

Mladi za napredek Maribora 2019

36. srečanje

ZAKAJ SE BABIČINO LESENO OKNO NE ZAPIRA DOBRO?

PROIZVODNO-TEHNIČNO PODROČJE

raziskovalna naloga

Avtor: LUŠA PEČOVNIK WUTT, ELA ŽELEZNIK

Mentor: MARTIN KNUPLEŽ

Šola: OŠ BOJANA ILICHA MARIBOR

Število točk: 164/ 170

Mesto: 1

Priznanje: zlato

Maribor, februar 2019

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE.....	2
KAZALO SLIK.....	3
POVZETEK	4
ZAHVALA.....	5
1 UVOD	6
2 METODOLOGIJA DELA	7
2.1 Preučevanje pisnih virov in dopolnjevanje znanja o lesu.....	7
2.1.1 Les kot naravno gradivo	7
2.1.2 Fizikalne lastnosti lesa	9
2.1.3 Mehanske lastnosti lesa	11
2.2 Eksperimentalni del.....	12
2.2.1 Pribor in oprema	12
2.2.2 Izdelava sušilnice za les	13
2.2.2 Priprava vzorcev lesa	14
2.2.3 Sušenje vzorcev lesa.....	16
2.2.4 Premaz vzorcev lesa z lazuro	17
2.2.5 Namakanje vzorcev lesa in merjenje sprememb zaradi vpivanja vlage.....	19
3 REZULTATI.....	21
3.1 Količina vpite vode med namakanjem vzorcev lesa.....	21
3.2 Spremembe dimenzij vzorcev zaradi nabrekanja.....	24
4 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV	27
4.1 Podatki o oknu.....	27
4.2 Spremembe dimenzij okna zaradi vpivanja vlage	28
5 ZAKLJUČEK / SKLEP.....	30
DRUŽBENA ODGOVORNOST	31
VIRI IN LITERATURA	32
PRILOGE	33

KAZALO SLIK

Slika 1 Gozdne površine v Sloveniji (vir: http://www.hervardi.com/zemljevidi_slovenije.php , pridobljeno 22.10.2018)	7
Slika 2 Zgradba drevesa (vir: https://sites.google.com/site/drevesavk/zgradba-dreves , dostopno 28.1.2019).....	8
Slika 3 Deleži v lesni zalogi po drevesnih vrstah, 2017 (vir: https://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/statistika-gozdov/vrstna-sestava , dostopno 28.1.2019).....	8
Slika 4 Krčenje lesa v aksialni, radialni in tangencialni smeri (vir: http://les.bf.uni-lj.si/uploads/media/06_Krcenje_in_anizotropija_lesa_02.pdf , dostopno 14. 12. 2018)	10
Slika 5 Osnovni merilni pripomočki (vir: lasten).....	12
Slika 6 Izdelava okvirja sušilnice (vir: lasten)	13
Slika 7 Nameščanje oblog na ogrodje sušilnice in razporeditev nosilnih letvic za vzorce lesa (vir: lasten)	14
Slika 8 Postopki merjenj in vnašanja začetnih podatkov v računalniško tabelo (vir: lasten) ..	15
Slika 9 Prikaz postopka sušenja vzorcev (vir: lasten)	16
Slika 10 Graf prikazuje gibanje temperature v sušilnici med sušenjem vzorcev (vir: lasten) .	16
Slika 11 Lazura za okna in vrata (vir: lasten).....	18
Slika 12 Priprava vzorcev na zaščito z lazuro (vir: lasten)	18
Slika 13 Namakanje vzorcev lesa (vir: lasten)	19
Slika 14 Graf prikazuje mase popolnoma suhih vzorcev in količino vpite vlage po 12 urnem namakanju (vir: lasten).....	22
Slika 15 Prikaz količine vpite vode smrekovih vzorcev lesa glede na čas namakanja (vir: lasten)	22
Slika 16 Graf prikazuje primerjavo gostote lesa in količino vpite vlage (vir: lasten).....	23
Slika 17 Prikaz relativne vlažnosti v procentih (%) (vir: lasten)	23
Slika 18 Prikaz sprememb dolžin vzorcev (longitudinalno nabrekanje) po 12-urnem namakanju (vir: lasten)	24
Slika 19 Graf prikazuje nabrekanje vzorcev lesa v radialni smeri (vir: lasten)	25
Slika 20 Graf prikazuje nabrekanje vzorcev v tangencialni smeri (vir: lasten)	25
Slika 21 Graf prikazuje nabrekanje smrekovega lesa (vir: lasten).....	26
Slika 22 Babičino okno (vir: lasten).....	27
Slika 23 Dimenzije okvirja in krila okna (vir: lasten).....	28

POVZETEK

Do ideje za raziskovalno nalogo smo prišli ob spoznanju, da se leseno okno pozimi težje zapira kot poleti. V raziskovalni nalogi smo z meritvami dimenzij vzorcev in njihovih mas ugotavljali, kako vplivajo različni dejavniki (vrsta lesa, njegova površinska obdelava ...) na količino vpite vlage. Pripravili smo po tri vzorce iz šestih vrst lesa. Prve vzorce smo premazali z dvema plastema lazure, druge z eno plastjo, tretje pa smo pustili nezaščitene. Z namakanjem popolnoma suhih vzorcev smo ugotavljali hitrost in količino vpite vode. Ugotovili smo, da vpijanje vode ne poteka premo sorazmerno s časom, da praviloma gostejši les vpije manj vlage kot redkejši, da število nanosov lazure ne vpliva obratno sorazmerno na količino vpite vode. Zanimiva je bila tudi ugotovitev, da k povečanju dimenzij okna zaradi vlage mnogo bolj prispeva radialno nabrekanje lesa kot aksialno, čeprav so sestavni deli 10 ali večkrat manjši.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujeva šoli, staršem in mentorju za nesebično pomoč in usmerjanje pri raziskovalni nalogi. Brez njihove podpore si poteka raziskovalne naloge sploh ne znava predstavljati.

1 UVOD

Idejo za raziskovalno nalogo smo dobili, ko smo se spomnili na leseno babičino okno, ki se je pozimi le stežka zapiralo. Videti je bilo, kot da sta krili nekoliko preveliki. Bilo nam je jasno, da je do tega prišlo zaradi nabrekanja lesa. Okno se je rosilo in spodnji del je bil neprestano vlažen.

Naš cilj je, da ugotovimo, od katerih dejavnikov je odvisno nabrekanje, kako se spremeni velikost nabrekanja, če les premažemo z lazuro, ali je pri enakih pogojih nabrekanje lesa z večjo gostoto večje in katera smer nabrekanja močneje vpliva na okno, da se slabo zapira.

Hipoteze naše raziskave so:

- količina vode, ki jo vpije les, je premo sorazmerno s časom, ko je izpostavljen vodi,
- gostejše vrste lesa vpijejo v enakem času manj vode kot redkejše,
- pri nanosu dveh plasti lazure bo les vpil 2-krat manj vode kot pri 1 nanosu,
- pri oknu bodo zaradi vlage daljši sestavni deli prispevali sorazmerno več k povečanju dimenzij okna kot krajši.

Dosedanje ugotovitve so pokazale, da je vlaga lahko vzrok za občutne dimenzijske spremembe lesa. Širjenje lesa zaradi prodora vlage lahko omilimo z uporabo vodoodpornih nanosov ali izvedbo manj vodoprepustnih zunanjih zaključnih slojev.

2 METODOLOGIJA DELA

Za uspešno razrešitev zastavljenih ciljev, smo v prvem delu preučevali pisne vire o zgradbi in lastnostih lesa. V eksperimentalnem delu pa smo pripravili vzorce lesa, merili količino vlage v lesu in primerjali lastnosti nezaščitene in z lazuro zaščitene lesa.

2.1 Preučevanje pisnih virov in dopolnjevanje znanja o lesu

2.1.1 Les kot naravno gradivo

Les prištevamo med naravna gradiva. V glavnem ga pridobivamo iz gozdov, ki so del žive narave.

Razširjenost gozdov:

Gozd zavzema približno 3/5 (58%) površine Slovenije (Slika 1). V gozdovih prevladujejo listavci (55%). Velika razširjenost gozdov omogoča kakovostno strokovno gospodarjenje. (Gozdovi in gozdarstvo, 2018)



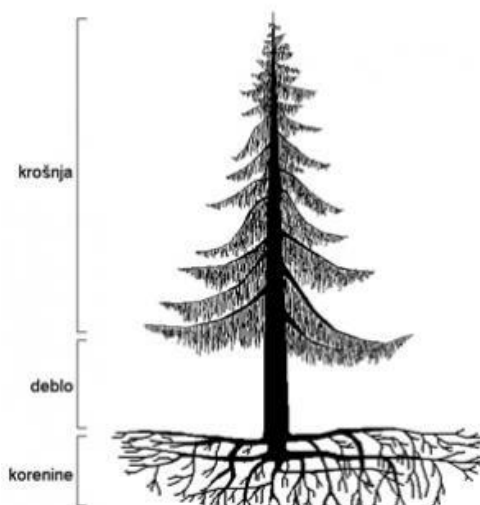
Slika 1 Gozdne površine v Sloveniji (vir: http://www.hervardi.com/zemljevidi_slovenije.php, pridobljeno 22.10.2018)

V davni preteklosti je gozd poraščal skoraj celotno ozemlje Slovenije do nadmorske višine 1.800 m. S prvimi naselitvami so gozd začeli krčiti, saj so les potrebovali za gradnjo bivališč, ogrevanja, kuhanja in za številne izdelke. Gozdovi na svetu pokrivajo približno 30,3% kopne površine. (Bončina, 2018)

Zgradba drevesa

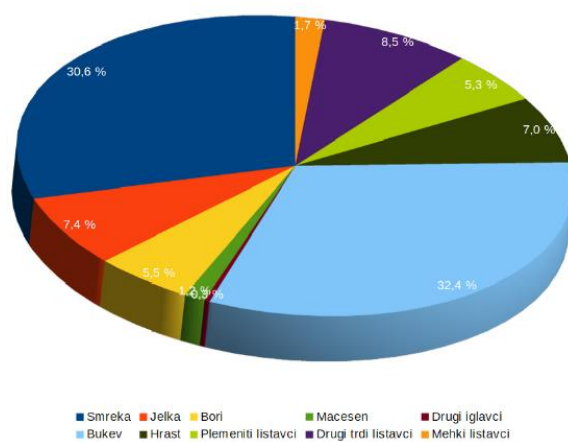
Drevo ima vse rastlinske dele, značilne za višje rastline: korenine, steblo in liste (Slika 2).

