



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsanduse ja inseneeria instituut

Laura Heeringson

**KASE JA LEPA PUNASÜDAMIK PUIDU VÄRVUSE
MUUTUMINE TERMILISE TÖÖTLUSE KÄIGUS**
BIRCH AND ALDER RED HEARTWOOD COLOR CHANGE
DURING HEAT TREATMENT

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendaja: nooremprofessor Regino Kask, *PhD*

Tartu 2022

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Laura Heeringson		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Kase ja lepa punasüdamik puidu värvuse muutumine termilise töötamise käigus			
Lehekülgi: 23	Jooniseid: 12	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Õppetool: Metsa- ja maakorralduse ning metsatööstuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: B430 Juhendaja(d): Regino Kask, <i>PhD</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2022			
<p>Punasüdamikuga puit on väheväärtuslik materjal, mida ei kasutata punasüdamik puidu ja terve puidu värvuse erinevuse tõttu nii palju, kui võiks. Käesoleva lõputöö eesmärgiks on kase ja lepa punasüdamik puidu ja terve puidu värvuse erinevuse kadumine termilise töötamisega.</p> <p>Uurimustöös kasutati punasüdamikuga kaske, halli leppa ja sangleppa. Kokku oli töös 99 katsekeha. Antud töös vaadati, kuidas muutub punasüdamikuga puidu ja terve puidu värvus peale termilist töötlemist ja kas peale termilist töötlemist hõõveldamine, lihvimine ning õlitamine muudab terve ja punasüdamikuga puidu värvuse erinevust.</p> <p>Uurimustöö tulemustest selgus, et lihvimine ja hõõveldamine suurt erinevust ei tekita. Kui puitu peale termilist töötlemist õlitada, kaob punasüdamik puidu ja terve puidu värvuse erinevus madalamas töötlusastmes kui õlitamata puidul.</p>			
Märksõnad: hõõveldamine, lihvimine, õlitamine			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Laura Heeringson		Curriculum: Forestry	
Title: Birch and alder red heartwood color change during heat treatment			
Pages: 23	Figures: 12	Tables: 2	Appendixes: 1
Department / Chair: Chair of Forest and Land Management and Wood Processing Technologies Field of research and (CERC S) code: B430 Supervisors: Regino Kask, <i>PhD</i> Place and date: Tartu 2022			
<p>Red heartwood is a low-value material that is not used as much as it could be due to the difference in color between the red heartwood and the healthy wood. The thesis is about the disappearance of the color difference between birch and alder red heartwood and healthy wood by heat treatment.</p> <p>In this research, there were used birch, gray alder and alder with red heartwood. There were 99 test pieces in this research. This research looked at how the color of red heartwood and healthy wood changes after heat treatment, and also after planing, grinding and oil treatment the difference between the color of healthy and red heartwood.</p> <p>The results of this research showed that grinding and planing do not make much difference. If the wood is oiled after heat treatment, the red heartwood and the discoloration of the healthy wood will disappear in a lower processing degree than in unoiled wood.</p>			
Keywords: planing, grinding, oiling			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Termiline töötlemine	6
1.2. Termiliselt töödeldud puit	7
1.3. Termiliselt töödeldud puidu kasutusvaldkonnad	7
1.4. Punasüdamik	7
1.5. CIELab värviruum.....	8
2. METOODIKA	9
2.1. Katsematerjal.....	9
2.2. Katsekehade termiline töötlemine	9
2.3. Katsekehade töötlemine	10
2.4. Värvuse mõõtmine	12
2.5. Andmetöötlus	13
3. TULEMUSED	14
3.1. Kask.....	14
3.2. Hall lepp	16
3.3. Sanglepp	18
4. KOKKUVÕTE	20
KASUTATUD KIRJANDUS.....	21
LISAD.....	22
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	23

SISSEJUHATUS

Tänapäeval on puidusektoris oluline tooraine säästlik kasutamine ja kokkuhoid. Mida paremini ja maksimaalsemalt saab puitu ära kasutada, seda parem keskkonnale. Sellepärast on vajalik uurida, kuidas saaks ära kasutada väheväärtuslikuma puidu.

Üheks selliseks võimaluseks oleks punasüdamikuga puidu termiline töötlemine, mille käigus terve puidu ja punasüdamik puidu värvuse erinevus väheneb või kaob täielikult. Punasüdamik puit saaks kohati asendada tervet puitu, kui seda on eelnevalt termiliselt töödeldud.

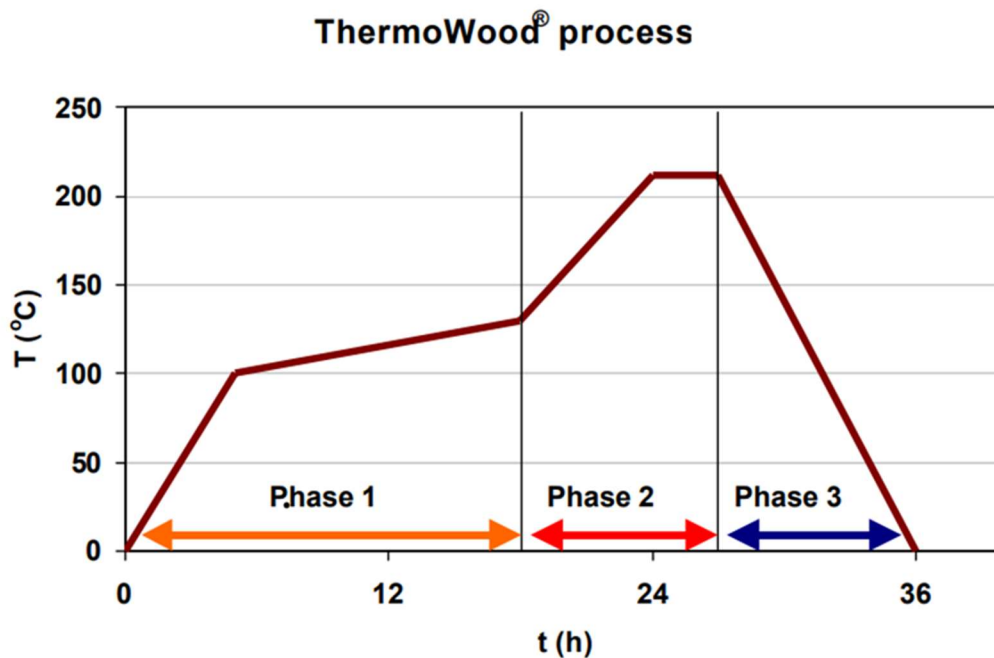
Termilise töötlemise käigus muutub puit bioloogiliselt vastupidavamaks, värvus tumeneb ja niiskusdeformatsioonid vähenevad. Termiliselt töödeldud puidu värvus ei tohiks peale töötlemist märkimisväärselt muutuma.

