

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Uroš ŠIFRAR

**VPLIV TRANSPIRACIJSKEGA SUŠENJA NA SPREMEMBE BARVE  
BUKOVINE MED KOMORSKIM SUŠENJEM**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Uroš ŠIFRAR

**VPLIV TRANSPIRACIJSKEGA SUŠENJA NA SPREMEMBE BARVE  
BUKOVINE MED KOMORSKIM SUŠENJEM**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF TRANSPIRATION ON DISCOLOURATION OF  
BEECH WOOD DURING KILN DRYING**

GRADUATION THESIS

Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Željka Goriška, za recenzentko pa prof. dr. Katarino Čufar.

Mentor: prof. dr. Željko Gorišek

Recenzentka: prof.dr. Katarina Čufar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Uroš Šifrar

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 630\*847.2
- KG les/sušenje/obarvanje/transpiracijsko sušenje/evropska bukev/*Fagus sylvatica* L.
- AV ŠIFRAR, Uroš
- SA GORIŠEK, Željko (mentor)/ČUFAR Katarina (recenzentka)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2009
- IN VPLIV TRANSPIRACIJSKEGA SUŠENJA NA SPREMEMBE BARVE  
BUKOVINE MED KOMORSKIM SUŠENJEM
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP X, 44 str., 30 sl., 7 pregl., 38 vir., 8 pril.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Raziskovali smo učinek sečnje na suš in transpiracijskega sušenja na obarvanje bukovine (*Fagus sylvatica* L.) med postopkom konvekcijskega sušenja. Med 4 postopki sušenja (pri temperaturah 20 °C in 38 °C ter relativnih zračnih vlažnostih 33 % in 75 %) smo s sistemom CIE L a b spremljali spremembo barve po prerezu 25 mm in 50 mm debelih elementov. Primerjali smo obarvanje med takoj po poseku drevesa tehnično sušenimi elementi in tistimi, ki smo jih tehnično sušili po 16 dnevnem transpiracijskem sušenju. Les po sečnji na suš je imel nižjo in predvsem bolj enakomerno razporejeno vlažnost. Vpliva transpiracijskega sušenja na kinetiko sušenja nismo ugotovili, značilen pa je bil ugoden vpliv na obarvanje. Celotna barvna razlika in razlika svetlosti sta bili pri transpiracijsko sušenem lesu značilno manjši pri vseh postopkih tehničnega sušenja. Manjše tveganje obarvanja transpiracijsko sušenega lesa ostaja tudi, če poteka proces pri višji temperaturi in manjši ostrini.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630\*847.2
- CX wood/drying/discolouration/European beech/*Fagus sylvatica* L.
- AU ŠIFRAR, Uroš
- AA GORIŠEK, Željko (supervisor)/ČUFAR Katarina (co-supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2009
- TI INFLUENCE OF TRANSPIRATION ON DISCOLOURATION OF BEECH WOOD DURING KILN DRYING
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO X, 44 p., 30 fig., 7 tab., 38 ref. 8 ann.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Effect of transpiration drying on discolouration of beech wood during convection drying procedure was studied. In 4 different drying procedures (at temperatures 20 °C and 38 °C, and at relative humidity 33 % and 75 %), colour changes were observed, using CIE L a b system within sections of 25 mm and 50 mm thick elements. The colour of elements, kiln dried immediately after tree felling, was compared to that of elements dried after 16 days transpiration drying. Beech wood after transpiration drying had lower and more homogeneously dispersed moisture. Influence of transpiration drying on drying kinetics was not detected, but it had advantageous effect on colour change. Whole difference in colour and lightness of transpiration dried wood was significantly smaller after all kiln drying procedures. Lower risk of discolouration remained at transpiration drying of beech wood, if the drying procedure had run at higher temperature and lower sharpness.

## KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE .....	V
KAZALO SLIK .....	VIII
KAZALO PREGLEDNIC .....	X
KAZALO PRILOG.....	XI
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 POSTAVITEV PROBLEMA .....	1
1.2 HIPOTEZA .....	1
1.3 CILJ NALOGE .....	2
<b>2 SPLOŠNI DEL .....</b>	<b>3</b>
2.1 BARVA.....	3
<b>2.1.1 Predstavljanje in vrednotenje barve .....</b>	<b>3</b>
2.1.1.1 CIE Lab sistem.....	3
2.2 TEHNIKA MERJENJA BARV.....	4
2.3 BARVA LESA.....	5
2.4 OBARVANJE LESA .....	6
<b>2.4.1 Barvne spremembe lesa v procesu ojedritve .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4.2 Diskoloracije lesa v živem drevesu .....</b>	<b>8</b>
2.4.1.1 Značilnosti procesa ojedritve .....	7
2.4.2.1 Značilnosti in vplivni dejavniki diskoloriranega lesa .....	8
2.5 PREPREČEVANJE OBARVANJA LESA .....	9
<b>2.5.1 Preprečevanje obarvanj lesa zaradi mikroorganizmov .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5.2 Preprečevanje obarvanj lesa v tehnoloških postopkih .....</b>	<b>10</b>
2.6 SEČNJA NA SUŠ.....	10

	str.
<b>3 MATERIAL IN METODE</b> .....	<b>12</b>
3.1 MATERIAL .....	12
<b>3.1.1 Priprava materiala</b> .....	<b>13</b>
3.1.1.1 Radialni vlažnostni profil in vitkostni indeks .....	13
3.1.1.2 Tehnično sušenje lesa .....	14
3.2 METODE .....	14
<b>3.2.1 Določanje radialnega vlažnostnega profila</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2.2 Zajemanje sušilnih parametrov</b> .....	<b>15</b>
3.2.2.1 Lesna vlažnost in vlažnostni gradient .....	15
3.2.2.2 Hitrost sušenja.....	16
3.2.2.3 Klimatski pogoji sušenja na suš .....	17
<b>3.2.3 Meritev barve</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2.4 Določanje vitalnosti parenhimskih celic – vitkostni indeks jeder</b> .....	<b>18</b>
<b>4 REZULTATI IN RAZPRAVA</b> .....	<b>19</b>
4.1 RADIALNI VLAŽNOSTNI PROFIL .....	19
<b>4.1.1 Radialni vlažnostni profil v svežem stanju</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1.2 Radialni vlažnostni profil po sušenju na suš</b> .....	<b>20</b>
4.2 SUŠILNE KRIVULJE .....	22
<b>4.2.1 Tehnično sušenje neposredno po poseku svežega lesa</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2.2 Vrednotenje tehničnega sušenja po sušenju na suš</b> .....	<b>25</b>
4.3 SUŠILNA HITROST .....	28
4.4 VLAŽNOSTNI GRADIENT .....	30
4.5 PRIMERJAVA OBARVANJA MED TEHNIČNIM SUŠENJEM.....	32
<b>4.5.1 Barvna razlika med površino in sredico</b> .....	<b>32</b>
<b>4.5.2 Sprememba barve med sušenjem</b> .....	<b>34</b>
<b>4.5.3 Gradient svetlosti barve</b> .....	<b>37</b>
4.6 VITKOSTNI INDEKS JEDER PARENHIMSKIH CELIC.....	39
<b>5 SKLEPI</b> .....	<b>40</b>
<b>6 POVZETEK</b> .....	<b>42</b>
<b>7 VIRI</b> .....	<b>44</b>

**ZAHVALA**

**PRILOGE**

KAZALO SLIK

str.

Slika 1	CIE L*a*b* sistem.....	4
Slika 2	Merjenje barve površine vzorca s spektralnim fotometrom. ....	5
Slika 3	Deblo bukve z oznakami mest za odvzem krajših hlodov za radialni vlažnostni profil in meritev vitalnosti parenhimskih celic v svežem stanju in po sušenju na suš na treh višinah drevesa ter hlodov za svežega lesa in po sušenju na suš.....	12
Slika 4	Krajši hlood za radialni vlažnostni profil in meritev vitalnosti parenhimskih celic ter daljši hlood za tehnično sušenje dveh debelini vzorcev A – 50 mm in B – 25 mm za štiri šarže sušenja.....	13
Slika 5	Vzorci za določitev radialnega vlažnostnega profila .....	14
Slika 6	Tehtanje vzorcev za določitev radialnega vlažnostnega profila. ....	15
Slika 7	Povprečna relativna zračna vlažnost (RH) in maksimalna (Tmaks) ter minimalna (Tmin) dnevna temperatura za obdobje sušenja bukovine na suš.....	17
Slika 8	Meritev barve po lokacijah – za vzorce debeline A – 50 mm pet debelin meritev (M1 – M5) in vzorce debeline B – 25 mm štiri debelin meritev (M1 – M4).....	18
Slika 9	Princip merjenja vitkostnega indeksa ( $\lambda$ ) jeder parenhimskih celic. ....	18
Slika 10	Radialni vlažnostni profil bukovine v svežem stanju na dan 28.8.2007.....	19
Slika 11	Radialni vlažnostni profili po 16 dnevnem sušenju na suš na spodnji, srednji in zgornji višini drevesa (1,5 m, 6 m in 14 m). ....	20
Slika 12	Bukovo listje takoj po poseku.....	21
Slika 13	Bukovo listje po 16 dnevnem sušenju na suš.....	21
Slika 14	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 20 °C in $\phi$ – 33 %. ....	22
Slika 15	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 20 °C in $\phi$ – 75 %. ....	23
Slika 16	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 38 °C in $\phi$ – 33 %. ....	23
Slika 17	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 38 °C in $\phi$ – 75 %. ....	24
Slika 18	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 20 °C in $\phi$ – 33 %. ....	25
Slika 19	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 20 °C $\phi$ – 75 %.....	26
Slika 20	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 38 °C in $\phi$ – 33 %. ....	26
Slika 21	Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s T – 38 °C in $\phi$ – 75 % (u – vlažnost lesa, t – čas sušenja). ....	27
Slika 22	Povprečna celotna barvna razlika bukovine debeline A – 50 mm za meritev barve tik pod površino ( $49 \pm 1$ mm) in na sredini vzorca ( $25 \pm 1$ mm) v primerjavi s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) za NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš. ....	32
Slika 23	Povprečna celotna barvna razlika bukovine debeline B – 25 mm za meritev barve tik pod površino ( $24 \pm 1$ mm) in proti sredini vzorca ( $15 \pm 1$ mm) v primerjavi s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) za NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš. ....	33

Slika 24	Celotna barvna razlika za bukovino debeline A – 50 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za NTS svežega lesa (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).	34
Slika 25	Celotna barvna razlika za bukovino debeline B – 25 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za NTS svežega lesa (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).	35
Slika 26	Celotna barvna razlika za bukovino debeline A – 50 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za TS po sušenju na suš (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).	35
Slika 27	Celotna barvna razlika za bukovino debeline B – 25 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za TS po sušenju na suš (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).	36
Slika 28	Parameter svetlosti barve (L*) za vzorce debeline A – 50 mm na petih debelinah meritev in štirih ostrinah sušenja za TS po sušenju na suš in NTS svežega lesa.	37
Slika 29	Parameter svetlosti barve (L*) za vzorce debeline B – 25 mm na štirih debelinah meritev štirih ostrinah sušenja za TS po sušenju na suš in NTS svežega lesa.	38
Slika 30	Povprečna vitkostna indeksa jedr parenhimskih celic od kambija proti strženu v svežem lesu takoj po poseku in v lesu po sečnji na suš.	39

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1	Primerjava absolutnih vrednosti celotne barvne razlike ( $\Delta E^*$ ) z vizualno oceno barvnih razlik (DIN 5033) .....4
Preglednica 2	Razvrstitev nekaterih drevesnih vrst po osnovnem barvnem tonu .....6
Preglednica 3	Klimatski pogoji tehničnega sušenja za oba postopka (NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš). .....15
Preglednica 4	Povprečna sušilna hitrost za neposredno tehnično sušenje svežega lesa za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 38 °C/ 75 %) in v treh vlažnostnih območjih sušenja (nad 35 %, 35 % - $u_{TNCS}$ in pod $u_{TNCS}$ ).....28
Preglednica 5	Povprečna sušilna hitrost za tehnično sušenje po sušenju na suš za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) in v treh vlažnostnih območjih sušenja (nad 35 %, 35 % - $u_{TNCS}$ in pod $u_{TNCS}$ ). .....29
Preglednica 6	Povprečni vlažnostni gradient za neposredno tehnično sušenje svežega lesa za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) in v treh območjih sušenja (nad 35 %, 35 % - $u_{TNCS}$ in pod $u_{TNCS}$ ). .....30
Preglednica 7	Povprečni vlažnostni gradient tehničnega sušenja po sušenju na suš za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) in v treh območjih sušenja (nad 35 %, 35 % - $u_{TNCS}$ in pod $u_{TNCS}$ ).....31

## KAZALO PRILOG

- Priloga A Radialni vlažnostni profil za sveže stanje ( $x$  – lokacija vzorca po premeru hloda,  $u_1$  – vlažnost v svežem stanju)
- Priloga B Radialni vlažnostni profil za spodnji, srednji in zgornji del drevesa po sušenju na suš ( $x$  – lokacija vzorca po premeru hloda,  $u_1$  – vlažnost po sušenju na suš)
- Priloga C Spremljanje NTS svežega lesa po dnevih od poseka do končne vlažnosti za obe debelini vzorcev (nazivne debeline  $A = 50$  mm,  $B = 25$  mm) in za štiri ostrine sušenja (K1(20 °C, 33%); K2 (20 °C, 75 %); K3 (38 °C, 33 %), K4 (38 °C, 75 %)). Opomba: N\* - izmerjene vrednosti, ostale izračunane; NTS svežega lesa
- Priloga D Spremljanje TS po sušenju na suš po dnevih od poseka do končne vlažnosti za obe debelini vzorcev (nazivne debeline  $A = 50$  mm,  $B = 25$  mm) in za štiri ostrine sušenja (K1(20 °C, 33%); K2 (20 °C, 75 %); K3 (38 °C, 33 %), K4 (38 °C, 75 %)). Opomba: N\* - izmerjene vlažnosti, ostale izračunane; TS po sušenju na suš
- Priloga E Meritev barve s tremi parametri na petih lokacijah v razmaku šestih milimetrov pri debelejših vzorcih do sredine vzorca ( $L^*$  - faktor svetlosti,  $a^*$  - zeleno - rdeča,  $b^*$  - modro - rumena ravnina kromatskih barv) ter izračun celotne barvne razlike med prvo (tik pod površino) in zadnjo meritvijo v sredini vzorca
- Priloga F Meritev barve s tremi parametri na petih lokacijah v razmaku treh milimetrov do sredine vzorca ( $L^*$  - faktor svetlosti,  $a^*$  - zeleno - rdeča,  $b^*$  - modro - rumena ravnina kromatskih barv) ter izračun celotne barvne razlike med prvo (tik pod površino) in zadnjo meritvijo v sredini vzorca
- Priloga G Meritev jeder parenhimskih celic za bukovino takoj po poseku za sveže stanje od kambija (1 – I) proti strženu (17 – I), ( $a$  - daljša os jedra [ $\mu\text{m}$ ],  $b$  – krajša os jedra [ $\mu\text{m}$ ],  $\lambda$  – vitkostni indeks jeder parenhimskih celic)
- Priloga H Meritev jeder parenhimskih celic za bukovino takoj po sušenju na suš od kambija (1 – II) proti strženu (16 – II), ( $a$  - daljša os jedra [ $\mu\text{m}$ ],  $b$  – krajša os jedra [ $\mu\text{m}$ ],  $\lambda$  – vitkostni indeks jeder parenhimskih celic)

## 1 UVOD

### 1.1 POSTAVITEV PROBLEMA

Les je dekorativen zaradi njegove teksture in barve. Raznolikost barve lesa lahko pripišemo številnim dejavnikom, ki odločajo o njeni izrazitosti in vrsti. Pod pojmom naravne barve lesa običajno mislimo na barvo posušenega lesa oz. barvni ton, ki je značilen za les določene drevesne vrste. Na tržišču se povečuje trend uporabe svetlejših tonov lesa. Morebitno obarvanje lesa povzroči kakovostno razvrednotenje materiala, ki je povezano z reklamacijo izdelkov, dodatnimi stroški ter materialno in ekonomsko škodo.

Sušenje žaganega lesa je v lesnopredelovalni industriji zelo pomemben postopek z vidika trajanja in porabe energije, velika cenovna razvrednotenja pa lahko nastanejo zaradi pojava sušilnih napak, med katerimi so vse bolj v ospredju tudi najrazličnejša obarvanja. Smiselno je, da se obarvanjem izognemo že v času pojavljanja, kajti kasnejši postopki sanacije so večinoma neučinkoviti ali pa predstavljajo dodatne stroške proizvodnje.

Obarvanje lesa lahko nastane že v živečem drevesu ali po poseku ter v nadaljnjih tehnoloških operacijah. Na obarvanje v živečem drevesu, tekom procesa ojedritve in pojava diskoloriranega lesa, nimamo vpliva, lahko pa vplivamo na biotske in abiotske dejavnike, ki so vzrok obarvanja pri nekaterih tehnoloških postopkih predelave in obdelave.

Največje tveganje za nastanek biotskih obarvanj je na začetku sušenja, ko je les še svež. S hitrim ukrepanjem lahko preprečimo njihov večji učinek. Vzrok za nastanek biotskih obarvanj so kolonije bakterij, lesne glive ali nekatere alge.

Večina abiotskih obarvanj je posledica neustreznega izvajanja sušilnega postopka. Obarvanja so pogostejša pri listavcih in se pojavljajo v različnih oblikah kot so npr. temni črnkasti madeži na površini lesov z večjim deležem taninov (hrast, kostanj, češnja, breza) ter globinske barvne spremembe, kot možna posledica kemijskih sprememb v parenhimu (bukev, hrast, jesen, javor). Obarvanja preprečujemo z različnimi ukrepi, ki jih izvajamo že takoj po poseku lesa pa vse do dosežene ciljne vlažnosti. Pozorno izvajamo predvsem sušenje, saj je tveganje za obarvanje med tem postopkom največje. Kljub intenzivnim proučevanjem sušilnih programov, so obarvanja sredice pri debelejših asortimentih še vedno zelo pereč problem.

### 1.2 HIPOTEZA

Biotska obarvanja lahko preprečimo s hitrim sušenjem in zmanjšanjem lesne vlažnosti, s potapljanjem ali škropljenjem hlodovine ter s kemičnimi sredstvi. Pri hitrosti sušenja moramo biti previdni, saj lahko s preveliko hitrostjo sušenja povzročimo nastanek razpok lesa ali notranje napetosti. Abiotska obarvanja poskušamo preprečiti s sušenjem v vakuumu, s sušenjem svežega lesa na prostem ali predsušilnicah in z dosuševanjem v

normalno-temperaturnih komorah, s kratkotrajnim izpostavitvam lesa visokim temperaturam ter s sušenjem v atmosferi internih plinov brez prisotnosti kisika. Vsi postopki niso enako zanesljivi ali pa so cenovno nesprejemljivi.

Preko ljudskega izročila se je med obrtniki ohranilo tako imenovano »sušenja na suš«, s katerim naj bi se izognili obarvanju. Sušenja na suš, kot v praksi imenujemo transpiracijsko sušenje preko listne površine naj bi po poseku drevesa prispevalo k večji energijski učinkovitosti sušilnega postopka, saj se preko velike listne površine iz lesa izločijo znatne količine proste vode. Takšno sušenje se priporoča največ pri poseku bukovine in javorovine.

### 1.3 CILJ NALOGE

Ugodni učinki sušenja na suš so poznani le iz ustnega izročila, dosedanje raziskave pa so bile omejene le na proučevanje spremembe vlažnosti. V zastavljeni nalogi smo zato želeli ugotoviti tudi vpliv transpiracijskega sušenja na zmanjšano tveganje obarvanja bukovine med konvencionalnim postopkom sušenja. Kot cilje naloge smo si zastavili:

- Ugotoviti vpliv transpiracijskega sušenja na radialno porazdelitev vode v sveži hlodovini in s tem na predvidene prihranke časa in porabe energije v nadaljnjih procesih tehničnega sušenja
- Primerjati hitrost in čas sušenja sveže bukovine z doseženo hitrostjo in časom sušenja bukovino izpostavljene sušenju na suš
- Oceniti vpliv transpiracijskega sušenja na pojav obarvanja med tehničnim sušenjem
- Proučiti spremembo vitkostnega indeksa jeder paranhimskih celic med transpiracijskim sušenjem, ki bi lahko vplival na fiziološke procese v lesu odgovorne za obarvanje.

## 2 SPLOŠNI DEL

### 2.1 BARVA

Barva je subjektivno čutna zaznava in je odvisna od lastnosti opazovanega objekta, svetlobe in pogojev opazovanja. Barva snovi ni nekaj stalnega, ni lastnost objekta in sama po sebi ne oddaja svetlobe, pač pa je posledica svetlobe, ki jo snov prepušča ali odbija (TRSTENJAK, 1996).

#### 2.1.1 Predstavljanje in vrednotenje barve

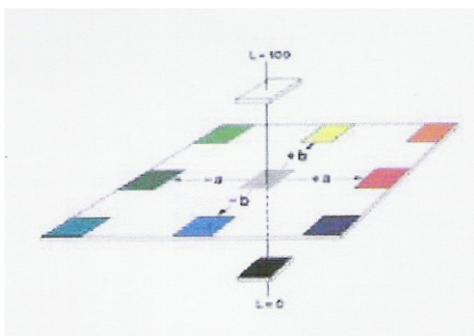
Razvoj znanosti o barvi je tesno povezan s fiziološkimi raziskavami človeškega očesa ter psihologijo zaznavanja in občutenja barv. Zaradi nemogočega smiselnega poimenovanja približno 10 milijonov barv, ki jih zaznava človek z normalnim vidom, so številni raziskovalci poskušali zasnovati sistem s potrebnimi izhodišči in merili, ki bi pomenil sistematično zbirko izbora barv in barvnega označevanja.

Na osnovi fizikalnih raziskav svetlobe ter fiziološkega in psihološkega proučevanja zaznavanja v človeškem očesu so privedli do ugotovitev, da je subjektivni barvni občutek mogoče izzvati s kombinacijo »enostavnih svetlob«. Nastala je barvna shema, ki omogoča opredelitev katerekoli barve s tremi osnovnimi dimenzijami. Med znanimi barvnimi sistemi, ki temeljijo na aditivnem mešanju enostavnih barv so CIE-sistem, DIN – sistem, Munsellov, Ostwadow in NCS-sistem.

Noben izmed naštetih sistemov ni idealen, osnovno in znanstveno obravnavo barve pa omogoča predvsem CIE-sistem, dopolnjen po McADAMU in z DIN-sistemom (JELER, 1991).

##### 2.1.1.1 CIE Lab sistem

Danes je tribarvni CIE  $L^*a^*b$  sistem (1976) (DIN 5033, DIN 6174) najbolj uveljavljen in široko uporaben ter standardiziran sistem za vrednotenje barve. Barvo opredeljuje v ortogonalnem prostoru s tremi enakovrednimi parametri. Faktor svetlosti ( $L^*$ ) v območju od 0 do 100 opredeljuje svetlost barve oziroma ustrezno zmanjšanje remisije svetlobe glede na »beli standard«. Ravnino kromatskih barv sestavljata zeleno-rdeča ( $a^*$ ) in modro-rumena ( $b^*$ ) koordinata (sl. 1).



Slika 1 CIE L\*a\*b\* sistem.

Pri posamični oceni barve dveh ali več površin s parametri L\*, a\* in b\* vrednotimo spremembo z izračunom celotne barvne razlike ( $\Delta E^*$ ):

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

Z absolutno vrednostjo ugotovljene celotne barvne razlike ( $\Delta E^*$ ) je primerljiva vizualna ocena razlike v barvi (pregl. 1) podana s strani povprečnega opazovalca.

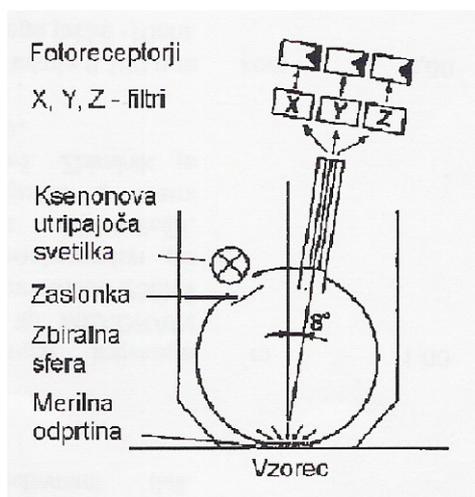
Preglednica 1 Primerjava absolutnih vrednosti celotne barvne razlike ( $\Delta E^*$ ) z vizualno oceno barvnih razlik (DIN 5033)

Celotna barvna razlika [ $\Delta E^*$ ]	Vizualna ocena barvne razlika
<0,2	ni opazka
0,2 - 0,5	zelo šibka
0,5 - 1,5	šibka
1,5 - 3,0	jasna
3,0 - 6,0	zelo jasna
6,0 - 12,0	močna
>12,0	zelo močna

## 2.2 TEHNIKA MERJENJA BARV

Naprave za vrednotenje in normiranje barvnih vrednosti CIE L\*a\*b\* so sestavljene iz sklopov povezanih naprav, od katerih je spektrofotometer najpomembnejša funkcijska enota. To je optični instrument, ki na osnovi razlike med vpadlo in od vzorca remitirano (odbito ali absorbirano) svetlobo določi remisijske vrednosti oz. remisijsko krivuljo vzorca v spektralnem območju od 400 do 700 nm (GOLOB, 1991).

Difuzno – refleksijska enota, ki jo sestavljajo vir, filter (A, C, D65, TL 84) in Ulbrichtova krogla ali cilindar, predstavlja pri sodobnih spektrofotometrih vir, optični del (sistem zbiralnih leč, vstopne reže in monokromator) ter sprejemnik in analizator svetlobe (sl. 2).



Slika 2 Merjenje barve površine vzorca s spektralnim fotometrom.

Za osvetljevanje se danes uporabljajo t.i. hladni svetlobni viri (ksenonske in halogenske žarnice), ki sevajo svetlobo na osnovi razelektrenja v plinih, oddajajo mnogo več svetlobe, kot žarnice z žarilno nitko, v spektru sevanja pa vsebujejo tudi UV – del elektromagnetnega valovanja, ki je pomemben pri merjenju fluorescentnih vzorcev.

Značilnost sevanja, ki nastane pri razelektrenju plinov, je linijski – črtni spekter in je odvisen predvsem od kemijske sestave plina. Uporaba filtra omogoča nevtraliziranje ekstremov v spektru svetlobe. Danes se uporablja predvsem filter D65 ( $T = 6500\text{ K}$ ), ki prepušča le svetlobo, precej podobno srednji dnevni svetlobi.

Svetloba pade v Ulbrichtovo kroglo, katere notranja stena je prevlečena z neselektivnim premazom, ki vpadlo svetlobo difuzno odbije. Ima dve odprtini, za vzorce ali standard ter optični del (svetlobne leče, monokromator, uklonska mrežica), njun položaj pa je odvisen od geometrije merjenja.

Zbiralne leče zbirajo difuzno odbito svetlobo z vzorca in jo vzporedno usmerjajo na monokromator, ki na osnovi različnega uklanjanja svetlobe posameznih valovnih dolžin razstavi vpadlo svetlobo na posamezne valovne dolžine. Spektralno razdeljena svetloba se absorbira na izpostavljenem polprevodniku, kjer se po principu fotoefekta pod vplivom fotonov izločajo elektroni oz. nastaja fotoelektrični tok. Ta je odvisen od svetlobnega toka.

### 2.3 BARVA LESA

Barva in tekstura dajeta lesu posebno estetsko vrednost. Barva lesa je kljub njenemu velikemu pomenu v proizvodnji pohištva, notranje opreme in izdelkov za dekorativne namene, relativno slabo raziskana.

Naravna barva je specifična za posamezno drevesno vrsto. Na variabilnost barve lesa v veliki meri vplivajo rastišni pogoji drevesa (PHELPS s sod., 1983; WILKINS in STAMP, 1990) in genetski dejavniki (RINK in PHELPS, 1989).

