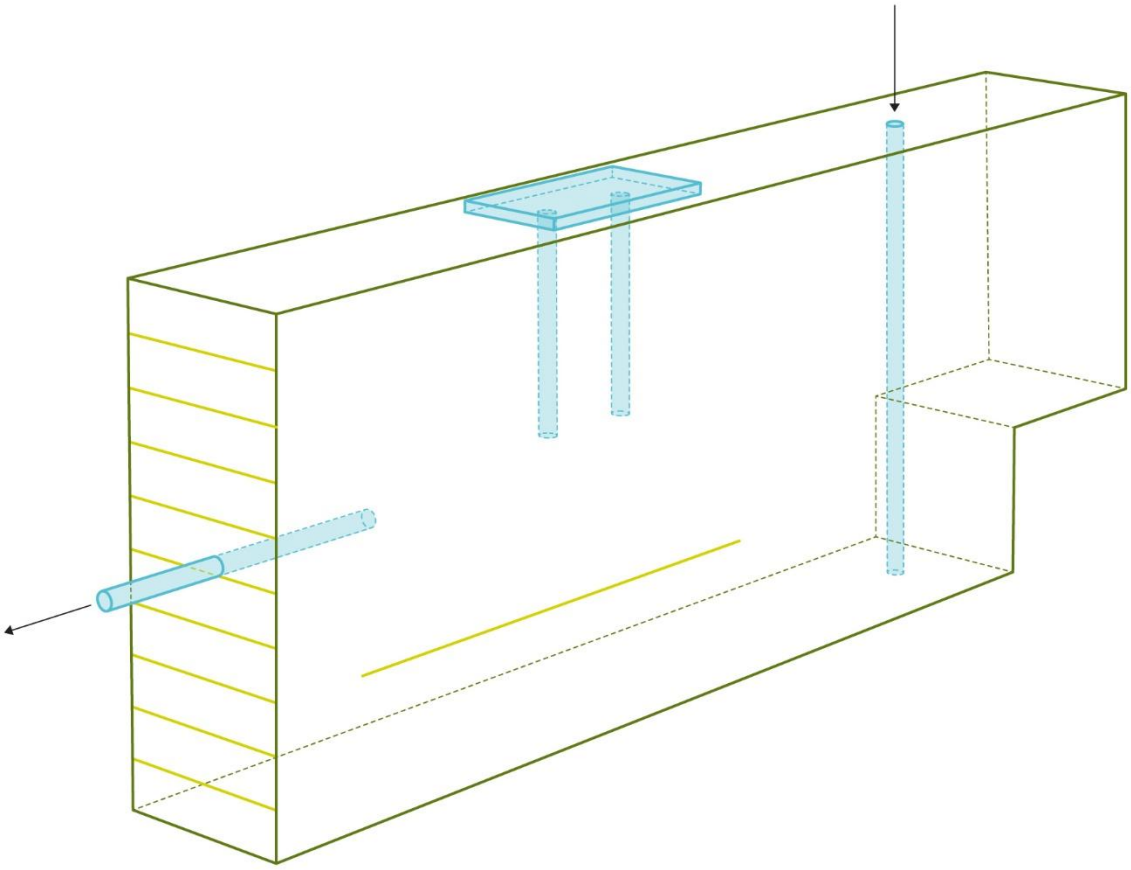
Suunnitteluohje – Liimatut kiinnikkeet

Versowood Oy
VW205 | FI 1.1
30.10.2026



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

Sisällysluettelo

1 Yleiskuvaus 3
2 Liitososan ominaisuudet 3
2.1 Rakenteellinen toiminta 3
2.2 Käyttöversiot 4
2.3 Liitoksen muokkaus 6
2.4 Käytön rajoitukset 7
2.5 Esivalmistus ja varustelu 7
3 Kestävyydet 8
3.1 Suunnitteluperusteet 8
3.2 Murtorajatilamitoitus 9
3.2.1 Kansiruuvikiinnikkeen mitoitus 10
3.2.2 Kierretankokiinnikkeen veto- ja puristusmitoitus 11
3.2.3 Leikkausmitoitus 15
3.2.4 Yhdistettyjen rasitusten mitoitus 15
3.3 Käyttörajatilamitoitus 15
3.4 Palotilannemitoitus 15
4 Suunnittelu 16
4.1 Suunnitteluohjeet 16
4.2 Mallisuunnitelmat 17
4.3 Materiaaliluettelot 17
5 Toteutus 17
6 Suunnittelun tukemme 18
6.1 Suunnittelutyökalut 18
6.2 Hyväksynnät 18
6.3 Ohjeet 18
7 Ohjeen revisiot 18
8 Liitteet 18
A. Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon mitoitus 19
A.1. Mallilaskelma. Syynsuunnassa vedetty kierretanko. 26
A.2. Mallilaskelma. Kohtisuoraan syynsuuntaan vedetty kierretanko. 27
B. Liimaamalla kiinnitetyn kansiruuvin mitoitus 30
B.1. Mallilaskelma. Syynsuunnassa vedetty kansiruuvi. 35
C. Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon ja kansiruuvin suunnitelmamerkinnät 39

1 Yleiskuvaus

Tässä ohjeessa esitetään Versowood liimapuutuotteissa käytettävien rakenteellisesti liimattavien kiinnikkeiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet. Useissa Versowood ratkaisukorteissa esitetään monipuolisesti erilaisia liimapuurakenteiden liitosratkaisuja liimattavien kiinnikkeiden käyttämiseksi, jonka lisäksi liimattavia kiinnityksiä voidaan käyttää tätä ohjetta noudattaen erilaisissa kohdekohtaisesti määritettävissä suunnitteluratkaisuissa.