Antud bakalaureuse töö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas muutus kase, halli lepa ja sanglepa punasüdamiku värvus termilise töötlemise käigus. Töö esimeses osas käsitletakse töös kasutatud kirjandust. Töö teises osas tutvustatakse töös kasutatud meetodikat, kolmandas osas on esitatud tulemused ning neljandas töö osas on kokkuvõtte antud bakalaureuse tööst.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Termiline töötlemine

Tänapäeval on kasutusel erinevaid termilise töötlemise tehnoloogilisi variante, neist levinum on Soomes arendatud tööstuslik ThermoWood tehnoloogia, kus toimub puidu töötlemine kolmes tehnoloogilises faasis. Faas 1 – kõrgetemperatuuriline kuivatus; faas 2 – termiline töötlus; faas 3 – jahutus ja konditsioneerimine (joonis 1). (Reiska, 2012: 4)



Joonis 1 ThermoWood tehnoloogia kolm tehnoloogilist faasi (ThermoWood Handbook. 2003).

Termilise töötlemise protsessis kuumutatakse puit erinevate etappide kaupa temperatuurini 215 °C. Kuumutamise ajal ühtlustatakse materjali veeauruga, et vältida puitmaterjali põlema süttimist. Esimeses etapis viiakse kuivati temperatuurini 100 °C ja peale seda 130 °C-ni, selle aja jooksul langeb materjali niiskussisaldus absoluutkuivani. Teises tehnoloogilises faasis algab puidu

termiline töötlemine, kus temperatuur tõstetakse 180-215 °C -ni. Temperatuuri hoidmise aeg sõltub sellest, mis saab olema materjali lõppkasutus. Kolmandas faasis langetatakse temperatuuri, kasutades veepihustussüsteemi. Temperatuuri langedes 80-90 °C juurde hakkab uuesti puidu niisutamine, kus puidu niiskussisaldus tõuseb 4-7%.(ThermoWood Handbook. 2003: 5)

1.2. Termiliselt töödeldud puit

Euroopas standardi CEN/TS 15679:2007 järgi on termiliselt töödeldud puit materjal, mida on töödeldud üle 160 °C kraadides vähendatud hapnikuga keskkonnas ja selle tulemusel muutuvad puidu omadused kogu ristlõikes (Eesti Standardikeskus. 2007).

Puidu termiline töötlemine mõjutab oluliselt puidu omadusi: tasakaaluniiskus väheneb, biokindlus suureneb, niiskusdeformatsioonid vähenevad, tihedus väheneb ja värvus tumeneb (Reiska. 2012: 9).

1.3. Termiliselt töödeldud puidu kasutusvaldkonnad

Termiliselt töödeldud puit leiab laialdaselt kasutust välitingimustes, kus seda kasutatakse välisvoodrilauana, aknaraamide ja aiamööbli ehituseks ning terrassilaudadeks. Termiliselt töödeldud puidule leitakse kasutust ka siseruumides näiteks parketi, sauna interjööri ja dekoratiivpaneelide näol (Esteves jt 2009: 392).

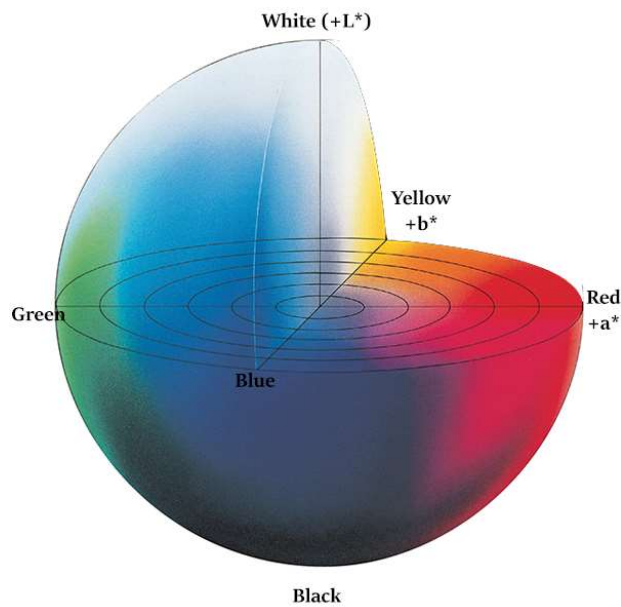
1.4. Punasüdamik

Punasüdamiku esineb mitmesuguse intensiivsuse, kuju ja värvivarjundiga. Punasüdamiku tekkimine on omane lehtpuudel. See on tumedamalt värvunud siseosa tüves, mis tekib kasvavatel puudel. Punasüdamik ei mõjuta oluliselt puidu mehaanilisi omadusi. (Saarman jt 2005: 475)

Uurimiste käigus on leitud, et mida väiksem ja mida suurem on puu diameeter, seda suurem on punasüdamiku esinemise tõenäosus (Drouin jt 2009: 237).