Velika variabilnost barve lesa in sorazmerno zahtevno merjenje sta glavna vzroka, da še nimamo sistematične in »univerzalne« razvrstitve lesov, zato jih še vedno najpogosteje opisujemo s pridevniki. Barvni toni segajo od svetlih, belkastih, rdečkastih, rumenkasto rjavih, vse tja do temnih, črnih tonov (pregl. 2). Lesne vrste s pravo jedrovino razvrščamo po barvi jedrovine in ne beljave (GORIŠEK, 2007 )

Preglednica 2 Razvrstitev nekaterih drevesnih vrst po osnovnem barvnem tonu

BARVI TON	LESNA VRSTA
Bel do rumeno bel	Jelovina, smrekovina, jesenovina, brezovina, gabrovina, javorovina, lipovina, les divjega kostanja
Rdeče bel	Jelševina, les navadne leske, les črnega gabra, bukovina, klek
Rumeno zelen	Les bresta, črni jesen
Svetlo rdeč	Les vrbe, les hruške
Temno rdeč	Les tise
Svetlo rjav	Les domačega kostanja, hrastovina, duglazijevina
Zeleno rjav	Les črnega topola
Rumeno rjav	Dob, češnja
Rdeče rjav	Macesnovina, les črnega bora, brest, les platane, mahagoni
Sivo rjav	Les navadnega oreha, tik, palisander
Črno rjav	Les črnega oreha
Črn	Ebenovina

## 2.4 OBARVANJE LESA

Sušenje se prične takoj po poseku (tudi v hlodovini), ko je les svež in vsebuje velike količine vode. Transport sveže hlodovine v toplejših pomladanskih mesecih mora biti dovolj hiter do žagarskih obratov, da ne pride do biotskih okužb, ki jih zaznamo tudi kot obarvanja.

Na barvo lesa vpliva medsebojno učinkovanje več dejavnikov, ko lesne komponente prihajajo v stik s svetlobo, zrakom, toploto, kemikalijami in živimi organizmi. Prve spremembe v barvi lesa se pojavijo lahko v še živečem drevesu, najpogosteje med dvema sekundarnima pojavoma:

- med procesom ojedritve in
- pojavom diskoloriranega lesa

Poleg barvnih sprememb lesa v živem drevesu, nastajajo diskoloracije tudi po poseku drevesa pri nadaljnjih tehnoloških operacijah (med skladiščenjem, sušenjem, hidrotermično obdelavo, impregnacijo, obdelavo površine,..) in na številnih področjih uporabe. Po izvoru delimo obarvanja na tista, ki jih povzročajo (ZIMMERMANN, 1974; GORIŠEK, 1995):

- abiotski dejavniki (temperatura, prisotnost vlage in plinov ter z njimi povezani klimatski pogoji, svetloba, ...) ter
- biotski dejavniki – živi organizmi, kot npr. bakterije, nekatere vrste gliv in insektov.

#### **2.4.1 Barvne spremembe lesa v procesu ojedritve**

Poglavje povzemam po Straže (2000). Ojedritev je genetsko voden starostni pojav, beljava se pretvori v jedrovino. Starostni pojav je povezan s programiranim odmiranjem parenhimskih celic beljave. Histološko se beljava in jedrovina ne razlikujeta, spremembe pa nastanejo v pogledu akcesornih sestavin, ki so prisotne v jedrovini (FREY – WYSSLING in BOSSHARD, 1959), kar je osnovni razlog temneje obarvane jedrovine iglavcev in listavcev v primerjavi s svetlejšimi beljavami istih lesnih vrst (BRAUNER in LOOS, 1968).

##### **2.4.1.1 Značilnosti procesa ojedritve**

Ojedritev je starostni pojav in je povezan s pretvorbo beljave v jedrovino. Ojedritev poteka v nekaj branik široki coni med beljavo in jedrovino. Ojedritveni procesi so intenzivni pozimi v obdobju mirovanja kambija. Za proces je značilna predvsem nekrobioza prečnega in aksialnega parenhima, ki jo spremlja odlaganje jedrovinskih snovi in aspiracija obokanih pikenj pri iglavcih ter tvorba til pri listavcih (CHATAWAY, 1952).

FREY – WYSSLING in BOSSHARD (1959) sta s citološko raziskavo na številnih iglavcih in listavcih z naraščajočo oddaljenostjo od kambija ugotovila ireverzibilne spremembe parenhimskih celic, ki se odražajo v degradaciji protoplasta, dezorganizaciji celičnega oksidativnega sistema in v spremenjenem metabolizmu v prehodni coni. Menita, da nudita morfologija in struktura jedra najboljšo informacijo o celični aktivnosti. Z izračunavanjem »vitkostnega indeksa« avtorja ugotavljata, da postajajo prvotno eliptična jedra z oddaljenostjo od kambija vse bolj okrogla in manjša, dokler v prehodni coni dokončno ne izginejo. Manjšanje jeder razlagata z upadanjem redukcijskih sposobnosti mitohondrijev, čemur naj bi bil vzrok pomanjkanje kisika in posledično zmanjšana respiracijska aktivnost parenhimskih celic. Tudi NEČASANÝ, 1966, ki z osmotsko vrednostjo določa vitalnost parenhimskih celic, zaznava postopno upadanje celične aktivnosti v centripetalni smeri pri lesnih vrstah z obligatno obarvano jedrovino. Pri lesovih, ki tvorijo le fakultativno obarvano jedrovino, pa avtor ugotavlja višjo in dokaj konstantno vitalnost živih celic, ki pa na prehodu v diskoloriran les drastično pade.

Barvno razlikovanje beljave in jedrovine vedno ni mogoče. Naše lesne vrste tako tvorijo neobarvano jedrovino, kot sta smreka, jelka, ter obarvano jedrovino, ki ji pravimo črnjava.

Takšno jedrovino imajo bor, macesen, hrast, brest, robinija. Poznamo tudi lesne vrste, ki tvorijo nepravo jedrovino oz. diskoloriran les. To je les, ki je doživel sekundarne spremembe, ki so jih sprožili zunanji dejavniki, pojav pa ni genetsko voden. Predstavniki pri katerem se pojavi diskoloriran les pa so bukev, javor, breza, beli gaber, jesen in topol. Jedrovina predstavlja v drevesu notranje plasti lesa, kjer so parenhimske celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih le-te vsebovale (škrob) pa so se odstranile in pretvorile v jedrovinske snovi. Celične stene so v jedrovini »impregnirane« z jedrovinskimi snovmi. Ker se vgradijo v celično steno, prispevajo k povečani dimenzijski stabilnosti lesa, večji trajnosti lesa, prispeva pa tudi k večji dekorativnosti lesa. Jedrovina ima v primerjavi z beljavo nižjo vlažnost, vsebuje pa tudi manj mineralov (ČUFAR, 2006).

#### **2.4.2 Diskoloracije lesa v živem drevesu**

Diskoloriran les se pojavlja v središču, debel ali debelejših vej, lahko pa je v manjšem obsegu lokaliziran in seže tudi v beljavo. Med splošne značilnosti tega lesa lahko prištevamo neenakomerno otiljenje in pigmentiranost, neugledno barvo in nepravilno obliko. V tehnološkem smislu je pomemben predvsem vpliv anatomske zgradbe zaradi njegove središčne lege (visok delež juvenilnega lesa), slabša permeabilnost, ki povzroča težave pri sušenju, površinski zaščiti in impregnaciji. Biološka odpornost je navadno primerljiva z odpornostjo beljave.

##### **2.4.2.1 Značilnosti in vplivni dejavniki diskoloriranega lesa**

Vplivni dejavniki za nastanek diskoloriranega lesa so predvsem okoljski dejavniki (npr. zmrzali, vdori zraka, encimska aktivnost gliv) in se stopnjujejo z zunanjimi, vidnimi poškodbami drevesa. Tudi pri bukovini se v smeri od kambija proti strženu manjša sposobnost prevajanja vode, vlažnost tkiva in vitalnost parenhimskih celic. V notranjem delu debla na lokaciji okoli stržena je kolobar svetlejšega lesa, ki ima nižjo vlažnost. Takšno območje imenujemo zrela sredica ali sušina, ki nastaja s starostjo drevesa oz. s povečevanjem premera drevesa. Sušina je izrazita pri starejših drevesih z velikim premerom in kratko krošnjo. Na območju sušine se v lumnu parenhimskih celic kopičijo predhodniki jedrovinskih snovi, večinoma fenoli. V kolikor pride do večjih mehanskih poškodb drevesa (odlom debelejšje veje), ta omogoči vdor kisika na območje sušine, kar sproži proces oksidacije, kondenzacije in polimerizacije ter zmanjšanje topnosti predhodnikov jedrovinskih snovi (BOSSHARD, 1965, 1967 IN 1974; KUČERA, 1971; BAUCH, 1980). Ti procesi sprožijo naglo smrt parenhimskih celic, stik jedrovinskih snovi in encimov pa sproži encimsko oksidativno obarvanje. Nastanek in obliko diskoloriranega lesa določijo tudi individualne značilnosti drevesa, kot so starost, premer, količina odmrlih vej, rastiščni pogoji ali tudi dolžina krošnje (RACZ s sod., 1961; NAČASANÝ, 1969, TORELLI, 1984 in KOCH s sod., 2000).

ZYCHA (1948) pogojuje nastanek in razvoj rdečega srca pri bukvi s počasnim sušenjem lesa v živem drevesu, kot kritično mejo pa predpostavlja lesno vlažnost 60 %. Pri tej vlažnosti naj v lesu ne bi bila več prisotna kapilarna oz. prosta voda, pač pa le še v živih tkivih osmotsko vezana voda. Izostanek diskoloracij pri višji vlažnosti avtor povezuje s preprečenim vdorom kisika v lesno strukturo zaradi tam prisotne proste vode.

Na razvoj in nastanek obarvanja vpliva razmerje plini-voda v lesu, ki ob ugodnih pogojih pozitivno vpliva na vitalnost parenhimskih celic in zavirajoče na nastanek diskoloracij (JAROSCHENKO, 1935; BOSSHARD, 1965, SACHSEE, 1965, 1967; TORELLI, 1974).

## 2.5 PREPREČEVANJE OBARVANJA LESA

Za preprečevanje obarvanja bukovnega lesa takoj po poseku je v toplejših mesecih bistven takojšen transport iz gozda in nadaljnja predelava s sušenjem ali primerno skladiščenje.

### 2.5.1 Preprečevanje obarvanj lesa zaradi mikroorganizmov

Obarvanja preprečujemo s postopki s katerimi omejimo in nevtraliziramo aktivnost mikroorganizmov:

- hitro sušimo in zmanjšamo lesno vlažnosti do biološke odpornosti (vlažnost pod 20 %),
- les potapljam ali škropimo s čimer preprečimo zadosten dostop kisika ali
- les kemično obdelamo s sredstvi (biocidi), s katerimi preprečimo biološko infekcijo.

Bistvo metod je v tem, da omejimo oz. neugodno vplivamo na življenjske pogoje mikroorganizmov. Preventivni ukrep za preprečitev njihovega delovanja je upoštevanje zimske sečnje, saj milejši spomladanski vremenski pogoji lahko že nudijo ugodne razmere za aktivnost mikroorganizmov. Podaljšanje časa sečnje, ki je predvsem posledica tržnih zahtev, s sabo prinaša tudi tveganje glede kakovosti lesa in izdelkov (KOCH, s sod. 2000).

Zanesljiva zaščitna ukrepa pred pojavom površinskega obarvanja sta škropljenje in potapljanje (PEEK, 1990). Uspeh konzerviranja s potapljanjem zahteva hitro uskladiščenje ter zadostno in kontinuirano škropljenje lesa, s čimer se ohranja visoka lesna vlažnost (PEEK, 1990; SELING in LEWARK, 1993).

Z zadostnim preprihovanjem ali hitrejšim sušenjem zaščitimo les pred obarvanjem, ki bi ga povzročile plesni (MAYER – WEGELIN, 1950). Obarvanje zaradi plesni je posledica obarvanih spor in je večinoma le površinsko na zelo vlažnem lesu. Plesni iglavcev je največkrat mogoče odstraniti s krtačenjem ali brušenjem, pri listavcih pa je obarvanje pogosto globlje in bolj trdovratno (GORIŠEK, 2007).

Znani so tudi poskusi nevtraliziranja mikroorganizmov s termičnimi postopki, kot je približno enodnevno parjenje (pri 70 °C in 100 % relativni zračni vlažnosti), ki jih

učinkovito zatre. Optimalna temperatura za razvoj gliv modrivk je 24 do 30 °C, rasti pa prenehajo pri temperaturah, nižjih od 5 °C in višjih od 35 °C. Zanesljivo jih lahko uničimo z nekajdnevno izpostavitvijo temperaturam 49 do 54 °C. Maksimalna lesna vlažnost za rast gliv modrivk je območje nasičenosti celičnih sten.

Skladiščenje svežega lesa (npr. nekaj tednov) pri visoki vlažnosti ( $u > 60\%$ ) tudi pri višjih povprečnih temperaturah ( $T > 15\text{ °C}$ ) zavira ali celo povečuje možnost abiotskega, encimsko oksidativnega obarvanja lesa. Ob izpostavitvi lesa neugodnim vremenskim razmeram (pogoste padavine, vlažne klimatske razmere) se verjetnost pojava barvnih sprememb povečuje (STRAŽE, 2000).

### 2.5.2 Preprečevanje obarvanj lesa v tehnoloških postopkih

Za preprečevanje obarvanj lesa med tehnološkimi postopki je zelo pomembno sušenje. Za odstranjevanje vode iz lesne strukture obstajajo bolj ali manj uspešne metode, ki ob ekonomičnosti, hitrosti sušenja in prijaznosti do okolja, tudi z vidika neugodnih barvnih sprememb dajejo zadovoljive rezultate.

Za preprečevanje nezaželenega oksidativnega obarvanja se priporočajo naslednji postopki sušenja (GORIŠEK, 1995):

- sušenje v vakuumu ob zmanjšani prisotnosti kisika;
- sušenje svežega lesa na prostem ali v predsušilnicah pri nižjih temperaturah do lesne vlažnosti 25 % ter dosuševanje v normalno temperaturnih komorah do zelene končne vlažnosti;
- kratkotrajna izpostavitvev lesa visokim temperaturam (100 °C) povzroči encimsko dezaktiviranost (npr. pri hrastovini) in
- sušenje v atmosferi inertnih plinov brez prisotnosti kisika.

Sušenje v vakuumu ali pregreti pari omogoča hitro sušenje ob nizki koncentraciji kisika, kar lahko bistveno zmanjša možnost obarvanja. Izpostavitvev lesa visokim temperaturam ne sme trajati predolgo, da ne pride do hidrolize hemiceluloz in lignina, kar tudi lahko privede do obarvanja, zaradi ostrih pogojev obdelave pa obstaja tudi večja možnost nastanka površinskih razpok. Močnejše preprihovanje ob določenih razmerah povzroča globlje obarvanje, verjetno zaradi večjega penetriranja zraka (oz. kisika) v lesno strukturo skozi razpoke ali trahejno omrežje (GORIŠEK, 1995)

## 2.6 SEČNJA NA SUŠ

BELTRAM (1952, 1961 in 1972) je poročal, da imajo kmetje ponekod še staro navado, da sekajo bukev poleti, kakor pravijo, »med mašami« oziroma med velikim in malim šmarnom to je v obdobju med 15. avgustom in 8. septembrom. V tem času se drevesa podrejo in pustijo ležati s krošnjami. Ko listje podrtega drevja ovne, to je nekje po treh tednih, se drevesa razžaga v hlode. Po izkušnjah naj bi se ob tem času ob ščipu posekano drevje mnogo bolj sušilo, kot drevje, ki ga sekamo ob mlaju. Les postane v tem času in pri tem načinu sušenja dosti lažji ter dobi lepo, belo barvo. Obenem pa skoraj nič ne poka ali

neprimerno manj, kot pa pri navadni zimski sečnji. Drva takega lesa so že toliko suha, da z njimi lahko takoj kurimo in izvrstno gorijo. Tako trdijo na Gorenjskem, Goriškem in Notranjskem. Tak način sečnje so počasi opustili, saj zakonski predpisi niso dopuščali poletne sečnje. Vendar je bil v času poročanja Beltrama takšen način sečnje še vedno v uporabi.

Domačini so pri Rovinju v Istri že davno sekali količke črnega jesena konec avgusta in pustili deblo s krošnjo ležati 3 do 4 tedne, ker so takrat vinogradniški količki trajali 2 do 3 leta dalj, kot pa tisti iz zimske sečnje.

Med našimi drevesnimi vrstami je bukovina najbolj izpostavljena razvrednotenju. Eden glavnih vzrokov je ta, da razžaganih bukovih asortimentov pogosto ni mogoče spraviti iz gozda do predelovalnih obratov pravočasno, še pred začetkom tople pomladi ali celo poletja, to pa zaradi vremenskih nepravil (snežni zameti).

Tudi znanost nima glede sečnje bukovine v drugi polovici avgusta nikakršnih pomislekov, saj je dokazano, da je kambij v tem času večinoma že zaključil delovanje ter da je ta čas neprimerno bolj ugoden za posek kot pa čas od polovice februarja pa do začetka avgusta. Bistvo sečnje na suš je, da listje črpa vlago iz lesa podrtega drevja (transpiracijsko sušenje). Zaradi enakomernega sušenja ne pride do pokanja, kakor se to dogaja na čelih hlodov, če drevje razžagamo takoj po podiranju ali pri zimski sečnji. Les tako posekanega drevja se izsuši enakomerno v notranjosti in ne le na površini čel.

Značilna bela barva lesa iz te sečnje, podobna barvi javorovine, vzbuja za tako bukovino večje zanimanje, predvsem za predelavo v galanterijske izdelke in za pohištvo. Uporabnost in vrednost bukovega lesa se tako poveča.

Nekateri avtorji so opisovali tudi sečnjo smrekovine in jelovine na suš predvsem v visokogorskih predelih. Drevo so posekali, ko je bilo v »soku«, navadno v mesecu juliju, deblo pa so oklestili in olupili do debeline 7 cm in pustili z vrhom ali brez. Ugotovili so, da ni bilo bistvene razlike osušenosti med deblom z in brez vrhača. Razlika je le v tem, da se je v vrhač naselil lubadar. Drugače bi bilo, če bi podrti iglavci ostali s popolno krošnjo, debela pa neobeljena. V tem primeru bi sušenje delovalo kot pri bukvi, vendar je tveganje zaradi nevarnosti lubadarja preveliko.

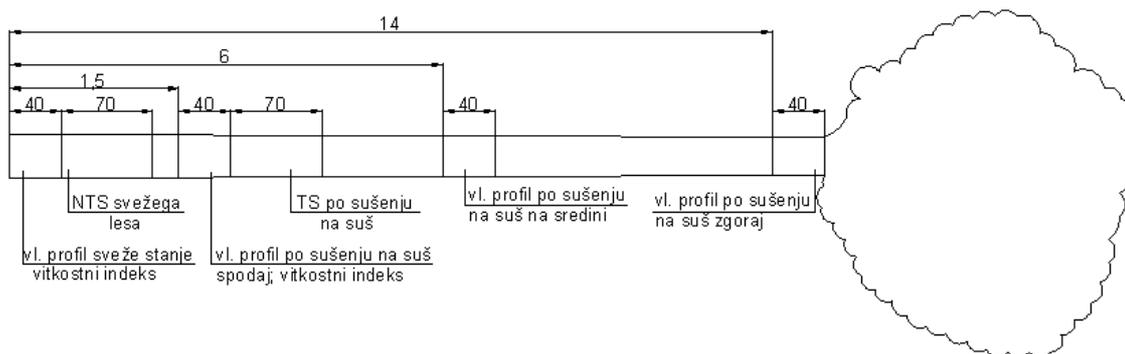
Pri postopku sušenja na suš v hladnih in vlažnih legah gozdov računamo s povprečno odstranitvijo vode iz 1 m<sup>3</sup> lesa, ki znaša do 130 kg vode, v toplejših odprtih legah gozdov pa do 200 kg vode iz 1 m<sup>3</sup> lesa. Če primerjamo izsušitev doseženo po postopku sušenja na suš, z izsušitvijo žagane sveže bukovine, ki je uskladiščena 6 mesecev pod streho in je izgubila 260 kg vode iz 1 m<sup>3</sup> lesa, tedaj ugotovimo, da znaša pri sečnji na suš izsušitev že pred izdelavo sortimentov 130 kg/m<sup>3</sup> oz. 200 kg/m<sup>3</sup> to je od 50 oz. do 77 % celotne izsušitve bukovine uskladiščene pod streho, glede na zgoraj navedene lege gozdov.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL

Bukev smo posekali v poletnem času, 28.8.2007 v kraju Cerovica na poti Šmartno pri Litiji v smeri proti Gabrovki oz. Trebnjemu in sicer v Pustovem mlinu na nadmorski višini okoli 314 m. Približna višina drevesa je bila 20 m, premer drevesa na prsni višini pa je bil 32 cm. Takoj po poseku smo na prsni višini odvzeli krajši hlod približne dolžine 40 cm za določitev vlažnostnega profila svežega stanja in za določanje vitalnosti parenhimskih celic ter nekoliko daljši hlod približne dolžine 70 cm za simulacijo tehničnega sušenja (sl. 3). Ostali del debla skupaj s krošnjo pa je ostal v gozdu še šestnajst dni.

Po šestnajst dnevnem transpiracijskem sušenju smo odvzeli na treh višinah tri krajše hlove približne dolžine 40 cm za določitev vlažnostnih profilov po višini ter hlod približne dolžine 70 cm za simulacijo tehničnega sušenja. Pri prvem hlotu za določitev vlažnostnih profilov smo odvzeli še vzorce za meritve vitalnosti parenhimskih celic.



Slika 3 Deblo bukke z oznakami mest za odvzem krajših hlovov za radialni vlažnostni profil in meritve vitalnosti parenhimskih celic v svežem stanju in po sušenju na suš na treh višinah drevesa ter hlovov za tehnično sušenje svežega lesa in po sušenju na suš.

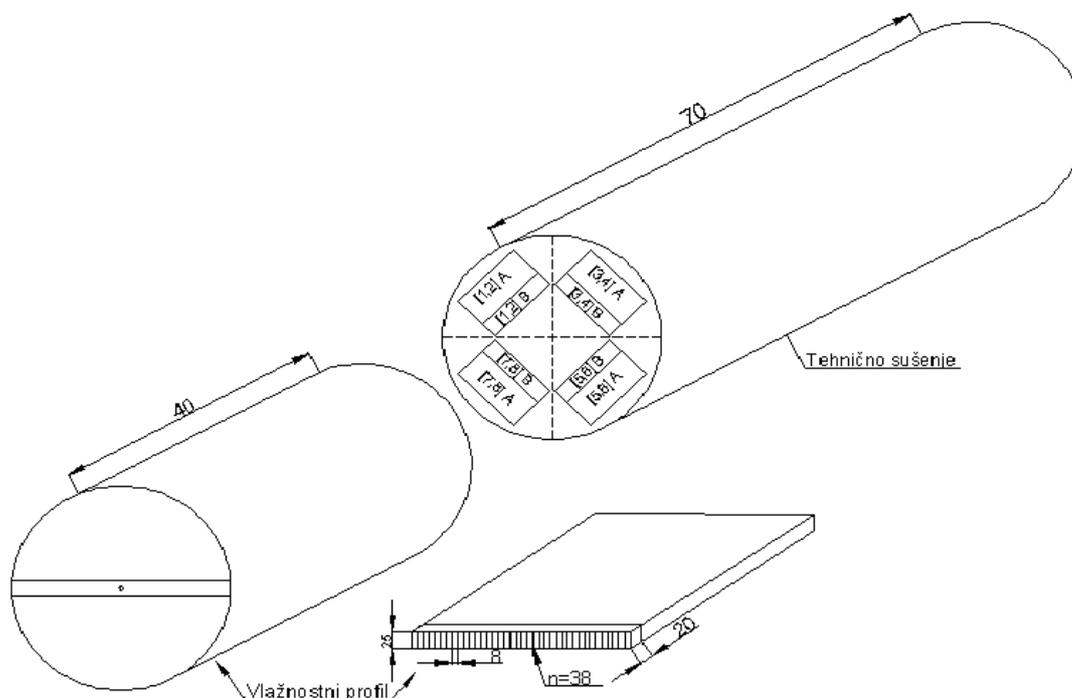
### 3.1.1 Priprava materiala

#### 3.1.1.1 Radialni vlažnostni profil in vitkostni indeks

Radialni vlažnostni profil smo določili v svežem stanju, takoj po poseku ter po šestnajst dnevnem sušenju na suš. Vlažnostni profil smo določili na treh višinah drevesa, v spodnjem delu na višini približno 1,5 m, na sredini približno na 6 m višine drevesa ter na začetku krošnje na višini približno 14 m od tal (sl. 3).

Za določitev radialnega vlažnostnega profila v svežem stanju smo iz krajšega hloda približne dolžine 40 cm izžagali radialno desko debeline 25 mm. Desko smo nato razžagali na 20 mm dolge elemente, ki smo jih razsekali na približno 8 mm velike vzorce (sl. 4). Za določitev radialnega vlažnostnega profila po sušenju na suš smo vzorce pripravili na enak način.

Meritev jeder parenhimskih celic za izračun vitkostnega indeksa smo izvedli na svežem lesu in po sušenju na suš. Uporabili smo isti hlood, kot za vlažnostni profil. Mikroskopske preparate za merjenje dimenzij jeder parenhimskih celic smo izdelali na 17 lokacijah radialne deske v smeri od kambija proti strženu.



Slika 4 Krajši hlood za radialni vlažnostni profil in meritev vitalnosti parenhimskih celic ter daljši hlood za tehnično sušenje dveh debelini vzorcev A – 50 mm in B – 25 mm za štiri šarže sušenja.

### 3.1.1.2 Tehnično sušenje lesa

Elemente za tehnično sušenje smo najprej pripravili iz sveže posekanega lesa za neposredno tehnično sušenje svežega lesa, kasneje (NTS svežega lesa), po šestnajst dnevem sušenju na suš pa še elemente za tehnično sušenje po sušenju na suš, kasneje (TS po sušenju na suš). Postopna priprava lesa za oba načina tehničnega sušenja se med seboj nista razlikovala, razen po času priprave.

Hlod dolžine 70 cm smo razdelili na štiri dele in iz vsakega dela izžagali deske nazivne debeline A – 50 mm na lokaciji tik ob skorji ter deske nazivne debeline B – 25 mm na lokaciji proti notranjosti tik za debelejšimi deskami (sl. 4). Vsi elementi so bili orientirani tangencialno. Pred tehničnim sušenjem smo čela elementov premazali z zaščitno pasto, da bi preprečili pokanje.

## 3.2 METODE

### 3.2.1 Določanje radialnega vlažnostnega profila

Radialni vlažnostni profil smo določili gravimetrično, z metodo tehtanja (SIST EN 13183 – 1:2003). Radialno razporejene vzorce (sl.5) smo tehtali na elektronski tehtnici z natančnostjo  $\pm 0,001$  g (sl.6).



Slika 5 Vzorci za določitev radialnega vlažnostnega profila (foto Aleš Straže).

Vlačnost smo izračunali po enačbi (1).

$$u_z = \frac{m_z - m_o}{m_o} \cdot 100[\%] \quad \dots(1)$$

$u_z$  - začetna vlažnost [%]

$m_z$  - masa začetnega stanja [g]

$m_o$  - masa lesa v absolutno suhem stanju [g]



Slika 6 Tehtanje vzorcev za določitev radialnega vlažnostnega profila (foto Aleš Straže).

### 3.2.2 Zajemanje sušilnih parametrov

#### 3.2.2.1 Lesna vlažnost in vlažnostni gradient

Vse določitve vlažnosti lesa v postopkih tehničnega sušenja so bile merjene gravimetrično, z metodo tehtanja (SIST EN 13183 – 1:2003). Vse vzorce smo tehtali na elektronski tehtnici z natančnostjo  $\pm 0,001\text{g}$ .

