

18.8.2025

Tilaaja Navitas Kehitys Oy Kiertokasvu-hanke Wredenkatu 8 78201 Varkaus	Tilauksen päivämäärä: 6.5.2025 Testattavat materiaalit saapuivat: 6/2025
Kohde: Tutkimus / Tuotekehitys Hukkalaudanpätkät tolpaksi – selvitys ja testaus	
Muu viitetieto: 340	Koekappaleet: Höylättyjen lautojen ja lämpökäsiteltyjen lautojen kappaleet
Testauksen tiedot: Testauspäivämäärä 11.6. – 24.6.2025 ja raportointi pvm 18.8.2025 Huomioita:	
Tutkimuksen yhteyshenkilöt: Juha-Pekka Luukkainen +358505604836 juha-pekka.luukkainen@xamk.fi	

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU

PL 68, 50101 Mikkeli / Patteristonkatu 3 D
 Kirjaamo: kirjaamo@xamk.fi
 Y-tunnus: 2472908-2 / www.xamk.fi



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

18.8.2025

Tutkimuksessa pilotoitiin hukkamateriaalin jalostamista käyttökelpoisiksi tuotteiksi, testattiin lujuustestauksin, verrattiin kaupallisiin tuotteisiin ja lisäksi arvioitiin kaupallista potentiaalia.

Toimenpide 1 Tolpan kokoonpano ja liimaaminen hukkalaudanpätkistä

Tutkimukseen tullut materiaali

- A. Lämpökäsitelty höylätty haapa 340 x 135 x 28 mm
- B. Höylätty kuusi 300 x 40 x 40 mm
- C. Höylätty mänty 920 x 70 x 20 mm ja 510 x 70 x 20 mm
- D. Lämpökäsitelty ja höylätty mänty 1000 x 115 x 26 mm ja 330 x 115 x 26 mm

Näistä materiaaleista toimeksiantajan ja raaka-aineita toimittaneiden yritysten kanssa sovittiin tehtävien pilarien/tolppien dimensiot:

Tolppa 1 - Yhdistelmä pilari, rakenteella A+B+A

Tolppa 2 - Väliseinätolppa, rakenteella C + C

Tolppa 3 – Tolpat D + D ja D+ D + D

Liimauksissa käytettiin kahta liimatyyppeä, Kiilto B3 Pvac ja Wurth Pur-liimaa.

18.8.2025

Tolppa 1 Yhdistelmätolppa kahdesta eri puumateriaalista

Työvaiheet:

Keskiosa liimattiin kappaleista alla olevan kuva mukaisiksi aihioiksi.



Kuva 1. Yhdistelmätolpan keskiosan havainnekuva osioiden porrastuksesta

Nämä aihiot liimattiin yhteen ja höylättiin.



Kuva 2. Yhdistelmätolpan keskiosa

Pintaosiin työstettiin alajyrsimellä puolipontti, minkä jälkeen kappaleet liimattiin yhteen ja kuivumisen jälkeen suoritettiin höyläys.



Kuva 3. Yhdistelmätolpan pintaosat ponttauksen ja liimauksen jälkeen ennen höyläystä

18.8.2025

Tämän jälkeen pintaosat ja keskiosat liimattiin yhteen ja tehtiin reuna- ja päätysahaus. Valmista pilaria ei lujuustestattu.

Tolppa 2 Väliseinätolppa

Valmistettiin kolmenlaista väliseinä aihiota:

A. Liimaamalla/Pvac, kappaleiden päät tasattiin sirkkelillä ja koostettiin 2-kerrostolppa siten että puskusaumat tulivat rakenteessa eri kohtiin.



Kuva 4. Väliseinätolpan liimaus puristaen

B. Liimaten/Pvac ja naulaten, kappaleiden päät tasattiin sirkkelillä, liimaa levitettiin yksi pituussuuntainen liimavana minkä jälkeen päälle laitettiin toinen kerros ja kerrokset liitettiin listanaulaimella ja tämän jälkeen aihiot laitettiin kevyesti puristukseen. Puskusaumat siten että sijaitsivat eri kohdin.



Kuva 5. Väliseinätolpan valmistaminen liimaten ja naulaten – kuva liimanlevityksen jälkeen

18.8.2025



Kuva 6. Liimaten ja naulaten valmistetut väliseinätolpat – asetelma missä listanaulaus ja kevyt puristus tehtiin

C. Kolmas tapa miten väliseinätolppia tehtiin oli kiinnittäminen naulaten; kappaleiden päät tasattiin sirkkelillä, porrastettiin saumakohtat ja kappaleet liitettiin listanaulaimella.

