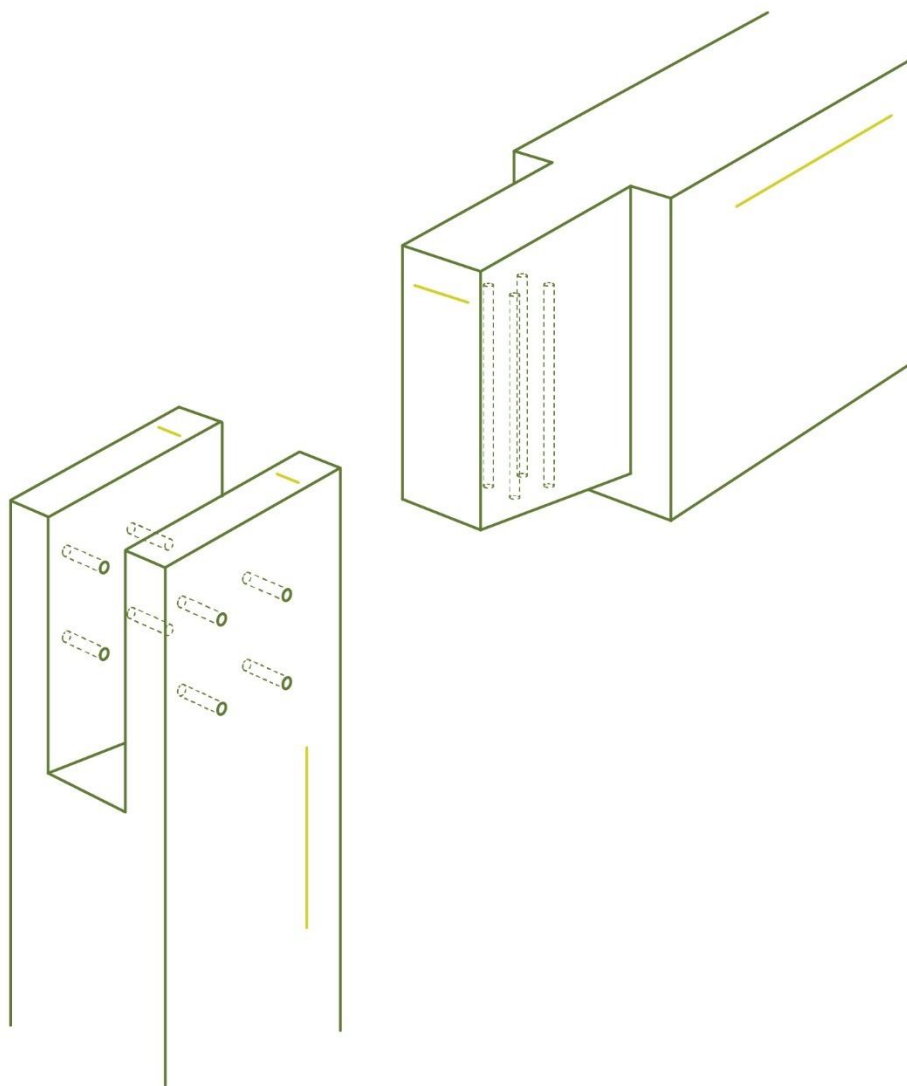


Työstöohjeistus

Versowood Oy

VW204 | Versio FI1.0

30.1.2026



Sisällysluettelo

1	Yleiskuvaus	3
2	Työstökeskukset	3
3	Työstöt työstökeskuksilla	5
3.1	Työstösuunnat	6
3.2	Suorakaidepalkin työstötyypit	6
3.2.1	Suorakaidepalkin muototyöstöt	7
3.2.2	Suorakaidepalkin reunamuototyöstöt	7
3.2.3	Suorakaidepalkin reikätyöstöt	9
3.2.4	Suorakaidepalkin lovityöstöt	11
3.2.5	Suorakaidepalkin uratyöstöt	13
3.2.6	Suorakaidepalkin syvennystyöstöt	15
3.3	Muotopalkin työstötyypit	17
3.3.1	Muotopalkin muoto- ja reunamuototyöstöt	18
3.3.2	Muotopalkin reikätyöstöt	19
3.3.3	Muotopalkin lovityöstöt	21
3.3.4	Muotopalkin uratyöstöt	23
3.3.5	Muotopalkin syvennystyöstöt	24
3.4	Toleranssit	24
4	Käsityöstöt ja viimeistely	26
5	Suunnittelun tukemme	27
5.1	Suunnittelutyökalut	27
5.2	Hyväksynät	27
5.3	Ohjeet	27
6	Ohjeen revisiot	27
7	Liitteet	27
A.	Esimerkkityöstöjä	28

1 Yleiskuvaus

Tässä ohjeessa esitetään liimapuupalkkien jalostaminen tavanomaisilla käsityökaluilla ja työstökeskuksilla tehtävillä työstöillä. Ohje ei ota kantaa työstöjen lujuusteknisiin ominaisuuksiin.

Liimapuupalkkien työstöt tehdään kohdekohtaisten suunnitelmien mukaan ensisijaisesti työstökeskuksilla. Työstökeskusten mahdollisuudet ja reunaehdot suunnittelua varten esitetään tässä ohjeessa. Suunnitteluratkaisujen edellyttäessä ohjeessa esitetyistä rajoitteista poikkeamista suositellaan ottamista yhteyttä Versowood suunnitteluun ratkaisun toteutettavuuden varmistamiseksi.

Työstökeskukset mahdollistavat mittatarkkojen ja monipuolisten työstöjen toteuttamisen kustannustehokkaasti, kun tuotantosuunnitelmat laaditaan noudattaen työstökeskusten ominaisuuksia työkalujen ja työstömittojen osalta. Liimapuiden tuotantosuunnitelmat laaditaan rakenneosakohtaisten mallisuunnitelmien mukaan, joka mahdollistaa sekä käsin tehtävät työstöt että työstökeskusten ohjelmoinnissa tarvittavat tiedot. Monimuotoisissa työstöissä suositellaan käyttämään sähköistä suunnittelutiedon siirtoa, jonka toteutus sovitaan tapauskohtaisesti kohdesuunnittelun yhteydessä.

Liimapuupalkin työstöjen toteuttaminen kokonaisuudessaan työstökeskuksella suositussyvyysin ilman kappaleen kääntämistä on sekä työstötehokkuuden että työstölaadun näkökulmasta suositeltavaa. Kappaleen kääntäminen työstön aikana, työstörajoitteiden ylittäminen tai työstöjen viimeistely käsityöstöinä vaikuttavat työstötehokkuuteen ja työstöpintojen laatuun.

Liimapuustandardissa EN 14080 tai kansallisessa puurakenteiden toteutusstandardissa SFS 5978 ei esitetä toleranssivaatimuksia esivalmistettujen liimapuurakenteiden työstöille. Versowood liimapuujalosteiden ohjeelliset toleranssit esitetään Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* – asiakirjassa.

Versowood – *Liimapuun pintalaadut – tekninen ohjeistus* – asiakirjassa esitetään liimapuun visuaaliset pintalaatumääritykset sekä puun ominaisuuksien ja työstöjen vaurioiden paikkauksen kriteerit ja tavat. Ohjeessa esitetään liimapuujalostuksessa tehtävän pintakäsittelyn vaihtoehdot.

Tässä ohjeessa esitetään suunnittelun ja asennuksen ohjeita toteutuksen tueksi. Toimituskohteen vastuulliset suunnittelijat ja asentajat vastaavat toteutusasiakirjojen vaatimusten mukaisuudesta.

2 Työstökeskukset

Puurakenteiden työstökeskukset ovat puuntyöstöön soveltuvilla työkaluilla varustettuja CNC koneita, joita ohjataan tuotantosuunnitelmien mukaisilla työstötiedostoilla. Tässä kappaleessa esitetään Versowoodin työstökeskukset ja niiden yleiset ominaisuudet eri kokoisille liimapuupalkeille. Työstökeskusten ominaisuudet vaihtelevat mahdollistaen työstöjen tehokkaan toteutuksen liimapuupalkin koon ja työstötyyppien mukaan. Pienemmällä työstökeskuksella työstöaika on pienempi kuin suuremmalla työstökeskuksella.

Taulukossa 2.1 esitetään työstökeskusten suurimmat ahiokoot, joiden avulla työstöjen suunnittelussa tunnistetaan työstöille sovellettavat rajoitteet.

Taulukko 2.1. Työstökeskusten suurimmat ahiokoot

Työstökeskus	B x H	L	Huom.
Työstökeskusten ahiokoot [mm]			
Hundegger Speed-Cut SC1	160 x 450	14 000	Vain suorat palkit
Hundegger K2	265 x 450 240 x 625 240 x 450*	14 000	Vain suorat palkit Monilohkoiset palkit
Hundegger K2i	450 x 1300	23 000	Vain suorat palkit Monilohkoiset palkit
SCM Area	650 x 4 800 900 x 4 800**	40 000	Monilohkoiset palkit Muotopalkit
Liimapuupalkki työstökeskuksessa lappeellaan, eli palkin korkeus (H) vaakasuunnassa. * Palkki pystyasennossa. ** Rajoitetut työstöt, ei alapuolisia työstöjä.			

Taulukossa 2.2 esitetään työstökeskusten työstöyksiköt ja muut keskeiset ominaisuudet.

Taulukko 2.2. Työstökeskukset

Työstökeskus
Hundegger Speed-Cut SC1
Työstöyksiköt ○ 5-akselinen sahanterä yläpuolella ○ 4-akselinen jysinkara (huullosterä) sekä pora ja jysintappi ○ Pystyporaus (kiinteä 270 ° alapuolella) ○ Pystyjyrsin (kiinteä 270 ° alapuolella)
Hundegger K2
Työstöyksiköt ○ 5-akselinen sahanterä alapuolella ○ Vaakaporaus (kiinteä 0 ° takana) ○ Pystyporaus (kiinteä 270 ° alapuolella) ○ Pystyjyrsin (kiinteä 270 ° alapuolella) ○ Vaakaketjusaha (kiinteä 0 ° takana) ○ 5-akselinen jysinkara sekä vaihdettava pora tai jysintappi (alapuolella)
Palkin kääntäjä (265x450)

Hundegger K2i

Työstöyksiköt

- 5-akselinen sahanterä alapuolella
- Vaakasahanterä (urasaha 0° ja 180°)
- 5-akselinen jysinkara ja jysintappi (alapuolella)
- Vaakaketjusaha (kiinteä 0° ja 180°)
- Vaakaporaus (kiinteä 0° takana)
- Vaakaporaus (vaakatasossa 360°)
- Pystyporaus (kiinteä 270° alapuolella)
- Käsivarsirobotti; sahanterä, ketjusaha, jysintappi, jysinkara sekä pora

Käsivarsirobotissa työkaluvaihtaja.

Palkin kääntäjä (450x450)

SCM Area

Portaalityöstökeskus

- 5-akselinen työstöyksikkö (yläpuolella)
- 12 paikkainen työkaluvaihtaja
- Sahanterä, ketjusaha, jysintappi, jysinkara sekä pora

Aihion alapuoliset työstöt jysintapilla tai poranterällä ≤ 200 mm reunasta.