Preglednica 3 Klimatski pogoji tehničnega sušenja za oba postopka pri štirih različnih klimah sušenja (K1 – 20 °C/33 %, K2 – 20 °C/75 %, K3 – 38 °C/33 %, K4 – 38 °C/ 75 % )

Klima sušenja	T [°C]	$\phi$ [%]
K1	20	33
K2	20	75
K3	38	33
K4	38	75

Za ugotavljanje trenutne vlažnosti v vseh postopkih sušenja smo uporabili enačbo (2).

$$u_t = \frac{m_t}{m_z} (u_z + 100) - 100 [\%] \quad \dots(2)$$

Kjer je:

$u_t$  - trenutna vlažnost lesa [%]

$u_z$  - začetna vlažnost lesa [%]

$m_t$  - trenutna masa elementa [g]

$m_z$  - masa elementa pred začetkom sušenja [g]

Med postopkom sušenja smo vlažnostni gradient ugotavljali na vzorcih debeline A – 50 mm in B – 25 mm. Debelejše vzorce smo po debelini razdelili na pet slojev, tanjše vzorce pa na tri enake sloje. Vlažnost smo določili gravimetrično in izračunali vlažnostni gradient po enačbi (3).

$$\frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{u_{srednji} - u_{zunanji}}{\Delta x} \left[ \frac{\%}{cm} \right] \quad \dots(3)$$

$\Delta u / \Delta x$  – vlažnostni gradient [%/cm]

$u_{srednji}$  – vlažnost srednjega sloja [%]

$u_{zunanji}$  – vlažnost zunanjega sloja [%]

$\Delta x$  – razdalja med zunanjim in srednjim slojem [cm]

### 3.2.2.2 Hitrost sušenja

Za vse ostrine sušenja smo določili tudi sušilno hitrost, ki je definirana kot sprememba vlažnosti v časovni enoti. Izračunali smo jo po formuli (4).

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{\bar{u}_p - \bar{u}_t}{t_t - t_p} [\% / h] \quad \dots(4)$$

Kjer je:

$\Delta u / \Delta t$  - sušilna hitrost [%/h]

$\bar{u}_p$  - predhodna povprečna vlažnost [%]

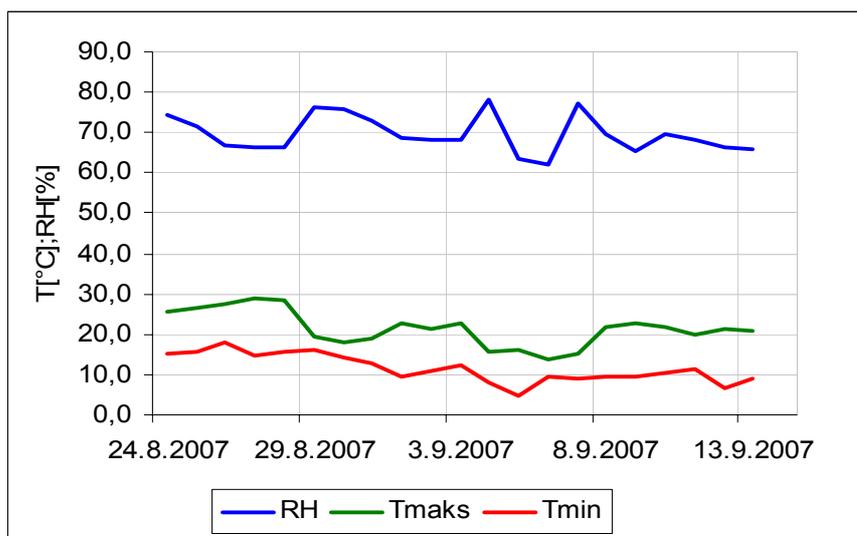
$\bar{u}_t$  - predhodna trenutna vlažnost [%]

$t_t$  - trenutni čas [h]

$t_p$  - predhodni čas [h]

### 3.2.2.3 Klimatski pogoji sušenja na suš

V času sušenja na suš, ko je drevo ležalo v gozdu je bila relativna zračna vlažnost (RH) med 63 % in 78 %. Maksimalna dnevna temperatura (Tmaks) se je gibala med 13 °C in 28 °C, minimalna dnevna temperatura (Tmin) pa med 5 °C in 18 °C (sl. 7). Meritve klimatskih pogojev smo izvajali s pomočjo vremenske postaje proizvajalca Davis, model Vantage Pro. V eno urnih intervalih smo zajemali temperaturo, relativno zračno vlažnost ter smer in jakost vetra.



Slika 7 Povprečna relativna zračna vlažnost (RH) in maksimalna (Tmaks) ter minimalna (Tmin) dnevna temperatura za obdobje sušenja bukovine na suš.

### 3.2.3 Meritev barve

Za določanje barve smo uporabili spektralni fotometer Dr. Lange MicroColor z zajemanjem barvnih parametrov po CIE Lab sistemu. Meritve smo izvajali na suhih vzorcih lesa približne vlažnosti 12 %. Meritve smo izvajali na vzorcih debeline A – 50 mm in B – 25 mm. Prva meritev je bila opravljena tik pod površino, za vzorce A ( $49 \pm 1$  mm) in vzorce B ( $24 \pm 1$  mm)(sl. 8). Po vsaki meritvi smo odžagali tanek sloj lesa in tako smo za debelejšje vzorce izmerili barvo na petih debelinah, za tanjše pa na štirih debelinah proti sredini vzorca. Iz izmerjenih parametrov L, a, b smo izračunali celotno barvno razliko ( $\Delta E$ ).

Celotno barvno razliko ( $\Delta E$ ) smo izračunali po naslednji enačbi (5):

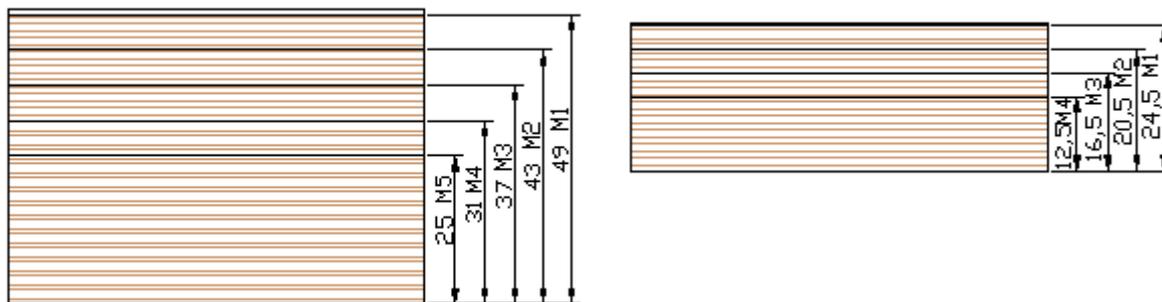
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \dots(5)$$

$\Delta E$  - celotna barvna razlika

L – določa svetlost barve in zavzema vrednosti od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo)

a – določa lego barve na rdeče (+) zeleni (-) osi

b – določa lego barve na rumeno (+) modri (-) osi



Slika 8 Meritev barve po lokacijah – za vzorce debeline A – 50 mm pet debelin meritev (M1 – M5) in vzorce debeline B – 25 mm štiri debelin meritev (M1 – M4).

### 3.2.4 Določanje vitalnosti parenhimskih celic – vitkostni indeks jeder

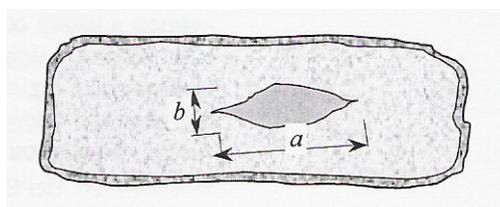
Vitkost parenhimskih celic smo merili pod mikroskopom 40 do 400 kratne povečave. Uporabili smo mikroskop proizvajalca Nikon Eclipse E800 in digitalno kamero Nikon Coolpix 995, ki je bila povezana s programom Lucia 5.1. Merili smo krajšo in daljšo os jeder parenhimskih celic in določili vitkostni indeks ( $\lambda$ ) po enačbi (6)(sl. 9).

$$\lambda = \frac{a}{b} \quad \dots(6)$$

Kjer je:

a – daljša os [ $\mu\text{m}$ ]

b – krajša os [ $\mu\text{m}$ ]



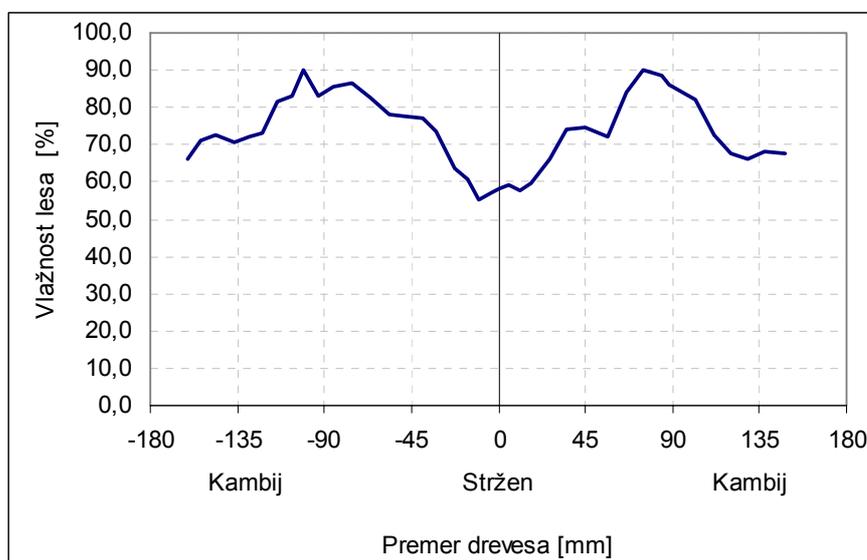
Slika 9 Princip merjenja vitkostnega indeksa ( $\lambda$ ) jeder parenhimskih celic (STRAŽE, 2000).

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 RADIALNI VLAŽNOSTNI PROFIL

#### 4.1.1 Radialni vlažnostni profil v svežem stanju

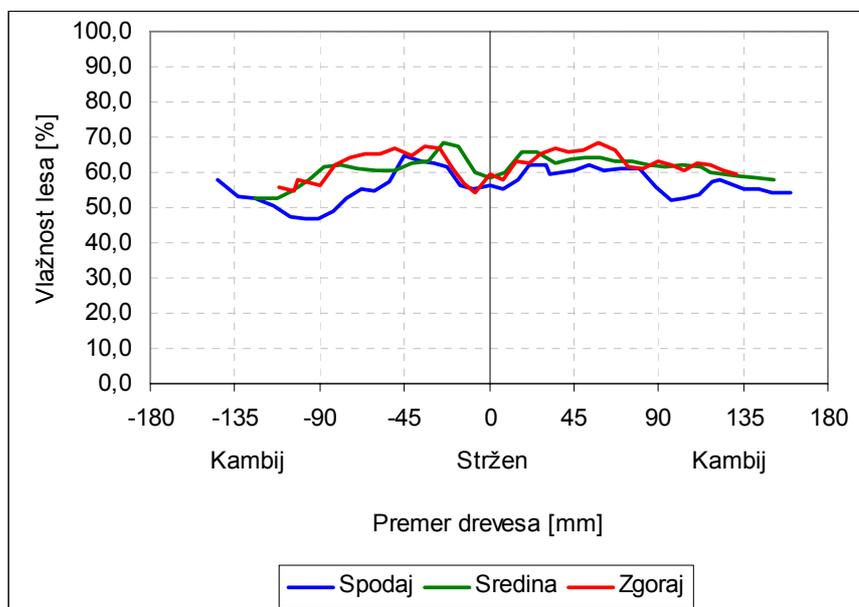
Radialna razporeditev vlažnosti v bukovini takoj po poseku je prikazana na sl. 10 in pril. A. V prevodni beljavi tik ob kambijevi coni je bila vlažnost okoli 60 % in je bila nižja kot smo pričakovali. Nižje vrednosti so posledica bolj sušnega obdobja v začetku avgusta tik pred posekom in kamnitega rastišča. Zunanji dejavniki in letno spreminjanje klime vpliva po navadi le na nihanje vlažnosti v nekaj zunanjih branikah. Nato proti sredini debla vlažnosti naraščajo do maksimalnih vrednosti pribl. 90 %, v sredini debla pa vlažnost pričakovano doseže najnižje vrednosti. Kljub osušeni sredici tu nismo zaznali barvnih sprememb, ki bi lahko nakazovale nastanek rdečega srca.



Slika 10 Radialni vlažnostni profil bukovine v svežem stanju na dan 28.8.2007.

#### 4.1.2 Radialni vlažnostni profil po sušenju na suš

Radialni vlažnostni profil po sušenju na suš na dan 14.9.2007 prikazuje vlažnost lesa porazdeljeno po premeru debla drevesa sušenega v gozdu še šestnajst dni po poseku. Vlažnostni profil po sušenju na suš smo določili na treh višinah drevesa (sl. 11 in pril. B).



Slika 11 Radialni vlažnostni profili po 16 dnevem sušenju na suš na spodnji, srednji in zgornji višini drevesa (1,5 m, 6 m in 14 m).

Po šestnajst dnevem sušenju na suš je vlažnost lesa po premeru drevesa najnižja na spodnjem delu debla (47 do 65 %), na sredini debla po višini drevesa se je vlažnost lesa gibala med 52 in 68 %, v zgornjem delu debla pa se je vlažnost lesa gibala med 56 in 68 %.

Pri sušenju na suš je po poseku drevesa potekalo transpiracijsko sušenje z listne površine, dokaz za to je tudi osušeno oz. odpadlo listje z bukovih vej (prim. sl. 12 in sl. 13). Preko listov je iz debla izšel del proste vode. To pomeni, da smo s šestnajst dnevem sušenjem na suš ugodno vplivali na lesno vlažnost, saj smo najvišjo vlažnost lesa v svežem stanju znižali za več kot 20 % (prim. sl. 10 in sl. 11). Po sušenju na suš je porazdelitev vlažnosti po premeru debla enakomerna. Območje najvišje vlažnosti v svežem stanju, pa se je po sušenju na suš izenačilo z najnižjo vlažnostjo sredice debla vidna pa je bila še nekoliko višja vlažnost predvsem v zgornjem delu drevesa.



Slika 12 Bukovo listje takoj po poseku (foto Aleš Straže).



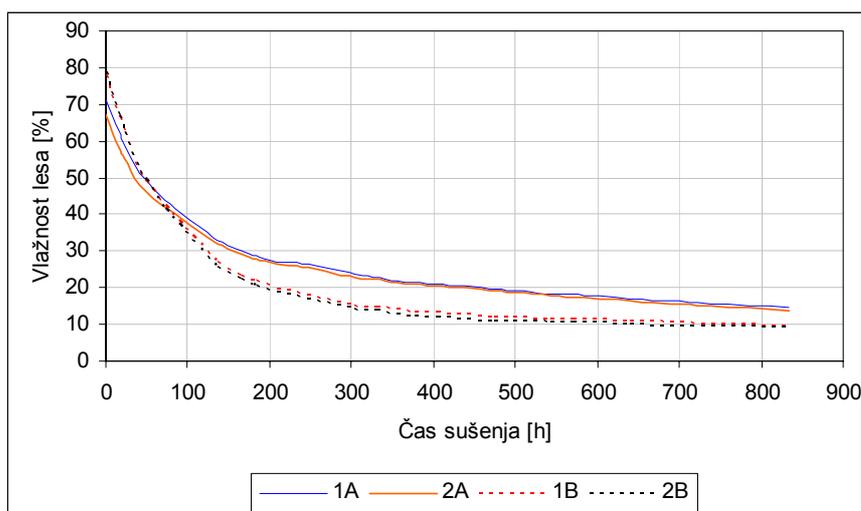
Slika 13 Bukovo listje po 16 dnevem sušenju na suš (foto Aleš Straže).

## 4.2 SUŠILNE KRIVULJE

### 4.2.1 Tehnično sušenje neposredno po poseku svežega lesa

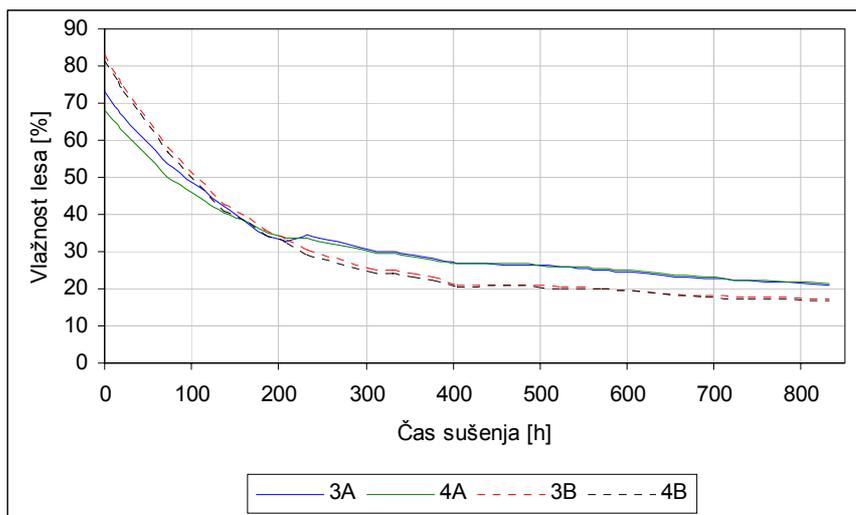
Sušilne krivulje simulacije tehniškega sušenja, ki smo ga izvajali v štirih različicah (pri dveh konstantnih temperaturah in dveh relativnih zračnih vlažnostih) (sl. 14 do sl. 17) so take krivulje za bukovino tipične. V vseh štirih sušilnih postopkih je bila začetna vlažnost 25 mm debelih elementov od 8 do 10 % višja, kot pri 50 mm debelih elementih, pričakovana pa je tudi njihova večja hitrost sušenja v celotnem procesu.

Pri sušenju v klimi z nizko temperaturo ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in nizko relativno zračno vlažnostjo ( $\varphi = 33\%$ ) je sušenje obeh debelin vzorcev (25 mm in 50 mm) potekalo do lesne vlažnosti 35 % enakomerno, torej s konstantno sušilno hitrostjo, vendar pri tanjših vzorcih bistveno hitreje kot pri debelejših, kar kažejo nakloni sušilnih krivulj na sliki 14. V območju od 35 % pa do  $u_{\text{TNCs}}$  (vlažnosti pri točki nasičenja celičnih sten) so se vzorci debeline B osušili v 50 urah, vzorci debeline A pa so se osušili v 150 urah. Po 600 urah sušenja so tanjši vzorci dosegli končno vlažnost, debelejši pa so se še počasi uravnovešali. Ker smo kritične vlažnosti obarvanja že presegli, smo proces sušenja vseeno končali.



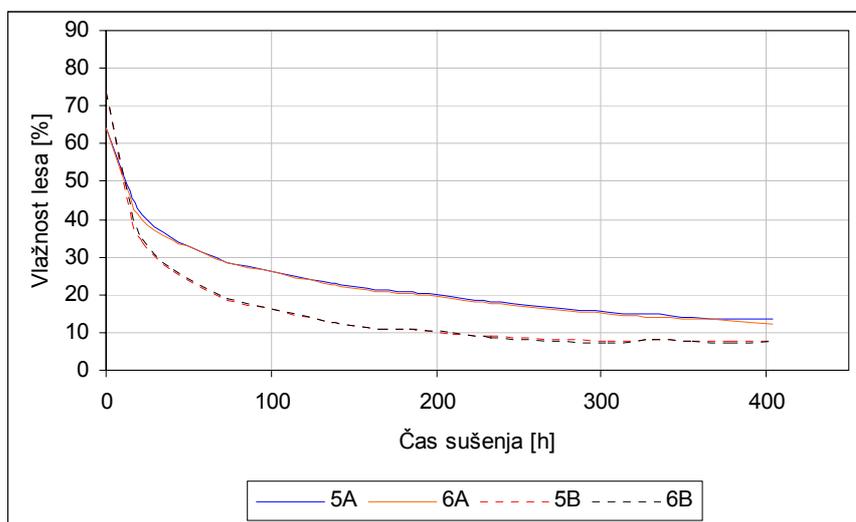
Slika 14 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $\varphi = 33\%$ .

Občutno počasneje je potekalo sušenje pri relativni zračni vlažnosti 75 %, zato so sušilne krivulje obeh debelin vzorcev dokaj položne (sl. 15). Pri tanjših vzorcih B (debeline 25 mm) je sušilna krivulja pri pogojih sušenja  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/75\%$  vseeno nekoliko bolj strma in se tanjši vzorci sušijo nekoliko hitreje od debelejših vzorcev. Kljub višji začetni vlažnosti vzorcev debeline B in dolgem času sušenja so dosegli vlažnost pod 20 %, vzorci debeline A pa v istem času sušenja komaj dosegli mejo biološke odpornosti.



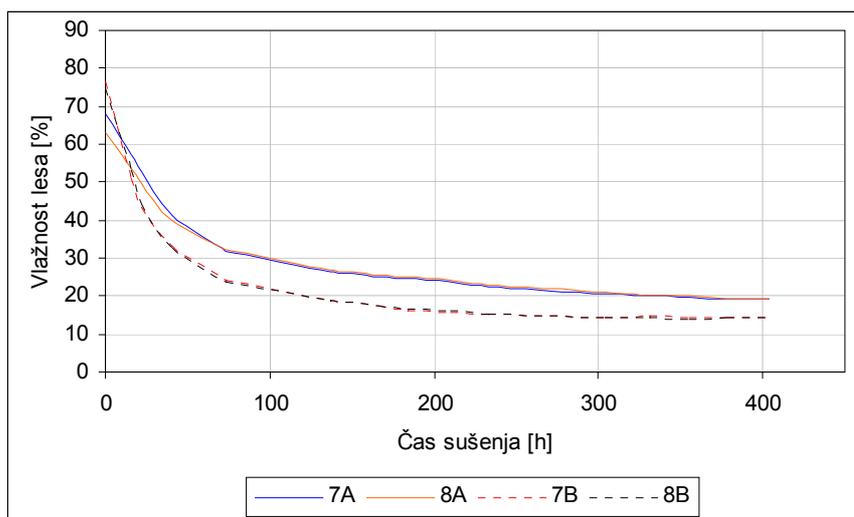
Slika 15 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $\phi = 75\%$ .

Sušilna krivulja pri najostrejših pogojih sušenja ( $T = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $\phi = 33\%$ ) na začetku sušenja zelo strmo pada (sl. 16). Sušilna hitrost od svežega stanja pa do vlažnosti točke nasičenja celičnih sten ( $u_{\text{TNCs}}$ ) je zelo velika. Tanjši vzorci debeline B imajo na začetku sušenja višjo vlažnost, kot debelejši vzorci A, naklon sušilne krivulje pa je večji. V drugi fazi sušenja razlika v vlažnosti med vzorci A in B hitro narašča. Vzorci B so se zelo hitro osušili pod vlažnost 10 % (po pribl. 250 urah sušenja), vzorci debeline A pa dosežejo konstantno vlažnost nekje po 380 urah sušenja.



Slika 16 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $\phi = 33\%$ .

Intenzivnost sušenja pri pogojih 38 °C/75 % je nižja (sl. 17), kakor pri isti temperaturi in nižji relativni zračni vlažnosti (sl. 16). Jasno se vidi manjši naklon sušilne krivulje pri vzorcih debeline A ( $d = 50$  mm) v primerjavi z vzorci debeline B ( $d = 25$  mm). S sušenjem z nižjo temperaturo in višjo relativno zračno vlažnostjo smo dosegli pri vzorcih debeline A ravno mejo biološke odpornosti, nekoliko pod vlažnostjo 20 %. Vzorci debeline B pa so dosegli končno vlažnost lesa 15 %, ki je bila ravno tako konstantna že po 250 urah tehničnega sušenja.



Slika 17 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 38$  °C in  $\phi = 75$  %.

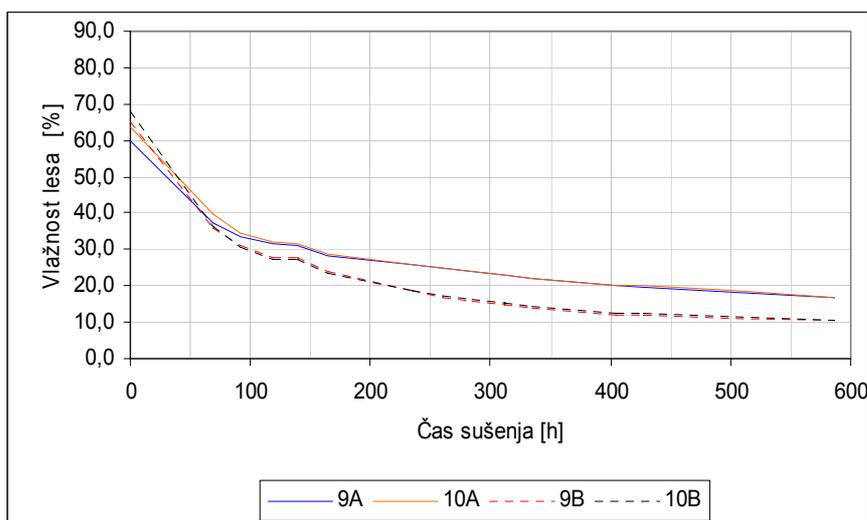
Pri sušilnih krivuljah svežega lesa bukovine smo ugotovili, da so debelejši vzorci imeli začetno vlažnost nižjo, kot tanjši vzorci (sl. 14, sl. 15, sl. 16, sl. 17). Prednost pri sušenju tanjših vzorcev je manjši difuzijski upor in posledično hitrejše prehajanje vode na površino. Posledično nižje začetne vlažnosti debelejših vzorcev pojasnjujemo z radialnimi vlažnostnimi profili (sl. 10), ker so bili izžagani na zunanem delu, kjer je bila vlažnost verjetno zaradi trenutnih suhih klimatskih razmer in kamnitih nagnjenih tal nekoliko nižja. Vzrok višje vlažnosti tanjših vzorcev B je verjetno v tem, da so bili izžagani ravno v območju višje vlažnosti svežega lesa (sl. 10). Kljub nizki temperaturi sušenja 20 °C in nizki relativni zračni vlažnosti 33 % (sl. 14) smo dosegli v daljšem času sušenja pri obeh debelinah vzorcev vlažnost lesa pod 20 % oz. pod mejo biološke odpornosti, pri isti temperaturi in višji relativni zračni vlažnosti 75 % pa so se samo tanjši vzorci osušili znatno pod vlažnost lesa 20 % (sl. 15). Pri temperaturi 38 °C in relativni zračni vlažnosti 33 % se je les osušil do končne vlažnosti 8 % pri vzorcih debeline B in 13 % pri vzorcih debeline A (sl. 16). Pri isti temperaturi in relativni zračni vlažnosti 75 % sta obe debelini vzorcev dosegli vlažnost lesa pod 20 %. Vzorcem debeline B se zadnjih 130 ur sušenja vlažnost lesa ni zniževala oz. je bila konstantna (sl. 17). V daljšem času sušenja bi se jim vlažnost morda še nekoliko znižala ter dosegla ravnovesne pogoje.

#### 4.2.2 Vrednotenje tehničnega sušenja po sušenju na suš

Za simulacijo tehničnega sušenja po sušenju na suš smo uporabili enake pogoje sušenja, kot za sušenje svežega lesa takoj po poseku (sl. 18 do sl. 21).

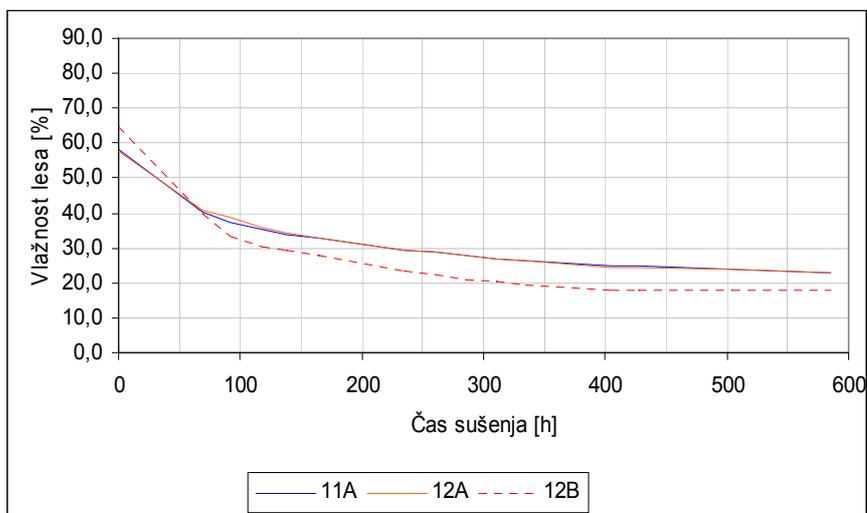
Razlike v začetnih vlažnostih med tanjšimi (vzorci B) in debelejšimi (vzorci A) elementi so bile znatno manjše kot v primeru sušenja neposredno po poseku. Potek sušilnih krivulj pa je tudi v teh procesih tipičen za sušenje bukovine, zato je bilo za ugotavljanje razlik potrebno natančneje proučiti kinetiko sušenja v celotnem postopku.