1.5. CIELab värviruum

CIE (Rahvusvaheline valgustuskomisjon) värvusdiagramm (joonis 2) töötati välja 1931. aastal, et määratleda värvi XYZ ruumis, tuginedes lainepikkuste jaotuse kvantifitseerimisele. CIELab määratleb teatud värvitooni värviruumis, kasutades selleks kolme koordinaati: a^* koordinaat vastab punaselt rohelisele liikumisele, b^* koordinaat vastab kollaselt sinisele liikumisele ja L^* koordinaat Z-teljel vastab väärtusele ja on seotud valgusega. (Kim-Pusateri jt 2009)



Joonis 2. CIELab color space (Konica Minolta. What Is CIE 1976 Lab Color Space?)

2. METOODIKA

2.1. Katsematerjal

Katsekehad valmistati kolmest puuliigist- kasest (*Betula spp*), hallist lepast (*Alnus incana*) ja sanglepast (*Alnus glutinosa*). Katsekehi oli iga puuliigi kohta 33. Igas töötlusastmes oli kolm katsekeha ja töötlusastmeid oli kokku 11, töötlusaste 0 oli naturaalne puit ja töötlusaste 10 oli kõige tugevamalt termiliselt töödeldud puit.

2.2. Katsekehade termiline töötlemine

Katsekehi töödeldi termiliselt kümnes erinevas töötlusastmes. Kasepuitu (tabel 1) ja lepapuitu (tabel 2) töödeldi erinevate parameetrite järgi.

Tabel 1. Kasepuidu töötlusastmete parameetrid.

Karakteristik	Töötlusaste									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Töötlusastme kood	T5-10	T5	T4-5	T4	D3-7	D3	D2-5	D2	D1-5	D1
Protsessi kestus minutites	60	60	90	90	120	120	150	150	180	180
Etteantud õhu temperatuur (C)	175,0	185,0	190,0	195,0	203,0	210,0	215,0	220,0	225,0	230,0
Etteantud puidu temperatuur (C)	165,0	175,0	180,0	185,0	193,0	200,0	205,0	210,0	210,0	210,0
Tegelik temperatuur (C), aritmeetiline keskmine	174,2	184,1	188,6	193,9	202,2	206,1	213,9	221,9	224,1	229,2
Tegelik temperatuur (C), miinimum	172,4	181,7	185,6	191,2	200,2	194,0	209,4	204,3	220,6	226,8
Tegelik temperatuur (C), maksimum	176,7	186,4	191,6	196,6	204,6	210,1	216,5	228,1	226,5	231,9
Tegelik puidu temperatuur (C), aritmeetiline keskmine	165,9	176,5	183,8	188,6	198,7	208,9	214,4	219,1	224,6	230,8
Tegelik puidu temperatuur (C), miinimum	159,2	169,1	174,1	179,4	187,5	204,7	199,5	214,9	209,5	214,4
Tegelik puidu temperatuur (C), maksimum	170,5	180,9	188,2	192,7	203,4	211,7	220,3	221,7	229,1	236,9

Tabel 2. Halli lepa ja sanglepa töötlusastmete parameetrid.

Karakteristik	Töötlusaste									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Töötlusastme kood	T5-10	T5	T4-5	T4	D3-7	D3	D2-5	D2	D1-5	D1
Protsessi kestus minutites	60	60	90	90	120	120	150	150	180	180
Etteantud õhu temperatuur (C)	175,0	185,0	190,0	195,0	203,0	210,0	215,0	220,0	225,0	230,0
Etteantud puidu temperatuur (C)	165,0	175,0	180,0	185,0	193,0	200,0	205,0	210,0	210,0	210,0
Tegelik temperatuur (C), aritmeetiline keskmine	173,7	181,4	188,9	193,7	201,4	208,5	214,0	219,1	224,2	229,2
Tegelik temperatuur (C), miinimum	170,2	174,3	185,7	190,2	194,9	201,7	210,1	215,0	221,1	226,6
Tegelik temperatuur (C), maksimum	176,8	184,2	191,9	195,4	204,5	211,3	216,5	221,6	226,7	231,5
Tegelik puidu temperatuur (C), aritmeetiline keskmine	171,1	183,3	187,9	193,1	202,2	210,3	217,6	223,9	229,4	235,3
Tegelik puidu temperatuur (C), miinimum	164,3	173,7	179,4	184,3	192,2	199,5	204,5	209,9	214,5	220,5
Tegelik puidu temperatuur (C), maksimum	174,2	185,4	190,6	195,9	204,6	213,5	220,1	227,2	234,6	240,9

2.3. Katsekehade töötlemine

Katsekeha üks pooltest lihviti ja teine pool hõõveldati. Pool katsekeha õlitati (joonis 3) nii hõõveldatud küljelt, kui ka lihvitud küljelt (joonis 4). Õlitamiseks kasutati KEMETRV TEAK õli, mis sisaldas linaõli. Katsekehi õlitati üks kord.



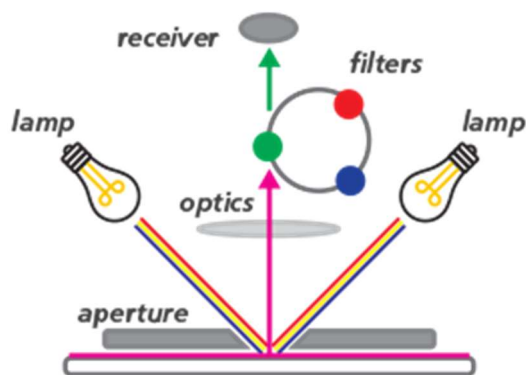
Joonis 3. Katsekehade õlitamine.