Muotopalkkien työstöt.

3 Työstöt työstökeskuksilla

Työstökeskuksilla tehtävien työstöjen mahdollisuudet ja rajoitukset määrittyvät työstettävän kappaleen koon ja työstökeskuksen mukaan. Tässä kappaleessa esitetään suorien liimapuupalkkien (koko enintään 450 x 1300 mm²) sekä suurikokoisten suorien palkkien ja muotopalkkien työstömahdollisuudet ja rajoitteet työstökeskuksilla. Työstökeskusten tarkkuutta ja monipuolisuutta voidaan hyödyntää rakenneosien ja liitosten suunnittelussa, kun työstöjen mahdollisuudet rajoitteineen huomioidaan ratkaisujen määrittämisessä.

Työstökeskusten tehokkaaseen hyödyntämiseen vaikuttavat suunnitteluvalinnat

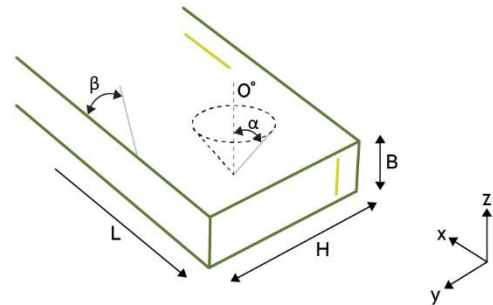
- Työstöt suunnitellaan palkkiaihion koon mukaisilla työstötyyppien rajoitteilla
- Työstöjä yhdistämällä monimuotoisia työstöjä
- Aihiossa yhden kokoisia porauksia
- Jysittävien reikien ja syvennyksien nurkissa pyöritykset
- Suuret lovet ja syvennykset jysinkaran mukaisilla vähimmäismitoilla ja nurkkapyörityksillä
- Toteutuksen toleranssit ja työvarat huomioidaan
- Viimeistely liitospinta huullostyöstöillä

Tässä suunnitteluohjeessa esitettävien työstöjen reunaehdot ylittävien työstöjen toteutettavuus tulee käydä läpi Versowoodin kanssa suunnitteluvaiheessa.

3.1 Työstösuunnat

Työstöjen suunnittelussa käytettävät kallistus- ja kiertokulmat (α ja β) esitetään työstötyyppikohtaisesti kuvan 3.1 mukaisesti. Kallistus esitetään liimapuuaihion pintaa vasten kohtisuoraan (0°) ja kiertokulma palkin pituussuunnassa, eli syyn suunnassa.

Liimapuupalkit työstetään pääasiassa vaaka-asennossa työstökeskuksen vastepintojen ollessa palkin ala- ja takapinnoilla. Kuvassa esitetään koneen koordinaatisto.



Kuva 3.1 Työstösuunnat

Työkalujen työstökulmista ja -syvyyksistä aiheutuvat työstötyyppien rajoitteet esitetään kappaleissa 3.2 ja 3.2. Monissa työstötyypeissä työstö voidaan tehdä palkkiahion molemmilta puolin, jolloin työstöt voidaan tehdä konekohtaisten aihion maksimittojen mukaan.

Työstettävä aihio syötetään tai asetetaan työstökeskukseen siten, että suunnitelmien mukaiset työstöt ovat mahdollisimman tehokkaasti toteutettavissa. Osassa työstökeskuksia on kääntöyksikkö, joka mahdollistaa palkkien kääntämisen pituusakselin (X) ympäri. Suurikokoisten palkkien kääntö pituusakselin ympäri sekä kaikkien palkkien syöttösuunnan kääntäminen tehdään nosturilla työstökeskuksen ulkopuolella. Aihion käännön yhteydessä vastepinnat vaihtuvat, joka vaikuttaa eri puolilta tehtävien työstöjen keskinäiseen kohdistumiseen liimapuun höyläystoleranssien mukaisesti.

Suorakaidepalkkien työstöissä työstöyksiköt ovat laajemmin käytössä ala- ja takapinnan sivuilla. Suurikokoisilla suorakaidepalkeilla ja muotopalkeilla työstöjen kallistus- ja kiertokulmat ovat samat palkin viidellä sivulla alapinnan työstöjen ollessa rajoitettuja.

3.2 Suorakaidepalkin työstötyypit

Suorakaidepoikkileikkaukselliset liimapuupalkit työstetään läpisyöttävillä työstökeskuksilla vaaka-asennossa, kun aihion koko ja suunnitelmien mukaiset työstöt sen mahdollistavat. Suuremmat suorakaidepalkit ja molemmilta pitkiltä sivuilta läpi työstettävät suorakaidepalkit työstetään muotopalkkien työstöohjeistuksen mukaisesti.

Läpisyöttävissä työstökeskuksissa työkalujen työstöliike on pääasiassa yksiakselista, ja työstön muoto syntyy liimapuuaihion tai työstävän yksikön liikkuessa. Liimapuuaihion syöttösuunta on vasemmalta, ja muutamien aihion päätytyöstöjen rajoitteiden takia syöttösuunnassa takapäädyn työstöt ovat rajalliset.

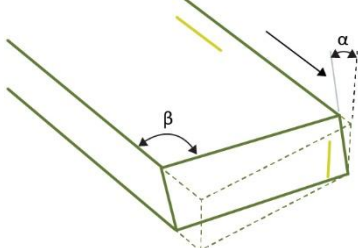
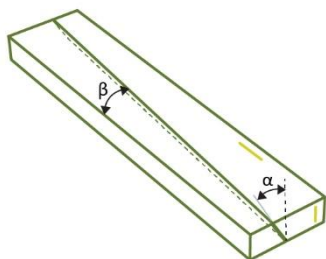
Työstökeskusten kiinteät vastepinnat ovat ala- ja takapinta, joiden suhteen työstöjen mittatarkkuus toteutuu. Työstömitat määritetään työstämättömän pituuskatkaistun suorakaidepoikkileikkauksen pinnoilta lukien.

Liimapuuaihion asetetaan työstökeskukseen niin, että työstöt ovat parhaiten toteutettavissa ilman kääntämistä.

Taulukoissa 3.1 – 3.6 esitetään suorakaidepalkin työstötyypit rajoitteineen.

3.2.1 Suorakaidepalkin muototyöstöt

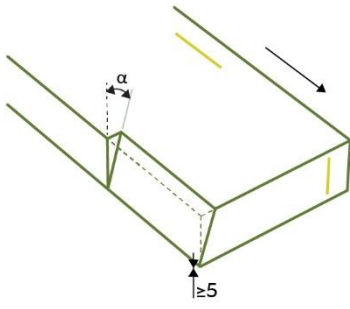
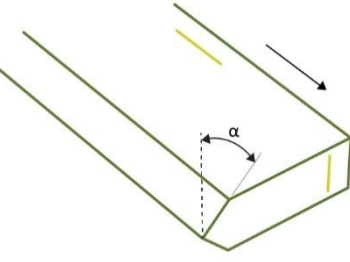
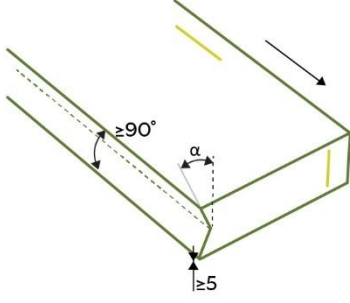
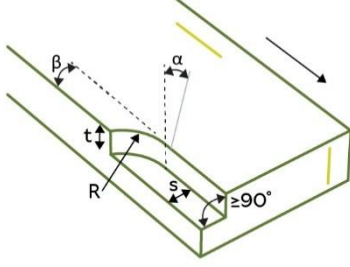
Taulukko 3.1. Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300 \text{ mm}^2$) muototyöstöt.

Työstö	Työstön muoto
Muototyöstöt suorakaidepalkissa	
Liimapuuaihion paksuus (B) ja suorakaidepalkeilla myös korkeus (H) höylätään ennen työstämistä suunnitelmamittoihin. Höylätyn liimapuuaihion pituus- ja muototyöstöt suunnitelmamittoihin tehdään sahaamalla tai jyrsimällä jyrsinkaralla.	
Suorat katkaisupinnat ○ Työstökeskuksen maksimipoikkileikkaus ○ Tasaiset kulmakatkaisut molempiin suuntiin ○ Kallistussuositus $\alpha \pm 55^\circ$ ○ Kallistus enintään * $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>* kallistuksen aloitus lapepinnasta 5 mm suositusta suuremmilla kulmilla</i>	
Pitkä kiilaus ja pituussuuntainen halkaisu ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 55^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Sahausrako 8 mm	

3.2.2 Suorakaidepalkin reunamuototyöstöt

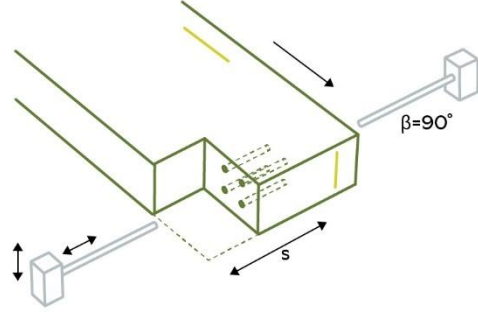
Taulukko 3.2. Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300 \text{ mm}^2$) reunamuototyöstöt.

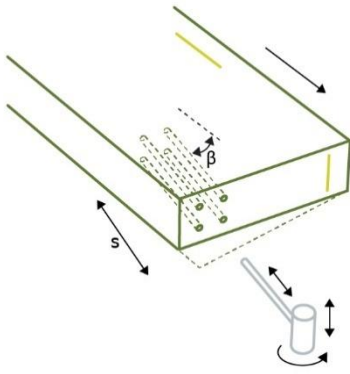
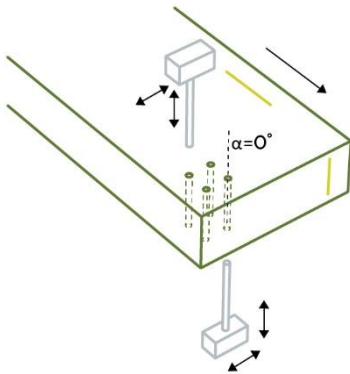
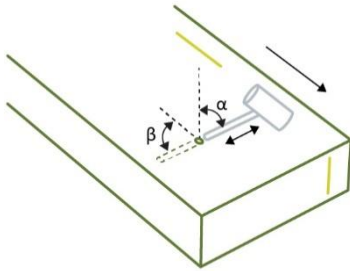
Työstö	Työstön muoto
Reunamuototyöstöt suorakaidepalkissa	
Liimapuuaihion reunamuodot, kuten viisteet sekä huullokset ja pontit tehdään ensisijaisesti jyrsimällä jyrsinkaralla, joka on tehokas työstömenetelmä jättäen hyvän työstöjäljen. Liimapuuaihion kahdelle pinnalle rajautuva huullos voidaan toteuttaa palkin toisen lapepinnan puolelle lähes rajoituksetta ilman palkin kääntämistä. Suorakaidepalkin reunoilla olevat nurkkaan rajautumattomat ponttiurat työstetään tappijyrsimellä. Lapepinnoilla olevat ponttiurat työstetään mahdollisuuksien mukaan jyrsinkaralla. Reunaviisteiden muodostaessa terävän nurkan ($\geq 55^\circ$), on suositeltavaa aloittaa viiste vähintään 5 mm aihion nurkasta työstörepeämien välttämiseksi.	

