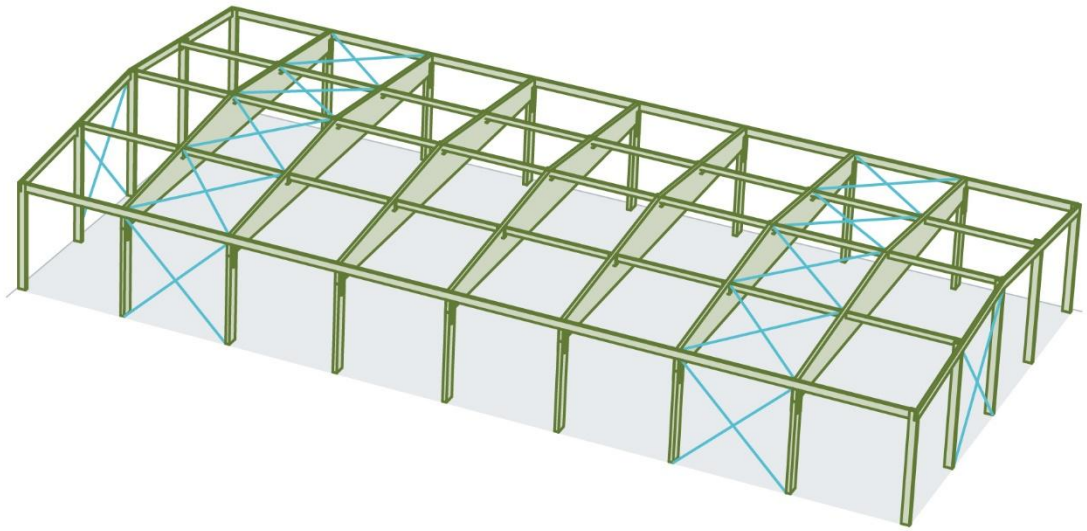
Suunnitteluohje – Liimapuuhallit

Versowood Oy
VW 201 | Versio FI 1.1
30.10.2026



Sahatie 1, 19110 Vierumäki, Finland
www.versowood.fi
Tel. +358 10 8425 100

Sisällysluettelo

1 Yleiskuvaus 4
2 Runkotyypit 5
3 Jäykistys 7
4 Täydentävät ratkaisut 9
5 Rungon mitoitus 11
5.1 Suunnitteluperusteet 12
5.1.1 Riskien arviointi 16
5.1.2 Seuraamusluokka onnettomuustilanteessa 17
5.1.3 Toteutus- ja toleranssiluokka 19
5.1.4 Palovaatimukset 20
5.1.5 Käyttöolosuhteet 22
5.2 Kuormitukset 23
5.3 Statiikka 24
5.4 Murtorajatilamitoitus 25
5.5 Käyttörajatilamitoitus 26
5.6 Palotilannemitoitus 27
5.7 Muodonmuutokset 28
5.8 Liitosratkaisut 29
6 Suunnittelu 32
6.1 Suunnittelutehtävät ja vastuunjako 33
6.2 Liimapuurunko 33
6.3 Rakenneosat 34
6.3.1 Mastopilari 35
6.3.2 Nivelpilari 35
6.3.3 Monilohkoinen pilari tai palkki 35
6.3.4 Mekaanisin kiinnikkein koottu pilari tai palkki 36
6.3.5 Suora palkki 36
6.3.6 Pulpettipalkki 36
6.3.7 Harjapalkki 37
6.3.8 Mahapalkki 37
6.3.9 Bumerangipalkki 38
6.3.10 A-kehä 39
6.3.11 Ristikkopalkki 39
6.3.12 Liimapuukokoonpanot 40
6.4 Täydentävät liimapuurakenteet ja -ratkaisut 40
6.4.1 Teräksiset vinositeet 40
6.4.2 Vekselipalkki 40

6.4.3 Katto-orsi 41
6.4.4 Siltanosturirata 41
6.4.5 Välipohja / sisäpuolinen runko 41
6.4.6 Ulkopuolinen runko 42
6.4.7 Ulokekatos 42
6.4.8 Pienet ja suuret reiät 42
6.4.9 Rakenteelliset lovet 43
6.4.10 Ripustukset 43
6.4.11 Tukipinnan levitys kattoelementille 43
6.5 Liitokset 43
6.5.1 Perustusliitos 44
6.5.2 Palkin ja pilarin liitos 44
6.5.3 Vinositeiden liitokset 45
6.5.4 Puu-puu liitokset 45
6.5.5 Tehdasvalmisteiset liitososat 45
6.5.6 Konepajateräsosat liitoksissa 46
6.5.7 Ruuviliitokset 46
6.5.8 Liimatut kiinnikkeet 47
6.6 Ulkovaippa 47
6.7 Talotekniikka 48
6.8 Esivalmistus ja varustelu 48
6.9 Suunnittelutyökalut 48
6.10 Mallisuunnitelmat 48
6.11 Materiaaliluettelot 48
7 Asennus 49
8 Suunnittelun tukemme 49
8.1 Suunnittelutyökalut 49
8.2 Hyväksynnät 49
8.3 Ohjeet 50
9 Ohjeen revisiot 50
10 Liitteet 50
A. Suunnittelutehtävät ja lähtötiedot 51
A.1. Suunnittelutehtävät 51
A.2. Lähtötiedot 58
B. Malliluettelot 62
C. Mallisuunnitelmat 63
D. Reikien suunnittelu 68

1 Yleiskuvaus

Tässä liimapuurunkoisten hallien suunnitteluohjeessa esitetään tavanomaisimmat hallien runkovaihtoehdot sekä jäykistyksen ja täydentävien ratkaisujen suunnittelu.

Kohteen tavoitteiden ja sujuvan työmaatoteutuksen sekä liimapuurakenteiden teollisen esivalmistettavuuden varmistamiseksi suunnittelussa noudatetaan tätä suunnitteluohjetta sekä muita Versowood ohjeita. Ohjeista poikkeavatkin ratkaisut ovat usein toteutettavissa, mutta vaativat tuotannossa erikoisjärjestelyjä sekä hitaampia tai käsin tehtäviä työstöjä.

Liimapuurungon kustannus muodostuu pääasiassa kantavissa rakenteissa käytettävän puun määrän (m^3) perusteella. Liimapuun menekkiin suurin vaikutus on rakenteiden paksuudella, jota voidaan tarkastella tämän ja liittyvien suunnitteluohjeiden avulla suunnitteluratkaisuja määritettäessä. Tavanomaisilla liimapuuratkaisuilla saavutetaan 30 min palonkesto ilman dimensioiden kasvattamista.

Liimapuuhallin rakenneosia voidaan yhdistää teräs- ja betonirakenteiden kanssa ns. hybridirungoiksi, tai muista materiaalista suunniteltuja rakenneosia voidaan korvata liimapuisilla rakenneosilla. Liimapuurakenteet voidaan suunnitella uudelleen käytettävinä tavanomaisilla liitosratkaisuilla.

Liimapuurakenteiden ja liitosten mitoitustyökaluja kehitetään calculationtools.fi palvelussa Versowood vakioratkaisujen ja suunnitteluohjeiden mukaan. Lisätietoja saa Versowood suunnittelulta.

Versowood vakioratkaisujen mallinnustyökalut Tekla Structures ohjelmassa mahdollistavat sujuvan liimapuurakenteiden toteutussuunnittelun sekä varmistavat tehokkaan tuotannon ja asennettavuuden. Tämän ohjeen liitteenä esitetään mallipiirustukset tavanomaisten liimapuurakenteiden tuotantosuunnitelmista.

Tässä ohjeessa esitetään liimapuurunkoisen hallin suunnittelussa huomioitava asiat sekä mallit toteutussuunnitelmista. Ohjeessa ei esitetä rakenteiden mitoituksessa käytettäviä suunnittelustandardin mitoituskaavoja.

Tämän ohjeen liitteenä esitetään liimapuurunkoisen hallin suunnittelun tehtävät yleisen tehtäväluettelon vaiheistuksen mukaan sekä aihekokonaisuuksina.

Liimapuun ominaisuudet, kuten lujuusominaisuudet ja vakiodimensiot sekä palkkityypit esitetään Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa. Liimapuurakenteiden lujuusluokka on GL30c, ja halkaistun liimapuun lujuusluokka on GL30cs. Ohjeessa esitetään myös toteutuksen toleranssit sekä tuotannon laadunvarmennus.

Liimapuun pintaluokat ja pintakäsittely esitetään Versowood – *Pintalaadut – tekninen ohjeistus* asiakirjassa näkyviin jäävien puurakenteiden visuaalisen laadun sekä käyttöolosuhdevaatimusten mukaisen pintakäsittelyn määrittämiseksi.

Työstökeskuksilla työstettävien liimapuurakenteiden tarkkuus voidaan hyödyntää hankkeessa, kun suunnitteluratkaisuissa noudatetaan Versowood ratkaisukorttien ohjeistuksia sekä Versowood – *Työstöohjeistuksessa* esitettäviä työstökeskusten reunaehtoja työstöille.

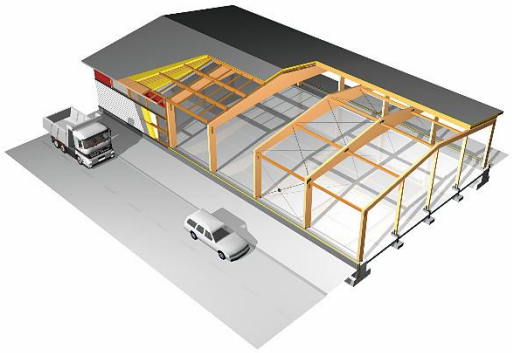
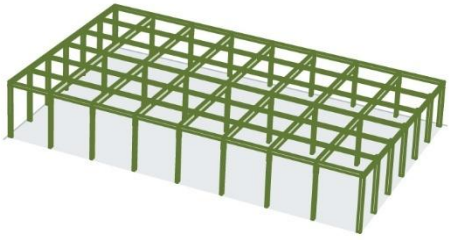
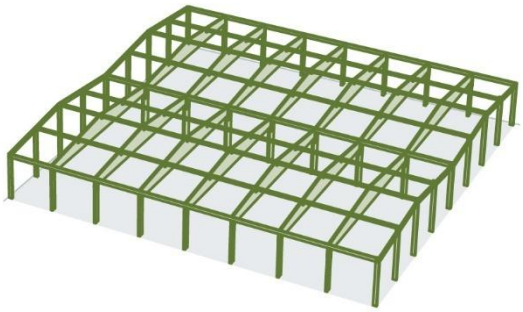
Tässä ohjeessa esitetään suunnittelun ja asennuksen ohjeita toteutuksen tueksi. Toimituskohteen vastuulliset suunnittelijat ja asentajat vastaavat toteutusasiakirjojen vaatimusten mukaisuudesta.

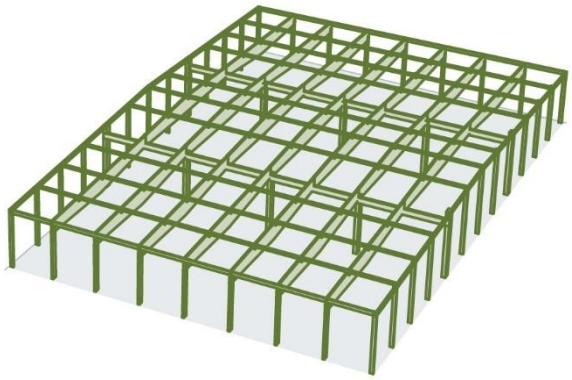
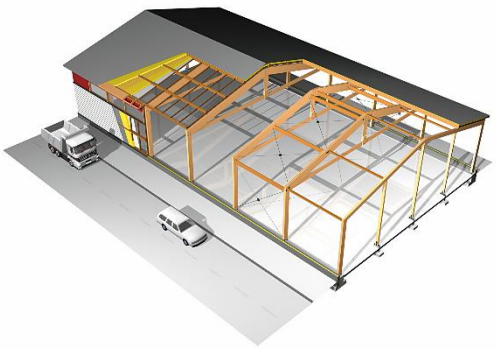
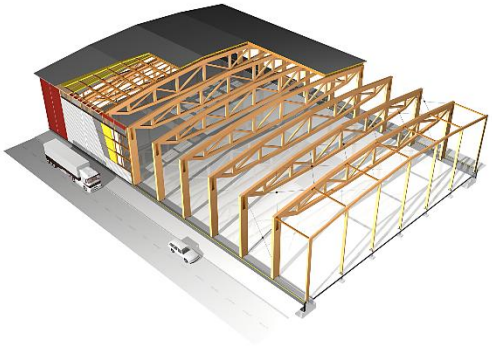
2 Runkotyypit

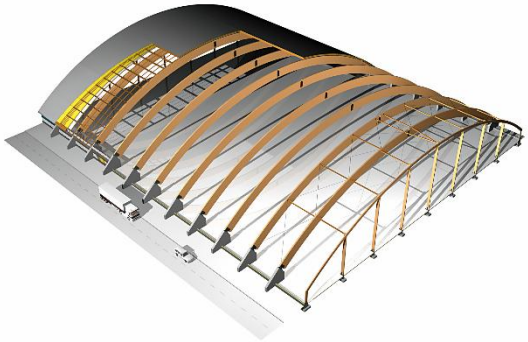
Liimapuurunkoisen hallin koko ja runkoratkaisu määritetään käyttötarkoituksen mukaan huomioiden tarvittaessa riittävä muunneltavuus ja laajennettavuus. Hallin suunnitteluperusteet määritetään käyttötarkoituksen ja sijainnin perusteella.

Taulukossa 2.1 esitetään tavanomaisia liimapuuhallien runkotyyppejä sekä niiden ominaisuuksia.

Taulukko 2.1. Liimapuuhallien runkotyypit

Kuvaus	Rakenne
Liimapuuhallien runkotyypit	
Yksiaukkoinen liimapuurunko ○ Tavanomainen jänneväli < 30 m ○ Palkkipituus < 40 m ○ Liimapuumastopilarit ○ Loivat kattokulmat ○ Harjapalkki ○ Mahapalkki ○ Pulpettipalkki	
Moniaukkoinen liimapuurunko ○ Moniaukkoinen suora liimapuupalkki ○ Tasainen tai yhteen suuntaan kallistettu katto ○ Tavanomainen jänneväli < 30 m ○ Palkkipituus < 40 m ○ Liimapuumastopilarit reunalinjoilla ○ Liimapuunivelpilarit keskilinjalla	
Rinnakkaiset liimapuurungot ○ Yksiaukkoiset liimapuupalkit ○ Liimapuumastopilarit reunalinjoilla ○ Monilohkoiset liimapuupilarit keskilinjoilla ○ Keskilinkojen vekselipalkit käytön mukaan	

Yhdistetyt liimapuurungot ○ Yksiaukkoiset liimapuupalkit ○ Liimapuumastopilarit reunalinjoilla ○ Monilohkoiset liimapuupilarit keskilinjoilla ○ Keskilinjojen vekselipalkit käytön mukaan	
Liimapuukehä ○ Tavanomainen jänneväli 15–50 m ○ A-kehä 15–30 m ○ Ansaspalkkikannatin 25–50 m ○ Jyrkät katot	
Kolminivelkehärunko ○ Tavanomainen jänneväli 15–40 m ○ Perustus pystykuormille ○ Jäykkänurkkainen kehä (suos. < 20 m) ○ Kaarevanurkkainen kehä (R ~ 7 m) ○ Orret nurkan tuennassa	
Liimapuuristikkopalkki ○ Tavanomainen jänneväli 30–40 m ○ Liimapuuristikkopalkki ○ Liimapuumastopilarit ○ Tuulipilarit	

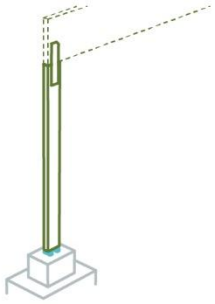
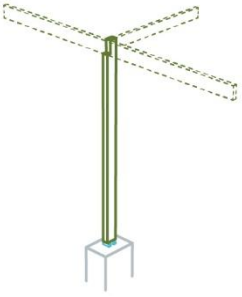
Liimapuukaarirunko ○ Tavanomainen jänneväli 40–100 m ○ Liimapuukaari 10–35 m ○ Vetotangollinen kaari 25–50 m ○ Kolminivelkaari 40–100 m ○ Ristikkokaaret 40–100 m ○ Tuulipilarit ○ Katto-orret	
○ Liimapuupalkkityyppien rakenneosakorkeuksien ja muotojen ohjeistus esitetään Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus asiakirjassa. ○ Erilaisia runkotyyppejä voi yhdistellä ja muokata kohdekohtaisessa suunnittelussa.	

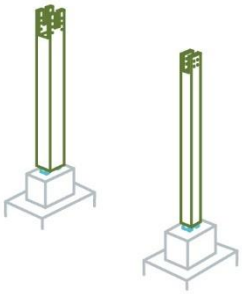
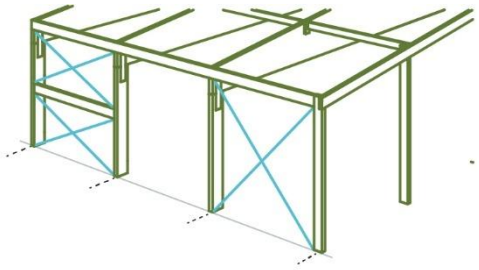
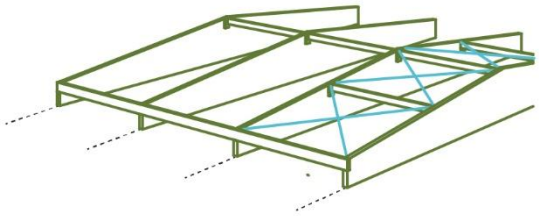
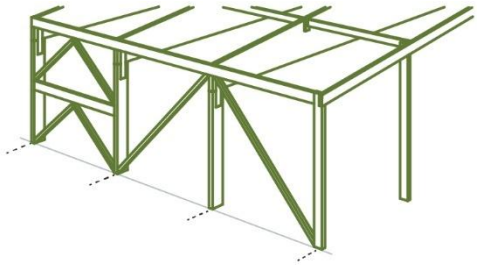
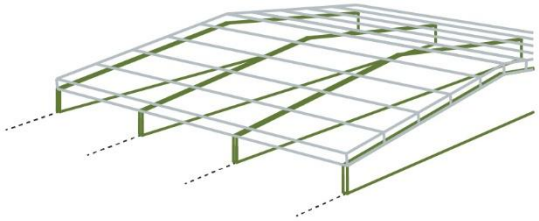
3 Jäykistys

Hankkeeseen soveltuva jäykistystapa määritetään yhdessä runkoratkaisun, kuormitusten ja käyttötavan rajoitusten perusteella.

Taulukossa 3.1 esitetään tavanomaiset liimapuurunkoisten hallien jäykisterakenneosavaihtoehdot.

Taulukko 3.1. Liimapuuhallien jäykistysrakenneosat

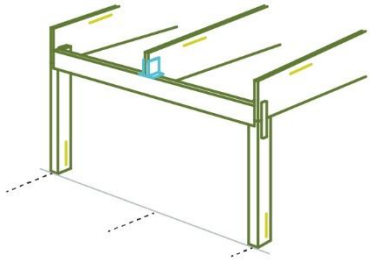
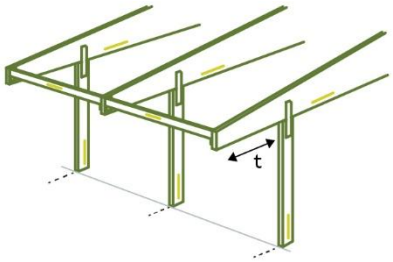
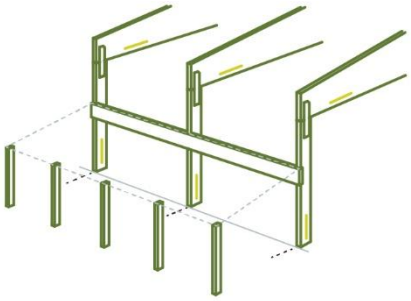
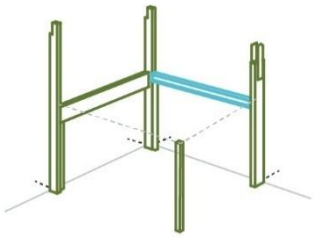
Jäykistysrakenneosa	Rakenne
Tavanomaiset jäykistysrakenneosat	
Mastopilarit ○ Suorakaidepoikkileikkaus ○ Tavanomainen pituus 5–10 m ○ Mastopilarikenkäliitos perustukseen ○ Mastopilariperustus ○ Palkin nivelliitos pilariin esim. hankolautaliitoksella	
Tuulipilarit ○ Niveltuetut pilarit ○ Jäykkä kantaliitos mahdollinen ○ Yläpään vaakavoimat kattorakenteilla tai katto-orsilla jäykistäville vinositeille ○ Mastopilarikenkäliitos perustukseen	

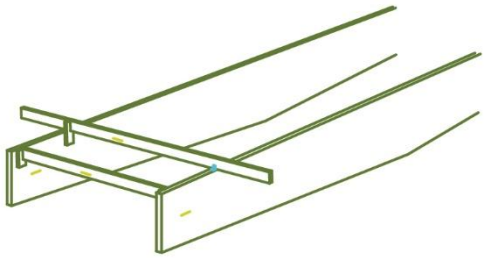
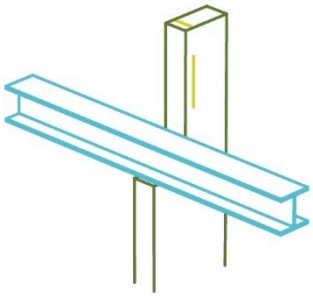
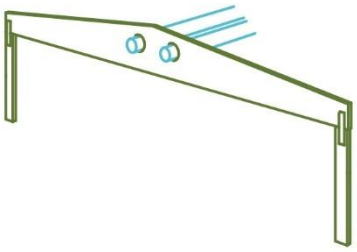
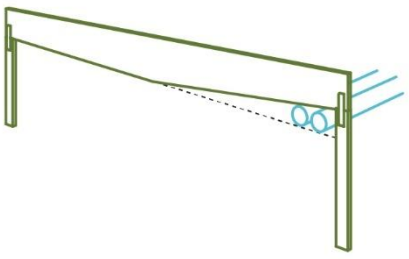
Monilohkoiset pilarit ○ Neliöpoikkileikkaukset ○ Erisuuntaisten palkkien liittymät ○ Mastopilarikenkäliitos perustukseen ○ Mastopilariperustus	
Teräsvinositeet pilarilinjassa ○ Kierretankositeet ○ Versowood vakiodetaljiikan mukaan ○ Liimapuiset puristussauvat liimapuupilarien välillä	
Teräsvinositeet kattotasossa ○ Kierretankositeet ○ Versowood vakiodetaljiikan mukaan ○ Liimapuiset puristussauvat liimapuupalkkien välillä ○ Vaakavoimien siirtäminen jäykistysrakenteelle kattotasossa kattorakenteilla tai katto-orsilla	
Kohdekohtaisesti suunniteltavat jäykistysrakenneosat	
Pukkirakenteet pilarilinjassa ○ Liimapuiset vinosauvat	
Jäykistävät kattoelementit ○ Vaakavoimien siirtäminen kattotasossa seinälinjojen jäykistysrakenteille levyjäykistysperiaatteella ○ Rankarunkoinen elementti jäykistävällä levytyksellä tai massiivipuulaatta ○ Kattoelementtivalmistajan detaljiikka	

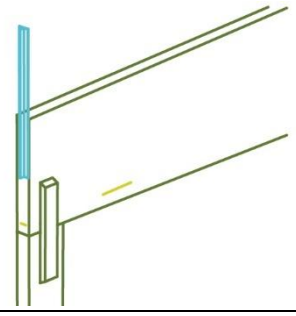
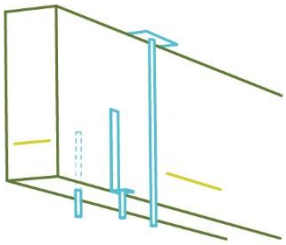
4 Täydentävät ratkaisut

Liimapuurunkoisen hallin täydentävät ratkaisut määritetään käyttö- ja toteutustapojen tarpeiden mukaan. Taulukossa 4.1 esitetään tavanomaisia runkoa täydentäviä rakenteita ja ratkaisuja.

Taulukko 4.1. Liimapuuhallien runkoja täydentävät rakenteet ja ratkaisut

Ratkaisu	Rakenne
Täydentävät liimapuurakenteet	
Vekselipalkki ○ Pilarin korvaaminen palkilla ○ Paikallinen ratkaisu ○ Systeemiratkaisu rungon keskilinjoilla ○ Satulakenkäliitos liittyvälle palkille	
Ulokekatos ○ Kattokannattaja ulokkeena ○ Tavanomainen syvyys 3–5 m ○ Suuremmat ulokkeet mahdollisia muotopalkin kokoa kasvattamalla ○ Ulokkeen kiepahdustuenta esim. orsipalkilla	
Ulkopuolinen runko ○ Katokset ja erillistilat ○ Osittainen kannatus hallirungosta	
Sisäpuolinen runko, välipohja ○ Useampi kerroksisen tilan muodostaminen hallin sisälle ○ Erillispilarit ja kylkiäiset rungon pilareissa ○ Liimapuu- tai teräspalkit ○ Välipohjatasot puurunkoisin elementein tai ontelolaatoin	

Katto-orsi ○ Profiilipeltikattojen kannattajat ○ Moniaukkoiset orsipalkit kattopalkin yläpuolella, klossi tai kulmalevykiinnitys ○ Orret kattopalkkien välissä, klossikannatus	
Siltanosturirata ○ Pilarilovi siltanosturiradan tukipisteelle ○ Valitun nosturin kuormien ja tilan tarpeen mukainen mitoitus ○ Siltanosturin jarrukuorman hallinta tarvittaessa vinotuennoin	
Täydentävät liimapuuratkaisut	
Suuret reiät ○ IV-kanavien läpiviennit palkeista ○ Reiän suunnittelu työstöohjeen mukaan ○ Rakennemitoitus suunnittelu-standardin EN 1995 mukaan	
IV kanavien palkkien alitukset ○ Mahapalkin kainalosta ○ Ei rajoita palkin alapuolista vapaata korkeutta	
Tukipinnan levitys kattoelementille ○ Reunapalkkikannatteisen kattoelementin tukipintapituuden mukainen palkin yläpinnan levitys ○ Vakiolevike 56x180 GL30cs ○ Mekaaninen kiinnitys ruuvaamalla	

Ulkoseinäelementtien kiinnitysosat ○ Pelti-villa-pelti julkisivuelementtien kiinnitys räystäillä ○ Vakio-osa, pituus 2 000 mm ○ Kiinnitys työmaalla	
Ripustukset ○ Roikotus palkin päältä ○ Kiinnitykset palkin kylkeen ○ Liimattu kierretanko palkin alareunassa (pienille kuormille) Halkaisuvoiman mitoitus tapauskohtaisesti	

5 Rungon mitoitus

Tässä kappaleessa esitetään liimapuurakenteiden mitoituksen perusteet kohdesuunnittelua varten. Suunnittelutehtävien jakautuminen vaihtelee kohdekohtaisesti, jonka vuoksi tehtävät esitetään osakokonaisuuksina rakenteiden kokonaissuunnittelun, liimapuurakenteiden suunnittelun sekä tuotantosuunnittelun kesken.