18.8.2025

Tolppa 3 Tolppa ja pilarit lämpöpuusta liimaten/Pur

Kappaleiden 1000 mm ja 330 mm päätyihin työstettiin puolipontti, toinen liimattava pinta kostutettiin ja koko liimaus suoritettiin yhdellä puristuksella käsipuristumia hyödyntäen. Ensin kokeiltiin myös lautojen koostamista, sen jälkeistä höyläystä ja erillistä kokoonpano liimausta mutta sitä ei katsottu tarpeelliseksi. Kertaliimauksella on saavutettavissa erinomainen tulos ko. materiaalilla. Liimauksen jälkeen reunat sahattiin ja tehtiin kevyt hionta.

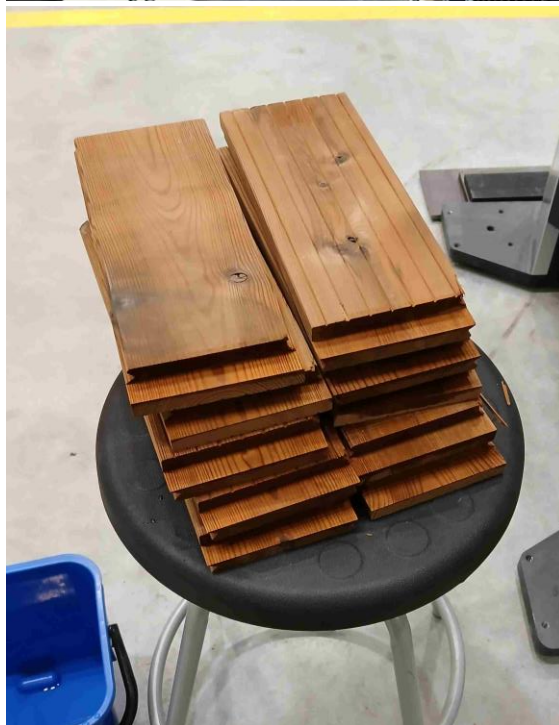


Kuva 7. Tolppien(2-kerros) ja pilarien(3-kerros) valmistaminen lämpöpuusta, prosessi sama.

Muut liimaukset:

Suoritettiin liimasaumatestaus, lämpöpuuhun työstettiin puolipontti, kostutettiin kevyesti toinen puoli saumasta, levitettiin Pur ja puristettiin Shimadzu-aineenkoestuskoneella 0,2 – 0,4 N/mm² paineella. Testattiin liimasauman vetolujuus EN314 esikäsittelyjen jälkeen.

18.8.2025



Kuva 8. Lämpöpuukoekappaleet ennen ja liimauspuristus aineenkoestuskoneella.

Päittäinliimaus tehtiin pienellä paineella, ei koestettu mutta kestää kaiken käsittelyn.

Kuva 9. Lämpöpuukoekappaleiden liimaus päittäin kevyellä puristuksella.

18.8.2025

Valmistushukka

Alla olevassa taulukossa on esitetty valmistushukan muodostuminen väliseinätolpalla ja yhdistelmätolpalla.

Taulukko 1. Hukan muodostuminen eri työvaiheissa tolppien valmistamisen aikana.

Hukan muodostuminen - case höylätty mänty			
Prosessi	Lähtöraaka-aine 20 x 70 mm 500 - 950 mm pituisena		
Päätytasaus	Yhteensä molemmista päistä	10	mm
	Keskimääräinen kappaleen pituus	725	mm
	Hukka	1,4 %	
Mitallistaminen	Höyläys mittaan 66 mm	4	mm
	Tuotteen alkuperäinen leveys	70	mm
	Hukka	5,7 %	
	Hukka yhteensä	7,1 %	
Hukan muodostuminen - case yhdistelmäpilari			
Prosessi	Lähtöraaka-aine 350x40x40 kuusi ja 350x135x28 mm lämpökäs haapa		
Keskiosan valmistaminen			
Päätytasaus	Sormikappaleen tasaus yhteensä molemmista päistä	10	mm
	Keskimääräinen kappaleen pituus	300	mm
	Hukka	3,3 %	
Mitallistaminen	Höyläys mittaan 36 mm	4	mm
	Tuotteen alkuperäinen paksuus	40	mm
	Hukka	10,0 %	
Mitallistaminen	Kaventaminen mittaan 130 mm	30	mm
	Tuotteen alkuperäinen paksuus x 4	160	mm
	Hukka	18,8 %	
	Keskiosan hukka yhteensä	32,1 %	
Pintaosan valmistaminen			
Ponttaus	Puolipontti	25	mm
	Keskimääräinen kappaleen pituus	350	mm
	Hukka	7,1 %	
Mitallistaminen	Höyläys mittaan 24 mm	4	mm
	Tuotteen alkuperäinen paksuus	28	mm
	Hukka	14,3 %	
Mitallistaminen	Kaventaminen mittaan 130 mm	5	mm
	Tuotteen alkuperäinen paksuus x 4	135	mm
	Hukka	3,7 %	
	Pintaosan hukka yhteensä	25,1 %	
Lopputuote			
Päätytasaus	Lopputuotteen mitta 2700	40	mm
		2740	mm
	Hukka	1,5 %	
Kokonaishukka kun tuotteessa kaksi pintaosaa		27,9 %	