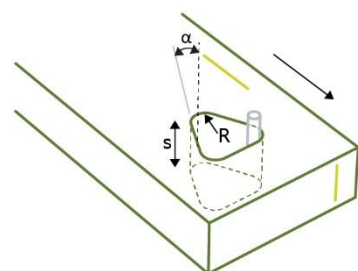
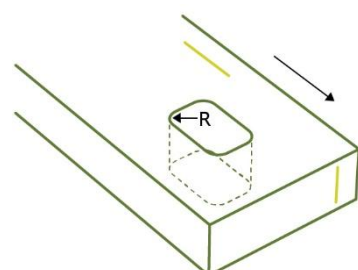
Viiste ○ Kallistus $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa 360° <i>Viisteen aloitus lapepinnasta 5 mm yli 55° työstökulmalla.</i> <i>Palkin korkuinen (B) viiste jyrsitään vain työstökeskuksen etureunan puolelle vastepinnan säilyttämiseksi.</i>	
Harjaviiste ○ Kallistus $\alpha \pm 90^\circ$ <i>Viistepinnat vapaasti.</i> <i>Työstö palkin pituussuunnassa vain palkin toisella kantilla.</i>	
Jiirinpohjaviiste ○ Kallistus $\alpha \pm 90^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ <i>Viistepinnat vapaasti.</i> <i>Työstö palkin pituussuunnassa vain palkin toisella kantilla.</i> <i>Viisteen aloitus lapepinnasta 5 mm yli 55° työstökulmalla.</i>	
Huullos ○ Sisänurkan pyöristys $R = 175 \text{ mm}$ ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ <i>Loven syvyys (s) ja leveys (t) rajoituksettomia kun työstö läpi sivuilta.</i> <i>Sisänurkan pyöristys viimeistellään tarvittaessa jysintapilla ($R=30 \text{ mm}$) kun huullossyvyys $t \leq 160 \text{ mm}$.</i>	

3.2.3 Suorakaidepalkin reikätyöstöt

Taulukko 3.3. Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300$ mm²) reikätyöstöt.

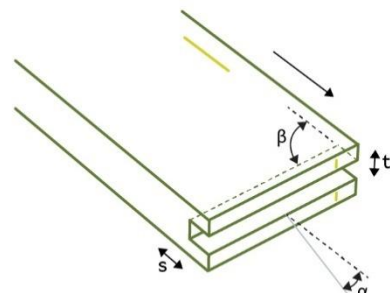
Työstö	Työstön muoto
Reikätyöstöt suorakaidepalkissa	
Pienet reiät Pienet pyöreät reiät tehdään pääasiassa spiraaliporalla poraamalla. Työstökeskusten vaakaporausyksiköissä on teränohjaimet, joiden avulla terä kohdistuu suunnitelman mukaisesti aihion pinnalla. Vapaasti kohdistuvissa porausyksiköissä ei ole ohjainta, jolloin vinoporausten sisäänmenopisteessä voi esiintyä pientä vaihtelua. Aihion pintaan vinossa porattavien reikien aloitusta varten tehdään tarvittaessa kohdistusreikä tai -pinta tappiyrsimellä. Reiän syvyys mitataan reiän suunnassa, vinoporauksella lyhyemmät enimmäissyvytydet porausyksikön rungon takia. Spiraaliporanterät vaihdetaan erikseen työstökeskuksen porausyksiköihin, jonka takia on suositeltavaa käyttää aihioissa yhdenkokoisia porauksia. Työstökeskuksella tehtäviä porauksia voidaan jatkaa tai kokoa kasvattaa viimeistelyvaiheessa käsityöstöinä. Puun ominaisuuksista, kuten poikkisyydestä ja oksista sekä spiraaliporanterän rakenteesta johtuen pitkissä porauksissa esiintyy vinoutta tai taipumaa, joka on huomioitava reikiin kiinnitettävissä teräsosissa. Jyrsintapeilla tehtävissä pienissä rei'issä reikäkoon tulee olla jyrsintappia suurempi purun poistamiseksi työstettävästä reiästä. Soikeat reiät esim. painumavaraliitoksiin tehdään jyrsintapilla. Jyrsityn reiän syvyys on pienempi kuin spiraaliporatun reiän. Suuret reiät Suuret reiät tehdään pääasiassa jyrsintapilla urajyrsintänä. Suurten reikien suunnittelussa huomioidaan suunnittelustandardin EN1995 ohjeistus nurkkapyörityksistä sekä aukon koosta, sijoituksesta ja tarvittavasta halkeamavahvistuksista.	
Kohtisuora poraus sivulta (Y-akseli) - Kallistus $\alpha = 0^\circ$ - Kohtisuorasivuilta $\beta = 90^\circ$ kun porausyvyys $s \leq 50$ mm - Halkaisija, D 5 ja 6 mm kun porausyvyys $s \leq 200$ mm - Halkaisija, D 7, 8 ja 9 mm kun porausyvyys $s \leq 450$ mm - Halkaisija, D 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 28 ja 30 mm kun porausyvyys $s \leq 760$ mm - Halkaisija, D 15, 16, 20, 22, 24 ja 28 mm <i>Poraukset aihion molemmilta sivuilta.</i> <i>Porausyvyys aihion työstämättömän piirin pinnasta lukien.</i>	

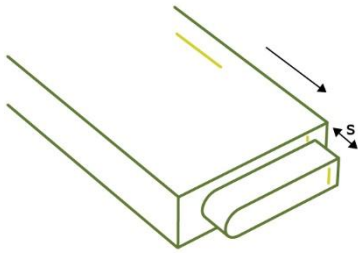
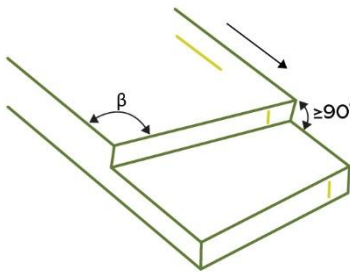
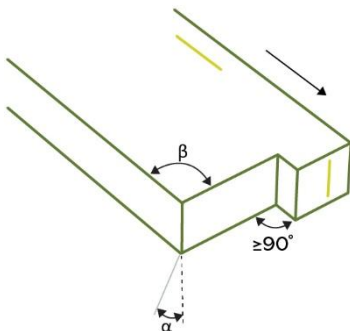
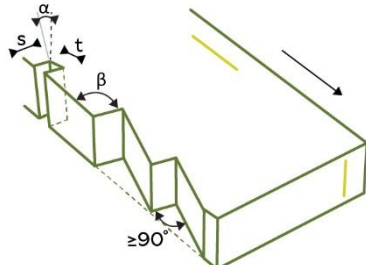
Suora poraus vaakatasossa ○ Halkaisija, D 15, 16, 20, 22, 24 ja 28 mm ○ Poraussyvyys $s \leq 760$ mm ○ Kallistus $\alpha = 0^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>Poraussyvyys aihion työstämättömän piirin pinnasta lukien.</i>	
Pystyporaus tasossa (Z-akseli) ○ Halkaisija, D 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 30 ja 40 mm ○ Poraussyvyys $s \leq 390$ mm ○ Kiinteä kallistus $\alpha = 0^\circ$ <i>Poraukset aihion molemmilta sivuilta.</i>	
Vinoporaus tasossa ○ Kallistus $s = 100$ mm $\alpha \pm 62^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ kun poraussyvyys $s \leq 50$ mm ○ Halkaisija, D 5 ja 6 mm kun poraussyvyys $s \leq 200$ mm ○ Halkaisija, D 7, 8 ja 9 mm kun poraussyvyys $s \leq 380$ mm ○ Halkaisija, D 10, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 32 ja 34 mm <i>Enimmäisporaussyvyys kohtisuoraan (0°) liimapuuhun, kallistetun porauksen syvyyden väliarvot interpoloidaan.</i> <i>Vinoporauksen sisäänmenopisteessä tarvittaessa jyrä.</i> <i>Tuotantosuunnitelmassa merkitään porauksen aloituksen keskipisteen sijainti, porauskulma sekä kääntökulma.</i>	

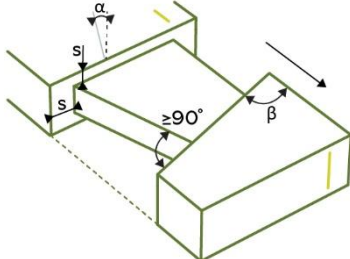
Jyrsitty reikä ○ Reiän halkaisija, D 40 150 ○ Työstösyvyys, s ($\alpha = 0^\circ$) 50 300 ○ Kallistus $\pm 65^\circ$ Vapaamuotoiset reiät ○ Sisänurkan pyöristys R = 50 mm <i>Yli 150 mm syvät reiät jyrsitään vastakkaisilta sivuilta.</i> <i>Aihion pintaan nähden kallistettujen työstöjen työstösyvyys lyhyempi.</i>	
Suuret suorareunaiset aukot ○ Sisänurkan pyöristyssäde R = 50 mm <i>Reiät jyrsitään pääsääntöisesti.</i> <i>Sahattavien reikien nurkissa pyöreä reikä D 90 mm.</i>	

3.2.4 Suorakaidepalkin lovityöstöt

Taulukko 3.4. Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300 \text{ mm}^2$) lovityöstöt.

