ali vsaj močno omejena, postaja nebiocidna (konstrukcijska) zaščita lesa vedno pomembnejša. Tako obujemo in obnavljamo rešitve, ki so jih naši predniki stoletja uspešno uporabljali (Humar, 2003).

Večina lesov, ki so naravno odpornih proti termitom, prihaja iz območij Afrike in centralne Azije, kjer je termitov največ. Njihova odpornost je domačinom znana že stoletja in je dodobra preizkušena v praksi. Najbolj odporen les imajo: mahagoni (*Swietenia mahogani*), tik (*Tectona grandis*), iroko (*Chlorophora excelsa*) ter *Callitris glauca*. Te lesove so zaradi njihovih dobrih odpornostnih lastnosti že pred tisoč in več leti izvažali v okolico Perzijskega zaliva (Humar, 2003).

Razlogov za odpornost lesov pred termiti še niso dodobra odkrili. Nekateri pravijo da je najpomembnejši vzrok visok delež lignina, eteričnih olj in ekstraktivov. Odpornost lesa je močno odvisna tudi od rastišča in s tem povezane kemijske sestave lesa ter fiziološkega stanja drevesa pred posekom. Glede na vsebnost lignina lahko trdimo tudi da so generalno lesovi iglavcev manj odporni proti termitom kot listavci, ker imajo manjši delež lignina. Pri praktični uporabi lesov, ki so pri laboratorijskih eksperimentih izkazali določeno odpornost proti termitom, moramo biti zelo previdni, saj se v naravi te lesne vrste lahko obnašajo povsem drugače. Zaradi izpirljivosti ekstraktivov je potrebno dobro paziti pri laboratorijskih poskusih, da upoštevamo, saj lahko med uporabo pride do izpiranja, kar naknadno privede do poslabšanja odpornosti. Poleg tega so nekatere vrste termitov po določenem času razvile sposobnost razkrajanja prej odpornih vrst lesov (Humar, 2003).

Najbolj odporna domača lesna vrsta na termite je robinja (*Robinia pseudoacacia*). Lesovi ostalih domačih drevesnih vrst so bistveno manj odporni. Najmanj je odporna beljava bora, sledi ji jelovina in smrekovina. Odpornost bukovega lesa proti termitom je primerljiva s smrekovino. Po pričakovanju pa najbolj izstopata jedrovina bora in hrasta. Terenski poskusi so pokazali, da na termitskem območju nezaščiten hrastov in borov jedrovina v stiku z zemljo zdrži od 8 do 12 let, nezaščiten beljava bora ali smrekovina pa v stiku z zemljo propade že v dveh letih (Vasić, 1971; Pohleven in Humar, 2003).

2.8 ODPORNOST PROTI GLIVAM

Lesne glive uvrščamo med saprofite oziroma glive razkrojevalke, ki z encimskimi in neencimskimi procesi razkrajajo komponente lesa ter se na ta način oskrbujejo z organskimi snovmi (glukozo) (Pohleven, 2000). Glive so sestavljene iz dveh delov. Prvi prehranjevalni (vegetativni) del sestavljajo nitkaste strukture (hife), ki rastejo in se prijemljejo na podlago, ki jo z encimi razkrajajo in črpajo iz nje razkrojene hranljive snovi za svojo rast. Preplet hif tvori podgobje. Ko hife podgobju priskrbijo dovolj energije, se razvijejo trosnjaki, ki jih pri večini višjih gliv imenujemo goba. Ti trosnjaki imajo razmnoževalno nalogo. Na trosnjaku se tvorijo trosi, ki se ob dozoritvi sprostijo v ozračje. Za razvoj in obstoj gliv so pomembni naslednji dejavniki: lesna vlažnost, relativna zračna vlažnost, temperatura, prisotnost kisika, svetloba, ustrezna vrednost pH. Vsi ti dejavniki morajo biti optimalni, da se lahko gliva normalno razvija in živi.

Lesne glive lahko delimo na podlagi številnih kriterijev. Glede na spremembe lesa po okužbi ločimo naslednje skupine gliv: - glive plesni, povzročiteljice površinskih sprememb barv, - glive modrivke, obarvajo beljavo, - glive mehke trohnobe (soft rot), - glive povzročiteljice rjave ali destruktivne trohnobe, - glive bele ali korozivne trohnobe in piravosti. Med opisanimi glivami največjo škodo na lesu povzročajo glive bele in rjave trohnobe. Najpomembnejše glive, razkrojevalke že vgrajenega lesa, so hišne gobe; bela hišna goba (*Antrodia vaillantii*), siva hišna goba (*Serpula lacrymans*), in kletna goba (*Coniophora puteana*), v vgrajenem in lesu na prostem pa veliko škode naredijo tudi tramovke (*Gloeophyllum* sp.) (Benko in sod., 1987; Pohleven, 2000).

Glive, povzročiteljice rjave ali destruktivne trohnobe, razkrajajo predvsem celulozo, medtem ko ostane lignin skoraj nepoškodovan. Najpogosteje se ta tip trohnobe pojavlja na lesu iglavcev. Les postaja temnejši od svoje naravne barve in začne pokati v pravilne prizme. Zaradi istočasne izgube mase, pa se prav tako poslabšajo tudi mehanske lastnosti. Predvsem za voljo zadnje trditve, rjavi trohnobi pogosto pravimo tudi destruktivna trohnoba. V laboratorijskih razmerah se v štirih mesecih zmanjša dinamična trdnost do 55 %, tlačna trdnost do 20 %, torzijska trdnost do 50 % (Seifert, 1968). Rjavo trohnobo povzročajo številne glive. Eno od pomembnejših predstavnic te skupine, pa je opisana v naslednjem podpoglavju.