Liimattavia kiinnikkeitä ovat porareikään liimattavat kierretangot ja kansiruuvit, joilla vahvistetaan liimapuurakennetta tai kiinnitetään liimapuuhun mm. metallisia liitososia. Tässä ohjeessa ei käsitellä rakenteellisella liimauksella tehtäviä puuosien kiinnityksiä.

Liimattavan kiinnityksen toteutuksen laadunvalvonta perustuu laadunvalvonnan sertifiointilaitoksen alkutarkastuksen mukaisen toteutuksen toistamiseen ja tuotantoeräkohtaiseen testausvarmennukseen. Tässä ohjeessa esitetyt toteutustavat sisältyvät varmennettuun toteutukseen. Uusien kiinnitysmateriaalien ja liimojen käyttöönottaminen edellyttävät valvottua tuotannon alkutarkastusta.

Tässä ohjeessa käytettävät liimapuun ominaisuudet ja toleranssit sekä laadunvalvonnan perusteet esitetään *Versowood – Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa.

Tässä ohjeessa esitetään suunnittelun ohjeita toteutuksen tueksi. Toimituskohteen vastuulliset suunnittelijat vastaavat ohjeen vaatimusten toteutumisesta toteutuskohteessa.

2 Liitososan ominaisuudet

Versowood valmistamien liimaamalla kiinnitettävien tankojen lujuustekniset ominaisuudet sekä suositellut suunnittelun mittatiedot esitetään tässä ohjeessa. Kohteen suunnittelija vastaa toteutussuunnittelussa käytettävien kiinnikkeiden määrittämisestä ja vaatimusten mukaisuuden täyttymisestä.

Tässä ohjeessa on esitetty Versowood suosittelemat liimattavat kiinnikkeet ja käytettävät suunnittelupituudet sekä näiden kapasiteetit eri käyttötapauksissa kiinnitettäessä GL30c liimapuuhun. Kohdesuunnittelussa voidaan hyödyntää ohjeen kapasiteetteja sekä muodostaa kohdekohtaisia ratkaisuja liitteissä esitettyjen mitoitusmenetelmien avulla.

Liimaamalla tehtävä kiinnitys toteutetaan liimaluokan II kaksikomponenttiliimalla Versowood työohjeiden mukaisesti. Käytettävät liimojen tyypit esitetään ohjeessa, mutta käytettävät liimaustuotteet määräytyvät Versowood käyttämän tuotetoimittajan mukaan. Liimattavissa kiinnityksissä käytetään tavanomaisesti epoksiliimoja (EP), jotka pyritään työsuojelullisista syistä tulevaisuudessa korvaamaan polyuretaaniliimoilla (PUR).

Liimaamalla tehtävien kiinnitysten työskentely- ja kuivumisajoista, sekä tarvittavista laadunvalvonnan testauksista johtuen, pienien dimensioiden ja kuormitusten yhteydessä on suositeltavaa käyttää mekaanisesti kiinnitettäviä kiinnikkeitä Versowood ratkaisukorttien ohjeiden mukaisesti.

2.1 Rakenteellinen toiminta

Liimaamalla tehdyn kiinnityksen rakenteellinen toiminta perustuu liimauksella saavutettavaan puumateriaalia vahvempaan tartuntaan, jolloin liimauksen murtotapana on sitkeä puusta murtuma. Myötäämiselle mitoitettavien tankojen mitoituskapasiteetteihin vaikuttavat liimapuun ja tangon materiaaliominaisuuksien lisäksi kiinnityksen suuntakulma syynsuunnasta, porareiän halkaisija ja tangon liimauspituus sekä rakenteen käyttöluokka ja kiinnikeryhmän keskinäisetäisyydet.

Liimapuun vahvistamisessa liimakiinnitys käsitellään puristettuna kiinnikkeenä ja varusteluosien kiinnityksessä ulkoisesta kuormitustapauksesta riippuen pääsääntöisesti

vedettynä ja/tai leikkauskuormitettuna kiinnikkeenä. Puristetut ja vedetyt kiinnikkeet mitoitetaan samoin ominaisuuksin tangon ja porareiän välisen liimasauman pinta-alan mukaan, jonka lisäksi vedetyissä kiinnikkeissä tarkastetaan tangon myötääminen haurasmurron estämiseksi. Päätypuuhun kiinnitettävien tankoina suositellaan lujuusluokan 5.8 kiinnikkeitä myötöehdon täyttymiseksi kohtuullisilla tankopituuksilla.

Lujuusteknisten ominaisuuksien lisäksi suunnittelussa tulee huomioida liimapuun kosteusteknisten muodonmuutosten vaikutus lopputilanteessa. Liimatun kiinnikkeen tartunta liimapuussa ei mukaudu liimapuun kosteuskutistuman mukaan, jonka takia pitkät tartunnat voivat aiheuttaa kuivamishalkeamia tartunnan päiden välille.

2.2 Käyttöversiot

Liimattavia kiinnikkeitä käytetään sekä liimapuun vahvistamiseen että varusteluosien kiinnittämiseen. Versowood suunnitteluohjeissa ja ratkaisukorteissa esitetään useita eri liimakiinnitysten käyttötapoja, kuten liimapuun tukipinta- ja leikkausvahvistukset sekä varusteluosien ja mastopilarikenkien kiinnitykset. Taulukossa 2.2 esitetään tavanomaisia liimattavien kiinnikkeiden käyttötapoja.

Liimaamalla kiinnittämällä saavutetaan suuremmat kapasiteetit kuin mekaanisilla ruuvikiinnikkeillä, joita suositellaan käytettäväksi pienempien kiinnitysten ja vahvistusten toteutuksessa.

Liimaruuvauksessa käytettävä kansiruuvi on aina **M19x500 (5.8)**. Kansiruuvi on käsittelemätön ja puhdistetaan puhaltamalla liimauksen tartunnan parantamiseksi.