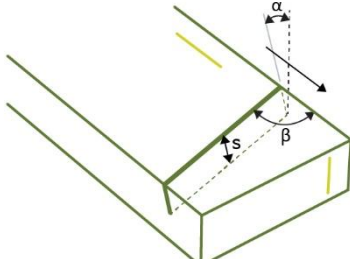
Työstö	Työstön muoto
Lovityöstöt suorakaidepalkissa	
Liimapuuaihion reunalle tai päätyihin tehtävät lovet tehdään ensisijaisesti jyrsimällä jyrsinkaralla huomioiden työkalun työstöleveys ja -syvyys. Jyrsityn loven sisänurkka on suorakulmainen tai yli 90°. Suositteluja lovimittoja syvemmät työstöt ja alle 90° sisänurkat tehdään sirkkelinterällä tai ketjusahalla, jolloin työstöpinnan laatu on jyrsintää karkeampi.	
Pontti ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ Kun uraleveys $t \geq 40 \text{ mm}$ ○ Lovisyvyys $s \leq 60 \text{ mm}$ Kun uraleveys $t \geq 120 \text{ mm}$ ○ Lovisyvyys $s \leq 100 \text{ mm}$ <i>Kapeammat ja syvemmät lovet työstetään sahaamalla flitsityöstöllä rajoituksettomasti.</i>	

Päätytappi ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ <i>Päädystä läpi tulevat tasaiset jyrinnät rajoituksetta</i> <i>Tapin mitat ja kallistus aihion alkupäädysssä rajoituksettomia</i> <i>Yli $s=120$ mm työstö aihion molemmissa päädysissä edellyttää aihion pituussuuntaista kääntöä</i>	
Lapelovi ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ <i>Työstön mitat ja kallistus rajoituksettomia, kun työstö läpi sivuilta.</i>	
Päätylovi ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ <i>Työstön mitat rajoituksettomia, kun työstö läpi sivuilta.</i> <i>Alle 90° sisänurkat työstetään sahaamalla.</i>	
Välilovet ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ Kun uraleveys $t \geq 40$ mm ○ Lovisyvyys $s \leq 60$ mm Kun uraleveys $t \geq 120$ mm ○ Lovisyvyys $s \leq 100$ mm <i>Alle 90° sisänurkat sekä kapeammat ja syvemmät lovet työstetään sahaamalla rajoituksettomasti.</i>	

Välioheennus ○ Lovisyvyys $s \leq 150 \text{ mm}$ ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 55^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>Alle 90° sisänurkat sekä syvemmät lovet työstetään sahaamalla rajoituksettomasti.</i>	
--	--

3.2.5 Suorakaidepalkin uratyöstöt

Taulukko 3.5. Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300 \text{ mm}^2$) uratyöstöt.

Työstö	Työstön muoto
Uratyöstöt suorakaidepalkissa (flitsi, slotti)	
Liimapuuaihion sivuille ja lapepinnoille tehtävät suorat urat työstetään sirkkelillä tai ketjusahalla. Sirkkelinterällä tehtävän uran vähimmäispaksuus on teräpaksuus, ja suuremmat urat tehdään useammalla sahauksella. Sirkkelinterän suuresta nurkkapyörityksestä johtuen urat ovat pääasiassa läpisahattuja. Sirkkelinterällä tehtävä uratyöstö on mittatarkka, työstöjäljeltään hienosahattu. Ketjusahalla tehtävän uran paksuus valitaan ketjusahan teräpaksuuden mukaan. Suuremmat urapaksuudet tehdään useammalla sahauksella huomioiden, että urapaksuuden tulee olla vähintään 1,5 kertaa teräpaksuus. Puun ominaisuuksista, kuten poikkisyisyydestä ja oksista sekä ketjusahanterän rakenteesta johtuen pitkissä urasahauksissa esiintyy vinoutta tai taipumaa, joka on huomioitava uriin kiinnitettävissä teräsosissa. Läpimenevät urat, eli päätyflitsit suljetaan tarvittaessa puulistoin liimapuuaihion viimeistelyvaiheessa. <i>Uraan asennettavan teräsoosan paksuus määritetään urapaksuuden mukaan huomioiden suunnittelustandardin vaatimus, jonka mukaan rako voi olla enintään 1,5 mm per puoli (eli, levyn paksuus enintään urapaksuus – 3 mm).</i> Vapaamuotoiset urat tehdään jysintapilla huomioiden jysintapin paksuus ja työstösyvyys.	
Suora ura ○ Uran paksuus $t \geq 8,0 \text{ mm}$ ○ Uran syvyys $s \leq 175 \text{ mm}$ ○ Kallistus $\alpha = 360^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>Suora uran sahauslinja lape- tai sivupinnoilla läpi reunoille aihion kaikilla pinnoilla.</i> <i>Robottiyksikön sahanterä.</i>	

Lohenpyrstöura

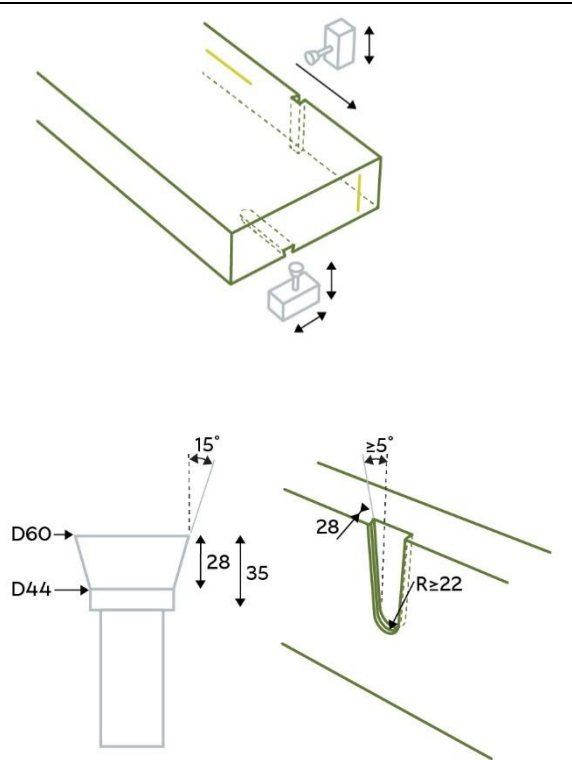
- Muotouran syvyys $s = 28 \text{ mm}$
- Muotouran kulma 15°
- Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$
- Työstön enimmäissyvyys $s \leq 35 \text{ mm}$

Aina kohtisuoraan pintaa vasten.

Vakiomuotoisen muotouran upotus pinnasta 0–7 mm.

Palkkien välisessä liitoksessa suositellaan V-muotoa tiukan sovituksen saavuttamiseksi.

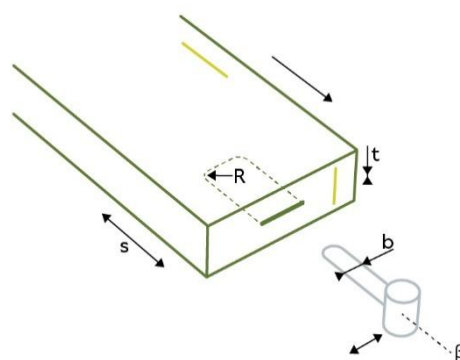
Liittyvän lohenpyrstötäpin pituus $s = 27 \text{ mm}$.



Suljettu päätyflitsi

- Uran paksuus $t = 8,0 \text{ mm}$
- Uran leveys $b \geq 73 \text{ mm}$
- Uran syvyys $s \leq 325 \text{ mm}$
- Uran pohjan pyöristys $r = 37 \text{ mm}$
- Kääntyvyys tasossa $\beta = 0^\circ, 90^\circ$
(vain palkin pituussuuntaisesti)

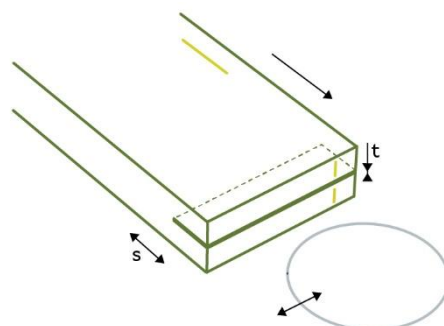
Kerrannaistyöstö $t \geq 12,0 \text{ mm}$

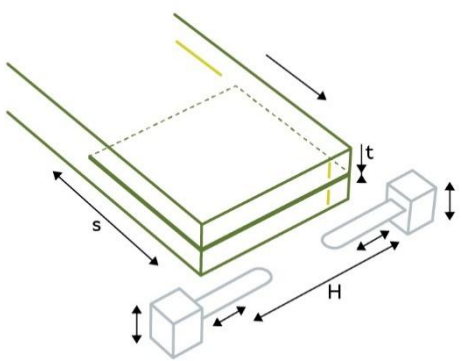
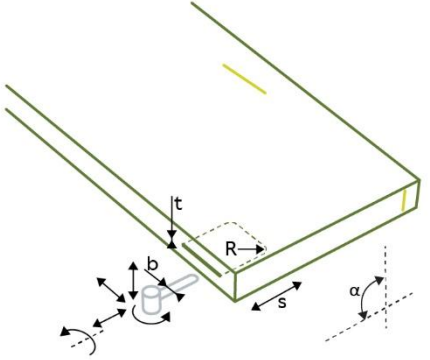


Päätyflitsi, läpi menevä

- Uran paksuus $t \geq 8,0 \text{ mm}$
- Uran syvyys $s \leq 410 \text{ mm}$

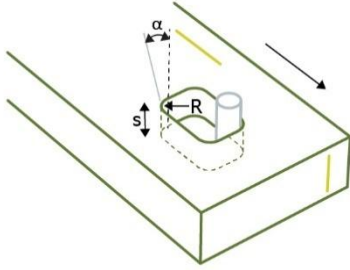
Paksummat urat kerrannaistyöstöinä.



Päätyflitsi, läpi menevä ○ Uran paksuus $t \geq 8,0 \text{ mm}$ ○ Palkin korkeus $H \leq 1300 \text{ mm}$ <i>Työstön syvyys (s) rajoitukseton.</i> <i>Vaakaketjusahayksikkö</i> <i>Kerrannaistyöstö $\geq 13,0 \text{ mm}$</i>	
Flitsi sivulla ○ Uran paksuus $t \geq 8,0 \text{ mm}$ ○ Uran leveys $b \geq 125 \text{ mm}$ ○ Uran syvyys $s \leq 700 \text{ mm}$ ○ Uran pohjan pyöristys $r = 63 \text{ mm}$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 90^\circ$ (vain palkin poikittaissuuntaisesti) <i>Vaakaketjusahayksikkö</i> <i>Vaakasahanteräyksikkö</i> <i>($t = 8,0 \text{ mm}, s \leq 410 \text{ mm}, b \geq 1000 \text{ mm}$)</i>	

3.2.6 Suorakaidepalkin syvennystyöstöt

Taulukko 3.6. Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300 \text{ mm}^2$) syvennystyöstöt.

Työstö	Työstön muoto
Syvennystyöstöt suorakaidepalkissa	
Liimapuuhun tehtävät syvennykset tehdään tappijyrsimellä tai jyrsinkaralla työstön koosta ja sijainnista riippuen. Pienet syvennykset sekä aihion lape- ja sivupinnoilla olevat syvennykset, jotka eivät rajaudu aihion reunaan tehdään tappijyrsimellä. Liimapuuaihion reunalle liittyvät suuret syvennykset tehdään jyrsinkaralla. Syvennyksen sisänurkan jyrsinkaran mukainen pyöristys pienennetään tarvittaessa tappijyrsimellä.	
Taskutyöstö ○ Taskun syvyys $s \leq 160 \text{ mm}$ ○ Kallistus $\alpha \pm 85^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite 90° ○ Sisänurkan pyöristys $R = 20 \text{ mm}$ <i>Pintaa vasten suorakaidetyöstö.</i> <i>Työstöt aihion kaikilla sivuilla.</i>	

Vapaamuotoiset syvennykset

Pintaa vasten kohtisuorat työstöt ($\alpha = 0^\circ$):

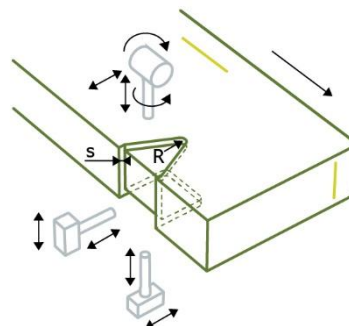
- Työstösyvyys $s \leq 160 \text{ mm}$
- Työstön sisänurkka $R = 20 \text{ mm}$
- Kaikille sivuille

Kallistetut työstöt [mm]:	D	s
○ Halkaisija, D	10	25
○ Työstösyvyys, s	12	60
	14	60
	16	70
	20	80
	25	150
	30	110
	40	150

- Kallistus $\alpha \pm 85^\circ$
- Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$

Mitat aihion pinnasta lukien.