2.8.1 *Gloeophyllum trabeum* – Navadna tramovka

Gloeophyllum trabeum okužuje tako les iglavcev (smreka, bor) kot tudi listavcev (bukev, robinja). Po svetu je precej razširjena, saj jo poznajo v Evropi, Avstraliji, Afriki in Ameriki. Navadna tramovka povzroča rjavo prizmatično trohnobo in je nevarna razkrojevalka gradbenega ter stavbenega lesa. Jedrovina, okužena z navadno tramovko, v končni fazi razkroja pogosto obarvana rumenkasto. Okužuje predvsem lesene konstrukcije (ostrešja, mostovi, okenski okvirji, podboji, zunanje talne obloge...). Pojavlja se tudi na lesu, ki je v stiku z zemljo (drogovi, pragovi, v rudnikih, na ograjah...). Gliva ima tanek klobuk, in je od temno rumene do temno rjave barve. Optimalni pogoji za razvoj te glive so temperatura 35°C in vlažnost med 30 in 50 % (Benko in sod., 1987; Schmidt, 1994; Pohleven, 2000; Unger in sod., 2001).

2.9 PROTIPOŽARNA ODPORNOST

2.9.1 Definicija gorenja

Gorenje je eksotermna kemijska reakcija med gorljivo snovjo in kisikom. Po tej reakciji se pojavi plamen. Za začetek gorenja mora biti gorljiv material segret na vžigalno temperaturo. V večini primerov se pri gorenju sprosti veliko večja temperatura od količine energije, ki je bila na začetku vnesena, zato se tudi požar širi. Kar pa pomeni, da gorenje snovi lahko nadziramo z regulacijo kisika in s količino gorljive snovi (Grm in Stevanović, 2002).

2.9.2 Gorenje lesa

Les je organski material, katerega vsem dobro znana lastnost je vnetljivost in gorljivost. Gorenje je termični razkroj lesa, do katerega pride pri segrevanju (Grm in Stevanović, 2002).

2.9.3 Naravna odpornost lesa proti gorenju

Naravna odpornost lesa je odvisna od:

- specifične gostote oziroma volumenske teže (bolj porozen les lažje gori)
 - dimenzij lesa (manjši kosi lažje gorijo)
 - površine lesa (kosmata površina bolje gori kot gladka)
 - vlažnosti lesa (vlažen les težje gori kot suh)
 - oblika izdelka (krogla gori drugače kot kocka)
- (Grm in Stevanović, 2002; Kopše in Kranjc, 2005)

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Les

V tej raziskavi smo uporabili smrekov les odsluženih oken, ki smo jih dobili v podjetju M Sora d. d.. Na razpolago je bilo veliko različnih oken, recimo veliko tankih oken o katerih veliko ne vemo in pa veliko vezanih oken od podjetja Jelovica. Izbrali smo tudi pokončnike nekega starega velikega okna in pa tudi eno bolj novejšo okno, ki je iz neznanega razloga že romalo v odpis.

3.1.2 Steklo

Za diplomski projekt se je pridobilo standardno steklo, saj trenutno ni veliko odsluženih oken z drugačnim steklom. Izvedb oken je bilo veliko, le da se z različnimi stekli v času izdelave niso srečevali.

3.1.3 Melamin-Urea-Formaldehidna smola

Melamin-urea-formaldehidne smole so odporne na vlago in vodo, lepilni spoj pa je brezbarven. Kljub dejstvu, da je osnovna reakcija med melaminom in formaldehidom znana že dobrih sedemdeset let, so sinteza in molarna razmerja še vedno v razvoju in glavna tema raziskav saj raziskovalci dobro vedo, da različna molarna razmerja vstopnih surovin in različni pogoji sinteze močno vplivajo na lastnosti smole in njeno stabilnost v končni uporabi (Bučar, 2001).

Ta lepila se veliko uporablja v lepilih za lepljenje vodoodpornih ivernih in vezanih plošč (vodoodpornost) ter tudi pri lepljenju furnirja (brezbarven spoj) (Šernek in Kutnar, 2009).

Osnovna reakcija med melaminom in formaldehidom je kondenzacija, ki je s prekinitvijo sinteze ne zaustavimo, temveč samo upočasnimo. Upočasnjena koncentracija, ki se odraža kot naraščanje viskoznosti, poteka tudi med skladiščenjem smole, kar vpliva na njeno stabilnost, obstojnost in rok uporabe. Stopnja kondenzacije je posledica nadaljevanja povezovanja polimernih molekul, kar pomeni manj prostih funkcionalnih skupin v smoli, preko katerih bi lahko potekla kohezija ali adhezija (Bučar, 2001).