Po kalitvi se lesnim rastlinam najprej razvije glavna ali srčna korenina iz katere izraščajo stranske korenine, ki se delijo na koreninice na katerih so koreninski laski. Steblo oleseni in se imenuje deblo, katerega osrednji del predstavlja les obdan s skorjo, ki varuje drevo, poleg tega pa prevaja hranilne snovi od krošnje do korenin. Drevesa so rastline, ki zaznamujejo gozd. Krošnja drevesa je odvisna od vrste drevesa (listavci, iglavci). (Drevesa, 2018)



Slika 2 Zgradba drevesa (vir: <https://sites.google.com/site/drevesavk/zgradba-dreves>, dostopno 28.1.2019)

Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije je v Sloveniji med listavci najpogostejša vrsta bukev, ki je tudi najpogostejša med slovenskimi drevesnimi vrstami. Najpogostejše drevo med iglavci pa je smreka, ki je po razširjenosti takoj za bukvijo (Slika 3).



Slika 3 Deleži v lesni zalogi po drevesnih vrstah, 2017 (vir: <https://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/statistika-gozdov/vrstna-sestava>, dostopno 28.1.2019)

Lastnosti lesa

Les uporabljamo zaradi številnih dobrih lastnosti za številne izdelke in polizdelke. Lastnosti lesa delimo na fizikalne in mehanske.

Fizikalne lastnosti:

- Vlažnost
- Krčenje in nabrekanje lesa
- Gostota in teža lesa
- Trajnost lesa na zraku

Mehanske lastnosti lesa:

- Trdnost
- Trdota
- Cepljivost lesa
- Elastičnost

Lesarstvo ima pomembno vlogo v slovenski industriji. Industrijska predelava in obdelava lesa se je začela v 19. stoletju, po drugi svetovni vojni pa je značilen tudi močnejši industrijski razvoj. Takrat so nastale tudi še danes znane tovarne pohišta.

2.1.2 Fizikalne lastnosti lesa

Vlažnost lesa

Najpogostejše metode določanja lesne vlažnosti so električne metode (uporovna metoda, merjenje dielektrične konstante, kota izgub...) in gravimetrična metoda, ki smo jo uporabili tudi mi za izračun vlage. Ostale metode za merjenje vlage pa so destilacijske metode, titracijske metode, z beta delci ali žarki, z nevtroni z visoko energijo, z nuklearno magnetno resonanco...

Za merjenje vlage z gravimetrično metodo, odvezamemo vzorce na primerni oddaljenosti od čela elementov. Stehajo jih v svežem stanju ali pri vlažnosti, ki jo določamo. Nato jih osušimo do sušilnično suhega stanja (na temperaturi 103°C z odstopanji do 2°C). Pri doseženi konstanti masi, vzorce ponovno stehajo. Vlažnost izračunamo po formuli. (Krčenje, nabrekanje in krčitvena anizotropija lesa, 2008)

$$U = \frac{m_{vode}}{m_0} \cdot 100 \%$$

POMEN OZNAK:

- U - vlažnost lesa
- m_{vode} - masa vode
- m_0 - masa popolnoma suhega lesa

Vlažnost lesa je vsa masa vode v lesu (izražena v gramih) deljena ali v razmerju z maso popolnoma suhega lesa (izražena v gramih lesa brez vode). Če dobljeno vrednost pomnožimo s 100, dobimo količino vlage lesa v procentih.

Količina vode v deblu ni enako razporejena, zato les po poseku vsebuje različne količine vode in posledično tudi različne mase. Poleti in zgodaj jeseni je vlažnost lesa nižja, spomladi in zgodaj poleti pa višja.

Prostorninsko krčenje in nabrekanje lesa je količinsko enako volumnu oddane in sprejete higroskopske vode. Krčenje lesa je zmanjšanje dimenzij glede na dimenzije v svežem stanju.

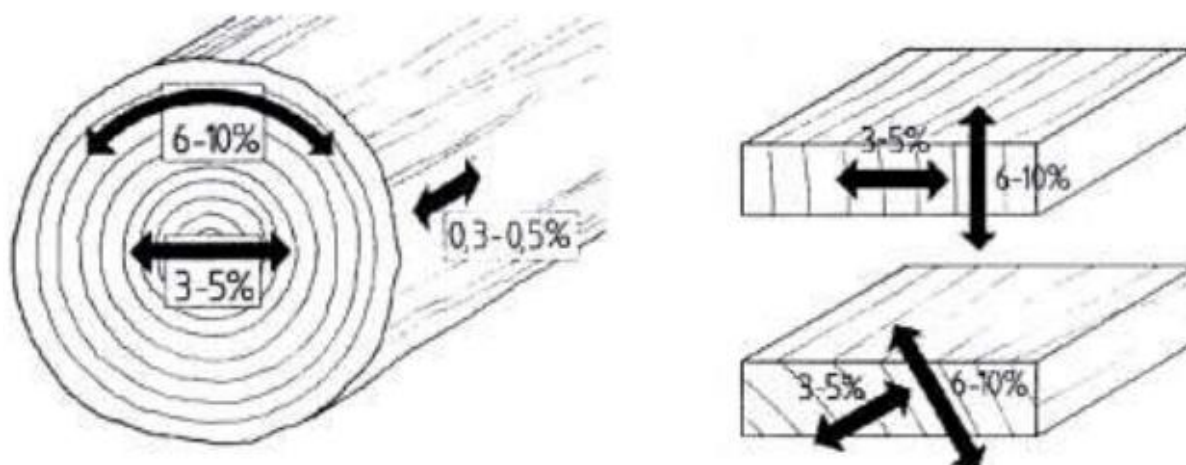
Linearni skrčki: longitudinalni (aksialni) - β_L , radialni - β_R tangencialni - β_T :

$$\beta_{L,R,T} = \frac{l_{vl} - l_0}{l_{vl}}$$

POMEN OZNAK:

- β_{LRT} – linearni skrček (aksialni ali radialni ali tangencialni)
- l_{vl} – mera vlažnega lesa
- l_0 – mera sušilnično suhega lesa

Razmerje skrčkov med vzdolžnim – longitudinalnim, radialnim in tangencialnim krčenjem lesa je v razmerju približno 1 : 10 : 20 (Slika 4) (Krčenje, nabrekanje in krčitvena anizotropija lesa, 2008).



Slika 4 Krčenje lesa v aksialni, radialni in tangencialni smeri (vir: http://les.bf.uni-lj.si/uploads/media/06_Krcenje_in_anizotropija_lesa_02.pdf, dostopno 14. 12. 2018)

Nabrekanje lesa pa je povečevanje dimenzij glede na dimenzije v sušilnično suhem stanju, ko je vlažnost lesa blizu 0 %. (Krčenje, nabrekanje in krčitvena anizotropija lesa, 2008)

Linearni nabreki: longitudinalni (aksialni) - α_L , radialni - α_R in tangencialni - α_T :

$$\alpha_{L,R,T} = \frac{l_{vl} - l_0}{l_0}$$

POMEN OZNAK:

- α_{LRT} – linearni nabrek (aksialni ali radialni ali tangencialni)
- l_{vl} – mera vlažnega lesa
- l_0 – mera sušilnično suhega lesa

Če dobljeni rezultat pomnožimo s 100, dobimo izraženo vrednost v %.

Trajnost lesa je lastnost lesa, ki pove kako je les odporen na gnitje in razpadanje oziroma koliko časa obdrži svoje prvotne lastnosti. Les v glavnem uničujejo insekti, glive, vremenski vplivi ter mehanska obraba. Les se manj obrabi, če je popolnoma suh ali pa popolnoma potopljen v vodo (v takih pogojih so možnosti za razvoj insektov in gliv manjši).

Gostota je masa v neki prostornini, ki jo merimo s kilogrami na m³. Gostota lesa je nezaželena pri transportu in ravnanju z lesom, saj pravimo da je les težek. Pri obdelavi lesa pa je večja gostota zaželena, saj se redek les ne obdeluje tako dobro kot gost les. (Krčenje, nabrekanje in krčitvena anizotropija lesa, 2008), (Divača, 2001)

2.1.3 Mehanske lastnosti lesa

Trdota je odpor, ki ga nudi les proti vtiskanje drugega, tršega materiala vanj (npr. občutimo jo pri zabijanju žeblicev in vsakem odrezovanju lesa). Med trde vrste lesa spadajo hrast, bukev, jesen...

Trdnost pri določeni obremenitvi, je največja napetost zaradi te obremenitve, ki jo les zdrži tik pred lomom. Med vrste lesa z največjo trdnostjo spadajo dren, gaber, hrast, oreh...

Cepljenje lesa je razdvajanje lesa v vzdolžni smeri. Med cepljiv les spadajo bukev, smreka...

Elastičnost je lastnost lesa ko se les po končani obremenitvi vrne v prvotno obliko. Med elastičen les spadajo oreh, lipa, jelša, breza... (Kovačič, brez datuma)

2.2 Eksperimentalni del

Naš eksperimentalni del obsega pripravo vzorcev, izdelavo sušilnice, merjenje dimenzij vzorcev in njihove mase. Po sušenju v sušilnici, smo po 1 vzorec vsake drevesne vrste pustili nezaščiten, drugega smo zaščitili z enkratnim premazom z lazuro, tretjega pa z dvema premazoma z lazuro. Po namakanju v vodi, smo primerjali, koliko vlage lahko vpijejo posamezni vzorci lesa. Z merjenji in s preračunavanji dobljenih rezultatov, smo ugotavljali, v katero smer je raztezanje lesa večje, kako vpliva gostota lesa na količino vpite vode, ali je vpijanje vlage linearno glede na čas ...

2.2.1 Pribor in oprema

Pri eksperimentalnem delu smo uporabljali sledeči pribor in opremo (Slika 5):

- elektronsko tehtnico, tip Laica, natančnost ± 1 g
- kljunasto merilo, natančnost: 1 desetinka mm (0,1 mm)
- temperaturni senzor: Vernier Temperature Probe, natančnost $0,1^{\circ}\text{C}$
- računalniški vmesnik Vernier LabQuest mini
- računalnik z operacijskim sistemom Windows 7 Pro
- Microsoftov pisarniški paket Office 2016



Slika 5 Osnovni merilni pripomočki (vir: lasten)

2.2.2 Izdelava sušilnice za les

Za sušilnico smo najprej pretehtali različne ideje, dokončno zamisel pa smo skicirali. Za izdelavo smo uporabili gradiva, ki so nam bila na voljo. Iz smrekovih letvic smo želeli izdelati ogrodje ki bi ga obložili z valovito lepenko. Ker je v sušilnici predvidena razmeroma visoka temperatura (do 110°C), nas je skrbelo, da se sušilnica ne bi vnela. Zato smo preverili podatke o vnetljivosti izbranih materialov. Ugotovili smo, da je temperatura samovžiga za valovito lepenko med 216°C in 246°C. To je dva krat več od temperature, ki jo potrebujemo za sušenje (Wikipedija, 2018). Vnetišče smrekovega lesa pa je med 270°C in 300°C (Ramovš, 2009).