Työstökeskuskohtaiset suuremmat työstöt mahdollisia, jolloin huomioitava muut työstörajoitteet.

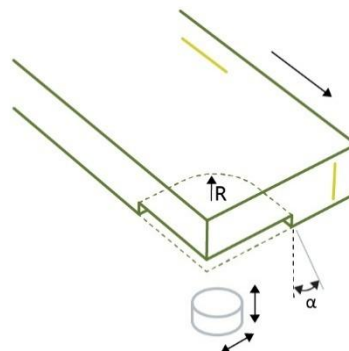


Syvennys

- Sisänurkan pyöristys $R = 175 \text{ mm}$
- Kallistus enintään $\alpha \pm 85^\circ$
- Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$
- Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$

Työstön mitat ja kallistus rajoituksettomia, kun työstö läpi sivuilta.

Sisänurkan pyöristyssäteen pienentäminen pienen syvennyksen mukaan työstösyvyyden salliessa.



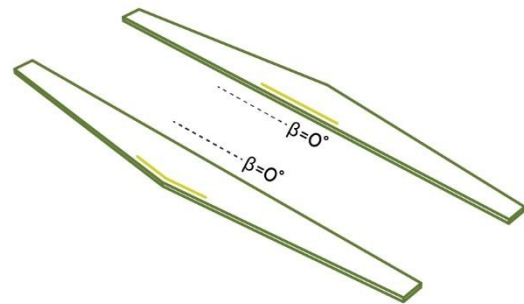
3.3 Muotopalkin työstötyypit

Muotopalkit sekä suuret suorakaidepalkit ja molemmilta pitkiltä sivuilta työstettävät suorakaidepalkit työstetään portaalityöstökeskuksella, jossa työstettävä kappale pysyy paikallaan ja työstökeskus liikkuu työskentelyalueella.

Portaalityöstökeskuksessa mittatarkkuuden vasteena toimii tasovaaittu työstöalueen lattia, jolle palkit asetetaan vakiokorkuisten alipainepukkien varaan. Työstöt kohdistetaan liimapuuaihioon lasertekniikan avulla, jolloin kaikki työstöt ovat suunnitelmien mukaisesti keskenään.

Portaalityöstökeskuksessa liimapuuaihio pysyy paikallaan, ja portaalivaunu siirtää työstöyksikön ja työkalun suunnitelman mukaiseen sijaintiin. Työkalut liikkuvat työstöjen aikana, jolloin työstösuunnalla suhteessa liimapuuaihioon ei ole rajoitteita.

Suurikokoisten liimapuupalkkien työstöissä keskeistä on suunnitelman mukaisten tukipisteiden keskinäisten etäisyyksien sekä liitosten sisäisen työstöjen toteutuminen. Palkit mitallistetaan suunnitelmamuotoon, mutta suorien tai taivutettujen lamellien pinnan suuntaiset työstöt tehdään vain poikkeustapauksessa koska suurikokoisten aihoiden mitoissa tapahtuu muodonmuutoksia kosteuden tai taivutuksen takia.

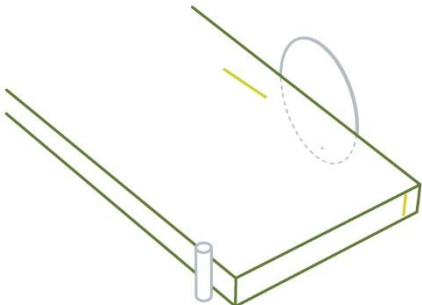
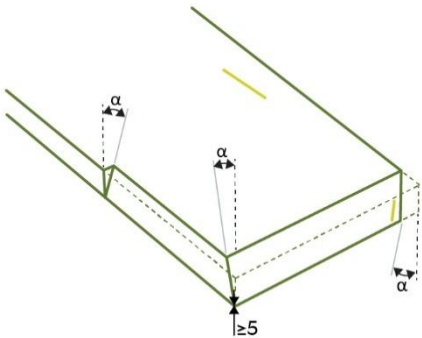


Kuvassa 3.2 esitetään työstöjen kiertokulman suunta muotopalkeissa ($\beta = 0^\circ$). Taulukoissa 3.7 – 3.11 esitetään muotopalkkien työstötyypit rajoitteineen.

Kuva 3.2 Muotopalkin kääntökulman suunta.

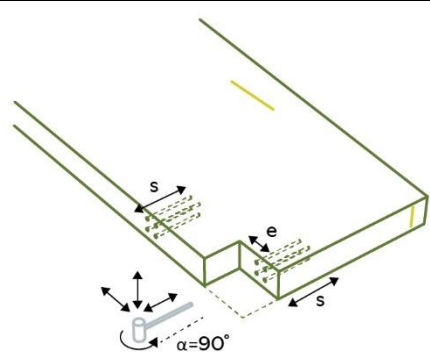
3.3.1 Muotopalkin muoto- ja reunamuototyöstöt

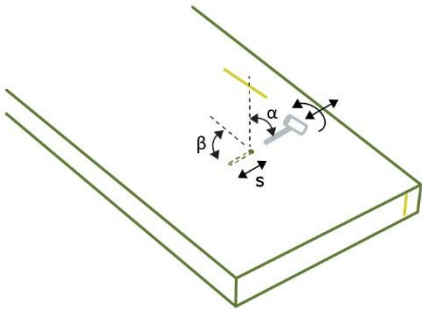
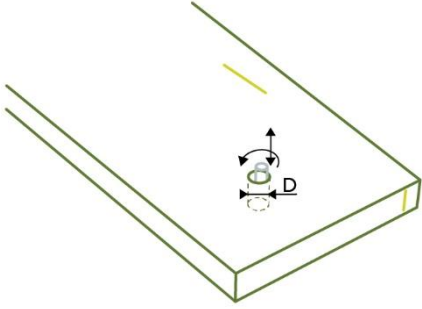
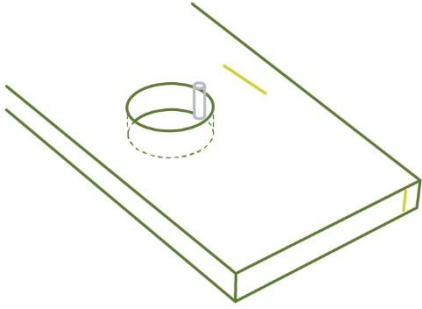
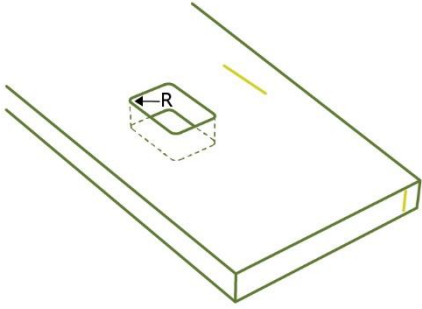
Taulukko 3.7. Muotopalkin ja suurikokoisen suorakaidepalkin (> 450x1 300 mm²) muototyöstöt.

Työstö	Työstön muoto
Muototyöstöt ja reunamuototyöstöt muotopalkissa	
Liimapuuaihion paksuus (B) ja suorakaidepalkeilla myös korkeus (H) höylätään ennen työstämistä suunnitelmamittoihin. Höylätyn liimapuuaihion pituus- ja muototyöstöt suunnitelmamittoihin tehdään sahaamalla tai jysimällä jysinkaralla. <i>Muotopalkkien liimatun aihion alapinnan lamellipinta on lopullinen muoto, eikä pintaa työstetä.</i> Muotopalkkityöstöjen rajoitteet ovat samat aihion kaikilla kanteilla ja yläpuolisella lappeella. Alapuolisen lappeen työstöt rajoittuvat reuna-alueelle. Liimapuuaihion reunamuodot, kuten viisteet sekä huulokset ja pontit tehdään ensisijaisesti jysimällä jysinkaralla, joka on tehokas työstömenetelmä jättäen hyvän työstöjäljen. Muotopalkin ponttiurat työstetään aina jysinkaralla. Reunaviisteiden muodostaessa terävän nurkan ($\geq 55^\circ$), on suositeltavaa aloittaa viiste vähintään 5 mm aihion nurkasta työstörepeämien välttämiseksi.	
Aihion mitallistaminen suunnitelmamuotoon ○ Suorat sahaukset ○ Muotojen jysintä ○ Työstökeskuksen maksimipoikkileikkaus <i>Taivutetun lamellin muotojysintä vain erityistapauksissa.</i>	
Kallistetut katkaisupinnat ○ Työstökeskuksen maksimipoikkileikkaus ○ Kallistus pystysuorasta * $\alpha \pm 90^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ * kallistuksen aloitus lapepinnasta 5 mm yli 55° kulmilla	

3.3.2 Muotopalkin reikätyöstöt

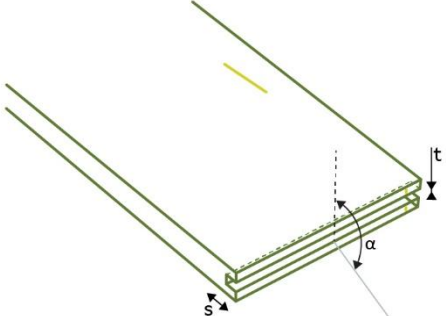
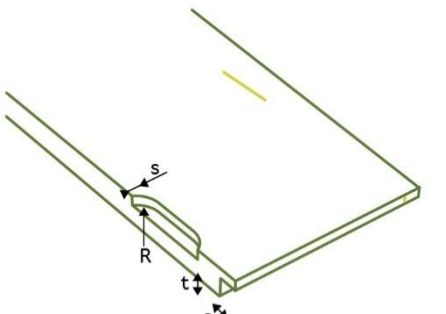
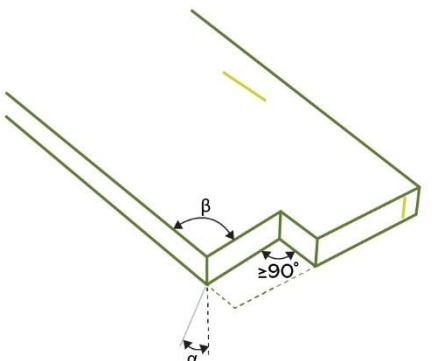
Taulukko 3.8. Muotopalkin ja suurikokoisen suorakaidepalkin (> 450x1300 mm²) reikätyöstöt.