Pri sušenju v klimi 20 °C /33 % se je manjša razlika v začetni vlažnosti tanjših ( $u = 68\%$ ) in debelejših ( $u = 60\%$ ) vzorcev po 75 urah sušenja izenačila na 35 % (sl. 18). Nadaljnje sušenje je potekalo znatno hitreje pri tanjših vzorcih, ki so po 550 urnem sušenju dosegli tudi nižjo končno vlažnost ( $u = 10\%$ ) enako ravnovesni vlažnosti v dani klimi. Ker bi bilo uravnotežanje debelejših vzorcev časovno potratno, smo proces zaključili pri vlažnosti 18%.



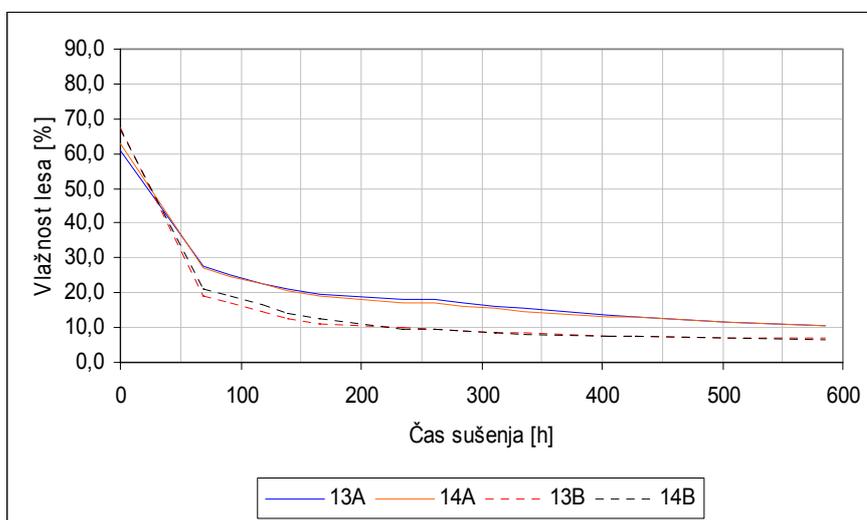
Slika 18 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 20\text{ °C}$  in  $\phi = 33\%$ .

Po predvidevanjih je potekalo tudi sušenje pri temperaturi 20 °C in relativni zračni vlažnosti 75 %. Sušilne krivulje so bile dokaj položne, kar pomeni počasno sušenje (sl. 19). Do vlažnosti 35 % so se tanjši vzorci osušili približno v 80 urah, debelejši (vzorec A) pa šele po 140 urah. Na konstantno končno vlažnost 18 % smo tanjše vzorce (B) osušili v 400 urah, debelejši pa so imeli še po 560 urah sušenja vlažnost 24 %.



Slika 19 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\phi = 75\%$ .

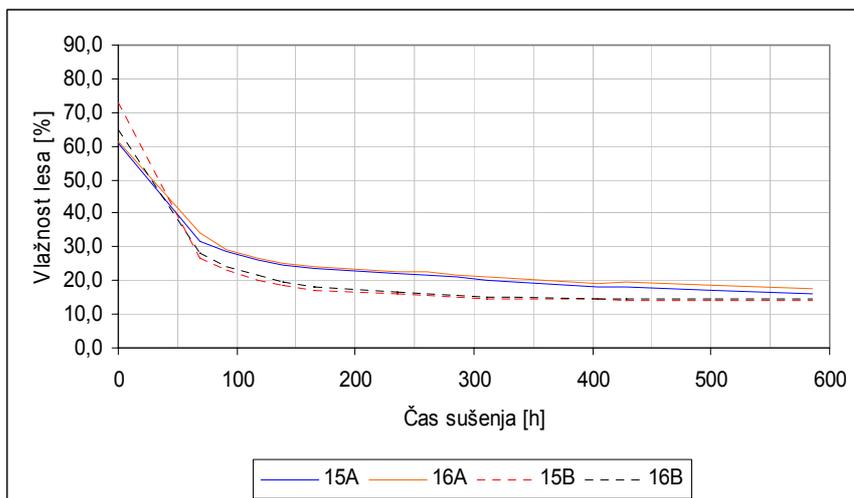
Pri sušilnih pogojih  $38\text{ }^{\circ}\text{C}/33\%$  (sl. 21) je bilo sušenje intenzivno, kar dokazuje sušilna krivulja, ki strmo pada od začetne vlažnosti lesa med 60 % in 67 %. Vlažnostno območje do 35 % lesne vlažnosti so vsi sušilni vzorci dosegli prej kot po 50 urah sušenja. Območje točke nasičenosti celičnih sten so dosegli vzorci debeline B že po 60 urah sušenja, vzorci debeline A pa po 90 urah sušenja. Končno vlažnost 8 % smo pri tanjših vzorci debeline B dosegli po 475 urah sušenja, vzorci debeline A pa so se medtem osušili na 10 %.



Slika 20 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $\phi = 33\%$ .

Zmernejše sušenje pri temperaturi  $38\text{ }^{\circ}\text{C}$  in relativni zračni vlažnosti 75 % je botrovalo tudi daljšemu času sušenja. Do vlažnosti 35 % so se tanjši vzorci sušili 60 ur, do območja točke

nasičenja celičnih sten pa 75 ur. Debelejši vzorci A so imeli nižjo začetno vlažnost, zato je bil tudi prvi interval sušenja do vlažnosti 35 % relativno kratek (60 ur), nato pa se je sušenje upočasnilo, tako da je bila dosežena točka nasičenja celičnih sten šele po 150 urah. Tanjši vzorci so se osušili na vlažnost 17 % po 340 urah sušenja, debelejši pa so dosegli to vlažnost šele na koncu sušenja.



Slika 21 Sušilne krivulje za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm pri sušenju s  $T = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$  in  $\phi = 75\%$  ( $u$  – vlažnost lesa,  $t$  – čas sušenja).

Začetne vlažnosti lesa, ki smo ga tehnično sušili po transpiracijskem sušenju v gozdu, so bile nekoliko nižje in bolj izenačene kot v lesu, ki smo ga odvzeli takoj po poseku. Tudi razlike med vlažnostmi tanjših in debelejših vzorcev, ki smo jih izžagali centripetalno od kambija proti sredici, so manjše in manj variabilne kot pri vzorcih izdelanih takoj po poseku.

Končna vlažnost lesa je bila pri sušenju vzorcev po sušenju na suš hitreje dosežena, oz. v krajšem času, kot pri sušenju svežega lesa. Krajši čas sušenja do končne vlažnosti je posledica predhodnega transpiracijskega sušenja in s tem nižje začetne vlažnosti. Do vlažnosti lesa 35 % so se vsi vzorci osušili približno v enakem času.

### 4.3 SUŠILNA HITROST

Povprečna sušilna hitrost je pri NTS svežega lesa v vseh vlažnostnih območjih (pregl. 4) najvišja pri bukovini debeline B, razen v vlažnostnem območju 35 % -  $u_{TNCS}$  pri prvi in četrti klimi sušenja, kjer je bila vlažnost lesa v času tehtanja vzorcev višja od 35 % oz. nižja od vlažnosti točke nasičenja celičnih sten (pril. C, odvzem1, odvzem 2). Povprečna sušilna hitrost je bila najvišja v območju vlažnosti lesa nad 35 % in je proti koncu sušenja padala. S povišanjem temperature sušenja se je povišala tudi hitrost sušenja. Tako je povprečna sušilna hitrost pri bukovini debeline B in pogojih sušenja 38 °C/33 % v vlažnostnem območju nad 35 % 1,55 %/h. Pri enakih pogojih sušenja in vlažnostnem območju za vzorce debeline A pa je povprečna sušilna hitrost 0,75 %/h. V vlažnostnem območju okoli 35 % -  $u_{TNCS}$  ter v vlažnostnem območju pod  $u_{TNCS}$  je še vedno najvišja povprečna sušilna hitrost pri ostrejših pogojih sušenja in pri vzorcih debeline B 0,44 %/h, pri vzorcih A pa 0,18 %/h. Najnižja povprečna sušilna hitrost pa je pri pogojih sušenja 20 °C/75 % in je pri bukovini debeline A 0,02 %/h, pri debelini B pa 0,09 %/h. V zadnjem vlažnostnem območju pod vlažnostjo točke nasičenja celičnih sten je povprečna sušilna hitrost med obema debelinama dokaj podobna in je najvišja pri obeh debelinah 0,05 %/h in pogojih sušenja 38 °C/33%, najnižja povprečna sušilna hitrost pri debelini A je 0,01 %/h, pri debelini B pa 0,02 %/h pri pogojih sušenja 20 °C/75 %.

Preglednica 4 Povprečna sušilna hitrost (%/h) za neposredno tehnično sušenje (NTS) svežega lesa za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 38 °C/ 75 %) in v treh vlažnostnih območjih sušenja (nad 35 %, 35 % -  $u_{TNCS}$  in pod  $u_{TNCS}$ ).

Klima sušenja	nad 35%		35% - $u_{TNCS}$		pod $u_{TNCS}$	
	$\Delta u/\Delta t$ [%/h]		$\Delta u/\Delta t$ [%/h]		$\Delta u/\Delta t$ [%/h]	
	A	B	A	B	A	B
K1 20 °C/33 %	0,37	0,51	0,07		0,02	0,03
K2 20 °C/75 %	0,20	0,26	0,02	0,09	0,01	0,02
K3 38 °C/33 %	0,75	1,55	0,18	0,44	0,05	0,05
K4 38 °C/75 %	0,69	0,92	0,08		0,03	0,03

Pri TS po sušenju na suš je povprečna sušilna hitrost v primerjavi z NTS svežega lesa bistveno nižja. Največja razlika je v vlažnostnem območju nad 35 % in je pri nekaterih sušilnih pogojih pri debeline A približno za tretjino nižja povprečna sušilna hitrost, pri bukovini debeline B pa pri nekaterih sušilnih pogojih celo za polovico (pregl. 5). Pri bukovini debeline B je bilo v vlažnostnem območju 35 % -  $u_{TNCS}$  sušenje do prvega (pril. D odvzem 7) odvzema pri tretji in četrti klimi (K3 in K4) zelo intenzivno in je bila vlažnost lesa pod vlažnostjo točke nasičenja celičnih sten. Povprečna sušilna hitrost je v območju nad 35 % vlažnosti lesa pri bukovini debeline A najvišja 0,50 %/h in bukovini debeline B 0,68 %/h pri pogojih sušenja 38 °C/33 %, najnižja za debelino A 0,15 %/h in debelino B 0,33 %/h pri pogojih sušenja 20 °C/75 %. V srednjem vlažnostnem območju 35 % -  $u_{TNCS}$  je najvišja povprečna sušilna hitrost pri bukovini debeline A 0,13 %/h pri pogojih sušenja 38 °C/75 %, pri debelini B pa 0,12 %/h pri pogojih sušenja 20 °C/33 %. V

tem vlažnostnem območju je najnižja povprečna sušilna hitrost pri bukovini debeline A 0,04 %/h in debelini B 0,07 %/h pri pogojih sušenja 20 °C/75 %. V zadnjem vlažnostnem območju pod vlažnostjo točke nasičenja celičnih sten je povprečna sušilna hitrost med obema debelinama dokaj podobna in je najvišja pri obeh debelinah 0,04 %/h in pogojih sušenja za A 38 °C/33% in B 20 °C/33 %, najnižja povprečna sušilna hitrost pri debelini A je 0,02 %/h, pri obeh temperaturah sušenja in relativni zračni vlažnosti 75 % pri debelini B pa 0,03 %/h pri pogojih sušenja 20 °C/75 % in 38 °C/33 %.

Preglednica 5 Povprečna sušilna hitrost (%/h) za tehnično sušenje (TS) po sušenju na suš za bukovino debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) in v treh vlažnostnih območjih sušenja (nad 35 %, 35 % -  $u_{TNCS}$  in pod  $u_{TNCS}$ ).

Klima sušenja	nad 35%		35% - $u_{TNCS}$		pod $u_{TNCS}$	
	$\Delta u/\Delta t$ [%/h]		$\Delta u/\Delta t$ [%/h]		$\Delta u/\Delta t$ [%/h]	
	A	B	A	B	A	B
K1 20 °C/33 %	0,27	0,34	0,06	0,12	0,03	0,04
K2 20 °C/75 %	0,15	0,33	0,04	0,07	0,02	0,03
K3 38 °C/33 %	0,50	0,68	0,11		0,04	0,03
K4 38 °C/75 %	0,41	0,60	0,13		0,02	0,04

Na sušilno hitrost ima največji vpliv temperatura sušenja (pregl. 4 in pregl. 5), saj se je po povišani temperaturi sušenja (K3 in K4) povečala tudi sušilna hitrost. Vzrok nižje sušilne hitrosti pri TS po sušenju na suš je predhodno sušenje po postopku sušenja na suš. S transpiracijskim sušenjem preko listne površine se je po šestnajst dnevnem sušenju na suš znižala vlažnost po celotnem deblu. Razlika v hitrosti sušenja med NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš pri enakih pogojih tehničnega sušenja je največja do območja lesne vlažnosti 35 %, zaradi višje začetne vlažnosti svežega lesa. Do vlažnostega območja 35 % mora sveže posekan les preko površine deske zapustiti večja količina vlage, kot pa les sušen po postopku na suš, zato je pri NTS svežega lesa v tem območju višja povprečna sušilna hitrost in pri višje temperaturnem sušenju (38 °C) je možnost za nastanek obarvanja višja. V ostalih dveh sušilnih območjih pa je povprečna sušilna hitrost NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš dokaj enotna. V našem primeru so tudi razlike v hitrosti sušenja med različnimi klimami sušenja, kjer hitrost sušenja pogojujeta temperatura in relativna zračna vlažnost.

#### 4.4 VLAŽNOSTNI GRADIENT

Razlika v vlažnosti med zunanjim in notranjim slojem se je pri obeh načinih sušenja povečevala od vlažnostnega območja nad 35 % do vlažnostnega območja vlažnosti lesa pod točko nasičenja celičnih sten.

Pri vseh spremljanih šaržah smo ugotovili, da je bil v območju nad 35 % povprečni vlažnostni gradient dokaj nizek (pribl. 2 %/cm). V srednjem območju se je razlika v vlažnosti hitreje stopnjevala in je bila pri debelini bukovine A približna povprečna vrednost vlažnostnega gradienta 3,82 %/cm pri bukovini debeline B pa je bil povprečni vlažnostni gradient dokaj velik (pribl. 8,13 %/cm). V zadnjem vlažnostnem območju pod vlažnostjo točke nasičenosti celičnih sten pa je bil povprečni vlažnostni gradient pri bukovini debeline A nekoliko višji (pribl. 5,34 %/cm), kot pri debelini B (pribl. 3,82 %/cm). Zaradi hitrejšega sušenja pri pogojih 38 °C/33 % smo pri izdelavi vlažnostnega gradienta pri debelini bukovine A izmerili nižje vlažnosti od 35 %, pri bukovini debeline B nismo izdelali odvzema 1 za K1 in K2 (pril. C), pri tretji klimi (K3) sušenja pa je bilo sušenje bukovine debeline B tako intenzivno, da je bila vlažnost lesa v prvih dveh vlažnostnih območjih nižja od vlažnosti točke nasičenja celičnih sten.

Preglednica 6 Povprečni vlažnostni gradient (%/cm) za neposredno tehnično sušenje (NTS) svežega lesa za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) in v treh območjih sušenja (nad 35 %, 35 % -  $u_{TNCs}$  in pod  $u_{TNCs}$ ).

Klima sušenja	nad 35%		35% - $u_{TNCs}$		pod $u_{TNCs}$	
	$\Delta u/\Delta t$ [%/cm]		$\Delta u/\Delta t$ [%/cm]		$\Delta u/\Delta t$ [%/cm]	
	A	B	A	B	A	B
K1 20 °C/33 %	3,42		3,90	10,00	8,08	5,79
K2 20 °C/75 %	1,31	1,53	2,67	5,57	4,43	3,29
K3 38 °C/33 %			4,53		5,00	4,01
K4 38 °C/75 %	2,34		4,19	8,81	3,84	2,21

Pri TS po sušenju na suš ugotavljamo, da je v začetku sušenja v območju nad 35 % povprečni vlažnostni gradient nekoliko nižji pri debelini A (pribl. 1,84 %/cm), pri debelini bukovine B pa višji (pribl. 2,10 %/cm). V srednjem vlažnostnem območju je bil povprečni vlažnostni gradient pri debelini A pribl. 2,83 %/cm, pri debelini B pa pribl. 8,35 %/cm. V zadnjem vlažnostnem območju je bil povprečni vlažnostni gradient pri obeh debelini nekoliko nižji, pri debelini A pribl. 5,17 %/cm, pri debelini B pa pribl. 3,7 %/cm.

Preglednica 7 Povprečni vlažnostni gradient (%/cm) tehničnega sušenja (TS) po sušenju na suš za sušenje bukovine debeline A – 50 mm in B – 25 mm s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) in v treh območjih sušenja (nad 35 %, 35 % -  $u_{TNCS}$  in pod  $u_{TNCS}$ ).

Klima sušenja	nad 35%		35% - $u_{TNCS}$		pod $u_{TNCS}$	
	$\Delta u/\Delta t$ [%/cm]		$\Delta u/\Delta t$ [%/cm]		$\Delta u/\Delta t$ [%/cm]	
	A	B	A	B	A	B
K1 20 °C/33 %	1,84	2,94	3,24		6,32	4,43
K2 20 °C/75 %	2,23	1,26	3,12	6,66	6,23	3,79
K3 38 °C/33 %		2,94	1,48	11,52	4,61	3,71
K4 38 °C/75 %	1,44	1,26	3,47	6,88	3,53	2,90

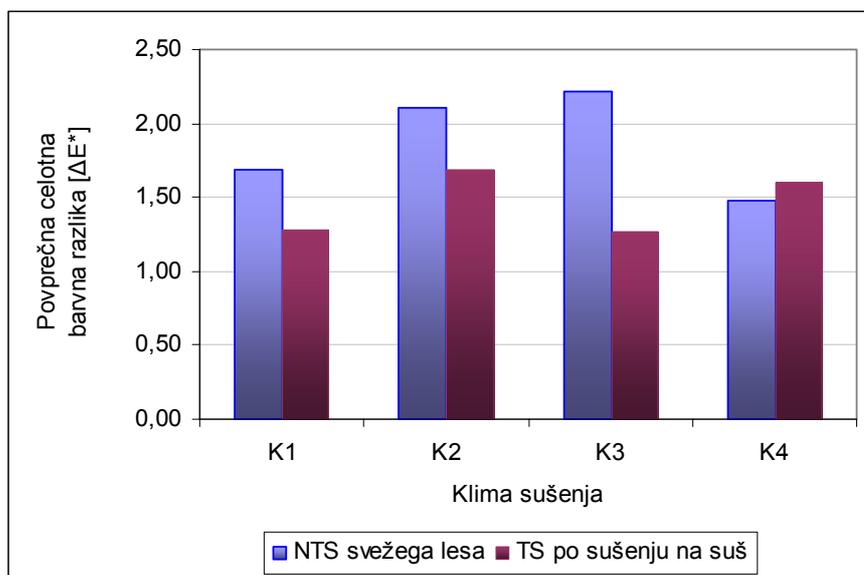
Intenzivnost sušenja na vlažnostni gradient vpliva obratno, kot na sušilno hitrost. Pri ostrejših pogojih sušenja je vlažnostni gradient nižji kot pri blažjih pogojih sušenja, tako je največji proti koncu sušenja, v našem primeru pod točko nasičenja celične stene, kjer je največja razlika med vlažno sredico in suho površino vzorca.

Do takšnih razlik prihaja predvsem zaradi počasnega sušenja sredice debelejših vzorcev. Vlažnostni gradient je bil pri TS po sušenju na suš v vlažnostnem območju nad 35 % nižji zaradi predhodnega sušenja po postopku na suš. Pri NTS svežega lesa je vlažnost v sredini vzorca višja, kot pri TS po sušenju na suš zaradi predhodnega transpiracijskega sušenja. Zunanje površine pa se pri obeh tehničnih sušenjih sušita podobno hitro in zato je vlažnostni gradient zaradi vlažnejše sredice vzorca višji pri svežem lesu.

## 4.5 PRIMERJAVA OBARVANJA MED TEHNIČNIM SUŠENJEM

### 4.5.1 Barvna razlika med površino in sredico

Barvna razlika ( $\Delta E$ ) med površino in sredico debelejšega lesa (vzorci A) je bila pri vseh pogojih sušenja svežega lesa takoj po poseku v intervalu od 1,5 do 2,3 (sl. 22). Takšna barvna razlika je s prostim očesom deklarirana kot *jasna* (pregl. 1). Če smo les predhodno sušili transpiracijsko, je celotna barvna razlika med površino in sredico lesa signifikantno manjša. Izjema je blago sušenje pri višjih temperaturah, kjer nismo zaznali značilnega učinka transpiracijskega sušenja.



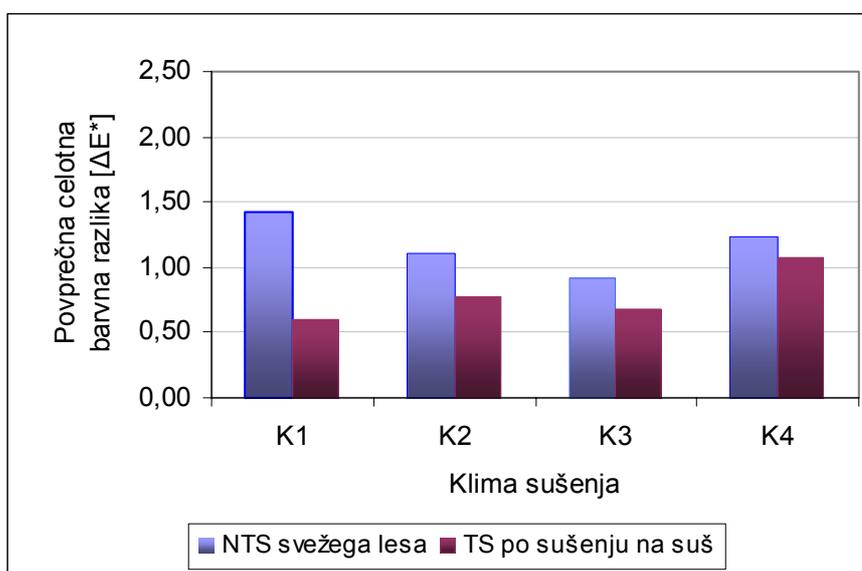
Slika 22 Povprečna celotna barvna razlika bukovine debeline A – 50 mm za meritev barve tik pod površino ( $49 \pm 1$  mm) in na sredini vzorca ( $25 \pm 1$  mm) v primerjavi s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) za NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš.

Pri tehničnem sušenju lesa, ki smo ga sušili tudi na suš, smo ugotovili značilen vpliv ostrine sušenja medtem, ko vpliva temperature ne moremo potrditi. Pri sušenju v klimi z relativno zračno vlažnostjo 33 %, kjer je potekalo sušenje hitreje, so tudi razlike barve manjše.

Pri sušenju svežega lesa takoj po poseku smo pri pogojih sušenja 38 °C/33 % s preveliko hitrostjo sušenja negativno vplivali na povprečno celotno barvno razliko. Verjetnost nastanka obarvanja je povezana s previsoko temperaturo na začetku sušenja svežega lesa. Literatura navaja (npr. KOCH s sod. 2000), da naj bi sušenje svežega lesa do vlažnosti 25 % sušili pri nižjih temperaturah, kasneje pa bi temperaturo sušenja postopno poviševali. S previsoko temperaturo na začetku sušenja, bi lahko prišlo do kemijskih sprememb predvsem pri hemicelulozah, kar lahko privede do obarvanja.

Vizualna ocena barvne razlike pri tanjših vzorcih (B) je pri sušenju lesa po poseku ali po sušenju na suš *šibka* (sl. 23). Pri sušenju svežega lesa je bila povprečna celotna barvna razlika med 0,9 do 1,45 pri lesu sušenem na suš pa med 0,6 in 1,1. Les sušen na suš je imel pri vseh klimah sušenja nižjo povprečno celotno barvno razliko ( $\Delta E^*$ ), manjšo kot les sušen neposredno po poseku. Tako kot pri sušenju debelejših vzorcev (debeline A) je tudi pri tanjših sušenje pri nižji relativni zračni vlažnosti povzročilo manjše barvne razlike.

Najnižjo povprečno celotno barvno razliko pri sušenju svežega lesa smo dosegli pri pogojih sušenja 38 °C/33 %, kjer je pri vzorcih debeline A najvišja. Najvišjo povprečno celotno barvno razliko pri sušenju svežega lesa pa so imeli vzorci debeline B pri pogojih sušenja 20 °C/33 %.



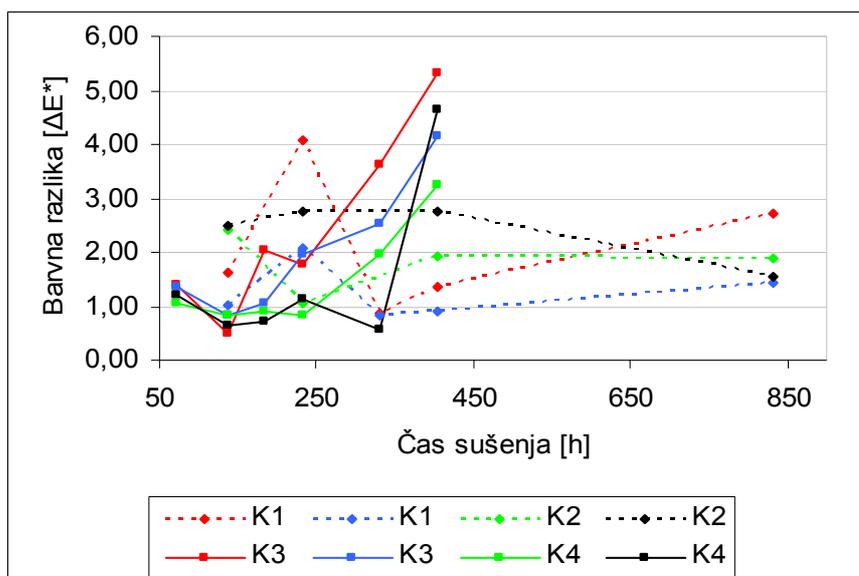
Slika 23 Povprečna celotna barvna razlika bukovine debeline B – 25 mm za meritev barve tik pod površino ( $24 \pm 1$  mm) in proti sredini vzorca ( $15 \pm 1$  mm) v primerjavi s štirimi klimami sušenja (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %) za NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš.

Primerjava barve med površino in sredico lesa kaže na to, da je bila v vseh postopkih sušenja celotna barvna razlika pri debelejših elementih večja kot pri tanjših.

Vzrok nižje povprečne celotne barve razlike pri tanjših vzorcih je hitrejše sušenje oz. izhajanje vode (vlage) na površino in s tem hitrejši padec vlažnosti pod kritično vrednost.

