EESTI MAAÜLIKOOL
Metsanduse ja inseneeria instituut

Egle Kaljumäe

KATUSELAASTUDEST DEKORATIIVPLAADI VALMISTAMINE

MANUFACTURE OF DECORATIVE BOARD FROM WOOD ROOF SHAKES

Magistritöö

Metsatööstuse õppekava

Juhendajad: Mart Nilson
Regino Kask, *PhD*

Tartu 2023

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Egle Kaljumäe		Õppekava: Metsatööstus	
Pealkiri: Katuselaastudest dekoratiivplaadi valmistamine			
Lehekülgi: 48	Jooniseid: 30	Tabeleid: 0	Lisasid: 0
Osakond / Õppetool: Metsa- ja maakorralduse ning metsatööstuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia (B430) Juhendaja(d): Mart Nilson, Regino Kask Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2023			

Puit on looduslik materjal, millel on võime siduda süsihappegaasi ja seega vähendada negatiivset mõju keskkonnale. Puidujäätmed on tänapäeval oluline majanduslik ja keskkonnaprobleem. Euroopa Liidus tekib igal aastal 50 miljonit kuupmeetrit puidujäätmeid. Seega on oluline leida paremat kasutust puidujäätmetele.

Magistritöö eesmärgiks on leida kasutust seisma jäänud või jääk katuselaastudele ja leida lahendus, sellele kuidas neid paremini ära kastuda ning vähendada nende kütteks kasutamist. Töös kasutati kolme erineva puuliigi katuselaaste, puuliikideks oli: harilik kuusk (*Picea abies*), sanglepp ehk must lepp (*Alnus glutinosa*) ja harilik haab (*Populus tremula*). Dekoratiivplaadid pressiti hüdropressiga ja vaakum membraapressiga.

Töö tulemusteks valmis 9 plaati, millest 8 olid liimitud vineeri külge ja üks spooni külge. Sanglepa laastudega 4, hariliku haava laastudega 2 ja hariliku kuuse laastudega kaks vineeriga ja üks spooniga. Dekoratiivplaatide kõmmeldumist katsetati kliimakapis 23 kraadi juures ja kolme erineva õhuniiskuse sisaldusega, milleks olid 30%, 80% ja 95%. Töös tehtud ja katsetatud plaatidest oli kõige suurem kõmmeldumine lepa laastudest tehtud plaadil, kus 30 protsendilise ja 95 protsendilise õhuniiskuse keskmine, kõmmeldumise muutus oli 9,35 mm. Kõige vähem kõmmeldusid haava laastudest tehtud dekoratiivplaadid, nende keskmise kõmmeldumise vahe oli 2,2 mm. Spooniga tehtud plaat kõmmeldus juba pressi all, seega pärast 95 protsendilist õhuniiskuse katset ei olnud enam mõtet seda mõõta.

Dekoratiivplaadid on hea võimalus, kuidas leida kasutust puidujäätmetele. Ning kui leida veel kasutust puidujäätmetele on võimalik sellega vähendada süsihappegaasi emissiooni.

Märksõnad: katuselaastud, puidujäätmed, dekoratiivplaadid

www.emu.ee

Eesti Maaülikool

Estonian University of Life Sciences

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Egle Kaljumäe		Curriculum: Forest Industry	
Title: Manufacture of decorative board from roof shakes			
Pages: 48	Figures: 30	Tables: 0	Appendixes: 0
Department / Chair: Forest and Land Management and Wood processing Technologies Field of research and (CERC S) code: Silviculture, forestry, forestry technology (B430) Supervisors: Mart Nilson, Regino Kask Place and date: Tartu, 2023			
Wood is a natural material that can bind carbon dioxide and thus reduce the negative impact on the environment. Wood waste is an important economic and environmental problem today. In the European Union, 50 million cubic meters of wood waste is generated every year. Therefore, it is important to find a better use for wood waste. The aim of the master's thesis is to find a use for unused or leftover wood roof shakes and to find a solution to how to dispose of them better and reduce their use for heating. Roofing chips of three different tree species were used in the work, the tree species were: European spruce (*Picea abies*), European black alder (*Alnus glutinosa*) and European aspen (*Populus tremula*). The decorative plates were pressed with a hydraulic press and vacuum with a membrane press. The results of the work resulted in 9 plates, 8 of which were glued to plywood and one to veneer. 4 with European black alder chips, 2 with common aspen chips and 2 with spruce chips, two with plywood and one with veneer. The rattling of decorative tiles was tested in a climate cabinet at 23 degrees and with three different humidity levels, which were 30%, 80% and 95%. Of the boards made and tested in the work, the board made of alder shakes had the highest cupping, where the average of 30 percent and 95 percent air humidity, the cupping change was 9.35 mm. The decorative plates made from aspen shakes had the least amount of cupping, their average denting difference was 2.2 mm. The board made with veneer was already cupping under the press, so after the 95 percent humidity test, there was no point in measuring it. Decorative boards are a good way to find a use for wood waste. And if you find another use for wood waste, it is possible to reduce the emission of carbon dioxide			
Keywords: wood roof shakes, wood waste, decorative plates			

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1. KATUSELAAST 7
1.1. Laastukatus 7
1.2. Katuselaastu ajalugu 8
1.3. Laastu löömine 9
1.4. Laastulööjad Eestis 10
2. DEKORATIIVPLAADID 11
2.1. Dekoratiivplaatide ajalugu 11
2.2. Dekoratiivplaadid tamme spooni tootmisjääkidest 15
2.3. Eestis saadaval olevad dekoratiivplaadid 18
3. LIIMID 21
3.1. Looduslikud liimid 21
3.1.1. Valgu ja tärklise liimid 21
3.1.2. Ligniini liimid 23
3.1.3. Tanniinised liimid 24
3.1.4. Tselluloosipõhised puiduliimid 25
3.1.5. Hemitselluloosi põhised puiduliimid 25
4. MATERJAL JA METOODIKA 27
4.1. Laastude ettevalmistus 27
4.2. Plaadi liimimine 28
5. TULEMUSED 33
5.1. Plaadid 33
5.2. Niiskus katse tulemused 39
6. ARUTELU 43
KOKKUVÕTE 44
KASUTATUD KIRJANDUS 46

SISSEJUHATUS

Puit on looduslik materjal, millel on võime siduda süsihappegaasi ja seega vähendada negatiivset mõju keskkonnale. Puittoodete tootmisel on oluline positiivne mõju süsihappegaasi emissioonile, mistõttu tuleks tulevikus süsihappegaasi emissiooni vähendamiseks püüelda puidutoorme pikaajalise ärakasutamise poole. Seetõttu on vajalik puitu ja puidupõhiseid jääke ratsionaalsemalt kasutada jätkusuutlike hoonete jaoks uute toodete valmistamisel ja projekteerimisel ning minimeerida puidujääke kütteks. (Mamic D., Domljan D., 2023)

Puidujäätmed on tänapäeval oluline majanduslik ja keskkonnaprobleem. Hiljuti tehtud uuringu kohaselt tekib Euroopa Liidus igal aastal 50 miljonit kuupmeetrit puidujäätmeid. Praegu on puidujäätmete ringlussevõtu potentsiaal endiselt madal, mis on peamiselt tingitud jätkusuutlike taaskasutamise või ringlussevõtu rakenduste puudumisest. Tegelikult saab põhiosa puidujäätmetest töödelda erinevatel viisidel (kuum-, keemiline või mehaaniline töötlemine) ja see hõlmab suures koguses säilitusainega töödeldud puitu, mis sisaldab orgaanilisi ja anorgaanilisi saasteaineid. Need saasteained aga kahjustavad omakorda keskkonda seega tuleks leida kasutust jäätmetele nii, et neid ei peaks töötlema. (Berger et al. 2020

Puit on üks vanemaid ehitusmaterjale ning selle kasutamine ehitus- ja dekoratiivmaterjalina kasvab ka tänapäeval. Arvestades puidu keskkonnamõju on eesmärgiks toorpuidu efektiivsem kasutamine ning mille nimel arendatakse ja tuuakse turule uusi puidupõhiseid materjale. Puidu kasutamise pikaajaline trend sõltub ressursi enda muutustest. Samal ajal kui palkide läbimõõdud vähenevad ja tõusevad hinnad, mis sunnib tööstust toorainet võimalikult hästi ära kasutama. Tootmisprotsessid, mille käigus puit purustatakse väiksemateks tükkideks või kiududeks, on palju paremini kohandatavad pideva tootmise, standardimise, automatiseerimise ja suuremahuliste operatsioonide vooluga. Selliseid tootmisprotsesse iseloomustab toorme parem ärakasutamine ja madalamad tööjõukulud. (Mamic D., Domljan D., 2023)

Paljud lähenemisviisid, mis näevad ette puidu modifitseerimist, hõlmavad töötlemisprotsesse, mis on määratletud kui keemilised, bioloogilised, mehaanilised või füüsikalised meetodid. Kõiki neid meetodeid kasutatakse puidu modifitseerimiseks

eesmärgiga omandada paremaid omadusi saadud materjali säästva kasutusea jaoks, mis ei tohiks kogu olelusringi jooksul (viidates kasutamise, ringlussevõtu või kõrvaldamise probleemidele) põhjustada selle toksilisusega seotud keskkonnaohtu. Puidu omaduste, näiteks mõõtmete stabiilsuse ja vastupidavuse (vastupidavus bioloogilisele lagunemisele, UV-kiirgusele, niiskusele ja kahjulikele kemikaalidele; termiline stabiilsus või tulekindlus; mehaanilised omadused) suurendamiseks sobivad muud modifitseerimismeetodid, nende hulgas sageli kasutatakse immutus- ja kattetöötlusmeetodeid. **(**Teacă, Tanasă 2020)

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on leida kasutust seisma jäänud või jääk katuselaastudele ja leida lahendus, sellele kuidas neid paremini ära kastuda ning vähendada nende kütteks kasutamist.

1. KATUSELAAST

1.1. Laastukatus

Puitkatuste suureks plussiks on see, et see on kerge ja vastupidav. Erinevate puitkatuste eluiga võib olla umbes 40-60 aastat, kuid on ka neid katuseid, mis on pidanud vastu üle 100 aasta. Selleks, et puitkatused kestaks on vaja jälgida erinevaid faktoreid, nimelt puidu kvaliteet, kuidas katus paigaldatakse, katuse kalle, õhusaaste ja päike, sest liiga intensiivne päikesekiirgus hävitab puidus olevat ligniini ning seetõttu muutub puit rabedaks ja mõraliseks. Samuti on oluline jälgid niiskust ja ka hooldada katust korrektselt. (Muinsuskaitseamet, s.a.)