Toimituskohteen palotekniset vaatimukset sekä suunnittelun ja toteutuksen vaativuus määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen ja laajuuden perusteella. Asetuksista tulevien teknisten vaatimusten lisäksi hankkeeseen ryhtyvä voi asettaa mm. erilaisia toiminnallisia, taloudellisia, arkkitehtonisia tai kestävän kehityksen vaatimuksia huomioitavaksi suunnittelussa. Hankkeeseen ryhtyvä on velvollinen huolehtimaan riittävän pätevien suunnittelijoiden ja toteuttajien nimeämisestä hankkeeseen.

Vastaava rakennesuunnittelija määrittää suunnittelun ja toteutuksen perusteet asiakirjassa kohteessa käytettävät kuormitukset ja muut rakenteiden suunnitteluperusteet liimapuurakenteille. Tässä kappaleessa esitetään tavanomaiset arvot suunnitteluperusteille, jotka toteutuvat Versowood vakioratkaisuilla. Muiden vaatimusten toteutuminen varmistetaan kohteen suunnittelussa.

Liimapuurakenteiden suunnittelusta vastaava suunnittelija vastaa rakenneosien ja liitosten mitoittamisesta huomioiden kohteen lähtötietojen mukaan. Liimapuurungon rakennesysteemin statiikka sekä rakenneosien ja liitosten lujuusmitoitus tehdään suunnittelustandardien EN 1990-1995 mukaan. Tavanomaisesti liimapuurakenteet mitoitetaan osavarmuusmenetelmällä, jossa kuormien ja materiaaliominaisuuksien epävarmuudet sekä kestävyyden menettämisen seuraamukset huomioidaan suunnitteluperusteiden mukaan määräytyvillä osavarmuuskertoimilla.

Liimapuun rakenneosamitoituksen rutiineihin esitetään ohjeita pohjoismaisessa liimapuukäsikirjassa sekä vaativien puurakenteiden (vaapu) ja teollisen puurakentamisen (tpr) opetusaineistoissa, jotka ovat ladattavissa Puuinfo.fi sivustolla.

Liimapuurungon vakioratkaisujen suunnitteluperusteet ja mitoitusohjeet esitetään Versowood ratkaisukorteissa.

Versowood ohjeiden mukaisten liimapuisten masto- ja nivelpilarien sekä suorakaide-, pulpetti-, harja- ja mahapalkkien mitoitustyökalut ovat suunnittelijoiden käytettävissä calculationtools.fi palvelussa. Palvelussa on myös keskeisten hallirungon liitosten, eli mastopilarikenkäliitoksen, hankolautaliitoksen ja tukipintavahvistuksen mitoitusalustat.

Tämän ohjeen kappaleessa 6 esitetään rungon mitoituksen perusteella laadittavien toteutussuunnitelmien ohjeet.

Liimapuurunkoinen halli on usein ns. laajarunkoinen halli, jollaiseksi luokitellaan yli 1 000 m² laajuiset rakennukset, joiden tehdasvalmisteisten kannattajien jänneväli on vähintään 18,0 m. Liimapuurakenteilla 25,0 m jänneväli vaikuttaa sekä suunnittelun vaativuusluokkaan että suunnitteluperusteissa määritettäviin arvoihin ja luokituksiin.

Toteutussuunnittelun luonnosvaiheessa voidaan tarvittaessa tutkia erilaisia rungon rakennesysteemejä ja palkkityyppejä hankkeeseen soveltuvimman ja kustannustehokkaan runkojärjestelmän määrittämiseksi. Tavanomaisissa, vakioratkaisuilla toteutettavissa liimapuuhalleissa rakenteiden kustannus perustuu pääasiassa käytetyn liimapuun määrään, jonka vuoksi mitoituksen optimointi rakenneosittain on suositeltavaa. Käytännössä merkitsevimpiä mitoituksia ovat taivutettujen palkkien paksuuden optimointi sekä liitosten toteuttaminen Versowood ratkaisukorttien mukaisilla varusteluilla kuten tukipintavahvistus.

Toteutuskohteen vastaava rakennesuunnittelija määrittelee käytettävät suunnitteluperusteet sekä vastaa lujuuslaskennan ja toteutussuunnitelmien vaatimustenmukaisuudesta ja soveltumisesta kohteeseen.

5.1 Suunnitteluperusteet

Toimituskohteen vastaava rakennesuunnittelija määrittää kohteen suunnitteluperusteet sekä kuormitukset rakenteille kohdistettuina, joiden mukaan myös liimapuurakenteet suunnitellaan.

Liimapuurakenteiden suunnittelussa noudatetaan Eurokoodi 5 suunnittelustandardia (EN 1995) ja sen kansallisia liitteitä. Rakennusinsinöörien liitto, RIL, on laatinut suunnittelustandardin pohjalta puurakenteiden suunnitteluohjeen RIL 205, joka toimii käytännön suunnittelun ja mitoituksen ohjeena.

Liimapuuhun liittyvien teräsrakenteiden ja teräksisten liitososien suunnittelussa noudatetaan Eurokoodi 3 suunnittelustandardia (EN 1993) ja sen kansallisia liitteitä.

Taulukossa 5.1 esitetään keskeiset liimapuurakenteiden suunnittelussa kohdekohtaisesti määritettävät suunnitteluperusteet. Taulukossa esitetään tavanomaiset suunnitteluperusteet sekä kursivoidulla tekstillä tämän ohjeen ratkaisuvaihtoehdot. Muiden kohdekohtaisten valintojen määrittäminen kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan mukaan.

Taulukko 5.1. Käyttökohteen tiedot liimapuurakenteiden suunnitteluun

Liimapuurakenteiden suunnitteluperusteet	
Kohteen yleistiedot	
Rakennuksen käyttötarkoitus	*esim. Tuotantorakennus*
Laajuustiedot	Kokonaisala x xxx brm² Tuotantotila x xxx k-m² Varastotila x xxx k-m² *Kerros- ja bruttoalojen esitys rakennusosittain tarvittaessa*
Kokonaiskorkeus	n. xx,x - xx,x m maanpinnasta
Palotekninen korkeus *MRA 58 §* *Topten – tulkintakortti 117 b 25*	xx,x m *Nurkkien korkeuden keskiarvo vesikaton ja julkisivun leikkauslinjassa*

Rakenteiden suunnittelun perustiedot		
Pääasiallinen rakennusmateriaali	Liimapuu	
Pääasiallinen rakennustapa	Esivalmistetut rakenteet	
Paloluokka *YMa 848/2017*	*P3, P2, P1, P0* *Kohteen paloteknisen selvityksen mukaan*	
Palonkesto *YMa 848/2017*	*R0, R30, R60, R90* *Kohdistus rakennuksen osiin tarvittaessa*	
Seuraamusluokka *EN 1990 + NA*	CC2 CC1	kantava runko kevyet julkisivut
Seuraamusluokka onnettomuustilanteessa *EN 1991 + NA*	*CC2a* *CC2b* *CC3b*	
Luotettavuusluokka *EN 1990 + NA*	RC2 RC1	kantava runko kevyet julkisivut
Suunnittelukäyttöikä, liimapuurunko	*50 vuotta* *100 vuotta*	runko yleensä *tilaajan päätöksellä*
Liimapuurakenteiden käyttöluokka *EN 1995*	*KL1* *Rakenteet lämmitetyissä tiloissa* *KL2* *Rakenteet katetuissa tiloissa* *KL3* *Suojaamattomat rakenteet*	
Lamellipaksuus käyttöluokassa KL3 *EN 14080 (liite i; taulukko 1.2)*	≤ 35 mm	
Liimapuurakenteiden rakennesuunnittelun vaativuus *YMa 1063/2024*	*Poikkeuksellisen vaativa (PV)* *Erittäin vaativa (V+)* *Vaativa (V)* *Tavanomainen (T)*	
Rakenteiden mitoituksen perustiedot		
Rakenneosien taipumat ○ Suorat pääkannattajat ○ Muotopalkkikannattajat ○ Katto-orret ○ Julkisivun vaakataipuma *RIL 205-1-2017 taulukko 7.2*	 ≤ L/300 ≤ L/200 ≤ L/200 ≤ L/400	 pitkäaikaiskuormilla pitkäaikaiskuormilla pitkäaikaiskuormilla lyhytaikaiskuormilla
Rakennuksen vaakasiirtymä *(RIL 205; huomioidaan jos siirtymällä vaikutusta liitosten toimintaan)*	≤ H/300 tuulikuorman ominaisarvosta	
Lisävaakavoima *(pystyrakenteiden vinoudesta johtuva)*	1/200 perusarvo ilman pienennystekijöitä	
Rakennejärjestelmän kuvaus		
Kantavat rakenteet	Liimapuiset pilarit ja palkit	
Jäykistysjärjestelmä	*a) Mastopilarit molemmissa suunnissa* *b) Mastopilarit kehän suunnassa ja päädyissä niveltuetut pilarit* *c) Jäykistys kokonaan vinositein*	
Vesikaton jäykistys	*a) Kattoelementit palkkien poikittaissuunnassa*	

	b) Kattoelementit palkkien poikittaissuunnassa ja teräksiset vinositeet palkkivälissä *c) Orsirakenteet palkkien poikittaissuunnassa* *d) Orsirakenteet palkkien poikittaissuunnassa ja teräksiset vinositeet palkkivälissä* *e) Jäykistävät kattoelementit*
Pilarilinjan jäykistys	*a) Ei pilarilinjan suuntaisia jäykisteitä* *b) Teräksiset vinositeet pilarilinjassa* *c) Liimapuiset pukkirakenteet pilarilinjassa*
Vaurionsietokykyä varmistavat rakenteet *RIL 201-4*	Jatkuvan sortuman estämiseksi noudatetaan sallitun paikallisen vaurion rajaamisen menetelmää. Sortuma-alueen laajuus enintään poistettavaan pilariin liittyvien palkkien pituinen ja kahden palkkivälin levyinen alue. Liitokset suunnitellaan siten, ettei sortuvat rakenteet vedä mukanaan sortuma-alueen ulkopuolisia rakenteita.
Merkittävät täydentävät rakenteet	
Julkisivut	Kevyet pelti-villa-pelti julkisivuelementit ○ *Julkisivun tuenta räystäällä vakioteräsosalla liimapuupalkista*
Vesikatto	*a) Katto-orret ja kantava profiilipelti* *b) Moniaukkoiset puurunkoiset kattoelementit* ○ *Liimapuupalkeissa tukipinnan levitys kattoelementin reunapalkeille*
Välipohja	Liimapuiset pilarit sekä *a) Liimapuupalkit ja puiset välipohjarakenteet* *b) Liimapuupalkit ja ontelolaattavälipohja* c) *Teräspalkit ja ontelolaatta välipohja*
Vekselirakenteet	○ *Pilareiden korvaaminen liimapuisella vekselipalkilla kulkureiteillä* ○ *Joka toisen pilarin korvaaminen liimapuisilla vekselipalkeilla systemaattisesti palkkilinjalla*
Ulokerakenteet	○ *Liimapuiset palkit jatkuvat ulokkeena pilarin yli ilman poikkileikkauksen kasvattamista* ○ *Liimapuiset palkit jatkuvat ulokkeena pilarin yli, poikkileikkaus mitoitettu ulokkeen mukaan*

Ripustukset	*Talotekniikan asennukset ripustetaan liimapuupalkeista rakennesuunnitelmien mukaan.*
Liimapuukokoonpanot	*Liimapuukokoonpanot suunnitellaan toteutettavaksi työstöjä ja mekaanisia liittimiä hyödyntäen.* *Liimapuukokoonpanoissa ei käytetä rakenteellista liimausta.* *Puisten varusteluosien kiinnityksessä voidaan käyttää työteknistä liimausta tuotantosuunnitelmien mukaan.* *Varusteluosien kiinnitys liimaamalla tehdään suunnitteluohjeiden mukaan.*
Kohdekohtaisen rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet – asiakirjan laadinnassa suositellaan noudatettavaksi rakennusvalvontayhdistyksen Topten – tulkintakortin 117 01 asiakirjamallia.	

Versowood ratkaisukorteissa esitettävien liimapuurakenteiden vakioratkaisujen suunnittelussa käytetään taulukossa 5.2 esittäviä suunnitteluperusteita.

Taulukko 5.2. Liimapuurungon materiaalit ja toteutus

Määritys	Kuvaus
Liimapuu materiaalit ja toteutus	
GL30c GL30cs	Liimapuun lujuusluokka *EN 1995.* *Muiden lujuuksien saatavuus varmistettava ennen suunnittelua.*
I	Liimatyyppi *EN 301, soveltuu käytettäväksi kaikissa käyttöluokissa*
C1 (KL1) C2 (KL2) C4 (KL3)	Kiinnikkeiden rasitusluokat *EN 12944-2*
TL3, TL2, TL1	Toteutusluokka *(kts. taulukko 5.5)* *SFS 5978*
3, 2, 1	Toleranssiluokka *(kts. taulukko 5.6)* *SFS 5978*
Konepajateräsosien materiaalit ja toteutus	
S355J0	Teräsosien teräslaatu *EN 10025*
5.8 8.8	Vetokuormitettujen liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen ja kansiruuvien lujuusluokka Kierretangot yleensä
C	Hitsausluokka *EN 5817*
EXC2	Toteutusluokka, teräsrakenteet *EN 1993*
Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa esitetään käytettävän liimapuun ominaisuudet ja toleranssit sekä laadunvalvonnan perusteet.	

Esivalmistettavien liimapuurakenteiden toleranssit perustuvat liimapuun tuotestandardiin EN 14080 sekä kansalliseen puurakenteiden toteutusstandardiin SFS5978. Versowood esittää esivalmistukselle ohjeelliset toleranssit.

Liimapuurakenteiden suunnittelussa noudatetaan taulukossa 5.3 esitettäviä suunnittelun ja toteutuksen standardeja ja ohjeita.

Taulukko 5.3. Liimapuurungon suunnittelussa noudatettavat standardit ja ohjeet

Standardi/ohje	Kuvaus
Suunnittelu	
SFS-EN 1991	Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat
SFS-EN 1993	Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu.
SFS-EN 1995	Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu.
RIL 205	Puurakenteiden suunnitteluohje (Eurokoodi 5)
EUFI29-25000438-T1	Eurofins Expert Services Oy. ○ Lausunto; Liimaruuviliitosten suunnitteluohje
Liimapuu	
EN 14080	Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
Puurakenteiden toteutus	
SFS 5978	Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakenneosia koskevat säännöt.
Kiinnitykset	
DIN 571	Kuusiokantaiset puuruuvit ○ Liimaruuvi, liimattava kansiruuvi
DIN 975 SFS-EN ISO 10684	Kiinnittimet. Kuumasinkkipinnoitteet. ○ Kierretanko
ETA12/0024	E.u.r.o. Tec GmbH Ruuvin ETA hyväksyntä EAD 130118-01-0603 mukaan. (Versowood vakioruuvitoimittaja)
Teräsosat	
EN10025-2	Kuumavalssatut rakenneteräkset. Osa 2: Seostamattomat rakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot
Teräsosien toteutus	
EN 1090-2	Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset

5.1.1 Riskien arviointi

Kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan tehtävä on laatia tarvittavat rakenteellisen turvallisuuden sekä kosteudenhallinnan ja paloturvallisuuden riskiarviot, joissa arvioidaan vaurioiden seuraamukset sekä suunnittelun ja toteutuksen vaativuus.

Liimapuisen hallin riskiarviointiin vaikuttavat

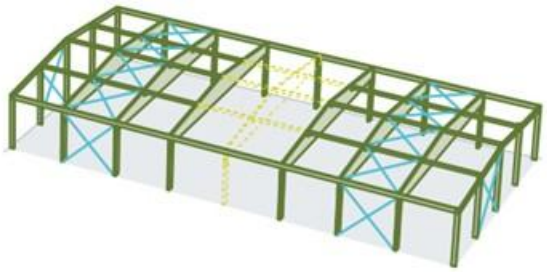
- Rakennuksen käyttötarkoitus ja käyttäjämäärä
- Kannattajien jänneväli (teollisesti valmistettu liimapuu ≥ 25,0 m)
- Stabiliteettisuunnittelun vaativuus
- Dynaamiset kuormitukset

- Suuret piste- tai törmäyskuormat
- Vaativat erikoisrakenteet (uusi rakenne tai liitos, vaativat liitoksen piiloon jäävillä liitososilla)

Rakenteellisten riskien perusteella määritettävä kolmannen osapuolen suunnitelmien tarkastus tehdään hankkeen Tilaajan kustannuksella. Tarkastuslaajuus määritetään ennen toteutussuunnittelun aloittamista ja tarkastusaikataulu huomioidaan suunnitteluaikataulussa.

5.1.2 Seuraamusluokka onnettomuustilanteessa

Liimapuisen hallin suunnittelussa huomioidaan rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistaminen, eli jatkuvan sortuman estäminen erityyppisten määrittelemättömien onnettomuuskuormien seurauksena. Rakennuksen seuraamusluokan ja käytettävän vaurionsietokyvyn varmistusmenetelmän määrittämisellä suunnittelun aloitusvaiheessa ratkaisut voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti tavanomaisin liimapuuratkaisuin.



Kuva 5.1 Liimapuuhallin poistetun pilarin sortuma-alue

Onnettomuustilannesuunnittelun kuormitukset ja kuormitusyhdistelmät sekä materiaaliominaisuudet määritetään suunnittelustandardin mukaan. Rakenteet ja liitokset mitoitetaan aina ennakoitavissa oleville onnettomuuskuormille kuten törmäyskuorma, palotilanne ym. sekä määrittelemättömälle onnettomuustilanteelle, eli määrittämättömän rakennusosan poistamiselle. Onnettomuustilannemitoitus ei korvaa murtorajatilan mitoituksia.

Käytännössä hallimaisen rakennuksen jatkuvan sortuman suunnittelussa tarkastellaan tilannetta, jossa rakennesysteemistä poistetaan yksi määrittelemätön pilari tai palkki, ja suunnitteluratkaisuilla estetään sortuma-alueen laajeneminen poistetun rakennusosan vaikutusalueen ulkopuolelle. Sortuvat rakenteet eivät saa vetää mukanaan sortuma-alueen ulkopuolisia rakenteita. Liitoksiin ei saa muodostua liiallista lujuutta, joka aiheuttaa suunnittelemattomia pakkovoimia tai ketjureaktion rakenteiden sortumassa.

Vesikaton sekundäärirakenteet ja jäykistysrakenteet suunnitellaan siten, että sortuma-alueen ulkopuolisten rakenteiden vakaus säilyy myös korvaavilla rakennesysteemeillä. Käytännössä katto-orsien kiinnityksessä huomioidaan tuentavoimien siirtäminen jäykistyskentälle. Tavanomaisesti jäykisteiden sijoittamisella rakennuksen tai liikuntasaumalohkojen päätyihin saadaan vaihtoehtoiset jäykistysrakenteet kaikille poistettaville rakennusosille.

Moniaukkoiset vesikattoelementit suunnitellaan vaihtoehtoisen kuormansiirtoreitin periaatteiden mukaan, jolloin yhden palkin poistaminen ei aiheuta vesikaton sortumaa. Käytännössä vesikattoelementit mitoitetaan köysirakenteena välituen poistamiselle sekä ulokkeena elementin päätytuen poistamiselle.

Seuraamusluokka onnettomuustilanteessa (CC, Consequense Class) määräytyy rakennuksen laajuuden, käyttötarkoituksen ja käyttäjämäärän mukaan suunnittelustandardin EN 1990-1-7 mukaan. Rakenteiden luotettavuusvaatimukset kasvavat matalasta (CC1) normaaliin (CC2) ja korkeaan (CC3) seuraamusluokkaan. Rakennuksessa voi olla useita seuraamusluokkia alueittain tai rakennusosittain.

Taulukossa 5.4 esitetään tavanomaiset seuraamusluokat erilaisille liimapuuhalleille sekä toimenpiteet vaurionsietokyvyn varmistamiseksi tarvittavan rakenteellisen luotettavuuden saavuttamiseksi vauriotilanteessa.

Taulukko 5.4. Tavanomaiset liimapuuhallin seuraamusluokat ja toimenpiteet vaurionsietokyvyn varmistamiseksi

Rakennustyyppi ja ominaisuudet	Vaurionsietokyvyn varmistaminen liimapuuhallissa
Seuraamusluokka CC1	
○ Rakennus ≤ 300 m², jänneväli ≤ 6,0 m ○ Varastorakennukset, joissa oleskellaan tilapäisesti	○ Suunnitellaan suunnittelustandardin murtorajatilassa
Seuraamusluokka CC2a	
○ Korkeus ≤ 16,0 m maanpinnasta ○ Hallin sisäpuoliset rakenteet ja välipohjat ○ Maatalousrakennukset, maneesit ○ Tuotanto-, varasto- ja logistiikkarakennukset	○ Rakenteiden laatusuunnitelma ○ Paikallisen vaurion rajaamisen menetelmä ○ Sallittu paikallinen sortuma-alue enintään poistettavaan pilariin liittyvien palkkien pituinen ja kahden palkkivälin levyinen alue ○ Kaksi erillistä jäykistysrakennetta hallin molemmissa suunnissa
Seuraamusluokka CC2b	
○ Melko suuren riskin ryhmään kuuluvat rakennukset ○ Liike- ja kokoontumisrakennukset ○ Koulukeskusten liikuntasalit	
Seuraamusluokka CC3a	
○ Tuotantorakennukset harkinnan mukaan	○ Kuormituskerroin k_{fi} = 1,1
Seuraamusluokka CC3b	
○ Katsomolliset rakennukset ○ Urheilu- ja näyttelyhallit ○ Raskaasti kuormitetut rakennukset ○ Erikoisrakenteet harkinnan mukaan	○ Rakenteiden riskiarviointi ○ Vauriosietokyvyn kohdekohtainen suunnittelu siderakentein tai vaihtoehtoisin kuormansiirtoreitein
Taulukossa esitettävät vaurionsietokyvyn varmistamisen menetelmät ovat voimassa esitetyssä seuraamusluokassa sekä kaikissa vaativammissa seuraamusluokissa. Kohteen vastaava rakennesuunnittelija määrittää ja hyväksyttää viranomaisella käytettävän seuraamusluokan ja kuormitukset. Rakennuksessa voi olla kahden tai useamman seuraamusluokan rakenteita. Liimapuurunkoisissa halleissa ei tavanomaisesti käytetä vaaka- tai pystysiteitä taikka avainasemassa oleviksi mitoitettavia rakenneosia. Rakennusvalvontaviranomainen voi määrittää rakenteet toteutettavaksi suunnittelustandardia korkeammassa seuraamusluokassa.	

Kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan laatimassa seuraamusluokan CC3b jatkuvan sortuman riskianalyysi- ja riskien hallinta selvityksessä määritetään, miten korvaava rakennesysteemi muodostetaan poistettaessa määrittelemätön rakenneosa.

Huomioita jatkuvan sortuman analyysissä

- Skenaarioissa varaudutaan tahattomiin onnettomuustilanteisiin, kuten inhimillisistä suunnittelu-, toteutus- tai materiaalivirheistä johtuviin taikka virheellisestä käytöstä aiheutuviin vaurioihin
- Räjähdyskuormaan varaudutaan, mikäli rakennuksessa säilytetään räjähdysalttiita kemikaaleja.
- Jatkuvan sortuman analyysissä ei tavanomaisesti varauduta terroriteon tai vastaan pommi-iskun aiheuttamaan vaurioon koska räjähdevaikutuksesta aiheutuvaan riskiin varautuminen vaihtoehtoisilla kuormansiirtoreiteillä aiheuttaa kohtuuttoman suuren kustannuksen rungolle suhteessa tapahtuman todennäköisyyteen.
- Mikäli vaihtoehtoista kuormansiirtoreittiä ei pystytä muodostamaan mitoitetaan avainasemassa oleva rakenneosa, esim. nurkkapilari kaksinkertaiselle rakenneosaan kohdistuvalle laskentakuormalle.
- Suunnittelustandardin mukaisesti ennakoitavissa olevat onnettomuustilanteet, kuten törmäys hallitaan rakenneosan mitoituksella taikka erillisillä suojarakenteilla
- Palosta aiheutuvat vauriot hallitaan rungon palotilannemitoituksella palokestovaatimuksen mukaan
- Kohteen vastaava rakennesuunnittelija laatii tarvittaessa kriittisten rakenteiden tarkastuslistan esivalmistukselle ja työmaatoteutukselle.

5.1.3 Toteutus- ja toleranssiluokka

Kohteen vastaava rakennesuunnittelija määrittää liimapuurakenteiden toteutus- ja toleranssiluokat kansallisen puurakenteiden toteutusstandardin SFS 5978 mukaan.

Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa esitetään toteutusstandardin mukaiset toleranssimitat toteutusluokissa sekä liitosten sisäiset sallitut poikkeamat. Ohjeessa esitetään myös Versowoodin ohjeelliset liimapuun esivalmistuksen toleranssit, jotka soveltuvat kaikkiin toteutus- ja toleranssiluokkiin.

Matalimpien vaatimusten toteutusluokka TL1 ja toleranssiluokka 1 ovat olennaisia toleransseja. Olennaiset toleranssit toteuttavat suunnittelustandardin EN 1995 kestävyyteen ja vakavuuteen liittyvät olennaiset suunnitteluoletukset.

Taulukossa 5.5 esitettävät toteutusluokat määräytyvät suunnittelustandardin EN 1990 mukaan määritettävien seuraamusluokkien sekä rakenteen ominaisuuksien, toteutuksen ja käytön perusteella. Rakenteiden toteutusluokka voi seuraamusluokkien tavoin vaihdella rakennuksen alueittain tai rakennusosittain.

Taulukko 5.5. Tavanomaiset liimapuuhallin toteutusluokat

Seuraamusluokka	Toteutusluokka	HUOM.
Liimapuuhallin toteutusluokat		
CC1	TL1	Yleensä.
	TL2	Jänneväli > 15 m, korkeus > 14 m
CC2	TL2	Yleensä.
	TL3	Yli 3 kerroksinen tai korkeus > 14 m
CC3	TL3	Aina.
Toteutusluokka TL2 on yleisin toteutusluokka, jota käytetään, mikäli kohteen asiakirjoissa ei muuta määritetä.		

Liimapuurakenteiden valmistuksen ja asennuksen geometriset toleranssit ovat lopputoteutuksen kokonaistoleransseja sisältäen valmistuksen ja asennuksen toleranssien yhteisvaikutuksen.

Liitosten toteuttamisessa tarvitaan ns. sovitusvaroja, eli toleransseja, jotka tulee huomioida suunnitteluratkaisujen määrittämisessä. Toteutusstandardin liitostoleranssit ovat samat kaikissa toleranssiluokissa.

Taulukossa 5.6 esitettävät toleranssiluokat määräytyvät toteutusluokan sekä rakenneosan teknisen vaativuuden tai erityisten mitta- tai ulkonäkövaatimusten perusteella.

Taulukko 5.6. Tavanomaiset liimapuuhallin toleranssiluokat

Toleranssiluokka	HUOM.
Liimapuuhallin toleranssiluokat	
1	○ TL1 yleensä ○ Alhaiset mitta-, tarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset
2	○ TL 2 yleensä ○ Tavanomaiset mitta-, tarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset
3	○ TL 3 aina ○ Korkeat mitta-, tarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset ○ Teknisesti vaativat rakenneosat tai rakennekokonaisuudet

Kohdekohtaisten, toleranssiluokista poikkeavien liimapuurakenteiden esivalmistukseen kohdistuvien toleranssien toteutettavuus varmistettava Versowood kanssa ennen toteutussuunnittelua.