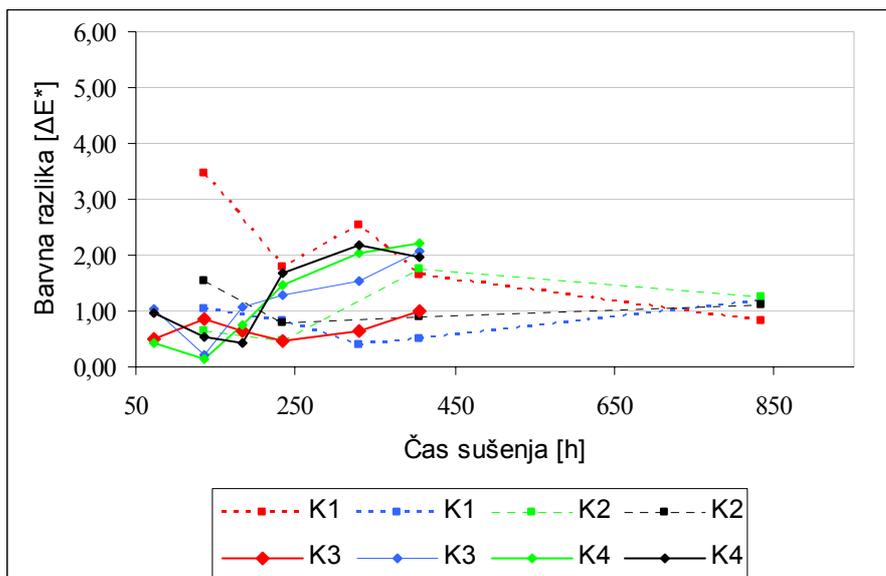
#### 4.5.2 Sprememba barve med sušenjem

Spremljanje barvnih razlik z zaporednim odvzemanjem vzorcev med postopkom sušenja je potrdilo domnevo značilnega vpliva temperature. Povečevanje celotne barvne razlike smo izmerili pri sušenju lesa z višjimi temperaturami, kar pomeni, da se je les v takšnih pogojih močneje obarval. Pojav je zlasti značilen pri sušenju debelejših lesov, kjer lahko celotna barvna razlika tudi 5,4 (sl. 24) po vizualni lestvici ocenimo kot *zelo jasno*.



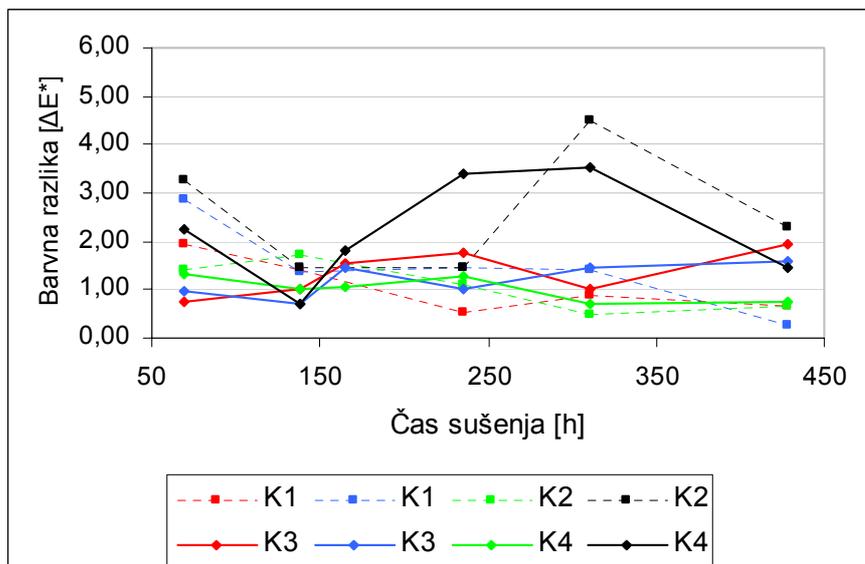
Slika 24 Celotna barvna razlika za bukovino debeline A – 50 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za NTS svežega lesa (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).

Celotna barvna razlika pri manjši debeline lesa (vzorci B) se v sušilnem postopku spreminja počasneje kot pri sušenju debelejšega lesa (sl. 25). Temperatura in ostrina sušenja pa nakazujeta podoben trend, kot smo ga opazili pri debelejših elementih.



Slika 25 Celotna barvna razlika za bukovino debeline B – 25 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za NTS svežega lesa (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).

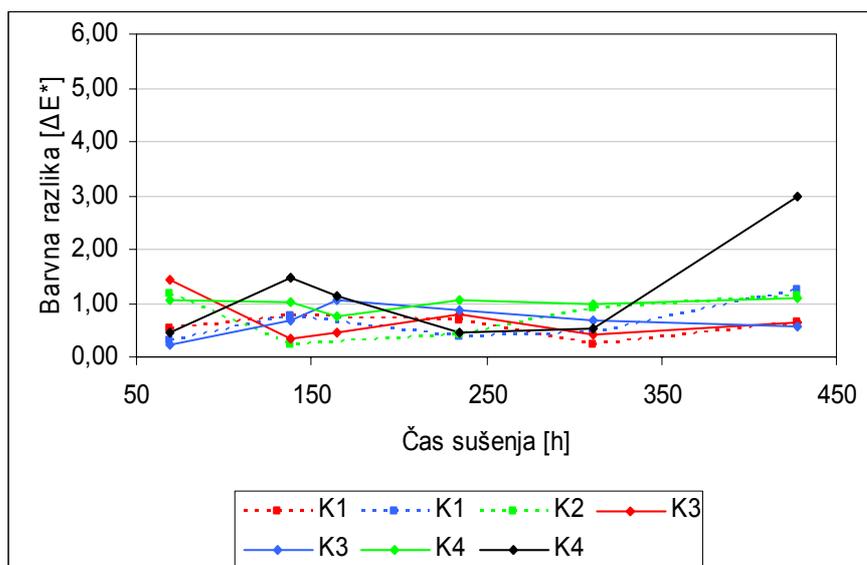
Sprememba barve med sušenjem na suš posekane bukovine je občutno manjša kot pri neposrednem sušenju lesa po poseku. Večjo variabilnost meritev smo imeli pri spremljanju sušenja debelejšega lesa (sl. 26). Počasnejše sušenje debelejšega lesa v blažji klimi (pri relativni zračni vlažnosti 75 %) je že nakazovalo možnost obarvanja, zato lahko trdimo, da je sečnja na suš le preventivni ukrep, popolnoma pa obarvanja ne moremo preprečiti.



Slika 26 Celotna barvna razlika za bukovino debeline A – 50 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za TS po sušenju na suš (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).

Z vidika spremljanja celotne barvne razlike se najmanjše tveganje obarvanja kaže pri sušenju tanjših lesov (sl. 27).

Celotna barvna razlika je bila dokaj enotna pri vseh klimah sušenja. Pri temperaturi sušenja 20 °C (K1 in K2) se je celotna barvna razlika gibala med vrednostmi 0,3 do 4,5. Največje odstopanje je dosegel vzorec sušen pri pogojih 20 °C/75 % tri dni po začetku sušenja (po 69 ur – ah sušenja). Pri temperaturi sušenja 38 °C (K3 in K4) se je vrednost celotne barvne razlike gibala med 0,8 in 3,5. Takšno nihanje je dosegel vzorec sušen pri pogojih 38 °C/75 %. Ostali vzorci pa so se gibal med vrednostjo celotne barvne razlike 0,8 in 2,6.

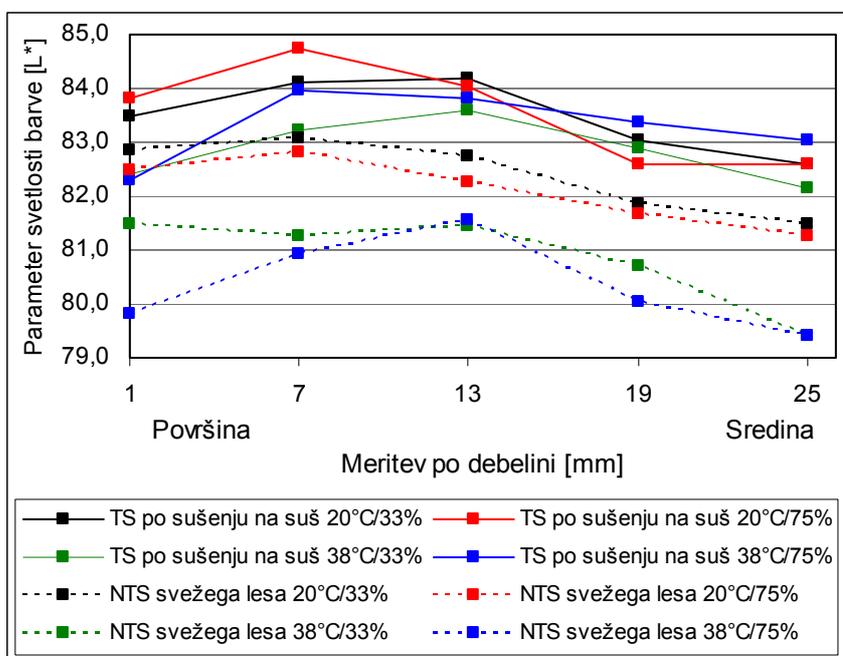


Slika 27 Celotna barvna razlika za bukovino debeline B – 25 mm, sušeno pri štirih različnih klimah za TS po sušenju na suš (K1 – 20 °C/ 33 %; K2 – 20 °C/ 75 %; K3 – 38 °C/ 33 %; K4 – 38 °C/ 75 %).

### 4.5.3 Gradient svetlosti barve

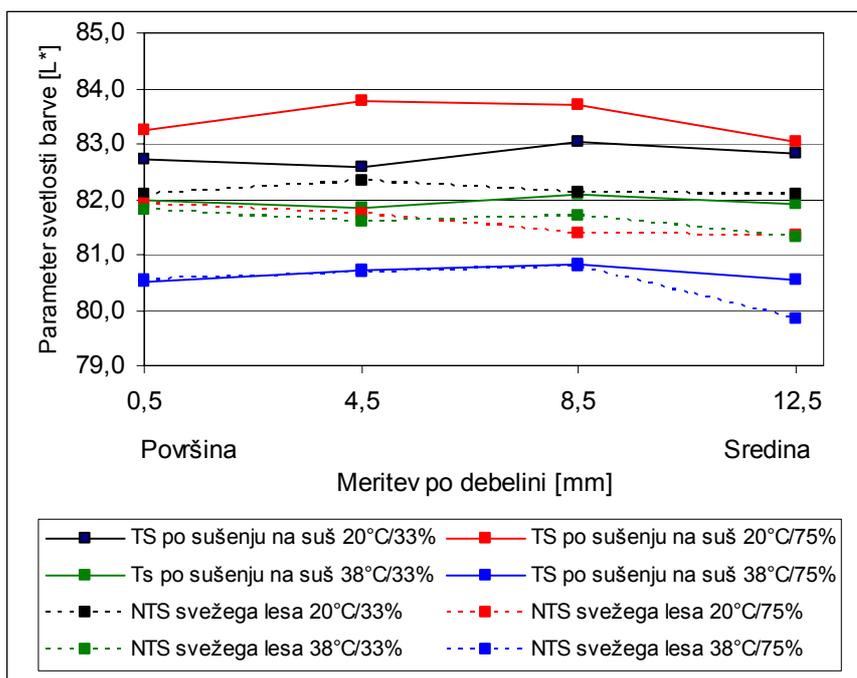
S sečnjo na suš naj bi zavrli ali celo onemogočili obarvanje lesa med postopkom sušenja. Obarvanje bukovine je še zlasti neugodno zaradi neenakomernega barvnega tona po prerezu lesa, saj se v sušilni praksi pogosto pojavi temno obarvanje zgolj v sredici, medtem ko ostanejo vrhnji sloji neobarvani. Vpliv sečnje na suš v različnih sušilnih postopkih na obarvanje smo proučevali z merjenjem svetlosti barve oziroma parametra L po prerezu lesa.

Pri sušenju debelejšega lesa smo izmerili značilen gradient, saj se je svetlost po debelini spreminjala. Vpliv temperature sušenja ali relativne zračne vlažnosti na gradient svetlosti ni značilen niti pri neposrednem sušenju takoj po poseku niti po sečnji na suš. Višjo vrednost svetlosti barve pa ima les po sečnji na suš (sl. 28).



Slika 28 Parameter svetlosti barve (L\*) za vzorce debeline A – 50 mm na petih debelinah meritev in štirih ostrinah sušenja za TS po sušenju na suš in NTS svežega lesa.

Gradient svetlosti pri sušenju tanjših vzorcev je bil v primerjavi z debelejšimi mnogo manjši. V večini primerov je tudi predhodna sečnja na suš ugodno vplivala na zadržanje svetlega tona, potrjuje pa se vpliv povišane temperature na obarvanje. Pri višji temperaturi sušenja in v milejših pogojih, t.j. pri relativni zračni vlažnosti 75 %, sta vrednosti parametra svetlosti barve enaka tako pri sušenju svežih elementov kot tudi pri sušenju lesa, ki je bil posekan na suš (sl. 29). S sušenjem pri nizkih temperaturah se obarvanje oziroma zmanjšanje svetlosti barve ni pojavilo tudi pri dolgotrajnejših izvajanjih sušenja pri višji relativni zračni vlažnosti.

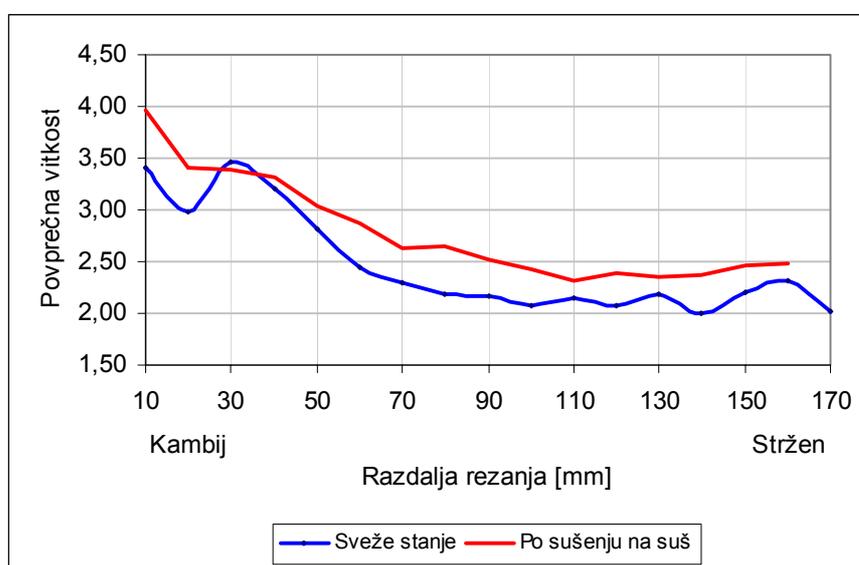


Slika 29 Parameter svetlosti barve ( $L^*$ ) za vzorce debeline B – 25 mm na štirih debelinah meritev štirih ostrinah sušenja za TS po sušenju na suš in NTS svežega lesa.

Rezultati potrjujejo domnevo, da sečnja na suš pozitivno vpliva na svetlost barve bukovine. Kritična še vedno ostaja temperatura sušenja, ki lahko privede do obarvanja tudi po ustrezni pripravi lesa pred sušenjem.

#### 4.6 VITKOSTNI INDEKS JEDER PARENHIMSKIH CELIC

Povprečni vitkostni indeks jedra parenhimskih celic je od kambija proti strženu enakomerno padal tako pri sveže posekani bukovini kot pri bukovini sušeni na suš. Povprečni vitkostni indeks jeder parenhimskih celic je pri sveže posekani bukovini na oddaljenosti od skorje 10 mm 3,4 pri oddaljenosti 20 mm pa je povprečni vitkostni indeks 3, nakar se pri oddaljenosti 30 mm od skorje poveča na vrednost 3,5. Proti sredini debla oz. proti strženu povprečni vitkostni indeks variira med vrednostjo 2 in 2,5. Pri postopku sušenja na suš je vitkostni indeks v povprečju enakomerno padal proti strženu. Na območju 10 mm od skorje je bil povprečni vitkostni indeks malo manj kot 4, nato pa je hitro padel na vrednost 3,5 pri oddaljenosti 20 mm od skorje. V sredini debla se je povprečni vitkostni indeks gibal med 2,3 in 2,5 (sl. 30).



Slika 30 Povprečna vitkostna indeksa jeder parenhimskih celic od kambija proti strženu v svežem lesu takoj po poseku in v lesu po sečnji na suš.

Jedra parenhimskih celic se s starostjo drevesa od kambija proti strženu manjšajo oz. postajajo iz prvotne eliptične oblike vse bolj okrogla in manjša. Vzrok za manjši povprečni vitkostni indeks pri svežem stanju na oddaljenosti 10 mm od skorje je slaba vidljivost jeder parenhimskih celic in s tem tudi nenatančno izmerjena velikost. S tem lahko sklepamo, da bi bila na območju kambija slika povprečnega vitkostnega indeksa podobna kot po sušenju na suš. Razlog za višji povprečni vitkostni indeks pri postopku sušenja na suš je boljše vidljivost jeder parenhimskih celic v preparatih in s tem tudi bolj natančna meritev. Z meritvijo jeder parenhimskih celic v svežem lesu in po sušenju na suš smo se tako prepričali, da s sušenjem na suš nismo poškodovali jeder parenhimskih celic in so tako ohranile svojo prvotno obliko

## 5 SKLEPI

Raziskovalno delo v okviru opravljene diplomske naloge lahko povzamemo v naslednjih ugotovitvah:

1. Sušenje na suš predstavlja način naravnega predušenja, saj se v času fiziološke aktivnosti še veliko vode transpiracijsko izloči preko obsežne listne površine. Takšno delno sušenje je z vidika vlažnosti lesa pozitivno, saj je maksimalna vlažnost lesa po sušenju na suš za 30 % nižja kakor pri svežem stanju lesa takoj po poseku. Po sušenju na suš je vlažnost lesnega tkiva v bližini kambijeve cone dokaj izenačena z vlažnostjo po celotnem premeru in višini drevesa.
2. Pri tehničnem sušenju (TS) po sušenju na suš je bil čas sušenja pri vseh klimah krajši, oz. so vzorci v krajšem času dosegel končno vlažnost pri določeni klimi sušenja, kot pa pri neposrednem tehničnem sušenju (NTS) svežega lesa. Začetna vlažnost TS po sušenju na suš je bila pri obeh debelinah vzorcev (B – 25 mm in A – 50 mm) izenačena, pri NTS svežega lesa pa je bila začetna vlažnost vzorcev B višja od vzorcev A. Vzrok za višjo vlažnost vzorcev B je verjetno odvzem vzorcev na mestu najvišje vlažnosti v deblu, ki smo jo dokazali z radialnim vlažnostnim profilom. Pri obeh načinih tehničnega sušenja so vzorci B hitreje dosegli končno vlažnost.
3. Sušilna hitrost je bila v vseh območjih sušenja največja pri NTS svežega lesa zaradi višje začetne vlažnosti lesa. V območju nad 35 % lesne vlažnosti in pri največji ostrini sušenja (38 °C/ 33 %) je sušilna hitrost dosegla 0,97 % izgube vlažnosti v eni uri sušenja, pri TS po sušenju na suš pa je bila pri istih pogojih sušenja sušilna hitrost 0,59 % izgube vlažnosti na uro sušenja.
4. Vlažnostni gradient je bil pri vseh območjih sušenja najvišji pri NTS svežega lesa. Povprečna razlika vlažnostnega gradienta med NTS svežega lesa in TS po sušenju na suš je 1 %/cm. Razlika vlažnostnega gradienta je nastopila zaradi predhodno osušenih vzorcev po sušenju na suš, vlažnost sredice pa je bila nižja kakor pri NTS svežega lesa.
5. Pri vseh meritvah celotne barvne razlike so nižje vrednosti dosegali vzorci debeline B – 25 mm. Vzrok za to je hitrejše sušenje, oz. hitrejše oddajanje vlage do vlažnosti lesa 25 % po debelini vzorca na površino. V primerjavi obeh načinov tehničnega sušenja so vzorci obeh debelin (A – 50 mm in B – 25 mm) po TS po sušenju na suš dosegli nižje celotne barvne razlike, kot pa vzorci sušeni po NTS svežega lesa.
6. V primerjavi parametra svetlosti barve  $L^*$  po debelini se je ravno tako izkazalo, da so vzorci TS po sušenju na suš dosegli višjo svetlost, kot vzorci NTS svežega lesa. Pri obeh debelinah vzorcev je svetlost barve po debelini padala proti sredini vzorca. Hitrost sušenja na parameter svetlosti barve ni veliko vplivala, saj je bila svetlost barve pri sušenju s temperaturo 20 °C višja kakor pri temperaturi sušenja 38 °C.

7. Z meritvijo jeder parenhimskih celic smo prikazali velikost jeder od periferije do stržena, takoj po poseku v svežem stanju in po postopku sušenja na suš. Izkazalo se je, da je velikost jeder parenhimskih celic ostala enakih velikosti oz. so celo bolj eliptične oblike in je bil s tem vitkostni indeks od kambijeve cone do stržena nekoliko večji.

Z vidika vseh parametrov sušenja in spremljanja barve se je najbolje izkazal postopek sečnje bukovine na suš, ki je sledilo tehnično sušenje.

## 6 POVZETEK

Proizvajalci pohištva morajo biti danes zelo pozorni na barvo lesa, predvsem pri vidno vgrajenem lesu. Napake v barvi vodijo v zavrnitev izdelkov in izgubo dohodka ali celo prodajnega trga. Danes je vse večje tržno povpraševanje po svetlejših lesnih vrstah, katerih les mora ostati svetle barve tudi po sušenju. Svetlost barve lahko zagotovimo s pravilnimi tehnološkimi postopki, kot so upoštevanje letnega časa sečnje, pravilno skladiščenje svežega lesa, ustrezno sušenje. Da to dosežejo morajo poznati vzrok barvnih sprememb, ki jih v lesu povzročajo fiziološke, mikrobiološke, biokemične in kemične reakcije.

Z diplomsko nalogo smo se želeli prepričati o ohranitvi svetle barve bukovine po postopku sečnje »na suš«. Sečnja »na suš« je že star način, ki so ga uporabljali že naši predniki, zato da so dosegli osušenost lesa, svetlost barve lesa, manjše krčenje in pokanje lesa ter lažje spravilo hlodovine. Danes je ta način sečnje zamenjala zimska sečnja, ob večjih potrebah lesa pa poteka sečnja skozi vse leto. Postopek sečnje »na suš« se danes še vedno uporablja tudi v Selški dolini predvsem za domače potrebe lastnikov gozdov.

V našem primeru smo za eksperiment uporabili bukovino (*Fagus sylvatica* L.). Posekali smo jo 28.8.2007. Del debla smo osušili »na suš«, kar pomeni, da smo po poseku na deblu pustili krošnjo in omogočili transpiracijsko sušenje 16 dni. Z neposrednim tehničnim sušenjem (NTS) svežega lesa takoj po poseku in tehničnim sušenjem (TS) po sušenju na suš in s štirimi različnimi ostrinami sušenja ter dvema debelinama vzorcev, smo želeli raziskati spremembo svetlosti barve. Poleg tega smo spremljali še radialni vlažnostni profil za sveže stanje takoj po poseku in po šestnajst dnevnem sušenju na suš na treh višinah drevesa, sušilne krivulje, vlažnostne gradiente in sušilne hitrosti za oba načina sušenja.

Radialni vlažnostni profil smo določili za sveže stanje in po sušenju na suš. Vlažnost v svežem stanju se je gibala med 55 in 90 % po sušenju na suš pa med 47 in 68 %. Po tem postopku sušenja je jasno vidna osušitev lesnega tkiva. To predvsem velja za les blizu kambijeve cone.

Bukovino debeline ( A – 50 mm in B – 25 mm) smo sušili konvekcijsko s kontroliranim prepihanjem pri sobni temperaturi ( $20 \pm 1$  °C) in pri višji temperaturi ( $38 \pm 1$  °C) v klimah s 33 % in 75 % relativno zračno vlažnostjo.

Z bukovino sušeno na suš dosegamo pri kinetiki sušenja delno boljše rezultate. Začetna vlažnost je pri bukovini sušeni na suš nižja kot pri bukovini svežega lesa. Čas sušenja vzorcev sušenih na suš do končne vlažnosti je krajši, kar doprinese nižja začetna vlažnost vzorcev. Med neposrednim tehničnim sušenjem (NTS) svežega lesa in tehničnim sušenjem (TS) po sušenju na suš je razlika v času sušenja pri med seboj primerljivih vzorcih (debelina vzorca, ostrina sušenja) in v enakem vlažnostnem območju nekje 10 do 12 ur.

Pri vseh meritvah celotne barvne razlike so nižje vrednosti dosegali vzorci debeline B – 25 mm. Vzrok za to je hitrejše sušenje, oz. hitrejše oddajanje vlage do vlažnosti lesa 25 % po debelini vzorca na površino. V primerjavi obeh načinov tehničnega sušenja so vzorci obeh debelin (A – 50 mm in B – 25 mm) po TS po sušenju na suš dosegli nižje celotne barvne razlike, kot pa vzorci sušeni po NTS svežega lesa.

Parameter svetlosti barve  $L^*$  je bil višji pri TS po sušenju na suš, kot pri NTS svežega lesa. Svetlost barve je po debelini padala do sredine vzorca, kjer je bila najnižja. Najvišja svetlost barve je bila pri vzorcih debeline A na 7 mm od površine vzorca, pri vzorcih debeline B pa je bila najvišja svetlost barve pri 4,5 in 8,5 mm od površine vzorca.

Ugotavljamo, da smo s postopkom sečnje »na suš« pozitivno vplivali na barvne spremembe lesa. Sečnja »na suš« pozitivno vpliva tudi na vlažnost lesnega tkiva, saj se je les po premeru in višini debla osušil na približno enotno vlažnost. Kritično vlažnostno območje nastanka barvnih sprememb prištevamo vlažnost lesa, kjer prične v lesno strukturo vstopati zunanji zrak, hkrati pa je še prisotna v lesu prosta voda.