Dimenzije sušilnice smo prilagodili dolžini in številu vzorcev, ki smo jih želeli sušiti. Najprej smo iz smrekovih letvic sestavili okvir sušilnice. Letvice smo odžagali na ustrezne dolžine (Priloga 1). Spojili smo jih z lepilom za les in utrdili s sponkami (Slika 6).



Slika 6 Izdelava okvirja sušilnice (vir: lasten)

Za dno sušilnice smo uporabili 6 mm vezano ploščo z dolžino 566 mm in širino 270 mm. Stranski stranici sušilnice smo izdelali iz 2 mm debele valovite lepenke z dolžino 503 mm in širino 270 mm. V stranici smo na zarisanih mestih z luknjačem izsekali luknje s premerom 8 mm. Vanje smo namestili nosilne lesene palice, na katere smo polagali vzorce (Slika 7). Na sprednji stranici smo na ustreznem mestu izrezali luknjo s premerom 60 mm. Vanjo smo namestili grelnik zraka za sušenje vzorcev. V lepenko, ki smo jo uporabili za pokrov, smo z luknjačem izsekali veliko število lukenj s premerom 8 mm, ki so služile za kroženje zraka. V procesu sušenja se je izkazalo, da je luknjic še premalo, zato smo za doseg ustreznih temperature improvizirali s privzdigovanjem zadnjega dela pokrova.



Slika 7 Nameščanje oblog na ogrodje sušilnice in razporeditev nosilnih letvic za vzorce lesa (vir: lasten)

2.2.2 Priprava vzorcev lesa

V raziskovalni nalogi smo eksperimentirali z vzorci šestih vrst lesa, ki smo jih uspeli dobiti v dovolj velikih dimenzijah. Izmed listavcev smo uporabili hrastov, bukov, topolov in jesenov les, od iglavcev pa smrekov in borov les.

Za pomoč pri pripravi vzorcev smo prosili šolskega mizarja. Iz debelejših kosov (plohov) smo s krožno žago odžagali kose lesa z dimenzijami 49 mm x 52 mm x 600 mm. Nato smo vzorce obdelali s skobljanjem na končni dimenziji 45 mm x 50 mm ter razžagali na dolžine po 150 mm. Tako smo dobili po 3 »popolnoma« enake vzorce posameznih vrst lesa. Takšne dimenzije smo določili zaradi možnosti natančnega merjenja s kljunastim merilom (na desetinko mm natančno).

Vzorce smo označili. Vrsto lesa smo označili s številkami od 1 do 6, s črkami a, b ali c pa smo označili posamezne vzorce iste vrste lesa. V nadaljevanju raziskovalne naloge smo vse vzorce, označene s črko a, premazali z dvema plastema lazure, vzorce, označene s črko b, smo premazali z eno plastjo lazure, vzorce, označene s črko c, pa smo pustili nezaščitene.

Po označevanju, smo izmerili začetno stanje vzorcev: vzorce smo stehali in zmerili njihove dolžine v aksialni, radialni in tangencialni smeri (Slika 8).

Podatke smo vnesli v tabelo (Tabela 1).



Slika 8 Postopki merjenj in vnašanja začetnih podatkov v računalniško tabelo (vir: lasten)

Tabela 1 Prikaz začetnih mer vzorcev in njihovih mas¹

vrsta lesa	oznaka vzorca	aksialna smer (dolžina) [mm]	radialna smer [mm]	tangencialna smer [mm]	masa [g]
bukev	1a	150,0	43,7	43,7	177
	1b	150,0	43,3	43,7	184
	1c	150,0	43,0	42,9	173
hrast	2a	150,0	43,7	43,5	181
	2b	150,0	44,0	43,4	184
	2c	150,0	44,0	43,5	185
jesen	3a	150,0	43,7	43,5	221
	3b	150,0	44,0	43,3	117
	3c	150,0	43,7	43,0	117
topol	4a	150,0	43,6	43,3	141
	4b	150,0	43,7	43,5	134
	4c	150,0	43,7	43,3	138
bor	5a	150,0	43,6	43,2	158
	5b	150,0	43,6	43,9	154
	5c	150,0	43,7	43,5	163
smreka	6a	150,0	43,7	43,7	146
	6b	150,0	43,8	43,8	137
	6c	150,0	43,5	43,7	149

Vir: lasten

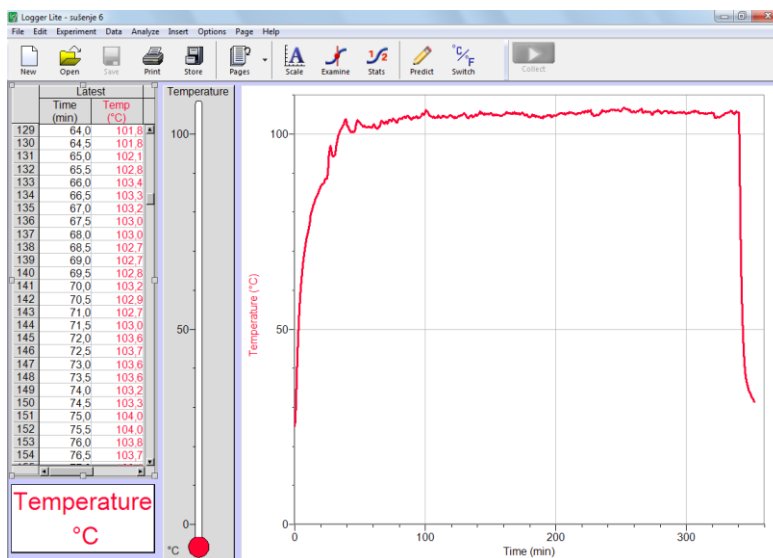
¹ Pomen oznak na vzorcih: številke pomenijo vrsto lesa, črke pa: a – vzorec, ki bo premazan z 2 slojema lazure, b – vzorec, ki bo premazan z 1 slojem lazure, c – vzorec, ki bo brez lazure. Pred in med sušenjem so bili vsi vzorci brez lazurnih premazov.

2.2.3 Sušenje vzorcev lesa

Les s sobno vlažnostjo smo sušili v zgoraj opisni sušilnici na temperaturi $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. V odprtino na sprednji stani sušilnice smo namestili grelnik zraka. Vključili smo ga in nastavili na moč II, kar je predstavljalo zmerno vroč zrak. Med naložene vzorce lesa smo namestili senzor za merjenje temperature in ga preko vmesnika povezali z računalnikom (Slika 9). Gibanje temperature smo spremljali na zaslonu (slika 10). Vzorce smo med sušenjem večkrat stehtali, saj velja, da so popolnoma suhi, ko imajo trikrat zapored enako maso. Takrat je njihova relativna vlažnost blizu 0 %.



Slika 9 Prikaz postopka sušenja vzorcev (vir: lasten)



Slika 10 Graf prikazuje gibanje temperature v sušilnici med sušenjem vzorcev (vir: lasten)

Po končanem sušenju smo zbrali podatke o dimenzijah in masah popolnoma suhih vzorcev ter jih prikazali v tabeli (Tabela 2).

Tabela 2 Dimenzije in mase popolnoma suhih vzorcev lesa

vrsta lesa	oznaka vzorca	aksialna smer [mm]	radialna smer [mm]	tangencialna smer [mm]	masa [g]
bukev	1a	149,9	42,0	42,9	167
	1b	150,0	42,2	42,9	172
	1c	149,9	42,0	43,0	162
hrast	2a	149,9	42,5	43,3	169
	2b	149,9	42,6	43,5	170
	2c	149,9	42,6	43,6	172
jesen	3a	149,8	42,4	43,3	203
	3b	149,8	42,5	42,7	202
	3c	149,7	42,6	43,2	205
topol	4a	149,9	42,8	43,0	133
	4b	149,9	42,7	43,4	125
	4c	149,9	42,6	43,3	127
bor	5a	149,9	42,4	43,0	145
	5b	149,9	43,1	43,1	141
	5c	150,0	42,4	43,2	150
smreka	6a	149,9	42,7	43,2	133
	6b	149,9	43,0	43,1	127
	6c	149,9	43,1	42,7	138

Vir: lasten

2.2.4 Premaz vzorcev lesa z lazuro

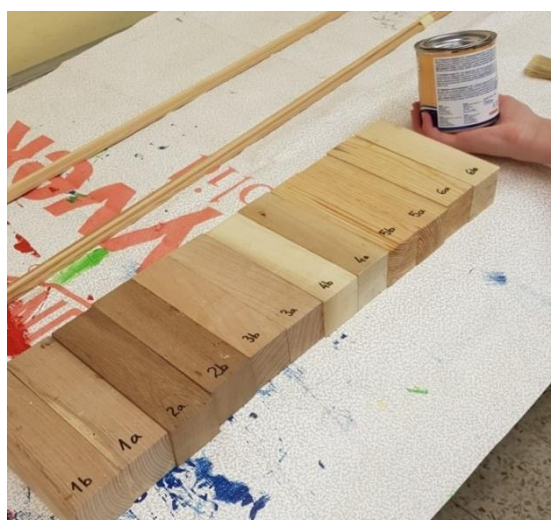
V nalogi smo si zastavili tudi cilj, da ugotovimo, kako vpliva na vpijanje vlage zaščita vzorcev z lazuro. Suhe vzorce z oznakami »a« smo premazali z dvema plastema lazure, vzorce »b« z eno plastjo, vzorce »c« pa smo pustili nezaščitene.

Namerno smo uporabili lazuro, ki je deklarirana za zaščito oken in vrat, saj smo želeli ugotoviti, kako bi premaz vplival na nabrekanje lesa babičinega okna. Po deklaraciji je to debelo slojna lazura, na osnovi alkidne smole, ki uravnava vlago, nudi visoko odpornost proti vremenskim vplivom in UV žarkom (Slika 11).



Slika 11 Lazura za okna in vrata (vir: lasten)

Les mora biti pred nanosom čist, suh, nemasten, nevoskan in nelakiran. Nekateri naši vzorci so pri sušenju izpustili smolo, ki je nismo uspeli odstraniti (Slika 12). Vsebino lazure smo pred uporabo dobro premešali. Za osebno zaščito smo uporabili rokavice in predpasnik, delovno površino pa smo zaščitili z zaščitno folijo. Med nanašanjem lazure in sušenjem smo imeli odprto okno ter tako poskrbeli za dobro zračenje.