Työstö	Työstön muoto
Reikätyöstöt muotopalkissa	
Pienet reiät Pienet pyöreät reiät tehdään pääasiassa spiraaliporalla poraamalla. Työstöyksikössä ei ole poranteränohjainta, jonka takia vinoporausten sisäänmenopisteessä voi esiintyä pientä vaihtelua. Aihion pintaan vinossa porattavien reikien aloitusta varten tehdään tarvittaessa kohdistusreikä tai -pinta tappijyrsimellä. Reiän syvyys mitataan reiän suunnassa, vinoporauksella lyhyemmät enimmäissyvyydet työstöyksikön rungon takia. Poraussyvyys määräytyy aihion työstetystä pinnasta, kun työstöyksikön runko mahtuu työstöön. Spiraaliporat ovat erillistyökaluja työstökeskuksen työkaluvaihtajassa, jonka takia on suositeltavaa käyttää aihioissa vain muutamia erikokoisia porauksia. Työstökeskuksella tehtäviä porauksia voidaan jatkaa tai kokoa kasvattaa viimeistelyvaiheessa käsityöstöinä. Puun ominaisuuksista, kuten poikkisyydestä ja oksista sekä spiraaliporanterän rakenteesta johtuen pitkissä porauksissa esiintyy vinoutta tai taipumaa, joka on huomioitava reikiin kiinnitettävissä teräsosissa. Jyrsintapeilla tehtävissä pienissä rei'issä reikäkoon tulee olla jyrsintappia suurempi purun poistamiseksi työstettävästä reiästä. Soikeat reiät esim. painumavaraliitoksiin tehdään jyrsintapilla. Jyrsityn reiän syvyys on pienempi kuin spiraaliporatun reiän. Suuret reiät Suuret reiät tehdään pääasiassa jyrsintapilla urajyrsintänä. Suurten reikien suunnittelussa huomioidaan suunnittelustandardin EN1995 ohjeistus nurkkapyörityksistä sekä aukon koosta, sijoituksesta ja tarvittavasta halkeamavahvistuksista.	
Kohtisuora poraus pintaa vasten - Halkaisija, D 16, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 30 ja 40 mm - Poraussyvyys $\alpha = 0^\circ$ $s \leq 370$ mm - Kallistus pystysuorasta $\alpha \pm 90^\circ$ - Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ - Etäisyys loven sisänurkasta $e \geq 180$ mm <i>Syvämmät reiät jatketaan käsiporauksena. Poraussyvyys aihion loveamattoman piirin pinnasta lukien.</i> <i>Loveukseen tehtävän porauksen syvyys työstöpinnalta, kun etäisyys loven sisänurkasta täyttyy.</i> <i>Alapuoliset poraukset kappaleen kääntämisellä.</i>	

Vinoporaus - Halkaisija, D 16, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 30 ja 40 mm - Poraussyvyys $\alpha = 0^\circ$ $s \leq 370$ mm - Kallistus $s \geq 100$ mm $\alpha \pm 62^\circ$ - Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>Enimmäisporaussyvyys kohtisuoraan (0°) liimapuuhun, kallistetun porauksen syvyyden väliarvot interpoloidaan.</i> <i>Vinoporausken sisäänmenopisteessä tarvittaessa jysintä.</i> <i>Tuotantosuunnitelmassa merkitään porauksen aloituksen keskipisteen sijainti, porauskulma sekä kääntökulma.</i>	
Jyrsitty reikä - Reiän halkaisija $D \geq 110$ mm - Syvyys $s \leq 410$ mm - Kallistus $\alpha \pm 90^\circ$ - Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ Vapaamuotoiset reiät - Sisänurkan pyöristys $R = 50$ mm	
Suuret reiät - Pyöreät ja soikeat reiät - Jyrsintäura $D = 100$ mm - Syvyys $s \leq 410$ mm - Kallistus $\alpha \pm 90^\circ$	
Suuret suorareunaiset aukot kun $B \leq 240$ mm - Sisänurkan pyöristys $R = 40$ mm kun $B > 240$ mm - Sisänurkan pyöristys $R = 50$ mm <i>Reiät pääsääntöisesti jysitään</i>	

3.3.3 Muotopalkin lovityöstit

Taulukko 3.9. Muotopalkin ja suurikokoisen suorakaidepalkin (> 450x1300 mm²) lovityöstit.

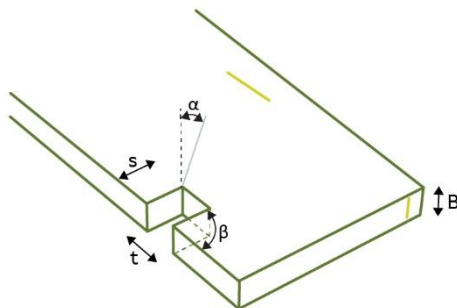
Työstö	Työstön muoto
Lovityöstit muotopalkissa	
Liimapuuaihion reunalle tai päätyihin tehtävät lovet tehdään ensisijaisesti jyrsimällä jyrsinkaralla huomioiden työkalun työstöleveys ja -syvyys. Jyrsityn loven sisänurkka on suorakulmainen tai yli 90°. Suositteluja lovimittoja syvemmät työstöt ja alle 90° sisänurkat tehdään sirkkelinterällä tai ketjusahalla, jolloin työstöpinnan laatu on jyrsintää karkeampi.	
Pontti ○ Uran paksuus $t \geq 80 \text{ mm}$ ○ Uran syvyys $s \geq 70 \text{ mm}$ ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 180^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>Uran minimi paksuus t = karan paksuus SB.</i> <i>Kapeammat pontit sirkkelin terällä tai ketjusahalla.</i> <i>Syvemmät pontit sirkkelin terällä, jolloin $s \leq 365 \text{ mm}$ (hienosahattu työstöjälki)</i>	
Pontit (huulokset) ○ Sisänurkan pyöristys $R = 175 \text{ mm}$ $R = 205 \text{ mm}$ ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 180^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ ○ Työstösyvyys alapuolella $s \leq 200 \text{ mm}$ <i>Yläpuolisen loven syvyys (s) ja leveys (t) sekä kallistus rajoituksettomia, kun työstö läpi sivuilta.</i> <i>Sisänurkan pyöristys viimeistellään tarvittaessa jyrsintapilla ($R=12,5 \text{ mm}$) kun huullossyvyys $\leq 110 \text{ mm}$.</i>	
Suuret lovet reunoilla ○ Kallistus enintään $\alpha \pm 90^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ ○ Työstön sisätaite $\geq 90^\circ$ ○ Ei sisänurkan pyöristystä <i>Työstön mitat rajoituksettomia, kun työstö läpi sivuilta.</i> <i>Alle 90° sisänurkat työstetään sahaamalla.</i>	

Lovet

- Kallistus enintään $\alpha \pm 90^\circ$
- Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$
- Sahatulla lovella kappaleen paksuus $B \leq 435 \text{ mm}$
- Lovisyvyysuusitus $s \leq 70 \text{ mm}$
- Loven leveyssuusitus $t \geq 80 \text{ mm}$
- Työstön sisätaitesuusitus 90°

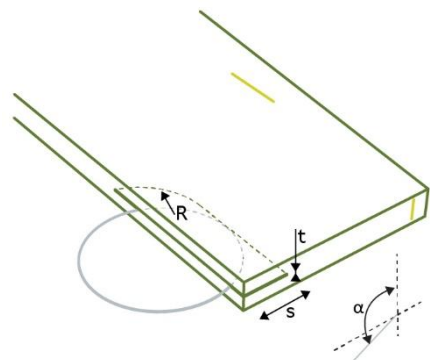
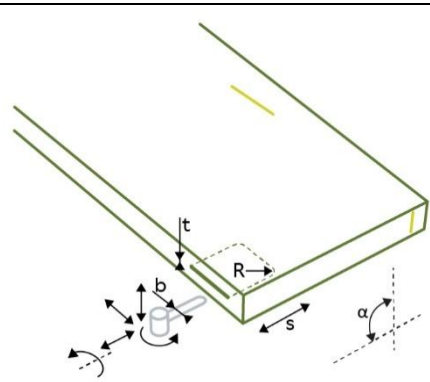
Suorastakulmasta poikkeavat sekä kapeammat ($\leq 80 \text{ mm}$) tai syvemmät ($\geq 70 \text{ mm}$) lovet työstetään sahaamalla.

Lovien sijoittamista muotopinnalle ei suositella.



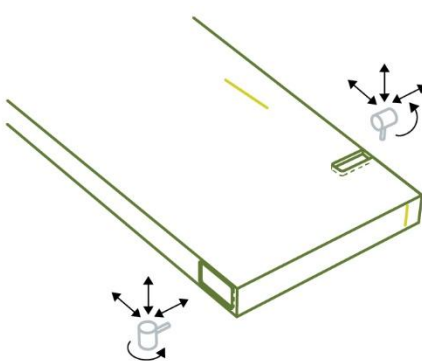
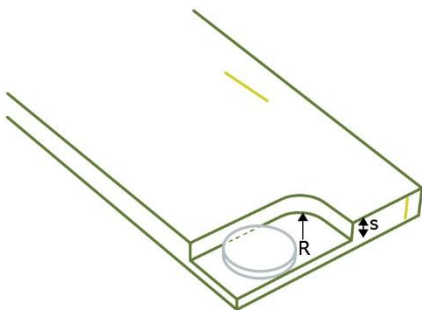
3.3.4 Muotopalkin uratyöstöt

Taulukko 3.10. Muotopalkin ja suurikokoisen suorakaidepalkin (> 450x1 300 mm²) uratyöstöt.

Työstö	Työstön muoto
Uratyöstöt muotopalkissa (flitsi, slotti)	
Liimapuuaihion sivuille ja lapepinnoille tehtävät suorat urat työstetään sirkkelillä tai ketjusahalla. Sirkkelinterällä tehtävän uran vähimmäispaksuus on teräpaksuus, ja suuremmat urat tehdään useammalla sahauksella. Sirkkelinterän suuresta nurkkapyörityksestä johtuen urat ovat pääasiassa läpisahattuja. Sirkkelinterällä tehtävä uratyöstö on mittatarkka, työstöjäljeltään hienosahattu. Ketjusahalla tehtävän uran paksuus valitaan ketjusahan teräpaksuuden mukaan. Suuremmat urapaksuudet tehdään useammalla sahauksella huomioiden, että urapaksuuden tulee olla vähintään 1,5 kertaa teräpaksuus. Puun ominaisuuksista, kuten poikkisyysyydestä ja oksista sekä ketjusahanterän rakenteesta johtuen pitkissä urasahauksissa esiintyy vinoutta tai taipumaa, joka on huomioitava uriin kiinnitettävissä teräsosissa. Läpimenevät urat, eli päätyflitsit suljetaan tarvittaessa puulistoin liimapuuaihion viimeistelyvaiheessa. <i>Uraan asennettavan teräsosan paksuus määritetään urapaksuuden mukaan huomioiden suunnittelustandardin vaatimus, jonka mukaan rako voi olla enintään 1,5 mm per puoli (eli, levyn paksuus enintään urapaksuus – 3 mm).</i> Vapaamuotoiset urat tehdään jysrintapilla huomioiden jysrintapin paksuus ja työstösyvyys.	
Flitsi, läpi menevä ○ Uran paksuus $t = 8,0 \text{ mm}$ ○ Uran syvyys $s \leq 365 \text{ mm}$ ○ Kallistus $\alpha \pm 120^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$ <i>Ura läpi tai pyöritys $R = 550 \text{ mm}$. Sahanterän halkaisija $D = 1100 \text{ mm}$.</i>	
Flitsi sivulla ○ Laipan paksuus, t $11,0 \text{ mm}$ ○ Laipan leveys, b $98,0 \text{ mm}$ ○ Uran syvyys $s \leq 420 \text{ mm}$ ○ Uran pohjan pyöritys $R = 49 \text{ mm}$ ○ Kallistus pystysuorasta $\alpha \pm 90^\circ$ ○ Laipan kiertymä $\pm 90^\circ$ ○ Kääntyvyys tasossa $\beta = 360^\circ$	

3.3.5 Muotopalkin syvennystyöstöt

Taulukko 3.11. Muotopalkin ja suurikokoisen suorakaidepalkin (> 450x1300 mm²) syvennystyöstöt.