Taulukossa 2.1 esitetään liimattavissa kiinnityksissä käytettävien kierretankojen varastoidut koot ja pituudet, joita suositellaan käytettäväksi. Versowood ei suosittele liimattavina kiinnikkeinä harjateräksen käyttämistä erillistankoina tai kokoonpanoissa.

Taulukko 2.1. Varastoidut kierretankoliittimet

Kierretanko	Tangon pituus			
	200 mm	330 mm	370 mm	500 mm
Varastoidut kierretankoliittimet (5.8)				
M16	X	X	X	X
M20	X	X	X	X
M24	X	X	X	X
Varastoidut kierretankoliittimet (8.8)				
M16	-	-	X	X
M20	-	-	X	X
M24	-	-	X	X

Kierretangot ovat kuumasinkittyjä (≥ 50 µm).

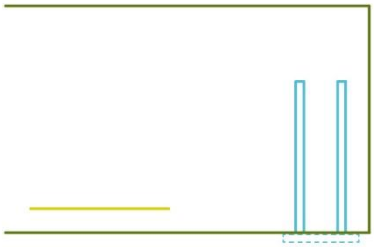
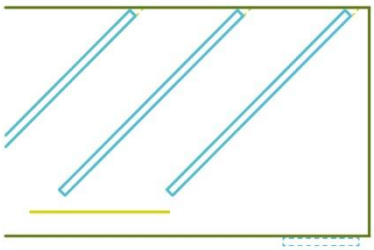
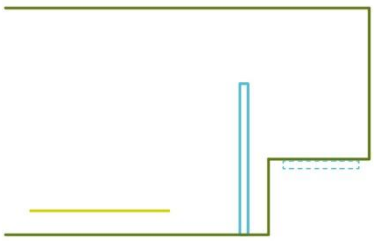
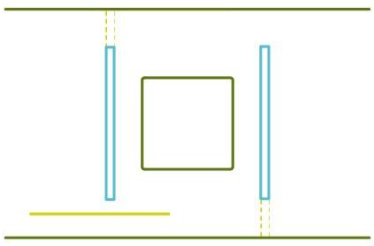
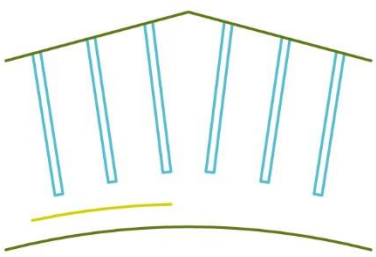
Muotopalkeille suositellaan enintään 370 mm tankoja työstökeskuksen mukaan. Syvemmät poraukset jatketaan käsityöstönä.

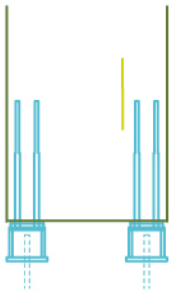
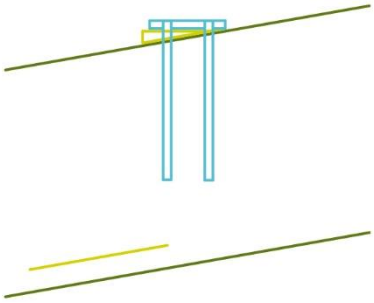
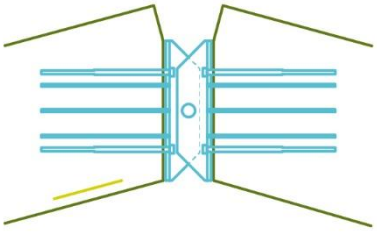
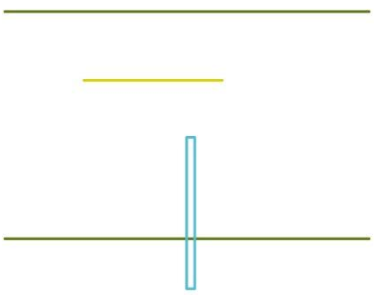
Muiden kierretankopituuksien käyttö kohdesuunnittelijan määrittelyn mukaan.

Yli 500 mm tartuntapituudella arvioitava kuivamishalkeamariski.

Versowood ratkaisukorteissa esitetään tankojen kiinnittämiseksi liimapuuhun tehtävien porareikien työstösyvyyksille pääsääntöisesti 50 mm pituusporrastus.

Taulukko 2.2. Liimattavien kiinnikkeiden tavanomaisia käyttötapoja

Käyttötapa	Kuva
Liimapuuvahvistukset	
Tukipintavahvistukset ○ Puristuskestävyyden parantaminen kohtisuoraan syynsuuntaan tuella ○ Irralliset tangot ja erillinen tukipainelevy ruuvikiinnitettynä ○ Mitoitus puristettuna tankona ○ Ei kiinnitysvoimia tukilevylle	
Leikkausvahvistus tuella ○ Tuki- tai pistekuormituksesta aiheutuva leikkausjännitys syynsuunnassa neutraaliakselin tasossa ○ Mitoitus vedettynä tankona	
Lovileikkausvahvistukset ○ Tukikuormituksesta aiheutuva leikkausjännitys syynsuunnassa loven tasossa ○ Mitoitus vedettynä tankona kohtisuoraan syynsuuntaan vaikuttavalle vetojännitykselle ○ Tartuntapituus loven tasosta lukien	
Reikävahvistukset ○ Kuormituksesta aiheutuva leikkausjännitys syynsuunnassa reiän nurkkien tasoissa ○ Mitoitus vedettynä tankona kohtisuoraan syynsuuntaan vaikuttavalle vetojännitykselle ○ Tartuntapituus reiän nurkan tasosta lukien	
Harjavahvistukset ○ Taivutusmomentista aiheutuvan kohtisuoraan syynsuuntaan vaikuttavan vetojännityksen aiheuttama halkeamariski syynsuunnassa ○ Vahvistusalueen pituus palkkityypin mukaan	