Rakenneosan toteutus- ja toleranssiluokat merkitään tuotantosuunnitelmissa.

5.1.4 Palovaatimukset

Liimapuisen hallirakennuksen paloluokka ja kantavien rakenteiden palonkestoajan vaatimus määritetään ympäristöministeriön asetuksen YMa 848/2017 mukaan kohdekohtaisessa paloteknisessä selvityksessä.

Hallimaisilla kokoontumis- ja liikerakennuksilla tarkoitetaan esim. myymälöitä, liikunta- ja näyttelyhalleja. Tuotanto- ja varastotiloilla tarkoitetaan tavanomaisia teollisuuden ja maatalouden tuotantotiloja sekä suurehkoja varastoja, joissa työskennellään. Rakennuksen palovaarallisuusluokka määräytyy paloasetuksen mukaan toiminnan palovaaran ja mahdollisen räjähdysvaaran mukaan.

Liimapuuhallin paloluokka määritetään käyttötarkoituksen, laajuuden ja kerrosmäärän mukaan. Taulukossa 5.7 esitetään keskeiset paloasetuksen mukaiset rajoitukset paloluokan alustavaa määrittämistä varten. Liimapuuhalli voidaan toteuttaa myös paloasetuksen mukaisessa P0 paloluokassa oletettuun palonkehitykseen perustuen. Kohteen paloluokka ja -vaatimukset määritetään paloteknisessä selvityksessä.

Taulukko 5.7. Liimapuuhallin keskeiset palotekniset rajoitukset (YMa 848/2017)

	Paloluokka					
	P1		P2		P3	
	1 krs	2 krs	1 krs	2 krs	1 krs	2 krs
Kokoontumis- ja liikerakennukset						
Sallittu kerrosala [m²]	ei rajoitusta				2 400 (4 800[1])	1 600 (2 400[1])
Palo-osaston pinta-ala [m²]	2 400 (24 000[1])	2 400 (12 000[1])	2 400 (9 600[1])	2 400 (4 800[1])	400 (1 200[1])	400 (600[1])
Palotekninen korkeus [m]	28		9		9	
Sallittu henkilömäärä	ei rajoitusta			250 (500[1])	500 (1 000[1])	50
Tuotanto- ja varastorakennukset, palovaarallisuusluokka 1						
Sallittu kerrosala[3] [m²]	ei rajoitusta			ei mahd.[3]	ei rajoit.	ei mahd.[3]
Palo-osaston pinta-ala [m²]	6 000[2] (60 000[1])	4 000[2] (24 000[1])	4 000[2] (36 000[1])	2 000[2] (12 000[1])	2 000[2] (12 000[1])	
Lämmöneristämättömän palo-osaston pinta-ala [m²]	12 000[2] (60 000[1])	ei mahd.	12 000[2] (36 000[1])	12 000[2] (36 000[1])	12 000	
Palotekninen korkeus [m]	ei rajoitusta			9	14	
Sallittu henkilömäärä	ei rajoitusta			50 (100[1])	ei rajoit.	
Tuotanto- ja varastorakennukset, palovaarallisuusluokka 2						
Sallittu kerrosala[3] [m²]	ei rajoitusta			ei sallittu	ei rajoit.	ei mahd.[3]
Palo-osaston pinta-ala [m²]	2 000[2] (12 000[1])		1 000[2] (6 000[1])	ei sallittu	2 000[2]	
Palotekninen korkeus [m]	ei rajoitusta			ei sallittu	14	
Sallittu henkilömäärä	ei rajoitusta			ei sallittu	ei rajoit.	

Taulukossa esitetään kootusti paloasetuksessa hallirakennuksen vaatimukset luonnossuunnittelua varten. Kohteen varsinaiset vaatimukset kirjataan paloteknisessä suunnitelmassa.

Taulukossa esitettäviä palo-osaston pinta-aloja suuremmat rakennukset jaetaan paloasetuksen mukaisesti palomuurein (pinta-alaosastointi).

1) Kun tila on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla (sprinkler)

2) Palo-osaston pinta-alaa voi kasvattaa enintään 50 % jos tila varustetaan hätäkeskukseen kytketyllä paloilmoittimella

3) Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja

Rakenteiden palonkestovaatimukset määräytyvät paloluokan mukaan. Taulukossa 5.8 esitetään keskeiset liimapuurakenteita koskevat palotekniset luokkavaatimukset.

Taulukko 5.8. Liimapuuhallin keskeiset palotekniset luokkavaatimukset (YMa 848/2017)

	Paloluokka		
	P1	P2	P3
Keskeiset vaatimukset liimapuuhallille			
Yläpohjan palonkesto, kun rakenne on kantavan rungon olennainen osa [2)]	R60	R30	R0
Yläpohjan palonkesto, kun rakenne ei ole kantavan rungon olennainen osa [2)]	R15	R15	R0
Kantavien liimapuurakenteiden pintaluokka	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2
Kokoontumis- ja liikerakennukset			
Kantavien rakenteiden palonkesto ○ Palokuormaryhmä alle 600 MJ/m²	R60	R30	R0
○ Palokuormaryhmä 600–1 200 MJ/m²	R90 (R 60 [1)])	ei mahdollinen	
○ Palokuormaryhmä yli 1 200 MJ/m²	R120 (R 60 [1)])		
Tuotanto- ja varastorakennukset			
Kantavien rakenteiden palonkesto ○ Kaikki palokuormaryhmät	R60 (R 30 [1)])	R30 (R 15 [1)])	R0

Taulukossa esitettävät arvot varmistetaan kohteen paloteknisessä suunnitelmassa.

1) Kun tila on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla (sprinkler)

2) Rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa, rungon oleelliseksi osaksi luetaan pääkannattajien lisäksi yläpohjan sekundäärikannattajat ja jäykisteet liitoksineen (myös kattoelementin reunapalkit)

Rakennuksen osiin jakaminen asetuksen käyttötapaosastointivaatimusten mukaan sekä seinä- ja kattopintojen pintaluokka-, osastoivuus- ja suojaverhousvaatimukset määritetään kohdekohtaisesti käyttötarkoituksen ja laajuuden perusteella.

Liimapuurunkoinen halli voidaan toteuttaa puuverhoiltuna kaikissa paloluokissa. Seinä- ja vesikattorakenteet voivat olla puurakenteisia.

Rakennuksen savunpoistolohkot sekä savunpoistojen sijainti ja koko määritetään kohteen paloteknisessä selvityksessä ja pääpiirustuksissa. Savunpoistolohkon enimmäispinta-ala on 1 600 m² painovoimaisella savunpoistolla ja 2 400 m² koneellisella savunpoistolla. Savunpoistolohko muodostetaan hallin katon alapuolisin savusuluin, joiden korkeus määritetään kohdekohtaisesti tilan käytön ja rakenteiden mukaan. Savusulkujen enimmäisväli on 60 m. Käytännössä liimapuupalkit usein muodostavat savunsulun ilman lisärakenteita.

5.1.5 Käyttöolosuhteet

Liimapuurakenteiden käyttöluokat määritetään suunnittelustandardin EN 1995 mukaan. Liimapuuta voidaan käyttää kaikissa käyttöluokissa, kun taulukon 5.9 käyttöluokan olosuhteet huomioidaan suunnitteluratkaisuissa ja pintakäsittelyssä. Käyttöluokkien olosuhteiden vaikutus puumateriaalin mitoitusominaisuuksiin huomioidaan suunnittelustandardin mukaisilla muunnoskertoimilla k_{mod}.

Taulukko 5.9. Liimapuurakenteiden käyttöluokat (EN 1995)

Käyttöluokka	Rakenteet	Ilman kosteus	Puun kosteus
Liimapuurakenteiden käyttöluokat			
KL 1	○ Lämmitettyjen sisätilojen rakenteet ○ Lämmöneristeessä olevat rakenteet [1)] ○ Myös uimahallien tuuletut rakenteet	< 65 %	8–12 %
KL 2	○ Sateelta kaikilta sivuilta suojatut ja tuuletut ulkorakenteet ○ Tuulettuvat ala- ja yläpohjarakenteet ○ Osittain tai kokonaan lämmittämättömät sisätilat	< 85 %	< 20 %
KL 3 [2)]	○ Sateelle alttiit ulkorakenteet ○ Katetut tilat, joissa toiminnan tai varastoinnin seurauksen muodostuu kosteutta	> 85 % toistuvasti	
Erityiset olosuhteet	○ esim. prosessitilat ○ Suunnitteluolosuhteet määritetään kohdekohtaisesti		
Taulukossa esitetty ilmankosteus voi ylittyä muutamia viikkoja vuodessa 1) Kun rakenneosan vetopuoli lämmöneristeen sisällä 2) Käyttöluokassa KL3 liimapuun lamellin enimmäispaksuus 35 mm. Kohteen suunnittelija määrittää lamellipaksuuden suunnitelmissa.			

Versowood – *Liimapuun pintalaadut – tekninen ohjeistus* asiakirjassa esitetään eri käyttöluokkiin soveltuvat pintakäsittelyt.

Käyttöolosuhteiden ollessa toistuvasti tai jatkuvasti yli 30 °C määritetään kohteen suunnitteluperusteissa kuivamishalkeamien huomioiminen rakenneosien ja liitosten mitoituksessa esim. tehollisen leveyden kaventamisella tai käyttöasteen rajoittamisella. Kosteudenhallinnalla ja olosuhteisiin soveltuvalla pintakäsittelyllä rajoitetaan kosteuden kertymistä rakentamisen aikana, jolloin halkeamariski pienenee.

5.2 Kuormitukset

Rakennukseen kohdistuvat kuormitukset määritetään suunnittelustandardin EN 1991 sekä Suomen kansallisten liitteiden mukaan. Kohteen vastaava rakennesuunnittelija määrittää käytettävät kuormitukset ja tarkasteltavat kuormitusyhdistelmät sekä laatii tarvittavat kuormituskaaviot.

Kuormitusten määrityksessä huomioidaan mahdolliset Tilaajan ilmoittamat kohdekohtaiset kuormitustiedot (esim. laitekuormat) tai suunnitteluperusteet (esim. korotetut luonnonkuormat).

Määritettävät kuormitukset

- Maastoluokka ja tuulenpaine määritetyllä rakennuksen korkeudella
- Tasokuormat omalle painolle, hyötykuormalle ja lumikuormalle
- Lumikuorman kinostuminen ja kinostumispituus
- Mahdollinen liukuvan lumen kasautuminen

Kuormituksissa huomioidaan vastaavan rakennesuunnittelijan määrityksen mukaan

- Laajojen kattojen lumikuorman korotus, kun lyhyemmän sivun mitta vähintään 50 m
- Täydentävien ratkaisujen ja mahdollisten lisärakenteiden kuormitukset

- Moniaukkoisten vesikattoelementtien kuorman jakautuminen tukipisteille huomioiden elementtijako
- Ripustuskuormat ja ripustuksen toteutustapa
- Koneiden ja laitteiden staattiset ja dynaamiset kuormitukset
- Törmäyskuormat ja muut onnettomuuskuormitukset
- Liimapuurakenteiden suunnittelukäyttöikä on tavanomaisesti 50 vuotta. Käyttöluokkien KL1 ja KL2 rakenteiden käyttöiän korotus 100 vuoteen määritetään hankkeeseen ryhtyvän päätöksellä, jolloin luonnonkuormia korotetaan + 10 % Pidemmillä käyttöikäluokilla luonnonkuormia korotetaan + 20 %. (RIL 205 2.3.1.1, VTT-R-04689–14).
- Aurinkopaneelien lisäkuormitus määritetään kohdekohtaisesti. Oman painon lisäksi huomioidaan lisälumikuormana q_{Ek} = 0,4 kN/m^2 ja tuulikuorman kitkakertoimella c_{fr} = 0,04, jollei kohdekohtaisesti muuta määritetä.

Suunnitellun käytön mukaisten kuormitusten perusteella määritetään tarvittavat kuormitukset palotilanteen ja muiden mahdollisten onnettomuustilanteiden mitoittamiseksi.

5.3 Statiikka

Rakennesysteemin vakaus, eli liimapuurungon pystyssä pysyminen mitoitetaan suunnitteluperusteissa määritettävien kuormitusten mukaan. Stabiliteettitarkastelussa määritetään rakennuksen rakenneosille kohdistuvat kuormitukset sekä jäykistysrakenteet tuulikuormien ja muiden vaakasuuntaisten voimien siirtämiseksi perustuksille.

Stabiliteettilaskennassa noudatetaan suunnittelustandardin ohjeita. Laskenta voidaan tehdä FEM laskentaohjelmilla tai tavanomaisille rakennesysteemeille käsinlaskentamenetelmillä kuormituspinta-alojen mukaan.

Rakennesysteemin määrittämisessä huomioidaan Versowood vakioratkaisut, jolloin rakenteiden asennusaikainen stabiliteetti voidaan toteuttaa pääasiassa lopullisilla rakenne- ja liitososilla.

Liimapuisen hallin rakennesysteemi on tavanomaisesti mastopilarin ja muotopalkin muodostama kehärunko, joka on kehän tason suunnassa jäykkä eikä rakennuksen pituus vaikuta poikittaisjäykistykseen. Runko voi muodostua useammasta vierekkäisestä kehästä ns. monilaivaisena hallina, jolloin peräkkäiset palkit tukeutuvat samalle pilarille. Mastopilarit mitoitetaan juuresta momenttijäykällä liitoksella ja yksiaukkoiset palkit mitoitetaan pilarin varaan vapaasti tukeutuvina. Liitettäessä palkki hankolautaliitoksella mastopilariin huomioidaan pilarin nurjahduspituus palkin yläpintaan ja liitos pilarin sivusuunnassa jäykkänä, jolloin liitosta ei tueta sivusuunnassa esim. orsirakenteella. Rakennesysteemin määrittelyssä käytetään ensisijaisesti nivelliitoksia.

Liimapuisen hallin tavanomainen kehäväli on tasajaolla 6,0 tai 7,2 m. Kehäväli voidaan toteuttaa rakennuksen käyttötavan ja rakenneosamitoituksen mukaan kohdekohtaisesti määritettynä.

Liimapuisen hallin jäykistysjärjestelmä määritetään kohdekohtaisesti huomioiden rakennuksen käyttötarkoitus ja rajoitteet sekä tarvittaessa riittävä muunneltavuus ja laajennettavuus. Jäykistyksen mitoituksessa huomioidaan luonnon- ja hyötykuormien lisäksi käytöstä aiheutuvat kuormat, kuten laitteiden ja nostimien kuormitukset. Rakennuksen pystyrakenteiden vinoudesta aiheutuva lisävaakavoiman suunta valitaan siten, että rakennuksen stabiliteetin kannalta muodostuu määräävä vaikutus. Lisävaakavoimana huomioidaan tavanomaisesti perusarvo 1/200 ilman pienennystekijöitä jollei kohdekohtaisesti muuta määritetä.

Rakenneosamitoituksessa huomioitavien tuentojen voimat, eli palkkien kiepahdusvoimat ja pilarien nurjahdusvoimat kytketään jäykistysjärjestelmään. Mitoituksessa huomioidaan peräkkäisten tuentojen muodostaman ns. summavoiman suuruus, joka ei voi olla tuennan kiinnityskapasiteettia suurempi. Käytännössä jäykistyskenttien keskinäinen väli määrittyy muotopalkkien kiepahdustuntojen mukaan. Katto-orsien vakioliitoksien kapasiteetti

soveltuu 4–5 kehävälin kiepahdusvoimien summavoiman siirtämiseen jäykistysrakenteelle. Kiepahdustuennat toteutetaan tavanomaisesti vesikaton pituussuuntaisilla katto-orsilla tai vesikattoelementtien reunapalkeilla, joihin kohdistuu myös lisävaakavoimat sekä jäykistysratkaisusta riippuen myös rakennuksen päädyn tuulikuorma sekä tuulen kitkakuorma.

Statiikan laskennassa rakennuksen vaakasiirtymä tuulikuorman ominaisarvosta rajataan tavanomaisesti arvoon H/300, jollei kohdekohtaisesti muuta määritetä.

5.4 Murtorajatilamitoitus

Liimapuisten rakenneosien ja liitosten kestävyyden mitoitus tehdään suunnittelustandardin EN 1995 ja kansallisen suunnitteluohjeen RIL 205 mukaan käyttäen mitoitettavan rakenteen nimellismittoja. Murtorajatilamitoitus tehdään osavarmuusmenetelmällä rakenneosaan tai liitokseen staattisen mallin mukaan kohdistuville kuormille määräävillä kuormitusyhdistelmillä. Murtorajatilamitoituksessa sekä kuormitukset että materiaaliominaisuudet kerrotaan suunnitteluperusteiden mukaan määräytyvillä osavarmuuskertoimilla. Murtorajatilamitoituksessa rakenteen mitoituskestävyyden tulee olla suurempi kuin kuormituksesta aiheutuvan mitoitusjännityksen. Kestävyyden mitoitusehdon tulee täyttyä kaikille murtumistavoille ja määritetyille kuormitusyhdistelmille.

Rakenneosamitoitusta varten määritetään palkin eri kohdissa pituussuuntainen normaalivoima (veto tai puristus), poikittaissuuntainen leikkausvoima sekä palkkia taivuttava momenttivoima. Rakenneosan poikkileikkaus, eli palkin dimensio mitoitetaan kestävyyden mitoitusehdon mukaan. Neliö- ja suorakaidepoikkileikkauksilla mitoituksen suurin käyttöaste määrittää poikkileikkauksen, kun muotopalkeilla eri murtotapojen mitoitus optimoidaan palkin eri kohdissa. Poikkileikkauksen kokoon vaikuttavat myös palkin mittojen mukaan määritettävät syyn poikittaissuuntaiset vetojännitykset ja syynsuuntaiset leikkausjännitykset sekä liitosmitoitusten edellyttämät liimapuun mitat. Eri murtotavoista syntyvien jännitysten yhteisvaikutus tarkastetaan suunnittelustandardin mukaan.

Liimapuun lujuusominaisuudet vaihtelevat eri puunsyyn suunnissa. Rakennesysteemin ja palkkityypin määrittämisessä pyritään lujuusominaisuuksien tehokkaaseen hyödyntämiseen kaikilla murtotavoilla sekä välttämään poikkileikkausta kasvattavia liitosratkaisuja. Liitosten, kuten palkkien tukipinnan tai kattoelementtien tukipaineen mitoituksessa voidaan hyödyntää Versowood vakioratkaisuja paikallisen kapasiteetin parantamiseksi ilman että rakenteiden dimensiot tarpeettomasti ylimitoitetaan.

Versowood vakioratkaisuin toteutettavan liimapuisen hallirungon kustannustehokkuus muodostuu pääasiassa käytettävän liimapuun tilavuuden perusteella. Erityisesti muotopalkkien palkkityypin oikealla valinnalla ja paksuuden optimoinnilla saavutetaan materiaalitehokas mitoitus. Yleisesti liimapuu on tehokas rakenne puristettuna ja liitoksia voidaan vahvistaa mm. liimatuilla kiinnikkeillä poikkileikkauksen optimoimiseksi.

Liimapuurakenteiden suunnitteluohjeet ja Versowood vakioratkaisut perustuvat rakenteiden staattiseen mitoitukseen. Mahdolliset dynaamiset kuormitukset, kuten esim. nosturiradan jarrukuormat hallitaan kohdekohtaisesti vastaavan rakennesuunnittelijan määrittämällä tavalla.

Palotilanteen tai muun onnettomuustilanteen rajatilamitoituksessa käytetään suunnittelustandardin mukaisia materiaaliominaisuuksia.

Kaarevan liimapuun mitoitus

Kaarevien, taivutetuista lamelleista valmistettavien liimapuupalkkien mitoituksessa tarkastetaan lamellien paksuudet suunnittelustandardin mukaisten lujuusominaisuuksien lisäksi. Muotoliimapuiden lamellipaksuus on tavanomaisesti 43 mm, mutta tarvittaessa ohuempi kaarevien liimapuiden ohjeistuksen mukaisesti. Ohuempien lamellien höyläyshukka on suurempi, joka kasvattaa rakenneosan kustannusta.

Kaarevan liimapuun vähimmäistaivutussäde määräytyy lamellin paksuuden (t) ja taivutussäteen (r) välisen suhteen mukaan. Suunnittelustandardin EN 1995 mukaan suhdeluvun ollessa r/t <240 tulee liimapuun mitoituksessa käytettävää taivutuslujuutta ($f_{m,d}$) pienentää kertoimella *kr* lamellin taivuttamisen aiheuttamien jäännösjännitysten vuoksi. Suhdeluvun tulee olla vähintään 170.

$$kr = 0{,}76 + 0{,}001 \cdot \frac{r_{in}}{t}$$

Kaava 5.1 (EN 1995 6.49 kohdassa 6.4.3), jossa

t lamellin paksuus [mm]

r_{in} lamellin lyhyin taivutussäde [mm]

Tuotannon ladontasuunnitelma laadinnassa kaarevien lamellien paksuus tarkastetaan liimapuun tuotestandardin EN 14080 mukaan huomioiden lamellin lujuusluokan mukaisen sormijatkoksen taivutuskestävyys. Mitoittavana lamellina tarkastetaan lyhyimmän taivutussäteen sisälamelli (T14, h/6 kaaren sisäpinnasta).

$$t \leq \frac{r}{250}\left(1 + \frac{f_{m,j,dc,k}}{150}\right)$$

Kaava 5.2 (EN 14080 I.3), jossa

t lamellin paksuus [mm]

r lamellin lyhyin taivutussäde [mm]

$f_{m,j,dc,k}$ sormijatkoksen taivutuslujuus [28,0 N/mm²]

Taulukossa 5.10 esitetään tavanomaisten lamellipaksuuksin vähimmäistaivutussäteet lamellipaksuuden ja taivutussäteiden suhdeluvuilla.

Taulukko 5.10. Kaarevan liimapuupalkin vähimmäistaivutussäde

Lamellipaksuus	r/t = 170	r/t = 240	HUOM.
Liimapuun lamellien vähimmäistaivutussäteet			
33 mm	(5 610 mm)	7 920 mm	≥ 6 000 mm
43 mm	7 310 mm	10 320 mm	Yleensä
Tuotantoteknisesti liimapuun vähimmäistaivutussäde on 6 000 mm.			

Kaarevien palkkien suunnittelussa tulee lisäksi huomioida taivutusmomentista syntyvän syitä vastaan kohtisuoran vetojännityksen aiheuttama halkeamariski ja kosteusmuodonmuutosten vaikutukset palkin lopulliseen muotoon. Suunnittelumuodon poikkeamat huomioidaan tukipisteiden ja liittymien työstöillä.

Puun syitä vastaan kohtisuoran vetojännityksen mitoitus esitetään pohjoismaisen liimapuukäsikirjan osassa 2. Vahvistus toteutetaan palkin korkuisilla harvakierretangoilla vetorasituksen kokonaiskuormalle. Kaarevien palkkien vaakavoima ja -siirtymä tuella huomioidaan liitossuunnittelussa.

Liimapuun tuotestandardin EN14080 (Liite i; taulukko i.2) mukaisesti käyttöluokan KL3 liimapuurakenteissa käytetään enintään 35 mm lamellipaksuutta.

5.5 Käyttörajatilamitoitus

Rakenneosan soveltuminen käyttötarkoitukseen varmistetaan käyttörajatilamitoituksella, jossa tarkastellaan rakenteiden muodonmuutoksia. Käyttörajatilamitoitus tehdään kuormituksen ja materiaaliominaisuuksien ominaisarvoilla.

Vesikattoa kannattavien liimapuupalkkien taipumatarkastelulla varmistetaan mm. vesikaton vedenpoiston toteutuminen maksimikuormituksella. Muotopalkin taipumaa suunnittelumuodosta vähennetään esikorotuksen avulla, joka mitoitetaan rakenteen laskennallisen oman painon ja tavallisen muuttuvan kuorman yhteisvaikutuksesta

syntyvän taipuman mukaan. Tavanomainen esikorotus on palkin pituus L/400, mutta esikorotus voidaan toteuttaa myös palkkikohtaisesti määritettynä.

Käyttötavan, kuten toimistotila, edellyttäessä välipohjarakenteen käyttörajatilamitoituksessa tarkastellaan rakenneosien taipumien lisäksi rakenteiden värähtely. Sekundäärirakenteen värähtelyn lisäksi tarkastetaan tarvittaessa välipohjaa kantavan palkin vaikutus, eli ns. kenttävärähtely. Värähtelyvaatimuksena käytetään yleisten suunnitteluohjeiden vaatimuksia, ellei Tilaaja kohdekohtaisesti esitä muita arviointikriteerejä.

Liimapuuhallin tavanomaiset taipumarajoittamisen kriteerit esitetään taulukossa 5.11.

Taulukko 5.11 Tavanomaiset taipumarajoitukset liimapuuhallissa

Rakenneosa	Kriteeri	
Liimapuurakenteiden taipumarajoitukset		
Suorat kannattajat	≤ L/300	pitkäaikaiskuormilla
Muotopalkkikannattajat [1)]	≤ L/200	pitkäaikaiskuormilla
Katon sekundäärirakenteet ○ Katto-orret ym.	≤ L/200	pitkäaikaiskuormilla
Julkisivun vaakataipuma ○ Tuulipalkit, aukko- ja ovipalkit	≤ L/400	lyhytaikaiskuormilla
Välipohjan tasot ja reunapalkit [2)]	≤ L/500	pitkäaikaiskuormilla
Esikorotus [3)]		
Suoralamellisen (muoto)palkin esikorotus	L/400	yleensä [4)]
Mahapalkin esikorotus	L/600	yleensä [4) 5)]

1) Esikorotetuilla palkeilla lopputaipuma suunnitelmalinjasta
2) Käyttötavan edellyttäessä myös värähtelymitoitus
3) Esikorotus oman painon ja tavallisen muuttuvan kuorman yhteisvaikutuksesta syntyvälle taipumalle
4) Myös palkkikohtainen määritys mahdollinen
5) Mahapalkin suurempi esikorotus vaikeuttaa asennusta

Käyttörajatilamitoituksen mukaiset taipumat huomioidaan aina rakenneliitosdetaljeissa, jotta siirtymistä ei aiheudu vaurioita liittyville rakenteille.

Tavallisena muuttuvana kuormana käytetään yleensä noin 50 % osuutta määräävästä muuttuvasta kuormasta. Esikorotuksena käytetään tavanomaisesti kiinteitä pituuteen sidottuja suhdelukuja asennettavuuden varmistamiseksi.

5.6 Palotilannemitoitus

Liimapuun palamisesta aiheutuvassa onnettomuustilanteen murtorajatilamitoituksessa varmistetaan rakenteen kestävyys suunnittelustandardin mukaan määritetyille kuormituksille. Liimapuu soveltuu käytettäväksi kaikissa paloluokissa ja korkeillakin palonkestoajoilla hyvin ennustettavan palokäyttäytymisen ansiosta.

Palonkeston mitoitus tehdään tehollisen poikkileikkauksen menetelmällä EN 1995-2 mukaan, jossa liimapuun jäännöspoikkileikkaus mitoitetaan kohteen palonkestoajan ja mahdollisten suojausten mukaan. Mitoituksessa käytetään korkeampia lujuusarvoja ja pienempiä kuormia kuin murtorajatilamitoituksessa, jonka takia liimapuulle saavutetaan usein 30 minuutin R30 palonkesto ilman dimension kasvattamista tai erillistä suojausta.