Kõige parem oleks katusematerjali toormeks vajalik puu maha võtta talve esimesel poolel, sest siis on okaspuu vaigusisaldus suurem kui kevadel. Soovitatakse valida sellist puitu, millel on 1cm peale 6-7 aastarõngast, sest selline puit on piisava tihedusega. Niiskes kasvukohas ja paksus metsas kasvanud puud on parim katusematerjal. (Muinsuskaitseamet, s.a.)

Tänase päevani kõige levinum katusekattematerjal puupakust tehtuna on laast. Tänapäeval valmistatakse katuselaastusid Eestis enamasti kuusest ja haavast, harvematel juhtudel ka männist ja hallist lepast. Katusele paigaldatakse laastud toorelt ja ilma kuivatamata, sest nii saab vältida selle lõhenemist naelutamisel, ning samuti tõmbab see tõhusamalt roovitise järgi. (Katuseraamat, 2016)

Tugevamaid laaste saab enamasti puu tüve osast, just sellisest, kus on vähem maltspuitu. Igal puuliigil on omad vead, miks ei ole neid hea kasutada, näiteks kuusel on palju oksi ja ka ränipuitu, mis ei ole hea laastulöömiseks. Männi puhul on takistuseks suured oksakohad ja poorid, mis kuivades jäävad avatuks. Kuid siiski eelistatakse kuuske rohkem, sest kuuselaastu pind ei märgu nii palju kui männi oma. Haab on puuliik, mida leidub rohkem ja see on odavam ning ka oksavabam, kuid päikse käes kipub haab rohkem kaarduma kui okaspuud. Lepa puhul on suureks plussiks see, et seda leidub palju ja seda on ka lihtne laastuks lüüa. (Uus A., 2001)

Laastukatuse materjali valikul on oluline, et puit oleks oksavaba ja kergesti töödeldav. Kuna

puit on materjal, mis imeb endasse niiskust siis ehitatakse laastukatused kolmekordsena, sest paksemad katused võivad minna pärast tugevamat vihmasadu mädanema, kuna ei jõua ära kuivada. Kui pole oluline, et katus peab kauem vastu pidama võib teha ka kahekihilisi kuid sellisel juhul soovitatakse seda teha vähemolulistele kõrvalhoonetele. Ühe kihi eluiga on umbes 10 aastat. Kuid selleks, et katus kaua vastu peaks on vajalik neid hooldada, puhastada ära sodi, mis võib jätta enda alla niiskuse. Samuti tuleks katus aastas korra või kaks üle vaadata ja vajadusel katta tõrvaga või tõrvaõliga. Katuste puhul saavad üldjuhul kiiremini otsa lõunapoolsed katuseküljed, sest päikse UV-kiirgus on üks kõige laastavama mõjuga looduslikke faktoreid puidu lagunemisele.. Selleks, et niiskus katust ei lõhuks on vaja kaitsta katust niiskuse ja vee eest näiteks lisaimmutamisega, puhastamine ning kui on võimalik siis muuta katuse kallet suuremaks. (Puitkatused, s.a)

Sõltuvalt piirkonnast kasutatakse puitu, mis on kõige lihtsamini kätte saadav. Seega kasutati Ameerika Ühendriikide kolooniaal ajal laastude löömiseks näiteks seedrit, mändi, kuuske, kollast seedrit, harilikku elupuud, tamme ja küpressi. (Cedur, s.a)

1.2. Katuselaastu ajalugu

Puidul kui ehitusmaterjalil on mitmeid häid omadusi, puit on kerge, esteetiline ning keskkonnasõbralik. Kui puitu õigesti hooldada ning valida sobiv puuliik võib see kesta mitmeid inimpõlvi. Juba alates muinasajast on kasutatud elukohtade katuste tegemiseks puitu, näiteks puukoort või roikaid. Enne seda kui katusekivi laiemalt levima hakkas 15 sajandil, kaeti katuseid peamiselt kisklaudadega. Kisklaud on laud, mis on lõhestatud kirve ja kiilu abil palgist. 19 sajandi teisel poolel toimusid muutused põllumajanduslikus tootmises, see aga andis hoo uuesti sisse puitkatuste kasutamisele. Laastukatuseid, pilbaskatuseid, sindelkatuseid ja kimmelkatuseid hakati rohkem kasutama 20 sajandil, kuna kasutusele võeti rehepeksumasinad, mistõttu enam õled katusekatteks ei sobinud. (Muinsuskaitseamet, s.a.)

1881. aastal Lõuna- Eestis oli rahvaloenduse andmetel kaetud katuselaastudega ligikaudu viiendik maaelamuist, samas aga 1922. aastal oli selleks suurusjärguks pooled katused. 1934. aastaks olid juba umbes kaks kolmandikku maaelamuist katused kaetud katuselaastudega. (Uus A., 2001)

Samuti on ka katuselaastu pikkus aja jooksul muutunud, samuti olid laastud erinevates piirkondades erinevate pikkustega. Lõuna-Eestis asuvas Missos oli levinuim laastu pikkus 71,12 sentimeetrit ehk 1 arssin, Viljandimaal oli see aga hoopis 1 küünar ehk 53,34 sentimeetrit. Nüüdseks on levinuim pikkus 60 sentimeetrit. Pikkuse valiku on oluline just seetõttu, et see määrab ära kaua katus vastu peab. Sest pikem laast katab suurema ala ja katuse löömine läheb kiiremini, kuid see hakkab ilmastikuoludes rohkem mängima. (Uus A., 2001)

1.3. Laastu löömine

Laastu löömiseks kasutatakse suure väntvõlli ja hoorattaga spetsiaalset masinat ehk laastulõikemasinat, mille lõiketera ja laastulööja jõu abil saadakse laastud (joonis 1). Protsess on iseenesest lihtne, puupakk või sektoriteks lõhutud puupakk, pannakse masina lõiketera kohale ja laastulööja hakkab suruma puupakku allapoole, et hoida seda paigal ja saada sobiva paksusega laastud. Erinevad laastulööjad kasutavad erinevaid tehnikaid. Osad koorivad enne pakud ära ja teised löövad laastud koos koorega ja hiljem sorteerivad koorega laastud välja.

Joonis 1. Laastu löömise masin (foto autor: T.Tuul).

Ka käsitsi on võimalik laaste lüüa, kõige keerulisem osa selle juures on leida sobiv materjal, käsitsi löömiseks on vaja leida selline pakk, mis on hästi lõhenev. Tööriistad, mis on

vajalikud selleks, et laaste saada on kettsaag või siis kahe mehe käsisaage, kahte või kolme kiilu, väikest vasarat ja kirvest. (Mother Earth News, 2005)

Kui on olemas sobiva diameetriga pakk, tuleb see lüüa pooleks, seejärel tuleks ühelt poolelt ära lõigata kitsas kolmnurkne osa ja eemaldada keskosa nii, et ülejäänud osa oleks aastarõngaste suhtes mõõdetuna täisnurga all ja vastaks soovitud laastu laiusele. Seejärel tuleb kasutada kirvest ja haamrit, asetada kirves paku äärest nii kaugele kui on soovitud laastu paksus ja siis lüüa haamriga kirve peale. Kui laastud ei tule sellised nagu soovitud ja pakust ei saa ikkagi ilusaid laaste tuleb proovida mõne teise pakuga. Lugedes tundub olevat see raske, kuid kui proovida siis mõne aja pärast on tehnika selge ja kvaliteetsed laastud olemas. (Mother Earth News, 2005)

1.4. Laastulööjad Eestis

Eestis on nii väiksemaid kui ka suuremaid laastulööjaid, kes tegutsevad üle terve Eesti. Töös kasutatavad laastud on pärit Valga maakonnast Lutikese külas asuvast Lutike Laast OÜ. Lääne-Virumaal asub Põhjala Puu OÜ, mis tegeleb samuti laastukatustega ning saadavad laaste ka üle Eesti koju kätte. Saaremaal toodavad katuselaastu ettevõte nimega Puitkatused OÜ. Võrumaal Rõuge vallas tegutseb ettevõtte nimega Amain Ehitus OÜ, neilt sain vastused ka mõnele oma küsimusele, nimelt tekib neil jääke ligikaudu 100m^3 kuus, millest kasutatavaid on vähemalt kolmandik. Nendel lähevad jäägid hakkesse ja enamik on kuusepuidust jäägid.

Kuid kui vaja kindlas piirkonnas laaste tasub otsida endale kas lähim laastulööja või siis uurida, millise hinnaga keegi teeb ja mis puuliigist. Hinnad ja puuliigid on erinevad olenevalt siis, mis piirkonnas neid tehakse. Kuid ka vaadates erinevaid laastulööjate kodulehti on siiski enamasti kuuse ja haava laastud müügil.

2. DEKORATIIVPLAADID

2.1. Dekoratiivplaatide ajalugu

Vanad egiptlased olid esimesed, kes kaunistasid oma maju puitpaneelidega. See pärineb kolmandast aastatuhandest eKr. Vana-Egiptuse arhitektuur on barokne, massiivne ja vaevanõudev. Vaaraode haudade ja paleede seinu kaunistasid maalid, skulptuurid, puitpaneelid ja väärismetall katted. Vaaraode arhitektid kasutasid väärtuslikku imporditud puitu (eebenipuu Kesk-Aafrikast, Liibanoni seeder Põhja-Aafrikast). Nad kaunistasid selle nikerduste ja maalidega. (Yourforest, s.a.)

Tänapäeval tuntud puitpaneelid pärinevad keskaegsest Euroopast. Boiserie on prantsuse sõna, mis tähendab "puitpaneelid". Prantsuse arhitektid tulid välja oma uue disainivisiooniga (joonis 2). Puitkaunistus sai võimalikuks kodukütte arenedes – raudkorstnad vähendasid oluliselt tuleohtu. 18. sajandil, aurukütte ajastu tulekuga, saavutab Boiserie oma hiilgeaega. Algselt soojusisolatsiooniks ja niiskuse kontrollimiseks kasutatud paneelidest said dekoratiivsed elemendid. Paneele kasutati mitte ainult seinte, vaid ka uste, lengide, kappide, riiulite, peeglite ja kaminate jaoks. (Yourforest, s.a.)

Joonis 2. Chateau de Cheverny, Prantsusmaa (Yourforest, s.a.).