Joonis 4. Liikide ja töötlusastmete kaupa sorteeritud katsekehad.

2.4. Värvuse mõõtmine

Katsekehade värvimõõtmisi viidi läbi spektrofotomeetri Lovibond RT530-ga. Mõõtmised tehti D65 valgusega 10° kraadi all. ISO/CIE 11664-4:2019 järgi. Lovibond annab numbrilised tulemused CIElab värvikoordinaadistikus. Lovibond RT530 mõõdab SCE ja SCI meetodi muutujat. Antud töös kasutati SCE meetodi andmeid, kuna selle mõõtmisel arvestatakse hajuvat peegeldust ja tulemus on n-ö inimsilma järgi. Mõõtmised kuvatakse muutujate $L^*a^*b^*$ väärtustena, mis põhinevad CIE D65-l. Spektrofotomeetriga mõõdetud muutujad salvestas programm OnColor. Lovibond RT530 seadet tuli iga kord enne katsekehade mõõtmist kalibreerida. Spektrofotomeetri põhimõtet iseloomustab joonis 5. Antud töös võeti arvesse muutuja heleduse (L^*) väärtust, mis värvikoordinaadistikul oli $L^*=0 - 100$, $L^*=0$ oli must ja $L^*=100$ oli valge.



Joonis 5. Joonis spektrofotomeetri põhimõttest (X-rite. Colorimeter vs. Spectrophotometer.)

Tavaliselt tehakse katsekeha kohta kümme mõõtmist, sõltuvalt katsekeha suurusest ja puuliigist (Torniainen, 2021: 28).

Õlitamata katsekeha pooltel tehti ühe katsekeha poole kohta 10 mõõtmist, viis tervel puiduosal ja viis punasüdamikul (joonis 6). Õlitatud katsekeha pooltel tehti ühe katsekeha poole kohta kaks

mõõtmist, üks tervel puidul ja teine mõõtmise punasüdamikuga poolt kahjustatud puidul. Mõõtmised viidi läbi niisutatud (õhuniiskus 65%), küttega ruumis, kus temperatuur oli püsivalt 22-23 kraadi.



Joonis 6. Lihvitud katsekeha pool. 1-õlitatud terve puiduosa; 2-õlitatud punasüdamikuga puiduosa; 3-õlitamata terve puiduosa; 4-õlitamata punasüdamikuga puiduosa.

2.5. Andmetöötlus

Antud töö tabelite tegemiseks kasutati programmi MS Excel. Sama programmi kasutati andmeanalüüsiks ja tabelites kajastuvate aritmeetiliste keskmiste arvutamiseks. Katsete käigus saadud esialgsed mõõtmistulemused sisestati programmi MS Excel. MS Excel programmiga arvutati joonistele välja 95% usalduspiirid, kasutades selleks *Data Analyse* funktsiooni *Descriptive Statistics*.

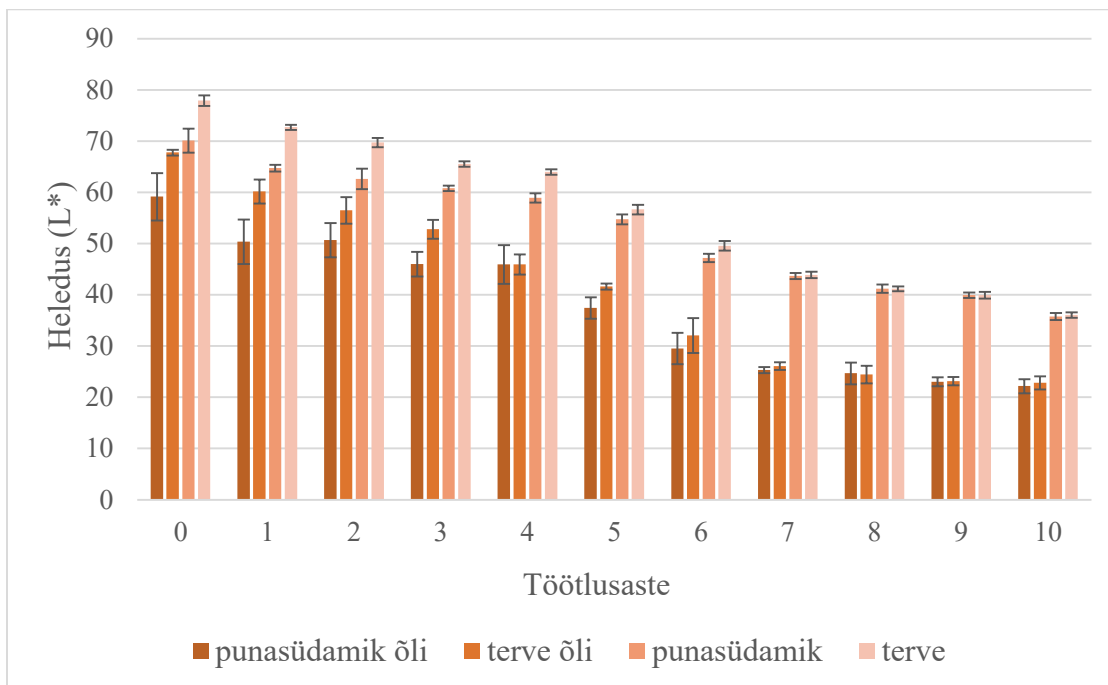
Programmi RStudio kasutati mõõtetulemuste andmete normaaljaotuse leidmiseks. Normaaljaotusi kontrolliti Shapiro-Wilk testiga.

3. TULEMUSED

3.1. Kask

Katsete käigus selgus, et lihvitud õlitatud, kui ka lihvitud õlitamata puidul kadus punasüdamik ja terve puidu erinevus seitsmendast töötlusastmest. Õlitatud puit oli ka üldjoones õlitamata puidust tumedam.