## 7 VIRI

- BAUCH J. 1980. Variation of wood structure due to the secondary changes. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst - und Holzwirtschaft in Hamburg, 131: 69 - 97
- BELTRAM V., RAKUŠČEK K. 1952. Sečnja na suš. Les, 4, 1: 1 – 3
- BELTRAM V. 1961. Konec avgusta – primeren čas za sečnjo bukve. Gozdarski vestnik, 19: 149 – 154
- BELTRAM V. 1972. Sušenje na suš – manj kvarjenja, večja uporabnost in vrednost. Gozdarski vestnik, 30: 128 – 133
- BOSSHARD H. H. 1965. Aspect of the ageing process in cambium and xylem. Holzforschung, 19: 65 – 69
- BOSSHARD H. H. 1967. Facultative formation of coloured heartwood. Holz als Roh- und Werkstoff, 25, 11: 409 – 416
- BOSSHARD H. H. 1974. Holzkunde. Band 2. Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Basel und Stuttgart, Birkhäuser: 312 str.
- BRAUNER A. B., LOOS W. E. 1968. Color changes in black walnut as a function of temperature, time, and two moisture conditions. Forest Products Journal, 18, 5: 29 – 34
- CHATAWAY M. 1952. The sapwood-heartwood transition. Australian Forestry, 16: 25 - 34
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Čufar K., Prislan P., De Luis M., Gričar J. 2008. Tree-ring variation, wood formation and phenology of beech (*Fagus sylvatica* L.) from a representative site in Slovenia, SE Central Europe. Trees, 22, 6: 749-758
- DIN 5033. 1979. Farbmessung. Berlin, DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: 30 str.
- DIN 6174. 1974. Farbmétrische Bestimmung von Farbabständen bei Körperfarben nach der CIELab Formel. Berlin, DIN Deutsches Institut für Normung e.V: 2 str.
- FREY – WYSSLING A., BOSSHARD H. H. 1959. Cytology of the ray cells in sapwood and heartwood. Holzforschung, 13, 5: 129 – 137

- GOLOB V. 1991. Sodobni spektrofotometri. V: Barvna metrika, zbrano gradivo. Maribor, Univerza v Mariboru: 137 str.
- GORIŠEK Ž. 1995. Problematika obarvanja lesa v procesu sušenja. Les, 47, 7/8: 228 – 230
- GORIŠEK Ž. 2007. Barva lesa. Korak, 8, 2: 37 – 41
- JAROSCHENKO G. 1935. Der Einfluss der natürlichen Reinigung des Stammes von Ästen auf die Bildung des falschen Kerns bei der Buche und einiger ähnlichen Bildungen bei anderer Holzarten. Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 57: 375 – 385
- JELER S. 1991. Barva, znanost, tehnika. V: Barvna matrika, zbrano gradivo. Maribor, Univerza v Mariboru: 137 str.
- KOCH G., BAUCH J., PULS J., SCHWAB E., WELLING J. 2000. Vorbeugung gegen Verfärbungen von Rotbuche. Holz-Zentralblatt, 126, 6: 1 – 6
- KUČERA L. 1971. Wundgewebe in der Eibe (*Taxus baccata* L.). Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 117: 445 – 469
- MAYER – WEGWILIN H. 1950. Vom Einfluss des Verstockes auf die Eigenschaften des Buchenholzes. Holz-Zentralblatt, 76: 581 – 582
- NAČASANÝ V. 1966. Die Vitalität der Parenchymzellen als physiologische Grundlage der Kernholzbildung. Holzforschung und Holzverwertung, 18, 4: 61 – 65
- NAČASANÝ V. 1969. Forstliche Aspekte bei der Entstehung des Falschkerns der Rothbuche. Holz – Zentralblatt, 95: 563 - 564
- PEEK R-D. 1990. Holzeinlagerung nach Forstkalamitäten zur Qualitätserhaltung von Nadel und Laubholz. Holz-Zentralblatt, 95: 563-564
- PHELPS J. E., MC. GINNES E. A., GARETT H. E., COX G.S. 1983. Growth-quality evaluation of black walnut wood. Part II. Color analyses of veneer produced on different sites. Wood Fiber Science, 15, 2: 177 – 185
- RACZ J., SCHULZ H., KNIGGE W. 1961. Untersuchungen über das Auftreten des Buchenrotkerns. Forst- und Holzwirt, 16, 19: 413 - 417
- RINK G., PHELPS J. E. 1989. Variation in heartwood and sapwood properties among 10 – years old black walnut trees. Wood and Fiber Science, 21, 2: 177 – 182
- SACHSEE H. 1965. Untersuchungen über den Einfluse der Ästung auf die Farbkern- und Zugholzausbildung einiger Pappelsorten. Holz als Roh- und Werkstoff, 23,11: 425 - 434

- SELING I., LEWARK S. 1993. Wasserlangerung von Buchenstammholz. Holz-Zentralblatt, 119:1605 – 1610
- SIST EN 13183 – 1: 2003. 2004. Delež vlage v žaganem lesu – 1. del: Določanje s sušenjem v pečici.
- STRAŽE A. 2000. Vpliv sušilnih parametrov na hitrost in intenzivnost obarvanja jesenovine in bukovine, magistrska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 74 str.
- TORELLI N. 1974. Biološki vidiki ojedritve s poudarkom na fakultativno obarvani jedrovini (rdečem srcu) pri bukvi (*Fagus sylvatica* L.). Gozdarski vestnik, 32, 7/8: 253 – 281
- TORELLI N. 1984. The ecology of wood as illustrated by beech (*Fagus sylvatica* L.). IAWA Bulletin, 5, 2:121 - 127
- TRSTENJAK A. 1996. Psihologija barv. Ljubljana Inštitut Antona Trstenjaka za psihologijo, logoterapijo in antropohigieno: 494 str.
- WILKINS A. P. , STAMP, C. M. 1990. Relationship between wood colour, silvicultural treatment and rate of growth in *Eucalyptus grandis* Hill (Maiden). Wood Science and Technology, 24,4: 297 – 304
- ZIMMERMANN G. 1974. Untersuchungen über Art und Ursachen von Verfärbungen an Bergahorn-Stammholz (*Acer pseudoplatanus* L.). Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 93: 247 – 261
- ZYCHA H. 1948. Über die Kernkolzbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 67, 2: 80 - 109

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri izdelavi, oblikovanju, in urejanju diplomske naloge se zahvaljujem vsem, ki ste mi kakorkoli pomagali pri mojem diplomskem delu.

Posebej se želim zahvaliti mentorju prof.dr. Željku Gorišku in recenzentki prof.dr. Katarini Čufar ter asistentu mag. Alešu Stražetu, ki mi je bil v veliko pomoč pri vseh izvedenih poizkusih.

Najlepša hvala vsem.

## PRILOGE

Priloga A Radialni vlažnostni profil za sveže stanje ( $x$  – lokacija vzorca po premeru hroda,  $u_1$  – vlažnost v svežem stanju)

Opombe	Vzorec	$x$ [mm]	$u_1$ [%]
	1	5	66,2
	2	12	71,2
	3	20	72,5
	4	29	70,7
	5	37	72,2
	6	44	72,9
	7	52	81,5
	8	59	83,2
	9	65	90,0
	10	73	82,9
	11	81	85,4
	12	90	86,8
	13	100	82,5
	14	110	78,0
	15	118	77,7
	16	127	77,3
	17	134	73,7
	18	143	63,8
	19	150	60,8
	20	156	55,1
	21	163	57,2
	22	171	59,0
	23	177	57,9
	24	183	59,5
	25	193	66,4
	26	201	74,3
	27	211	74,8
	28	222	72,1
	29	232	83,8
	30	241	90,0
	31	250	88,7
	32	254	86,2
	33	268	82,0
	34	277	72,8
	35	286	67,9
	36	295	66,2
	37	304	68,0
	38	314	67,8
	39		
Premer		319	
Stržen		166	

Priloga B Radialni vlažnostni profil za spodnji, srednji in zgornji del drevesa po sušenju na suš (x – lokacija vzorca po premeru hloda,  $u_1$  – vlažnost po sušenju na suš)

Opombe	Vzorec	Spodnji del drevesa		Sredina drevesa		Zgornji del drevesa	
		x[mm]	$u_1$ [%]	x[mm]	$u_1$ [%]	x[mm]	$u_1$ [%]
	1	6	57,9	11	52,7	4	55,7
	2	17	53,2	22	52,5	12	54,8
	3	26	52,4	30	54,7	14	57,7
	4	35	50,8	39	57,8	26	56,1
	5	44	47,6	47	61,5	34	62,2
	6	52	47,0	56	62,0	42	64,2
	7	59	46,7	65	61,0	50	65,3
	8	67	49,1	75	60,7	58	65,0
	9	74	52,4	85	60,8	66	67,0
	10	82	55,0	94	62,6	75	64,8
	11	89	54,9	103	63,3	82	67,3
	12	97	57,5	111	68,6	90	66,9
	13	105	64,7	119	67,3	97	61,3
	14	114	63,0	128	60,3	103	56,7
	15	121	62,6	135	58,5	109	54,4
	16	128	61,4	143	59,9	116	59,6
	17	135	56,5	152	65,7	123	58,0
	18	142	55,0	160	65,6	130	63,0
	19	150	56,4	170	62,7	137	62,7
	20	157	55,0	178	63,5	143	65,2
	21	165	57,7	186	64,0	151	66,7
	22	171	62,1	194	64,3	158	65,8
	23	180	61,9	202	63,0	166	66,1
	24	182	59,3	211	63,0	174	68,7
	25	195	60,3	220	62,0	183	66,3
	26	203	61,9	229	61,8	190	61,5
	27	211	60,5	238	62,3	198	61,0
	28	220	61,1	248	61,6	206	63,4
	29	230	61,0	253	60,0	213	62,0
	30	239	55,6	267	58,8	220	60,3
	31	247	52,0	277	58,7	227	62,4
	32	254	52,8	286	57,9	234	61,9
	33	262	53,8			240	60,4
	34	269	57,6			247	59,5
	35	272	57,7				
	36	285	55,4				
	37	293	55,2				
	38	300	54,3				
	39	310	54,4				
premer		315		294		252	
stržen		150		135		116	

Priloga C Spremljanje NTS svežega lesa po dnevih od poseka do končne vlažnosti za obe debelini vzorcev (nazivne debeline A = 50 mm, B = 25 mm) in za štiri ostrine sušenja (K1(20 °C, 33%); K2 (20 °C, 75 %); K3 (38 °C, 33 %), K4 (38 °C, 75 %)). Opomba: N\* - izmerjene vrednosti, ostale izračunane; NTS svežega lesa

		Datum in ura				Odvzem 1	Po odvzemu 1
Vzorec	Klima/Dat.	28.8.2007 17:00	29.8.2007 8:30	29.8.2007 15:00	30.8.2007 9:30	31.8.2007 18:00	31.8.2007 18:00
1A	K1	1931,4	1831,4	1792,6	1704,2	1621,4	-
2A	K1	1922,2	1818,8	1783,4	1702,9	1632	-
1B	K1	1008,6	943,1	919,5	858	806,6	-
2B	K1	967,3	903	879,4	821,2	765,3	-
3A	K2	1971,8	1917,5	1894,9	1836,8	1748,4	-
4A	K2	1943,1	1893,2	1872,9	1820,4	1730,7	-
3B	K2	982,2	950,1	936,5	901,8	848	-
4B	K2	973,8	943,2	930,2	897,1	841	-
5A	K3	1932,5	1713,8	1658,7	1583,6	<b>1511,9*</b>	1311,8
6A	K3	1895,8	1666,5	1617,3	1550,2	<b>1482,4*</b>	1287
5B	K3	971,4	780,2	748,6	704,9	<b>663,5*</b>	576,4
6B	K3	963,1	784,3	747,2	700,4	<b>659*</b>	567,3
7A	K4	1929,9	1807	1754,2	1620,9	<b>1515,8*</b>	1315,1
8A	K4	1917,8	1810,2	1759,6	1646	<b>1552,8*</b>	1349,8
7B	K4	991,3	847,8	804,6	746,1	<b>696,9*</b>	607,3
8B	K4	971,8	851,6	801,7	738,3	<b>687,8*</b>	589,5
Vzorec	Klima / Čas	0	15,5	22,0	40,5	73,0	73,0
1A	K1	71,3	62,4	59,0	51,1	43,8	43,8
2A	K1	67,2	58,2	55,1	48,1	42,0	42,0
1B	K1	78,3	66,7	62,5	51,7	42,6	42,6
2B	K1	79,0	67,1	62,7	52,0	41,6	41,6
3A	K2	73,1	68,4	66,4	61,3	53,5	53,5
4A	K2	68,2	63,9	62,1	57,6	49,8	49,8
3B	K2	83,0	77,0	74,5	68,0	58,0	58,0
4B	K2	81,5	75,8	73,4	67,2	56,7	56,7
5A	K3	64,4	45,8	41,1	34,7	<b>28,6*</b>	28,6
6A	K3	64,1	44,2	40,0	34,2	<b>28,3*</b>	28,3
5B	K3	73,7	39,5	33,9	26,1	<b>18,7*</b>	18,7
6B	K3	73,9	41,6	34,9	26,5	<b>19,0*</b>	19,0
7A	K4	68,1	57,4	52,8	41,1	<b>32,0*</b>	32,0
8A	K4	63,1	53,9	49,6	40,0	<b>32,1*</b>	32,1
7B	K4	76,6	51,0	43,3	32,9	<b>24,2*</b>	24,2
8B	K4	74,8	53,1	44,2	32,8	<b>23,7*</b>	23,7

– se nadaljuje

– nadaljevanje

		Odvzem 2	Po odvzemu 2		Odvzem 3	Po odvzemu 3	
Vzorec	Klima/Dat.	3.9.2007 9:30	3.9.2007 9:30	4.9.2007 15:00	5.9.2007 8:30	5.9.2007 8:30	6.9.2007 10:30
1A	K1	1498,4	1312,1	1284,4	1271,5	-	1255,7
2A	K1	1515,9	1322,5	1296	1283,7	-	1268,4
1B	K1	718,9	621,3	603,7	595,4	-	585,4
2B	K1	679,9	599,7	582,7	574,7	-	565,1
3A	K2	1618,7	1421	1372,4	1345	-	1325,2
4A	K2	1625	1414,2	1382,8	1361,1	-	1345,5
3B	K2	765	661,3	644,7	630	-	618,1
4B	K2	756,9	657,2	641,4	627,3	-	615,3
5A	K3	1249,4	1058,9	1043,9	1034,71	864,33	855,11
6A	K3	1225,6	1046,7	1030,8	1022,41	854,53	845,37
5B	K3	542,7	464,3	457,2	453,84	378,9	375,42
6B	K3	534,5	456,8	449,9	446,57	374,53	371,09
7A	K4	1253,4	1070,8	1057,5	1050,56	875,66	868,91
8A	K4	1289	1099	1086	1079,08	900,4	894,8
7B	K4	573,5	492,5	486,5	483,17	405,55	403,89
8B	K4	580,3	473,9	468,3	465,31	387,2	385,68
Vzorec	Klima / Čas	136,5	136,5	166,0	183,5	183,5	209,5
1A	K1	32,9*	32,9	30,1	28,8	28,8	27,2
2A	K1	31,9*	31,9	29,2	28,0	28,0	26,5
1B	K1	27,1*	27,1	23,5	21,8	21,8	19,7
2B	K1	25,8*	25,8	22,2	20,6	20,6	18,6
3A	K2	42,1*	42,1	37,3	34,5	34,5	32,5
4A	K2	40,7*	40,7	37,6	35,4	35,4	33,8
3B	K2	42,5*	42,5	38,9	35,8	35,8	33,2
4B	K2	41,1*	41,1	37,7	34,6	34,6	32,1
5A	K3	23,1*	23,1	21,3	20,9*	20,9	19,6
6A	K3	22,8*	22,8	20,9	20,4*	20,4	19,1
5B	K3	12,6*	12,6	10,9	10,7*	10,7	9,7
6B	K3	12,6*	12,6	10,9	10,9*	10,9	9,9
7A	K4	26,4*	26,4	24,9	24,5*	24,5	23,5
8A	K4	27,1*	27,1	25,6	25,0*	25,0	24,3
7B	K4	18,9*	18,9	17,5	16,3*	16,3	15,8
8B	K4	19,0*	19,0	17,6	16,7*	16,7	16,2

– se nadaljuje

– nadaljevanje

		Odvzem 4	Po odvzemu 4		Odvzem 5	Po odvzemu 5	
Vzorec	Klima/Dat.	7.9.2007 10:00	7.9.2007 10:00	10.9.2007 9:00	11.9.2007 12:00	11.9.2007 12:00	12.9.2007 11:30
1A	K1	1244,1	1067,32	1042,2	1035,03	864	858,53
2A	K1	1257,0	1086,31	1061,19	1053,97	887,4	881,91
1B	K1	578,1	498,38	483,13	479,21	402,1	399,21
2B	K1	558,3	482,02	468,18	464,99	392,1	389,72
3A	K2	1299,0	1119,8	1085,69	1079,9	-	1072,74
4A	K2	1322,7	1141,57	1110,46	1105,31	-	1098,38
3B	K2	601,5	514,74	496,03	493,62	-	489,7
4B	K2	599,0	513,73	495,36	492,91	-	488,99
5A	K3	847,7	683,21	668,45	663,98	503,8	500,67
6A	K3	837,74	675,74	660,48	656,06	499,5	496,35
5B	K3	373,32	300,65	296,97	296,21	225	224,17
6B	K3	368,97	298,92	295,3	294,55	223,8	222,92
7A	K4	862,59	696,43	685,91	682,28	516,5	514,61
8A	K4	887,88	716,59	705,66	701,76	530,6	528,99
7B	K4	402,8	324,98	322,17	321,97	245,8	245,45
8B	K4	383,5	307,14	304,05	303,89	229,1	228,85
<b>Vzorec</b>	<b>Klima / Čas</b>	<b>233,0</b>	<b>233,0</b>	<b>304,0</b>	<b>331,0</b>	<b>331,0</b>	<b>354,5</b>
1A	K1	26,8*	26,8	23,9	22,7*	22,7	21,9
2A	K1	26,0*	26,0	23,0	22,4*	22,4	21,7
1B	K1	18,7*	18,7	15,1	14,8*	14,8	13,9
2B	K1	17,7*	17,7	14,3	13,6*	13,6	12,9
3A	K2	34,6*	34,6	30,5	29,8	29,8	28,9
4A	K2	33,6*	33,6	30,0	29,4	29,4	28,6
3B	K2	30,3*	30,3	25,6	25,0	25,0	24,0
4B	K2	29,2*	29,2	24,6	24,0	24,0	23,0
5A	K3	18,1*	18,1	15,5	14,7*	14,7	14,0
6A	K3	17,5*	17,5	14,9	14,2*	14,2	13,4
5B	K3	9,1*	9,1	7,7	8,1*	8,1	7,7
6B	K3	8,7*	8,7	7,3	8,0*	8,0	7,5
7A	K4	22,4*	22,4	20,6	20,2*	20,2	19,7
8A	K4	22,9*	22,9	21,0	20,3*	20,3	19,9
7B	K4	15,3*	15,3	14,3	14,6*	14,6	14,4
8B	K4	15,3*	15,3	14,1	14,2*	14,2	14,1

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Vzorec	Klima/Dat.	Odvzem 6		Po odvzemu 6		17.9.2007 11:30	18.9.2007 10:00	19.9.2007 12:00
		13.9.2007 11:00	14.9.2007 13:30	14.9.2007 13:30	17.9.2007 11:30			
1A	K1	854,02	849,4	682,93	674,17	672	669,35	
2A	K1	877,25	872,51	712,54	703,25	700,9	698,01	
1B	K1	397,1	395,23	319,82	316,68	316,2	315,42	
2B	K1	388	386,49	315,78	313,23	312,9	312,21	
3A	K2	1065,4	1060,64	897,6	893,59	891,4	888,6	
4A	K2	1091,91	1086,76	922,7	920,2	918,1	915,5	
3B	K2	486,18	483,8	406,79	407,62	406,7	405,6	
4B	K2	485,48	483,04	406,33	406,63	405,7	404,6	
5A	K3	498,09	495,71					
6A	K3	493,97	491,63					
5B	K3	223,84	223,56					
6B	K3	222,55	22,311					
7A	K4	512,8	510,69					
8A	K4	526,95	525,17					
7B	K4	245,39	245,37					
8B	K4	228,97	229					
<b>Vzorec</b>	<b>Klima / Čas</b>	<b>378,0</b>	<b>404,50</b>	<b>404,50</b>	<b>474,50</b>	<b>497,00</b>	<b>523,00</b>	
1A	K1	21,3	<b>21,18*</b>	21,2	19,6	19,2	18,8	
2A	K1	21,0	<b>20,55*</b>	20,5	19,0	18,6	18,1	
1B	K1	13,3	<b>13,12*</b>	13,1	12,0	11,8	11,6	
2B	K1	12,4	<b>12,05*</b>	12,1	11,1	11,0	10,8	
3A	K2	28,0	<b>27,03*</b>	27,0	26,5	26,2	25,8	
4A	K2	27,8	<b>26,95*</b>	27,0	26,6	26,3	26,0	
3B	K2	23,1	<b>20,87*</b>	20,9	21,1	20,8	20,5	
4B	K2	22,1	<b>20,62*</b>	20,6	20,7	20,4	20,1	
5A	K3	13,4	<b>13,70*</b>					
6A	K3	12,9	<b>12,04*</b>					
5B	K3	7,6	<b>7,53*</b>					
6B	K3	7,4	<b>7,59*</b>					
7A	K4	19,3	<b>19,08*</b>					
8A	K4	19,5	<b>19,20*</b>					
7B	K4	14,4	<b>14,45*</b>					
8B	K4	14,1	<b>14,20*</b>					

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Vzorec	Klima/Dat.	20.9.2007 8:30	21.9.2007 11:00	24.9.2007 9:00	26.9.2007 11:00	28.9.2007 12:30	2.10.2007 10:00
1A	K1		665,3	659,7	655,49	651,85	646,14
2A	K1		693,8	687,8	683,19	679,32	673,19
1B	K1		314,6	313,4	312,18	311,25	310,11
2B	K1		311,6	310,6	309,49	308,65	307,55
3A	K2	887,33	884,8	874,8	868,45	862,98	855,14
4A	K2	914,17	911,4	901	894,73	889,61	881,44
3B	K2	405,35	404,4	399,9	397,47	395,9	394,16
4B	K2	404,39	403,8	399,1	396,83	395,32	393,72
<b>Vzorec</b>	<b>Klima / Čas</b>	<b>543,50</b>	<b>570,00</b>	<b>640,00</b>	<b>690,00</b>	<b>739,50</b>	<b>833,00</b>
1A	K1	18,4	18,0	17,1	16,3	15,7	14,6
2A	K1	17,7	17,4	16,4	15,6	14,9	13,9
1B	K1	11,4	11,3	10,9	10,4	10,1	9,7
2B	K1	10,7	10,6	10,2	9,8	9,5	9,1
3A	K2	25,6	25,2	23,8	22,9	22,1	21,0
4A	K2	25,8	25,4	24,0	23,1	22,4	21,3
3B	K2	20,4	20,2	18,8	18,1	17,6	17,1
4B	K2	20,0	19,9	18,5	17,8	17,3	16,9

Priloga D Spremljanje TS po sušenju na suš po dnevih od poseka do končne vlažnosti za obe debelini vzorcev (nazivne debeline A = 50 mm, B = 25 mm) in za štiri ostrine sušenja (K1(20 °C, 33%); K2 (20 °C, 75 %); K3 (38 °C, 33 %), K4 (38 °C, 75 %)). Opomba: N\* - izmerjene vlažnosti, ostale izračunane; TS po sušenju na suš

		Odvzem7		Po odvzemu7		
Vzorec	Klima	14.9.2007 14:00	17.9.2007 11:15	17.9.2007 11:15	18.9.2007 9:45	19.9.2007 12:00
9A	K1	2143,7	1841,1	1656,7	1611,8	1585,7
10A	K1	2164	1847,1	1661,6	1609,6	1581,3
9B	K1	1091,58	896,6	806,9	769,4	751,2
10B	K1	1076,88	872,8	783,4	748,2	730
11A	K2	2154,9	1913,9	1724,2	1688,8	1659,6
12A	K2	2024,1	1807,9	1628,1	1587,4	1554,2
12B	K2	978,69	831,8	746,1	723,4	708,6
13A	K3	2170,7	1725,2	1553,2	1524,5	1497,7
14A	K3	2195	1714,8	1546,8	1517,7	1490,9
13B	K3	1109,28	790	710,1	692,7	677,2
14B	K3	1145,63	829,7	748,6	730,2	713,9
15A	K4	2166,7	1770,6	1588,6	1556,4	1526,9
16A	K4	2172,8	1809,9	1618,9	1585,7	1557
15B	K4	1102,29	805,5	723,6	704,3	687,8
16B	K4	1112,44	865,5	774,4	752,8	735,6
Vzorec	Klima / Čas	0	69,2	69,2	91,7	118,0
9A	K1	60,0	37,4*	37,4	33,5	31,4
10A	K1	63,5	39,5*	39,5	34,4	32,0
9B	K1	65,3	35,8*	35,8	31,0	27,9
10B	K1	68,2	36,3*	36,3	30,6	27,4
11A	K2	58,0	40,3*	40,3	37,5	35,1
12A	K2	57,5	40,7*	40,7	38,7	35,8
12B	K2	64,7	40,0*	40,0	33,2	30,5
13A	K3	60,6	27,6*	27,6	25,1	22,9
14A	K3	62,9	27,2*	27,2	24,7	22,5
13B	K3	67,5	19,3*	19,3	17,3	14,7
14B	K3	66,9	20,9*	20,9	19,0	16,4
15A	K4	61,1	31,6*	31,6	28,6	26,2
16A	K4	61,2	34,3*	34,3	29,2	26,9
15B	K4	73,1	26,5*	26,5	23,0	20,1
16B	K4	64,8	28,2*	28,2	24,2	21,4

– se nadaljuje

– nadaljevanje

		Odvzem 8	Po odvzemu 8	Odvzem 9	Po odvzemu 9	Odvzem 10	Po odvzemu 10
Vzorec	Klima	20.9.2007 8:30	20.9.2007 8:30	21.9.2007 11:00	21.9.2007 11:00	24.9.2007 9:00	24.9.2007 9:00
9A	K1	1581,7	1401,2	1373,6		1335,2	1156,64
10A	K1	1577,2	1398,4	1368,8		1328,8	1150,59
9B	K1	750	661,3	641,4		617	541,39
10B	K1	729,15	642,5	623,3		599,1	521,33
11A	K2	1645,4	1459,4	1446,1		1403,7	1212,2
12A	K2	1538,6	1362,1	1346,2		1301,4	1124,6
12B	K2	701,9	620,2	613,8		590,6	510,6
13A	K3	1477,1	1312,4	1295,8	1096,3	1068,4	894
14A	K3	1470,5	1304,5	1288	1098,49	1070	896
13B	K3	665,4	587,4	578,7	501,45	490,3	418,4
14B	K3	701,2	623,2	613,6	536	522	387,1
15A	K4	1509,1	1336,5	1322,4	1142,2	1119,3	935,8
16A	K4	1538,2	1352,2	1337,8	1137,04	1112,7	937,2
15B	K4	678,4	600,7	593,8	516,4	508,1	426,9
16B	K4	725,2	640	632	544,19	533,7	448,9
Vzorec	Klima / Čas	138,5	138,5	165,0	165,0	235,0	235,0
9A	K1	31,1*	31,1	28,5	28,5	25,9*	25,9
10A	K1	31,7*	31,7	28,9	28,9	25,7*	25,7
9B	K1	27,7*	27,7	23,8	23,8	18,8*	18,8
10B	K1	27,2*	27,2	23,4	23,4	18,7*	18,7
11A	K2	34,0*	34,0	32,8	32,8	29,5*	29,5
12A	K2	34,5*	34,5	32,9	32,9	29,3*	29,3
12B	K2	29,2*	29,2	27,9	27,9	23,4*	23,4
13A	K3	21,2*	21,2	19,6	19,6	18,3*	18,3
14A	K3	20,8*	20,8	19,3	19,3	16,9*	16,9
13B	K3	12,7*	12,7	11,0	11,0	10,0*	10,0
14B	K3	14,3*	14,3	12,5	12,5	9,5*	9,5
15A	K4	24,7*	24,7	23,4	23,4	22,1*	22,1
16A	K4	25,3*	25,3	24,0	24,0	22,9*	22,9
15B	K4	18,4*	18,4	17,1	17,1	16,0*	16,0
16B	K4	19,7*	19,7	18,2	18,2	16,4*	16,4

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Vzorec	Klima			Odvzem 11	Po odvzemu 11		
		25.9.2007 10:30	26.9.2007 11:00	27.9.2007 13:00	27.9.2007 13:00	28.9.2007 12:30	1.10.2007 11:00
9A	K1	1144,55	1135,5	1127,9	960,48	953,42	937,68
10A	K1	1138,24	1129,0	1121,22	956,18	949,02	933,11
9B	K1	533,62	528,3	524,19	448,42	444,55	437,65
10B	K1	513,7	508,4	504,25	429,23	425,43	418,49
11A	K2	1203,1	1194,3	1186,85	1015,89	1010,58	996,5
12A	K2	1116,2	1107,7	1100,56	909,63	904,55	891,85
12B	K2	506	501,3	497,73	424,69	422,56	416,99
13A	K3	885,1	877,82	871,45	714,81	709,91	698,81
14A	K3	887,8	880,9	874,65	720,18	715,35	704,12
13B	K3	415,5	413,53	412,03	339,54	338,24	336,12
14B	K3	384,2	382,29	380,75	292,14	290,94	288,96
15A	K4	931	925,64	920,6	760,1	757,25	747,57
16A	K4	932,4	926,73	921,52	757,27	753,75	744,45
15B	K4	425,9	424,63	423,58	349,57	349,59	348,26
16B	K4	447,4	445,79	444,47	364,49	364,01	362,43
<b>Vzorec</b>	<b>Klima / Čas</b>	<b>260,5</b>	<b>285,0</b>	<b>311,0</b>	<b>311,0</b>	<b>334,5</b>	<b>405,0</b>
9A	K1	24,7	23,7	22,9*	22,9	22,0	20,0
10A	K1	24,9	23,9	23,0*	23,0	22,1	20,1
9B	K1	17,0	15,8	14,9*	14,9	13,9	12,1
10B	K1	17,4	16,2	15,2*	15,2	14,2	12,3
11A	K2	28,8	27,9	27,1*	27,1	26,4	24,6
12A	K2	28,9	27,9	27,1*	27,1	26,4	24,6
12B	K2	22,1	21,0	20,1*	20,1	19,5	18,0
13A	K3	18,0	17,1	16,2*	16,2	15,4	13,6
14A	K3	17,1	16,2	15,4*	15,4	14,6	12,8
13B	K3	9,7	9,1	8,7*	8,7	8,3	7,6
14B	K3	9,7	9,1	8,7*	8,7	8,2	7,5
15A	K4	21,6	20,9	20,3*	20,3	19,8	18,3
16A	K4	22,4	21,7	21,0*	21,0	20,5	19,0
15B	K4	15,4	15,1	14,8*	14,8	14,8	14,3
16B	K4	16,1	15,6	15,3*	15,3	15,1	14,6