Työstö			Työstön muoto
Syvennystyöstöt muotopalkissa			
Liimapuuhun tehtävät syvennykset tehdään tappijyrsimellä tai jyrsinkaralla työstön koosta ja sijainnista riippuen. Pienet syvennykset sekä aihion lape- ja sivupinnoilla olevat syvennykset, jotka eivät rajaudu aihion reunaan tehdään tappijyrsimellä. Liimapuuaihion reunalle liittyvät suuret syvennykset tehdään jyrsinkaralla. Syvennyksen sisänurkan jyrsinkaran mukainen pyöristys pienennetään tarvittaessa tappijyrsimellä.			
Pienet syvennykset			
	D	s [mm]	
○ Halkaisija, D	10	38	
○ Työstösyvyys, s	25	110	
<i>Tukipainelevyisyvennykset, vapaamuotoiset syvennykset.</i> <i>Alapuolinen työstö ≤ 200 mm palkin reunasta.</i> <i>Myös työstettävään pintaan nähden kallistetut työstöpinnat.</i>			
Suuret syvennykset			
○ Sisänurkan pyöristys	R = 175 mm R = 205 mm		
○ Kallistus enintään	$\alpha \pm 90^\circ$		
○ Kääntyvyys tasossa	$\beta = 360^\circ$		
○ Työstön sisätaite	$\geq 90^\circ$		
<i>Työstön mitat ja kallistus rajoituksettomia, kun työstö läpi sivuilta.</i> <i>Sisänurkan pyöristyssäteen pienentäminen pienen syvennyksen mukaan työstösyvyyden salliessa.</i>			

3.4 Toleranssit

Liimapuun työstöt ovat aihion jatkojalostustoimenpiteitä, joiden valmistukselle ei standardeissa esitetä sitovia valmistustoleranssivaatimuksia. Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* – asiakirjassa esitetään liimapuun tuotestandardin EN 14080 sallitut mittatoleranssit liimapuuaihion äärimitoille ja muodolle sekä Versowoodin laatimat ohjeelliset toleranssit liimapuujalosteiden valmistukselle. Ohjeelliset toleranssit perustuvat kansalliseen puurakenteiden toteutusstandardiin SFS 5978, jossa määritetään myös liimapuurakenteiden liitostoleranssit työstöjä varten. Työstökeskusvalmistajien ilmoittama toleranssi aihion pituuden katkaisulle 13,0 m pituisella ahiolla on ± 2 mm. Liimapuun toleranssit arvioidaan 12 % puun suhteellisessa kosteudessa.

Liitostyöstöille ei esitetä erillisiä velvoittavia tai ohjeellisia toleransseja, vaan työstöjen tulee mahdollistaa liitostyypeille asetut toleranssit. Työstökeskuksilla tehtävien

liitostyöstöjen toleranssit ovat käytännössä alle ± 1 mm kun käsityökaluin tehtävien työstöjen toleranssit ovat noin ± 3 mm. Työstettyjen liitosten toteutuksen kannalta nimellisiä toleranssivaatimuksia merkitsevämpiä ovat liitospintojen laatu sekä työstöjen ja liittyvien liitososien keskinäiset toleranssit. Lisäksi liitospintojen sovitukseen vaikuttaa liimapuun kosteusmuodonmuutokset työstön ja liitostyön välillä.

Työstökeskusten toimintaperiaatteista ja aihion käsittelystä aiheutuu pieniä mittatoleransseja. Läpisyöttävissä suorien palkkien työstökeskuksissa aihio siirretään erillisille työstöyksiköille, kun muotopalkkien työstökeskuksessa kappale pysyy paikallaan ja työstöyksikkö siirtyy aihion päällä. Työstökeskusten mittatarkkuus perustuu työstön etäisyyteen vastepinnoista, jolloin aihion höyläystoleranssin mukaiset mittapoikkeamat ovat ns. vapailla sivuilla. Liimapuuaihion kääntäminen työstöjen tekemiseksi aihion molemmille puolille muuttaa työstön vastepinnan, jonka lisäksi kappale kohdistetaan uudestaan työstöjä varten. Erityistä tarkkuutta vaativissa liitoksissa aihion mittapoikkeamien vaikutus voidaan välttää työstämällä liitoksen kaikki pinnat.

Hitsatulla teräsosalla varusteltavan työstön suunnittelussa huomioidaan sekä liimapuun että teräsosan valmistustoleranssit kiinnittämisen varmistamiseksi. Suunnittelussa huomioidaan, etteivät lämpömuodonmuutosten takia hitsattujen teräskokoonpanojen mitat usein vastaa liimapuutyöstöjen suunnitelmamuotoja.

Monileikkeisten, eli useamman teräslevyn läpi menevien tappivaarnaliitosten teräsosasuunnittelussa huomioidaan reikien keskinäisen kohdistumisen lisäksi levyjen sovittaminen uratyöstöihin.

Teräsosille tehtävien työstöjen suunnittelussa huomioidaan työkalusta johtuvan työstöpinnan laatuvaihtelun lisäksi pitkällä spiraaliporanterillä tehtävissä porauksissa ja ketjusahalla tehtävissä urissa esiintyy työstölinjan poikkeamaa, käytännössä työkalu taipuu syvissä työstöissä puun ominaisuuksista johtuen. Työstöjen taipumat ovat liitostyyppien toleranssien mukaisia, eivätkä yksittäisinä vaikuta liitoksen toteutettavuuteen.

Liitoksen toteuttamiseksi suunnittelussa huomioidaan työvarat liitospinnoilla, eli käytännössä 1–2 mm vällys jokaisessa liitosraossa. Edellytettäessä vastakkain puristuvia liitospintoja, suunnitellaan työstöt pienellä asennussuuntaisella kallistuksella, jolloin kappaleet kohtaavat asennettaessa vain loppuasennossa. Työstöjen toleransseja merkityksellisempää liitosratkaisujen suunnittelussa on kosteusmuodonmuutosten hallinta.

Liimapuuhun tehtävien työstöjen arviointi tehdään Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* – asiakirjan taulukoiden 3.3. ja 3.4. mukaan. Suunnittelussa huomioidaan vähintään tämän ohjeen taulukossa 3.12 esitettävät ohjeelliset suunnittelutoleranssit työstökeskusten rajoitteiden mukaisille työstöille.

Taulukko 3.12 Liimapuutyöstöjen ohjeelliset suunnittelutoleranssit työstökeskuksilla

Ulottuvuus, toleranssi	Poikkeama	HUOM.
Ohjeelliset suunnittelutoleranssit työstökeskuksilla		
Pituuskatkaisu	± 2 mm	
Muototyöstöt		
Työstön pituussuuntainen kohdistus		
Jyrsityn työstön muoto	± 1 mm	
Rako tappivaarnaliitoksen leikkeissä	$\leq 1,5$ mm	Rako liitoslevyn molemmin puolin
Porauksen tai urasahauksen vinous	$\pm L_a / 50$	
Aihion kääntämisen lisätoleranssi	± 2 mm	Kaikki työstöt
Toleranssit arvioidaan referenssikosteudessa 12 %.		

4 Käsityöstöt ja viimeistely

Liimapuuaihioden jalostaminen osittain tai kokonaisuudessaan käsityöstöin määräytyy tuotantotilanteen lisäksi työstöjen mitoista ja vaikeudesta. Liimapuun pintalaadun paikkaukset ja hionta, sekä nurkkaviisteet tehdään aina käsityöstöinä.

Työstökeskuksilla tehtävät työstöt viimeistellään käsityöstöillä, kun työstön mitat ylittävät työstörajoitteet tai työstön muoto ei ole mahdollista toteuttaa työstökeskuksella.

Liimapuuaihion muodon sekä lovien ja urien käsityöstöissä käytetään sähkötyökaluja, kuten käsisirkkelit ja ketjusahat. Syvien porausten ja urien jatkaminen tehdään käsin suunnattavilla työkaluilla. Aihion viimeistelyssä käytetään höyliä, jyrsimiä ja hiomakoneita.

Liimapuiden viimeistelyyn sisältyy tuotantosuunnitelmien mukaisten varusteluosien kiinnitys ja pintakäsittely.

Liimapuuaihion työstöjen, varustelun ja viimeistelyn laadunvarmennustoimenpiteet esitetään Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* – asiakirjan liitteen laadunvalvontaselosteessa.

5 Suunnittelun tukemme

Versowood kehittää jatkuvasti liimapuuratkaisuja ja niihin liittyvää ohjeistusta suunnittelun ja toteutuksen tueksi. Liimapuumateriaalitiedon ja suunnittelun yleisten ohjeiden lisäksi tarjotaan yleisimpien liinapuuratkaisujen suunnitteluohjeet sujuvan toteutuksen työkaluiksi,

Tutustu ohjeiden päivityksiin ja uusiin ohjeisiin osoitteessa

Versowood.fi/fi/puurakentaminen

5.1 Suunnittelutyökalut

Yleisimmille liimapuurakenneratkaisuille tarjotaan mallinnustyökalut ja käyttöohjeet ladattavaksi Tekla Warehouse palvelusta.

5.2 Hyväksynnät

Liimapuutuote CE merkitään harmonisoidun tuotestandardin EN 14080 mukaan. Merkintä tehdään sertifiointilaitosten myöntämien tuotantoyksikkökohtaisten laadunvalvonnan vaatimuksenmukaisuustodistusten pohjalta. Liimapuun keskeiset ominaisuudet esitetään suoritustasoilmoituksessa (DoP), joka on ladattavissa osoitteessa Versowood.fi/dop.

Liimapuutuotteiden laadunvarmennuksen hyväksynnät esitetään Versowood *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjan liitteessä A – Laadunvalvontaseloste.