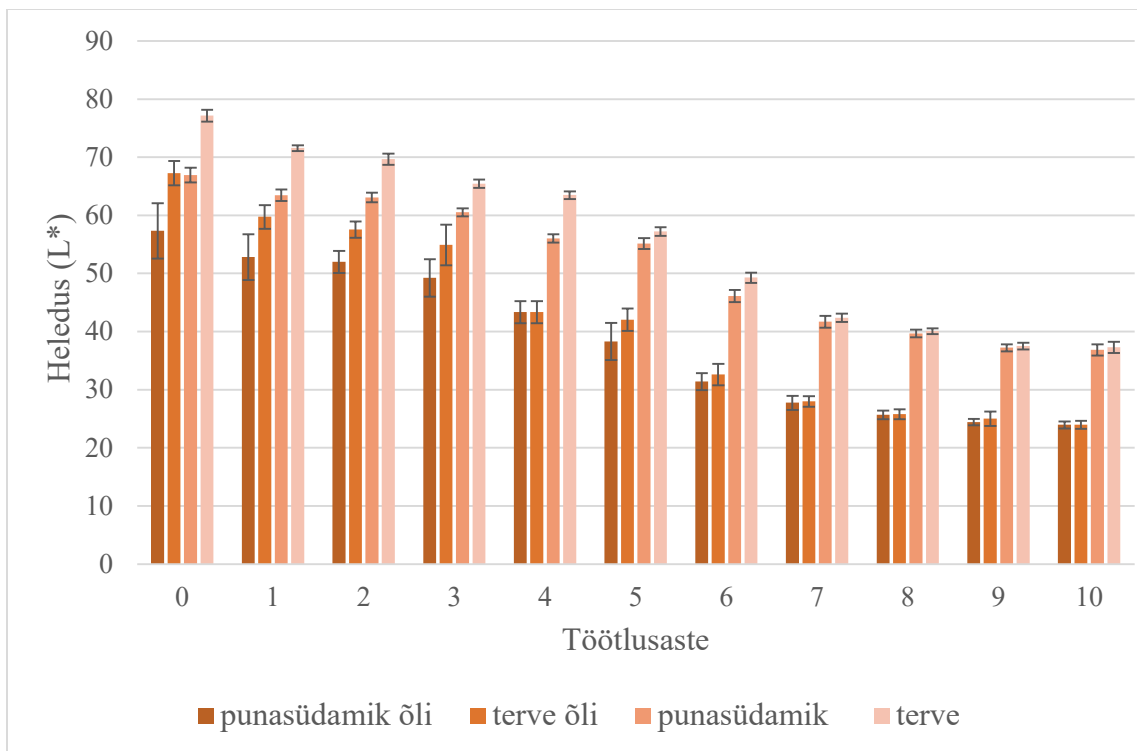
Kuni kolmanda töötlusastmeni (k.a kolmas) jäi heleduse erinevus kuni 30%-ni, neljandast kuuenda töötlusastmeni oli erinevus kuni 50% ja alates seitsmendast töötlusastmest oli erinevus üle 50%. Väikseim muutus oli teises töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik oli 21% tumedam kui õlitamata punasüdamik ja õlitatud terve puit oli 21% tumedam kui õlitamata terve puit. Suurim muutus õlitatud ja õlitamata puidu tumeduses oli üheksandas töötlusastmes kus õlitatud punasüdamik puit oli 54% tumedam, kui õlitamata puit ja terve õlitatud puit oli 53% tumedam kui õlitamata terve puit.



Joonis 7. Lihvitud kase töötlusastmete heleduse keskmine koos 95% usalduspiiridega.

Uuringu käigus selgus, et hõõveldatud ning õlitatud katsekehadel kadus punasüdamik puidu ja terve puidu värvuse erinevus madalamas töötlusastmes kui õlitamata puidul. Õlitatud puidul kadus erinevus neljandast töötlusastmest ja õlitamata puidul kadus erinevus seitsmendast töötlusastmest.

Kuni kolmanda töötlusastmeni jäi heleduse erinevus kuni 30%-ni, neljandast viienda töötlusastmeni oli erinevus kuni 40%. Väikseim muutus oli esimeses töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik oli 18% tumedam kui õlitamata punasüdamik ja õlitatud terve puit oli 18% tumedam kui õlitamata terve puit. Suurim muutus õlitatud ja õlitamata puidu tumeduses oli kümnendas töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik puit oli 42% tumedam kui õlitamata puit ja terve õlitatud puit oli 44% tumedam kui õlitamata terve puit.