Varustelukiinnitykset	
Mastopilarikenkäkiinnitys ○ Liimaamalla kiinnitetty kansiruuvi ○ Mitoitus vedettynä liimatankona ○ Redusoitu kapasiteetti pienillä keskinäisetäisyyksillä ○ Puristettuna myös leikkausmitoitus	
Kiinnityslevykiinnitys ○ Teräslevyn tai varusteluosan sekä kierretankojen kokoonpanot ○ Mitoitus ulkoisille kuormille tapauskohtaisesti	
Nivelliitoskiinnitykset ○ Varusteltu kiinnityslevykokoonpano ○ Mitoitus vedettynä ja/tai leikattuna liimatankona ○ Liimatut kansiruuvit	
Ripustuskiinnitykset ○ Työmaalla tehtäville rakenneliitoksille ja talotekniikan kiinnityksille ○ Mitoitus vedettynä ja/tai leikattuna liimatankona	

2.3 Liitoksen muokkaus

Versowood varastoimat vakiokierretangot mitoituskapasiteetteineen esitetään tässä ohjeessa, joiden hyödyntäminen suunnitteluratkaisuissa ensisijaisena on suositeltavaa. Ratkaisukorteissa esitetään liimauksen porareikien työstösyvyyksiä, jotka vastaavat tankopituuksia ja tavanomaisia tangon pituuksia varusteluosien kiinnitystä varten. Porareikien ja tankojen pituuksissa pääsääntöisesti 50 mm pituusporrastus.

Liimakiinnitettävien kierretankojen koko ja pituus voidaan sovittaa kohdekohtaisesti noudattaen tässä ohjeessa määritettyjä koko ja ominaisuusvaihtoehtoja. Kohtisuoraan syynsuunnasta yli 500 mm tartuntapituuksilla kohteen suunnittelijan tulee arvioida riski kuivamishalkeamien syntymiselle.

Ohjeesta poikkeavien tankomateriaalien tai pituuksien toteutettavuus tulee varmistaa ennen toteutussuunnitelmien laatimista. Liimatuotteen tai tankomateriaalin vaihtaminen edellyttää laadunvalvonnan alkutarkastuksen ennen käyttämistä toteutuskohteissa.

2.4 Käytön rajoitukset

Liimaamalla tehtävä kiinnitykset soveltuvat käytettäväksi staattisille kuormille käyttöluokassa KL1 (lämpimät sisätilat) sekä käyttöluokassa KL2 (katetut ulkotilat), kun rakenteet pintakäsitellään käyttöluokan mukaisesti ja kosteudenhallinnassa noudatetaan *Versowood – Liimapuutoimituksen kosteudenhallintaohjetta*.

Käyttöolosuhteiden tasaantumiskosteuden tulee olla enintään 3 % pienempi kuin liimapuun kosteus tuotannossa on 12 % (± 2 %). Käyttöolosuhteiden ollessa toistuvasti tai jatkuvasti yli 30 °C tai tasaantumiskosteuden ollessa alle 9 %, tulee kohteen suunnittelijan huomioida liimapuudimension ja liitoksen mitoituksissa kuivamishalkeamien vaikutus kapasiteetteihin esim. käyttämällä ohuempia ja lyhyempiä tankoja.

Kiinnityksessä käytettävä liima soveltuu käytettäväksi enintään jatkuvassa 50 °C lämpötilassa.

Erityiset käyttöolosuhteet tulee käsitellä liimapuutoimituksen kaupallisessa vaiheessa ja merkitä suunnitelmissa.

Kohteen suunnittelija vastaa liimaamalla tehtävien kiinnitysten käyttämisestä käyttöluokassa 3 (säärasitukselle alttiit ulkorakenteet) sekä dynaamisten kuormitusten, jatkuvan sortuman ja muiden poikkeustilanteiden mitoituksesta ja suunnittelemisesta.

2.5 Esivalmistus ja varustelu

Tässä ohjeessa esitetyt ohjeet ja kapasiteetit pätevät vain tehtaalla Versowood laatujärjestelmän mukaisen *liimaruuvi- ja liimatankoliitosten valmistus- ja laadunvalvontaohjeen* mukaan toteutettuihin liimakiinnityksiin. Ohjeistuksen mukainen liimaus toteutetaan hallituissa olosuhteissa ja käytettävät materiaalit tarkastetaan ennen liimausta, jonka lisäksi jokainen liimauserä varmennetaan rinnakkaisella testauskappaleella.

Liimattavat kiinnitykset toteutetaan kohdekohtaisten tuotantosuunnitelmien mukaan. Kiinnitysten työstöt liimapuuhun tehdään pääasiassa työstökeskuksilla Versowood – *Työstöohjeen* mukaan, mutta myös tarvittaessa käsityöstöinä.

Liimattaviin kiinnityksiin liittyvät varusteluosat voidaan kiinnittää liimauksen yhteydessä tai tuotannon myöhemmässä vaiheessa tai työmaalla riippuen kohdekohtaisessa suunnittelussa tehtävistä ratkaisuvalinnoista. Ratkaisujen suunnittelussa tulee huomioida tuotantomenetelmiin liittyvät toteutusehdot:

- Kansiruuvikiinnityksessä varusteluosa kiinnitetään aina liimauksen yhteydessä lopulliseen asentoon, eikä ruuvia voi kiristää liiman avoimen ajan päätyttyä.
- Kierretankojen liimauksessa tangot asemoidaan suunnitelmien mukaiseen sijoitukseen työnaikaisten kiinnitysten avulla
- Kierretankoihin liittyvät varusteluosat kiristetään liiman lopullisen kovettumisen jälkeen
- Liimauksen yhteydessä kierretankoihin asennettavat varusteluosat kiinnitetään liimapuuhun erillisin puuruuvein

HUOM! Työmaalla toteutettavissa liimatuissa kiinnityksissä tulee noudattaa liimavalmistajan antamia työohjeita ja kapasiteetteja, jotka voivat poiketa merkittävästi tehdastoteutuksen ominaisuuksista.