Louis XIV reklaamitud boiserie muutus luksuse märgiks, jõu ja edu sümboliks – mitte lihtsalt praktiliseks ja dekoratiivseks esemeks. Puitpaneele rikastati seinavaipade, maalide, reljeefse naha ning kangast ja väärismetallidest inkrustatsioonidega. Louvre ja Versailles, klassikalised Pariisi elukohad ja maailmaarhitektuuri pärlid, säilitasid esimesed luksuslikud boiseries. Prantsusmaa kehtestas ülemaailmse trendi ja boiseries kolisid inglise, saksa, vene aadlimajadesse ning Hispaania kolooniate Mehhiko ja Kuuba rikastesse valdustesse. (Yourforest, s.a.)

Sellest sai alguse klassikaline inglise seinapaneel (joonis 3), mis oli kaetud põrandast laeni puitpaneelidega. Praktilised ja sisutihedad inglased panevad aga prantsuse läike ingliskeelse vaoshoituse alla – nii sündisid lambipaneelid. Wainscot-stiil kui seinakaunistuse tüüp eeldas seina alumise kolmandiku katmist tammepaneelidega. Isegi vaesed pered võiksid seda tüüpi katteid endale lubada. Wainscot-id ei olnud mitte ainult dekoratiivsed, vaid ka praktilised – see andis lisaniiskust ja soojusisolatsiooni, kuna ruume köeti ainult kaminatega. (Yourforest, s.a.)

Joonis 3. Klassikaline inglise seinapaneel (Yourforest, s.a.).

Boiseries'e rahvusvahelistumine muutis neid iga uue riigi maitse järgi. Rafineeritud itaallased kaunistasid laed puitpaneelidega, pretensioonikad prantslased harjutasid tegelike paneelide kaunistamist, samal ajal kui demokraatlikud ameeriklased lihtsustasid ja standardiseerisid sisepaneelid. (Yourforest, s.a.)

Seinapaneelid on olnud kasutusel Kreeka ja Rooma perioodidest ning olid osa arhitektuurist. Nüüd kasutatakse neid kodudes dekoratiivsetel eesmärkidel. (DIY Wall Panelling, s.a.)

Tudorite perioodi ehk Gooti perioodi võib pidada Briti koduarhitektuuri pöördepunktiks. Moodne hoone eemaldus järk-järgult keskaegse ehitusstiilide ja -maitsete juurest keerukamate ja klassifitseeritud sisustusega struktuuride poole. Uue maailma avastamine ja seiklushimulised merekaptenid levitasid rikkust uutesse ühiskonnapiirkondadesse, see tähendab keskklassi ja kaupmeestest meremeestesse. See koos William Caxtoni 1477. aastal leiutatud trükikunstiga aitas levitada teadmisi ja moodi tammepaneelidest renessansiliikumises Itaaliast läbi Lääne-Euroopa Suurbritanniani. (Vincent Reed, s.a.)

Tudorite ajal kasvas järsult maamõisate ja mõisahoonete arv, mille ehitasid mitte ainult aadlikud, vaid ka väiksemad maaomanikud ja kaupmehed. Kui rahu enam-vähem kehtestati, muutusid kodud mugavuseks, mitte kindlustuseks, ja varajased Tudori kodud esindasid esimest rahvakeelset majaehitusstiili selles riigis. (Vincent Reed, s.a.)

Selle perioodi voodritüüp koosnes täispuidust püstpostide ja risttalade soontesse lastud õhukestest laudadest. Lauad olid üldiselt tammepuidust, mõõtmetega kuni 24 tolli ja võimalikult õhukeseks lõigatud. Populaarne oli nikerdatud kaunistus; 16. sajandi alguses oli moes linase voldiku muster, mida on näha joonisel 4. (Vincent Reed, s.a.)

Joonis 4. Linase voldiku mustriga paneel (Vincent Reed, s.a.).

Uus aadel, kellest paljud olid kloostrite laialisaatmisest kasu saanud, jätkas oma majade ehitamist üha suuremas mahus. Kuigi riiklikud ehitustraditsioonid olid liiga sügavalt juurdunud, et neid ootamatult kõrvale heita, oli keskaegsetest meetoditest kõrvalekaldumine vältimatu ning Elizabethi ja Jacobi ajastu renessansiarhitektuuri varajasele tammepaneelidele omistati omapära. (Vincent Reed, s.a.)

Erinevaid välismõjusid, mis sellele muutusele kaasa aitasid, saab jälgida otse Itaaliast; itaallaste Henry VIII valitsemisajal teostatud dekoratiivdetail oli hilisemas töös kahjuks kadunud. See Itaalia otsene mõju oli lühiajaline. Elizabethi ühinemise ajaks oli usuvahetus ja tööpuudus Edward VI või Mary ajal itaallased riigist välja tõrjunud. Nende asemele tulid Saksamaa ja Madalmaade käsitöölised. (Vincent Reed, s.a.)

John Thorpe, Robert Huntingdon Smithson ja Thomas Holt olid inglise tammepuidust seinapaneelide disainerid, kelle nimed on seotud suuremate Elizabethi ja Jacobe'i majadega. Nad julgustasid sümmeetrilisi tammepaneelide kujundusi koos kõrgendusega, mida eristab tugev horisontaaljoon ja rakendatud klassikaline "tellimus". Tammepaneelide detailide väljatöötamist oli harva viidud kaugemale kui Elizabethi ja Jacobi ajastu majades ning

väljapanekuks toodi välja väravad, balustraadid ja isegi vihmaveepead. (Vincent Reed, s.a.)

16. sajand kehtestas oma väärikuse ning mugavuse standardi ning nõudis seinte, kaminate, lagede ja trepikodade kaunistamist. Tammepaneelide puhul andis Linenfold teed mitmesuguse ristkülikukujulise liistuga vooderdusele, mida ümbritsesid tavaliselt nurkade all "mitte" liistud. Kui sooviti rikkalikumat efekti, võeti kasutusele nikerdatud pilastrid ja friisid ning iseloomulik rihmaornament. Mõnikord täitsid paneelid keerukad mustrid ja mõningal määral kasutati erinevat värvi inkrusteeritud puitu. (Vincent Reed, s.a.)

Victoria ajastul asetati seinapaneelid nii kõrgele seinale, enne seda kui need kaeti seinaliistudega, et kaitsta seina toolide eest. Seinapaneelide kujundust kasutati ajastu rikkalike kujunduste täiendamiseks ning see oli peamiselt geomeetriline ja sisaldas triipe. Sel perioodil kasutati vooderdamiseks rohkem materjale, nagu täispuit (nt pähkel, kask või punapuit), vineer (vineerialusel õhuke puiduspoon) ning lehtpuit ja poolläbipaistvad materjalid, nagu pleksiklaas. (DIY Wall Panelling, s.a.)

Hiljuti on seinapaneelid hakanud inimeste kodudesse tagasi tulema. Kui varem olid seinapaneelid populaarsed jõukate kodudes, siis tänu tehnoloogilistele edusammudele ja MDF-i arengule on seinapaneelid kõigile kuluefektiivsemad. Lisaks sellele, kuna elukallidus eriti küttearvete osas kasvab, otsib üha rohkem inimesi võimalusi oma kodu soojustamiseks. Seinapaneelid mitte ainult ei isoleeri kodu, vaid on ka iga ruumi stiilne element. On oletatud, et järgmise aasta jooksul on seinapaneelid sisekujunduse suur trend nii, et mis oleks parem viis trendist ees püsida, kui paigaldada oma koju seinapaneelid. (DIY Wall Panelling, s.a.)

2.2. Dekoratiivplaadid tamme spooni tootmisjääkidest

Horvaatias jälgiti ettevõtte Spaˇcva Ltd. Tootmisprotsesse ning samuti ka seda mis jääb jäägiks ja kuidas saada tagasi jääkidest väärtuslik tooraine ja selle abil luua uus keskkonnasõbralik toode. Sellest on kirjutatud uurimis- ja arendusprojektist koosnev artikkel, mille eesmärgiks on luua jääkspoonist uus esteetiline disainilahendus uuenduslikele seinapaneelidele, et suurendada kõrgel hinnatud hariliku tamme spoonipalkide kasutamist. Idee on leida igale jääkelemendile uus otstarve ning kujunduselemente ja põhimõtteid kasutades välja selgitada võimalused ja variandid, mille abil saab kujundada uus dekoratiivne seinapaneel. Selles töös käsitletakse kõiki puidujäänuseid, olgu need siis

kasutuselt kõrvaldatud spoonid või pärast spooni lõikamist ehk taga paneelid. Samuti prooviti erinevaid tehnikaid, näiteks liimimist, voltimist, pressimist, nööriga kinnitamist ja virnastamist. Joonisel 5 on näha milline oleks liimimise ja pressimise tulemusel paneel. (Mamic D., Domljan D., 2023)

Joonis 5. Mitmekihilise pressimise ja liimimise teel tekkinud spoonijääkidest dekoratiivse seinapaneeli kujundus (foto autor: Domagoj Mami).

Joonisel 6 on kujutatud sama paneeli mida ka joonisel 5 kuid 3D-s seinal, mis annab parema visuaalse ülevaate sellest milline näeb paneel välja interjööris.

Joonis 6. Dekoratiivse puidust seinapaneeli 3D visualiseerimise näide mitmekihilise pressimise ja liimimisega spooni jääkidest (foto autor: Domagoj Mami).

Joonisel 7 on näha voltimise meetodi tulemust, kus on kasutatud spooniliiste, mis on parima kvaliteediga spoonipalgi puidujääkidest.

Joonis 7. Voltimise meetodil dekoratiivse puidust seinapaneeli kujundus (foto autor: Domagoj Mami).

2.3. Eestis saadaval olevad dekoratiivplaadid

Eestis ühe suurima dekoratiivplaatide valikuga poode on Puumarket. Seal on mitmeid erineva stiiliga, puuliikidega ja suurustega dekoratiivplaate. Joonisel 8 on näha ühte plaati nende valikust. Tegemist on tammest tehtud dekoratiivplaadiga, mis sobib nii sisetingimustesse kui ka sauna. Välimuselt on see sarnane töös tehtava plaadiga, kuna on kasutatud erineva suurusega laua tükke.

Joonis 8. Tammest dekoratiivplaat (foto autor: Puumarket)

Samuti on neil müügis männi ja kuuse segust dekoratiivplaat, mida saab kasutada sisetingimustes. Joonisel 9 on näha seda plaati, kokku on liimitud männi ja kuuse tükid.