3.2 METODE

3.2.1 Demontaža odsluženih oken

Nekatera odslužena okna, ki jih monterji ob montaži novih pripeljejo nazaj v podjetje M Sora, se zbirajo v velikem kontejnerju. Ta kontejner odvažajo iz podjetja, ampak vse na lastne stroške, kar seveda podjetju predstavlja breme. Zato je tudi toliko bolj pomembno, da smo se povezali s podjetjem in opravili različne teste glede na reciklažo odsluženih oken in s tem morebitno zniža stroške odvoza.

Osnovni material za diplomski projekt je tako izvirala ravno iz tega kontejnerja. Okna smo razstavili in ločili materiale med seboj. Za raziskavo smo uporabili raznolika okna. Največ je bilo škatlastih oken (slika 1) in vezanih oken podjetja Jelovica.



Slika 1: Odpadna okna uporabljena v projektu

Vsem tem oknom smo izbili steklo in ga tudi skladiščili do mletja (slika 2). Okvirje okenskih kril in pa zunanje okvirje smo morali očistiti in odstraniti vse tujke, vijake, žaluzije, okovje in vse kar je ne lesenega na oknu (slika 3). Očiščene dele smo nato še razstavili, da sem dobil samo letve s profili (slika 4).



Slika 2: Skladiščenje okenskih okvirov uporabljenih v raziskavi



Slika 3: Demontaža okovja



Slika 4: Ločen material

3.2.2 Recikliranje materialov

Recikliranje lesa

Očiščene in razstavljene dele oken smo na čelilniku pričelili (slika 5) ter jim izrezali vse ne lesene tujke, ki jih prej nismo uspeli spraviti iz lesa. Vse preostale večje kose smo nažagali na dolžino 60 cm, saj je ta dolžina primerna za prečno mletje kosov v sekance z mlinom Weima, s katerim razpolagajo v M Sori. Pri mletju (slika 7) smo lahko še bolj podrobno preiskali material, da v njem ni železnih tujkov. Ob mletju pa smo pazili, da smo mleli le kose, ki so bili iz smrekovine. Po tem grobem mletju lesa v sekance v M Sori, smo sekance odnesli k Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa, kjer smo na mlinu Retsch SM 2000 (slika 9) vstavili drugo najbolj gosto sitasto rezilo, na katerega kladiva pritiskajo les. S tem postopkom smo dobili lesne frakcije velikosti 1 mm^2 (slika 10). Pri mletju je bilo zelo pomembno, da v stroj ni zašel kak kovinski delec, ki bi lahko rezilo povsem uničil. Mleli smo les pri vlažnosti okoli 10 %. Zmlet les pa nato dodatno posušili na 1,5 % vlažnost.



Slika 5: Čeljenje izbranega lesa



Slika 6: Čela elementov



Slika 7: Grobo mletje lesa



Slika 8: Grobo zmleti les



Slika 9: Stroj za fino mletje lesa Retsch SM 2000



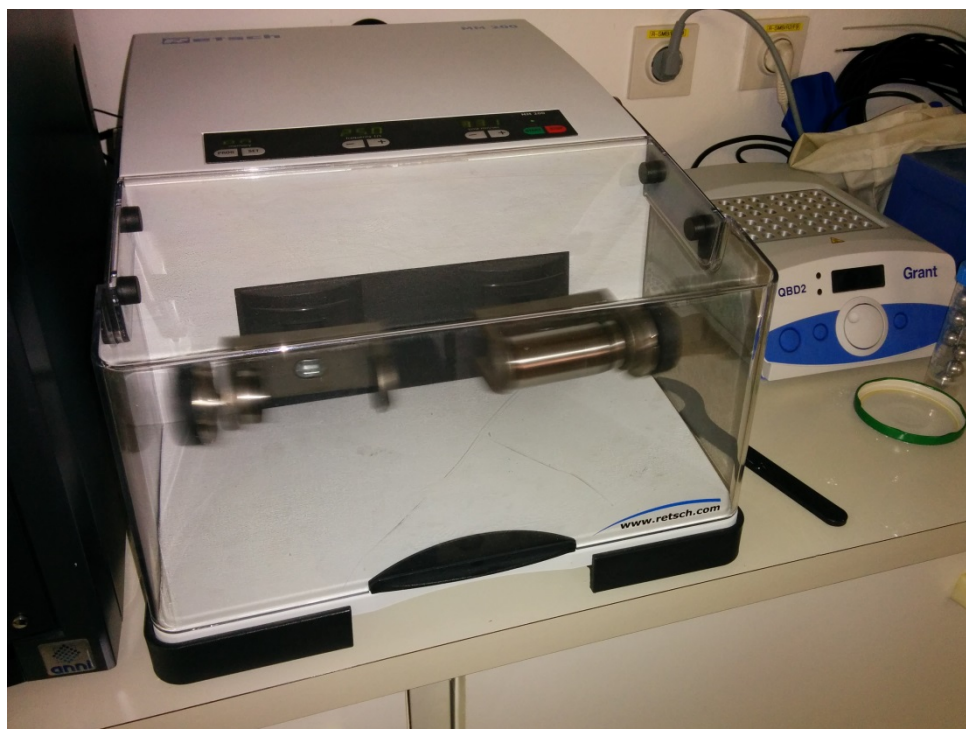
Slika 10: Fino zmleti les, frakcije 1 mm^2

Recikliranje stekla

Steklo smo iz oken izbijali s kladivom v za to primernem kontejnerju (slika 11). Nekaj izbitega stekla smo odnesli k Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa in ga tam mleli v krogličnem mlinu oznake Retsch MM 200 (slika 12). Mlin deluje na frekvenčnem nihanju majhne skodelice v kateri je kroglica, ki zmelje material. Parametre stroja smo nastavili na maksimalno frekvenco mlina, to je 25 MHz, čas mletja pa je znašal med eno in dvema minutama. Uporabili smo kroglico s premerom 15 mm. Z mletjem smo končali, ko smo dobili mešanico steklastega prahu in nekaj vidnih malih okoli 0,5 mm velikih steklastih kristalčkov (slika 13). Pridobili smo 3 dl zmletega steklastega materiala.