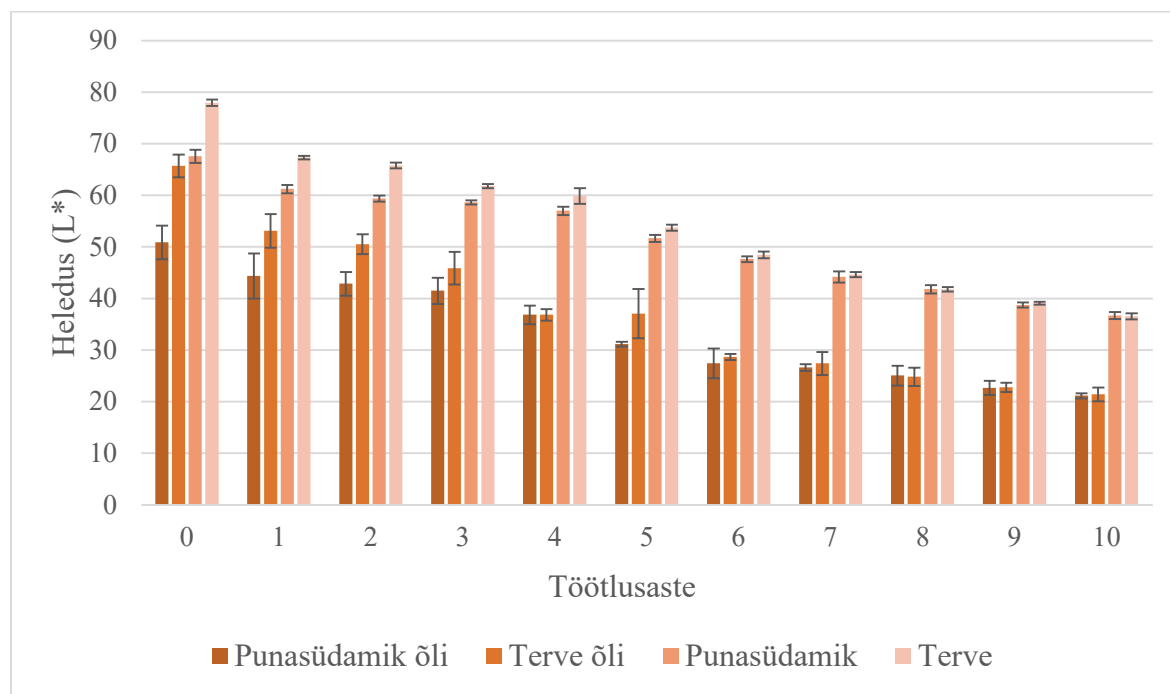


Joonis 8. Hõõveldatud kase töötlusastmete heleduse keskmine koos 95% usalduspiiridega.

3.2. Hall lepp

Katsete käigus selgus, et lihvitud õlitatud puidul kadus punasüdamik ja terve puidu erinevus neljandas, kuuendas, seitsmendas, kaheksandas, üheksandas ja kümnendas töötlusastmes. Lihvitud õlitamata puidul kadus punasüdamiku ja terve puidu erinevus seitsmendast töötlusastmest.

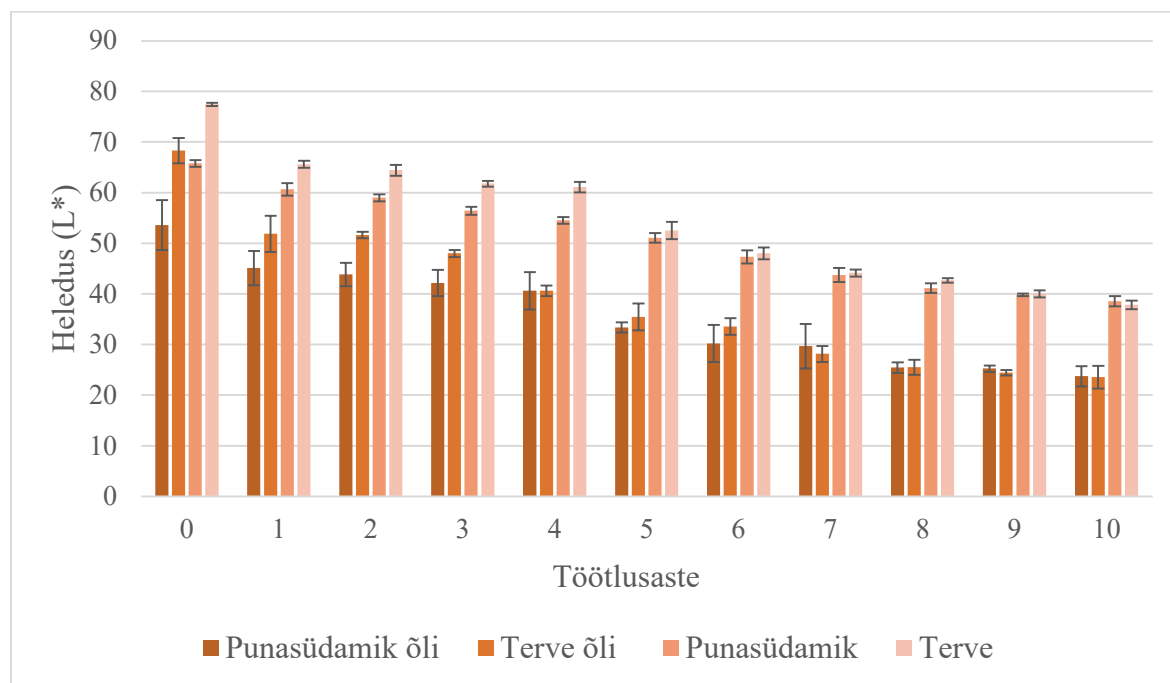
Neljanda töötlusastmeni jäi õlitatud ja õlitamata puidu heleduse erinevus kuni 40%-ni, alates viiendast töötlusastmeni oli erinevus üle 50%. Väikseim muutus oli esimeses töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik oli 32% tumedam kui õlitamata punasüdamik ja õlitatud terve puit oli 24% tumedam kui õlitamata terve puit. Suurim muutus õlitatud ja õlitamata puidu tumeduses oli kümnendas töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik puit oli 54% tumedam kui õlitamata puit ja terve õlitatud puit oli 52% tumedam kui õlitamata terve puit.



Joonis 9. Lihvitud halli lepa töötlusastmete heleduse keskmine koos 95% usalduspiiridega.

Katsete põhjal tehti selgeks, et hõõveldatud õlitatud puidul kadus punasüdamik ja terve puidu erinevus neljandas, kaheksandas, üheksandas ja kümnendas töötlusastmes. Hõõveldatud õlitamata puidul kadus punasüdamiku ja terve puidu erinevus seitsmendast töötlusastmest.