Esivalmistuksen toteutustoleranssit esitetään Versowood – Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus asiakirjassa. Kohdesuunnittelussa tulee huomioida toleranssien vaikutus liimapuurakenteen tai varusteluosan toteutukseen.

3 Kestävyydet

Liimattujen kiinnitysten kestävyysominaisuudet määritetään suunnittelustandardin EN 1995 (Eurokoodi 5, puurakenteet), kansallisen puurakenteiden suunnitteluohjeen RIL 205 sekä testausperusteisen liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen menetelmin.

Tässä kappaleessa esitetään Versowood tuotannossa käytettävien kiinnikkeiden suunnitteluperusteet ja mitoituskapasiteetit liimaluokan II liimalla toteutettaville kiinnityksille käyttöluokissa KL1 ja KL2 kun käyttöolosuhteiden lämpötila on alle 50 °C.

Liimattava kiinnitys perustuu liiman puun lujuutta suurempaan tartuntaan kaikilla käytettävillä liimatyypeillä. Ohjeen liitteinä on esitetty tarvittavat mitoituslaskennan kaavat ja mallilaskelmat, joiden mukaan ohjeen kapasiteettitaulukot on laadittu.

Toteutuskohteen vastaava rakennesuunnittelija tarkastaa toteutussuunnittelussa tässä ohjeessa esitettyjen kestävyysmitoituksen perusteiden toteutumisen.

3.1 Suunnitteluperusteet

Liimaamalla kiinnitettävien tankojen ja kansiruuvien suunnittelussa huomioidaan taulukoissa 3.1 ja 3.2 esitettyjen materiaalien, toteutusluokkien sekä standardien ja ohjeiden vaatimukset.

Taulukko 3.1. Liitoksen materiaalit ja toteutus

Määritys	Kuvaus
Materiaalit ja toteutus	
5.8	Kansiruuvin lujuusluokka
5.8 ja 8.8	Kierretangon lujuusluokka
GL30c	Liimapuun lujuusluokka
TL3	Toteutusluokka (kts. *Versowood – Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus*)

Taulukko 3.2. Liitoksen suunnittelussa noudatettavat standardit ja ohjeet

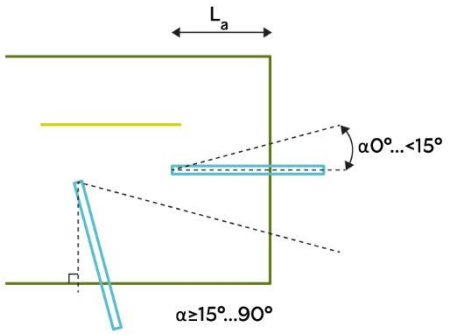
Standardi/ohje	Kuvaus
Suunnittelu	
SFS-EN 1993	Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu.
SFS-EN 1995	Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu.
RIL 205	Puurakenteiden suunnitteluohje (Eurokoodi 5) ○ Liimakiinnityksen suunnittelu
EUFI29-25000438-T1	Eurofins Expert Services Oy. ○ Lausunto; Liimaruuviliitosten suunnitteluohje
Liimapuu	
EN 14080	Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
Puurakenteiden toteutus	
SFS 5978	Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakenneosia koskevat säännöt.
Kiinnikkeet	
DIN 571	Kuusiokantaiset puuruuvit ○ Liimaruuvi, liimattava kansiruuvi
DIN 975 SFS-EN ISO 10684	Kiinnittimet. Kuumasinkkipinnoitteet. ○ Kierretanko

Liimaamalla kiinnitettävien varusteluosien vaatimukset määritetään kohdekohtaisissa suunnitelmissa. Versowood ratkaisukorteissa esitetään varusteluratkaisuja kohdesuunnittelun tueksi.

Versowood – *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjassa esitetään käytettävän liimapuun ominaisuudet ja toleranssit sekä laadunvalvonnan perusteet.

3.2 Murtorajatilamitoitus

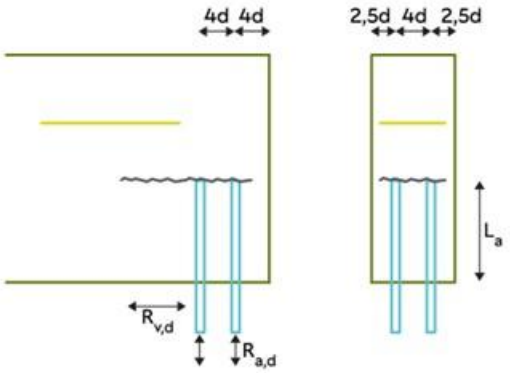
Liimakiinnitykset mitoitetaan murtorajatilassa suunnittelustandardin EN 1995 ja kansallisen suunnitteluohjeen RIL 205 sekä liimaruuviliitosten suunnitteluohjeiden mukaan. Kohdesuunnittelija määrittää liimakiinnitykseen kohdistuvat kuormitukset. Versowood ratkaisukorteissa esitetään malleja käyttöratkaisuista ja kuormitusten määrittämisestä.



Kuva 3.1 Liimattujen kiinnikkeiden suuntakulmat

Liitoskapasiteetin mitoituksesta tarkastetaan liimaamalla kiinnitettävän terästangon vetolujuuden lisäksi tangon tartuntalujuuskapasiteetti puusta vedolle. Vetorasitettu liitos mitoitetaan sitkeänä liitoksena määrittämällä liimattavan tangon tartuntapituus L_a riittävän pitkäksi, jolloin tanko myötää ennen liimasauman tartuntalujuuden pettämistä.