Taulukossa 5.12 esitetään liimapuun hiiltymäsyvyydet suojaamattomalle liimapuulle ja tavanomaisilla suojaverhouslevyillä eri palonkestoajoilla. Palosuojauksessa voidaan käyttää myös pintaan kiinnitettäviä puukappaleita kohdekohtaisen suunnitelman mukaan.

Taulukko 5.12. Hiiltymäpaksuuksia palonkeston ja suojaverhouksen mukaan

Suojaverhous	Hiiltymäsyvyys		HUOM.
	R30	R60	
Liimapuun hiiltymäpaksuus			
Puupinta, ei suojausta	19,5 mm	39 mm	EN 1995-2 β0 = 0,65, kun B ≥ 140 mm (R30) B ≥ 165 mm (R60)
Normaali 12,5 mm kipsilevy EN 520 tyyppi A	6,3 mm	27,3 mm	levytyksen saumaleveys < 2 mm
Palokipsilevy 15 mm EN 520 tyyppi F	1,0 mm	34,0 mm	levytyksen saumaleveys < 2 mm

Kohteen suunnittelija vastaa palomitoituksesta ja käytettävän suojaverhouksen määrittämisestä.

Liimapuun europaloluokitus on D-s2, d0. Liimapuu voidaan pintakäsitellä palovaatimusten mukaiseen pintaluokkaan B1-s1, d0 luokkaan, mutta suojauskäsittely ei vaikuta hiiltymään tehollisen poikkileikkauksenmitoituksessa. Liimapuun palosuojakäsittelyyn ei ole saatavilla teolliseen tuotantoon soveltuvaa tuotetta, joten käsittely toteutetaan työmaalla.

5.7 Muodonmuutokset

Liimapuurakenteiden kuormituksesta ja kosteuden muutoksista aiheutuvat muodonmuutokset huomioidaan suunnittelussa tapauskohtaisesti. Käytännössä muodonmuutokset koskevat liimapuun syynsuuntaan kohtisuoria, eli leveyden ja korkeuden suuntaisia mittoja. Liimapuupalkin pituussuunnassa, eli syynsuunnassa kuormituksesta aiheutuva kokoonpuristuma tai kosteuden muutoksesta aiheutuva muodonmuutos on käytännössä merkityksetöntä rakenteiden toimivuudelle.

Kosteusmuodonmuutoksella on aina merkitystä suurissa (sivumitta > 500 mm) poikkileikkauksissa. Rakennesysteemien suunnittelussa määritetään palkin sivu, jonka sallitaan siirtyvän muodonmuutoksesta johtuen. Muodonmuutos huomioidaan liitosdetaljeissa tapauskohtaisesti vaikutusten kertaantumisen välttämiseksi.

Murtorajatilamitoituksen leimapainetarkastelun lisäksi liitoksista tarkastellaan tarvittaessa kuormituksesta aiheutuva kokoonpuristuma, joka määritetään Hooken lain mukaan kuorman suuruuden ja kuormituspinta-alan sekä syynsuunnan mukaisen kimmomoduulin ja kuormittuvan kappaleen kuormitussuunnan pituuden mukaan.

Muodonmuutostarkastelussa kuormituksesta aiheutuvan puristuman ja kosteusmuodonmuutoksen mittamuutokset huomioidaan yhdistettynä. Taulukossa 5.13 esitetään muodonmuutosten määrittämisessä käytettävät arvot kaavoilla 5.3 ja 5.4 tehtävää mittamuutosten laskentaa varten.

Taulukko 5.13 Liimapuun muodonmuutosten mitoitusarvot

Liimapuun muodonmuutokset			
Kuormituksesta aiheutuva painuma			
Kimmomoduuli syynsuunnassa		$E_{0,05}$	10 800 N/mm²
Kimmomoduuli kohtisuoraan syynsuuntaan		$E_{90,05}$	250 N/mm²
Kosteusmuodonmuutoskertoimet (puun kosteuden muutos 1 %)			
Leveys	[B]	ε_B	0,0028
Korkeus	[H]	ε_H	0,0014
Pituus	[L]	ε_L	0,0001

Kuormituksesta tai kosteuden muutoksesta aiheutuva mittamuutos ΔD_i[mm] lasketaan kaavoilla:

$$\Delta D_c = \frac{F * l}{E_{i,05} * A}$$

kaava 5.3 (Hooken laki), jossa

- ΔD_c mittamuutos kuormituksesta [mm]
- F kuormitus [N]
- l mitta kuormituksen suunnassa [mm]
- $E_{i,05}$ kimmomoduuli kuormituksen suunnassa [N/mm²]
- A jännityksen pinta-ala [mm²]

$$\Delta D_s = \Delta\omega * \varepsilon_i * l$$

kaava 5.4, jossa

- ΔD_s mittamuutos [mm]
- $\Delta\omega$ puun kosteuden muutos [%]
- ε_i kosteusmuodonmuutoskerroin mitoitussuunnassa
- l mitta kuormituksen suunnassa [mm]

5.8 Liitosratkaisut

Liimapuurunkoisen hallin liitosten suunnittelussa noudatetaan ensisijaisesti Versowood ratkaisujen suunnitteluohjeita. Liitoksiin vaikuttavat murtorajatilan voimasuureet määritetään statiikan ja rakenneosamitoituksen perusteella. Liitosten palonkesto-ominaisuudet määritetään suunnitteluohjeiden periaatteiden mukaan tai suunnittelustandardin palo-osan EN 1995-2 mukaan.

Liitokset suunnitellaan liitokseen vaikuttavien voimien ja liimapuun ominaisuuksien mukaan välttäen tarpeetonta ylimitoitusta. Kiinnityksissä suositaan mekaanisia ruuvikiinnityksiä kapasiteetin mukaan. Liitoksissa huomioidaan toteutuksen ja kosteusmuodonmuutosten edellyttämät toleranssit. Kappaleen poikkileikkauksen kosteusmuodonmuutokselle mahdollistetaan vapaa suunta.

Taulukossa 5.14 esitetään erilaisten liitostapojen suunnittelun periaatteet. Liitosten suunnittelussa voidaan yhdistää eri liitostapojen, kuten puu-puu liitosten ja mekaanisten liittimien kapasiteetteja, kun liitoksen siirtymä on samansuuntainen.

Taulukko 5.14 Liimapuurakenteiden liitossuunnittelun periaatteet

Liimapuurakenteiden liitossuunnittelun periaatteet
Puu-puu liitokset
○ Kuormitus siirretään liimapuukappaleesta toiseen työstetyn liitospinnan välityksellä ○ Liitos mitoitetaan puumateriaalien ominaisuuksien mukaan hyödyntäen hyvää syynsuuntaista puristuslujuutta ○ Loviliitoksissa huomioidaan toteutuksen sovitusvara 1–2 mm kaikilla liitospinnoilla ○ Liitosten kokoamisessa käytetään mekaanisia kiinnikkeitä ○ Liitostapa on tavanomainen ja kustannustehokas tapa liitosten toteuttamiseksi ○ Työstöjen toteutus Versowood – *työstöohjeen* mukaan
Upotetut liitososat
○ Liitosvoimien siirtäminen liimapuukappaleiden välillä tai muuhun liitospintaan liimapuun työstöihin asennettavilla liitososilla ○ Liimaamalla kiinnitettävät kierretangot ja kansiruuvit Versowood – *Liimatut kiinnikkeet* ohjeen mukaan ○ Leimapaineen vahvistus Versowood – *Tukipintavahvistus* ohjeen mukaan ○ Tappivaarnaliitokset suunnittelustandardin mukaan huomioiden vakiotyöstöt ja niiden mukaiset levypaksuudet ○ Kohtisuoraan syynsuuntaan asennettavilla yli 500 mm liitososilla arvioitava halkeamisriski, tarvittaessa osan jakaminen lyhyemmiksi kokonaisuuksiksi
Tehdasvalmisteiset liitososatuotteet
○ Mitoitus ja liitossuunnittelu tuotteen suunnitteluohjeen mukaan ○ Liitososat kiinnitetään tavanomaisesti liimapuun pintaan, tai osan muotoiseen kolotyöstöön mekaanisin kiinnikkein
Konepajavalmisteiset liitososat
○ Versowood vakiomastopilarikengät ○ Hitsaamalla valmistettavat kohdekohtaiset teräsosakokoonpanot ○ Suositellaan liitososan kiinnittämistä liimapuun pintaan tai työstöön mekaanisin kiinnikkein tai mutterikiinnityksellä liimaamalla kiinnitettyihin kierretankoihin ○ Hitsauksen lämpömuodonmuutoksista johtuvat muotovirheet oikaistaan ○ Liimapuuhun upotettavien osien suunnitelmien mukainen suoruus varmistetaan
Toleranssit
○ SFS 5978 Puurakenteiden toteutus ○ Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus*, taulukko 3.4

Liitoksen olosuhteet

Liitosten suunnittelussa huomioidaan rakenteelle määritetty käyttöolosuhdeluokka sekä toistuva tai jatkuva yli 30 °C lämpötila. Kuivissa olosuhteissa huomioidaan kuivamishalkeamien vaikutus liitoskapasiteettiin.

Lovi- ja reikävahvistukset

Liimapuuhun Versowood - *Työstöohjeen* mukaan tehtävien lovien ja reikien tarvittavat vahvistukset toteutetaan ensisijaisesti harvakierretangoin, mutta tarvittaessa myös ruuvein tai liimattavin kiinnikkein. Halkeilun estämiseksi lisänä voidaan käyttää vanerointia sekä leikkauspintojen kosteussuojakäsittelyä. Reikien ja lovien vahvistukset mitoitetaan kiinniketoimittajan mitoitusohjelmalla tai käsinlaskentana.

Dynaamiset kuormitukset

Vakioliitokset on määritetty staattisille kuormituksille. Liitoksiin kohdistuvat dynaamiset kuormitukset ja mitoitus määritetään tapauskohtaisesti kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan ja liimapuurakenteiden suunnittelijan toimesta.

Raskaasti kuormitetut puristusliitokset

Raskaasti kohtisuoraan liimapuun syynsuuntaan puristuskuormitettujen puristumisesta ja kosteusmuodonmuutoksesta aiheutuvien mittamuutoksien hallinnassa voidaan hyödyntää Versowood – *Tukipintavahvistus* suunnitteluohjeen mekaanisia tai liimattuja kiinnikkeitä liimapuun vahvistamiseksi paikallisesti. Liitos voidaan suunnitella Versowood – *Työstöohjeen* mukaisesti siten, että puristus hallitaan syynsuuntaan puristetuilla liimapuuosilla.

Vaurionsietokyvyn varmistavat liitokset

Rakenteiden riittävän vaurionsietokyvyn varmistamiseksi seuraamusluokassa CC3b tarvittavat sidonnat suunnitellaan kohdekohtaisesti.

Tappivaarnaliitokset

Tappivaarnaliitoksessa liitos voima siirretään puukappaleesta teräsvaarnoilla uratyöstöihin asennettaville teräslevyille. Liitoksen puuosien ja liittimien mitoitus tehdään suunnittelustandardin EN 1995 mukaan. Teräsosat mitoitetaan suunnittelustandardin EN 1993 mukaan.

Taulukko 5.15 Tappivaarnaliitoksen suunnittelutiedot

Tappivaarnaliitos	
Uratyöstö suorakaidepalkissa (≤ 450 x1 300 mm²)	
Läpi menevän flitsin paksuus (sirkkelin terä)	t ≥ 8,0 mm s ≤ 410 mm
Suljetun flitsin paksuus Suuren läpimenevän flitsin paksuus (ketjusaha)	t = 8,0 mm t ≥ 12,0 mm (kerrannaistyöstö)
Poraus tappivaarnalle	Halkaisija tappivaarnan mukaan Läpiporaus
Uratyöstö muotopalkissa	
Läpi menevän flitsin paksuus (sirkkelin terä)	t ≥ 8,0 mm s ≤ 365 mm
Suljetun flitsin paksuus (ketjusaha)	t = 11,0 mm t ≥ 16,0 mm (kerrannaistyöstö)
Teräslevyt	
Vaarnalevyn materiaali	S355J0
Vaarnalevyn paksuus	t = 6,0 mm, 8,0 mm tai 10,0 mm Paksuus vähintään urapaksuus – 3,0 mm
Tappivaarnareiät	Tappivaarnan halkaisija + 1,0 mm
Liittimet	
Tappivaarnan materiaali	S235JR (pyöröteräs)
Tappivaarnan halkaisija ja pituus	12 ja 16 mm yleensä 6, 8, 10 ja 20 mm mahdollisia Pituus tuotantosuunnitelman mukaan

Täsmäpultit *≥ 10 % liittimistä*	Lujuusluokka 8.8 Halkaisija liitoksen tappivaarnojen mukaan Mitoitus tappivaarnana
Suunnitteluhuomiot	
○ Uratyöstöjen suunnittelu työstöohjeen mukaan ○ Taulukossa esitettyä syvemmät uratyöstöt käsityöstöinä ○ Teräslevyn vaarnareikien poraustoleranssi ± 0,2 mm ○ Hitsaamalla koottavien teräsosien valmistuksessa varmistettava reikien suunnitelmanmukainen samansuuntaisuus sekä lämpömuodonmuutoksista johtuvien muotovirheiden oikaisu ○ Tappivaarnojen palosuojaus puutapein, pituus palonkeston mukaan ○ Kuivamisesta johtuva halkeamariski, lohkeamismurtotarkastelu ym. kapasiteetin redusoinnit suunnitteluohjeiden mukaan	

6 Suunnittelu

Tässä kappaleessa esitetään liimapuurakenteiden toteutussuunnittelun perusteet kohdesuunnittelua varten.

Kohteeseen soveltuva liimapuurunko määritetään rakennuspaikan, käyttötavan vaatimusten ja kuormitusten perusteella. Palkkityypin ja kehävälin määrittäminen voidaan tehdä myös mitoitusta optimoimalla käyttäen arviointiperusteena liimapuun määrää.

Liimapuurakenteiden tavoitteiden, suunnittelutehtävien sekä -vastuiden määrittämisellä suunnittelun alkuvaiheessa varmistetaan oikea-aikaisen tiedon tuottaminen suunnitteluosapuolille sekä yhteensopivien rakenteiden toteutus.

Toteutussuunnittelussa tuotetaan valitun runkojärjestelmän ja palkkityyppien sekä jäykistys- ja täydentävien ratkaisujen mukaiset puurakenteiden rakennesuunnitelmat ja tuotantosuunnitelmat esivalmistusta ja asennusta varten. Suunnitteluratkaisujen määrittämisessä huomioidaan toteutettavuus sekä liimapuutuotannossa että työmaalla. Versowood vakioliimapuuratkaisut perustuvat toimiviin ratkaisuihin, jonka lisäksi suunnittelun lähtötiedoiksi soveltuvat mm. pohjoismainen liimapuukäsikirja, osat 1–3, sekä Puuinfo Oy:n jakamat ohjeet liimapuun suunnittelusta ja käyttöratkaisuista.

Rakenneosien dimensiot ja liitokset mitoitetaan kappaleen 5 mukaan. Rakenneosien ja liitosten mitoitus tehdään suunnittelustandardin EN 1995 sekä kansallisen suunnitteluohjeen RIL 205 mukaan. Toteutussuunnittelussa käytetään mitoituksen mukaisia osia sekä varmistetaan mitoituksessa käytettyjen reunaehtojen, kuten reuna- ja keskinäisetäisyyksien tai esiporausten toteutuminen.

Rakenneosat mallinnetaan Tekla Structures ohjelmistolla ensisijaisesti käyttäen Versowood mallinnustyökaluja vakioitujen palkkidimensioiden ja liitosratkaisujen hyödyntämiseksi sekä mallisuunnitelmien ja -luetteloiden mukaisten suunnitelmatietojen tuottamiseksi. Liitteessä B esitetään malliluettelot liimapuurakenteista ja tarvikkeista, jotka siirretään sähköisesti Versowood toiminnanohjausjärjestelmään hankintoja sekä liimapuurakenteiden tuotantoa ja toimitusta varten. Suunnittelumallista voidaan tuottaa Tilaajan tai työmaan tarpeisiin myös muita luetteloita.

Tuotantosuunnitelmissa esitetään mallinnettavien rakenteiden lisäksi muut tuotannossa tarvittavat tiedot. Pintakäsittely-yhdistelmä sekä mahdollinen palkin päätypuun ja työstettyjen reikien leikkuupintojen kosteussulkukäsittely kirjataan suunnitelmassa.

Esivalmistusta varten laadittava tuotantosuunnitelma on liimapuupalkin kokoonpanopiirustus sisältäen liimapuuaihion mittojen ja työstöjen lisäksi varustelun,

pintakäsittelyn ym. tuotannossa tarvittavat tiedot. Tämän ohjeen liitteenä C esitetään mallisuunnitelmat tavanomaisista palkkityypeistä.

Liimapuurakenteiden esivalmistaminen työstökeskuksilla tehtävillä työstöillä edellyttää yksityiskohtaisia mitta- ja liitostietojen määrittämistä puurakenteiden suunnittelussa.

Puurakenteiden tuotantosuunnitelmat laaditaan lopputilanteen mukaiseen nimelliseen muotoon ilman taipumien tai esikorotusten vaikutusta, ellei rakenneosakohtaisesti muuta ole määritetty. Versowood laatii työstökeskusten työstötiedostot tuotantosuunnitelmien mukaan huomioiden esikorotuksen vaikutuksen muotopalkin mitoissa ja muodossa. Tuotantosuunnitelmissa esitetään mahdollisen esikorotuksen suuruus.

Versowood suunnitteluohjeissa ja ratkaisukorteissa esitetään suositeltuja ratkaisuja toimivien liimasuunnitelmien laatimiseksi. Ohjeista poikkeavien ratkaisujen suunnittelussa suositellaan ottamaan yhteyttä Versowood suunnitteluun toteutettavuuden varmistamiseksi. Kaikki ohjeet ovat ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

6.1 Suunnittelutehtävät ja vastuunjako

Suunnittelutehtävien jakautuminen vaihtelee kohdekohtaisesti, jonka vuoksi tehtävät esitetään osakokonaisuuksina rakenteiden kokonaissuunnittelun, liimapuurakenteiden suunnittelun sekä tuotantosuunnittelun kesken. Liimapuurakenteiden esivalmistuksessa tarvittavien tuotantosuunnitelmien laatiminen sovitaan kohdekohtaisesti Tilaajan ja Versowood välisessä sopimuksessa. Tuotantosuunnitelmista voidaan sopia alla olevin periaattein

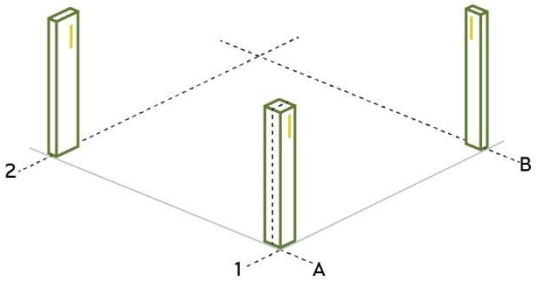
a) Tilaajan laatimat tuotantosuunnitelmat (Tuotekauppa, Versowood ohjeita noudattaen)
b) Versowood laatimat tuotantosuunnitelmat Tilaajan suunnittelijan laatimien ratkaisusuunnitelmien ja detaljien mukaan (Tuotekauppa, Tilaajan geometriamallin pohjalta)
c) Versowood laatimat liimapuurakenteiden ratkaisu- ja tuotantosuunnitelmat (Tuoteosakauppa, Tilaajan rakennussuunnitelmien ja suunnitteluperusteiden mukaan)

Tilaajan vastuullinen suunnittelija tarkistaa ja hyväksyy Versowood laatimat suunnitelmat.

Tämän ohjeen liitteenä A. Suunnittelutehtävät ja lähtötiedot esitetään tavanomaiset suunnittelun tehtävät ja niissä tarvittavat lähtötiedot yleisten tehtäväluettelojen mukaan jaoteltuna. Liitteessä esitetään myös asiakohtainen lähtötietojen tarkastuslista.

6.2 Liimapuurunko

Liimapuurakenteisen halli suunnitellaan käyttötarkoituksen mukaan valitun runkoratkaisun mukaan. Rakennuksen kehävälin määrittämisessä tarkastellaan korkeuden ja jännevälin perusteella liimapuurakenteiden tehokas toteutus. Hallirungot ovat tavanomaisesti ainakin poikittaissuunnassa mastojäykistettyjä. Rungon liimapuukehien väli on tavanomaisesti 6,0 tai 7,2 m tasavälein, mutta voidaan toteuttaa myös muilla tai vaihtelevilla väleillä. Kehävälin määrittämisessä huomioidaan käytön lisäksi vaipparakenteiden toteutettavuus.



Kuva 6.1 Liimapuupilarien sijoitus moduuliviivastossa

Kuvassa 6.1 esitetään tavanomainen rakenteiden sijoittaminen rakennuksen moduuliviivastoon. Rakennuksen ulkokehän

piirillä liimapuupilarien pinta on moduulissa kiinni, ja sisäosilla keskeisesti moduulilinjassa. Moduuli irrallaan olevat pilarit mitoitetaan lähimpiin moduuleihin molemmissa suunnissa.

Rungon toteutussuunnittelussa huomioidaan muunneltavuus ja laajennettavuus siten, että myöhemmät rakennustyöt voidaan toteuttaa rakenneosia tai jäykistysrakenteita purkamatta.

Liimapuurungon keskeisiä toteutussuunnittelun lähtötietoja ovat mitoituksen suunnitteluperusteiden, sekä määritettyjen rungon rakenneosien dimensioiden lisäksi täydentävät liimapuuratkaisut ja talotekniikan pääreittien toteutus. Rakenteiden liitokset ja paikallisesti poikkeavat ratkaisut suunnitellaan noudattaen Versowood suunnitteluohjeiden ja ratkaisukorttien ohjeita tai niiden periaatteita soveltaen.

Rungon suunnittelussa suositaan puristettuja rakenteita ja pyritään välttämään rakenteiden geometriasta aiheutuvia suuria momentteja. Paikallisesti rakenteita voidaan jäykistää vitaposki tai diagonaalirakenteilla poikkileikkausten kasvattamisen sijaan.

Rungon suunnittelussa suositaan ratkaisuja, jotka muodostavat asennettaessa tarvittavat rakennusosien tuennat sekä asennusaikaisen jäykistyksen. Pääkannattajien asennusaikainen tuenta väliaikaisin tuennoin. Rakenteet suunnitellaan siten, että asennus aloitetaan jäykistyskentästä, johon myöhemmät rakenteet sidotaan.

Rakennuksen vaipan, eli ulkoseinien ja vesikaton toteutustapa sekä liittymät määritetään puurakenteiden suunnittelun yhteydessä, jotta vaipan rakenteille tarvittavat tuki- ja liitospinnat voidaan huomioida tuotantosuunnitelmissa.

Liimapuurakenteita voidaan korvata tai yhdistää betoni- ja teräsrakenteiden kanssa kohdesuunnittelussa määritettävillä ratkaisuilla.

6.3 Rakenneosat

Tässä kappaleessa esitetään rungon liimapuisten rakenneosien suunnittelussa huomioitavat asiat. Liimapuurungon rakenneosien tavanomaisia käyttöratkaisuja esitetään tämän ohjeen taulukossa 4.1. Erilaisten käyttöratkaisujen ja liitosten suunnittelussa huomioitavat asiat esitetään seuraavissa kappaleissa.

Liimapuisten rakenneosien vakiodimensiot, palkkityypit ja pääominaisuudet esitetään *Versowood – Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa. Muotopalkkien enimmäismitat määräytyvät puristuksen enimmäiskorkeudesta 4,0 m ja -pituudesta 40,0 m. Tuotantolaitoksesta riippuen liimapuuaihion enimmäishöyläysleveys on 2,0 tai 2,6 m, jota korkeampien palkkien liimauksessa käytetään ns. kuivasaumaa, ja palkki liitetään yhdeksi kokoonpanoksi höyläyksen jälkeen palkin viimeistelyvaiheessa. Suunnittelussa tarkastetaan höyläysleveyden riittävyys palkin rakenteelliseksi korkeudeksi, jolloin palkin korkeampi osuus toimii vain muotokappaleena. Kuivasauman sijainti määritetään palkin ladontasuunnitelmassa. Kokoonpano tehdään Versowood vakiokiinnityksellä rakenteellisella liimauksella tai mekaanisin kiinnikkein kun liitettävä osa toimii vain muotokappaleena.

Versowood laatii tuotantosuunnitelman pohjalta liimapuupalkkien valmistamista varten työstökeskuksen ohjaustiedoston sekä muotopalkkien liimauskaavion. Liimauskaaviossa määritetään puristimen asetukset huomioiden esikorotus ja sen vaikutus palkin muotoon sekä liimapuustandardin mukainen lamellijakauma palkissa. Muotopalkkien työstötiedoissa huomioidaan esikorotuksen vaikutus työstöjen sijaintiin työstövaiheessa.

Calculationtools.fi palvelussa on yleisten palkkityyppien mitoitusalustat Versowood ohjeiden mukaan.

Liimapuiset muotopalkit mallinnetaan Tekla Structures ohjelman *Versowood Shape-Beams* työkalulla. Pilarit ja muut rakenneosa mallinnetaan ohjelman vakiotyökaluilla.

Liimapuurakenteiden mitoitusohjeita esitetään pohjoismaisessa liimapuukäsikirjan osassa 2 sekä Puuinfon julkaisemissa suunnitteluohjeissa.

6.3.1 Mastopilari

Suorakaidepoikkileikkauspilari kannastaan jäykällä perustusliitoksella on tavanomainen liimapuuhallin pilariratkaisu. Pilari toimii rakennuksen jäykistävänä rakenteena kantavien palkkien suunnassa.

Pilarien perustusliitos toteutetaan Versowood – *Mastopilarikenkäliitos* suunnitteluohjeen mukaan. Mastopilarikengän koko määräytyy pilarin leveyden mukaan, tai kenkä voi olla pilaria kapeampi.

Pääpalkkien hankolautaliitos suunnitellaan siten, että pääpalkin korkeus lisätään pilarin nurjahduspituuteen, jolloin pilarin pää ei tarvitse vaakatuentaa erillisellä rakenteella.

Rakennuksen pituussuuntainen jäykistys voidaan toteuttaa myös mastopilarein, jolloin rakennuksessa ei tarvita erillisiä vinosidontoja jäykistyksen toteuttamiseksi.

Mastopilari voidaan toteuttaa monilohkoisella liimapuuaihiolla, jolloin poikkileikkauksen syvyysmitta on pienempi. Monilohkoisia pilareita käytetään vekselipalkkien yhteydessä sekä nurkkapilareina kun pilarin kohdistuu kahteen suuntaan liittyviä rakenteita ja kuormia.

6.3.2 Nivelpilari

Molemmista päistään nivelellisenä mitoitettavat nivelpilarit toteutetaan tavanomaisesti suorakaidepoikkileikkauksena standardiliimapuudimensioin. Liimapuuhallissa nivelpilareita käytetään tavanomaisesti ulko- ja sisäpuolisten erillisrunkojen pilareina sekä hallin päädyissä tuulipilareina.