Slika 11: Izbito steklo



Slika 12: Stroj za mletje stekla, Retsch MM 200



Slika 13: Zmleto steklo

3.2.3 Priprava plošč

Za pripravo plošč smo uporabili posušene iveri, lepilo in zmleto steklo. Pred samim stiskanjem smo izdelali kalupe (slika 14), v katere smo natresli oblepljene iveri in steklo. Kalupi so bili formata 20×20 cm višina kalupa pa je bila 2 cm s čimer je bila določena debelina plošč. Za izdelavo plošč pa je bilo potrebno pripraviti še lepilno mešanico. Lepilno mešanico sestavljajo lepilo - Meldur H97, utrjevalec – Amon formiat in voda. Izdelane plošče so vsebovale različne deleže stekla. Razmerje stekla pri petih ploščah je bilo 0 %, 5 %, 10 %, 20 % in 40 % pri tem pa se je spreminjala količina vode v lepilni mešanici. Po odmerjeni količini lepilne mešanice smo jo počasi vmešavali v čašo polno iveri, da so se le te oblepile (slika 15). Oblepljene iveri smo natresli v kalupe, tako da je bila debelina natresenih iveri večja kot debelina kalupa, tako smo dosegli večjo gostoto in trdnost plošč (slika 16). Pri stiskanju smo nastavili temperaturo na $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ plošče pa smo v stiskalnici stiskali 3 minute. Plošče, ki smo jih izdelali (slika 17), pa je bilo potrebno še nažagati za različne teste: preskus odpornosti proti glivam ($1,5 \times 2,5 \times 5$ cm), odpornost proti termitom ($1,5 \times 2,5 \times 5$ cm) in za odpornost proti ognju ($1 \times 5 \times 12$ cm). Priprava plošč in izdelava vzorcev je bila opravljena v laboratoriju v Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin na oddelku za lesarstvo.



Slika 14: Izdelava kalupov



Slika 15: Lepilna mešanica in iveri



Slika 16: Iveri in kalupi pred stiskanjem



Slika 17: Stisnjena plošča

3.2.4 Odpornost proti termitom

Izpostavitve vzorcev termitom *Kalotermes flavicollis* je potekala po Beckerjevi metodi (Becker 1969). Ko smo termite našli (slika 19) in jih nabrali iz starega in trhlega lesa smo na vzorce s plastelinom nalepili steklene valjčke premera 15 mm. Vanje smo vstavili po 10 delavcev rumenovratega termita (slika 18). Vzorce s termiti smo postavili v LTH komoro s temperaturo 26 °C in 90 % relativno zračno vlažnostjo. Stanje termitov smo spremljali štiri tedne in vsak dan beležil smrtnost termitov. Mrtve termite smo redno odstranjevali iz steklenih obročkov. Prvo opazovalni dan ne šteje v test, saj smo odstranili 12 mrtvih termitov, ki so poginili zaradi transporta v steklene valjčke. Termiti so namreč zelo občutljivi in kaj lahko jih je poškodovati.



Slika 18: Vzorci z valjčkom



Slika 19: Termit

-smrtnost termitov

Preživetje termitov smo spremljali dnevno. Najuspešnejša termiticidna kombinacija je tista, ki zabeleži najvišjo smrtnost oziroma najmanjše preživetje. To pomeni, da so se termiti zastrupili ali pa niso imeli ustrezne hrane, ki bi bila prebavljiva s simbionti.

-ocena in opis poškodbe

Po štirih tednih smo ocenili še poškodovanost lesa. Ta podatek pove, ali so se termiti lahko prehranjevali z lesom ali je bila površina pretrda.

0 niso jedli, les je nepoškodovan

1 manjše, komaj vidne poškodbe površine

2 večje, površinske poškodbe

3 luknje, globoke poškodbe

4 večje luknje, zelo globoke poškodbe

5 zasnova komore

3.2.5 Odpornost proti glivam

Odpornost plošč proti glivam smo določali v skladu s standardom SIST EN 113 (1996).

Za ta test smo iz novo nastalih plošč izrezali vzorce velikosti $1,5 \times 2,5 \times 5$ cm in sicer po štiri vzorce iz vsake plošče z različnim deležem stekla. Torej smo na koncu dobili vse skupaj 20 vzorcev. Kot kontrolo smo uporabili 20 smrekovih vzorcev. Vzorcev je, zaradi pomanjkanja materiala, nekoliko manj.