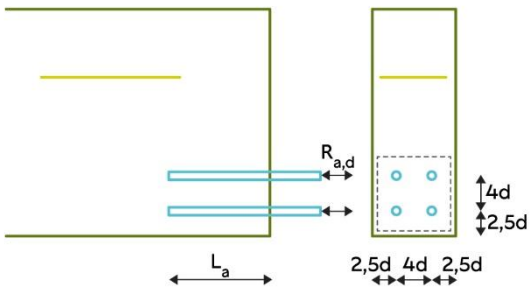
Puristuskuormitetun liimatun tangon kapasiteetti määritetään kuten vedetyn ilman myötötarkastelua. Tulevassa suunnittelustandardipäivityksessä *FprEN 1995-1-1:2025* esitetään liimaamalla kiinnitettävän puristetun tangon nurjahdustarkastelu.



Kuva 3.2 Kohtisuoraan syynsuuntaan vedetty tankoryhmä

Liimaukselle määritetään ominaistartuntalujuus tangon tartuntapituuden ja porareiän halkaisijan mukaan, jonka lisäksi tangon kapasiteettiin vaikuttavat rakenteen käyttö- ja aikaluokat sekä tartunnan suuntakulma liimapuun syynsuuntaan nähden.

Liimauksen ominaistartuntalujuutta pienennetään päätypuukiinnityksen suuntakulmalla $\alpha = 0° < 15°$ syynsuunnasta lineaarisesti interpoloimalla Liite A mukaan.



Kuva 3.3 Syynsuunnassa vedetty tankoryhmä päätypuussa

Vetokuormitetuissa liitoksissa liitosalueen murtuminen tarkastetaan;

a) kohtisuoraan syitä vastaan vedetyissä liitoksissa puun halkeaminen liimattujen tankojen päiden tasolla (kuva 3.2)

b) päätypuuliitoksissa lohkeamismurtuminen (kuva 3.3)

Liimatun kiinnikkeen tai kiinnikeryhmän reuna- ja keskinäisetäisyyksien tulee täyttyä esitettyjen kapasiteettien toteutumiseksi.

Liimatun kiinnikkeen leikkauskapasiteettien määrittäminen tarkentuu suunnittelustandardin päivittyessä. Tässä ohjeessa on esitetty leikkausmitoituksen periaatteet.

Liimaamalla tehtävien kiinnitysten laskentakaavat ja esimerkkimitoitukset esitetään kierretankojen osalta Liitteessä A ja kansiruuvien osalta Liitteessä B.

Murtorajatilamitoituksessa käytetään liimapuun mitoituslujuuden määrittämisessä suunnittelustandardin kansallisen määrittelyn mukaisesti osavarmuuskerrointa 1,3 (liitokset).

3.2.1 Kansiruuvikiinnikkeen mitoitus

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin mitoitus perustuu Eurofins Expert Service Oy laatimaan lausuntoon *Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi*.

Taulukossa 3.3 esitetään yksittäisen liimaamalla kiinnitetyn vetorasitetun kansiruuvin kapasiteetti eri käyttöluokissa ja kuormituksen aikaluokissa.

Taulukko 3.3. Liimaamalla kiinnitettävän vetorasitetun kansiruuvin tartuntakapasiteetti

Käyttöluokka	Kuormituksen aikaluokka		
	Pysyvä k_{mod} = 0,6	Pitkäaikainen k_{mod} = 0,8	Hetkellinen k_{mod} = 1,1
Kansiruuvin tartuntakapasiteetti $R_{ax,d}$ [kN]			
1	39,0	52,0	71,0
2	31,0	41,0	57,0
Kansiruuvin ominaismyötökapasiteetti $R_{y,k}$ [kN]			
-	101,0 kN		
Epoksiliimauksen tartuntakestävyys $R_{ax,k}$ [kN]			
-	84,0 kN		
Kansiruuvi M19x500 (5.8), tartuntapituus L_a 490 mm Varusteluosan pohjalevyn vaikutus tartuntapituuteen huomioidaan toteutuvan tartuntapituuden suhteella kapasiteetin tartuntapituuteen (L_a/490)			

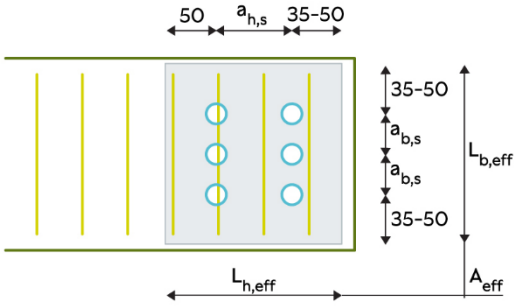
Liimaamalla kiinnitettyjen kansiruuvien liitosryhmän mitoituksessa vetokapasiteettia pienennetään liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen mukaisesti, kun reuna- ja keskinäisetäisyydet alittavat suunnittelustandardissa EN 1995 kiinnikkeille määritetyt vähimmäisetäisyydet. Taulukossa 3.4 ja kuvassa 3.4 esitetään kansiruuvikiinnikkeiden reuna- ja keskinäisetäisyydet taulukoissa 3.3 ja 3.5 esitetyille kapasiteeteille.

Taulukko 3.4. Kansiruuviliitosryhmän suunnittelun mittatiedot

Kuormituksen aikaluokka	Reunaetäisyys $a_{b,c}$, $a_{h,c}$,	Keskinäisetäisyys	
		$a_{b,s}$	$a_{h,s}$
Kansiruuviliitosryhmän vähimmäiskiinnikevälit (Liimaruuviliitosten suunnitteluohje)			
Pysyvä, pitkäaikainen	35 mm	60 mm	75 mm
Hetkellinen	35 mm	50 mm	65 mm
Yleiset vähimmäiskiinnikevälit (EN 1995)			
Kaikki aikaluokat	50 mm	100 mm	100 mm
Porareikä D20 kansiruuvin sileän osan pituudella ja D16 ruuvikierteen pituudella.			

Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen mukaisesti kansiruuvien keskinäisetäisyyksiä $a_{b,s}$ ja $a_{h,s}$ voidaan pienentää aina 40 mm keskinäisetäisyyteen tapauskohtaisen mitoitusvetokuoman mukaan tehtävän lohkeamismurtumatarkastelun perusteella.

Tarkastelussa liimapuun päädyn tehollisen vetovyöhykkeen syynsuuntaisen vetolujuuden kapasiteetin tulee olla mitoitusvetokuormaa suurempi. Kuvassa 3.4 esitetään tehollisen vetovyöhykkeen pinta-alan bruttoalan määrittäminen, josta vähennetään liimaruuvimäärän mukaan 16 mm porareikää vastaava á 200 mm² pinta-ala.



Kuva 3.4 Kansiruuviliitosryhmän mittatiedot

Taulukossa 3.5 esitetään yksittäisen liimaamalla kiinnitetyn puristuskuormitetun kansiruuvin kapasiteetti eri kuormituksen aikaluokissa. Leikkauskuormitettuina huomioidaan ainoastaan puristetut kiinnikkeet, jotka sijaitsevat vähintään 0,5*h etäisyydellä palkin kuormitetusta reunasta. Vetokuormitetulle kansiruuville ei huomioida leikkauskapasiteettia.

Taulukko 3.5. Liimaamalla kiinnitettävän puristetun kansiruuvin leikkauskapasiteetti

Kansiruuvi	Kuormituksen aikaluokka		
	Pysyvä k_{mod} = 0,6	Pitkäaikainen k_{mod} = 0,8	Hetkellinen k_{mod} = 1,1
Puristetun kansiruuvin leikkauskapasiteetti $R_{v,d}$ [kN]			
M19x500 (5.8)	5,5	7,3	10,0
Kapasiteetti yhdelle kiinnikkeelle, kun etäisyys poikkileikkauksen leikkauskuormitetusta reunasta≥ 0,5 h ja ruuvien keskinäisetäisyys $a_h \geq a_{h,s}$. Pienemmällä keskinäisetäisyydellä kapasiteettia pienennetään kertoimella d_s / a_s kuormituksen suunnassa. Käyttöluokat KL1 ja KL2.			

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin mitoituksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään Liitteessä B.

3.2.2 Kierretankokiinnikkeen veto- ja puristusmitoitus

Pituussuunnassa kuormitetun liimaamalla kiinnitettävän kierretangon mitoituksessa noudatetaan Suomen kansallista puurakenteiden suunnitteluohjetta RIL 205. Liimauksen ominaistartuntalujuus määritetään tangolle poratun halkaisijan ja puun sisään tulevan tangon pituuden mukaan ilman vähennyksiä.

Käyttöratkaisusta riippuen tangon mitoittava tartuntapituus voi poiketa porattavan reiän pituudesta ja/tai tangon pituudesta.

Vetomitoitettava kierretanko valitaan kohteen suunnittelijan määrittämälle mitoituskuormitukselle siten, että tangon tai tankoryhmän vetokapasiteetti $R_{a,d,Tt}$ on suurempi kuin kuormitus F_d. Valitun kierretankokoon tartuntapituuden tulee olla vähintään taulukossa 3.7 esitetty pituus huomioiden tangon lujuusluokka ja rakenteen käyttöluokka.

Vetokuormitettavien liimakiinnitettyjen kierretankojen tai -ryhmien päätypuuhun syynsuunnassa vedetyn kiinnikkeen lohkeamamurto ja kohtisuoran syynsuuntaan vedetyn kiinnikkeen puun halkeaminen tarkastetaan mitoitustilanteen mukaan.

Yksittäisellä liimaamalla kiinnitetyllä tangolla lohkeamamurto ei toteudu, kun taulukossa 3.9 esitetty reunaetäisyys 2,5 d toteutuu. Liimakiinnitetyllä tankoryhmällä lohkeamamurtoehdon täyttäminen voi edellyttää liimatankojen keskinäisvälin kasvattamista.

Liimakiinnityksessä käytettävien kierretankojen mitoitusominaisuudet lujuusluokissa 5.8. ja 8.8 esitetään taulukossa 3.6. Vetokapasiteettitarkastelujen mitoituskaavat ja mallilaskelmat esitetään Liitteessä A.

Taulukko 3.6. Vetokuormitettujen kierretankojen mitoituskapasiteetit ja materiaaliominaisuudet

Kierretanko	Nimellinen jännitysala	Vetokapasiteetti $R_{a,d,Tt}$	
		5.8	8.8
Kierretankojen mitoitusominaisuudet			
M8	36,6 mm²	14,6 kN	23,4 kN
M10	58,0 mm²	23,2 kN	37,1 kN
M12	84,3 mm²	33,7 kN	54,0 kN
M16	157 mm²	62,8 kN	100,5 kN
M20	245 mm²	98,0 kN	156,8 kN
M24	353 mm²	141,2 kN	225,9 kN
Kierretankojen materiaaliominaisuudet			
Murtolujuus		500 N/mm²	800 N/mm²
Myötölujuus		400 N/mm²	640 N/mm²
Tangon vetokapasiteetit ovat samat kaikissa käyttöluokissa. Teräksen osavarmuuskerroin vetomitoituksessa $\gamma_m = 1{,}0$.			

Vetokuormitettujen liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen vähimmäistartuntapituudet esitetään taulukossa 3.7 käyttöluokissa 1 ja 2. Vetomitoituksen myötöehdon takia kaikki syynsuunnat eivät ole mahdollisia korkeamman lujuusluokan kierretangolla. Tartuntapituudet määritetään Versowood työstöratkaisujen mukaan 50 mm pituusporrastuksella.