Joonis 9. Männi ja kuuse dekoratiivplaat (foto autor: Puumarket).

Samuti on müügil erinevaid vineerist tehtud dekoratiivplaate, üks huvitavama välimusega on näha joonisel 10. Tegu on männivineeriga ja töötluseks on seda harjatud ja viimistluse poole pealt värvitud ning lakitud.

Joonis 10. Männivineerist dekoratiivplaat (foto autor: Puumarket).

Dekoratiivplaate on võimalik peaaegu kõigest teha, on olemas käbidest, kadaka ketastest ja ka männiokastest plaate. Kui tekib idee proovida ise teha endale dekoratiivplaati, tasub kindlasti mõelda läbi see kuidas seda teostada ning milliseid vahendeid selleks vaja läheks.

3. LIIMID

3.1. Looduslikud liimid

Looduslikel liimidel on mitmeid eeliseid, nagu nende lai levik ja taastuvus. Kuigi nende liimi tugevus ning vastupidavus veele ja kuumusele on piiratud ning kasutusperioodid ka lühikesed, vastavad need keskkonnakaitse ja säästva arengu nõuetele. Üldiselt on looduslike liimide modifikatsioonide uurimisel taastuvad ja keskkonnasõbralikud sünteetilised liimid liimide arendamise vältimatuks trendiks.(Zhao et al. 2011)

Biopõhised liimid on looduslikud polümeersed materjalid, mis toimivad liimidena, on suure molekulmassiga ning on bioloogiliselt ühilduvad ja biolagunevad polümeerid, mida kasutatakse kahe pinna ühendamiseks. Need polümeerid koosnevad põhilistest molekulaarsetest ehitusplokkidest, mis on omavahel ühendatud, moodustades mitmesuguseid suuri ja keerukaid struktuure. Materjalide pindadele kandmisel võivad liimid need omavahel ühendada ja eraldumisele vastu pidada ning neid saab muuta nendest looduslikest polümeeridest erinevate keemiliste modifikatsioonide abil. Lisaks on maatriks, mille ülesanne on edastada jõud kiudude vahel, hoida kiude õiges suunas, kaitsta kiude keskkonna eest ja peatada pragude levimine kiudude vahel koos materjalide vahelise sidemega. Neid saab toota ka nendest looduslikest polümeeridest. Käsitletakse erinevaid säästvaid looduslikke polümeerseid tooraineid, mida saab kasutada komposiitmaterjalide liimide ja maatriksite valmistamiseks, nagu ligniinid, tärklis, valgud, tanniinid. (Islam et al. 2022)

3.1.1. Valgu ja tärklise liimid

Kõik valgud koosnevad aminohapetest ja ilma valkudeta elavad asju poleks olemas. Valgud ja nende lai valik funktsionaalsust rühmad sobivad hästi puiduliimide valmistamiseks ja neid on selleks kasutatud läbi sajandite. Valgupõhised liimid on puittoodete puhul domineeriv valik, kuid need ei sobi tänapäevase tootmiskeskkonnaga. Üldiselt on valgupõhistel liimidel kõrge viskoossus, lühike kasutusaeg ja kõrge veetundlikkus, koostise ja toimivuse ebaühtlused ning piiratud tarne, kuid samas kallid võrreldes fossiilkütustel põhinevate liimidega. Seetõttu on valgupõhiste liimide veekindluse, töödeldavuse ja sidumistugevuse parandamiseks vaja valke modifitseerida. (Islam et al. 2022)

Erinevatest tooraineallikatest on valk vanim liimiliik ja sisaldab suures osas loomset ja taimset valku. Erinevatest taimsetest valkudest on sojaoa valke kõige lihtsam saada ja need moodustavad suurema osa nende toodangust. Seetõttu on uurijad viimastel aastatel läbi viinud mitmeid uuringuid sojavalkude modifitseerimise ning nende vee- ja kuumakindluse tugevuse parandamise kohta. Sojavalkude jõudlus on tihedalt seotud liimide osakeste suuruse, pindade algse seisukorra, viskoossuse ja rõhu temperatuuri, rõhu ja ajaga töötlemise ajal. (Zhao et al. 2011)

Hetkel on maailmas keemiline modifitseerimine enamiku sojavalke käsitlevate uuringute keskmes ja see on teinud suuri edusamme. Välja on töötatud leelis, mis muutis sojavalgu liimide toimivust saematerjali sidumiseks ja võrdles seda looduslike valguliimidega. Valguliimide toimivuse muutusel on eeliseks palju parem liimitugevus ja veekindlus. Sojaoa valkude modifitseerimiseks on kasutatud kaugvee monomeere-GMA pookimisreaktsiooni kaudu, et saavutada sojavalgu liimide parem veekindlus ja pakkuda seda välja muudetud protsessina. On ka kirjeldatud seda kuidas akrüül muutis sojaoa valke, et saada kattepaberi jaoks kasutatavaid liime. Karpide valkude kasutuselevõtt ja nende modifitseerimine pindaktiivse ainega on küpsed keemilised töötlemismeetodid. Sojavalgu liimid hõlmavad ka füüsikalise ja ensümaatilise modifitseerimise meetodeid. Boyer kasutas sojaoa valkude ekstraheerimiseks aeglast külmutamismeetodit ja seejärel sulatas fikseeritud lateksit, et toota liimaineid, mida saab kasutada tekstiili-, pakkepaberi- ja värvitööstuses. On ka uuritud sojaoa valkude sidumisomadusi. Puidul kasutamise katses näitasid tulemused, et kui valkude kontsentratsioon on 2 $mg \cdot cm^{-2}$, toimis pehme kvaliteediga vahtra sidumistugevus kõige paremini. (Zhao et al. 2011)

Tärklis on looduslik süsivesikute polümeer, mida kasutatakse laialdaselt toidus, lisaainetena, paberi- ja liimainetena. See koosneb arvukatest glükoosiühikutest, mis on ühendatud glükosiidsidemetega. Tärklise mitmekesised tööstuslikud rakendused sõltuvad suuresti selle füüsikalis-keemilistest omadustest ja funktsionaalsusest. (Islam et al. 2022)

Tärklise liimid kui keskkonnasõbralikud looduslikud liimid on teadlaste seas üha enam huvi pakkunud. Kuna tärklisel on silmapaistvad omadused, nagu looduslikult suured molekulid, aktiivsed funktsionaalrühmad, vastab keskkonnanõuetele ja on madala hinnaga, kasutatakse seda tavaliselt kontoriliimidena. Tärklise kasutamine liimina puidutööstuses on piiratud, see

tähendab, et tärklisel on halb veekindlus, säilivusstabiilsus, likviidsus ja hallitusseened on kergesti tekkima. Seetõttu on tärklise muutmine vajalik. Tärklise liimide veekindluse ja nakkuvusomaduste parandamiseks on kõige tõhusam viis pärast liimide vormimist moodustada ristsidumisest kompaktsed struktuurid, et vältida veemolekulide kiilumist ja vesiniksidemete hävimist. Tärklise liimide stabiilsuse parandamiseks saab liimidele lisada stabiliseerivat ainet selleks, et pikendada nende säilivusaega. (Zhao et al. 2011)

3.1.2. Ligniini liimid

Ligniinid on suuruselt teine taastuv ressurss, mis koosneb umbes 20–28% puu mahust ja on ühe materjali asemel materjalide perekond. Neid peetakse olulisteks tugevdavateks polümeerideks, mis tagavad puidu suurepärase tugevuse ja kaalu suhte. Üldiselt tagavad tselluloos fibrillid puidule suure jäikuse, kuid puit vajab nende fibrillide kooshoidmiseks ligniine. Pealegi pehmendavad ligniinid puitu kergesti, seega võivad nad voolata, moodustades sidemeid kuumuse või kuumuse ja niiskuse mõjul. Neid tingimusi kasutatakse puitkiudplaadi tootmisel, kuna tihendamine on piisav, et viia kiud heasse otsekontakti. Suur molekulmass, piiratud arv reaktiivseid kohti ja raskused ligniinide puidust eraldamisel on selle puiduliimina kasutamise peamised puudused. Ligniinide potentsiaalselt saadaolevad suured kogused ja madal hind on viinud jätkuvate uuringuteni isoleeritud ligniinide liimideks muundamiseks. (Islam et al. 2022)

Ligniin on üks olulisemaid looduslikke polüfenoole ehk rühm taimseid ühendeid. See on valmistatud fenüülpropanoid monomeeridest, mis muutuvad suure molekulmassiga nende seotud C-C ja eetri sidemete tõttu. Ligniini struktuur sarnaneb fenoolformaldehüüdvaigu mikroskoopilise struktuuriga. Seetõttu viitavad mõned viited ligniini kasutamisele fenooli asendamiseks liimide valmistamisel. Teised soovitavad ligniini ja fenooli kasutada fenooli või fenoolformaldehüüdvaigu asendamiseks pärast polükondensatsiooni, osaliselt kvalifitseeritud liimide valmistamiseks. Teadlased on kasutanud fenooli asendamiseks ligniiniga modifitseeritud töötlust, et saada odavat ligniini fenoolformaldehüüdvaikudes liimainetena, millel on suurepärased sidumisomadused ja säilivusstabiilsus. Zhong soovitas kasutada dimetüülfenooli ja leeliselist ligniini vaigu tootmiseks polükondensatsiooni teel happelistes tingimustes temperatuuril 150–180 °C ja vaigu tootmiseks, mida on kasutatud puitkiudplaatide tootmiseks. Mõned uuringud käsitlevad ligniini ja uurea-formaldehüüdliimi segamist liimide valmistamiseks. Ligniin on ühend, mille skeleti struktuur on fenüülpropaan

(nagu fenoolsed hüdroksüülrühmad, alkoholiekstrakti hüdroksüülrühmad, karboksüülrühmad ja metoksürühmad) ning see on ka aktiivne polümeerne ühend. Kondensatsiooni või karbamiidformaldehüüdiga ristsidumise reaktsiooni kaudu võib see toota ligniin-uurea- formaldehüüdliime. Ligniini puhastamiseks on kasutatud pideva leotamise meetodit, mis formaldehüüdi ja karbamiidiga segatuna võib pärast polümerisatsiooni tekitada liimi. Uuritud on ka praktilist rakendust ligniini lisandiga liimi tootmiseks. Tulemused näitavad, et ligniin võib oluliselt parandada uurea-formaldehüüdliimi kvaliteeti. (Zhao et al. 2011)