Vinositein molemmissa suunnissa jäykistettävien hallirungoissa kaikki pilarit suunnitellaan nivelpilareina. Käytännössä tällaisia runkoja ovat korkeat liimapuuhallit, joissa käytetään monilohkoisia pilareita.

Nivelpilarin perustusliitos toteutetaan Versowood vakiomastopilarikengillä. Liitoksessa käytetään yhtä tai kahta mastopilarikenkää leikkausmitoituksen mukaan.

Hallin päätyjen tuulipilareina toimivat nivelpilarit voidaan suunnitella myös kannastaan jäykkinä, jolloin pilarin nurjahduspituus on pidempi ja pilarin yläpäästä vesikattorakenteille siirrettävä kuorma on pienempi. Kannastaan jäykän pilarin poikkileikkaus on hieman nivelliitoksellista pilaria suurempi.

Nivelpilari on sivusuunnassa hoikka rakenne, joka tuetaan asennustilanteessa.

6.3.3 Monilohkoinen pilari tai palkki

Monilohkoisella liimapuutuotteella tarkoitetaan vähintään kahdesta, mutta enintään neljästä liimapuuaihiosta lamellien syrjältä, eli aihiopalkkien lapepinnoilta yhteen liimattua tuotetta. Kerrannaisliimaus tehdään pääsääntöisesti standardiliimapuudimensioista, mutta on saatavissa myös suurempina dimensioina. Liimaus muodostaa aihioista lujuusteknisesti yhtenäisen rakenteen, eli mitoitus tehdään yhtenä rakenneosana.

Monilohkoisia pilareita käytetään tavanomaisessa hallissa nurkkapilareina, vekselipalkkien pilareina sekä keskilinjojen pilareina. Monilohkoista pilaria käytetään kehän reunapilarina, kun poikkileikkauksen syvyysmitta halutaan minimoida.

Monilohkoinen pilari on materiaalitehokas ratkaisu korkeana ja raskaasti kuormitettuna rakenneosana. Korkeat pilarit mitoitetaan tapauksesta riippuen nivelellisenä liimapuumenekin vähentämiseksi, kun jäykistys toteutetaan muilla rakenteilla, kuten vinositeillä.

Monilohkoisia palkkeja käytetään tavanomaisesti vekselipalkkeina ja muina raskaasti kuormitettuina rakenneosina.

Monilohkoisten liimapuiden mittahuomiot:

- enimmäisdimensio on 960 x 1 260 mm², ja pituus enintään 20,0 m
- alle 450 x 1 300 mm² poikkileikkauksilla noudatetaan suoran palkin työstörajoitteita
- sivumittojen ollessa yli 450 mm, noudatetaan muotopalkin työstörajoitteita
- yli 600 mm paksuisella aihiolla muotopalkin työstöissä rajoituksia
- yli 900 mm paksuisen aihion työstöt käsityöstöinä

6.3.4 Mekaanisin kiinnikkein koottu pilari tai palkki

Mekaanisin liittimin koottu rakenneosa on kahdesta tai useammasta liimapuuaihiosta kokoonpantava rakenteellisesti yhtenäinen rakenneosa mitoituksessa huomioitavissa tilanteissa. Mekaanisin kiinnikkein toteutettavat kokoonpanot voivat olla mm. suuri yhdistetty muotopalkki tai vapaamuotoinen standardipalkkien yhdistelmä.

Kokoonpanon osat mitoitetaan itsenäisesti esim. normaalivoimalle tai taivutusmomentille, ja osat yhdistetään tarvittaessa mekaanisilla kiinnikkeillä nurjahdusta- tai kiepahdusmitoitustilannetarkastelussa.

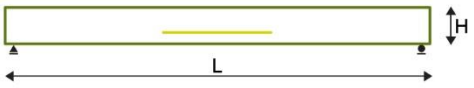
Mekaanisina kiinnikkeinä käytetään palkin koosta riippuen ruuveja tai harvakierretankoja. Liimaamalla kiinnitettäviä kierretankoja käytetään erityistapauksissa.

Kokoonpanojen toteutuksessa voidaan hyödyntää palkkiaihioiden reunamuotojen tai liitososien työstöjä. Rakenteellisen liimauksen hyödyntäminen suurissa tai vapaamuotoisissa kokoonpanoissa ei ole mahdollista.

6.3.5 Suora palkki

Suora liimapuupalkki valmistetaan standardipalkkina tai esikorotettuna muotopalkkina.

Suoria palkkeja käytetään tavanomaisesti lyhyillä, alle 15 m jänneväleillä tai moniaukkoisissa rakenteissa sekä täydentävissä rakenteissa.



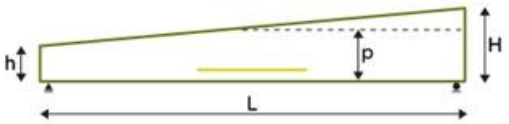
Kuva 6.2 Suora palkki

Esikorottamattomat suorat palkit, joiden poikkileikkaus on enintään 450 x 1 300 mm² työstetään suorakaideliimapuun työstörajoitteiden mukaan.

Esikorotetut suorat palkit työstetään muotopalkin rajoitteiden mukaan.

6.3.6 Pulpettipalkki

Pulpettipalkki on suoralamellinen muotopalkki, jossa on tasaisesti kallistettu yläpinta. Palkkityyppiä käytetään tavanomaisesti lyhyemmillä jänneväleillä tai käyttötilanteissa, jossa kattomuoto ja palkin alapinnan suoruusvaatimus edellyttää pulpettipalkin käyttämistä.



Kuva 6.3 Pulpettipalkki

Pulpettipalkki mitoitetaan kuten harjapalkki, joten palkin korkea pääty on rakenteellisesti vain muoto. Pitkillä jänneväleillä palkin korkeampi pääty kasvaa hyvin korkeaksi, ja tuotantosuunnittelussa on huomioitava höyläyksen enimmäiskorkeus.

Höyläysleveyttä (p) korkeammat pulpettipalkit valmistetaan ns. kuivasaumalla. Palkkityypin calculationtools.fi mitoitustyökalulla tarkastetaan höyläysleveyden riittävyys palkin rakenteelliseksi korkeudeksi. Pulpettipalkkien harjaosa toteutetaan tavanomaisesti muotokappaleena mekaanisesti kiinnitettynä.

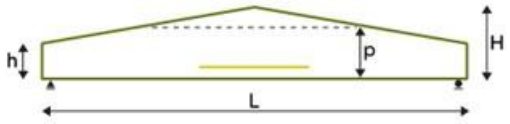
Pidemmillä jänneväleillä harja- ja mahapalkki ovat kustannustehokkaampia palkkityyppejä.

Pulpettipalkin esikorotus on yleensä L/400. Työstöt muotopalkin rajoitteiden mukaisesti.

Pulpettipalkin lamellilujuuksien jakauma määritetään matalammalla tuella, jolloin kaikki yläpinnan lamellit ovat korkeamman T22 luokan lamelleja.

6.3.7 Harjapalkki

Harjapalkki on suoralamellinen palkkityyppi, jossa on kaksi vastakkaiseen suuntaan kallistuvaa yläpintaa. Palkin muoto on tavanomaisesti harjan suhteen symmetrinen, mutta voidaan valmistaa käyttöpaikan vaatimusten mukaan toispuoleisenakin.



Kuva 6.4 Harjapalkki

Harjapalkki on tavanomainen palkkityyppi yksiaukkoisissa rakennuksissa käytettäessä katto-orsia ja peltielementtirakenteista vesikattoa.

Harjapalkin yläpinnan kallistukseksi suositellaan ~ 1:20 (~ 2,9 °) tai enintään 1:10 (5,7 °). Yläpinnan kallistus voidaan toteuttaa jopa 10 ° (1:5,7) kallistukselle, jota jyrkemmillä kattokallistuksilla suositellaan palkin kallistamista tai bumerangipalkkia. Suositeltua suurempi kallistus kasvattaa palkin korkeutta ja liimapuun menekkiä.

Yläpinnan kallistuksen jyrkentyminen kasvattaa taivutuksesta syntyviä puun syitä vastaan kohtisuoria jännityksiä palkin harja-alueella. Jännitystarkastelun perusteella määritetään palkin mahdollisten vahvistustankojen määrä, jotka toteutetaan palkin korkuisilla harvakierretangoilla kohtisuoran vedon kokonaisrasitukselle.

Höyläysleveyttä (p) korkeammat harjapalkit valmistetaan ns. kuivasaumalla. Palkkityypin calculationtools.fi mitoitustyökalulla tarkastetaan höyläysleveyden riittävyys palkin rakenteelliseksi korkeudeksi sekä tarve harjaosan rakenteelliselle kiinnitykselle. Tavanomaisesti yli 2,2 m korkeiden palkkien harjaosaa toteutetaan muotokappaleena mekaanisesti kiinnitettynä.

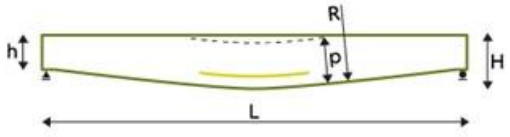
Materiaalitehokkaasti mitoitettu harjapalkki on hoikka rakenne, jonka sivuttaistuenta asennus- ja lopputilanteissa huomioidaan kokonaisrakenteen suunnittelussa.

Harjapalkin esikorotus on yleensä L/400. Työstöt muotopalkin rajoitteiden mukaisesti.

Harjapalkin lamellilujuuksien jakauma määritetään matalammalla tuella, jolloin kaikki yläpinnan lamellit ovat korkeamman T22 luokan lamelleja.

6.3.8 Mahapalkki

Mahapalkki on taivutettulamellinen palkkityyppi, jossa on tasainen yläpinta. Palkkityyppiä käytetään tavanomaisesti pitkä jännevälisissä rakennuksissa. Palkki asennetaan tavanomaisesti eri korossa olevien tukien päälle siten, että alemman tuen puoleinen palkin alapinta on lähes vaakatasossa.



Kuva 6.5 Mahapalkki

Mahapalkki mitoitetaan samoilla periaatteilla kuin harjapalkki. Mahapalkkiin ei synny puun syitä vastaan kohtisuoria vetojännityksiä keskialueelle, eikä palkkia vahvisteta. Mahapalkkia ei valmisteta suoralamellisena palkkina, jossa lamellit katkaistaan palkin vetopuolella.

Mahapalkin alapinnan taivutusmuoto on keskeltä taivutettu ja tuilta suora. Keskiosan taivutussäteenä (R) käytetään enintään palkin pituutta (L). Taivutussäteen ollessa

pienempi kuin 10,3 m huomioidaan kaarevan palkin lamellin suunnitteluhuomiot kohdan 5.4 mukaan. Mahapalkin enimmäismuotokorkeus (M) on höyläyskorkeus. Palkin mitoitusta optimoidaan taivutussädettä pienentämällä ja palkin muoto sovitetaan käyttöpaikkaan taivutuspisteen siirrolla.

Höyläysleveyttä (p) korkeammat mahapalkit valmistetaan ns. kuivasaumalla. Kappaleet yhdistetään rakenteellisella liimauksella höyläyksen jälkeen.

Yhtenäinen tasainen yläpinta soveltuu hyvin puurunkoisten vesikattoelementtien käyttämiseen.

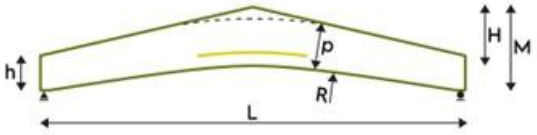
Materiaalitehokkaasti mitoitetun mahapalkin liimapuumenekki on pienempi kuin vastaavan harjapalkin. Palkkityypin sivuttaistuenta asennus- ja lopputilanteissa huomioidaan kokonaisrakenteen suunnittelussa.

Mahapalkin esikorotus on yleensä L/600 palkin asennettavuuden varmistamiseksi. Työstöt muotopalkin rajoitteiden mukaisesti.

Mahapalkin lamellilujuuksien jakauma määritetään matalammalla tuella, jolloin kaikki yläpinnan lamellit ovat korkeamman T22 luokan lamelleja.

6.3.9 Bumerangipalkki

Bumerangipalkki, eli kaareva harjapalkki on muuttuva poikkileikkauksinen palkkityyppi, jossa on kaksi eri suuntaan kallistuvaa yläpintaa ja ylöspäin kaareva alapinta.



Kuva 6.6 Bumerangipalkki

Bumerangipalkki on harjapalkkia materiaalitehokkaampi rakenneosa, jolla voidaan toteuttaa myös jyrkempiä kattokallistuksia. Palkin muoto sovitetaan käyttöpaikan tukikorkeuksien sekä taivutuksen ja harjan sijaintien mukaan. Bumerangipalkin tavanomainen jänneväli on alle 20 m, ja palkin enimmäispituus on 35 m.

Bumerangipalkin suunnittelussa huomioidaan enimmäismuotokorkeus M ≤ 4,0 m ja enimmäisrakennekorkeus höyläyskorkeuden (p) mukaan.

Bumerangipalkki liimataan yhtenä aihiona loivilla kattokallistuksilla 1:20 - 1:10 (2,9 ° - 5,7 °), jota suuremmilla kallistuksilla palkki mitoitetaan kaarevana palkkina ja harjakolmio kiinnitetään muotokappaleena.

Bumerangipalkin alapinnan suositeltu kaarevuussäde (R) on vähintään 10,3 m, jota pienemmällä taivutuksella huomioidaan kaarevan palkin lamellin suunnitteluhuomiot kohdan 5.4 mukaan.

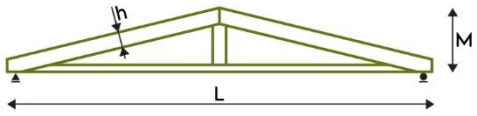
Materiaalitehokkaasti mitoitetun bumerangipalkin harja-alue vahvistetaan liimapuurakenteiden suunnittelijan määrittämillä palkin korkuisilla esiporatuilla harvakierretangoilla puun syitä vastaan kohtisuorien vetojännitysten kokonaisrasitukselle. Palkin sivuttaistuenta asennus- ja lopputilanteissa huomioidaan kokonaisrakenteen suunnittelussa.

Bumerangi palkkia ei esikoroteta.

Bumerangipalkin lamellilujuuksien jakauma määritetään matalammalla tuella, jolloin kaikki yläpinnan lamellit ovat korkeamman T22 luokan lamelleja.

6.3.10 A-kehä

A-kehä on suorista liimapuupalkeista kokoonpantava materiaalitehokas rakenne, jolla toteutetaan jyrkkiä kattokulmia.



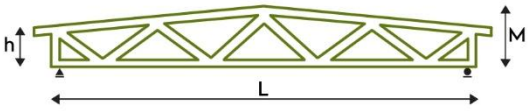
Kuva 6.7 A-kehä

Rakenneteknisesti A-kehä on vahvistamattomista palkeista ja vetotangosta tehtaalla kokoonpantava kolminivelkattotuoli. Kokoonpanossa on rakennemalleja täydentävä muotosauva harjan kohdalla, joka mahdollistaa rakenteen kokoamisen, kuljettamisen ja asentamisen. A-kehän enimmäismuotokorkeus (M) 7,0 m kuljetusteknisistä syistä.

Yli 40 m jännevälit toteutetaan ansaskehällä, jossa on kaksi A-kehän kaltaista rakennetta yhdistettynä ja erillisellä vetotangolla täydennettynä.

6.3.11 Ristikkopalkki

Ristikkopalkki on suorista, ja tarvittaessa taivutetuista liimapuuosista kokoonpantava pitkien ≥ 25 m jännevälien materiaalitehokas kannattaja. Ristikon muoto ja sauvotus määritetään käyttöpaikan sekä halutun mitoitustavan mukaan.



Kuva 6.8 Ristikkopalkki

Muista liimapuurakenneosista poiketen ristikkopalkin kustannuksesta iso osa muodostuu suunnittelu- ja valmistuskustannuksista. Ristikkopalkeilla on usein kustannustehokasta käyttää massiivipalkkeja suurempia kehävälejä, jolloin rakenneosan kustannus hyötyalalle on parempi.

Ristikkopalkkien suunnitteluhuomiot:

- Alapaarteesta tuetut ristikkopalkit suunnitellaan puristetuin sauvoin (Howen ristikko), jolloin liitosmitoituksessa voidaan hyödyntää puun kosketuspainetta yhdessä liitososien kanssa. Pitkien puristettujen sauvojen nurjahdusmitoitus rajoittaa rakenteen mittoja, jonka vuoksi ristikkotyyppi soveltuu matalampiin rakennekorkeuksiin.
- Yläpaarteesta tuetut ristikkopalkit suunnitellaan vedetyin sauvoin (Prattin ristikko), jolloin liitokset mitoitetaan liitososien kapasiteetille. Ristikkotyypillä toteutetaan korkeita rakenteita. Yläpaarteesta tuettu ristikkopalkki on asennustilanteessa vakaa.
- Puristettujen ja vedettyjen sauvojen yhdistelmäristikko (Warrenin ristikko) soveltuu korkeille alapaarteesta tuetuille rakenteille.
- Ristikon tuenta yläpaarteesta vesikaton rakenteilla
- Ristikkopalkin sisäisten liitosten määrän minimointi ja yksinkertaistaminen mahdollistavat kustannustehokkaan valmistamisen
- Ristikkopalkin muoto suunnitellaan esikorotettuna rakenteina oikeiden osapituuksien ja työstöjen määrittämiseksi
- Liimapuumateriaalina suunnittelussa käytetään GL24h lujuutta, jossa käytetään T18 luokan lamelleja (GL30c lujuusluokan sisälamellit samaa lujuutta)

Yli 40 m pituiset ristikkorakenteet toteutetaan 2–3 tehtaalla kokoonpantavasta osasta, jotka yhdistetään työmaalla. Ristikkopalkin toteuttaminen tasaisesti kaarevalla yläpaarteella (alapaarre voi olla suora tai kaareva) parannetaan pitkien ristikkorakenteiden materiaalitehokkuutta.

Ristikkopalkkien osat työstetään työstökeskuksilla noudattaen osan dimension mukaisia rajoitteita.

6.3.12 Liimapuukokoonpanot

Liimapuisista rakenneosista muodostetaan toteutussuunnittelussa liimapuukokoonpanot, jotka muodostuvat yhdestä tai useammasta palkkiaihiosta sekä täydentävistä varusteluosista.

Kokoonpanossa liimapuuosien väliset liitokset toteutetaan aina mekaanisin liittimin (rakenteellista liimausta käytetään vain liimapuuaihioiden valmistamisessa). Liimapuuosien välisissä liitoksissa hyödynnetään työstöjä halutun muodon ja liitospintojen muodostamiseksi.

Liimapuukokoonpanojen mittojen ja muotojen suunnittelussa huomioidaan valmistuksen reunaehdot sekä rekkakuljetuksen rajoitteet kohdekohtaisesti. Kokoonpanot kuljetetaan vaaka-asennossa, jolloin rakenteen enimmäiskorkeus määräytyy kuljetuksen enimmäisleveydestä 7,0 m.

Ohjeen liitteessä C esitetään mallisuunnitelmat tavanomaisten liimapuisten rakenneosien kokoonpanoista toteutussuunnittelua varten.

6.4 Täydentävät liimapuurakenteet ja -ratkaisut

Liimapuuhallin runkoratkaisua ja rakenneosia täydennetään toteutus- ja käyttötavan mukaisilla täydentävillä rakenteilla ja ratkaisuilla.

Tämän ohjeen taulukossa 4.1 esitetään tavanomaisia täydentäviä liimapuurakenteita ja -ratkaisuja ja niiden keskeisiä ominaisuuksia.

6.4.1 Teräksiset vinositeet

Versowood jäykistyksen vakioratkaisu muodostuu kierretankovinositeistä ja konepajavalmisteisista kiinnitysosista sekä tarvikkeista. Puristussauvoina käytetään katto-orsia ja kiinnitysklosseja.

Vinosidekentät suunnitellaan jäykistyskentän mittojen mukaan huomioiden mahdolliset esteet vinositeiden linjoilla. Vinositeet viedään liimapuupilarien ja -palkkien läpi, ja vinositeiden kiinnitysosat asennetaan liimapuun jäykistyskenttää vastakkaiselle puolelle.

Vinositeen suositeltu suunta liimapuupalkin suunnasta on 30–45 °. Puristussauvat asennetaan kohtisuoraan liimapuupalkkiin.

Kierretankovinositeet mallinnetaan pyörötankoina oikein materiaalitiedoin ja oikean pituisena. Yksittäisen tangon vakiopituus on 2,0 tai 3,0 m, ja siteen päättävä tanko katkaistaan oikean mittaiseksi huomioiden asennuksessa tarvittava kiristyspituus. Tankojen liitoskohtiin mallinnetaan jatkos- ja lukitusmutterit sekä päätyihin mallinnetaan suunnitelmien mukaiset prikat ja mutterit.

Seinälinjoilla vinositeen alapää kiinnitetään suoraan perustusrakenteeseen vakioliitososalla.

6.4.2 Vekselipalkki

Vekselipalkkia käytetään tavanomaisesti paikallisesti korvaamaan pilari esim. oviaukon kohdalla sekä systeemiratkaisuna monilaivaisten runkojen keskilinjoilla, kun käyttö edellyttää pilarimäärän vähentämistä.

Vekselipalkkina käytetään tavanomaisesti esikorotettua suoraa liimapuupalkkia, joka voidaan toteuttaa myös monilohkoisena tai mekaanisin liittimin koottuna palkkina. Yli 1 260 mm korkeat ja yli 240 mm leveät vekselipalkit suunnitellaan rinnakkain kiinnitettyinä palkkeina, jotka mitoitetaan erillisinä rakenteina.

Vekselipalkin yhteydessä käytetään tavanomaisesti monilohkoisia pilareita.

Vekselipalkkiin liittyvän pääkannattajan liitos suunnitellaan satulakenkäliitoksena, jolloin saadaan korkeampi palkin alapuolinen vapaa korkeus ja liittyvä palkki kannatus on tuettu sivusuunnassa ilman lisärakenteita.

6.4.3 Katto-orsi

Työmaalla esim. kantavalla profiilipellillä rakennettavien vesikattojen tueksi asennettavat katto-orret mitoitetaan kohdekohtaisesti. Katto-orsien jako määräytyy vesikattorakenteen jännevälin mukaan. Katto-orren tavanomainen koko on 115x315 tai 115x360-GL30c.

Katto-orret kiinnitetään liimapuupalkkiin vakioklossilla, jonka koko on 90x270-L500-GL30c. Klossissa lovi 115x300 katto-orrelle. Kiinnitys tehdään ruuvaamalla Versowood vakiodetaljin mukaan.

Katto-orsia käytetään myös hallin pituussuuntaisten voimien siirtämiseen jäykistysrakenteille.

Kehän reunalla katto-orsi lovetaan palkkiin ja suunnitellaan jatkuvana palkkina, jolloin orsi parantaa myös rakenteiden vaurionsietokykyä.

6.4.4 Siltanosturirata

Liimapuurunkoon integroitava siltanosturirata toteutetaan mastopilareihin ratapalkille tehtävään loveen. Loven koko määritetään kohdekohtaisesti siltanosturin mittatietojen mukaan, mutta luonnossuunnittelussa voidaan käyttää lovikokoa b x h = 350 x 1 200 mm.

Mastopilarin kokoa kasvatetaan syvyyssuunnassa loven verran, jolloin myös pilarin taivutusvastus kasvaa ja mastopilarikenkäliitoksen vetokuormitus pienenee.

Siltanosturiradan palkin suuntainen vaakavoima hallitaan tavanomaisesti vinositein tai monilohkoisella pilarilla, joka mitoitetaan molemmissa suunnissa mastopilarina.

Luonnossuunnitteluvaiheessa kuormina voidaan käyttää

- Hyötykuormana suunniteltu siltanosturin kapasiteetti oletettuna kohdistuvaksi yhdelle pilarille
- Siltanosturin omana painona 30 kN
- Ratapalkin suuntainen jarrukuorma 15 kN

Liimapuurakenteiden lopullinen mitoitus tarkastetaan toteutussuunnitteluvaiheessa toteutuville siltanosturin kuormituksille ja mittatiedoille. Liitoksen epäkeskeisyydestä aiheutuva taivutusmomentti pilareille ja perustuksille huomioidaan mitoituksessa.

Siltanosturiradan palkin kiinnitys pilariin tehdään työmaalla kohdekohtaisten suunnitelmien mukaan.

6.4.5 Välipohja / sisäpuolinen runko

Hallin sisäpuolelle esim. toimistotiloja varten rakennettavan välipohjan rakenne ja sitä kannattavien palkkien tyyppi määritetään kohdekohtaisten vaatimusten mukaan. Välipohjarakenteen keskeisiä määritysperusteita ovat käyttötarkoitus ja jänneväli sekä kantavuus- ja palovaatimukset. Lisäksi rakenteen toiminta osana jäykistysjärjestelmää taikka akustiset vaatimukset vaikuttavat sopivan välipohjarakenteen määrittämisessä.

Tavanomaisia välipohjarakenteita ovat ontelolaatat sekä puurakenteiset massiivipuulaatat ja palkkirunkoiset laatat paikalla rakennettuna tai elementoituna. Välipohjaa kannattavat palkit voivat olla liimapuuta, teräsprofiileja tai hitsattuja teräspalkkeja.

Välipohjan palkkiliitosten huomiot

- Liimapuisista sekundääripalkeista muodostuvan välipohjan liitokset kantaviin palkkeihin määritetään kohdekohtaisesti. Liitokset voidaan toteuttaa puu-puu liitoksin Versowood – *Työstöohjeen* mukaan taikka erillisillä kiinnitysosilla.
- Puurakenteisten välipohjalaattojen liitokset kantaviin liimapuu- tai teräspalkkeihin määritetään välipohjaratkaisun liitosmallien mukaisesti.
- Ontelolaattojen liitokset kantaviin liimapuupalkkeihin määritetään kohdekohtaisesti

- Ontelolaattojen ja teräsprofiilien tai hitsattujen palkkien liitokset kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan mukaan.

Välipohjaa kantavien palkkien liitosten huomiot palkin liittyessä rungon pilareihin

- Kylkiäisen käyttö tavanomainen ja kokonaistaloudellinen palkin kannatustapa
- Palkkien kannatuksessa pilarien kylkeen liitettävillä kylkiäisillä kuormat viedään suoraan perustuksille (kylkiäisten kiinnitys mekaanisesti vaakavoimille vakiokiinnitysohjeen mukaan)
- Palkkien kannatus rungon pilareihin tehtävällä työstöllä suunnitellaan vakiovälilovidetaljin mukaan. Väliloven mitoitus ja mahdollinen vahvistustarve suunnittelustandardin mukaan.
- Tehdasvalmisteisen piilokonsolin liitos pilariin valmistajan suunnitteluohjeen mukaan
- Konepajavalmisteisen konsolin liitos pilariin kohdekohtaisen suunnitelman mukaan

Välipohjan palkkeja kantavat erillispilarit toteutetaan ensisijaisesti standardiliimapuudimensioilla.

6.4.6 Ulkopuolinen runko

Hallirungon ulkopuolisten rakenteiden, kuten katosten, toimisto- tai varasto-osien kannattaminen hallin pilareista vähentää erillisten liimapuuosien ja niille tarvittavien perustusten määrää. Erillinen runko suunnitellaan käytön mukaisen mitoituksen mukaan, joka mahdollistaa materiaalitehokkaat ratkaisut.