Ko smo imeli vse vzorce pripravljene, smo pripravili gojišče za glivo navadna tramovka (*Gloeophyllum trabeum*). Pripravili smo 30 kozarcev s pokrovčki, katere smo očistili z etanolom. Za pripravo gojišča smo v 1,5 L destilirane vode zmešali 39 g suhega gojišča (slika 20). Po temeljitnem mešanju te mešanice smo jo enakomerno razdelili v vseh 30 kozarčkov (slika 21). Vse kozarčke smo nato vstavili v avtoklav Sutjeska za sterilizacijo in jih izpostavili temperaturi 121 °C oziroma tlaku 1,5 bar. Po avtoklaviranju smo v laminariju PIO SMBC 122T/A, v sterilnih pogojih ohlajena gojišča inokulirali z micelijem izbrane glive. Pri tem smo vedno pazili, da smo sproti čistili pripomočke z etanolom. Potem smo kozarce en teden ikubirali v komori Kambič SP910C pri 25 °C in 85 % vlažnosti. Po enotedenski rasti glive smo izbrali 20 kozarcev, ki niso bili okuženi z nezaželenimi glivami.

Sledila je priprava vzorcev. Vse vzorce smo dali za en dan v sušilnik ST-45 na 103 °C in jih posušili na absolutno suho vlažnost. Nato smo jih stekali na Sartorius tehtnici, ki meritve zabeleži tudi na računalniku. Suhe vzorce smo avtoklavirali v avtoklavu Sutjeska 10min pri nadtlaku 1,5 bar. Nato smo narezali mrežice za mejo med gojiščem in vzorcem in mrežice namočili v etanol. V laminariju PIO SMBC 122T/A smo zložili, v kozarčke, najprej mrežico nato smrekov vzorec in na koncu še vzorec moje plošče. Med tem postopkom smo pred vsako potezo pripomočke razkužili z etanolom. Na koncu smo vseh 20 kozarčkov postavili v rastno komoro Kambič SP910C za 11 tednov.

Po enajstem tednu pa so se vzorci okužili (slika22). Zato jih je bilo potrebno očistiti (slika 23). Zaradi njihove krhkosti je bilo potrebno delati pazljivo, da nismo odstranili še kaj dodatnega materiala. Nato smo dali vzorce v sušilnik ST-45 na 103 °C za 24 ur. Na koncu pa vzorce še stehali v Sartorius tehtnici, ki je meritve zabeležila tudi na računalniku.



Slika 20: Priprava hranilnih gojišč

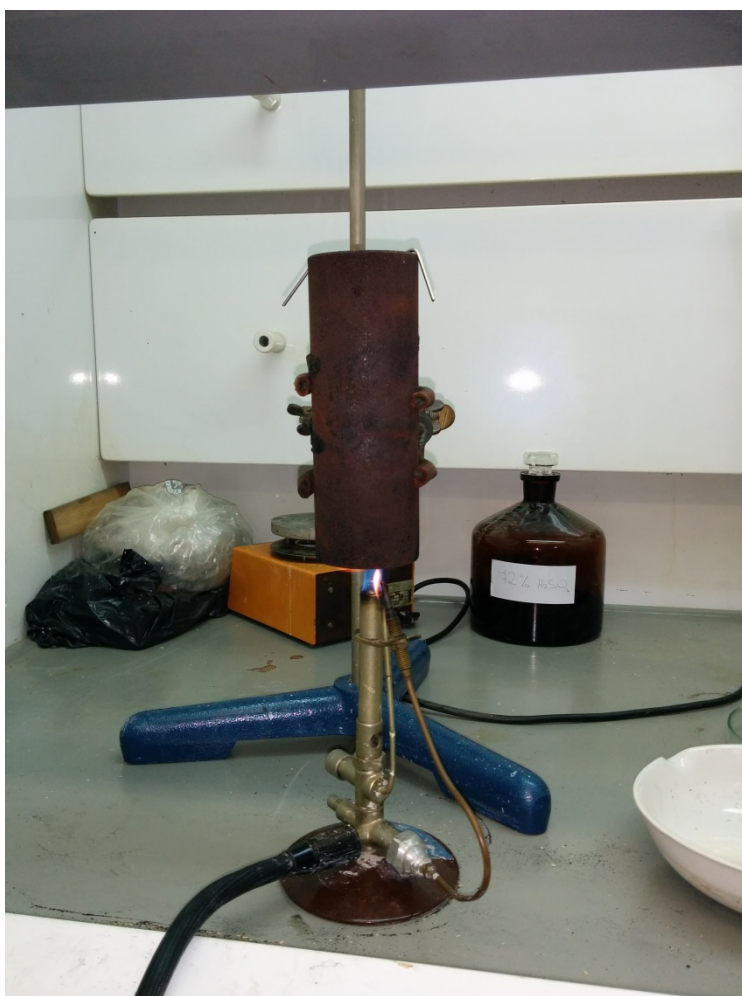


Slika 21: Okuženi in očiščeni vzorci

3.2.6 Odpornost proti ognju

Odpornost proti ognju smo določali po metodi ognjene cevi oziroma po ruski metodi. Na vzorce velikosti $1 \times 5 \times 12$ cm smo pribili majhen žebliček in jih obesil v cev. Pred tem smo vsak vzorec posebej stehali.