Ligniini kui looduslikku liimi saab otse muuta. Hiinas on teadlased uurinud ligniin liime alates 1980. aastatest ja ülejäänud maailmas ilmusid asjakohased uuringuviited 1960. aastatel. Uuritud on ka protsessi, milles kasutatakse liimide tootmiseks laktaasi poolt aktiveeritud ligniini ja saadi tehnoloogilised parameetrid. (Zhao et al. 2011)

Taimeriigis on ligniini kogus veidi väiksem kui kiudainetel. Ligniin on omamoodi rikkalik looduslik kõrge orgaaniline polümeer, samuti teatud tüüpi kompleksne aromaatne polümeer. See on odav ja taastuv. Raskus seisneb selle keerulises struktuuris. Seetõttu peaks uuringute suunaks olema puhta ligniini valik ja elementaarsete ligniini funktsionaalsete struktuurirühmade kasutamine liimi tootmiseks. (Zhao et al. 2011)

3.1.3. Tanniinised liimid

Tanniin on paljude aktiivsete hüdroksüül- ja karboksüülrühmadega looduslik fenoolühend, mis võib asendada osa fenoole tööstuslikuks kasutamiseks mõeldud toorainena. Tanniine, mis asendavad fenooli või resortsinooli, toodetakse neutraalse liimikihiga puiduliimina ja need tahkuvad võrreldes uurea- formaldehüüdliimiga kiiresti. (Zhao et al. 2011)

Praegu on tanniini saadavus erinevatest taimeliikidest, sealhulgas puudest ja muudest lignotselluloossetest materjalidest, ligikaudu 200 000 tonni aastas. Ligniinid on muude protsesside kõrvalsaadus, tanniinid aga taimsetest materjalidest ekstraheerimise põhiproduktid. Seega on tanniinil rohkem tootmiskulusid kui ligniinil, järelikult kõrgem hind. Kahe erineva tanniinide kategooria, hüdrolüüsitavate ja kondenseeritud tanniinide, vahel on kondenseeritud tanniin kõige enam kaubanduslikult saadaolev. Seega on suurem osa läbi viidud uuringutest põhinenud kondenseeritud versioonil, seda leidub puukoores,

tüves või juurtes väljaspool kambiumi. (Islam et al. 2022)

Tanniini liimide uurimine algas 1950. aastal, kui tanniini valmistati puiduliimide tootmiseks. Avastati, et tanniinliimidel oli parem vastupidavus kui uurea- formaldehüüdliimil. Sellest ajast alates viidi tanniinliimide kohta läbi üha rohkem uuringuid. (Zhao et al. 2011)

Paljud instituudid kasutasid fenooli asendamiseks tanniini ja valmistasid tanniinliime. Nanjingi metsaülikool ja Sise-Mongoolia Yakeshi tanniinitehas (Hiina) kasutasid lehisekoore tanniine, et asendada 60% fenooli ja toota tanniin- fenool - formaldehüüd vaike. Seni on tanniinliime edukalt kasutatud vineeril, puitlaastplaatidel, bambusvineeril ja muudes valdkondades. (Zhao et al. 2011)

Tanniinliimide probleemid seisnevad suures osas tanniinide ja formaldehüüdi kiirete reaktsioonide, lühikese kleepuvuse, halva veekindluse, kõrge viskoossuse, suure annuse, komponentide varieeruvuse ja kergete keemiliste reaktsioonide tõttu. (Zhao et al. 2011)

3.1.4. Tselluloosipõhised puiduliimid

Tselluloos, kõige levinum orgaaniline ühend Maal, on roheliste taimede, erinevate vetikate ja munamütseedi rakuseinte peamine struktuurikomponent. Kuna tegemist on mittetoksilise ja biolaguneva kõrge tõmbe- ja survetugevusega polümeeriga, on seda laialdaselt kasutatud erinevates valdkondades, sealhulgas komposiitmaterjalides, liimainetes, nanotehnoloogias, farmaatsiatööstuses ning toidukosmeetikas, tekstiili- ja paberitööstuses. Seda saab kasutada otse või eraldamise ja muutmise teel. (Islam et al. 2022)

Tselluloosi derivaate saab kasutada puiduliimidena. Tselluloosi nanokristallid ja polüvinüülatsetaat andsid hea veepõhise puiduliimi, millel on kõrgemad mehaanilised omadused. (Islam et al. 2022)

3.1.5. Hemitselluloosi põhised puiduliimid

Hemitselluloosid on taime rakuseina struktuursed komponendid ja moodustavad põhiosa liitlamellist. Need moodustavad umbes 20–30% kogu taime rakuseinast. Hemitselluloosidel on väiksem kaubanduslik väärtus kui teistel süsivesikutel, ehk siis tselluloosil, tärklisel,

kummidel ja pektiinidel. (Islam et al. 2022)

Hemitselluloosid on heteropolüsahhariidid, mis koosnevad peamiselt kolmest heksoosisuhkrust, see tähendab glükoosist, galaktoosist, mannoosist ja kahest pentoossuhkrust, ehk ksüloosist ja arabinoosist, mis on kokku pandud glükosiidsidemetega, kusjuures β-konfiguratsioon on olulisem kui α-konfiguratsioon. Hemitselluloos on jagatud kolme rühma nendeks on ksülaanid, mannaanid ja galaktandid. (Islam et al. 2022)

Ksülaanid üksi ei oma häid kleepuvusomadusi, sellegipoolest võivad dispergeerivad ained ja ristsidujad parandada nakkeomadusi. Puitpaneelid on valmistatud dispergeerivate ainetega, milleks on polüvinüülalkohol või polüvinüülamiiniga ja ristsiduvate ainetega milleks on glüoksaal või heksametoksümetüül melamiin need näitasid head kuivtugevust ja paremaid veekindluse omadusi. Hea vee- ja kuumakindlus omadusi täheldati, kui dispergeeriva ainena kasutati 5,6 massiprotsenti polüvinüülamiini. (Islam et al. 2022)

Dekoratiivplaate kasutatakse enamasti siiski sisetingimustes, seega tasuks kasutada looduslikke ja keskkonna sõbralikke liime. Need on ka ohutumad inimestele ja loomadele. Kui aga kasutada plaate väliskeskkonnas, tasuks kaaluda niiskuskindlamaid liime, sest looduslikud liimid on küll keskkonnale head kuid niiskemates olukordades need enamasti vastu ei pea. Kui suudetakse luua liim, mis on nii keskkonnasõbralik kui ka niiskuskindel tasuks kasutada seda.

4. MATERJAL JA METOODIKA

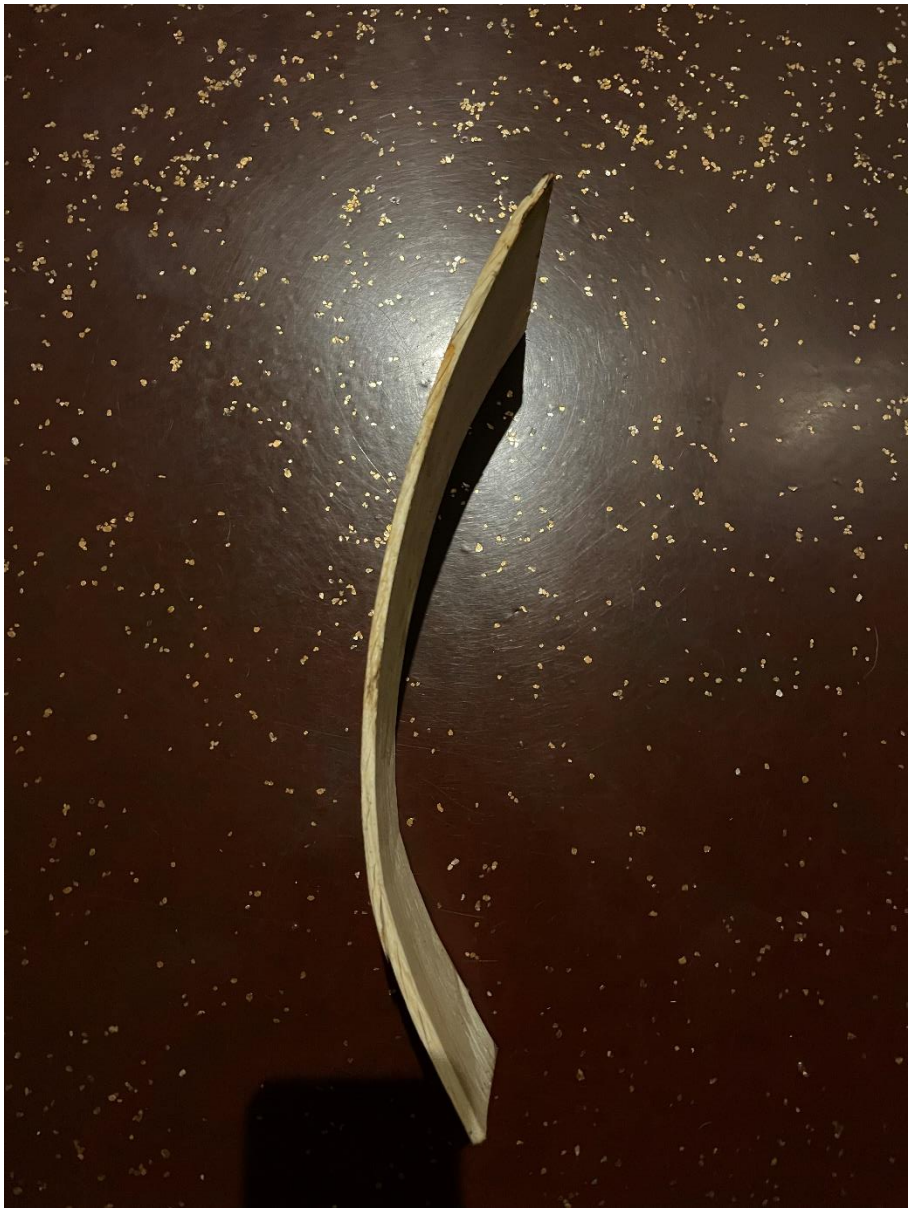
4.1. Laastude ettevalmistus

Töös oli kasutusel kolme erineva puuliigi laastud, puuliikideks oli: harilik kuusk (*Picea abies*), sanglepp ehk must lepp (*Alnus glutinosa*) ja harilik haab (*Populus tremula*).

Selleks, et laastudest oleks võimalik plaate valmistada oli vaja need kuivatada ja saada sirgemaks, nagu on näha joonisel 11 olid laastud kaardus. Laastud kuivatati põrandal ja neile oli raskuseks peale pandud liimpuittala.