– se nadaljuje

R – nadaljevanje

		Odvzem 12	Po odvzemu 12		
Vzorec	Klima	2.10.2007 10:00	2.10.2007 10:00	5.10.2007 14:00	9.10.2007
9A	K1	934,16	758,3	748,51	738,9
10A	K1	929,56	754,78	744,81	735,02
9B	K1	436,4	356,83	353,42	351,19
10B	K1	417,19	338,68	335,47	333,37
11A	K2	993,88	810,45	806,23	800,27
12A	K2	889,46	710,58	706,8	701,59
12B	K2	416,44	336,13	336,73	336,33
13A	K3	696,41	532,4	526,19	520,23
14A	K3	701,74	537,68	531,27	525,48
13B	K3	335,72	258,78	257,58	256,71
14B	K3	288,62	207,81	206,74	206,01
15A	K4	745,29	571,44	566,7	561,8
16A	K4	742,16	563,82	559,03	553,87
15B	K4	348,05	268,36	268,43	268,07
16B	K4	362,09	277,62	277,4	277,18
<b>Vzorec</b>	<b>Klima / Čas</b>	<b>428,0</b>	<b>428,0</b>	<b>504,0</b>	<b>586,0</b>
9A	K1	19,8*	19,8	18,3	16,8
10A	K1	20,1*	20,1	18,5	16,9
9B	K1	12,2*	12,2	11,1	10,4
10B	K1	12,4*	12,4	11,3	10,6
11A	K2	24,7*	24,7	24,0	23,1
12A	K2	24,3*	24,3	23,6	22,7
12B	K2	17,8*	17,8	18,0	17,9
13A	K3	13,1*	13,1	11,8	10,5
14A	K3	12,9*	12,9	11,6	10,3
13B	K3	7,8*	7,8	7,3	6,9
14B	K3	7,7*	7,7	7,1	6,7
15A	K4	18,3*	18,3	17,3	16,3
16A	K4	19,5*	19,5	18,5	17,4
15B	K4	14,3*	14,3	14,3	14,2
16B	K4	14,6*	14,6	14,5	14,4

Priloga E Meritev barve s tremi parametri na petih lokacijah v razmaku šestih milimetrov pri debelejših vzorcih do sredine vzorca ( $L^*$  - faktor svetlosti,  $a^*$  - zeleno - rdeča,  $b^*$  - modro - rumena ravnina kromatskih barv) ter izračun celotne barvne razlike med prvo (tik pod površino) in zadnjo meritvijo v sredini vzorca

Označevanje: NAN (N – klima vzorca, A – debelina vzorca, N – dnevi odzema 1 – 5)

Vzorec/ globina	M0 – [površina]			M1/[49mm]			M2/ [43mm]			M3/ [37mm]			M4/ [31mm]			M5/ [25mm]			$\Delta E$
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	
1A 2	62,1	15,9	25,7	83,3	6,9	16,0	82,9	6,8	16,3	81,7	7,4	16,7	81,6	7,2	16,2	81,9	7,2	16,8	1,64
1A 4	62,8	15,5	26,6	83,1	6,8	16,1	83,3	6,8	16,3	82,2	7,5	16,6	82,3	6,9	16,5	79,9	8,6	17,9	4,09
1A 5	63,8	15,6	25,7	83,0	6,7	16,5	83,4	6,7	16,5	83,2	6,8	16,6	81,6	7,6	16,9	82,3	7,1	16,8	0,86
1A 6	64,8	14,0	24,4	83,1	6,9	16,7	83,1	6,9	16,2	82,6	7,1	16,6	82,5	7,1	16,5	82,0	7,4	17,3	1,35
1A 12	67,0	14,6	24,8	83,1	6,8	16,6	82,1	7,1	16,4	81,9	7,2	16,2	79,8	7,8	16,9	80,7	7,8	17,4	2,72
2A 2	68,1	13,0	25,4	82,2	7,4	16,6	83,3	6,8	16,5	83,3	6,7	16,2	82,1	7,3	16,2	81,4	7,5	17,2	1,00
2A 4	62,2	16,1	26,4	82,7	7,0	16,5	83,8	6,5	16,4	83,7	6,6	16,3	82,0	7,3	16,5	81,1	7,9	17,5	2,09
2A 5	70,7	12,5	26,5	82,9	7,0	16,7	83,3	6,7	16,4	83,5	6,7	16,3	82,8	6,9	16,3	82,2	7,1	17,1	0,81
2A 6	70,4	12,5	26,5	82,9	6,9	16,7	82,9	6,8	16,3	83,1	6,9	16,4	82,3	7,1	16,4	82,2	7,3	17,1	0,90
2A 12	70,7	12,6	25,3	82,4	7,4	16,8	82,5	6,7	16,9	82,1	7,0	16,4	81,4	7,3	16,2	81,3	7,5	17,7	1,42
3A 2	62,9	13,1	23,0	83,0	6,9	16,9	82,5	7,2	17,0	82,2	7,3	16,7	82,1	7,1	15,9	80,9	7,8	17,7	2,42
3A 4	64,2	15,2	26,9	82,9	7,0	16,9	83,3	6,8	16,3	82,4	7,2	16,4	82,0	7,4	16,4	81,9	7,3	16,9	1,04
3A 6	61,6	13,7	23,8	81,9	7,3	16,5	83,3	6,8	16,9	83,0	6,8	16,7	81,2	7,8	17,4	81,1	7,7	18,2	1,92
3A 12	66,6	11,3	22,1	81,5	7,1	16,5	82,5	7,1	16,3	82,9	6,8	17,0	82,0	7,4	16,9	81,9	7,4	18,3	1,87
4A 2	66,3	13,9	26,7	83,0	7,0	17,2	83,1	6,8	16,1	82,6	7,1	16,4	82,1	7,2	16,9	80,7	7,9	16,8	2,50
4A 4	65,4	14,0	26,3	83,5	6,6	16,7	83,1	6,9	17,0	82,1	7,4	16,7	81,8	7,5	16,8	81,2	7,9	17,5	2,76
4A 6	61,8	15,5	26,2	82,7	6,9	16,8	82,8	7,0	17,2	82,0	7,4	17,5	81,3	7,7	17,7	80,7	8,1	18,3	2,77
4 A12	65,7	13,2	25,0	81,4	7,4	16,5	81,9	7,2	16,9	81,0	7,6	17,3	80,7	8,0	17,7	81,7	7,7	18,0	1,56
5A 1	72,5	11,7	22,8	81,9	7,2	15,9	82,5	7,1	15,8	82,3	7,1	15,9	81,9	7,2	15,5	80,6	7,7	16,0	1,40
5A 2	74,8	10,7	22,6	81,4	7,6	16,5	82,3	7,2	15,9	82,3	7,0	15,9	81,1	7,3	15,5	81,0	7,6	16,2	0,50
5A 3	64,5	13,2	22,0	81,9	7,4	16,4	82,0	7,4	16,1	81,9	7,1	15,8	81,5	7,2	15,6	79,9	7,8	16,6	2,05
5A 4	70,1	13,2	25,7	81,5	7,5	17,0	81,5	7,5	15,9	82,1	7,1	16,1	81,2	7,5	15,9	79,9	8,1	16,6	1,75
5A 5	70,4	13,1	25,6	82,0	7,4	16,8	79,7	8,1	16,1	80,3	7,7	16,1	79,9	7,9	16,9	78,5	8,3	16,9	3,62
5A 6	66,3	12,8	21,7	81,8	7,4	16,1	79,3	8,2	16,1	79,5	7,9	15,9	77,4	8,8	16,8	76,9	8,9	17,5	5,31
6A 1	69,2	13,3	25,9	81,0	7,9	16,5	82,3	7,2	17,9	82,1	7,1	16,7	81,8	7,2	15,6	79,8	8,2	17,1	1,37
6A 2	70,1	12,5	24,9	80,8	8,0	16,3	82,1	7,4	17,2	81,7	7,3	16,9	81,6	7,2	15,8	80,1	8,1	16,7	0,81
6A 3	69,6	12,8	25,2	81,3	7,8	16,3	83,2	6,7	16,6	82,6	7,0	16,1	81,8	7,2	15,7	80,3	8,1	16,5	1,06
6A 4	69,4	13,5	24,4	81,3	7,7	16,5	82,0	7,3	16,3	82,3	7,2	16,2	81,7	7,4	15,4	79,5	8,1	17,2	1,97
6A 5	71,8	11,8	24,8	81,1	8,0	16,9	79,3	8,1	16,2	80,4	8,2	16,5	79,8	7,8	16,3	78,6	8,4	17,0	2,53
6A 6	71,0	11,6	23,0	81,7	7,7	16,4	78,8	8,6	16,4	79,8	8,1	16,8	78,7	8,0	16,3	77,7	8,6	17,0	4,14
7A 1	66,4	13,9	27,0	82,2	7,3	16,3	82,7	7,1	16,0	82,0	7,4	15,9	81,5	7,5	16,2	81,2	7,6	16,4	1,05
7A 2	65,7	14,0	26,3	80,7	7,9	16,9	81,4	7,5	16,4	81,7	7,4	16,4	81,8	7,1	16,8	80,9	7,7	16,1	0,85
7A 3	65,0	14,0	25,5	80,2	8,1	16,4	81,6	7,5	16,3	82,0	7,4	16,0	81,4	7,5	16,0	79,8	8,3	17,2	0,92
7A 4	61,9	13,2	22,4	79,6	8,3	16,2	81,7	7,5	16,5	82,1	7,1	15,7	81,6	7,5	16,4	80,3	8,1	16,6	0,83
7A 5	64,1	13,7	24,5	78,1	8,7	16,3	81,4	7,4	15,6	80,1	8,1	16,4	77,8	9,3	16,6	77,0	9,8	17,5	1,96
7A 6	61,1	13,3	22,0	78,1	8,7	16,5	78,5	8,7	15,8	80,0	8,0	15,9	75,2	10,3	17,3	75,4	10,1	17,6	3,23
8A 1	68,4	13,4	25,0	81,3	7,5	16,9	82,6	7,1	16,2	82,3	7,1	16,1	82,2	6,9	16,0	82,4	7,2	16,5	1,21
8A 2	62,4	12,8	21,9	81,2	7,5	17,1	82,3	7,1	16,2	82,1	7,1	16,5	82,2	7,0	16,5	81,8	7,4	16,9	0,64

– se nadaljuje

– nadaljevanje

8A 3	65,3	14,3	25,7	80,3	8,1	16,4	82,8	6,9	16,4	82,6	7,0	15,9	81,0	7,5	16,3	80,3	7,9	17,1	0,73
8A 4	61,9	14,0	23,8	79,2	8,5	16,9	82,0	7,3	16,6	81,6	7,4	16,6	80,0	7,6	16,2	80,3	8,2	17,0	1,14
8A 5	64,4	14,6	25,8	78,4	8,6	16,5	72,5	6,9	16,0	81,4	7,4	16,1	78,5	8,7	16,8	78,9	8,5	16,3	0,55
8A 6	64,5	12,2	22,4	78,6	8,6	16,5	81,6	7,4	15,9	80,6	7,8	16,3	77,3	9,1	16,2	74,7	10,5	18,1	4,62
9A 7	70,3	13,4	26,3	83,7	6,7	16,9	84,5	6,3	16,0	84,2	6,5	16,4	82,9	6,9	17,2	82,0	7,5	16,4	1,94
9A 8	72,6	12,6	27,1	83,4	6,8	17,2	84,2	6,6	16,3	84,4	6,2	16,4	84,3	6,3	17,3	82,6	7,4	16,2	1,41
9A 10	74,7	11,7	25,9	83,8	6,7	16,8	85,0	6,2	16,3	85,0	6,1	16,4	83,6	6,8	17,1	83,5	6,8	17,2	0,51
9A 11	73,5	12,5	26,7	83,6	6,7	16,6	84,5	6,4	17,1	84,9	6,0	16,7	84,5	6,4	17,0	83,4	7,0	17,4	0,88
9A 12	73,5	11,1	24,8	84,1	6,3	16,6	84,4	6,3	16,6	84,7	6,2	16,4	83,0	7,1	17,0	84,1	6,7	17,1	0,64
10A 7	68,9	14,7	27,0	83,7	6,8	16,7	83,1	6,7	16,4	82,6	7,1	16,3	81,1	7,7	16,8	81,0	7,7	16,4	2,86
10A 8	70,6	13,5	26,8	83,5	6,8	17,4	84,3	6,3	16,7	83,7	6,7	17,0	82,1	7,5	17,6	82,4	7,3	16,8	1,35
10A 10	71,7	12,7	26,5	83,3	7,0	17,7	83,9	6,8	17,4	84,2	6,5	16,8	82,5	7,3	17,5	82,0	7,7	17,7	1,48
10A 11	72,7	12,4	25,9	83,0	7,1	17,1	83,9	6,7	17,2	84,2	6,6	17,4	83,2	6,9	17,2	82,0	7,7	17,9	1,41
10A 12	71,5	11,6	24,6	82,8	7,1	17,4	83,2	6,9	16,8	83,9	6,5	16,8	83,0	6,8	18,0	83,0	7,1	17,6	0,28
11A 7	72,1	12,0	27,0	83,9	6,6	17,2	84,4	6,3	16,3	83,7	6,5	16,3	82,4	7,3	17,4	82,7	7,2	16,8	1,40
11A 8	69,8	14,0	26,6	84,3	6,2	17,1	85,0	6,0	16,3	84,0	6,4	16,3	82,6	7,3	17,1	83,0	7,0	16,3	1,72
11A 10	71,6	13,0	26,3	84,2	6,3	17,2	85,1	6,1	16,7	84,3	6,5	16,5	83,0	7,1	17,0	83,3	6,9	16,9	1,12
11A 11	72,3	12,4	26,4	83,4	6,6	17,0	85,0	6,1	17,0	84,5	6,3	16,9	83,7	6,8	17,4	83,6	6,9	17,3	0,47
11A 12	73,9	11,9	25,0	83,5	6,5	16,7	84,7	6,1	17,1	84,0	6,4	17,1	83,1	7,0	17,9	83,6	6,8	17,3	0,68
12A 7	70,8	13,0	27,2	83,9	6,5	16,9	84,5	6,3	16,6	83,5	6,7	16,4	81,9	7,4	17,6	81,0	7,9	16,3	3,28
12A 8	76,3	10,3	23,3	84,0	6,8	16,7	84,6	6,2	16,6	83,9	6,6	16,5	82,4	7,3	17,5	82,6	7,1	16,4	1,46
12A 10	71,6	12,7	24,2	83,6	6,6	16,6	84,8	6,4	16,6	84,5	6,4	15,7	82,3	7,4	17,7	82,5	7,1	17,4	1,45
12A 11	66,9	13,2	22,2	84,2	6,5	15,5	84,6	6,3	16,1	84,1	6,5	15,9	81,9	7,7	17,7	81,0	8,1	18,2	4,48
12A 12	71,0	12,8	24,3	83,0	6,8	16,1	84,7	6,3	16,6	83,8	6,7	16,3	82,7	7,2	17,8	82,6	7,4	18,3	2,32
13A 7	76,1	10,0	23,9	83,4	6,8	16,5	85,3	5,9	15,9	84,8	6,2	15,0	83,5	6,7	16,1	83,8	6,3	16,1	0,75
13A 8	78,6	9,3	22,6	82,6	6,9	15,9	83,7	6,6	16,2	84,5	6,1	16,0	84,7	6,2	15,8	83,1	6,9	16,8	1,03
13A 9	76,6	10,2	24,9	81,9	7,6	16,7	83,4	6,9	16,1	84,3	6,4	16,5	83,7	6,6	17,1	83,1	6,9	17,4	1,56
13A 10	77,1	10,2	24,6	81,9	7,5	16,5	82,5	7,1	15,9	84,4	6,4	16,2	84,1	6,3	16,7	83,5	6,8	16,2	1,77
13A 11	76,3	10,8	24,3	82,3	7,2	16,2	82,5	7,0	16,1	83,4	6,7	16,3	83,0	6,7	16,9	83,1	6,8	16,7	1,02
13A 12	74,4	10,2	22,9	82,4	7,1	16,9	82,2	6,8	15,7	81,7	7,2	15,9	80,8	7,6	17,2	80,6	7,7	17,3	1,94
14A 7	74,3	12,1	26,0	82,6	7,2	17,1	83,8	6,8	16,7	83,8	6,4	16,3	82,8	7,0	16,7	81,8	7,3	16,6	0,95
14A 8	72,3	12,8	27,0	82,5	7,2	17,3	84,0	6,4	16,9	84,0	6,6	16,5	83,4	6,7	16,8	82,6	7,1	16,6	0,71
14A 9	73,2	12,2	26,4	82,1	7,4	17,1	83,7	6,8	16,3	84,1	6,4	16,3	82,8	7,1	16,6	80,9	7,9	16,4	1,48
14A 10	73,7	12,1	25,6	82,6	7,2	16,0	83,3	6,8	17,0	83,7	6,6	16,3	82,9	6,8	16,5	81,7	7,4	16,4	1,00
14A 11	74,0	11,7	25,8	82,3	7,5	16,7	82,3	7,2	16,7	82,7	7,1	16,8	81,9	7,3	17,0	80,9	7,7	17,1	1,47
14A 12	74,1	11,5	25,4	82,3	7,2	16,7	81,8	7,3	16,4	81,6	7,2	16,0	80,9	7,6	16,5	80,8	7,7	16,8	1,58
15A 7	69,2	12,4	25,0	83,6	6,8	16,8	84,3	6,4	16,5	83,9	6,6	16,6	84,0	6,2	17,1	82,4	7,0	16,3	1,32
15A 8	69,5	12,8	25,6	82,5	7,1	16,5	84,3	6,3	16,3	84,0	6,4	16,1	83,9	6,5	16,4	83,4	6,8	16,1	1,03
15A 9	69,9	12,7	26,0	81,9	7,3	16,7	84,1	6,5	16,0	84,0	6,6	16,6	83,9	6,4	16,8	82,9	7,0	16,6	1,05
15A 10	70,4	12,1	25,0	81,6	7,3	16,0	83,5	7,1	16,9	84,0	6,5	16,7	83,7	6,5	16,9	82,8	6,9	16,3	1,30
15A 11	71,8	11,7	25,2	81,6	7,3	16,0	83,8	6,6	16,3	84,0	6,5	16,6	83,4	6,7	16,6	82,2	7,3	16,4	0,72
15A 12	70,6	12,3	25,1	81,0	7,5	16,3	81,7	7,5	16,2	83,1	6,9	16,6	82,5	7,1	16,2	81,7	7,3	16,4	0,73
16A 7	66,9	12,2	22,7	86,0	5,9	13,6	85,7	6,1	13,8	85,5	6,2	13,7	84,0	6,7	14,7	84,4	6,3	15,1	2,23
16A 8	67,7	13,9	26,3	84,9	6,2	14,6	86,5	5,8	13,3	86,3	5,8	13,5	85,5	6,1	13,4	84,4	6,6	14,9	0,71
16A 9	69,0	13,6	26,5	82,1	7,6	16,7	85,0	6,2	15,9	84,5	6,5	15,6	83,9	6,7	16,8	83,7	6,8	16,7	1,79
16A 10	67,4	14,2	26,4	80,4	8,3	16,2	82,5	7,4	16,4	83,8	6,7	15,8	83,4	6,8	16,6	83,4	6,8	16,6	3,38
16A 11	69,6	13,3	26,2	80,3	7,8	15,3	84,1	6,4	15,5	82,9	6,9	15,0	82,9	7,2	15,3	83,7	6,8	15,1	3,55
16A 12	70,1	12,8	26,0	81,7	7,5	14,8	82,1	7,2	14,9	79,8	7,8	14,9	79,4	8,6	16,3	81,3	7,7	16,2	1,47

Priloga F Meritev barve s tremi parametri na petih lokacijah v razmaku treh milimetrov do sredine vzorca ( $L^*$  - faktor svetlosti,  $a^*$  - zeleno - rdeča,  $b^*$  - modro - rumena ravnina kromatskih barv) ter izračun celotne barvne razlike med prvo (tik pod površino) in zadnjo meritvijo v sredini vzorca

Označevanje:

NAN (N – klima vzorca, B – debelina vzorca, N – dnevi odvzema 1 – 3)

Vzorec/ globina	M0/ [površina]			M1/ [24mm]			M2/ [21mm]			M3/ [18mm]			M4/ [15mm]			ΔE
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	
1B 2	64,8	14,2	24,2	80,8	7,7	18,9	82,9	6,8	15,7	82,3	7,3	16,0	82,7	7,0	16,1	3,46
1B 4	65,1	13,6	23,5	81,8	7,5	17,5	82,0	7,2	17,0	81,9	7,5	16,1	82,3	7,2	15,8	1,80
1B 5	65,0	15,3	26,1	82,0	7,5	18,0	81,9	7,3	16,2	82,4	7,2	15,4	82,1	7,2	15,5	2,52
1B 6	65,1	13,3	22,5	83,0	7,2	16,6	82,7	7,0	15,5	82,7	7,0	15,2	81,6	7,5	15,8	1,64
1B 12	65,9	13,6	23,2	82,6	7,5	16,3	82,5	7,0	16,2	81,4	7,6	16,0	82,1	7,2	15,7	0,84
2B 2	64,8	15,4	26,8	81,9	7,4	16,9	82,4	7,1	15,7	82,8	7,0	15,7	82,2	7,4	15,9	1,04
2B 4	63,7	15,7	26,0	80,9	7,9	16,3	81,4	7,6	16,6	81,7	7,5	15,4	81,5	7,6	15,8	0,84
2B 5	66,1	14,6	26,6	82,3	7,3	16,4	82,3	7,2	16,5	82,4	7,1	15,8	81,9	7,3	16,4	0,40
2B 6	66,9	14,7	26,3	82,6	7,2	16,4	82,5	7,1	15,9	81,9	7,4	16,5	82,1	7,1	16,4	0,51
2B 12	66,4	15,4	26,4	82,9	7,1	16,7	82,7	7,1	16,0	81,9	7,4	16,2	82,5	7,0	15,6	1,17
3B 2	63,1	14,1	23,9	82,3	7,2	16,6	81,1	7,3	16,0	82,1	7,3	15,5	82,5	7,1	16,0	0,64
3B 4	61,5	14,0	23,6	81,6	7,6	16,7	82,1	7,3	16,1	81,9	7,5	15,8	81,4	7,7	16,3	0,46
3B 6	61,6	14,1	23,3	82,1	7,4	16,3	81,3	7,5	16,1	80,7	7,9	15,6	80,5	8,1	16,3	1,75
3B 12	62,3	14,1	23,5	80,9	7,6	16,6	81,1	7,5	16,1	80,2	7,9	15,7	79,8	8,1	16,3	1,24
4B 2	63,5	15,1	25,7	82,1	7,2	17,1	82,9	6,9	15,7	82,0	7,3	16,8	82,7	6,9	15,7	1,55
4B 4	63,9	15,0	26,2	82,7	7,1	17,0	82,5	7,1	16,0	82,4	7,2	16,2	82,1	7,2	16,5	0,79
4B 6	63,7	15,0	25,5	82,1	7,1	16,2	81,6	7,5	16,1	81,1	7,8	16,3	81,3	7,5	16,3	0,90
4B 12	64,2	14,7	26,6	81,6	7,3	16,4	81,2	7,4	16,0	80,6	7,7	16,3	80,6	7,7	16,2	1,10
5B 1	70,2	13,9	25,8	81,9	7,5	15,7	82,7	7,1	15,4	82,6	7,1	15,3	82,3	7,2	15,6	0,51
5B 2	71,6	13,0	25,1	81,8	7,1	15,5	81,8	7,3	15,7	82,1	7,2	15,2	81,3	7,6	16,0	0,87
5B 3	72,8	12,3	24,4	82,0	7,3	15,0	81,3	7,7	15,7	82,0	7,3	14,9	81,6	7,3	15,5	0,64
5B 4	72,2	12,5	25,0	81,7	7,4	15,8	81,6	7,4	15,6	82,0	7,3	15,2	81,3	7,6	15,7	0,46
5B 5	73,2	12,4	25,0	82,0	7,5	15,9	81,8	7,3	15,7	82,0	7,3	15,5	81,4	7,5	15,7	0,63
5B 6	72,8	12,5	25,5	81,8	7,3	16,2	82,1	7,4	16,1	82,5	7,1	15,2	81,9	7,4	15,2	1,01
6B 1	67,8	15,5	28,1	81,2	7,6	15,6	81,7	7,4	15,3	81,8	7,5	16,2	82,1	7,2	15,9	1,03
6B 2	68,3	14,9	27,5	80,8	8,0	16,2	80,7	7,9	15,8	80,4	8,1	16,3	80,8	7,8	16,1	0,22
6B 3	68,2	14,9	26,9	81,8	7,5	15,1	81,0	7,7	15,5	81,2	7,5	15,7	81,0	7,6	15,8	1,07
6B 4	68,9	12,4	22,3	81,9	7,5	15,8	81,1	7,8	15,9	81,0	7,6	15,8	80,7	7,9	15,9	1,27
6B 5	69,6	13,6	25,4	82,2	7,4	15,9	81,7	7,5	15,7	81,4	7,8	15,8	80,9	8,1	16,3	1,53
6B 6	68,5	13,1	23,4	82,6	7,1	15,6	81,6	7,5	15,5	81,4	7,7	15,6	80,7	7,9	15,9	2,08
7B 1	63,0	12,9	21,8	82,6	7,2	15,7	82,8	6,9	15,8	82,7	7,1	15,7	82,3	7,3	16,0	0,44
7B 2	63,3	12,5	21,1	81,2	7,7	15,6	81,8	7,5	15,9	82,1	7,3	15,6	81,3	7,7	15,5	0,14
7B 3	63,3	11,7	19,9	80,2	8,1	16,3	81,4	7,5	15,3	81,2	7,7	15,4	79,7	8,5	15,9	0,75
7B 4	62,3	12,5	20,7	79,5	8,4	16,0	79,6	8,3	15,5	79,7	8,4	15,3	78,2	9,1	15,9	1,48
7B 5	69,7	12,7	22,7	79,6	8,2	16,0	79,7	8,0	15,5	78,7	8,7	15,7	77,8	9,1	15,8	2,02