5.3 Ohjeet

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan liittyviin Versowood ohjeisiin.

ohje	sisältö
VW101	Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus
VW201	Suunnitteluohje – Liimapuuhallit

6 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	30.1.2026	Ensijulkaisu

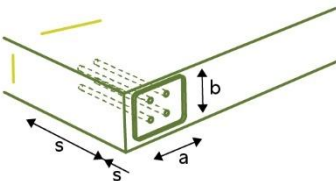
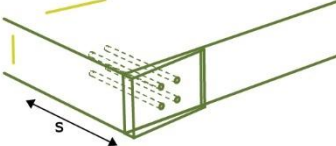
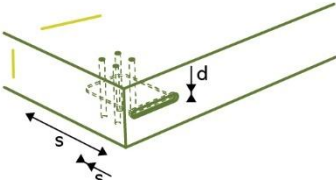
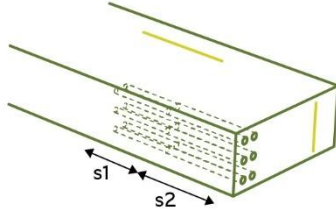
7 Liitteet

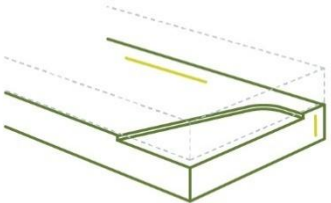
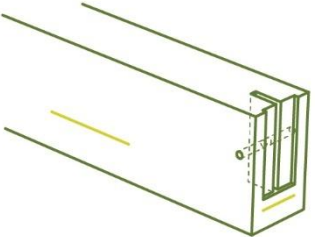
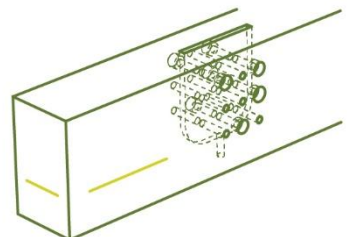
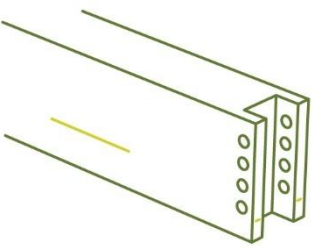
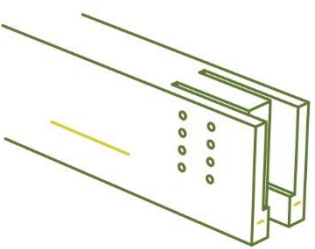
A. Esimerkkityöstöjä

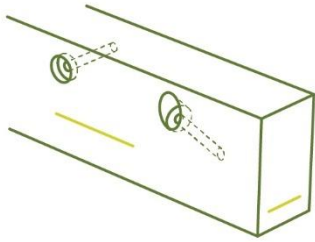
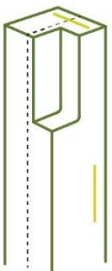
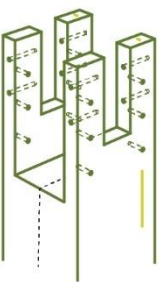
A. Esimerkkityöstöjä

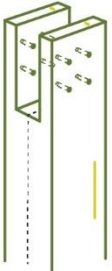
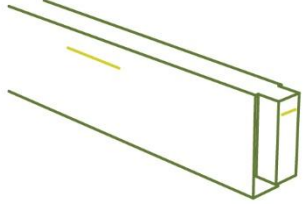
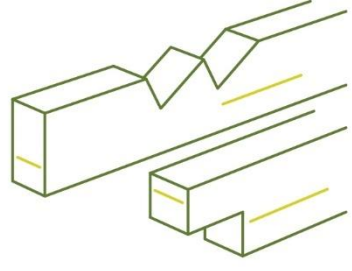
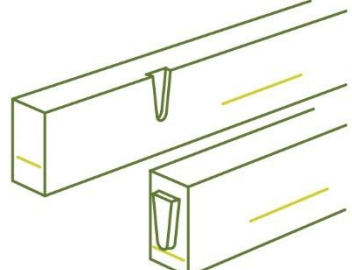
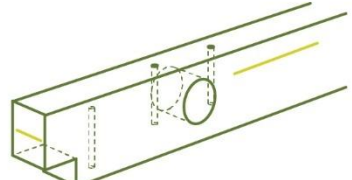
Tämän liitteen taulukossa A1 esitetään Versowood suunnitteluohjeissa ja ratkaisukorteissa esitettävien liimapuuratkaisujen työstöjä sekä muita tavanomaisia työstöjä.

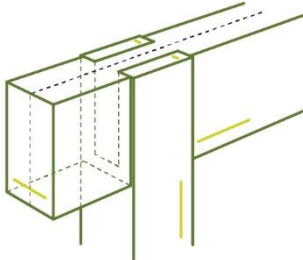
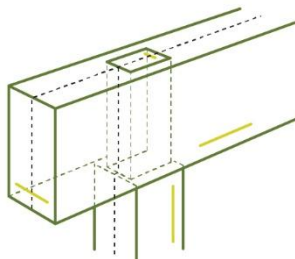
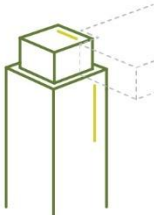
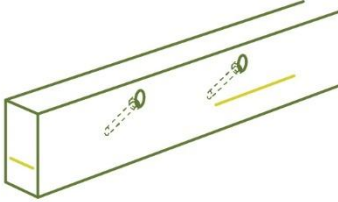
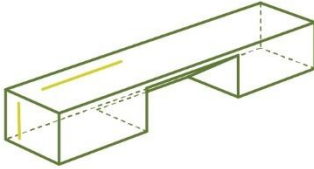
Taulukko A1. Liitosten esimerkkityöstöjä.

Työstö	Työstön muoto
Varusteluosatyöstöt	
Upotettu tukipintavahvistus ○ Poraukset liimakiinnitysohjeen mukaan ○ Kohtisuora pieni syvennys tukipintavahvistusohjeen mukaan s = levyn paksuus a = levyn pituus + 50 mm b = levyn leveys + 5 mm $R = 20$	 Poraukset liimatuille tangoille Syvennys paineentasauslevylle
Muotopalkin tukipinta ○ Liimaamalla kiinnitetyn tukipinnan työstö suunnitelmamittaan ○ Poraukset liimakiinnitysohjeen mukaan	 Liimatun tukipinnan kiilapalan työstö suunnitelmamittaan Poraukset liimatuille tangoille
Upotettu teräskokoonpano, tappivaarnat ○ Ura (flitsi) teräsosan mukaan huomioiden ketjusahan pyöristys ○ Poraukset tappivaarnoille teräsosan mukaan ○ Ura jyrsintapilla teräsosan pienahitsille Teräosakokoonpanon valmistuksessa huomioitava toleranssien yhteensopivuus.	 Ura jyrsintapilla Ura ketjusahalla Poraus tappivaarnoille
Mastopilarikengän liimattavat kansiruuvit ○ Poraukset liimakiinnitysohjeen mukaan $s_1 = D16-L200$ $s_2 = D20$ Poraussyvyys s_2 suunnitteluratkaisun mukaan (esim. 280 mm)	 Poraukset liimattaville kansiruuveille

Suurikokoisen teräslevyn upotus monilohkoiseen muotopalkkiin ○ Jyrsintä aihion liimasaumapinnalle ennen liimausta ○ Suuri syvennys vain toisen aihion puolella ○ Upotussyvyyden ollessa työstökeskuksen rajoitteita suurempi Suunnitteluratkaisun määrittäminen yhdessä Versowood kanssa.	 Suuren syvennyksen työstö aihioon ennen monilohkoisen palkin liimausta
Upotus T-konsolille palkissa ○ Ura- ja syvennystyöstöt liitososan suunnitteluohjeen mukaan ○ Asennus itseporautuvien ruuvein ○ Reikä kohdistusvaarnalle	 Teräsosan suunnitteluohjeen mukaiset työstöt
Tappivaarnaliitos ○ Uratyöstö ja poraukset liitossuunnitelman mukaan ○ Tarkepuulttien syvennykset ○ Tarvittaessa kuivatusreikä uran pohjalla	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Piilokonsolin upotus palkissa ○ Ponttityöstö ja poraukset liitososan suunnitteluohjeen mukaan	 Liitososan suunnitteluohjeen mukaiset työstöt
Monityöstöinen upotus palkissa ○ Ura- ja ponttityöstöt ja poraukset liitososan suunnitteluohjeen mukaan	 Teräsosan suunnitteluohjeen mukaiset työstöt

Reikäupotukset ○ Upotetut tai puulla palosuojattavat kiinnikkeet ○ Vinoporauskohtisuorat pinnat	 Upotusjyrsintä poratulle reiälle
Puu-puu liitostyöstöt	
Päätylovi palkille pilarissa ○ Liitossuunnitelman mukainen syvennys	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Välilovi palkille pilarissa ○ Liitossuunnitelman mukainen syvennys ○ Asennusvara huomioitava lovikorkeudessa	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Huullos palkille pilarissa ○ Liitossuunnitelman mukainen syvennys ○ Työstön lyhyimmän sivun isänurkassa pyöristys jyrsintäpin mukaan	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Monilohkoisen pilarin kruunu ○ Liitossuunnitelman mukaiset syvennykset ja poraukset	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan

Hahlo palkille pilarissa ○ Liitossuunnitelman mukainen syvennys ja poraukset ○ Karkea työstöjälki hahlossa Suorakaidepalkin ($\leq 450 \times 1300$) työstötyypit	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Palkin sovitus pilariloveen ○ Liitossuunnitelman mukaiset syvennykset ○ Liitosmittojen sovittaminen ○ Liitoksen mittatarkkuus, kun kaikki pinnat työstetty	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Lovettu puristusliitos ○ Liitossuunnitelman mukaiset syvennykset ○ Liitossiirtymien ja kiinnitysosien määrän pienentäminen	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Palkin lohenpyrstöliitos ○ Lohenpyrstötyöstöt molemmissa liitoksen palkeissa ○ Kiilamaisella muodolla suurempi liitospinta-ala ja helpompi asennus ○ Upotussyvyys 28 mm, tapin syvyys 27 mm ○ Suorilla liimapuupalkeilla ($\leq 450 \times 1300$)	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Reikä- ja lovivahvistusten poraukset ○ Esiporattavat ruuvit ○ Liimattavat kierretangot	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan

Jatkuvan palkin liitos ○ Pilari leveämpi ○ Monilohkoiset pilarit (ja palkit) ○ Liitossuunnitelman mukaiset syvennykset	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Jatkuvan palkin liitos ○ Palkki leveämpi ○ Monilohkoiset pilarit ja palkit ○ Liitossuunnitelman mukaiset syvennykset	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Massiivipuulaatan olallinen liitos pilariin ○ Liitossuunnitelman mukaiset syvennykset ○ Asennustilanteen tuenta	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Vinoporaus ○ Vinoporaus suunnitelman mukaan ○ Upotusreikä ruuvikannan mukaan ○ Tarvittaessa aloituskolo jysrintapilla	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan
Keskipalkkiporta-askellankku ○ Syvennys porrassuunnitelman mukaan ○ Viisteen aloituspinnalle ehjä sivu vähintään 5 mm ○ Lankku esim. 165x270	 Työstöt liitossuunnitelman mukaan