Seitsmenda töötlusastmeni jäi õlitatud ja õlitamata puidu heleduse erinevus kuni 50%-ni, alates kaheksandast töötlusastmeni oli erinevus üle 50%. Väikseim muutus oli esimeses töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik oli 29% tumedam kui õlitamata punasüdamik ja õlitatud terve puit oli 22% tumedam kui õlitamata terve puit. Suurim muutus õlitatud ja õlitamata puidu tumeduses oli kaheksandas töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik puit oli 47% tumedam kui õlitamata puit ja terve õlitatud puit oli 50% tumedam kui õlitamata terve puit.

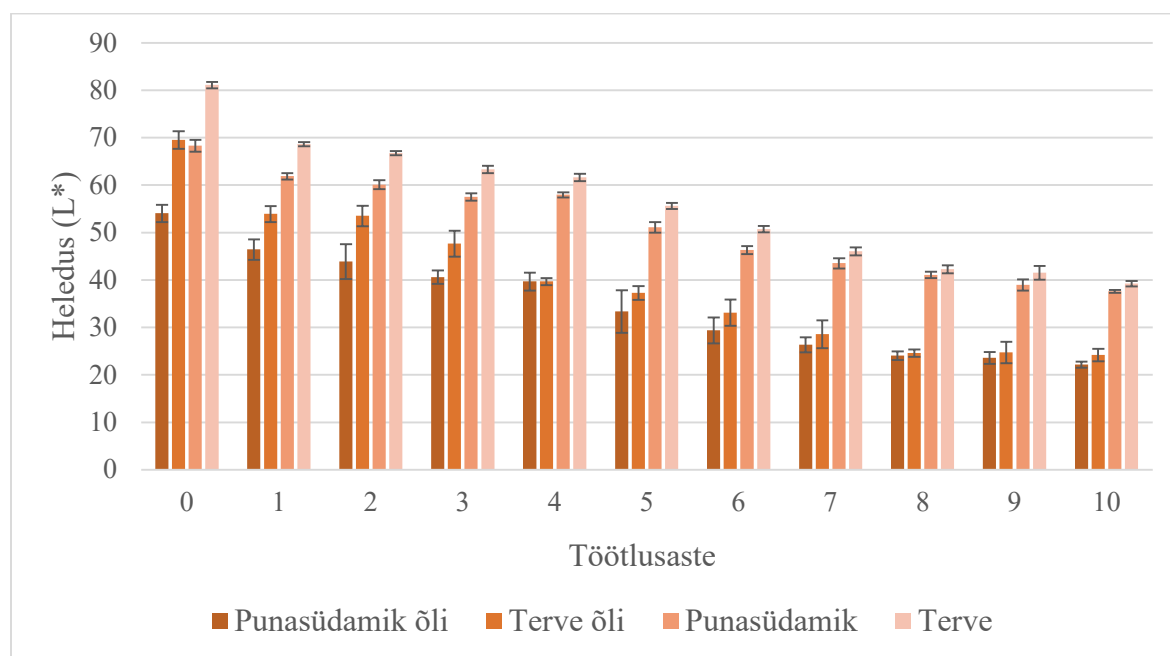


Joonis 10. Hõõveldatud halli lepa töötlusastmete heleduse keskmine koos 95% usalduspiiridega.

3.3. Sanglepp

Uuringu käigus selgus, et lihvitud ning õlitatud puidul kadus punasüdamik ja terve puidu erinevus neljandas, kaheksandas, üheksandas ja kümnesdas töötlusastmes. Lihvitud ning õlitamata puidul kadus punasüdamiku ja terve puidu erinevus ainult kaheksandas töötlusastmes.

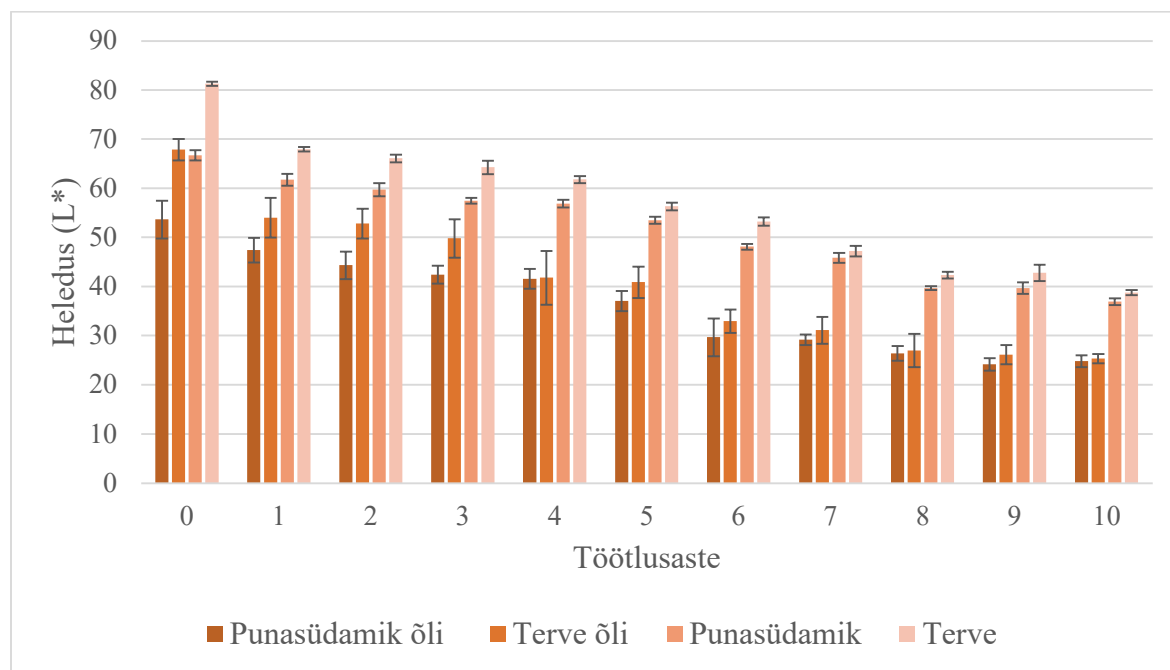
Kolmanda töötlusastmeni jäi õlitatud ja õlitamata puidu heleduse erinevus kuni 30%-ni, alates neljandast töötlusastmest oli erinevus üle 40% ja kaheksandast töötlusastmest oli erinevus üle 50%. Väikseim muutus oli esimeses töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik oli 29% tumedam kui õlitamata punasüdamik ja õlitatud terve puit oli 24% tumedam kui õlitamata terve puit. Suurim muutus õlitatud ja õlitamata puidu tumeduses oli kaheksandas töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik puit oli 52% tumedam kui õlitamata puit ja terve õlitatud puit oli 53% tumedam kui õlitamata terve puit.