6.4.7 Ulokekatos

Liimapuurungon pääkannattajilla toteutettavassa ulokekatoksessa pääkannattaja jatketaan pilarin yli ulokkeena. Ulokkeen luontainen mitta määrittyy tapauskohtaisessa mitoituksessa pääkannattajan tukikorkeuden ja palkkimuodon mukaan. Ulokepituutta kasvatettaessa pääpalkin tukikorkeus kasvaa ja muoto muuttuu.

Ulokkeen materiaalitehokkuus on ulkopuolista runkoa hieman tehottomampi, mutta katos muodostuu ilman lisärakenteita tai lisätehtäviä rungon asennuksen yhteydessä

Palkkityypistä riippuen ulokkeen yläpintaan muodostuu päättyviä lamelleja palkin vetopuolella, joiden syitä vastaan kohtisuora vetokestävyys tarkastetaan mitoituksessa.

6.4.8 Pienet ja suuret reiät

Pienet reiät tehdään pääasiassa spiraaliporalla poraamalla Versowood – *Työstöohjeen* mukaan. Porattujen reikien vaikutus liimapuupalkin kestävyyteen vähenee palkkikoon kasvaessa.

Suuret reiät tehdään pääasiassa jyrsintapilla urajyrsintänä huomioiden palkin koon mukaiset rajoitukset. Suurien reikien sisänurkissa on aina pyöristys jyrsintapin mukaan. Sisänurkan pyöristys vähentää nurkkaan syntyvää halkeamista aiheuttavaa syitä vastaan kohtisuoraa vetojännitystä. Suuret reiät sijoitetaan ensisijaisesti palkin korkeuden puoleen väliin.

Reikien vaikutuksen tarkastus palkin mitoitukseen sekä vahvistusten määrittäminen tehdään suunnittelustandardin EN 1995 mukaan.

Reikien rakenteellinen vahvistus toteutetaan kuormituksesta ja mitoista riippuen täyskierreruuvein tai harvakierretangoin. Vahvistusten toteutus liimaamalla kiinnitettävillä kierretangoilla erityistapauksissa. Suurten reikien ympärille syntyviä halkeamia estetään palkin molemmin puolisella naulakiinnitteisellä havuvaneroinnilla.

Suurten reikien päätypuun leikkuupintojen kosteussuojakäsittelyllä estetään halkeamia aiheuttavaa nopeaa kuivamista.

Ohjeen liitteessä D esitetään suurten reikien mitoituksen periaate.

6.4.9 Rakenteelliset lovet

Liimapuuhun työstettävät lovet ovat tavanomainen tapa toteuttaa rakenneosien väliset liitokset. Liittyvän rakenneosan kuormat siirretään lovettuun rakenteeseen pintapaineen avulla, ja liittyvä rakenneosa lopullinen kiinnitys tehdään asennettaessa ilman lisätuentoja.

Lovien suunnittelussa huomioidaan palkkikoon mukaiset työstöjen rajoitteet.

Lovien mitoituksessa tarkastetaan vahvistustarpeet. Loven vahvistus toteutetaan kuormituksesta ja mitoista riippuen täyskierreruuvein tai harvakierretangoin. Vahvistusten toteutus liimaamalla kiinnitettävillä kierretangoilla erityistapauksissa.

Liimapuupalkkien tukien kohdalla yläpintaan voidaan toteuttaa isohkoja lovia liittyville rakenteille ilman lisävahvistuksia.

6.4.10 Ripustukset

Liimapuupalkeista ripustettavat rakenteet, koneet ja laitteet sekä talotekniikan asennukset määritetään riittävällä tarkkuudella rakenteiden mitoittamista varten.

Ripustustapa määritetään kiinnitystapauksittain kuorman perusteella.

Pienet ripustuskuormat voidaan kannatella myös sekundäärirakenteista, kuten katto-orsista tai kattoelementeistä.

Liimapuun alapintaan tai kylkeen asennettavien ripustusten mitoituksessa huomioidaan kuormituksesta syntyvän syitä vastaan kohtisuoran vetojännityksen aiheuttama halkeamariski kiinnikkeen päädyn tasossa.

Liimapuupalkin alapintaan asennettavat ripustukset toteutetaan vetokuormitetuin ruuvein tai liimaamalla kiinnitettävillä kierretangoilla. Alapinnan kiinnityksiä suositellaan vain pienemmille kannatuskuormille.

Liimapuun kylkeen asennettavat ripustuksen toteutetaan pintaan kiinnitettävillä tehdasvalmisteisilla tai konepajavalmisteisilla teräsosilla.

Suuret kuormat ripustetaan palkin yläpinnasta konepajavalmisteisilla teräsosilla.

6.4.11 Tukipinnan levitys kattoelementille

Reunapalkkikannatteisten vesikattoelementtien tukipinnan levitys tehdään palkin yläreunan tasaan kiinnitettävällä halkaistun liimapuun soirolla, jonka vakiokoko on 56x180-GL30cs. Kiinnitys tehdään ruuvaamalla Versowood vakiodetaljin mukaan.

Tukipintalevitys tehdään yhtenäisenä palkin pituudelle huomioiden soiron katkaiseminen mahdollisten liittyvien rakenteiden kohdalla.

6.5 Liitokset

Liimapuuhallin liitokset suunnitellaan Versowood vakioratkaisuilla tai niiden periaatteita noudattaen. Liitokset suunnitellaan suunnitteluohjeiden mukaan ja esitetään yksityiskohtaisesti tuotantosuunnitelmissa. Liitosten työstöjen suunnittelussa noudatetaan palkkikoon mukaisia työstötyyppejä Versowood – *Työstöohjeistuksen* mukaan.

Rakennuksen akustisten vaatimusten ja ääneneristävyyden toteutuminen huomioidaan liimapuuhun liittyvien rakenteiden, kuten välipohjien ja seinien toteutuksessa. Liimapuurakenteiden keskinäisissä liitoksissa ei käytetä tärinäeristeitä tai muita akustisia vaimentimia.

Tekla Structures ohjelmassa on vakioliitosten suunnittelutyökalut toteutussuunnittelun mallinnusta varten.

Calculationtools.fi palvelussa on keskeisten hallirakennuksen liitosten mitoitusalustat Versowood vakioratkaisujen ja suunnitteluohjeiden mukaan.

Liimapuuliitosten mitoitusohjeita esitetään Versowood ratkaisukorteissa, pohjoismaisen liimapuukäsikirjan osassa 3 sekä Puuinfon julkaisemissa suunnitteluohjeissa.

6.5.1 Perustusliitos

Liimapuuhallin pilarin liitos perustukseen toteutetaan tavanomaisesti pulttiliitoksena liimapuupilariin tehtaalla kiinnitettävällä pilarikengällä.

Jäykistävien mastopilarien perustusliitos suunnitellaan Versowood – *Mastopilarikenkäliitos* suunnitteluohjeen mukaan. Nivel- ja monilohkoisten pilarien perustusliitoksessa käytetään samoja vakiomastopilarikenkiä.

Vakiomastopilarikengät valitaan veto- ja leikkauskapasiteetin mukaan. Kengän tukipinnan leveys on tavanomaisesti liimapuupilaria kapeampi. Nivelpilari voidaan toteuttaa yhdellä mastopilarikengällä leikkauskapasiteetin mukaan. Mastopilarikenkä sijoitetaan pilarin alapäähän liitosgeometrian tai palomitoituksen mukaan.

Liimapuupilarin liitoksen geometrian määrittämisessä huomioidaan sokkeliliittymä ja muut viereiset rakenteet asennettavuuden varmistamiseksi sekä palovaatimuksen mukaisen jälkivalun suojabetonipaksuuden toteutuminen.

Mastopilarikengän vakiokokoinen reikä alalaipoissa peruspultille on D 40 mm. Perustussuunnittelija määrittää peruspulttikoon perusteella sopivat aluslevyt alalaipan molemmille puolille, mikäli peruspulttiin ei sisälly riittävät aluslevyt. Aluslevyn suositeltava koko on 70x70 mm^2, jolloin aluslevyn sivuttaistoleranssit mastopilarikengän sivujen välissä mahdollistaa pilarin asennuksen peruspulttiryhmän asennustoleranssien mukaan.

Perustussuunnittelija määrittää käytettävät peruspultit sekä laatii peruspulttikaaviot liimapuurakenteiden suunnittelijan laatimien tuotantosuunnitelmien mukaan noudattaen peruspulttien tuotevalmistajan ohjeita.

Liimapuupilarin alapää suojataan kosteusrasitukselta pilarin päädyn ja sivuille kääntyvällä epoksisivelyllä. Rakennuksen käyttötarkoituksen mahdollistaessa esim. varasto- ja tuotantorakennuksissa perustusliitoksen nostamista lattiapinnan yläpuolelle suositellaan

Perustusliitos mallinnetaan Tekla Structures ohjelman *VersowoodColumnShoeConnection* työkalulla. Vakiomastopilarikengät nimetään ratkaisukortin mukaan. Muokatut mastopilarikengät nimetään erillisin tunnuksin, ja niistä laaditaan kohdekohtaiset tuotantosuunnitelmat.

6.5.2 Palkin ja pilarin liitos

Liimapuuhallin pääkannattajien ja pilarin välinen liitos toteutetaan tavanomaisesti hankolautaliitoksena hyödyntäen tukipintavahvistusta palkin liitospinnalla. Versowood – *Hankolautaliitos* ratkaisukortissa esitetään liitoksen suunnittelu sekä vakiokokoiset hankolaudat ja kiinnitykset. Versowood – *Tukipintavahvistus* ja Versowood – *Liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeissa esitetään tukipintavahvistuksen vakioratkaisut ja vahvistustankojen mitoittaminen. Hankolautaliitos mitoitetaan vaakakuormille siten, ettei pilarin päätä tarvitse erikseen vaakatukea, vaan palkin korkeus sisällytetään pilarin nurjahdustuentaan ja kokonaisuus tuetaan sivusuunnassa katto-orrella tai kattorakenteilla.

Monilohkoisilla pilareilla voidaan käyttää hahloliitoksia, kun pilarin leveys on selkeästi palkin leveyttä suurempi. Liittyvien palkkidimensioiden takia lovityöstöt tehdään läpityöstöinä Versowood – *Työstöohjeen* mukaan. Hahloliitoksessa käytetään tarvittaessa tukipintavahvistusta.

Hallin päätypalkkien liitos nivelpilareihin toteutetaan palkkiloviliitoksena Versowood vakiodetaljin mukaan.

Kaikki kiinnitykset suunnitellaan tehtäväksi ruuvein.

Liitoksen palonkesto tarkastetaan kohteen vaatimuksen mukaan. Vakioratkaisut soveltuvat ilman lisäsuojausta R30 paloluokkaan.

Paloluokassa R60 hankolautaliitos suojataan työmaalla 48 mm sahatavarasoirolla palkin asennuksen ja liitoksen rakenteellisen ruuvauksen jälkeen.

Pääkannattajan ja pilarin liitosgeometria varusteluosineen mallinnetaan Tekla Structures ohjelman Versowood työkaluilla, joita ovat

- *Versowood Column-Beam Connection* reunapilarin nurkkaliitokselle sisältäen hankolaudat ja tukipintavahvistuksen
- *Versowood Center Column-2-Beams Connection* keskipilarin liitokselle sisältäen hankolaudat ja tukipintavahvistuksen

Erilliset tukipintavahvistukset mallinnetaan *Versowood Compression Plate* työkalulla ja Ilman palkkiliitosta mallinnettavat vakiohankolaudat mallinnetaan *Versowood Column-Beam Forked-Board-Connection* työkalulla.

6.5.3 Vinositeiden liitokset

Teräksisten vinositeiden kiinnitys liimapuupilareihin ja -palkkeihin suunnitellaan Versowood vakiodetaljien mukaan.

Liimapuun tuotantosuunnitelmassa esitetään teräsosan sijainti ja linjaus läheisen pinnan mukaan, sekä vinositeen läpiporauksen aloituksen keskipiste ja kallistuskulmat molemmissa suunnissa.

Vinositeet ja liitokset mallinnetaan Tekla Structures ohjelman vakiotyökaluilla ja Versowood työkaluilla, joita ovat

- *Verso-Ankkurointiosa* perustusliitokselle
- *Versowood_katkaisija* vinositeen katkaisemiseksi
- *Verso-TO1* yhden vinositeen kiinnitysosalle
- *Verso-TO2* kahden vinositeen kiinnitysosalle

Kaikki teräsosat, kierretangot katkaisumittoineen sekä mutterit, aluslevyt ja muut tarvikkeet mallinnetaan hankintaluettelointia varten.

6.5.4 Puu-puu liitokset

Liimapuisten rakenneosien keskinäisten liitosten toteuttaminen on kustannustehokkainta puun työstöihin perustuvilla, puun hyvää puristuskapasiteettia hyödyntävillä puu-puu liitoksilla, joita tarvittaessa vahvistetaan ruuvattavilla tai liimattavilla kiinnikkeillä sekä tukipintavahvistuksella. Työstöjen avulla liitokset ovat asennettaessa visuaalisesti valmiita, ja asennus voidaan toteuttaa ilman asennustuentoja.

Liitoksen toteuttamiseksi suunnittelussa huomioidaan työvarat liitospinnoilla, eli käytännössä 1–2 mm välys jokaisessa liitosraossa. Edellytettäessä vastakkain puristuvia liitospintoja, suunnitellaan työstöt pienellä asennussuuntaisella kallistuksella, jolloin kappaleet kohtaavat asennettaessa vain loppuasennossa.

Liimapuuosien välisessä liitoksessa työstökeskuksella tehtävän työstön toleranssi on höylättyä liimapuuta pienempi. Liittyvän osan työstöillä tarkennetaan toleranssien toteutumista sekä saavutetaan tarvittaessa viimeistellympi lopputulos.

Toleranssien lisäksi työvaroihin vaikuttaa kosteudenmuutoksista aiheutuva muodonmuutos ja työstöpinnan karheutuminen.

Versowood – *Työstöohjeessa* esitetään tavanomaisia puu-puu liitostyyppejä sekä työstökeskusten rajoitteet kohdekohtaisten ratkaisujen suunnitteluun.

6.5.5 Tehdasvalmisteiset liitososat

Tehdasvalmisteisin liitososin toteutettavat liitokset suunnitellaan liitososan suunnitteluohjeen mukaan. Toteutussuunnittelussa huomioidaan tarvittavien työstöjen toteutettavuus ja riittävien työvarojen toteutuminen.

Liitososat mallinnetaan todellisten mittojen mukaan sekä luetteloidaan tuotenimellä tarvikkeineen hankintaa varten.

6.5.6 Konepajateräsosat liitoksissa

Hitsaamalla kohdekohtaisten suunnitelmien mukaan valmistettavien liitososien, konepajateräsosien, suunnittelussa huomioidaan:

- Materiaalit ja toleranssiluokat suunnitteluperusteiden mukaan
- Hitsaus aiheuttaa lämpömuodonmuutoksia, joka huomioitava osan suunnittelussa
- Konepajaosan lämpömuodonmuutoksista johtuvat muotovirheet oikaistaan liimapuun toleranssien mukaiseksi
- Puuhun upotettavien monileikkeisten tai moniulotteisten teräsosien suunnittelussa suositellaan erillisosien käyttämistä teräsosan ja liimapuun työstöjen toleranssien yhteensovittamiseksi
- Puuhun upotettavien teräsosien toleranssit huomioidaan liimapuun työstöissä asennettavuuden varmistamiseksi
- Hitsauksen sijaan teräsosien valmistamisessa voidaan käyttää kierteistettyjä liitoksia
- Suositellaan liitososan kiinnittämistä liimapuun pintaan tai työstöön mekaanisin kiinnikkein tai mutterikiinnityksellä liimaamalla kiinnitettyihin kierretankoihin
- Teräsosan asennuksessa noudatetaan SFS5978 mukaisia toleransseja, jotka sallivat osan muotopoikkeamista johtuvat pienet raot asennushetkellä (käytännössä puristetussa liitoksessa rako sulkeutuu kuormituksesta johtuen)

Versowood vakiomastopilarikenkä käsitellään kohdekohtaisesti konepajateräsosana, jonka tarkastaa ja hyväksyy käytettäväksi kohteen vastaava rakennesuunnittelija.

Kohdekohtaiset teräsosat mallinnetaan todellisten mittojen mukaan ja osista laaditaan konepajasuunnitelmat valmistusta varten. Osat luetteloidaan tunnusten, määrän ja teräskilojen mukaan.

6.5.7 Ruuviliitokset

Liimapuukokoonpanojen toteutuksessa puuosien väliset liitokset ja varusteluosien kiinnitys tehdään pääasiassa ruuvikiinnityksin pois lukien liimaamalla kiinnitettäviä varusteluosia, jotka toteutetaan erillisen suunnitteluohjeen mukaan. Liimapuukokoonpanoissa voidaan käyttää työteknistä liimausta, mutta rakenteellisen liimauksen edellyttämä laadunvarmennus koskee erikseen määritettyjä ratkaisuja.

Ruuviliitosten ruuvit suunnitellaan Tekla Structures työkalun pulttiliitostyökalulla tai jonkin kiinniketoimittajan lisäosalla. Porauksia edellyttävät ruuviliitokset suunnitellaan todellisilla sijoituksilla ja mitoilla työstökeskusten ohjausta varten. Tavanomaiset puuruuvien määrä mallinnetaan riittävällä tarkkuudella hankintaa ja toteutuksen onnistumista varten.

Tuotantosuunnitelmissa esitetään kiinnikkeiden tyyppi ja koko sekä määrä ja sijainnit. Kiinnikkeet luetteloidaan tämän ohjeen mukaisesti hankintaa varten. Tehtaalla valmisosaan asennettavat ja työmaalla asennettavat kiinnikkeet erotellaan.

Taulukossa 6.1 esitetään varastoitavat ruuvityypit ja -koot, joita käytetään ensisijaisesti liitosten suunnittelussa.

Taulukko 6.1 Vakiokiinnikkeet

Ruuvi	Kierrepituus [1]	Ympäristö-luokka [2]	Huom.
PanelTwistec AG [3]			
6x160	64 mm	C2 (C3)	Uppokanta
6x80	42 mm		Aluslevykanta (”lättäkanta”)
KonstruX ST sylinterikantaruuvi [3]			
8x155	140 mm	C2 (C4)	
8x195	180 mm		
8x245	230 mm		
8x295	280 mm		
8x375	360 mm		
Brutus harvakierretanko [4]			
D16 – L3000	100 %	C1	Esiporaus D13 Katkaistaan suunnitelmapituuteen

Versowood vakioruuvitoimittaja E.U.R.O. Tec GmbH.
Muut ruuvityypit ja mitat kohdekohtaisesti määritettynä ja tilattuna.

1) Ruuvin mitoituksessa käytettävä tehollinen kierrepituus
2) Varastoitava ruuvi (tilattavissa oleva ruuvi)
3) Ruuveja ei esiporata
4) Harvakierretankoina käytetään myös muiden valmistajien vastaavia tuotteita

6.5.8 Liimatut kiinnikkeet

Liimaamalla kiinnitettäviä kierretankoja ja kansiruuveja käytetään useissa Versowood vakioratkaisuissa. Kiinnitykset ja vahvistukset suunnitellaan Versowood – *Liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen mukaan, jossa esitetään suunnitteluperusteet myös kohdekohtaisten käyttötapojen suunnittelemiseksi.

Tuotantosuunnitelmissa esitetään kiinnike ja poraustyöstö suunnitteluohjeen mallituotantosuunnitelman mukaan. Kiinnikkeet luetteloidaan.

6.6 Ulkovaippa

Liimapuisen hallin ulkovaipan, eli vesikaton ja ulkoseinien, toteutusratkaisu määritetään kohdekohtaisesti. Ulkovaipan rakenteet voidaan toteuttaa esivalmistettuna tai kappaletavarasta työmaalla. Ulkovaipan toteutustapa huomioidaan liimapuurungon rakenneosien ja detaljien suunnittelussa.

Paikalla rakennettavat vesikatot toteutetaan tavanomaisesti kantavilla poimulevyillä ja yläpuolisella eristyksellä. Liimapuurunkoon suunnitellaan tarvittavat katto-orret vesikattorakenteita varten.

Esivalmistetut vesikatot toteutetaan tavanomaisesti moniaukkoisilla reunapalkkikannatteisilla elementeillä. Vesikattoelementit ovat usein 3-aukkoisia, eli jopa 25,0 m pituisia. Reunapalkkien tukipinta edellyttää usein pääkannattajien varustelemista tukipintalevityksellä.

Esivalmistetut ulkoseinät toteutetaan tavanomaisesti pelti-villa-pelti elementeillä, mutta myös puurunkoisia elementtejä käytetään. Ulkoseinät mitoitetaan tuulikuormalle siten, ettei erillisiä tuulipalkkeja yleensä tarvita. Versowood vakioratkaisuihin sisältyy pelti-villa-pelti elementtien tukiraudat räystäälle, joka asennetaan työmaalla pääkannattajan päähän.

Ulkovaipan kiinnitystä varten tarvittavat liimapuutoimitukseen sisältyvät varusteluosat sekä kiinnikkeet ja tarvikkeet mallinnetaan ja luetteloidaan.

6.7 Talotekniikka

Talotekniikan toteutus huomioidaan runkoratkaisun määrittämisessä. Erityisesti ilmanvaihtokanavien reitit vaikuttavat palkkityyppien ja runkokorkeuden määrittämiseen. Reittien linjaukset ja niistä syntyvät kuormitukset ovat keskeinen lähtötieto liimapuurakenteiden mitoituksessa.

Talotekniikan reittien sijoittaminen palkin alapuolelle esim. mahapalkin kainaloon on suunnitteluteknisesti ja toteutuksellisesti helppo ratkaisu, mutta kanaville, putkille tai sähköhyllyille voidaan työstää läpiviennit palkkeihin.

Talotekniikan rungot kannatetaan tavanomaisesti ripustamalla vesikattorakenteista tai palkeista. Sähköhyllyille ja putkituksille käytetään myös konsolituentoja pilareista tai palkeista.

Liimapuuhun tehtävien ripustusten toteutustapa valitaan kuormituksen mukaan.

6.8 Esivalmistus ja varustelu

Liimapuiset rakenneosat valmistetaan asennusvalmiina kokoonpanoina tuotantosuunnitelmien mukaan. Liimapuuaihio ja liimapuiset varusteluosat työstetään pääasiassa työstökeskuksilla, jonka jälkeen aihio kokoonpannaan ja varustellaan. Valmis kokoonpano pintakäsitellään ennen paketointia kuljetusta varten.

Vakioliitosten toteutustavat ja huomiot esitetään Versowood ratkaisukorteissa. Esivalmistuksessa noudatettavat toleranssit ja laadunvalvonta esitetään Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa.

Kohdekohtaisesti määritettävistä ratkaisuista laaditaan vakioratkaisuja vastaavat suunnitelmat ja tiedot esivalmistusta ja työmaatoteutusta varten.

6.9 Suunnittelutyökalut

Keskeiset liimapuurungon liitosten Tekla Structures mallinnustyökalut ovat ladattavissa Tekla Warehouse palvelusta.

Liimapuurakenteiden ja liitosten mitoitustyökaluja kehitetään calculationtools.fi palvelussa Versowood vakioratkaisujen ja suunnitteluohjeiden mukaan.

6.10 Mallisuunnitelmat

Vakioratkaisujen mallisuunnitelmat esitetään Versowood ratkaisukorteissa.

Ohjeen liitteessä C esitetään mallisuunnitelmat tavanomaisten liimapuisten rakenneosien kokoonpanoista. Mallisuunnitelmien mukaista esitystapaa, tietosisältöä sekä mitoitusta noudatetaan kohdekohtaisten tuotantosuunnitelmien laadinnassa.

Mallisuunnitelmat eri tiedostomuodoissa on ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

6.11 Materiaaliluettelot

Liimapuurakenteet varusteluineen mallinnetaan riittävällä tarkkuudella, jotta mallista voidaan luetteloida kaikki materiaalit ja tarvikkeet. Kohdekohtaiset, tehdasasennetut ja työmaatarvikkeet erottelevat luettelot on helppo laatia Tekla Structures ohjelman Versowood mallinnustyökaluilla ja luettelopohjilla.

Ohjeen liitteessä B esitetään malliluettelot liimapuiden, teräsosien ja kiinnikkeiden luetteloinnista hankintoja varten. Mallien mukaisella tietosisällöllä laaditut luettelot siirretään sähköisesti Versowood toiminnanohjausjärjestelmään toimitusta varten.

Liimapuurakenteiden tietomallista voidaan laatia muita Tilaajan tai työmaan määrittämiä luetteloita.

7 Asennus

Liimapuurakenteiden asennuksesta vastaa tehtävään nimetty vastaava asennustyönjohtaja yhdessä kohteen vastaavan työnjohtajan kanssa. Asennustyönjohtaja laatii asennussuunnitelman riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta liimapuurakenteiden tuotanto- ja paketointijärjestys ovat tehokkaita ja sujuvaa asennusta tukevia.

Asennus tehdään tavanomaisesti autonosturilla. Työmaalla kokoamista vaativat rakenneosat yhdistetään tavanomaisesti vaaka-asennossa ennen paikalleen nostamista.

Asennuksessa suositellaan muodostettavaksi yksi jäykistysrakennekokonaisuus, johon muut rakenneosat asennustilanteessa sidotaan. Rakenteiden sijainnit mitoitetaan ennen asennusta ja tarkastetaan asennuksen jälkeen.

Suunnittelussa asennettavuus huomioidaan sekä asennusaikaisen tuennan muodostavien liitosten että vapaan asennusjärjestyksen tai asennuksen jatkuvuuden mahdollistavien liitosmuotojen avulla. Esimerkiksi hankolautaliitoksessa palkki tukeutuu pintapaineen avulla lopulliseen asemaan, ja hankolaudat estävät palkin kiepahtamisen tuelta asennustilanteessa, jolloin asennustyössä voidaan turvallisesti tehdä muut asennusaikaiset sivuttaistuennat. Vastaavasti katto-orsia ei hyödynnetä asennusaikaisessa tuennassa koska palkkien asennus on tehtävä ennen katto-orren tai vesikattoelementin asennusta.

Asennustyössä noudatettavat puurakenteiden toteutusstandardin SFS 5978 mukaiset toleranssit esitetään Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa.

8 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

8.1 Suunnittelutyökalut

Yleisimmille liimapuurakenneratkaisuille tarjotaan mallinnustyökalut ja käyttöohjeet ladattavaksi Tekla Warehouse palvelusta.

Yleisimmille liimapuurakenteille ja vakioliitoksille tarjotaan mitoitustyökaluja calculationtools.fi palvelussa osoitteessa

calculationtools.com/versowood/

8.2 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.

8.3 Ohjeet

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan yleisiin liimapuurakenteiden ohjeisiin.

ohje	sisältö
	Pohjoismainen liimapuukäsikirja, osat 1–3
HalliPES	Suurten jännevälien avoin puuelementtistandardi (Puuinfo.fi)

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan liittyviin Versowood ohjeisiin.

ohje	sisältö
VW101	Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus
VW102	Liimapuun pintalaadut – tekninen ohjeistus
VW103	Liimapuutoimituksen kosteudenhallinnanohje
VW204	Työstöohjeistus
VW205	Suunnitteluohje – Liimatut kiinnikkeet
VW206	Suunnitteluohje – Mastopilarikenkäliitos
VW207	Suunnitteluohje – Tukipintavahvistus
VW302	Ratkaisukortti – Hankolautaliitos

9 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	30.1.2025	Ensijulkaisu
1.1	30.10.2026	Kiertotalous kappale siirretty VW101 asiakirjaan. Yksittäisiä tarkennuksia.