Joonis 11. Kuivatamata laastud (autori foto).

Kaardus laast on nähtav joonisel 12, pildil on üksik kuuse laast. Laastud olid raskuse all ja kuivasid kaks nädalat. Laastud pärast kahte nädalat kuivamist olid kergelt kaarjad, seda on näha ka joonistel (13-15). Peale seda tuli, sealt välja sorteerida pilpad ja ülejäänud tükid, mida polnud võimalik edasises töös kasutada.



Joonis 12. Kuuse laast (autori foto).

4.2. Plaadi liimimine

Lisaks puuliigi järgi sorteerimisele oli vaja laastud ära jagada erinevatesse gruppidesse, kus

oleksid väljanägemiselt ilusad laastud, laastud mida saab kasutada kuid tuleb asukohta sättida ja laastud, mida on raske kasutada ja mis ei näinud kõige paremad välja. Laastude sorteerimise puhul, ei sorteeritud välja laaste, millel on koor, sest kuigi koor kipub aja jooksul ära kukkuma annab see plaadile juurde efekti.
Joonisel 13 on sanglepa sorteeritud laastud, kus paremal on väljanägemiselt ilusad laastud, keskmised kaks on laastud mida saab kasutada ja kõige vasak poolsem on see, kus on laastud, mis jäid kõrvale. Ligikaudu 75-80% laastudest olid kasutatavad.

Joonis 13. Sanglepa sorteeritud laastud (autori foto).

Joonisel 14 on hariliku kuuse laastud jagatud kolme gruppi, samal põhimõttel, mis eelmisel ehk siis paremal ilusa väljanägemisega, keskel kasutatavad ja vasakul need, millel oli defekte ja raskem kasutada. Kuigi kuuse puhul oli võimalik ka kolmandast grupist kasutada laaste, sest üldiselt oli võimalik neid siiski kasutada ja ikka ilus tulemus saada.

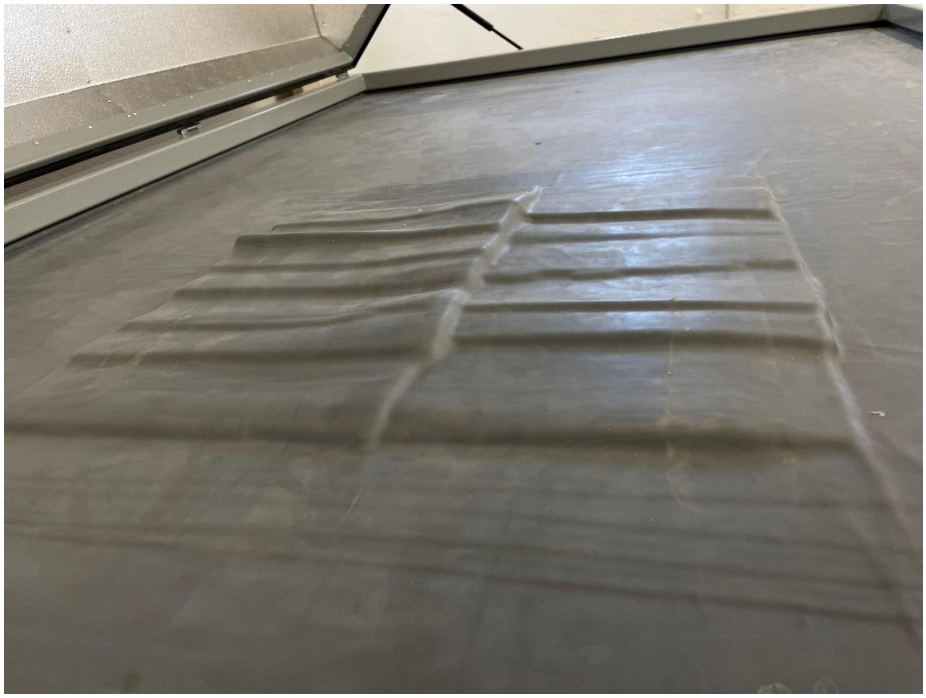
Joonis 14. Hariliku kuuse sorteeritud laastud (autori foto).

Hariliku haava laastude puhul oli raskem leida ilusaid laaste, nagu on näha ka joonisel 15, parem poolsemas kuhjas. Keskmises kuhjas oli piisavalt laaste, mida kasutada. Ning ka vasak poolsest kuhjast oli siiski vaja leida mõned laastud, mida saaks kasutada plaadi valmistamisel.

Joonis 15. Hariliku haava sorteeritud laastud (autori foto).

Laastud liimiti vineeriplaadi külge kasutades PVAc D4 liimi. Liim kanti laastudele, liimirulliga nii, et jääks ühtlane kiht. Plaatide pressimiseks kasutati kahte erinevat pressi, nimelt vaakum membraanpressi (joonis 17) ja hüdropressi (joonis 16).

Joonis 16. Liimitud plaat hüdropressi vahel (autori foto).



Joonis 17. Liimitud plaat vaakum membraanpressi vahel (autori foto).

Plaadid olid mõlema pressi all 30 minutit ja hüdropressil oli kõige madalam surve selleks, et ei suruks plaati puruks. Vaakum membraanpressi puhul ei esinenud laastude purunemist, sest pressi surve on piisavalt madal.

Selleks, et katsetada kuidas paneelid käituvad erineva niiskusega keskkondades, pandi paneelid ka kliimakappi, erinevate niiskusesisaldusega. Paneelide kõmmeldumist katsetati kliimakapis 23 kraadi juures ja kolme erineva õhuniiskuse sisaldusega, milleks olid 30%, 80% ja 95%. Paneelid olid kliimakapis kolmel korral

5. TULEMUSED

5.1. Plaadid

Kokku tehti 9 plaati, millest 8 olid liimitud vineeri külge ja 1 spooni külge. Vastavalt toorme hulgale ning sellele palju seda oli võimalik kasutada, tehti ka plaate. Sanglepa laastudega plaate kokku neli, hariliku haava laastudega kaks ja hariliku kuusega 2 vineeriga ja üks spooniga. Esimese plaadi puhul katsetati õhemat liimikihti, kuid selleks, et laastud aluspinna ja üksteise külge korralikult kinni jääks oli vaja paksemat liimi kihti. Liimi tuleb kanda peale sellises koguses, et laastu peal on näha liimi kui ka puitu, liigne liim pressi alla tungib plaadi pinnale ja jääb seal nähtavaks.

Kõiki vineeriga plaate on näha joonisel 18. Plaadid on liimitud niimoodi, et alumine äär on kaugemal kui, all oleva vineeri oma, nii saab plaate omavahel katta ja ei jää kindlat sirget äärt. Ühel plaadi puhul lõigati alumine äär sirgeks, kuid loomulikuma tulemuse jaoks on parem jätta see äär lõikamata.

Joonis 18. Vineeriga plaadid (autori foto).

Puuliigi kaupa eraldatud plaadid annavad hea ülevaate sellest, milline oleks sein kus plaate kasutatakse ja soov on kasutada ainult ühte puuliiki, seega joonisel 19 on eraldi kõik sanglepa laastudega tehtud plaadid, joonisel 20 hariliku haava laastudega tehtud plaadid ja joonisel 21 hariliku kuuse laastudega tehtud plaadid, millele tugevuse annab vineer.

Joonis 19. Sanglepa laastudest plaadid (autori foto).

Joonis 20. Hariliku haava plaadid (autori foto).

Joonis 21. Hariliku kuuse plaadid (autori foto).

Spooniga tehtud plaat oli küll kergem ja õhem, kuid spoon ei anna piisavat tuge ja plaat tõmbub kaardu (joonis 22). Kuna plaat on kaardus ja paindub rohkem, oli seda raskem sobitada koos teistega kokku.

Joonis 22. Spooniga tehtud plaat (autori foto).

Vaakum membraanpressiga pressiga pressides jääb dekoratiivplaadi tulemus loomulikum, kuna see pressib plaati ühtlaselt ja alles jääb ka laastude omapärane välimus. (joonis 23). Samas aga hüdropressiga pressitud plaadi pind jääb siledam ja tihedam (joonis 24).

Joonis 23. Vaakum membraanpressiga pressitud plaadi tekstuur (autori foto).

Joonis 24. Hüdropressiga pressitud plaadi tekstuur (autori foto).

Kuna töös tehtavad dekoratiivplaadid, said tehtud katsetamise eesmärgil, et kas üldse on võimalik laastudest plaate valmistada. Toob töö autor välja mõningad murekohad ja vead, mis võivad tekkida. Hüdropress, mida kasutati dekoratiivplaatide pressimiseks oli mõningal määral väiksem, kui plaat, mis valmis siis jättis hüdropress plaadile ka jälje, mida on näha joonisel 25. Selle vältimiseks tuleks kasutada suuremat pressi või teha väiksemad plaadid.

Joonis 25. Hüdropressi jälg dekoratiivplaadil (autori foto).

Töös kasutatavad laastud olid ebaühtlase paksusega, see aga tekitas olukorra, kus mõnest kohast ei surunud pressid laaste korralikult vastu all olevat vineeri ja jäid lahti (joonis 26), need küll ei sega dekoratiivplaadi kasutamist ja ka õhuniisukse muutudes kliimakapi katsetes see ei muutunud.

Joonis 26. Lahtine alumine äär (autori foto).