Joonis 11. Lihvitud sangleppa töötlusastmete heleduse keskmine koos 95% usalduspiiridega.

Katsete käigus selgus, et hõõveldatud ja õlitatud puidul kadus punasüdamik ja terve puidu erinevus neljandas, kaheksandas ja kümnesas töötlusastmes. Hõõveldatud õlitamata puidul punasüdamiku ja terve puidu erinevus täielikult ei kadunud.

Neljanda töötlusastmeni jäi õlitatud ja õlitamata puidu tumeduse erinevus kuni 40%-ni, alates viiendast töötlusastmest oli erinevus üle 40%. Väikseim muutus oli esimeses töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik oli 26% tumedam kui õlitamata punasüdamik ja õlitatud terve puit oli 23% tumedam kui õlitamata terve puit. Suurim muutus õlitatud ja õlitamata puidu tumeduses oli üheksandas töötlusastmes, kus õlitatud punasüdamik puit oli 49% tumedam kui õlitamata puit ja terve õlitatud puit oli 48% tumedam kui õlitamata terve puit.



Joonis 12. Hõõveldatud sanglepa töötlusastmete heleduse keskmine koos 95% usalduspiiridega.

4. KOKKUVÕTE

Töö eesmärk selgitada välja, kas punasüdamik puidu termiline töötlemine vähendab või kaotab täielikult terve puidu ja punasüdamik puidu erinevuse, sai täidetud. Väheväärtuslikku punasüdamik puidu värvust on võimalik termilise töötlemisega terve puiduga ühte tooni saada.

Mida kõrgem on töötlusaste, seda ühtlasemaks puidu värvus muutus, aga ka seda suuremaks läks õlitatud puidu ja õlitamata puidu värvuse erinevus. Õlitatud puidul kadus terve puidu ja punasüdamik puidu erinevus enamjaolt neljandast töötlusastmest. Õlitamata puidul kadus erinevus enamjaolt seitsmendast töötlusastmest. Nii õlitatud kui õlitamata puidul kadus erinevus kaheksandaks töötlusastmeks.

Punasüdamik puitu on võimalik kasutada terve puidu asemel peale seda, kui punasüdamik puitu on vähemalt seitsmenda töötlusastmeni termiliselt töödeldud. Juhul, kui peale termilist töötlust punasüdamik puitu õlitada, peab puitu termiliselt töötleva vähemalt neljanda töötlusastmeni.

Punasüdamik puidule saab termilise töötlemisega anda suurema väärtuse. Termilise töötlusega saab teha väheväärtuslikust punasüdamik puidust väärtuslikuma materjali.

Kasepuitu oleks kõige otstarbekam töödelda vähemalt seitsmenda töötlusastmeni. Halli leppa tuleks termiliselt töödelda vähemalt kaheksanda töötlusastmeni. Kui peale töötlemist materjali õlitada piisab ka neljandast töötlusastmest. Sangleppa oleks vajalik töödelda vähemalt kaheksanda töötlusastmeni.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Rein Reiska.** (2012). Termopuit. Tallina tehnikaülikool. 32 lk.
- International ThermoWood Association.** ThermoWood Handbook. (2003)
CEN/TS 15679:2007. (2007). Termiliselt modifitseeritud puit. Määratlused ja omadused. Eesti Standardikeskus
- Esteves, B. Pereira, H.** (2009) Wood modification by heat treatment: A review.
- Saarman, E., Veibri, U.** (2006). Puiduteadus. Tartu: Vali Press OÜ. 560 lk.
- Drouin, M., Beauregard, R., Duchesne, I.** (2009). Sources of variability of red heartwood in paper birch (*Betula papyrifera Marsh*) wood and its impact on grade recovery and lumber value. Forest Products Journal.
- Kim-Pusateri, S. Brewer, J. D. Davis, E. L. Wee, A. G.** (2009) Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. State University of New York at Buffalo, Buffalo, NY; Nebraska Medical Center, Omaha, Neb.
- Konica Minolta. What Is CIE 1976 Lab Color Space? (2018) [veebileht]
<https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/> (15.05.2022)
- X-rite. Colorimeter vs. Spectrophotometer. (2019) [veebileht] <https://www.xrite.com/es/blog/colorimeter-vs-spectrophotometer> (15.05.2022)
- Petteri Tornainen.** (2021) Colour – a reliable quality-control tool for industrial ThermoWood production. Doktoritöö. Luleå Tehnikaülikooli tehnikateaduste ja matemaatika osakond. Luleå. 150 lk.

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Laura Heeringson
sünniaeg 03.10.1999,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Kase punasüdamik spooni omaduste parendamine eelpressimisega,

mille juhendaja(d) on Regino Kask,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, 25.05.2022
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

25.05.2022 _____
(kuupäev)