Slika 12 Priprava vzorcev na zaščito z lazuro (vir: lasten)

Vzorci »a« in »b« smo s čopičem po vsej površini na tanko premazali z lazuro (slika 12). Vzorci »a« smo po 24-ih urah (ko so bili na otip suhi) premazali še z drugo plastjo lazure. Na zraku smo jih pustili sušiti 5 dni. Po uporabi smo čopiče očistili z ustreznim razredčilom, rokavice pa smo shranili za morebitno ponovno uporabo.

2.2.5 Namakanje vzorcev lesa in merjenje sprememb zaradi vpijanja vlage

Les je naravno gradivo, ki lahko vpija ali oddaja vlago. Pred preizkušanjem nabrekanja lesa zaradi vpijanja vlage, smo vzorce osušili na enako relativno vlažnost, ki je bila blizu 0 %.

Popolnoma suhe vzorce smo najprej stehali in izmerili njihove dolžine (aksialna smer), širine (tangencialna smer) in višine (radialna smer).

Na dno banjice ustrezne velikosti smo položili letvice. Pravokotno na njihovo smer smo razporedili prvo plast vzorcev. Preko njih smo spet položili letvice in nato še drugo plast vzorcev. Okrog vsakega vzorca je ostalo vsaj 5 mm prostora. Da les ne bi splaval na površje, smo ga fiksirali s kosoma stiropora in dvema letvicama, pritrjenima na rob banjice (Slika 13).

V banjico smo nalili toliko vode, da so bili vsi vzorci pod vodo.



Slika 13 Namakanje vzorcev lesa (vir: lasten)

Ker nas je zanimalo, kako hitro posamezni vzorci vpijajo vlago, smo vsako uro vodo odlili, vzorce obrisali in jih stehali. Podatke smo vpisovali v tabelo (tabela 3). Postopek smo ponavljali ves čas namakanja, ki je trajalo 12 ur.

Tabela 3 Spreminjanje mase vzorcev zaradi vpijanja vode med namakanjem²

VRSTA LESA	Oznaka vzorca	zač. masa	1 ura	2 uri	3 ure	4 ure	5 ur	6 ur	7 ur	8 ur	9 ur	10 ur	11 ur	12 ur
		spreminjanje mase vzorcev med namakanjem [g]												
bukev	1a	171	176	179	181	182	183	187	190	192	193	195	196	198
	1b	177	183	186	189	191	191	195	197	198	200	200	201	202
	1c	162	199	206	210	214	215	224	227	229	231	231	232	234
hrast	2a	173	173	173	173	174	173	175	176	176	176	175	175	175
	2b	174	176	179	179	180	180	183	185	186	186	186	186	187
	2c	172	177	181	182	183	185	187	188	189	190	190	191	191
jesen	3a	207	207	208	207	208	209	210	210	211	211	210	212	210
	3b	205	206	208	208	209	214	212	213	214	214	214	215	215
	3c	205	213	216	217	219	222	225	228	229	229	230	232	232
topol	4a	139	139	139	139	140	140	143	143	144	144	145	145	145
	4b	131	137	142	146	148	149	154	156	158	159	162	163	165
	4c	127	138	143	144	146	148	152	154	156	157	160	160	164
bor	5a	149	148	149	148	149	149	151	151	151	152	152	152	152
	5b	146	147	148	148	150	150	155	156	157	157	157	157	158
	5c	150	158	161	162	164	163	169	170	170	171	171	172	173
smreka	6a	138	140	143	144	148	149	156	159	162	166	169	171	174
	6b	133	143	153	157	161	163	166	169	170	172	173	174	176
	6c	138	178	188	194	198	199	208	209	210	210	211	212	212

Vir: lasten

² Pomen oznak na vzorcih: številke pomenijo vrsto lesa, črke pa: a – vzorec je premazan z 2 slojema lazure, b – vzorec je premazan z 1 slojem lazure, c – vzorec je brez lazure.

3 REZULTATI

3.1 Količina vpite vode med namakanjem vzorcev lesa

Med namakanjem vzorcev je les vpil vodo. Količino vpite vode smo izračunali iz podatkov o izmerjenih masah vzorcev med namakanjem (Tabela 3) Povečevanje mase vpite vode med 12-urnim namakanjem smo prikazali v tabeli (Tabela 4).

Tabela 4 Povečevanje mase vpite vode med 12-urnim namakanjem vzorcev lesa

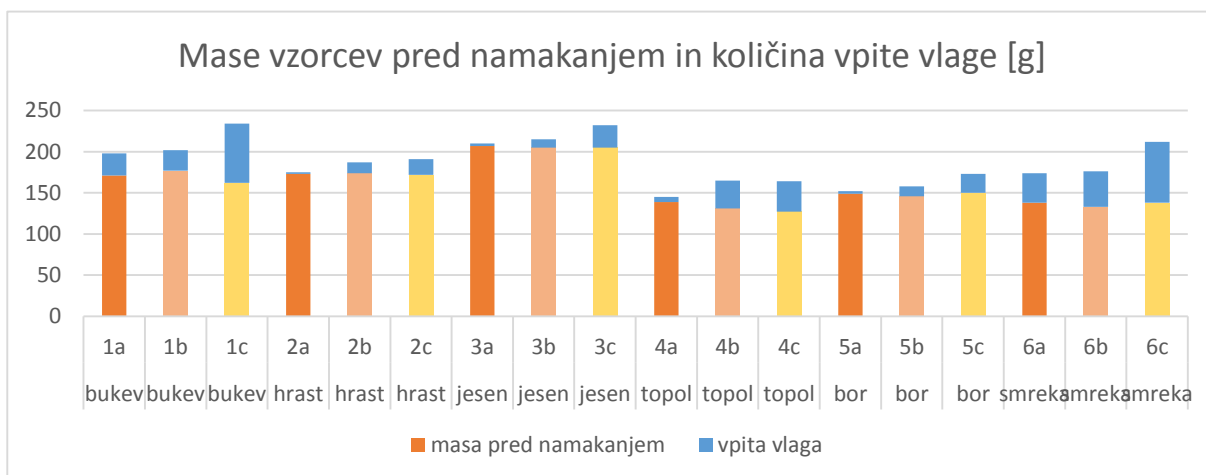
VRSTA LESA	Oznaka vzorca	0 ur	1 ura	2 uri	3 ure	4 ure	5 ur	6 ur	7 ur	8 ur	9 ur	10 ur	11 ur	12 ur
		masa vpite vode med namakanjem vzorcev lesa [g]												
bukev	1a	0	5	8	10	11	12	16	19	21	22	24	25	27
	1b	0	6	9	12	14	14	18	20	21	23	23	24	25
	1c	0	37	44	48	52	53	62	65	67	69	69	70	72
hrast	2a	0	0	0	0	1	0	2	3	3	3	2	2	2
	2b	0	2	5	5	6	6	9	11	12	12	12	12	13
	2c	0	5	9	10	11	13	15	16	17	18	18	19	19
jesen	3a	0	0	1	0	1	2	3	3	4	4	3	5	3
	3b	0	1	3	3	4	5	7	8	9	9	9	10	10
	3c	0	8	11	12	14	17	20	23	24	24	25	27	27
topol	4a	0	0	0	0	1	1	4	4	5	5	6	6	6
	4b	0	6	11	15	17	18	23	25	27	28	31	32	34
	4c	0	11	16	17	19	21	25	27	29	30	33	33	37
bor	5a	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	3	3	3
	5b	0	1	2	2	4	4	9	10	11	11	11	11	12
	5c	0	8	11	12	14	14	19	20	20	21	21	22	23
smreka	6a	0	2	5	6	10	11	18	21	24	28	31	33	36
	6b	0	10	20	24	28	30	33	36	37	39	40	41	43
	6c	0	40	50	54	60	61	70	71	72	72	73	74	74

Vir: lasten

Po pričakovanju, so največ vlage vpili nezaščiteni vzorci. Med drevesnimi vrstami izstopata vzorca nezaščitenega bukovega in smrekovega lesa, kar je lepo razvidno iz grafikona (Slika 14). Med nezaščitenimi vzorci sta najmanj vode vpila hrast in bor.

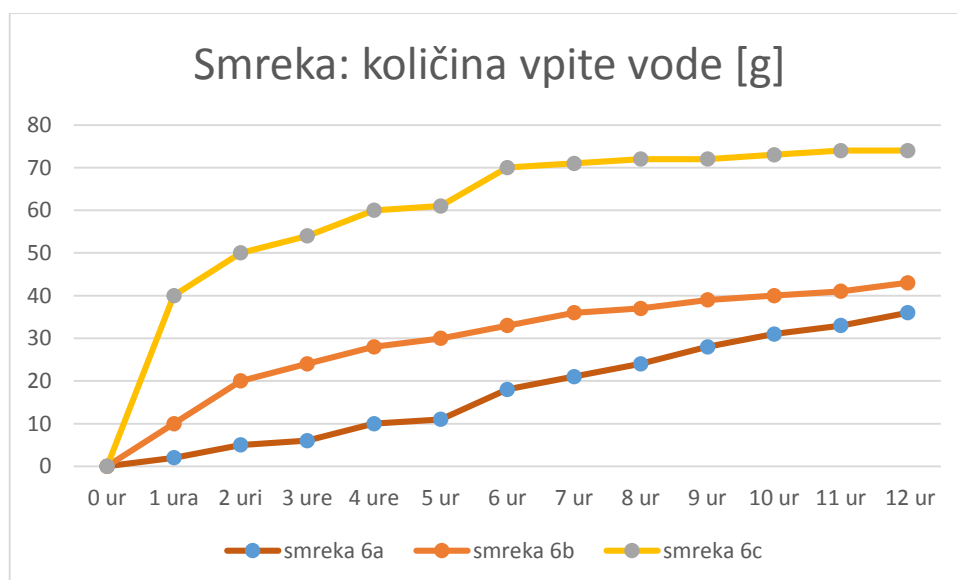
Zelo nas je presenetila količina vpite vode pri vzorcih iz bukovega in smrekovega lesa, ki sta bila premazana z 2 slojema lazure. Glede na vzorca z 1 premazom skoraj ni opazne razlike v količini vpite vode. V obeh primerih sta vzorca vpila veliko vode, podobno pa tudi vzorec iz topolovega lesa z enim slojem lazure.

Pri ostalih vzorcih je opazna bistvena razlika v količini vpite vode glede na število premazov z lazuro.