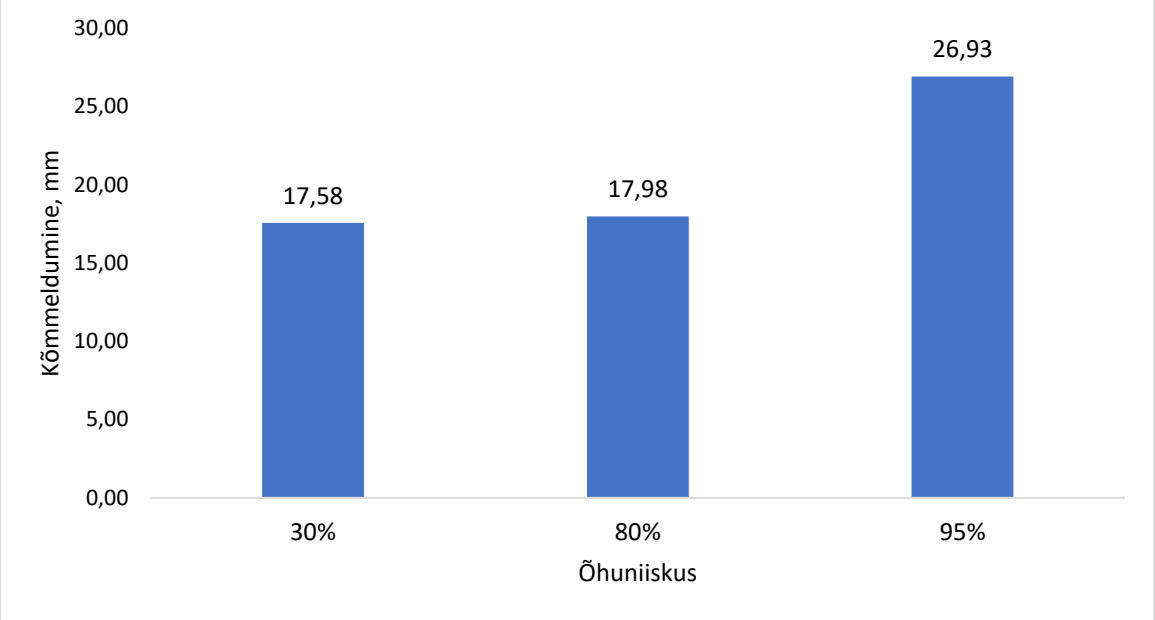
Liim, mida töö autor laastude liimimiseks kasutas, kuivas küll läbipaistvaks, siis lepa laastude peale jäid osad liimi jäljed kollase varjundiga, laastu äärtes see ei ole häiriv, kuid liimisel tasuks ettevaatlik olla, et liimi ei läheks laastu nähtavale poolele. Plaadi puhastamiseks tasuks kasutada mõnda pehmemate harjastega harja selleks, et puhastada liimijälgi ja ka võimalikest lahtistest osadest näiteks lahtine koor või pinnud.

5.2. Niiskus katse tulemused

Puit on materjal, mis käitub erinevates niiskus oludes, erinevalt, tegi töö autor katseid plaatidega, asetades need kliimakappi 23 kraadi juures ning kolme erineva õhuniiskus sisaldusega, milleks olid 30%, 80% ja 95%. 30% oli ka laboris oleva õhuniiskuse sisaldus, kus dekoratiivplaadid enne katseid olid, seega kindluse mõttes pandi plaadid hõredamalt kliimakappi selleks, et kõik dekoratiivplaadid oleks sama niiskuse juures.

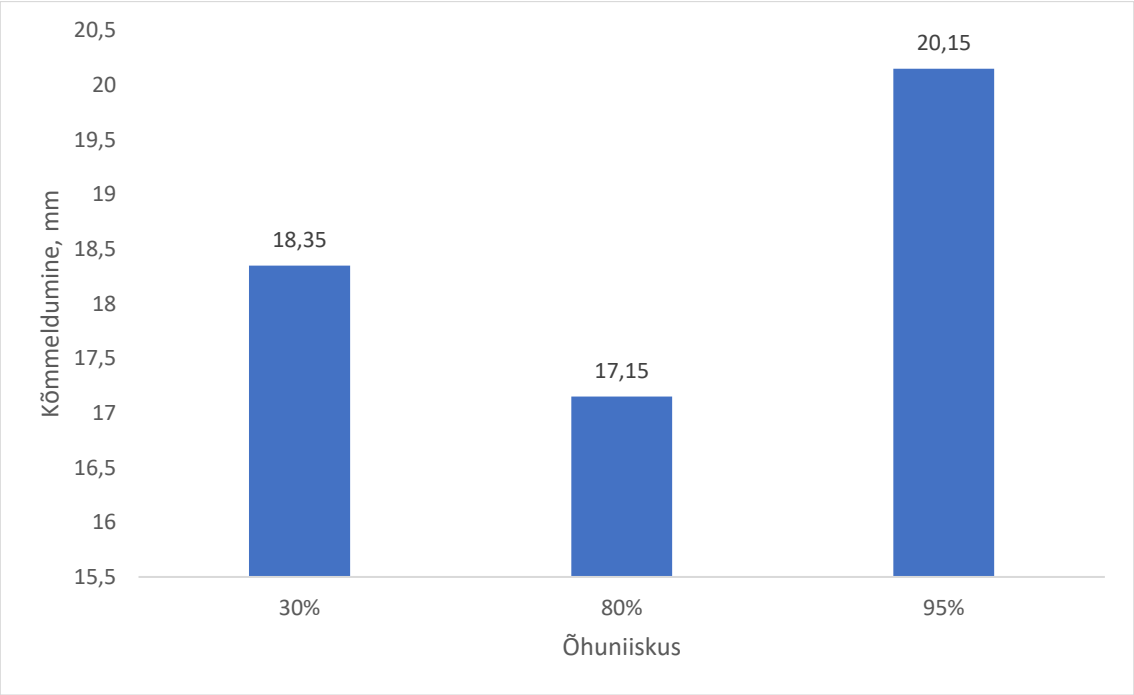
Joonisel 27. on lepa dekoratiivplaadi kõmmeldumise keskmised tulemused. Kõige suurem kõmmeldumine tekkis 95% õhuniiskuse (26,93 mm) juures. Võrreldes 30 protsendilist

(17,58 mm) ja 80 protsendilist (17,98 mm) õhuniiskust juures muutus keskmine 0,4 mm. Kui aga võrrelda 30 protsendilist õhuniiskust 95 protsendilisega siis keskmine muutus 9,35 mm.



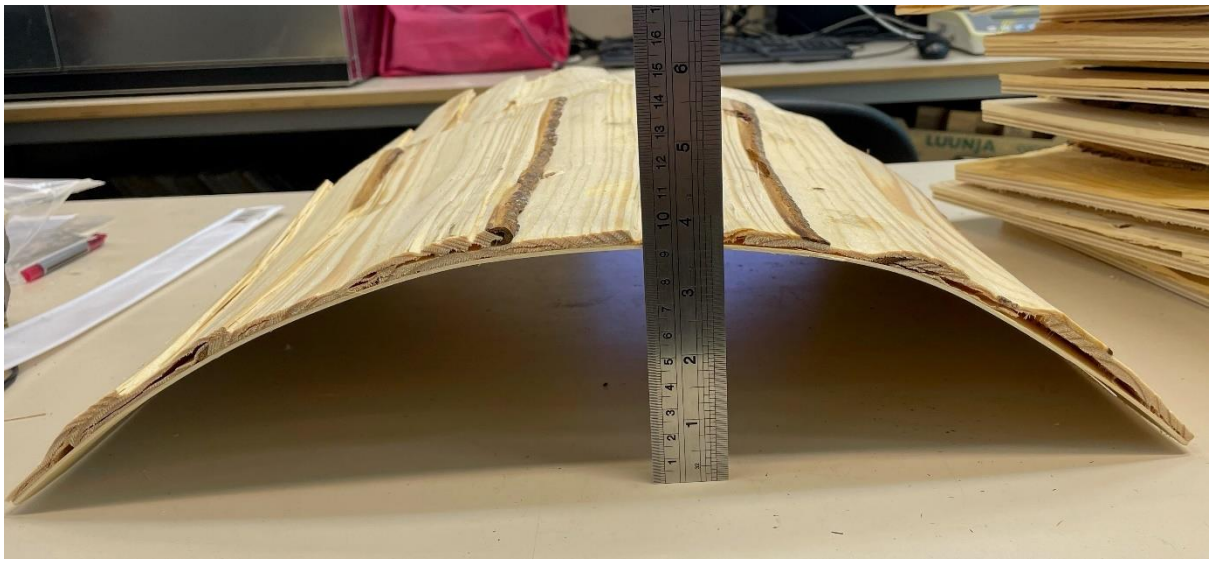
Joonis 27. Lepa dekoratiivplaadi kõmmeldumine.

Joonisel 28 on näha kuuse laastudest tehtud dekoratiivplaadi kõmmeldumist, erinevate niiskusesisalduse korral. Kuuse laastudest tehtud dekoratiivplaadil, muutus 80 protsendilise õhuniiskuse juures kõmmeldumise keskmine 17,15 mm väiksemaks kui 30 protsendilise (18,35 mm) juures, kõmmeldumine vähenes 1,2 mm. Kui aga võrrelda 30 protsendilist 95 protsendilisega (20,15 mm) siis keskmine kõmmeldumine muutus 1,8 mm.



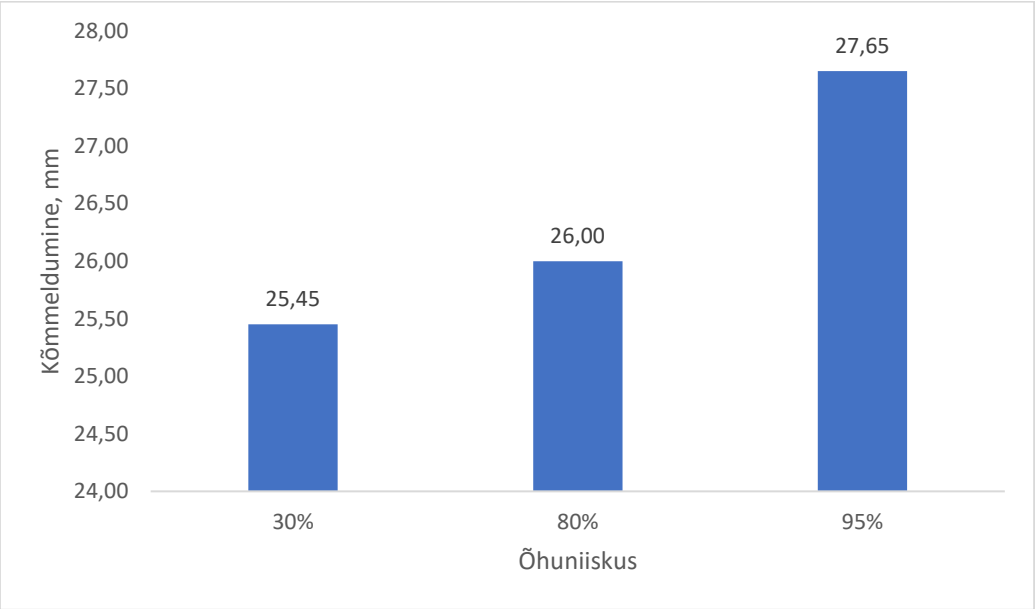
Joonis 28. Kuuse dekoratiivplaadi kõmmeldumine.