10 Liitteet

A. Suunnittelutehtävät ja lähtötiedot
B. Malliluettelot
C. Mallisuunnitelmat
D. Reikien suunnittelu

A. Suunnittelutehtävät ja lähtötiedot

Tässä liitteessä esitetään tavanomaisen liimapuurunkoisen hallirakennuksen suunnittelutehtävät ja lähtötiedot hyödynnettäväksi kohdekohtaisessa suunnittelussa.

Suunnittelutehtävät jakautuvat hankkeiden välillä eri tavoin, jonka vuoksi tässä ohjeessa liimapuurakenteiden suunnittelutehtävät jaetaan kolmeen kokonaisuuteen

a) Rakennesuunnittelu
b) Puurakennesuunnittelu
c) Puuvalmisosasuunnittelu

A.1. Suunnittelutehtävät

Taulukossa A1 esitetään liimapuurakenteiden suunnittelutehtävät ja lähtötiedot RAK 2018 tehtäväluettelon mukaisessa vaiheistuksessa. Suunnittelutehtävien jakautumisen huomioimiseksi eri toimijoille tehtävät esitetään osatehtävinä asiakokonaisuuksittain ja tehtävien toteuttajat sovitaan kohdekohtaisesti.

Taulukko A1. Liimapuurakenteiden suunnittelutehtävät ja lähtötiedot

Liimapuurakenteiden suunnittelutehtävät ja lähtötiedot	
Tehtävä	
□ Lähtötieto	• Huomio ○ Tuloste
D - Ehdotussuunnittelu	
Toimitussisältö	
□ Tilaajan tarjouspyyntö □ Alustava aikataulu □ Liimapuutoimituksen laajuustiedot □ Tilaajan suunnitteluohje	• Paikkakunta • Käyttötarkoitus • Rakennuksen laajuustiedot • Rakenneosat muista materiaaleista • Päämitat (pituus, leveys, korkeus) • Rakennetyyppitiedot • Rakennuspaikan erityiset vaatimukset (perustaminen, kuormitukset, asennuksen vaatimukset)
Toimituksen tekniset vaatimukset	
□ Pintalaatuluokka □ Pintakäsittelyt □ Liimapuuvarustelut □ Puuvalmisosaseloste tai vastaavat tiedot □ Käyttöolosuhteet	• Versowood – ***Liimapuun pintalaadut – tekninen ohjeistus*** mukaiset määritykset

ARK luonnossuunnitelmat	
□ Tasopiirustukset (mk 1:100) □ Yleisleikkaukset (mk 1:50) □ Laajuustiedot □ Väestönsuoja	• Jännevälit, sisäkorkeus • Moduulijako • Palkkityypit, kattokulma • Riittävät mittatiedot • Tieto merkitsevistä ja suunnittelussa tarkentuvista mitoista
Laajennusvaraukset ja käyttötavan muutokset	
□ Rakennuksen laajentaminen □ Vesikaton lisärakenteet □ Mahdollisen muutetun käyttötavan kuormitukset (esim. tuotantotilasta -> varastotilaksi)	• Rakenteissa huomioitavat lisäkuormat ja varaukset • Määrittämättömien lisäkuormitusten huomiointi tarvittaessa rajoittamalla mitoituksen käyttöastetta esim. 80 %
Liimapuurungon täydentävät ratkaisut	
• Siltanosturirata • Sisäpuoliset rakenteet (välipohjat) • Ulkopuoliset rakenteet • Ulokerakenteet • Katon varustelut (aurinkopaneelit, talotekniikan laitteet)	• Tieto tulevista täydentävistä rakenteista tai varautumisesta niihin • Siltanosturin koko (tn) • Välipohjan rakenne ja sijainti • Ripustukset (tapa, kuormat) • Ulkopuolisten ja vesikaton lisärakenteiden laajuus ja sijainti
Toteuttavuustarkastelu	
□ ARK luonnossuunnitelmat □ Palkkityypit □ Laajennusvarausten ja täydentävien ratkaisujen tiedot □ Mahdolliset liitostyypit	• Versowood tuotemääritysten ja ratkaisujen mukaisuus ○ Huomiot tuotteistuksen mukaisuuden poikkeamista
Alustava stabiliteettitarkastelu	
□ Maastoluokka, tuulikuorma □ Lumikuorma, kinoslumikuormat □ Aurinkopaneelin lisälumikuorma □ Hyötykuormat □ Ripustus- ja muut erityiskuormitukset □ Kuorirakenteiden omapaino □ Suunnittelun erityisvaatimukset	• Maastoluokan oletus II-luokka, jos ei muuta määritetä ○ Kuormitustiedot rakenneosille ○ Jäykistysjärjestelmän valinta ○ Jäykistysrakenteet

Liimapuurakenteiden alustava mitoitus	
□ Kuormitustiedot □ Käyttöikä (50 v. tai 100 v.) □ Erityiset käyttöolosuhteet (käyttöluokka 2 tai erityisen kuiva/kuuma) □ Paloluokka □ Suunnittelun erityisvaatimukset	• Rakenteiden suunnitteluperusteiden tiedot • 100 v. käyttöiällä + 10 % luonnonkuormat • Dimensiot
Liimapuurakenteiden luonnossuunnittelu	
	○ Rakenteiden sijainnit ○ Palkkityyppien ja dimensioiden suunnitelmat ○ Liitostyypit ○ Alustavat määrät • Vakioratkaisut • Kohdekohtaiset ratkaisut • Toimitussisällön kirjaaminen
Tuotantovaraus	
□ Tilaus □ Alustava aikataulu □ Alustavat liimapuumäärät ja dimensiot	○ Raaka-ainetilaus • Lamellidimensiot • Lamellilujuudet
E - Yleissuunnittelu	
RAK Suunnitteluperusteet (lopullinen)	
□ Seuraamusluokat □ Toteutus- ja toleranssiluokat □ Suunnittelukäyttöikä □ Kuormitukset □ Hankekohtaiset erityisvaatimukset	• Versowood tekniset ohjeet huomioitu
Palotekniset vaatimukset	
□ Rakennuksen paloluokka □ Rakenteiden palonkestovaatimus □ Rakenteiden pintaluokkavaatimus	• Rakenteittain kohdistettu tieto
Talotekniikkareititykset	
□ Liimapuupalkkien lävistykset □ Ripustukset □ Lisäkuormat	• Versowood suunnitteluohjeiden mukaan
ARK yleissuunnitelmat	
□ Tasopiirustukset (mk 1:50) □ Yleisleikkaukset (mk 1:50) □ Laajuustiedot	• Toteutuvat pilari- ja palkkidimensiot ja sijainnit

Stabiliteettitarkastelu	
□ Tarkennetut kuormitustiedot	• Alustavan tarkastelun tarkennus tarvittaessa
Liimapuurakenteiden mitoitus	
□ Tarkennetut kuormitustiedot • Kohdekohtaiset erityiset kuormitustiedot (esim. nosturikuormat) • Tilaajan suunnitteluperusteet (esim. luonnonkuormien korotus) • Laajennusvaraus tai käyttötarkoituksen muutos	• Alustavan tarkastelun tarkennus tarvittaessa ○ Dimensiot ○ Liitoskuormat
Vesikattorakenteet	
□ Elementointi vai paikalla rakentaen □ Elementtijako ja tukipintavaatimukset □ Katto-orsien toteutus	• Tukipintalevitykset • Kiinnitysdetaljiikka ○ Liimapuupalkkien varustelut ○ Liimapuupalkkien kiepahdustuentavoimat kattoelementeille ○ Muut kattotason voimat kattoelementeille ○ Jäykistävien kattoelementtien liitosvoimat
Julkisivurakenteet	
□ Elementointi vai paikalla rakentaen □ Kiinnitystapa □ Sokkelilittymät □ Julkisivukaaviot	• Ovi- ja ikkuna-aukkojen tuennat • Räystäiden julkisivutuennat • Tuulipalkit
Rakennesuunnitelmat	
□ Peruspulttipiirustus □ Perustus- ja VSS-liitosdetaljit □ Kattoelementtien liitosdetaljit	○ Liittymät muihin rakenteisiin ○ Geometria tietomalli • Versowood tuotemääritysten ja ratkaisujen mukaisuus • Määräluettelot rakennusosittain lohkoihin jaettuna
Suunnitelmien tarkastus	
□ Hyväksytyt yleissuunnitelmat	• Liimapuurakenteiden yhteensopivuus muiden suunnittelualojen ja tuoteosatoimitusten kanssa • Toteutettavuuden varmistaminen (tuotanto, asennus)

Tietomallisuunnittelu	
□ Mallinnustarkkuus määritetty □ Rakenneosien nimeäminen ja numerointi	
F- Rakennuslupasuunnittelu	
ARK Pääpiirustukset	
	• Yleissuunnitteluvaiheen tekniset määritykset huomioitu
Tekniset rakennuslupa-asiakirjat	
□ Riskiarvio (-analyysi) □ Rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet - asiakirja	
Rakennuslupaehdot	
□ Rakennusvalvonnan ennakkoneuvottelut	• Rakenteiden ulkopuolinen tarkastus, laajuus
Kosteudenhallintaselvitys	
□ Tilaajan lupa-asiakirja □ Liimapuurakenteiden erityiset vaatimukset	• Versowood – *Liimapuutoimituksen kosteudenhallintaohje* huomioitu
G - Toteutussuunnittelu	
Tietomallisuunnittelu	
□ .ifc tallennusasetusten määritys □ Natiivimallin luovutus tuotanto- ja työstösuunnitteluun	• Suunnittelutiedon sähköinen siirto
ARK työpiirustukset	
□ Tasopiirustukset (mk 1:50) □ Yleisleikkaukset (mk 1:50) □ Rakennustapaseloste	• Tilaajan hyväksymät suunnitelmat • Muutosten hallinta (merkinnät ja tiedottaminen)
ARK pintakäsittelymääritykset	
□ Pintakäsittely ja värit rakenneosittain □ Piiloon jäävien ja verhoiltavien pintojen tunnistaminen suunnitelmista	• Versowood ***Liimapuun pintalaadut – tekninen ohjeistus*** mukaiset määritykset • Tarvittaessa erillisten värimallien valmistus ja hyväksyntä
RAK liimapuurakennesuunnittelun lähtötiedot	
□ Hyväksytyt rakennesuunnitelmat ja asiakirjat	• Käytettävien lähtötietojen varmistaminen
Liimapuurakennesuunnitelmat	
□ Liittymät muihin rakenteisiin	○ Detaljoitu tietomalli ○ Numeroitu määräluettelo
Liimapuuliitossuunnitelmat	
□ Liitoskuormitukset	○ Liitosdetaljit ○ Liitososien määritys

Liimapuuliitososatuotteet	
□ Liimapuuliitosdetaljit	○ Liitososien määräluettelo
Konepajavalmisteiset liimapuuliitososat	
□ Liimapuuliitosdetaljit	○ Tuotantosuunnitelmat ○ Liitososien määräluettelo • Versowood ratkaisukorttien mukaiset osat huomioitu
Liimapuurakennesuunnitelmien tarkastus	
□ Vastaavan rakennesuunnittelijan kirjallinen kuittaus □ Liimapuurakenteiden ulkopuolisen tarkastuksen raportti	• Rakenneosa- ja liitosmitoitus • Liitosdetaljiikka
Liimapuuvalmisosien tuotantosuunnitelmat	
□ Hyväksytyt liimapuurakennesuunnitelmat □ .ifc tai Tekla Structures natiivimalli	○ Liimapuuvalmisosasuunnitelmat • Rakenneosakohtaisten mallisuunnitelmien mukaa
Tuotantosuunnitelmien tarkastus	
□ Vastaavan rakennesuunnittelijan kirjallinen kuittaus	• Suunnittelijan tuotantolupa
Tuotantolupa	
□ Hyväksytyt tuotantosuunnitelmat	○ Työstötiedostot
Työstötiedostot	
□ Hyväksytyt tuotantosuunnitelmat □ .ifc rakenneosamalli □ Käytettävä työstökeskus	○ Rakenneosakohtaiset työstötiedostot
H – Rakentamisen valmistelu	
Tuotantoaikataulu	
□ Työmaan yleisaikataulu □ Asennuksen vaiheistus	○ Vaiheistettu tuotantosuunnitelma
Toimitussuunnitelma	
□ Asennussuunnitelma ja -järjestys □ Paketointivaatimukset	○ Paketointisuunnitelma (rahtikirja) ○ Rahtijärjestelyt
Varusteluosahankinnat	
□ Konepajaosasuunnitelmat □ Valmisosatuotemääritykset □ Määräluettelot	○ Hankinnat ajoissa tuotantosuunnitelman mukaan
Mallielementtikatselmus	
	• Suunnitelman mukaisen toteutuksen toteaminen
Asennussuunnitelma	
	• Asennusjärjestys ja -aikataulu

Työturvallisuussuunnitelma	
□	• Erityisvaatimukset liimapuurakenteille

A.2. Lähtötiedot

Kohdetoimituksen varmennetut lähtötiedot kirjataan taulukon A2 mukaisesti.

Taulukko A2. Lähtötietojen tarkastus- ja kirjauslista

Liimapuutoimituksen lähtötietojen kirjaus	
Yleistiedot	
Hankkeen nimi	Umpimetsän urheiluhalli
Asiakas Yhteyshenkilöt	Rakennus Oy Osoite 00000 Paikkakunta N.N. (sopimusasiat) N.N. (työmaa, toimitukset) N.N. (työmaa, asennus)
Rakennuspaikka	Osoite 00000 Paikkakunta
Kiinteistötunnus	000–12345–00
Rakennustunnus	12345
Rakennusluvan tunnus	000–2025–000
Rakennuksen käyttötarkoitus	Urheiluhalli
Laajuus	x xxx k-m^2 x xxx brm^2
Toimitussisältö	
Versowood suunnittelu (toimitussisällön mukaan)	□ Puurakennesuunnittelu □ Puuvalmisosasuunnittelu □ Työstötiedostosuunnittelu
Palkkityypit	□ Nivelpilarit □ Mastopilarit □ Suorat palkit □ Pulpettipalkit □ Harjapalkit □ Mahapalkit □ Bumerangipalkit □ Kaaret □ Katto-orret □ Ovi- ja ikkuna-aukkotuet □ Muut liimapuurakenteet
Pintalaatuluokka	□ Teollinen laatu □ Visuaalinen laatu □ Valikoitu laatu
Pintakäsittely Versowood *Liimapuun pintalaadut – tekninen ohjeistus*	□ Pintakäsittelemätön □ Pintakäsittely määritetty
Liimapuuvarustelut	□ Varustelukirjaus tilauksessa

Liimapuiden määrätiedot	□ Luonnossuunnitelmien määräluettelo □ Yleissuunnitelmien määräluettelo □ Toteutussuunnitelmien määräluettelo
Suunnittelun lähtötiedot	
Suunnitteluosapuolien yhteystiedot	□ Tilaajan yhteystietoluettelo toimitettu □ Vastaavan rakennesuunnittelijan nimi ja yhteystiedot
Suunnitteluperusteet	□ Rakenteiden suunnitteluperusteet asiakirja toimitettu □ Puuvalmisosaseloste toimitettu □ Rakenteiden käyttöikä □ Rakenteiden käyttöluokka □ Käyttöolosuhteet □ Paloluokka ja palonkesto
Kuormitukset	□ Rakenteiden omapaino □ Hyöty- ja lumikuormat kohdistettuna □ Kinoslumikuormat kohdistettuna □ Tuulikuorma (maastoluokka) □ Ripustus- ja muut erityiskuormitukset □ Suunnittelun erityisvaatimukset
Suunnitteluvaraukset	□ Rakennuksen laajennusvaraus □ Rakennuksen käyttötarkoituksen muutosvaraus
Huomioitavat betoni- ja teräsrakenteet	□ Perustamistavan vaikutukset □ Väestönsuojan sijainti ja liittymät □ Betonipilarit □ Teräspilarit ja -palkit □ Täydentävät teräsrakenteet
Jäykistysjärjestelmä määritetty Kattotason jäykisteet Seinälinjan jäykisteet	□ Mastojäykistys molemmissa suunnissa □ Mastopilarit kehän suunnassa ja päädyssä niveltuetut pilarit □ Kokonaan vinositein □ Muu kohdekohtainen jäykistys □ Katto-orret □ Teräksiset vinositeet □ Liimapuiset vinositeet □ Jäykistävät kattoelementit □ Liimapuiset pukkirakenteet □ Teräksiset vinositeet

Yläpohja	□ Rakennetyyppi määritetty □ Katto-orret □ Kattoelementit □ Kattoelementtijako □ Kattoelementtipalkin jatkuvuuden huomiointi kuormituksessa □ Kattoelementtipalkin tukipintapituus □ Liimapuupalkkien asennusaikainen tuentatapa määritetty □ Liimapuupalkkien kiepahdustuenta määritetty
Julkisivu	□ Rakennetyyppi määritetty □ Ulkoseinärakenteen kiinnitystapa □ PVP-elementtien kiinnitystuet □ Tuulipalkit
Arkkitehtisuunnitelmat • Toteutuvat liimapuudimensiot ja sijainnit • Riittävät mittatiedot	□ Luonnossuunnitelmat □ Yleissuunnitelmat □ Rakennuslupasuunnitelmat □ Toteutussuunnitelmat
Rakennesuunnitelmat • Versowood tekniset ohjeistukset huomioitu	□ Perustusliitokset □ Peruspulttikaavio
Tietomalli	□ Liimapuutoimitussisällön mukaan □ IFC2x3
Vakioista poikkeavat ratkaisut	□ Listaus
Puuttuvat tiedot	□ Listaus
Tuotannon lähtötiedot	
Tuotantoaikataulu	□ Työmaan yleisaikataulu □ Asennuksen vaiheistus
Työstötiedostot	□ Hyväksytyt tuotantosuunnitelmat
Tuotantolupa	□ Vastaavan rakennesuunnittelijan suunnitelmatarkastus, kirjallinen kuittaus □ Liimapuurakenteiden ulkopuolisen tarkastuksen raportti
Kohdekohtainen pintakäsittelymalli	□ Versowood vakiokäsittelystä poikkeava pintakäsittely □ Tilaajan suunnittelijan määritys

Mallielementtikatselmus • Suunnitelman mukaisen toteutuksen toteaminen	□ Sovittu pidettäväksi □ Mallipalkit määritetty (max. 1 kpl per palkkityyppi) □ Hyväksytty tuotantosuunnitelma ja pintakäsittelymääritys
Paketointi	□ Asennusjärjestys □ Paketointivaatimukset
Liitososahankinnat	□ Konepajaosasuunnitelmat □ Valmisosatuotemääritykset □ Määräluettelot
Toimituksen lähtötiedot	
Rahtijärjestelyt	□ Läpikäynti asennustyönjohtajan kanssa

B. Malliluettelot

Tuotantosuunnittelumallista tulostetaan excel (.xls, .xlsx) tämän liitteen mukaiset luettelot puumateriaaleista, teräsosista ja kiinnikkeistä. Puumateriaalit ja teräsosat listataan yksittäiskappaleina, ja kiinnikkeet kiinniketyypeittäin koottuna. Kaikki liimapuurakenteiden toteutuksessa tarvittavat materiaalit ja tarvikkeet luetteloidaan.

Luetteloissa käytetään mallien mukaisia osien ja kokoonpanojen nimiä, sekä sarakejakoa tietoineen, jotka siirretään sähköisesti toiminnanhallintajärjestelmään hankintaa, tuotantoa ja toimitusta varten. Luettelot toimitetaan excel natiivitiedostoina (ei .pdf muodossa).

Taulukko B1. Versowood puumateriaaliluettelo

Name	Content type	Material type	Material	Position number	Profile	Top level / mm	Height / mm	Length / mm	Width / mm	Volume / m3	Weight / t	Phase	Section	Floor	kokoonpano
Päätypilari	PART	TIMBER	GL30c	C1	GL215X360	5 495	360	5 495	215	0,4	0,182	1			P62
Keskipilari	PART	TIMBER	GL30c	C9	GL215X360	5 495	360	5 495	215	0,4	0,182	1			P50
Pääpilari	PART	TIMBER	GL30c	C13	GL190X450	5 108	450	5 108	190	0,4	0,187	1			P4
Nurkkapilari	PART	TIMBER	GL30c	C42	GL190X360	6 300	360	6 300	190	0,4	0,181	1			P63
Hankolauta	PART	TIMBER	GL30c	HL1	BL225*90	5 822	225	1 400	90	0	0,011	1			P56
KLOSSI	PART	TIMBER	GL30c	KL1	GL90X270	6 065	270	500	90	0	0,004	1			K5
Mahapalkki	PART	TIMBER	GL30c	MH1	VMAH190*1550*1900*1550*0	6 725	1 900	21 041	190	6,9	2,964	1			K7
ORSI	PART	TIMBER	GL30c	Or1	GL140X315	6 497	315	6 873	140	0,3	0,13	1			O1
ORSI	PART	TIMBER	GL30c	Or3	GL140X315	6 099	315	6 910	140	0,3	0,131	1			O3
VP-PILARI	PART	TIMBER	GL30c	c1	GL190X270	2 770	270	2 770	190	0,1	0,061	1			VP-P2
KYLKIAINEN	PART	TIMBER	GL30c	kyl1	GL140X140	5 863	140	5 863	140	0,1	0,049	1			P63
PALKKI	PART	TIMBER	GL30c	s1	GL190X945	6 594	945	11 205	190	2	0,852	1			B13
PÄÄTYPALKKI	PART	TIMBER	GL30c	s24	GL190X450	6 730	450	16 642	190	1,4	0,611	1			B14
SIDEPALKKI	PART	TIMBER	GL30c	s25	GL140X360	6 730	360	16 639	140	0,8	0,36	1			B35
TUKIPINNAN LEVITYSOSA	PART	TIMBER	GL30cs	tpl1	GL56X180	6 730	180	16 640	56	0,2	0,072	1			B28
KIILA	PART	TIMBER	GL30c	wedP1	PL190*10	5 247	10	393	190	0	0	1			B24
Total															
								3 603 234		381,4	164,008				
637															

Taulukko B2. Versowood teräsosaluettelo

Name	Content type	Material type	Material	Position number	Profile	Top level / mm	Height / mm	Length / mm	Width / mm	Volume / m3	Weight / t	Phase	Section	Floor	kokoonpano
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 510	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	4 803	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	4 803	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	4 803	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 170	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 170	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 938	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 938	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	4 834	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	4 834	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	4 834	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 237	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 237	200	180	15	0	0,004	1			A1
15X180X200	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	A1	PL15*180	5 237	200	180	15	0	0,004	1			A1
Korilaatta M24	ASSEMBLY	STEEL	8.8	M2	O72*24	6 244	72	6	72	0	0	1			M2
Mutteri M24	ASSEMBLY	STEEL	8.8	M1	NUT_M24	2 333	36	8	42	0	0	1			M1
PLATE	ASSEMBLY	STEEL	S235JR	TO2	PL6*160	6 199	160	700	76	0	0,007	1			TO2
PLATE	ASSEMBLY	STEEL	S235JR	TO1	PL6*200	6 487	200	435	76	0	0,005	1			TO1
TK165-6/6	ASSEMBLY	STEEL	Steel_Undefined	EB_TK1651	40*100	0	345	120	120	0	0,017	1			EB_TK1651
Vetotanko M24	ASSEMBLY	STEEL	8.8	VT2	D24	2 296	24	1 614	24	0	0,005	1			VT2

Taulukko B3. Versowood kiinnikeluettelo

Standard	Site/Shop	Type	Quantity	Net Weight (kg)
PUURUUVIT, UPPOK.OSAKIER.	Workshop	BOLT 6X160	4914	0,01
PUURUUVIT, UPPOK.OSAKIER.	Site	BOLT 6X160	3520	0,00
PUURUUVIT, SYL.K.TÄYSKIE.	Workshop	BOLT 8X400	112	0,00
PUURUUVIT, SYL.K.TÄYSKIE.	Workshop	BOLT 8X295	367	0,01
PUURUUVIT, SYL.K.TÄYSKIE.	Workshop	BOLT 8X155	5698	0,00
PUURUUVIT, SYL.K.TÄYSKIE.	Site	BOLT 8X295	430	0,00
PUURUUVIT, SYL.K.TÄYSKIE.	Site	BOLT 8X245	360	0,00
	Workshop	BOLT 6X80	360	0,00
Total				**0,03**

Legend (A:=Assembly W:= Workshop G:= GA)

C. Mallisuunnitelmat

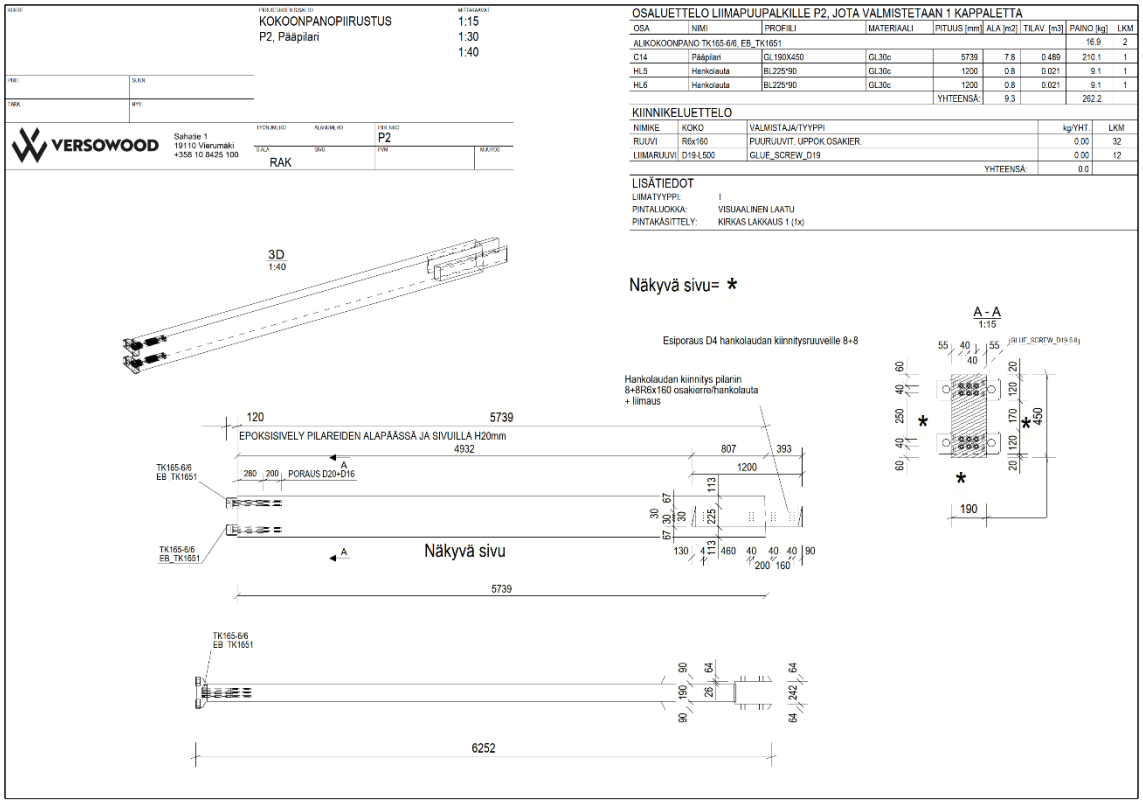
Tuotantosuunnitelmat, eli liimapuurakenneosien kokoonpanopiirustukset työstöin ja varusteluin laaditaan noudattaen tässä liitteessä esitettävien mallisuunnitelmien tietosisältöä ja esitystapoja.