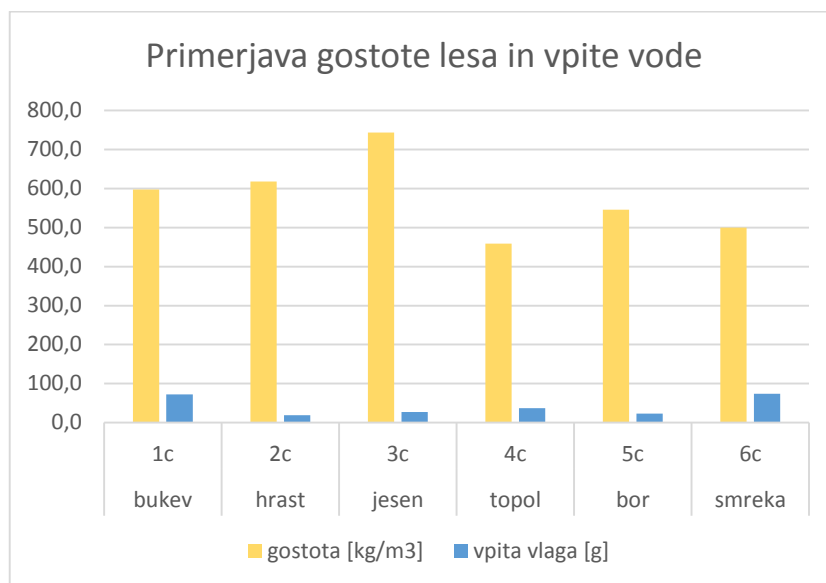
Slika 14 Graf prikazuje mase popolnoma suhih vzorcev in količino vpite vlage po 12 urnem namakanju (vir: lasten)

Nezaščiten smrekov les je med vsemi vzorci vpil največ vode. Ker je babičino okno iz smrekovega lesa, nas je zanimalo, kako se je spreminjala količina vpite vode glede na čas namakanja vzorcev (Slika 15). Iz grafa je razvidno, da je vzorec vpil v prvi uri namakanja kar polovico celotne količine vode, v prvih 2 urah pa 2/3 vode. Vzorec, ki je bil zaščiten z 2 pastema lazure, je vpil v vsem času namakanja manj kot polovico količine vode nezaščitenega vzorca, vpijanje vode pa je potekalo skoraj premo sorazmerno s časom.



Slika 15 Prikaz količine vpite vode smrekovih vzorcev lesa glede na čas namakanja (vir: lasten)

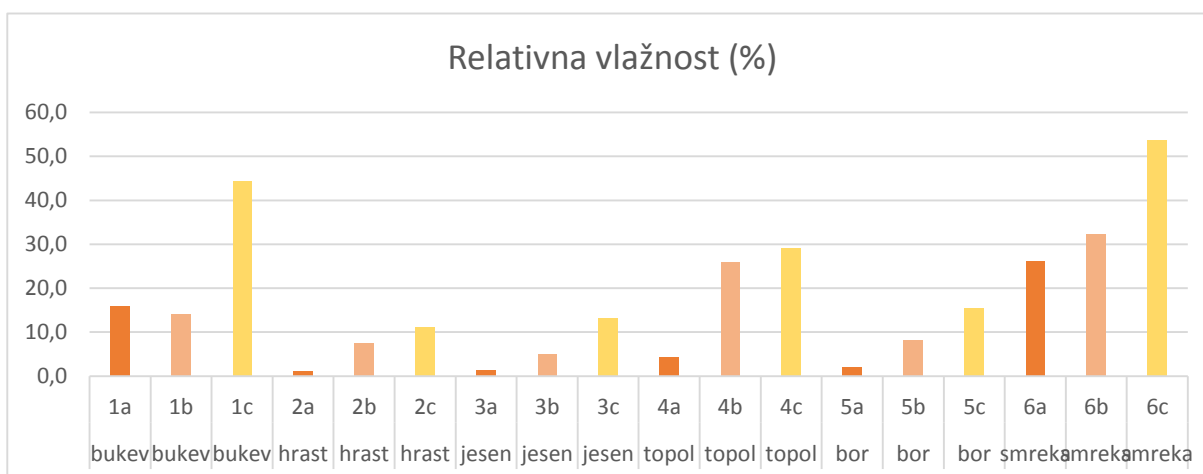
Zanimiva je tudi primerjava med gostotami nezaščitenih vzorcev popolnoma suhega lesa in količino vpite vode (Slika 16).



Slika 16 Graf prikazuje primerjavo gostote lesa in količino vpite vlage (vir: lasten)

Ob analizi grafikona (Slika 16) smo ugotovili, da ne moremo dati zanesljivega odgovora, ali je vpita vlaga odvisna od gostote lesa. V povprečju je videti, da vzorci gostejšega lesa vpijejo v istem času manj vlage, a to ne velja za bukov les, ki ima razmeroma veliko gostoto, pa je vseeno vpil veliko vode. Za vzorce z razmeroma veliko gostoto: hrast, jesen in bor, lahko rečemo, da so vpili bistveno manj vode, kot vzorca z manjšo gostoto: smreka in topol.

Zanimalo nas je tudi, kako se je po namakanju spremenila relativna vlažnost vzorcev. Izračunali smo jo po gravimetrični metodi. V Excelovo tabelo smo vstavili podatke in enačbe ter dobljene rezultate prikazali z grafikonom (Slika 17).



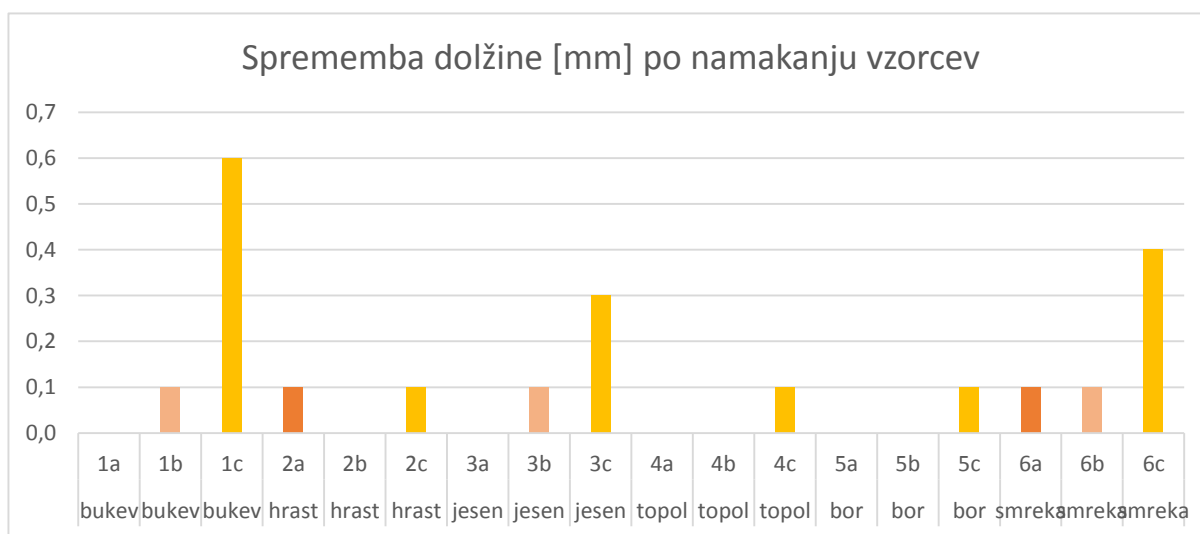
Slika 17 Prikaz relativne vlažnosti v procentih (%) (vir: lasten)

Iz grafikona smo razbrali, da so vzorci z dvema premazoma lazure (vzorci a) dosegli nižjo relativno vlažnost, kot tisti z enim premazom (vzorci b). Daleč najvišjo stopnjo relativne vlažnosti so dosegli vzorci brez zaščite (vzorci c). Pri gostejših vzorcih lesa je bil vpliv 2 premazov lazure mnogo večji, kot pri vzorcih redkejšega lesa (izjema je bukev). Pri smrekovem lesu se je relativna vlažnost prepolovila glede na nezaščiten vzorec.

3.2 Spremembe dimenzij vzorcev zaradi nabrekanja

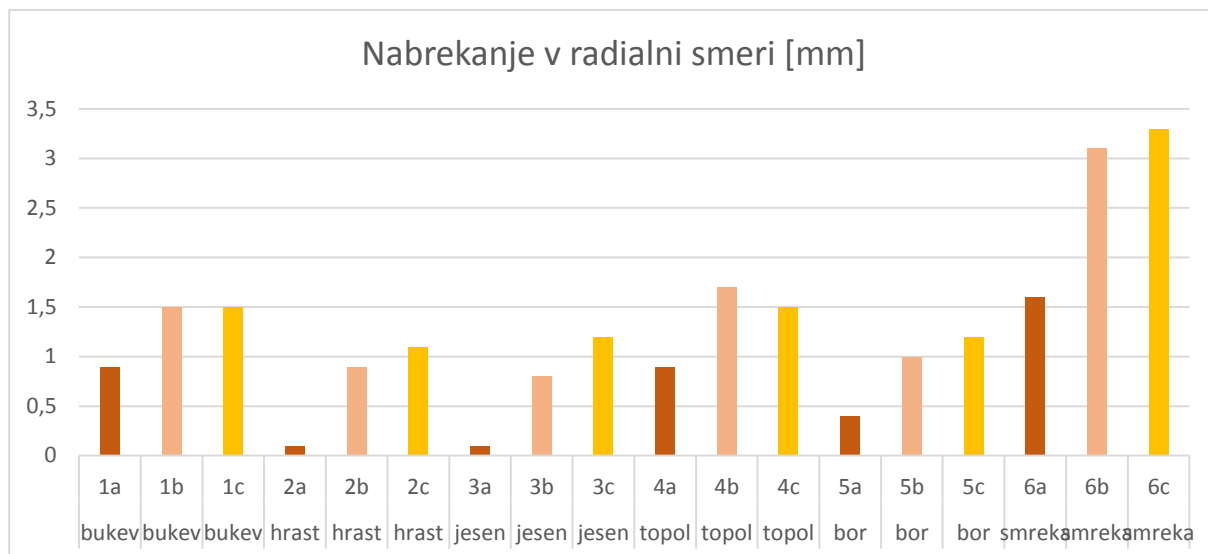
Z merjenji smo ugotovili, da je nabrekanje lesa potekalo najbolj v tangencialni smeri, nekoliko manj v radialni smeri, v dolžino (aksialni smeri) pa je bilo skoraj zanemarljivo majhno.

V dolžino se je najbolj povečal nezaščiten bukov vzorec, kar nas je močno presenetilo. Približno za 1/3 manj od bukovega se je podaljšal nezaščiten smrekov vzorec, še nekoliko manj pa jesenov vzorec (Slika 18).