18.8.2025

Lujuustestaukset

Tehtiin kahdenlaista lujuustestausta, noin 100 cm tolppia puristettiin hajoamiseen saakka, mukana vertailun vuoksi LVL ja 45x45 sahatavara. Liimasaumatestausta tehtiin lämpöpuulle erilaisilla esikäsittelyillä; halliolosuhte, 24 h vesiliotus ja kaksivaiheinen keitto minkä välissä uunikuivaus.



Kuva 10. Tolppien lujuustestaus puristamalla



Kuva 11. Lämpöpuukappaleiden liimasaumatestaus

18.8.2025

Tolpan lujuustestaus Shimadzu

Taulukko 2. Testatut koekappaleet

L1	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L2	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L3	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L4	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L5	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L6	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L7	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L8	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N1	Kaksikerroksinen liimattu ja naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N2	Kaksikerroksinen liimattu ja naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N3*	Kaksikerroksinen naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N4*	Kaksikerroksinen naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N5	Kaksikerroksinen liimattu ja naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N6	Kaksikerroksinen liimattu ja naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N7	Kaksikerroksinen liimattu ja naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
N8	Kaksikerroksinen liimattu ja naulattu kappale - materiaali 20 x 70 mm
LVL_1	Vertailu LVL
LVL_2	Vertailu LVL
SAH_3	Vertailu sahatavara
L+N_4	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
L+N_5	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
Lii_6	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali 20 x 70 mm
Lampo_1	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali höylätty lämpöpuu
Lampo_2	Kaksikerroksinen liimattu ja puristettu kappale - materiaali höylätty lämpöpuu

Taulukko 3. Tolppien lujuustestauksen tulokset ja testattujen koekappaleiden (23 kpl) dimensiot.

18.8.2025

Koekpl	Paksuus	Leveys	Pituus	Tiheys	Murtovoima	Murtolujuus
L1	40	65	1150	521	68268	26,3
L2	40	66	1150	522	69505	26,3
L3	40	66	1150	511	78182	29,6
L4	40	66	1150	495	69276	26,2
L5	40	65	1149	544	71115	27,4
L6	40	66	1150	582	77100	29,2
L7	40	66	1150	526	75072	28,4
L8	40	67	1150	530	75085	28,0
N1	40	65	1149	556	68882	26,5
N2	40	66	1141	546	76715	29,1
N3*	40	66	1150	526	25510	9,7
N4*	40	66	1149	535	27092	10,3
N5	40	66	1150	556	54702	20,7
N6	40	66	1142	509	63008	23,9
N7	40	66	1150	509	64353	24,4
N8	40	65	1150	546	83551	32,1
LVL_1	45	66	1150	495	69860	23,5
LVL_2	45	65	1150	506	86248	29,5
SAH_3	48	48	1149	437	49484	21,5
L+N_4	40	66	1149	513	73790	28,0
LII_6	40	66	1148	554	79640	30,2
Lampo_1	44	52	984	459	60056	26,2
Lampo_2	43	83	991	444	87640	24,6

Kaikkien testien perusteella voidaan arvioida, että liimaamalla tehdyt ja liimaus+naulaustekniikalla tehdyt koekappaleet eivät eroa vertailumateriaaleista LVL/sahatavara ja ovat siten hyvin potentiaalisesti käytettävissä tolppakäyttöön. Selkeästi huonompia ovat pelkästään naulaamalla tehdyt kappaleet.

Lämpöpuusta valmistetun tolpan murtuminen eroaa hiukan muista lämpöpuulle ominaisen erityisen kovuuden ja haurauden vuoksi.