Potem smo vzorec obesili v ognjeno cev, tako da je spodnji konec vzorca gledal 5 mm iz cevi. Pod vzorec smo postavili gorilnik s plamenom višine 40 mm, ustje pa je od vzorca oddaljeno 1 cm (slika 24). Gorenje je potekalo 2 minuti nato pa smo gorilnik odstranili. Ohlajen vzorec smo nato ponovno stehali v posodi, da je bila vključena tudi teža delcev ki so se ločili od vzorca (slika 25). Na koncu pa smo iz razlik v teži vzorca izračunali še delež izgube mase.



Slika 22: Ruska metoda določanja gorljivosti



Slika 23: Ožgani vzorci

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1 REZULTATI ODPORNOSTI PROTI TERMITOM

4.1.1 Smrtnost termitov

Dnevna smrtnost termitov (preglednica 1), nam pri smrekovih vzorcih pokaže, da je bilo v prvem tednu smrtnost največja in poginilo je namreč kar 14 termitov. Razlog za to lahko iščemo tudi v tem, da smo termite med nabiranjem poškodovali. V prvem tednu se ni pokazala razlika med posameznimi smrekovimi vzorci, saj je bilo na koncu tedna poginulih primerljivo število termitov. V drugem tednu je bila smrtnost najmanjša, poginila sta samo dva termita, pa še to v dveh vzorcih, kjer je bilo največ preostalih termitov. V tretjem in četrtem tednu, pa je bila smrtnost enaka in sicer trije termiti v različnih vzorcih. Na koncu poskusa lahko vidimo, da je v povprečju poginilo le 55 % termitov (preglednica 1).

Pri vzorcih brez vmešanega stekla lahko vidimo da, je v prvem tednu poginilo največ termitov, po vsej verjetnosti zaradi poškodb in stresa. Smrtnost v prvem tednu se giblje od 2 do 6 poginulih termitov. V drugem tednu zanimivo ni poginil noben termit, se pravi so vsi našli dovolj hrane. V tretjem tednu so v dveh vzorcih že poginili trije termiti, v četrtem pa 6. Za to skupino vzorcev smo dognali, da je poginilo 70 % termitov (preglednica 1).

Vzorci s 5 % stekla nam pokažejo, da je v prvem tednu poginilo največ termitov. Poginilo jih je natanko 14, kar je lahko posledica menjave hrane (iz trhlega lesa na zdrav zmlet les). V prvem tednu pri enem vzorcu ni poginil noben termit, spet v drugem pa kar 6, verjetno zaradi neenakomerne porazdelitve stekla po celotni plošči iz katere se je naredilo vzorce. V drugem tednu je poginilo 7 termitov v treh vzorcih, ki so imeli še največ termitov. Nato pa se smrtnost pokaže šele konec četrtega tedna. Pri teh vzorcih je na koncu poginilo 60 % termitov (preglednica 1).

Smrtnost je tudi pri vzorcih z 10 % stekla v prvem tednu največja in se giblje od 1 do 5 termitov. Potem pa smo do zadnjega tedna poskusa beležili le 3 poginule termite. V zadnjem tednu pa so poginili štirje. Tu je na koncu poginilo 50 % vseh termitov. Smrtnost v prvem tednu se ne spremeni niti pri vzorcih z 20 % stekla. V prvem tednu jih je po vzorcih poginilo med štiri in šest osebkov, skupno pa 20. Potem lahko vidimo drastičen upad smrtnosti, saj v drugem, tretjem in četrtem tednu poginejo le 7 termitov. Smrtnost je bila v tem primeru 68 % (preglednica 1).

Pri zadnjih vzorcih, ki so vsebovali kar 40% stekla, pa se je povečana smrtnost iz prvega tedna potegnila tudi nekoliko v drugi teden, potem pa je padla. V prvem in drugem tednu jih je poginilo 22 nato pa le še trije. Skupno pa je v povprečju poginilo 65 % termitov (preglednica 1).

Preglednica 1: Vpliv deleža stekla na smrtnost termitov

			1					2					3					4				ž	M
S1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3	7
S2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4
S3	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5
S4	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	6
																						4,5	5,5
01	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	7
02	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6	4
03	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
04	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	9
																						3	7
51	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	4
52	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	7
53	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
54	2	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	7
																						4	6
101	0	0	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	8
102	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5
103	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3
104	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	4
																						5	5
201	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	5
202	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	7
203	0	0	2	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	8
204	1	0	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
																						3,3	6,8
401	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	7
402	1	0	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
403	2	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
404	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
																						3,5	6,5

1- Prvi teden...

S1- Vzorec smreke, oznake 1

01-Vzorec z 0% stekla, oznake 1

51- Vzorec s 5% stekla, oznake 1

101- Vzorec z 10% stekla, oznake 1

201- Vzorec z 20% stekla, oznake 1

401- Vzorec s 40% stekla, oznake 1

Ž- Končno število živih termitov

M- Končno število mrtvih termitov

Krepko- Povprečja

4.1.2 Ocena in opis poškodb na vzorcih zaradi delovanja termitov

Ocene poškodbe, zaradi delovanja termitov (preglednica 2), se gibljejo od 0 pa do 3. Na izpostavljenih vzorcih, niti na kontrolnih vzorcih, hujših poškodb v obliki večjih lukenj in komor nismo opazili. Čas izpostavitve je bil za večje poškodbe verjetno prekratek. Opazili smo globoke poškodbe pri tretjem vzorcu smrekovine (slika 24). Smrekovina je bila na splošno bolj poškodovana od vzorcev iz novonastalih plošč, saj se je na vseh preostalih vzorcih smrekovine videlo vsaj večje površinske poškodbe. Pri kompozitnih vzorcih ni bilo velikih razlik. Vzorci z 0 %, 5 %, in 40 % dodanega stekla so imeli vsi oceno poškodbe ena, kar pomeni, da so imeli komaj vidne površinske poškodbe (slika 25 in 26). Pri vzorcih z 10 % in 20 % pa smo lahko opazili, da sta bila dva vzorca celo nepoškodovana (slika 25), zato so ti vzorci imeli na koncu tudi nižjo povprečno oceno (preglednica 2).