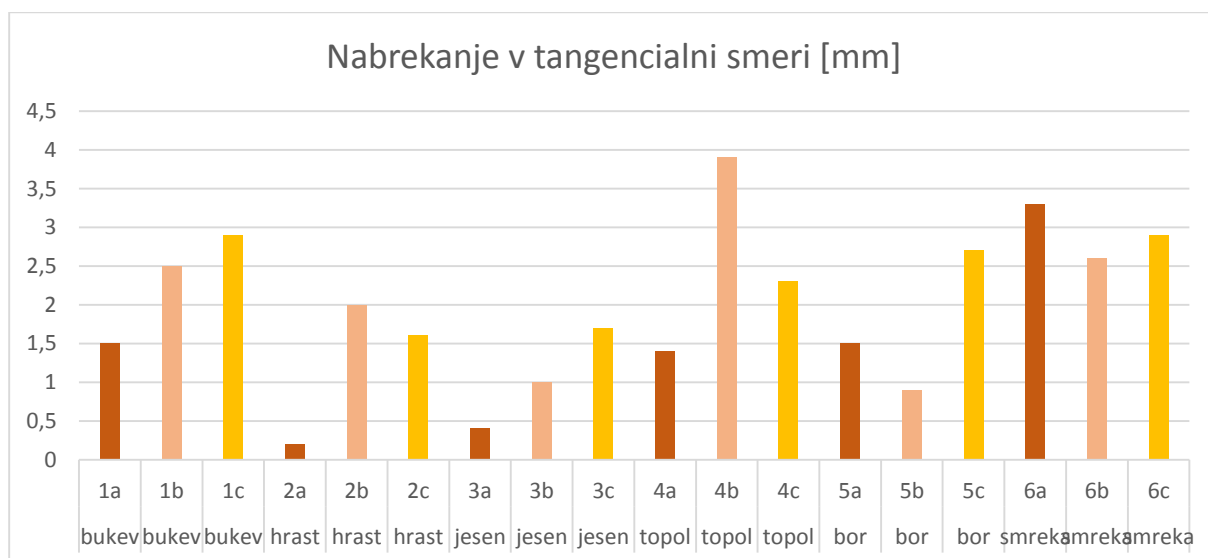
Slika 18 Prikaz sprememb dolžin vzorcev (longitudinalno nabrekanje) po 12-urnem namakanju (vir: lasten)

Vpijanje velike količine vlage nezaščitenih smrekovih vzorcev se je odražala tudi na največjem povečanju mer vzorca v radialni smeri. Presenetilo nas je, da se je za skoraj enako vrednost povečal tudi vzorec premazan z eno plastjo lazure (Slika 19).



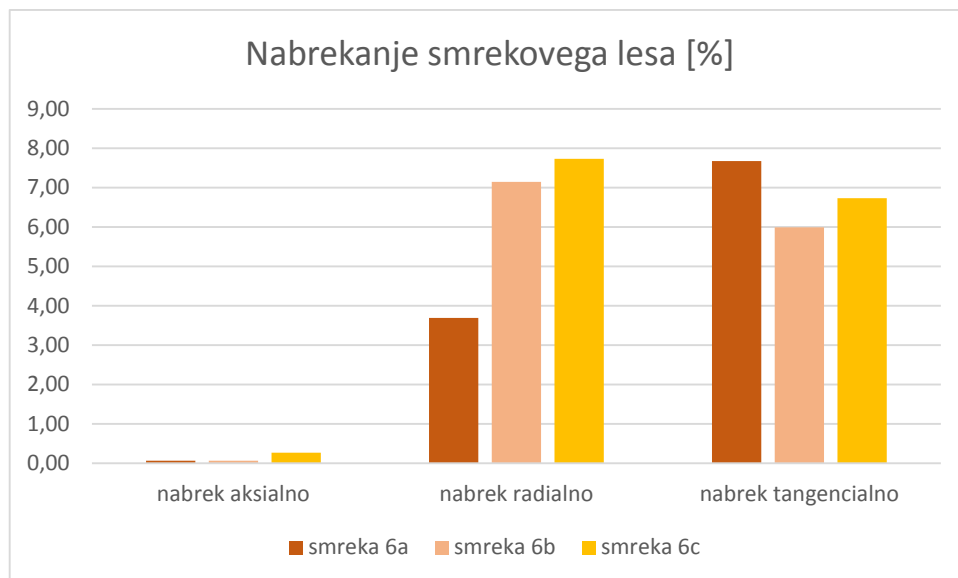
Slika 19 Graf prikazuje nabrekanje vzorcev lesa v radialni smeri (vir: lasten)

Vzorci lesa so v tangencialni smeri močnejše nabrekli kot v radialni smeri (Slika 20). Vzorci so bili razžagani tako, da se je radialna smer ujemala s stranskim robom, tangencialna smer pa ni bila popolna. Zato tudi rezultati niso popolnoma primerljivi.



Slika 20 Graf prikazuje nabrekanje vzorcev v tangencialni smeri (vir: lasten)

V nadaljevanju smo se osredotočili na spreminjanje dimenzij smrekovega lesa, ker je iz te vrste izdelano babičino okno. Pri nezaščitenem vzorcu smo opazili, da se je dolžina precej spremenila v primerjavi z zaščitenima vzorcema. V radialni smeri so se mere vzorcev zaradi nabrekanja lesa sorazmerno povečale. V tangencialni smeri pa je opazno bistveno odstopanje nezaščitenega vzorca in vzorca zaščitenega z eno plastjo lazure (Slika 21).



Slika 21 Graf prikazuje nabrekanje smrekovega lesa (vir: lasten)

4 RAZPRAVA, INTERPRETACIJA REZULTATOV

4.1 Podatki o oknu

Babičino okno je izdelano iz smrekovega lesa. Na pogled se vidi, da je slabo vzdrževano. Med zapiranjem se zatika (slika 22).



Slika 22 Babičino okno (vir: lasten)

Podatki o oknu:

- okvir: zunanje mere okvirja 1200 mm x 1200 mm. Okvir je izdelan iz (50 mm) debelega smrekovega lesa. Notranji meri okvirja sta: dolžina 1100 mm in višina 1092 mm.
- krilo: okno je z dvodelnim krilom. Okvir posameznega dela krila je iz 50 mm debelega smrekovega lesa. Mere delov krila, ki nalegajo v okvir okna:
 - levo krilo: dolžina 560 mm, višina 1090 mm,
 - desno krilo: dolžina 558 mm, višina 1091 mm.

Zunanje mere posameznega krila okna:

- levo krilo: dolžina 582 mm, višina 1124 mm,
- desno krilo: dolžina 570 mm, višina 1125 mm.

4.2 Spremembe dimenzij okna zaradi vpijanja vlage

S pomočjo dobljenih rezultatov o nabrekanju lesa zaradi vlage, smo izračunali, za koliko bi se spremenile dimenzije okna ob slabih vremenskih pogojih (dež, rosenje okna na notranji strani...).

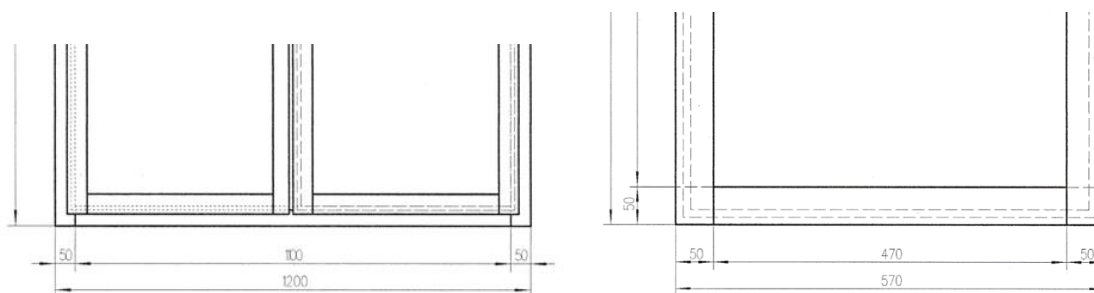
Iz izmerjenih podatkov za smrekov les, smo izračunali, za kolikšen delež so se spremenile posamezne dimenzije vzorcev – relativno povečanje dimenzij (tabela 5).

Tabela 5 Spremembe mer vzorcev v odstotkih

vrsta lesa in oblika zaščite	Oznaka vzorca	Koeficient spremembe v aksialni smeri	Koeficient spremembe v tangencialni smeri	Koeficient spremembe v radialni smeri
Smreka – 2 sloja lazure	6a	0,0007	0,0767	0,0369
Smreka – 1 sloj lazure	6b	0,0007	0,0599	0,0714
Smreka – brez lazure	6c	0,0027	0,0673	0,0773

Vir: lasten

Z uporabo izračunanih koeficientov o relativnih spremembah dimenzij vzorcev smrekovega lesa, smo izračunali, za koliko bi se spremenile dimenzije okna, če bi bilo z zunanje in notranje strani dalj časa mokro. Dimenzije posameznih delov okna smo pomnožili s koeficienti nabrekov za posamezno smer lesa.



Slika 23 Dimenzije okvirja in krila okna (vir: lasten)

Pri okvirju okna imamo opravka z dvema ozkima deloma, ki nabrekata v radialni smeri in enim daljšim delom, ki nabreka v aksialni smeri (Slika 23). Podatke smo vnesli v Excelovo preglednico, vstavili enačbe ($\Delta l_R = l_{0,R} \cdot k_R$, $\Delta l_A = l_{0,A} \cdot k_A$, $2\Delta l_R = \Delta l_R \cdot 2$) in dobili rezultate za aksialne in radialne nabreke okvirja in krila okna (tabela 6).

Iz podatkov, prikazanih v tabeli 6, je jasno razvidno, da prispevajo k zmanjšanju svetline okvirja okna in povečanju dimenzij krila okna v mnogo večji meri deli, ki nabrekajo v radialni smeri, čeprav predstavljajo manj kot desetino skupne dolžine okvirja.