Kuuse laastudest prooviti teha ka dekoratiivplaati, kasutades ainult spooni. Kui 30 protsendilise ja 80 protsendilise õhuniiskuse juures oli veel võimalik kõmmeldumist mõõta, siis 95 protsendi juures polnud see võimalik, seda sellel põhjusel, et dekoratiivplaat kaardus selliselt, et selle mõõtmine polnud vajalik, katse tulemust on näha joonisel 29. Plaadi keskelt mõõtes ületas kõmmeldumine 9 sentimeetrit.



Joonis 29. Spooniga tehtud dekoratiivplaadi kõmmeldumine 95% õhuniiskuse korral.

Haava dekoratiivplaadi kõmmeldumise keskmised on näha joonisel 30.



Joonis 30. Haava dekoratiivplaadi kõmmeldumine.

30 protsendilise õhuniiskuse juures olid dekoratiivplaadi kõmmeldumise keskmine 25,45 mm, ning 80 protsendilise õhuniiskuse korral oli esimese plaatide keskmine kõmmeldumine 26 mm, kahe erineva niiskuse keskmine erinevus on 0,55 mm. 95 protsendilise õhuniiskuse korral oli mõlemal plaadi keskmine kõmmeldumine 27,65 mm, mis võrreldes 30 protsendilise õhuniiskusega on 2,2 mm suurem.

6. ARUTELU

Kuna on teatud nõuded hoonetele, mille jaoks on vaja kasutada just keskkonnasõbralikke katuse materjale, ei kao kuhugi laastulööjad ja ka laastulöömisega kaasnevad jäägid. Samuti on hea leida uusi lahendusi kuidas vähendada erinevate puidu jääkide kütteks kasutamist.

Ka töö tulemustest selgub, et katuselaastudest on võimalik teha dekoratiivplaate. Erinevatest puuliikidest tehtud laastud annavad plaadile erineva efekti, kuusest tehtud laastud annavad erilise efekti oma tugevate aastarõngastega, lepa puhul annab efekti aga selle värv. Haavast tehtud dekoratiivplaat annab pigem tagasihoidlikuma efekti. Samas saab ka dekoratiivplaatidele efektide lisamiseks ja võimendamiseks neid viimistleda looduslike vahenditega. Ning saab ühel plaadil kasutada erinevatest puuliikidest laaste läbisegi, mis jätaks omapärase mulje. Töös tehtud dekoratiivplaadid andsid tulemuse, et sellise plaadi puhul on vaja tugevamat alust. Kui teha plaadid ainult hüdropressi kasutades, peaks kindlasti olema plaadid sama suurusega, mis press, et ei tekiks kahjustusi plaadile.

Dekoratiivplaatide puhul on oluline see, millisesse keskkonda plaadid pannakse. Liiga niisketes kohtades ei hoia plaadid oma kuju ja kõmmeldumine on garanteeritud, küll aga erinevad puuliigid kõmmelduvad erinevalt. Töös tehtud ja katsetatud plaatidest oli kõige suurem kõmmeldumine lepa laastudest tehtud plaadil, kus 30 protsendilise ja 95 protsendilise õhuniiskuse keskmine, kõmmeldumise muutus oli 9,35 mm. Kõige vähem kõmmeldusid haava laastudest tehtud dekoratiivplaadid, nende keskmise kõmmeldumise vahe oli 2,2 mm. Spooniga tehtud plaat kõmmeldus juba pressi all, seega pärast 95 protsendilist õhuniiskuse katset ei olnud enam mõtet seda mõõta.

KOKKUVÕTE

Kui ära kasutada jääke, mis tootmiste käigus tekivad, saab sellega vähendada süsihappegaasi emissiooni, hoides ära jääkide sattumise kütteks ja tehes neist kauakestvaid tooteid. Euroopa Liidus tekib igal aastal ligikaudu 50 miljonit kuupmeetrit puidujäätmeid. Kui aga leitaks puidujäätmetele rohkem kasutust vähendaks ka jääkide kasutamist ainult kütteks ja saaks anda võimaluse vähendada süsihappegaasi tõttu tekkivat negatiivset mõju keskkonnale.

Dekoratiivplaatide esimesed kasutajad olid vanad egiptlased, nemad kaunistasid nendega haudade ja paleede seinu, alates kolmandast aastatuhandest eKr. Tänapäeval tuntuks saanud dekoratiivplaadid pärinevad aga keskaegsest Euroopast. Aja jooksul on muutunud dekoratiivplaatide kasutus ja välimus. Neid on kasutatud seintel selleks, et toolidega vastu seina ei löödaks, kui ka terve seina katmiseks. Dekoratiivplaate on tehtud nikerdustega, maalingutega kui ka lihtsalt kokku liimides erinevaid puidust materjale. Nii nagu nimigi ütleb on dekoratiivplaadid hea lahendus tuua ruumi efekti. Horvaatias kujundati dekoratiivplaat tamme spooni jääkidest, mille eesmärk oli samuti kasutada ära jääke.

Katuselaastud on ühed populaarsemad looduslikud katusekattematerjale, kui katust õigesti hooldada, võib see vastu pidada umbes 40-60 aastat, on ka selliseid katuseid, mis on vastu pidanud ka üle 100 aasta. Laastukatuse materjali peab valima, selle puhul on oluline, et puit oleks oksavaba ja, et seda oleks kerge töödelda. Erinevates piirkondades on kasutusel erinevad puuliigid, Eestis kastutakse enamasti kuuske ja haaba. Laastu lüüakse spetsiaalse masinaga, mida nimetatakse laastulõikemasinaks. Ettevõtetel, mis laastulöömisega tegelevad, tekivad nii nagu kõige muu tootmisega ka jäägid. Magistritöö eesmärgiks on leida kasutust seisma jäänud või jääk katuselaastudele ja leida lahendus, sellele kuidas neid paremini ära kastuda ning vähendada nende kütteks kasutamist.

Töö tulemustest selgus, et katuselaastudest on võimalik teha dekoratiivplaati ja sellel on omad plussid. Kuna plaat on tehtud jääkidest ja kui kasutada looduslikke liime, on see ka keskkonnasõbralik. Plaatidel on erinevatest puuliikidest sõltuvalt erinev välimus ning erineva õhuniiskuste korral erinevad kõmmeldumised. Kõige enam kõmmeldusid lepa dekoratiivplaadid ja kõige vähem haava dekoratiivplaadid. Ka erinevad pressid annavad dekoratiivplaadile erineva välimuse, vaakum membraanpress jätab loomulikuma tulemuse,

hüdropress aga siledama tulemuse. Töö tulemustest võib järeldada, et kui on idee ja võimalus seda teostada tasub seda teha.

Dekoratiivplaate on võimalik pea kõigest teha, on vaja ainult pealehakkamist ja materjale. Kui leida ka ettevõte, mis tegeleb puittoodete valmistamisega ja töötlemisega, on ka võimalus, et nad on nõus tegema koostööd ja leidma oma jääkidele uue kasutuse just näiteks dekoratiivplaatide näol.

KASUTATUD KIRJANDUS

Katuseraamat. (2016). /Koost. J. Metslang. Toim. K. Põdra. Tallinn: Tammeraamat. 191 lk.

Puitkatused. (s.a). Laastukatused. [veebileht] https://www.puitkatused.ee/ee/laastukatused/?gclid=CjwKCAiAuOieBhAIEiwAgjCvckk8V-NMCfOLr6P3rBPLrCrNBTU1JJvbVelS73n4IDcky6IeTcx_bhoCOzsQAvD_BwE (16.02.2023)

Uus, A. (2001). Laastukatus. – Ehitaja. Nr 7-8(60), lk 42-44.

Cedur. (s.a). History of wood roofing. [veebileht] https://www.cedur.com/history-of-wood-roofing-shake-shingles (16.02.2023)

Muinsuskaitseamet. (s.a.) Puitkatus. Tüübid, hooldus ja parandamine. [veebileht] https://www.muinsuskaitseamet.ee/et/puitkatus-tuubid-hooldus-ja-parandamine (19.02.2023)

Mother Earth News. (2005). Make Your Own Wooden Shakes.[veebileht] https://www.motherearthnews.com/diy/make-your-own-wooden-shakes-zmaz05fmzsel/ (13.03.2023)

Mamic D., Domljan D. (2023). Design of Decorative Wooden Wall Panels from Sliced Pedunculate Slavonian Oak (Quercus robur L.) from Veneer Production Residue – Forests 14, 414. https://www.mdpi.com/1999-4907/14/2/414 (13.03.2023)

Vincent Reed. (s.a.) Insight: The History of Wooden Panelling Part 1. [veebileht] https://www.vincentreed.com/the-history-of-the-wood-panel/ (27.03.2023)

DIY Wall Panelling. (s.a.) History of Wall Panelling. [veebileht] https://diywallpanelling.co.uk/history-of-wall-panelling/ (27.03.2023)

Yourforest. (s.a.) Boiseire- History and Modernity of Wooden Panels. [veebileht] https://world.yourforest.ua/buazeri-istoriya-i-sovremennost-derevyannyh-paneley (07.04.2023)

Zhao L., Liu Y., Xu Z., Zhang Y., Zhao F., Zhang S. (2011). State of research and trends in development of wood adhesives. Forestry Studies in China. 13, 321-326. https://link.springer.com/article/10.1007/s11632-013-0401-9 (07.04.2023)

Islam M., Rahman F., Das A. Hiziroglu S. (2022). An overview of different types and potential of bio-based adhesives used for wood products. - International Journal of Adhesion and Adhesives Vol 102. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749621001901 (24.04.2023)

Berger, F., Gauvin F., Brouwers H.J.H. (2020). The recycling potential of wood waste into wood wool/cement composite. - Construction and Building Materials Vol. 260 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820317918 (27.04.2023)

Teacă C., Tanasă F. (2020). Wood Surface Modification—Classic and Modern Approaches in Wood Chemical Treatment by Esterification Reactions – Coatings Vol. 629, No. 10(7). https://www.mdpi.com/2079-6412/10/7/629 (18.05.2023)

Puumarket AS. Seinapaneelid. [veebileht] https://puumarket.ee/en/?op=body&id=419 (18.05.2023)

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

Mina, Egle Kaljumäe, sünniaeg 19/07/1999

annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Katuselaastudest dekoratiivplaadi valmistamine,
mille juhendaja on Mart Nilson, 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 / allkirjastatud digitaalselt/ (allkiri)

Tartu, 24.05.2023

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Mart Nilson _____
(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)

Regino Kask _____
(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev)*