– se nadaljuje

– nadaljevanje

7B 6	62,1	14,3	24,0	79,3	8,4	15,9	78,6	8,7	15,3	77,9	8,9	15,7	77,3	9,3	15,7	2,20
8B 1	66,9	13,3	23,6	81,5	7,3	16,2	82,8	7,0	15,8	82,6	7,2	15,7	82,4	7,2	15,9	0,95
8B 2	67,1	13,2	24,4	81,4	7,2	15,5	81,7	7,5	15,7	82,3	7,2	15,5	81,9	7,4	15,4	0,55
8B 3	67,2	13,6	25,3	80,2	7,9	15,8	80,7	7,9	15,6	81,1	7,6	15,3	80,6	7,9	15,9	0,41
8B 4	65,5	14,0	25,0	80,6	7,5	15,4	80,3	7,9	15,6	81,0	7,6	15,2	79,4	8,5	16,0	1,67
8B 5	67,0	13,0	22,1	80,2	7,7	16,2	79,3	8,3	15,7	79,8	8,1	15,3	78,4	8,9	15,9	2,18
8B 6	66,2	13,9	25,3	80,2	7,6	15,4	79,7	8,2	16,3	80,2	7,8	15,2	78,6	8,7	15,7	1,96
9B 7	72,0	13,3	26,7	82,9	6,8	16,3	82,1	7,5	17,2	82,3	6,9	16,1	82,6	7,2	16,1	0,54
9B 8	70,7	13,2	25,4	82,4	6,9	15,8	82,6	7,3	16,5	83,2	6,9	16,0	82,8	7,3	16,3	0,75
9B 10	70,7	13,4	24,4	83,1	6,8	16,1	82,2	7,5	16,3	82,4	7,2	16,1	82,6	7,2	15,9	0,67
9B 11	68,4	14,7	25,6	82,9	6,8	16,0	83,2	7,0	16,0	83,1	6,9	15,9	82,9	6,9	16,2	0,22
9B 12	67,1	13,9	23,7	82,1	6,9	16,6	81,8	7,6	16,8	83,7	6,5	15,8	82,7	7,1	16,7	0,64
10B 7	72,3	13,0	24,8	82,5	7,1	16,2	82,8	7,4	15,8	83,1	7,0	15,6	82,7	7,2	16,0	0,30
10B 8	69,7	14,1	25,4	82,4	7,4	16,4	83,1	7,1	16,1	83,4	6,9	15,6	83,1	7,2	16,2	0,75
10B 10	67,4	15,2	26,0	82,9	7,0	15,9	82,1	7,6	16,5	83,0	6,9	15,7	83,2	7,0	15,7	0,36
10B 11	66,7	15,2	25,0	83,0	6,8	15,9	82,2	7,6	15,8	82,7	6,9	15,5	82,7	7,1	15,7	0,47
10B 12	66,5	14,5	24,0	82,9	7,0	16,7	82,2	7,4	15,6	82,8	7,1	15,5	82,7	7,2	15,5	1,23
12B 7	69,0	13,9	25,3	84,0	6,5	16,0	84,1	6,8	15,4	83,7	6,6	16,3	83,0	7,0	16,4	1,19
12B 8	70,7	13,5	25,3	84,1	6,5	16,1	84,7	6,6	15,7	84,2	6,6	16,3	84,0	6,7	16,0	0,24
12B 10	72,2	12,7	24,8	83,0	6,9	16,4	83,6	7,0	16,0	84,1	6,5	15,8	83,0	7,0	16,0	0,41
12B 11	72,0	12,6	24,2	82,5	7,1	16,7	83,4	6,9	16,4	83,3	6,7	16,3	82,9	7,0	15,9	0,90
12B 12	70,4	13,8	26,3	82,7	7,2	16,5	83,1	6,9	16,2	83,2	6,8	15,4	82,2	7,2	15,5	1,12
13B 7	74,8	11,9	22,5	82,7	6,9	16,8	83,9	6,8	15,9	83,5	6,9	17,2	83,5	6,8	15,6	1,45
13B 8	74,8	10,2	19,6	82,6	6,9	16,1	81,9	7,4	16,1	82,2	7,1	16,7	82,4	7,1	15,9	0,35
13B 9	74,3	10,5	20,4	82,5	7,0	15,9	81,6	7,7	16,9	82,2	7,3	16,5	82,2	7,3	16,1	0,47
13B 10	73,5	10,2	19,2	82,2	7,3	15,7	80,9	8,2	16,8	81,6	7,5	16,4	81,6	7,6	16,1	0,78
13B 11	74,1	11,9	23,9	82,5	7,3	15,9	81,8	7,6	16,0	82,3	7,2	15,3	82,2	7,3	15,6	0,42
13B 12	72,3	10,3	20,6	82,1	7,3	16,4	81,8	7,6	16,2	82,0	7,3	16,5	81,6	7,6	16,1	0,66
14B 7	73,3	11,4	22,8	81,7	7,7	16,4	82,4	7,5	16,4	83,2	7,1	15,9	81,9	7,8	16,4	0,22
14B 8	76,2	10,6	23,1	81,4	7,8	16,5	82,4	7,4	16,1	82,1	7,5	16,8	81,9	7,6	16,1	0,67
14B 9	76,2	10,1	23,2	80,8	7,8	16,7	81,7	7,7	16,3	81,7	7,6	16,5	81,7	7,6	16,2	1,05
14B 10	76,9	10,0	22,6	82,0	7,5	16,4	81,6	7,8	16,3	81,6	7,7	16,1	81,3	7,7	15,9	0,88
14B 11	76,9	9,7	22,1	81,9	7,6	16,4	81,3	7,9	15,7	81,2	7,8	16,1	81,6	7,6	15,8	0,67
14B 12	73,2	9,7	21,4	81,6	7,7	16,1	80,7	8,1	16,3	81,4	7,6	15,9	81,2	7,8	15,7	0,57
15B 7	65,3	16,1	28,0	81,4	7,5	15,7	81,4	7,8	16,6	82,6	7,2	16,3	82,2	7,4	16,4	1,07
15B 8	66,9	13,7	24,7	80,7	7,9	15,5	80,8	7,9	16,0	81,9	7,3	15,8	81,4	7,5	16,1	1,00
15B 9	66,1	13,8	24,5	80,3	8,0	16,3	80,2	8,3	15,9	81,4	7,5	16,1	81,0	8,0	16,0	0,76
15B 10	64,8	13,6	23,2	79,8	8,3	16,3	79,3	8,6	16,4	79,3	8,5	15,5	79,3	8,8	15,5	1,07
15B 11	66,3	13,9	24,4	78,9	8,6	16,0	79,4	8,4	15,5	79,1	8,5	15,5	79,8	8,2	16,1	0,99
15B 12	66,4	15,0	26,4	79,0	8,6	16,0	78,7	8,8	16,1	78,3	8,7	15,3	78,3	9,1	15,3	1,11
16B 7	72,1	12,8	24,5	83,5	6,9	15,7	83,9	6,8	15,3	83,6	6,9	15,3	83,2	7,2	15,6	0,44
16B 8	69,6	13,8	25,5	83,2	7,0	15,7	83,0	7,0	15,1	82,4	7,5	15,8	84,0	6,8	14,5	1,46
16B 9	69,0	13,3	25,3	81,9	7,3	16,1	81,8	7,5	16,8	82,0	7,5	16,0	83,0	7,0	16,1	1,14
16B 10	67,2	14,4	25,6	78,7	8,7	15,7	81,3	7,8	15,3	81,2	7,5	15,5	78,6	8,9	16,1	0,46
16B 11	67,1	15,1	26,7	78,3	8,9	16,2	79,1	8,6	15,9	79,7	8,2	15,5	78,3	8,8	15,7	0,51
16B 12	68,7	14,2	26,3	80,3	7,9	16,0	79,8	8,0	15,1	78,4	8,5	15,7	77,5	8,9	15,6	3,00

Priloga G Meritev jeder parenhimskih celic za bukovino takoj po poseku za sveže stanje od kambija (1 – I) proti strženu (17 – I), (a - daljša os jedra [ $\mu\text{m}$ ], b – krajša os jedra [ $\mu\text{m}$ ],  $\lambda$  – vitkostni indeks jeder parenhimskih celic)

Preparat	Fagus1-I			Fagus2-I			Fagus3-I			Fagus4-I		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	8,29	3,08	2,69	4,99	2,46	2,03	5,71	1,25	4,57	6,92	3,18	2,18
2.	11,85	2,83	4,19	4,43	2,38	1,86	7,07	2,50	2,83	10,76	4,44	2,42
3.	6,74	2,96	2,28	5,8	2,68	2,16	7,96	1,64	4,85	7,6	2,5	3,04
4.	10,63	3,3	3,22	8,45	2,73	3,10	7,28	2,71	2,69	5,75	2,16	2,66
5.	8,85	2,89	3,06	9,18	2,88	3,19	7,73	2,61	2,96	7,22	2,11	3,42
6.	6,38	2,52	2,53	9,56	3,01	3,18	8,52	3,41	2,50	6,05	1,68	3,60
7.	5,96	2,02	2,95	6,79	2,38	2,85	5,57	2,07	2,69	7,93	2,45	3,24
8.	8,84	2,21	4,00	8,11	2,7	3,00	7,85	2,12	3,70	7,86	1,22	6,44
9.	9,23	3,27	2,82	5,09	1,82	2,80	6,25	1,66	3,77	5,84	1,85	3,16
10.	10,74	2,8	3,84	11,72	4,42	2,65	8,14	2,07	3,93	7,29	2,01	3,63
11.	11,48	2,23	5,15	9,07	2,29	3,96	9,71	2,41	4,03	6,77	2,71	2,50
12.	10,14	2,77	3,66	10,25	2,96	3,46	7,14	1,98	3,61	6,78	2,17	3,12
13.	8,32	3,1	2,68	8,63	3,65	2,36	9,37	2,13	4,40	5,76	2,24	2,57
14.	7,95	2,73	2,91	9,88	2,71	3,65	6,79	2,75	2,47	8,41	1,89	4,45
15.	7,91	3,29	2,40	6,25	2,31	2,71	8,97	3,13	2,87	6,88	1,47	4,68
16.	9,76	2,62	3,73	12,97	3,14	4,13	9,03	2,24	4,03	8,56	3,23	2,65
17.	8,28	2,79	2,97	6,32	2,37	2,67	7,88	2,31	3,41	6,32	2,45	2,58
18.	8,04	1,79	4,49	8,6	2,24	3,84	8,25	2,01	4,10	6,9	3,24	2,13
19.	9,95	2,68	3,71	6,15	1,58	3,89	9,70	3,85	2,52	6,45	2,53	2,55
20.	11,43	2,31	4,95	6,29	2,85	2,21	9,22	2,88	3,20	7,43	2,5	2,97
Povprečna vitkost			<b>3,41</b>			<b>2,98</b>			<b>3,46</b>			<b>3,20</b>

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Preparat	Fagus5-I			Fagus6-I			Fagus7-I			Fagus8-I		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	7,02	2,40	2,93	7,27	2,08	3,50	6,45	2,45	2,63	6,36	2,86	2,22
2.	7,60	2,02	3,76	5,2	2,12	2,45	6,58	3,08	2,14	5,09	2,68	1,90
3.	8,47	2,02	4,19	4,62	1,93	2,39	6,35	3,27	1,94	5,76	2,75	2,09
4.	5,94	2,08	2,86	5,03	1,71	2,94	7,49	2,85	2,63	4,35	2,37	1,84
5.	8,09	3,17	2,55	7,79	2,46	3,17	6,45	2,54	2,54	4,98	3,1	1,61
6.	6,66	1,52	4,38	5,84	3,36	1,74	5,77	2,73	2,11	7,31	3,31	2,21
7.	7,26	2,45	2,96	5,81	3,41	1,70	5,87	2,12	2,77	6,3	2,83	2,23
8.	4,71	2,02	2,33	6,09	2,31	2,64	5,20	2,48	2,10	5,23	2,63	1,99
9.	7,39	3,60	2,05	6,5	3,2	2,03	7,04	2,35	3,00	6,74	2,77	2,43
10.	9,23	3,47	2,66	5,81	2,49	2,33	6,45	2,80	2,30	5,13	2,71	1,89
11.	10,02	8,94	1,12	6,08	2,75	2,21	4,56	2,43	1,88	6,91	3,1	2,23
12.	9,11	2,58	3,53	5,66	2,85	1,99	6,35	2,79	2,28	5,31	2,69	1,97
13.	5,95	2,45	2,43	6,37	2,49	2,56	5,58	2,18	2,56	7,56	3,29	2,30
14.	5,35	2,03	2,64	7,28	2,46	2,96	5,15	2,10	2,45	6,6	2,17	3,04
15.	10,48	4,36	2,40	5,41	2,73	1,98	4,99	2,16	2,31	4,99	2,67	1,87
16.	8,05	3,10	2,60	5,53	2,45	2,26	5,87	3,18	1,85	5,36	1,86	2,88
17.	6,82	2,79	2,44	7,62	2,32	3,28	5,31	2,22	2,39	5,01	2,52	1,99
18.	5,29	2,40	2,20	5,58	2,38	2,34	5,24	2,66	1,97	6,44	2,5	2,58
19.	7,10	2,31	3,07	6,42	2,45	2,62	4,19	2,06	2,03	6,05	2,99	2,02
20.	7,12	2,33	3,06	6,18	3,36	1,84	5,87	2,69	2,18	5,2	2,12	2,45
Povprečna vitkost			<b>2,81</b>			<b>2,45</b>			<b>2,30</b>			<b>2,19</b>

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Preparat Št. meriteve	Fagus9-I			Fagus10-I			Fagus11-I			Fagus12-I		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	6,26	2,6	2,41	5,95	3,5	1,70	6,18	2,61	2,37	4,37	1,98	2,21
2.	7,21	3,27	2,20	5,57	2,59	2,15	6,15	3,43	1,79	5,38	2,88	1,87
3.	5,92	2,5	2,37	4,15	2,57	1,61	6,04	2,75	2,20	5,09	2,12	2,40
4.	5,68	2,41	2,36	4,79	2,36	2,03	5,42	2,67	2,03	5,57	3,07	1,81
5.	4,6	2,57	1,79	4,76	1,95	2,44	6,44	3,22	2,00	4,61	2,15	2,14
6.	6,56	2,24	2,93	6,33	2,88	2,20	5,68	3,2	1,78	5,78	2,6	2,22
7.	5,77	2,15	2,68	6,42	2,58	2,49	6,07	2,69	2,26	5,66	3	1,89
8.	5,18	2,01	2,58	5,95	2,84	2,10	4,32	2,7	1,60	5,82	3,52	1,65
9.	5,25	2,54	2,07	5,71	2,56	2,23	6,05	3,39	1,78	5,57	2,98	1,87
10.	6,54	3,39	1,93	6,43	3,17	2,03	7,78	3,27	2,38	7,13	3,7	1,93
11.	5,92	3,54	1,67	6,94	3,18	2,18	5,61	1,89	2,97	6,05	2,52	2,40
12.	7,44	3,01	2,47	6,91	3,05	2,27	5,11	2,79	1,83	5,84	3,13	1,87
13.	5,92	2,86	2,07	5,57	3,49	1,60	5,39	2,21	2,44	5,29	2,5	2,12
14.	5,44	3,31	1,64	5,36	2,62	2,05	5,85	2,78	2,10	6,1	2,89	2,11
15.	6,42	3,94	1,63	4,83	2,33	2,07	6,28	2,65	2,37	7,71	2,62	2,94
16.	5,82	2,8	2,08	5,47	2,4	2,28	5,57	2,61	2,13	6,61	2,66	2,48
17.	4,25	2,02	2,10	6,73	3,75	1,79	5,68	2,77	2,05	5,5	2,98	1,85
18.	5,25	2,8	1,88	4,8	3,17	1,51	6,84	3,37	2,03	6,38	2,86	2,23
19.	5,96	3,08	1,94	5,96	2,21	2,70	6,39	2,15	2,97	6,27	3,49	1,80
20.	6,68	2,78	2,40	7,06	3,26	2,17	5,4	2,79	1,94	6,34	3,56	1,78
Povprečna vitkost			<b>2,16</b>			<b>2,08</b>			<b>2,15</b>			<b>2,08</b>

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Preparat Št. meriteve	Fagus13-I			Fagus14-I			Fagus15-I			Fagus16-I			Fagus17-I		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	4,59	2,32	1,98	5,81	3,52	1,65	5,61	2,43	2,31	4,25	2,49	1,71	4,52	1,94	2,33
2.	6,18	3,3	1,87	5,31	2,84	1,87	5,67	2,8	2,03	6,24	2,5	2,50	3,05	1,63	1,87
3.	6,43	2,6	2,47	5,58	2,46	2,27	4,52	2,41	1,88	5,43	2,45	2,22	4,53	2,32	1,95
4.	7	3,58	1,96	5,76	2,88	2,00	5,33	2,84	1,88	4,03	1,82	2,21	3,01	1,76	1,71
5.	6,43	2,86	2,25	5,01	2,88	1,74	6,93	2,72	2,55	6,54	2,88	2,27	3,07	1,54	1,99
6.	4,71	2,69	1,75	4,46	2,47	1,81	5,19	2,1	2,47	5,35	1,92	2,79	3,19	1,7	1,88
7.	6,22	3,1	2,01	5,46	3,26	1,67	6,33	3,07	2,06	5,75	2,46	2,34	3,18	1,73	1,84
8.	4,9	2,89	1,70	5,18	2,31	2,24	5,01	2,8	1,79	4,72	2,06	2,29	3,46	1,92	1,80
9.	5,54	2,54	2,18	5,96	3,17	1,88	4,61	1,83	2,52	5,16	3,03	1,70	3,71	1,47	2,52
10.	5,77	2,27	2,54	5,78	2,05	2,82	4,51	1,83	2,46	6,54	2,49	2,63	3,86	1,7	2,27
11.	5,48	2,43	2,26	5,3	3,05	1,74	5,08	2,28	2,23	5,84	1,83	3,19			
12.	4,91	2,02	2,43	4,53	2,71	1,67	4,14	1,74	2,38	5,12	3,48	1,47			
13.	6,91	3,03	2,28	5,97	3,18	1,88	4,89	2,31	2,12	5,01	2,91	1,72			
14.	5,93	2,43	2,44	6,36	2,82	2,26	5,71	2,89	1,98	6,08	2,19	2,78			
15.	5,67	3,19	1,78	5,2	3,28	1,59	4,82	2,05	2,35	4,42	1,55	2,85			
16.	6,06	2,51	2,41	5,32	2,52	2,11	4,79	2,02	2,37						
17.	5,64	2,31	2,44	5,86	2,59	2,26	5,92	2,19	2,70						
18.	6,35	2,7	2,35	5,4	2,31	2,34	4,6	2,89	1,59						
19.	6,15	2,5	2,46	6,33	3,18	1,99	5,71	2,66	2,15						
20.	4,99	2,31	2,16	6,34	2,94	2,16	5,95	2,73	2,18						
Povprečna vitkost			<b>2,19</b>			<b>2,00</b>			<b>2,20</b>			<b>2,31</b>			<b>2,02</b>

Priloga H Meritev jeder parenhimskih celic za bukovino takoj po sušenju na suš od kambija (1 – II) proti strženu (16 – II), (a - daljša os jedra [ $\mu\text{m}$ ], b – krajša os jedra [ $\mu\text{m}$ ],  $\lambda$  – vitkostni indeks jeder parenhimskih celic)

Preparat	Fagus1-II			Fagus2-II			Fagus3-II			Fagus4-II		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	11,73	2,05	5,72	8,35	2,4	3,48	8,73	2,49	3,51	10,21	2,63	3,88
2.	11,6	1,68	6,90	8,33	3,36	2,48	11,14	2,92	3,82	7,14	2,75	2,60
3.	8,17	2,5	3,27	6,44	2,32	2,78	10,41	2,77	3,76	7,1	2,49	2,85
4.	6,63	1,35	4,91	8,85	2,06	4,30	9,9	2,6	3,81	11,31	2,51	4,51
5.	5,8	1,25	4,64	8,26	1,83	4,51	6,6	2,1	3,14	8,74	2,79	3,13
6.	10,56	2,82	3,74	9,99	2,4	4,16	7,49	3,26	2,30	7,38	2,91	2,54
7.	10,18	2,5	4,07	6,82	2	3,41	5,07	1,94	2,61	8,94	2,47	3,62
8.	12,36	2,69	4,59	6,83	2,53	2,70	7,69	1,93	3,98	6,24	2,61	2,39
9.	9,45	2,59	3,65	9,56	2,31	4,14	5,24	1,63	3,21	8,25	2,59	3,19
10.	8,49	2,13	3,99	8,87	2,75	3,23	8,38	2,66	3,15	8,55	2,12	4,03
11.	10,1	2,82	3,58	9,15	2,94	3,11	9,2	2,45	3,76	7,64	2,67	2,86
12.	7,57	2,35	3,22	6,19	2,13	2,91	8,35	2,21	3,78	5,95	2,02	2,95
13.	9,11	3,14	2,90	8,85	2,59	3,42	7,76	2,45	3,17	7,29	2,24	3,25
14.	7,01	2,59	2,71	8,18	2,61	3,13	8,76	2,31	3,79	9,69	2,28	4,25
15.	7,42	1,66	4,47	11,78	3,05	3,86	7,77	2,69	2,89	7,87	2,02	3,90
16.	7,25	1,98	3,66	8,85	2,78	3,18	8	2,54	3,15	10,46	2,79	3,75
17.	5,62	1,26	4,46	7,58	1,92	3,95	8,96	2	4,48	9,53	3,29	2,90
18.	5,5	1,85	2,97	8,81	2,98	2,96	8,59	2,84	3,02	8,57	2,96	2,90
19.	8,17	2,96	2,76	8,31	2,75	3,02	8,66	3,05	2,84	8,73	2,61	3,34
20.	10,29	3,49	2,95	7,78	2,34	3,32	9,99	2,88	3,47	7,59	2,31	3,29
Povprečna vitkost			<b>3,96</b>			<b>3,40</b>			<b>3,38</b>			<b>3,31</b>

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Preparat Št. meriteve	Fagus5-II			Fagus6-II			Fagus7-II			Fagus8-II		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	7,14	2,56	2,79	10,08	2,59	3,89	7,12	2,31	3,08	6,63	2,86	2,32
2.	11,99	3,31	3,62	9,45	3,01	3,14	7,98	3,01	2,65	7,78	3,44	2,26
3.	9,25	2,98	3,10	6,87	2,61	2,63	7,47	2,49	3,00	6,53	2,31	2,83
4.	6,7	2,83	2,37	7,57	2,55	2,97	6,16	2,43	2,53	7,01	2,5	2,80
5.	10,72	3,27	3,28	8,27	2,89	2,86	5,89	2,05	2,87	7,04	2,31	3,05
6.	9,39	2,68	3,50	8,56	2,71	3,16	4,89	2,02	2,42	6,05	2,07	2,92
7.	7,03	2,13	3,30	7,04	2,88	2,44	7,32	2,75	2,66	6,27	2,41	2,60
8.	7,2	1,92	3,75	7,67	2,37	3,24	6,7	2,76	2,43	7,29	2,51	2,90
9.	6,12	2,48	2,47	6,71	2,84	2,36	6,89	3,76	1,83	6,53	2,98	2,19
10.	6,34	1,31	4,84	7,59	2,45	3,10	6,82	3,57	1,91	7,6	3,38	2,25
11.	7,4	2,07	3,57	8,39	2,9	2,89	11,09	4,17	2,66	7,68	3,74	2,05
12.	6,96	2,61	2,67	8,46	3,05	2,77	7,51	2,62	2,87	5,84	2,82	2,07
13.	6,82	2,73	2,50	5,99	2,4	2,50	7,64	2,92	2,62	7,49	3,17	2,36
14.	7,82	2,57	3,04	6,11	2,15	2,84	8,16	3,27	2,50	6,76	2,33	2,90
15.	6,72	2,97	2,26	5,57	2,32	2,40	7,36	2,47	2,98	7,18	2,75	2,61
16.	6,26	3,22	1,94	5,85	2,5	2,34	7,18	2,48	2,90	5,78	1,64	3,52
17.	7,4	2,47	3,00	6,4	1,89	3,39	5,85	2,21	2,65	6	2,61	2,30
18.	6,87	1,94	3,54	7,38	2,61	2,83	7,98	2,63	3,03	5,58	1,93	2,89
19.	7,38	3,16	2,34	7,55	2,7	2,80	9,05	3,29	2,75	5,84	2,16	2,70
20.	7,97	2,98	2,67	6,72	2,41	2,79	6,15	2,9	2,12	5,99	1,8	3,33
Povprečna vitkost			<b>3,03</b>			<b>2,87</b>			<b>2,62</b>			<b>2,64</b>

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Preparat Št. meriteve	Fagus9-II			Fagus10-II			Fagus11-II			Fagus12-II		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	6,87	2,42	2,84	6,28	2,37	2,65	5,71	3,19	1,79	6,64	2,56	2,59
2.	6,8	3,44	1,98	6,1	2,31	2,64	5,86	2,43	2,41	6,86	2,9	2,37
3.	6,57	2,96	2,22	6,75	2,04	3,31	5,7	1,86	3,06	7,87	3,17	2,48
4.	4,85	2,06	2,35	6,14	1,89	3,25	7,17	2,4	2,99	7,97	3,73	2,14
5.	5,38	2,32	2,32	6,04	2,75	2,20	7,87	3,5	2,25	5,95	2,45	2,43
6.	5,57	1,83	3,04	5,78	2,77	2,09	7,47	3,92	1,91	7,06	3,05	2,31
7.	4,9	1,64	2,99	5,65	2,96	1,91	6,34	2,82	2,25	5,57	2,94	1,89
8.	6,2	2,25	2,76	6,14	3,26	1,88	5,88	2,59	2,27	7,06	2,32	3,04
9.	5,6	2,04	2,75	6,92	2,97	2,33	5,63	2,28	2,47	7,3	3,22	2,27
10.	5,96	2,7	2,21	6,46	2,92	2,21	6,79	3,26	2,08	7,92	3,44	2,30
11.	6,34	2,35	2,70	6,96	2,77	2,51	5,97	2,73	2,19	6,45	3,01	2,14
12.	5,86	2,21	2,65	6,5	2,96	2,20	7,04	3,92	1,80	6,37	2,98	2,14
13.	4,24	2,19	1,94	5,66	2,45	2,31	6,79	2,83	2,40	5,99	2,53	2,37
14.	6,44	2,23	2,89	4,99	1,93	2,59	5,85	3,37	1,74	5,93	2,76	2,15
15.	7,29	2,96	2,46	6,72	2,88	2,33	5,93	2,45	2,42	6,74	3	2,25
16.	4,86	2,82	1,72	4,69	1,68	2,79	6,14	2,4	2,56	5,35	2,12	2,52
17.	7,1	2,75	2,58	5,78	2,65	2,18	5,09	2,31	2,20	6,43	2,16	2,98
18.	4,25	2,02	2,10	6,54	2,07	3,16	7,03	2,52	2,79	6,28	2,73	2,30
19.	6,36	1,83	3,48	5,47	2,79	1,96	7,01	3,17	2,21	6,89	2,42	2,85
20.	4,73	1,93	2,45	5,14	2,52	2,04	6,33	2,69	2,35	5,6	2,32	2,41
Povprečna vitkost			<b>2,52</b>			<b>2,43</b>			<b>2,31</b>			<b>2,40</b>

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Preparat Št. meriteve	Fagus13-II			Fagus14-II			Fagus15-II			Fagus16-II		
	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]	a [ $\mu\text{m}$ ]	b [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda$ [a/b]
1.	6,53	2,49	2,62	6,05	2,32	2,61	6,82	2,78	2,45	6,14	2,79	2,20
2.	7,17	2,85	2,52	8,17	3,31	2,47	6,53	2,32	2,81	5,47	1,83	2,99
3.	5,95	2,07	2,87	5,53	2,1	2,63	7,03	2,67	2,63	5,66	2,12	2,67
4.	7,45	3,01	2,48	6,91	2,98	2,32	6,94	2,94	2,36	5,31	1,74	3,05
5.	7,01	2,59	2,71	7,04	3,08	2,29	5,99	2,24	2,67	5,69	2,16	2,63
6.	7,39	3,74	1,98	6,46	2,92	2,21	5,74	2,32	2,47	7,95	3,05	2,61
7.	5,61	2,04	2,75	6,88	3,22	2,14	5,57	2,11	2,64	5,47	2,5	2,19
8.	7,08	2,67	2,65	7,33	3,5	2,09	5,85	2,24	2,61	4,94	2,61	1,89
9.	5,51	2,21	2,49	6,28	2,94	2,14	4,89	1,82	2,69	5,55	2,31	2,40
10.	6,16	2,31	2,67	6,58	2,62	2,51	6,24	2,88	2,17	5,13	2,43	2,11
11.	5,09	2,45	2,08	7,17	3,26	2,20	6,49	2,47	2,63	6,36	2,58	2,47
12.	5,09	2,21	2,30	6,24	2,16	2,89	5,31	2,03	2,62	6,27	2,79	2,25
13.	5,66	2,7	2,10	5,87	2,4	2,45	5,51	3,35	1,64	6,33	2,13	2,97
14.	6,81	2,81	2,42	5,43	2,82	1,93	5,76	2,67	2,16	6,18	2,65	2,33
15.	5,87	2,4	2,45	7,41	3,19	2,32	5,32	2,77	1,92	6,64	2,22	2,99
16.	5,97	3,12	1,91	6,31	2,45	2,58	7,13	3,01	2,37	6,34	2,79	2,27
17.	5,8	3	1,93	4,69	1,63	2,88	6,06	2,52	2,40	7,45	3,41	2,18
18.	5,62	3,03	1,85	6,17	2,49	2,48	7,08	3,37	2,10	6,38	2,45	2,60
19.	6,39	3,15	2,03	6,68	2,8	2,39	7,03	2,62	2,68	7,45	2,58	2,89
20.	5,4	2,41	2,24	4,8	2,7	1,78	6,36	2,03	3,13	7,08	3,37	2,10
Povprečna vitkost			<b>2,35</b>			<b>2,36</b>			<b>2,46</b>			<b>2,49</b>