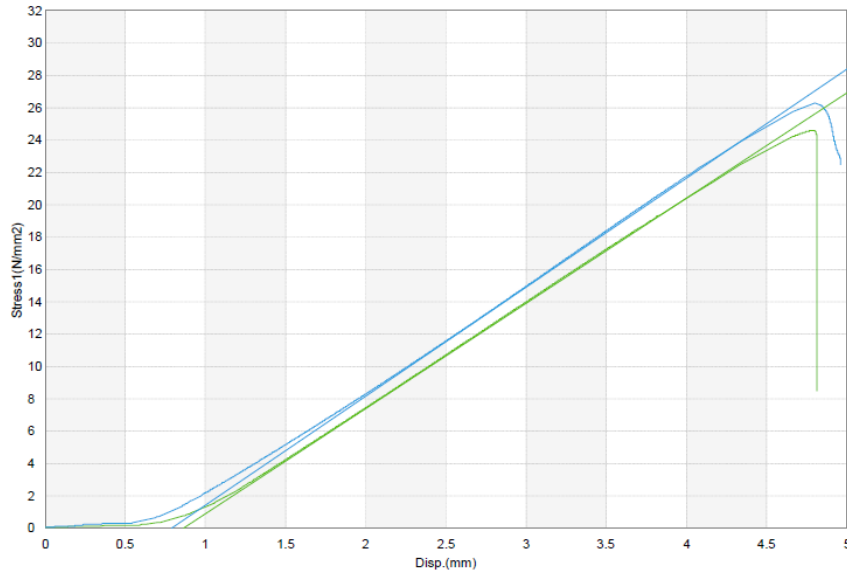
18.8.2025



Kuva 12 Puristustestissä hajonnut lämpöpuusta valmistettu tolppa.

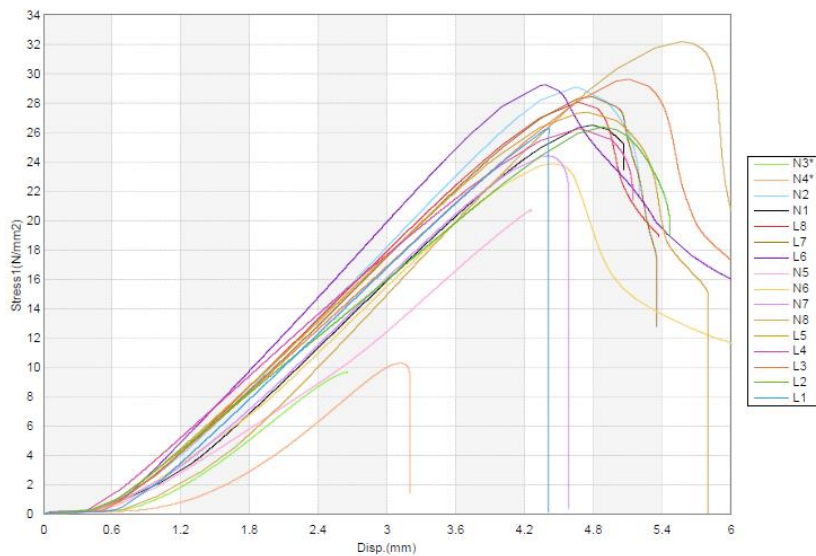
18.8.2025

Pilaripuristus lämpöpuu



Kuva 13. Lämpöpuusta valmistettujen tolppien kuormituskäyrät

PILARIEN PURISTUSLUJUUS



Kuva 14. Männystä valmistettujen väliseinätolppien kuormituskäyrät

Liimasauman leikkauslujuustesti, esikäsittely EN314 mukaan

Liimasaumatestien perusteella huomiona voidaan todeta, että on saavutettavissa hyvin korkea liimauslujuus, mutta kohtuullisen suuresta hajonnasta johtuen liima/liimausolosuhteet vaativat vielä optimointia.

18.8.2025

Taulukko 4. Liimasauman leikkauslujuustestauksen lujuuskeskiarvot:

	Kuiva	Vesiliotus	Keitto
Keskiarvo	3,29	3,66	2,17
Keskihajonta	1,50	1,64	1,20

Taulukko 5. Liimasauman leikkauslujuustestien yksittäiset tulokset:

Unit	mm	mm	mm	N	N/mm2	Unit	mm	mm	mm	N	N/mm2	Unit	mm	mm	mm	N	N/mm2
1_7	22,13	18,2	100	1436	3,57	2_7	22,13	18,2	100	1107	2,75	3_7	22,13	18,2	100	1214	3,02
1_8	22,13	18,2	100	989	2,46	2_8	22,13	18,2	100	2417	6,00	3_8	22,13	18,2	100	0	0,00
1_9	22,13	18,2	100	2091	5,19	2_9	22,13	18,2	100	2057	5,11	3_9	22,13	18,2	100	961	2,38
1_10	22,13	18,2	100	1881	4,67	2_10	22,13	18,2	100	1340	3,33	3_10	22,13	18,2	100	1646	4,09
1_11	22,13	18,2	100	931	2,31	2_11	22,13	18,2	100	1513	3,76	3_11	22,13	18,2	100	828	2,06
1_12	22,13	18,2	100	508	1,26	2_12	22,13	18,2	100	532	1,32	3_12	22,13	18,2	100	670	1,66
1_13	22,13	18,2	100	541	1,34	2_13	22,13	18,2	100	557	1,38	3_13	22,13	18,2	100	224	0,56
1_14	22,13	18,2	100	1608	3,99	2_14	22,13	18,2	100	1651	4,10	3_14	22,13	18,2	100	1594	3,96
1_15	22,13	18,2	100	1928	4,79	2_15	22,13	18,2	100	2078	5,16	3_15	22,13	18,2	100	727	1,80
Average				1324	3,29	Average				1472	3,66	Average				874	2,17
Standard Deviation				602	1,50	Standard Deviation				662	1,64	Standard Deviation				483	1,20

Lämpöpuu, taivutus lappeellaan (En408), vertailu oksainen – puoliponttiliimaus

Pelkällä puoliponttiliimauksella ei odotetusti saavuteta ehjien koekappaleiden tasoa. Paremman lujuuden saavuttamiseksi viistejatkos voi olla lämpöpuumateriaalilla optimaalisin jatkostapa tämän tyyppiseen käyttöön.

Taulukko 6. Lämpöpuun taivutus vs. puolipontilla jatkettujen kappaleiden testaustulokset

Taivutus lappeellaan - oksainen				Taivutus lappeellaan - liimaus puolipontilla			
Koekpl	Murtovoima	Kimmokerroin	Lujuus N/mm2	Koekpl	Murtovoima	Kimmokerroin	Lujuus N/mm2
1	4118	7401	32,0	1	367	3645	2,9
2	5339	12320	41,5	2	531	4458	4,1
3	2810	8767	21,8	3	1061	5890	8,2
				4	1162	6978	9,0
				5	780	7708	6,1
Keskiarvo	4089	9496	31,8	Keskiarvo	780	5736	6,1
Keskihajonta	1265	2539	9,8	Keskihajonta	338	1693	2,6

18.8.2025

Yhteenveto ja päätelmät

Tolppien valmistettavuus

Tehtyjen pilotointien perusteella tolppia ja pilareita voidaan valmistaa kohtuullisen yksinkertaisilla metodeilla eli puskusaumoja hyväksikäyttäen ja kokoonpanossa voidaan käyttää joko pelkkää liimaus/puristusyhdistelmää tai liimaus/naulausyhdistelmää käyttäen. Huomioitava on se, että tämän tyyppisessä käytössä ei ole välttämätöntä saada kattavaa liimasaumaa eri kerrosten välille.

Jos taas halutaan tehtävän tuotteen soveltuvan kantaviin rakenteisiin, tällöin liimaukseen täytyy kiinnittää enemmän huomiota ja lisäksi optimaalista on tehdä rakenteesta kolmikerroksinen, jotta kuormituksessa rakenteesta tulee kestävämpi ja ominaisuuksiltaan tasaisempi.

Valmistusta mietittäessä on syytä lähteä valmistuskapasiteetista ja sen jälkeen optimoida valmistuksen vaatimat vaiheet, liiman ominaisuudet ja olosuhteet.

Tolppien kaupallinen arviointi

Hukasta valmistettaessa polttoon menevä raaka-aine jalostetaan normaalia tuotetta vastaavaksi, joten on kohtuullisen helppo laskea saatava hyöty. Lisäksi yhä kasvavassa määrin on tarve käyttää rakentamisessa kierrätettyjä ja sivutuotteista valmistettuja tuotteita, joten testattujen kaltaisille tuotteille on myös muita ajureita, joten kustannus ei välttämättä ole ainut määräävä tekijä. Näissä tapauksissa paikallinen rakennusvalvonta ottaa kantaa siihen onko tuotteet hyväksiluettavissa kiertotaloustuotteiksi.



Nimi: Juha-Pekka Luukkainen

DI, Puunjalostustekniikka