Preglednica 2: Ocena poškodbe lesa po 4 tednih delovanja termitov

Oznaka	Ocena	Oznaka	Ocena	Oznaka	Ocena
S1	2	01	1	51	1
S2	2	02	1	52	1
S3	3	03	1	53	1
S4	2	04	1	54	1
Pov.	2,25	Pov.	1	Pov.	1
101	1	201	1	401	1
102	1	202	1	402	1
103	1	203	0	403	1
104	0	204	1	404	1
Pov.	0,75	Pov.	0,75	Pov.	1

0 les je nepoškodovan

1 manjše, komaj vidne poškodbe površine

2 večje, površinske poškodbe

3 luknje, globoke poškodbe

4 večje luknje, zelo globoke poškodbe

5 zasnova komore



Slika 24: Poškodbe na smrekovih - kontrolnih vzorcih zaradi delovanja termitov



Slika 25: Poškodbe na kompozitnih vzorcih, izdelanih iz stekla in odsluženega lesa



Slika 26: Najbolj poškodovani kompozitni vzorci po izpostavitvi termitom

4.2 REZULTATI ODPORNOSTI PROTI GLIVAM RAZKROJEVALKAM

Odstotek izgube mase nam pove, koliko lesa so glive razgradile tekom 12 tednske izpostavitve glivam.

Kontrolni vzorci so v povprečju izgubili 38,7 % mase. Ta podatek nakazuje, da je micelij gliv vitalen, ter da je s tem test veljaven (preglednica 3). Do relativno visoke izgube mase smo prišli kljub temu, da so bili vzorci glivam izpostavljeni le 12 tednov (preglednica 3). Ta podatek dokazuje, da je gliva *G. trabeum* zelo učinkovita razkrojevalka lesa iglavcev.

Za razliko od odpornosti proti termitom, lesni kompoziti brez dodanega stekla niso izkazali izboljšanih fungicidnih lastnosti. Izguba mase kompozitnih vzorcev brez stekla je primerljiva z izgubo mase kontrolne smrekovine. Dodatek nižjih deležev stekla ni imel izrazitega vpliva na lesne glive. Izguba mase vzorcev s 5 % stekla je bila 36,1 %, tistih z 20 % stekla pa 33 %.

Večji vpliv stekla na fungicidne lastnosti je zaznati pri ploščah z večjim deležem stekla (40 % stekla). Ti vzorci so v povprečju izgubili le 9,2 % mase (preglednica 3). Ta izguba mase ne odraža popolne odpornosti. Če bi odpornost na glive novo razvitega materiala primerjali z odpornostjo nezaščitenih lesnih vrst, bi ga uvrstili ob bok jedrovini macesna. Kakorkoli, za resnejšo aplikacijo bi morali izvesti še testiranja na dodatne glive.

Preglednica 3: Izguba mase vzorcev po poskusu

% stekla	Izguba mase (kont. smreka)	Izguba mase (kompozit)
0	34,7 %	36,1 %
5	42,2 %	36,8 %
10	36,3 %	33,7 %
20	36,5 %	33 %
40	43,8 %	9,2 %

4.3 REZULTATI ODPORNOSTI PROTI OGNJU

Vzorci smo stehali pred in po gorenju in izračunali izgorelo maso in kolikšen je njen delež na prvotno maso vzorca (preglednica 4). Tako smo lahko v prvi fazi ugotovili, da so mase pred gorenjem zelo nihale, kar je lahko posledica neenakomerne porazdelitve stekla po ploščah, iz katerih smo izžagali vzorce. Za maso po gorenju je pomembno, da prištejemo tudi maso pooglenelih delčkov, ki so padli z vzorca. Iz primerjave povprečne izgube mase lahko vidimo, da je smrekov vzorec izgubil največ mase, kar ga označi za najmanj odporen vzorec. Nato sta si zelo blizu po izgubi mase vzorca z 0 % in 40 % stekla. Za njima se zvrstita vzorca z 10 % in 20 % stekla. Na koncu pa imamo še najbolj odporen vzorec. Vzorec s 5 % stekla je izgubil le malo čez 10 % prvotne mase, kar nam kaže, da je med temi vzorci le ta najbolj težko vnetljiv.

Po preučitvi gorljivosti in izgubi mase smo lahko tudi opredelili razred odpornosti vzorcev. Ugotovili smo, da vsi vzorci spadajo v II. razred odpornosti, saj noben vzorec ne zgubi več kot 20 % prvotne mase. Tako se vzorci uvrščajo med težko vnetljiv material. Pri tem je treba upoštevati, da je negorljivost lesa verjetno zagotavljala lepilna mešanica na osnovi melaminskih smol in ne dodano steklo.