Mallisuunnitelmien tuotantosuunnitelmien kuvapohjat ovat ladattavissa Tekla Warehouse palvelusta.

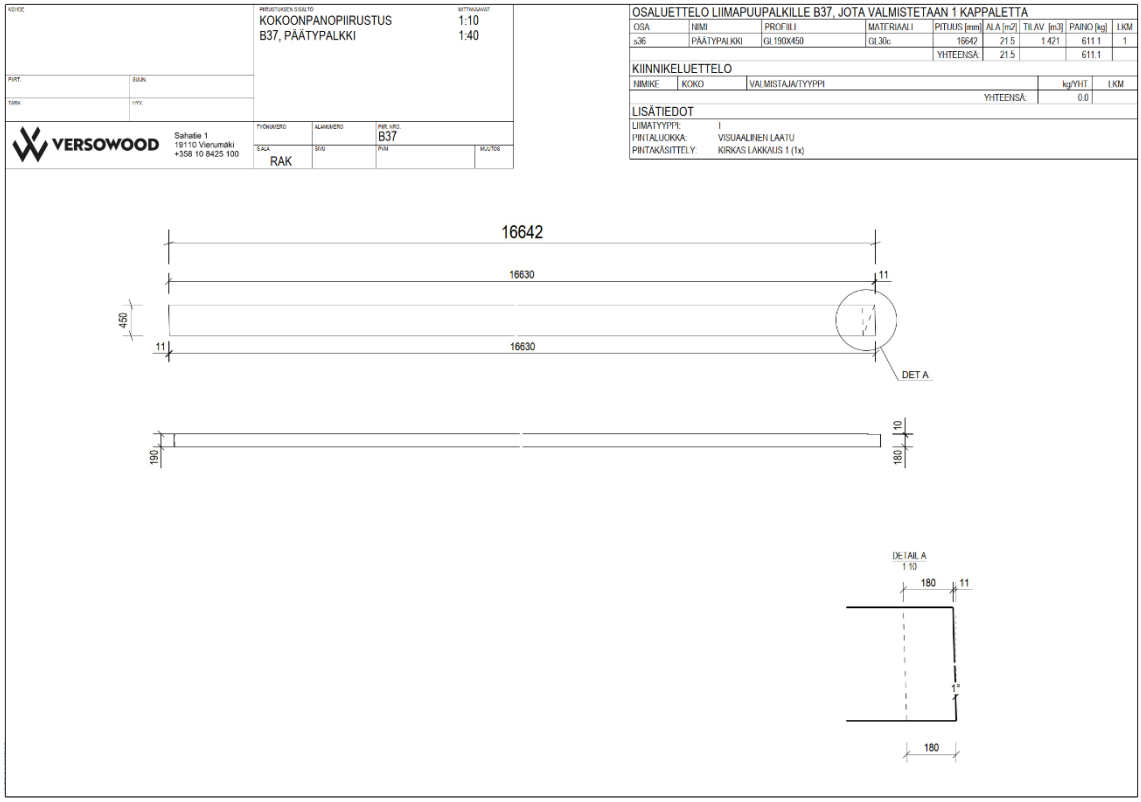
Tuotantosuunnitelmissa esitetään kaikki vaatimukset sekä toteutuksessa tarvittavien materiaalien ja tarvikkeiden tiedot. Mitoitus esitetään selkeästi kappaleen ulkopuolelle mitattavissa olevilta pinnoilta lukien. Yhdellä mittaviivajonolla esitetään yhden asian mittoja. Rakenneosasta esitetään riittävä määrä leikkauksia ja detaljeja suunnitelman yksiselitteisen ymmärtämisen varmistamiseksi.

Kattava paketti mallisuunnitelmia on ladattavissa Versowood.fi sivustolta .pdf muodossa.

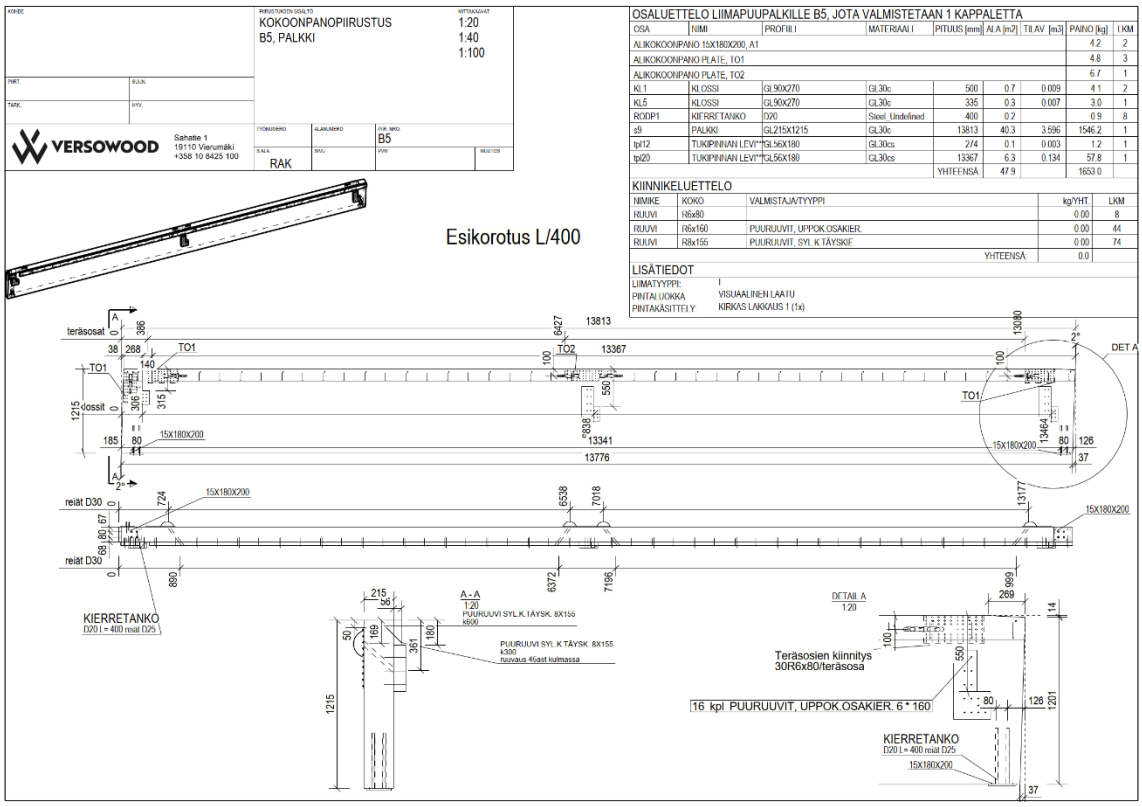
Kuva C1. Mastopilarin tuotantosuunnitelma



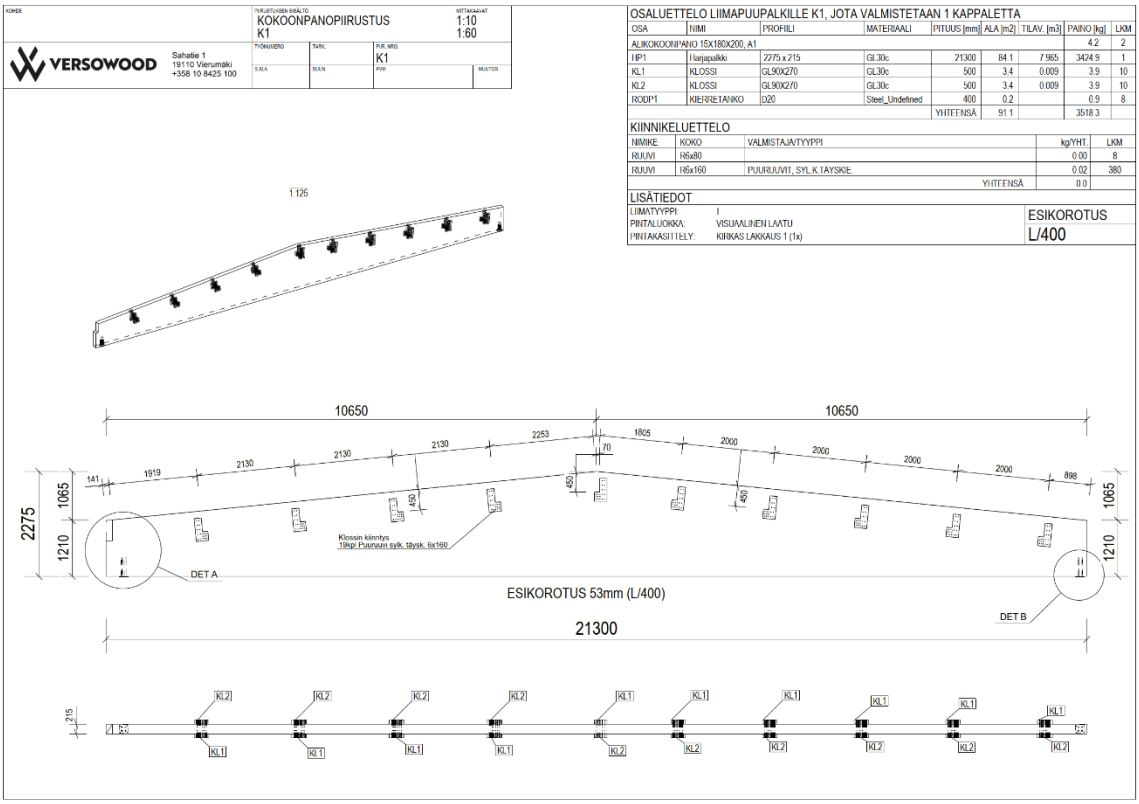
Kuva C2. Päätypalkin tuotantosuunnitelma

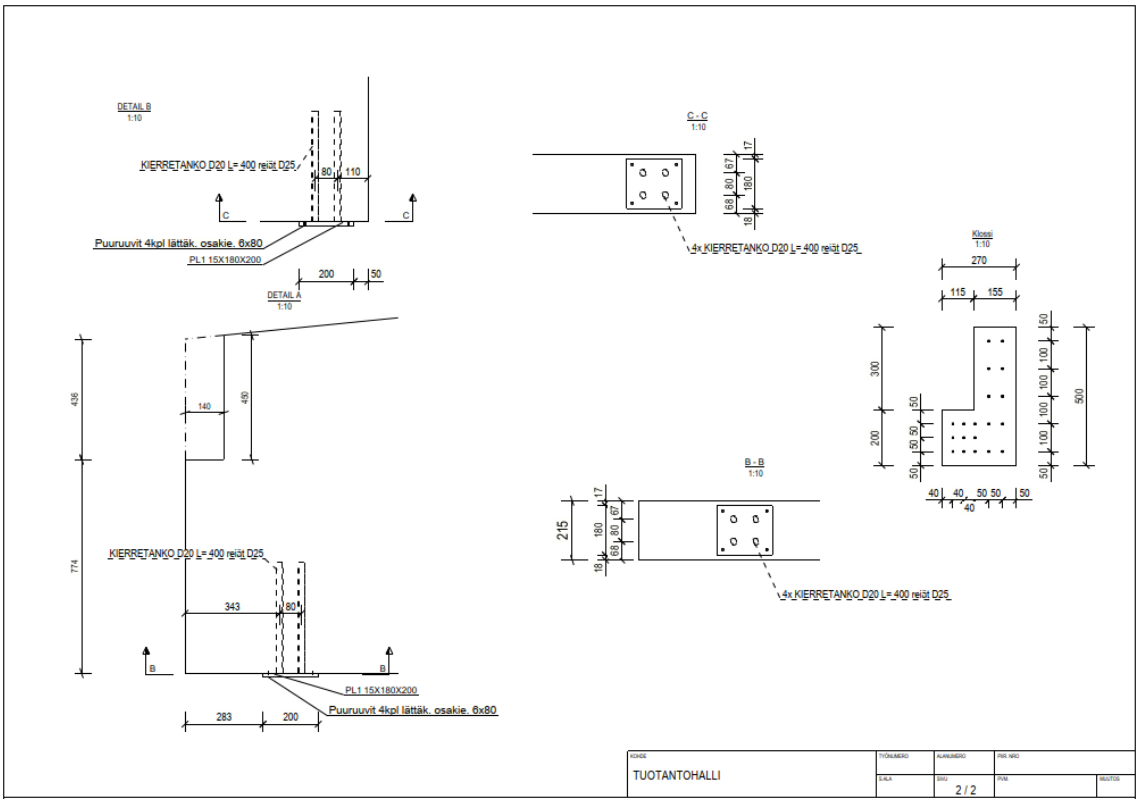


Kuva C3. Suoran palkin tuotantosuunnitelma

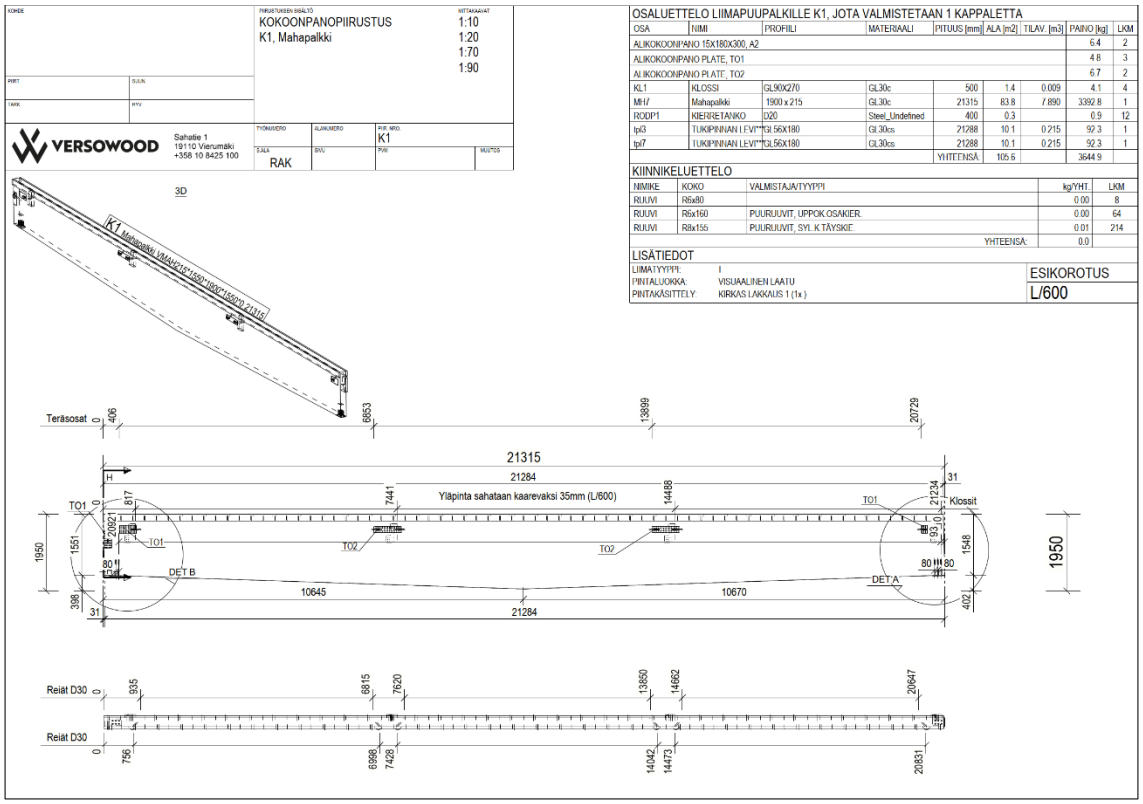


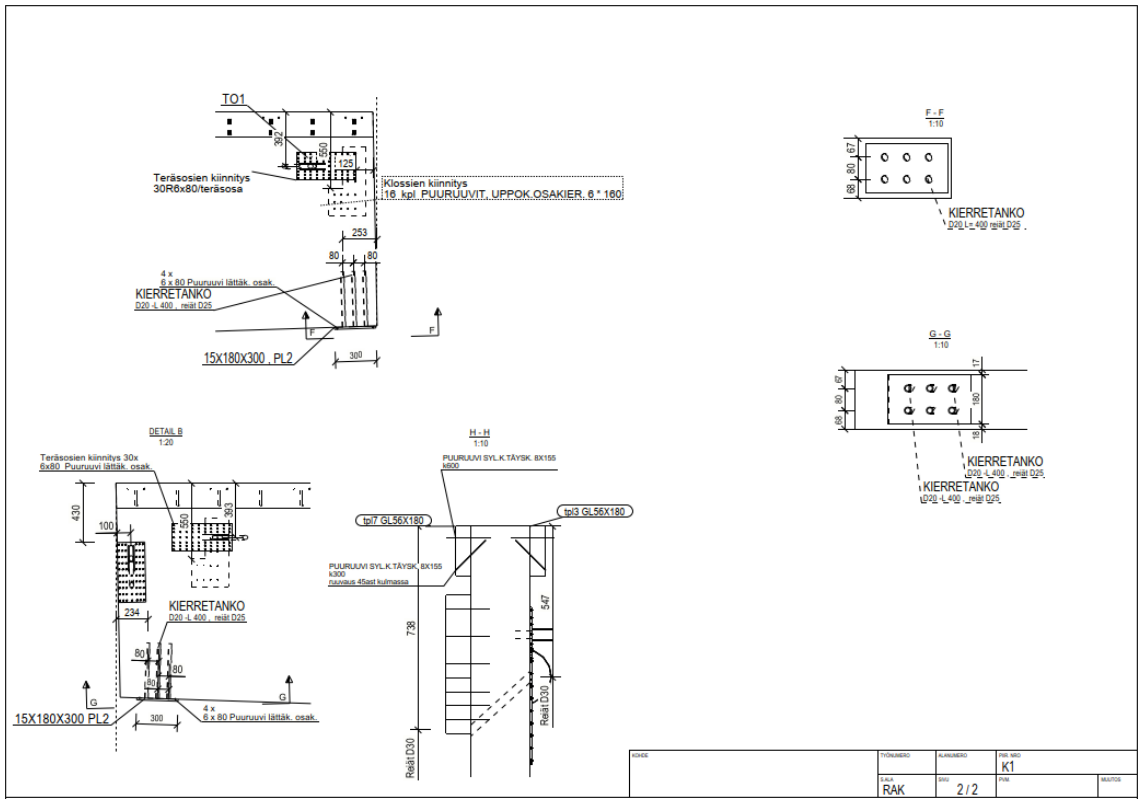
Kuva C4. Harjapalkin tuotantosuunnitelma



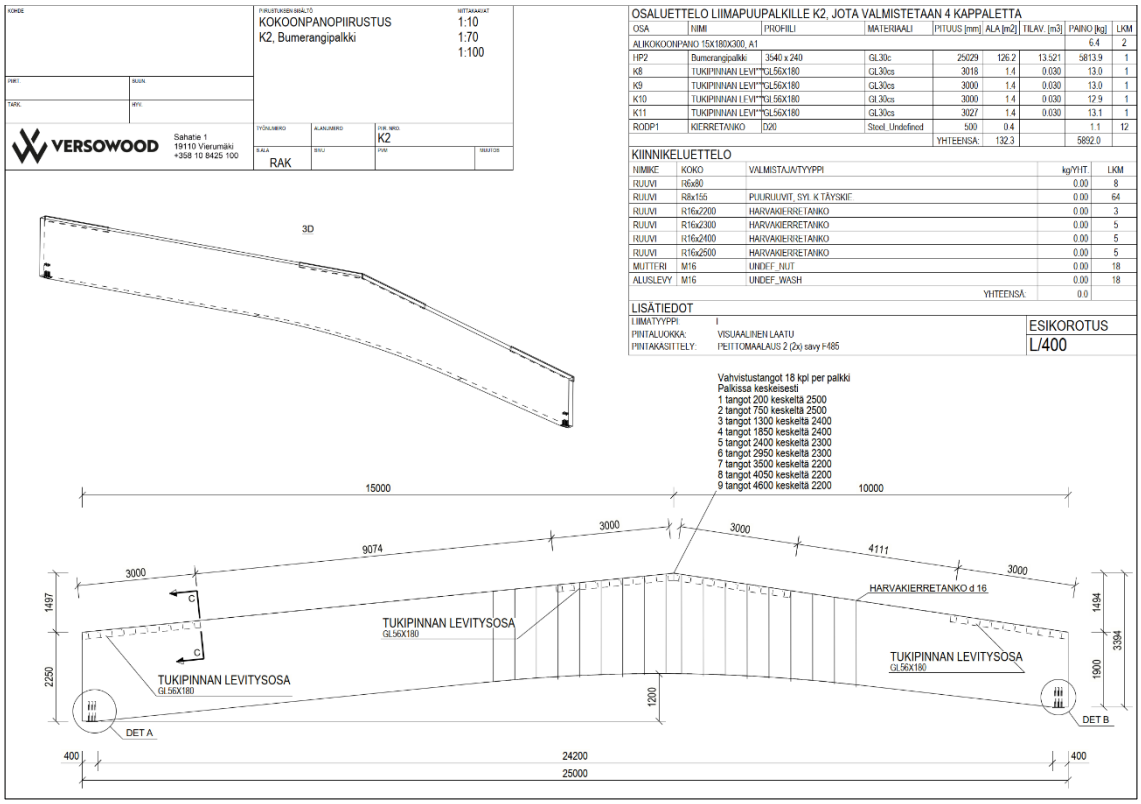


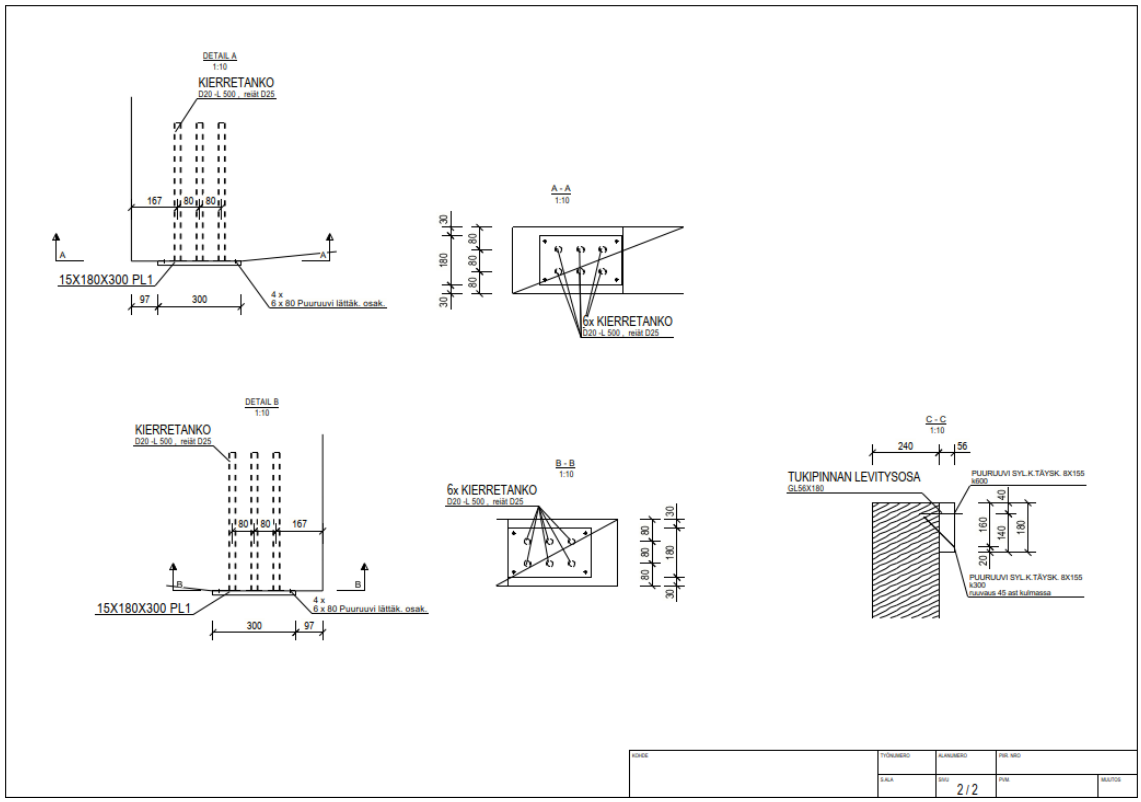
Kuva C5. Mahapalkin tuotantosuunnitelma





Kuva C6. Bumerangipalkin tuotantosuunnitelma





D. Reikien suunnittelu

Liimapuurakenteisiin tehtävät reiät määritetään palkin koon mukaan.

Poraamalla tehtävät, enintään 30 mm reiät sijoitetaan liimapuuhun vapaasti, kun rakenneosan poikkileikkauksen mitoituksessa huomioidaan reikien pienennys.

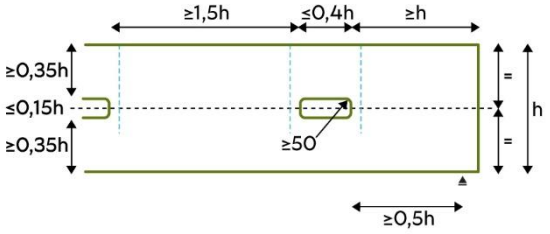
Jyrsimällä tehtävien vapaamuotoisten reikien suunnittelussa huomioidaan kuvien D1 ja D2 mukaiset reunaehdot. Reikien mitoittaminen tehdään RIL 205 mukaan.

Reikien suunnittelussa huomioidaan

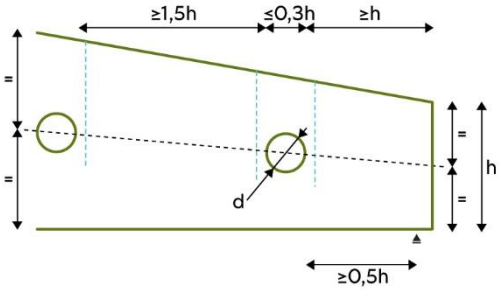
- Reikä sijoitetaan palkin korkeuden puoleen väliin ns. neutraaliakselille halkaisuvoimien minimoimiseksi
- Rakenneosan mitoitus tarkastetaan reiällä vähennetylle poikkileikkaukselle

Reikien vahvistustarve puun syitä vastaan kohtisuoraan vaikuttaville vetojännityksille mitoitetaan suunnittelustandardin DIN EN 1995-1-1/NA:2013–08 mukaan. Vahvistaminen tehdään ensisijaisesti ruuveilla tai harvakierretangoilla kiinnikevalmistajan mitoitusohjelman mukaan. Vahvistaminen tehdään palkin yläreunan suunnasta.

Suurten reikien ympärille syntyviä halkeamia estetään palkin molemmin puolisella naulakiinnitteisellä havuvaneroinnilla.



Kuva D1 Suorakaidereikä liimapuupalkissa



Kuva D2 Pyöreä reikä liimapuupalkissa

Suurten reikien päätypuun leikkuupintojen kosteussuojakäsittelyllä estetään halkeamia aiheuttavaa nopeaa kuivamista.

Reikien toteutussuunnittelussa huomioidaan Versowood – *Työstöohjeistuksen* palkkityyppikohtaiset rajoitukset.