Tabela 6 Nabrek delov okvirja in krila okna pri zelo neugodnih pogojih in različnih oblikah zaščite

premaži	vzorci smrekovega lesa		okvir okna				
	koeficient nabreka - radialno (k_R)	koeficient nabreka - aksialno (k_A)	začetna dolžina – radialno ($l_{0,R}$) [mm]	začetna dolžina – aksialno ($l_{0,A}$) [mm]	povečanje mer – radialno (Δl_R) [mm]	povečanje mer – aksialno (Δl_A) [mm]	skupno povečanje mer – radialno ($2\Delta l_R = \Delta l_R * 2$)
dva sloja	0,0369	0,0007	50	1100	1,84	0,77	3,69
en sloj	0,0714	0,0007	50	1100	3,57	0,77	7,14
brez premaza	0,0773	0,0027	50	1100	3,86	2,94	7,73
			krilo okna				
dva sloja	0,0369	0,0007	50	470	1,84	0,329	0,658
en sloj	0,0714	0,0007	50	470	3,57	0,329	0,658
brez premaza	0,0773	0,0027	50	470	3,86	1,269	2,538

Vir: lasten

5 ZAKLJUČEK / SKLEP

Les je naravno gradivo, ki vpija in oddaja vlago. Raziskave so pokazale, da je nabrekanje lesa v različnih smereh zelo različno. Prav tako na vpijanje vlage močno vplivajo tudi premazi za les. Veliko vlogo imajo tudi vrste lesa, saj so vzorci hrasta vpili mnogo manj vlage kot vzorci smreke.

Ob začetku smo predpostavljali, da je količina vpite vode premo sorazmerna s časom, ko je les izpostavljen vodi, to hipotezo smo ovrgli, saj je vpijanje vode ob začetku mnogo intenzivnejše – v 1. uri namakanja so vzorci vpili približno polovico vse vpite vode.

Naša druga hipoteza je bila, da gostejše vrste lesa vpijejo v enakem času manj vode kot redkejša. Ta hipoteza je le delno potrjena, saj smo opazili tudi izjeme – bukov les je razmeroma gost, po količini vpite vlage pa je izstopal podobno kot smreka.

V tretji hipotezi smo predpostavljali, da bo pri nanosu dveh plasti lazure, les vpil dvakrat manj vode kot pri enem nanosu. Hipotezo smo ovrgli, saj so meritve pokazale, da les pri dveh plasteh lazure sicer vpije manj vlage, vendar je razlika glede na vzorce z enim premazom nekoliko manjša.

Naša zadnja hipoteza je bila, da bodo pri oknu zaradi vlage daljši sestavni deli prispevali sorazmerno več k povečanju dimenzij okna kot krajši. Tudi to hipotezo smo ovrgli, saj smo ugotovili, da nabrekanje krajših sestavnih delov vpliva nesorazmerno več k povečanju dimenzij okna kot daljši kosi, ki v aksialni smeri nabrekajo mnogo manj.

DRUŽBENA ODGOVORNOST

Z raziskovalno nalogo smo dokazali, da lahko s premazi zmanjšamo vpijanje vlage in s tem podaljšamo življenjsko dobo lesa. S tem zmanjšamo količino porabljenega lesa in ohranjamo gozdove. Poznavanje lastnosti gradiv, iz katerih so izdelki, je ključno, če želimo, da bodo pravilno vzdrževani. Tako bodo uporabni mnogo dalj časa, količine odpadkov pa se bodo zmanjšale.

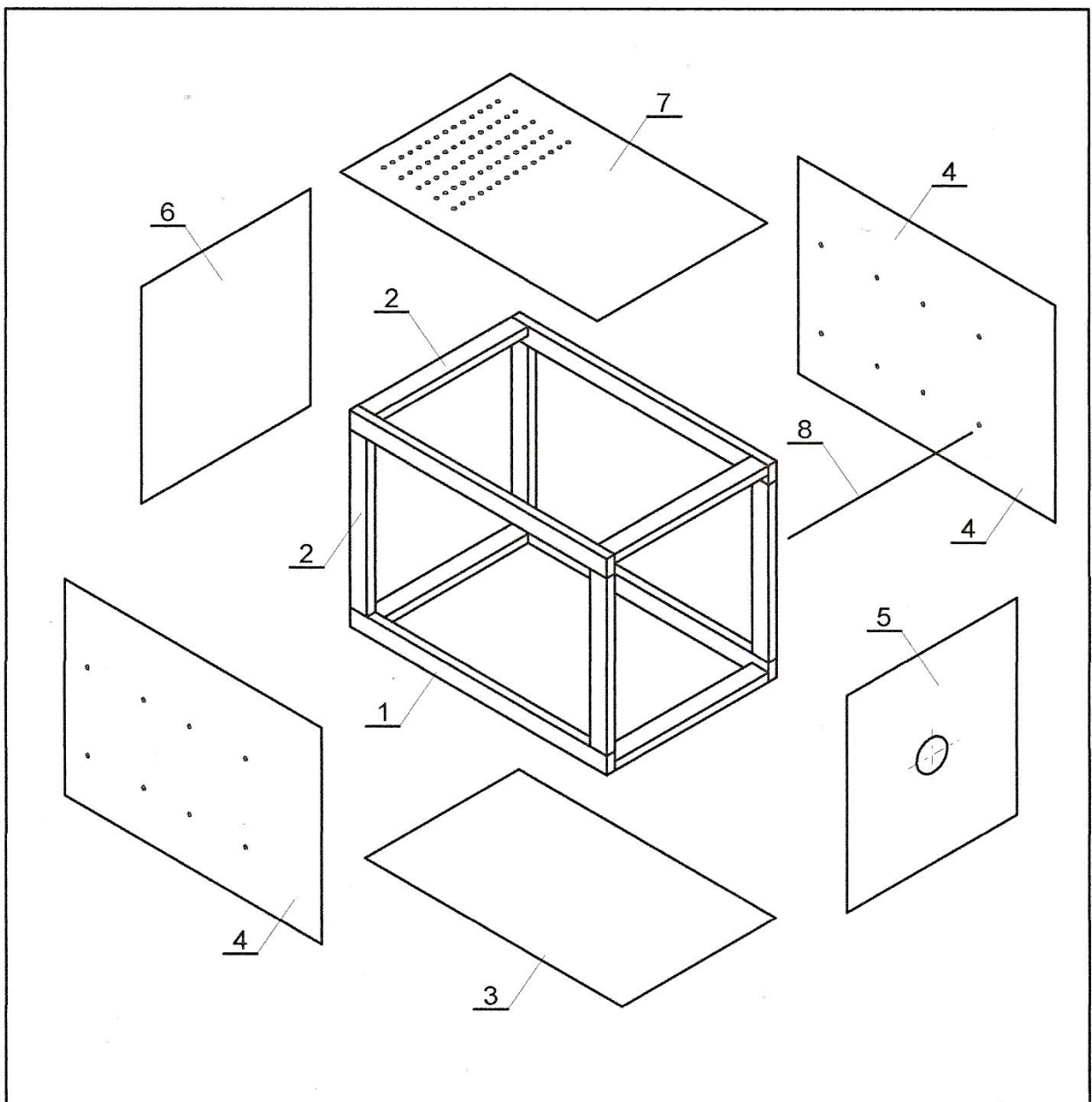
VIRI IN LITERATURA

- Bončina, A. (2018). *Gozdni fondi, razvoj gozdov: SVET, EVROPA, SLOVENIJA*. Pridobljeno iz http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2686/varstvo_okolja/Gozdovi_Svet_Evropa_Slovenija.pdf
- Divača, d. B. (3 2001). *Osnove nastanka lesa, najpogostejše vrste in nekatere lastnosti lesa*. Pridobljeno iz <http://www2.arnes.si/~evelik1/les/index.htm>
- Gozdovi in gozdarstvo*. (2018). Pridobljeno iz Vrstna sestava gozdov: <https://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/statistika-gozdov/vrstna-sestava>
- Kovačič, B. (brez datuma). *Osnove lesarstva, lepote in fizikalne lastnosti lesa*. Pridobljeno iz http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Lesarstvo_tapetnistvo/lepote_fizikalne_lastnosti_lesa.pdf
- Krčenje, nabrekanje in krčitvena anizotropija lesa*. (10. 6 2008). Pridobljeno iz http://les.bf.uni-lj.si/uploads/media/06_Krcenje_in_anizotropija_lesa_02.pdf
- Ramovš, R. (2009). *Gorljivost termično modificiranega in z borovimi impregniranega lesa*. Pridobljeno iz http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_ramovs_rok.pdf
- Wikipediija*. (2018). Pridobljeno iz Temperatura samovžiga: https://sl.wikipedia.org/wiki/Temperatura_samov%C5%BEiga#cite_note-4

PRILOGE

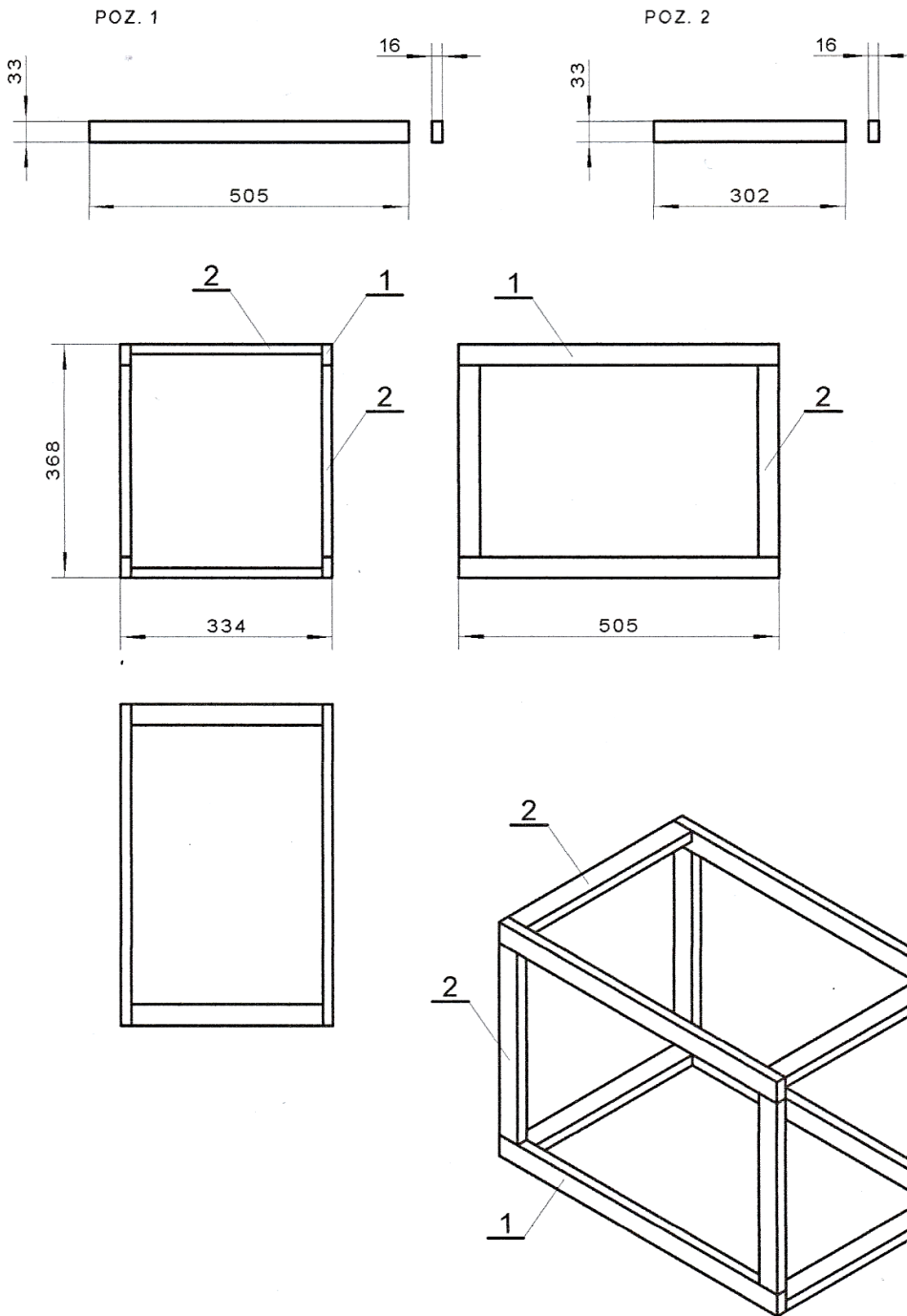
Priloga 1:

- Tehniške risbe sušilnice
- Tehniške risbe okna

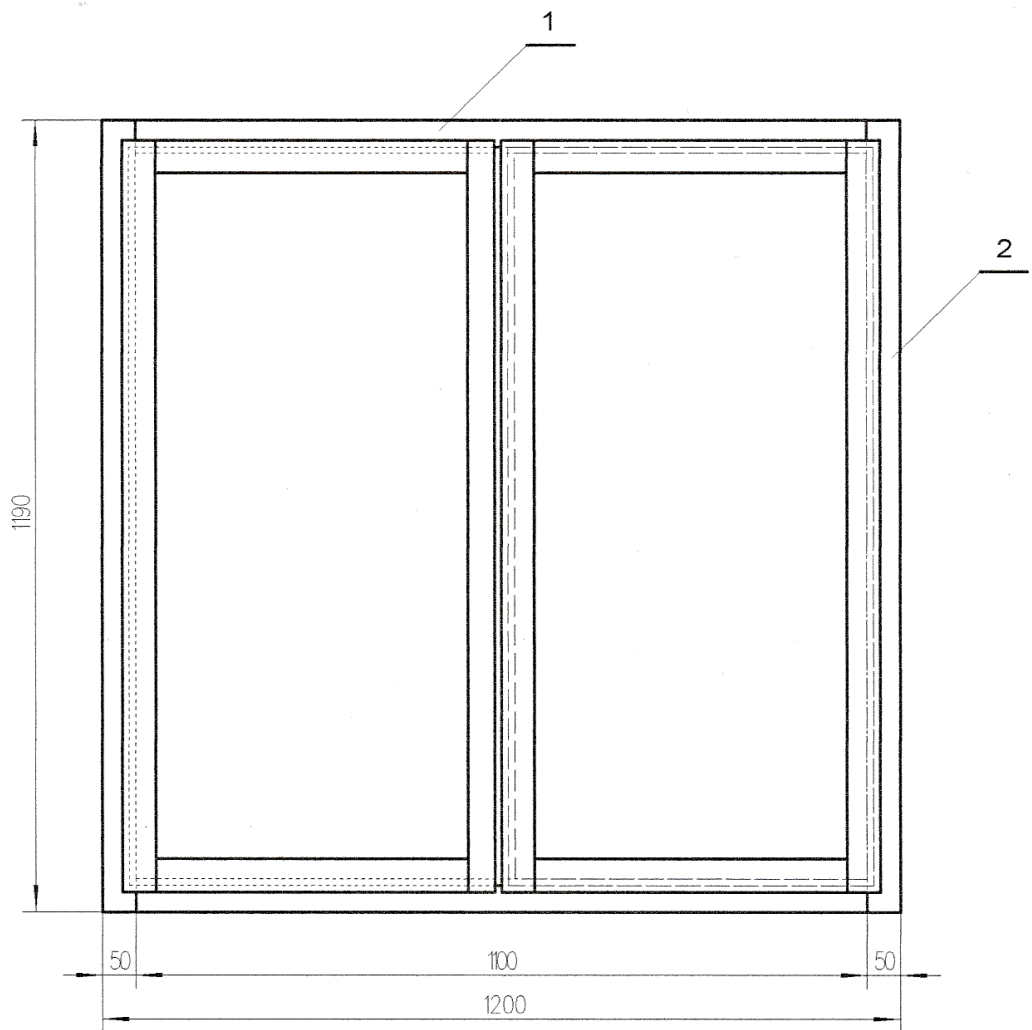


8	okrogla letev	8	bukov les	Ø8 x 360
1	zgornja obloga - pokrov	7	valovita lepenka	505 x 334 x 2
1	zadnja obloga	6	valovita lepenka	334 x 368 x 2
1	sprednja obloga	5	valovita lepenka	334 x 368 x 2
2	stranska obloga	4	valovita lepenka	505 x 368 x 2
1	dno sušilnice	3	vezana plošča - topol	505 x 334 x 6
8	krajša letev	2	smrekov les	302 x 33 x 16
4	daljša letev	1	smrekov les	505 x 33 x 16

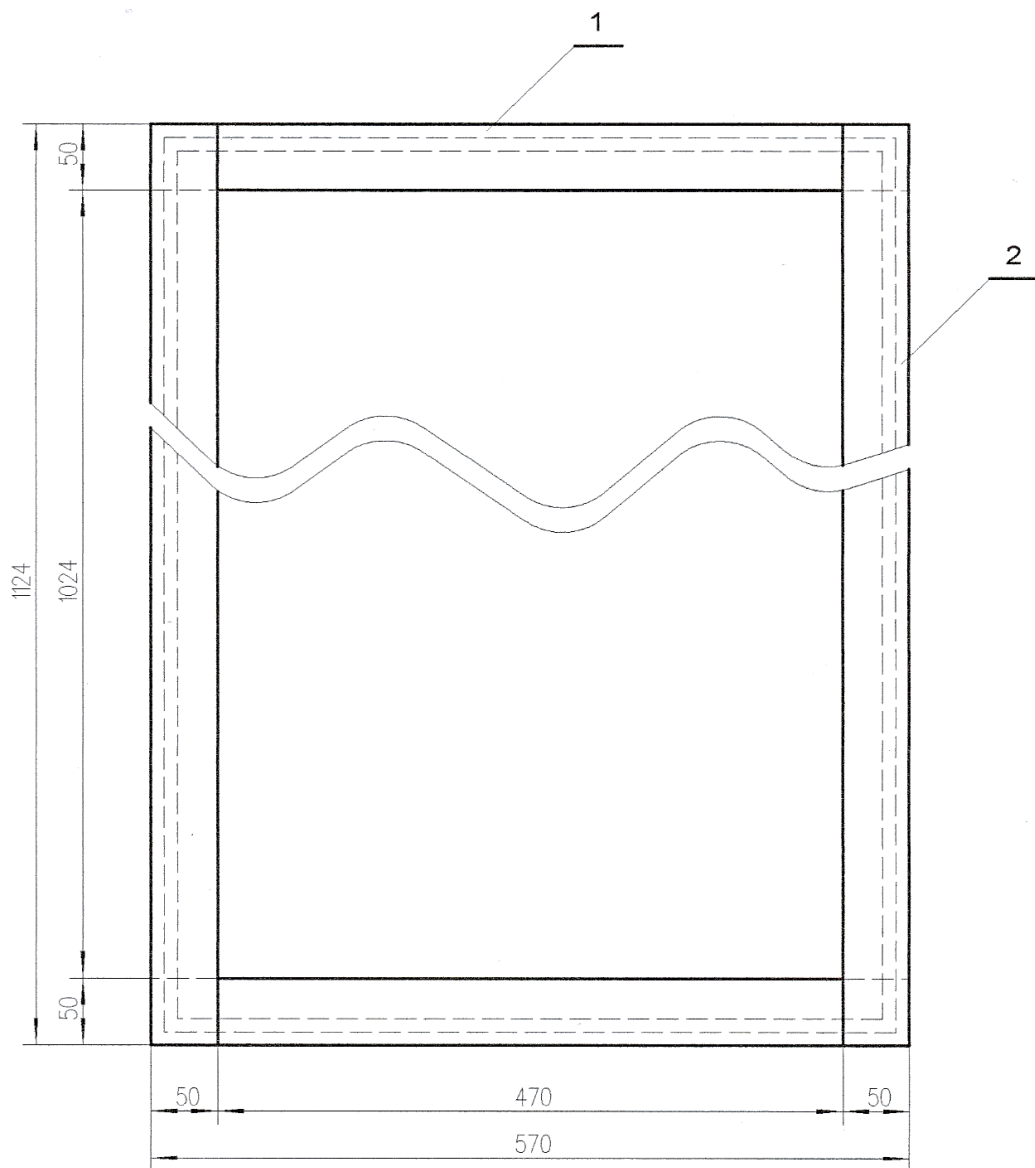
KOS	PREDMET			POZ.	MATERIAL	MERE [mm]
	Datum	Priimek	Podpis			Šola:
Risal	28.01.2019					
Pregledal	28.01.2019					
Merilo:	Objekt					Razred:
1:10	SUŠILNICA					8. a
						Številka risbe:



8	krajša letev	2	smrekov les	302 x 33 x 16
4	daljša letev	1	smrekov les	505 x 33 x 16
KOS	PREDMET	POZ.	MATERIAL	MERE [mm]
	Datum	Priimek	Podpis	Šola:
Risal	28.01.2019			
Pregledal	28.01.2019			
Merilo:	Objekt			Razred:
1:10	OGRODJE SUŠILNICE			8. a
				Številka risbe:
				2



2	daljša stranica		2	smrekov les	1190 x 50 x 100
2	krajša stranica		1	smrekov les	1100 x 50 x 100
KOS	PREDMET			POZ.	MATERIAL
	Datum	Priimek	Podpis	Šola:	
Risal	01.02.2019				
Pregledal	01.02.2019				
Merilo:	Objekt			Razred: 8. a	
1:10	OKVIR OKNA			Številka risbe: 1	



2	daljša stranica		2	smrekov les	1124 x 50 x 58
2	krajša stranica		1	smrekov les	570 x 50 x 58
KOS	PREDMET		POZ.	MATERIAL	MERE [mm]
	Datum	Príimek	Podpis	Šola:	
Risal	01.02.2019				
Pregledal	01.02.2019				
Merilo:	Objekt			Razred: 8. a	
1:5	KRILO OKNA			Številka risbe: 2	