Preglednica 4: Mase vzorcev pred in po izpostavitvi plamenu

Delež stekla v kom.	Masa pred testom	Masa po testu	Izguba mase
Smreka	56,98 g	48,22 g	15,37 %
0 %	68,29 g	59,72 g	12,55 %
5 %	67,96 g	60,41 g	10,12 %
10 %	71,03 g	62,83 g	11,54 %
20 %	56,96 g	57,90 g	11,86 %
40 %	72 31 g	62,92 g	12,99 %

5 SKLEPI

Iz odsluženega lesa, stekla in melamin-formaldehidne lepilne mešanice smo uspešno pripravili kompozit z različnimi deleži stekla.

Testiranje odpornosti proti termitom pokaže, da je že dodatek lepilne mešanice izboljšal odpornost na termite. Steklo ni poslabšalo odpornosti. Pri vzorcih z večjim deležem stekla smo celo opazili manj poškodovano površino.

Navadna tramovka, ki smo jo uporabili v testu je vitalna, kar je razvidno iz izgube mase kontrolnih smrekovih vzorcev. Dodatek nižjih koncentracij stekla ni imel izrazitega vpliva na fungicidne lastnosti ploščnih kompozitov. Le višji delež stekla (40 %) se je odražal v tri do štirikrat nižji izgubi mase testiranih kompozitov.

Testiranje ognjeodpornosti je pokazalo, da so vzorci z dodanim steklom odpornejši na ogenj kot kontrolni vzorci. K temu najbolj vpliva dodana lepilna mešanica na osnovi MUF. Steklo ne poveča gorljivosti, temveč gorenje celo rahlo zavira.

6 VIRI

- Benko R., Kervina Hamović. L., Gruden M. 1987. Patologija lesa. Lesna fitopatologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo: 122 str.
- Čufar K. 2001. Anatomija lesa. Interno gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 112 str.
- Gornik Bučar D. 2001. Vpliv stopnje kondenzacije muf smol na lastnosti lepilnih spojev. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 66:139-155
- Govedič J. 2004. Gradimo s steklom. Gornja Radgona, Reflex d.o.o.: 335 str.
- Gorišek Ž., Geršak M., Velušček V., Čop T., Mrak C. 1994. Sušenje lesa. 1. izdaja. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije, Lesarska založba: 235 str.
- Grm B., Stevanović B. 2002. Osnove požara. V: Kemija v gasilstvu. Pograjc M. (ur.). Ljubljana, Gasilska zveza Slovenije: 80 str.
- Humar M. 2012. Odslužen les, še neizkoriščen vir surovin v Sloveniji. V: 4. Posvet sekcije za okolje in energijo, Dolenjske toplice.
http://www.gzdbk.si/media/pdf/sekcije/okolje/posvet2012/Miha_Humar.pdf (22. 3. 2014)
- Humar M. 2009. Kako zaščititi les?
http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Kako_za_ititi_les_Humar.pdf (22. 3. 2015)
- Humar M. 2003. Zaščita lesa pred termiti. Les, 55, 5: 139-144
- Jungmeier G., Gallis C., Hillring B., Humar M., Fruehwald A. 2005. What is COST and COST action E31 »Management of recovered wood«. V: Management of recovered wood. Second European COST E31 Conference. Gallis, C. (ed.). Bordeaux, University studio press: 17-23
- Kopše I., Kranjc N. 2005. Ogrevanje z lesom. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije 4-7
- Nimz H., Schmitt U., Schwab E., Wittmann O., Wolf F. 2005. "Wood" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim.
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Les> (22. 3. 2015)
- Pavlič M., Mihevc V. 2001. Zaščita lesa pred vremenskimi vplivi. Les, 53, 1 – 2: 15–20
- Pohleven F. 1998. Zaščita lesa pred škodljivci. Gradbenik. 2, 12: 10-13
- Pohleven F., Humar M. 2000. Termiti - nevarni škodljivci tudi v Sloveniji? = Termites –

dangerous pests also in Slovenia. Les, 52, 11: 369-373

Pohleven F. 2003. Termiti - Isoptera. Sket B., Gogala M., Kuštor V: Živalstvo Slovenije. 1. natis. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 303-306

Pohleven F. 2000. Ogroženost lesnih predmetov kulturne dediščine z glivami. Les v restavraciji: 25 – 30

Recikliranje 2014.

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Recikliranje> (22. 3. 2015)

Schmidt O. 1994. Holz – Bauenpilze. Berlin, Springer – Verlag: 246 str.

Šernek M., Kutnar A. 2009. Aminoplastična lepila. Les, 61, 2: 47-53

Ugovšek A. 2011. Ravnanje z odsluženimi lesnimi ploščnimi kompoziti. Les, 63, 1/2: 2-7

Unger A., Schniewind A. P., Unger W. 2001. Conservation of wood Artifacts. Berlin, Springer: 465 str.

Vasić K. 1971. Zaštita drveta I. deo (ksilofagni insekti). Naučna knjiga, Beograd: 335 str.

Žigon M. 1996. Polimerni kompoziti. Kovine, zlitine in tehnologije, 30, 1-2:71-72