Taulukko 3.7. Vetomitoitettavien kierretankojen vähimmäistartuntapituudet

Kierretanko	Vähimmäistartuntapituus $L_{a,min}$			
	5.8		8.8	
	α 0°	α ≥ 15°–90°	α 0°	α ≥ 15°–90°
Liimakiinnityksen vähimmäistartuntapituus vetokuormitukselle [mm], käyttöluokka 1				
M8	250 mm	200 mm	-	300 mm
M10	300 mm	200 mm	-	450 mm
M12	350 mm	250 mm	-	500 mm
M16	500 mm	350 mm	-	800 mm
M20	600 mm	400 mm	-	1000 mm
M24	-	500 mm	-	1200 mm
Liimakiinnityksen vähimmäistartuntapituus vetokuormitukselle [mm], käyttöluokka 2				
M8	350 mm	200 mm	-	-
M10	-	300 mm	-	-
M12	600 mm	300 mm	-	-
M16	-	450 mm	-	-
M20	-	550 mm	-	-
M24	-	650 mm	-	-

Keskipitkä kuormitus k_{mod} = 0,8. Tartuntalujuuden osavarmuus γ_m = 1,3.

Tartuntapituus suuntakulmalla α = 0°–15° interpoloidaan Liitteen A kaavalla.

Tartunnan porareikä puussa taulukon 3.9 mukaan. Puun lohkeaminen tai halkeaminen tarkastettava.

- Ei mahdollinen (myötöehto ei täyty liimakiinnityksen mitoituskapasiteetilla)

Taulukossa 3.8 esitetään puristusmitoitettavan kierretangon kapasiteetit tartuntapituuden ja tangon mitoituslujuuden mukaan käyttöluokissa 1 ja 2.

Taulukko 3.8. Puristusmitoitettavien kierretankojen puristuskestävyydet ja mitoituskapasiteetit liimakiinnityksen tartuntapituuksien mukaan

Kierretanko	Tartuntapituus L_a [mm]							$R_{a,d,Tc}$
	200	250	300	350	370	450	500	
Liimakiinnityksen tartuntakapasiteetti $R_{ad,w}$ [kN], käyttöluokka 1								
M8 5.8	*	*	*	*	*	*	*	13,3
M10 5.8	*	*	*	*	*	*	*	21,1
M12 5.8	*	*	*	*	*	*	*	30,7
M16 5.8	44,0	53,0	*	*	*	*	*	57,1
M20 5.8	56,5	68,7	80,1	*	*	*	*	89,1
M24 5.8	69,1	84,4	99,0	112,7	118,0	*	*	128,4
M8 8.8	18,8	*	*	*	*	*	*	21,3
M10 8.8	24,1	28,3	31,7	*	*	*	*	33,7
M12 8.8	31,4	37,3	42,4	46,7	48,2	*	*	49,0
M16 8.8	44,0	53,0	61,3	68,7	71,5	81,3	86,4	91,3
M20 8.8	56,5	68,7	80,1	90,7	94,7	109,6	117,8	142,5
M24 8.8	69,1	84,4	99,0	112,7	118,0	137,8	149,2	205,4
Liimakiinnityksen tartuntakapasiteetti $R_{ad,w}$ [kN], käyttöluokka 2								
M8 5.8	*	*	*	*	*	*	*	13,3
M10 5.8	19,3	*	*	*	*	*	*	21,1
M12 5.8	25,1	29,8	*	*	*	*	*	30,7
M16 5.8	35,2	42,4	49,0	55,0	*	*	*	57,1
M20 5.8	45,2	55,0	64,1	72,6	75,8	87,7	*	89,1
M24 5.8	55,3	67,5	79,2	90,2	94,4	110,3	119,4	128,4
M8 8.8	15,1	17,3	18,8	19,8	20,0	19,8	18,8	21,3
M10 8.8	19,3	22,6	25,3	27,4	29,3	29,9	30,2	33,7
M12 8.8	25,1	29,8	33,9	37,4	38,6	42,4	44,0	49,0
M16 8.8	35,2	42,4	49,0	55,0	57,2	65,0	69,1	91,3
M20 8.8	45,2	55,0	64,1	72,6	75,8	87,7	94,2	142,5
M24 8.8	55,3	67,5	79,2	90,2	94,4	110,3	119,4	205,4

Liitosten suuntakulma α =0°–90°

Keskipitkä kuormitus k_{mod}=0,8. Tartuntalujuuden osavarmuus γ_m=1,3.

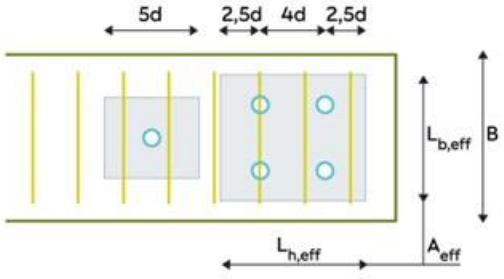
Teräksen osavarmuuskerroin puristusmitoituksessa γ_m=1,1.

Tartunnan porareikä puussa taulukon 3.9 mukaan.

* Kapasiteettina $R_{a,d,tc}$ (tartuntalujuus suurempi kuin tangon puristuskestävyys)

Taulukossa 3.9 ja kuvassa 3.5 esitetään kierretankojen reuna- ja keskinäisetäisyydet sekä porareikäkoot taulukoissa 3.6 ja 3.8 esitetyille kapasiteeteille sekä taulukossa 3.7 esitetyille vähimmäistartuntapituuksille.

Liimapuun päätypuun syynsuunnassa vetorasitettujen tankojen ja tankoryhmien tehollisen vetovyöhykkeen syynsuuntaisen vetolujuuden kapasiteetin tulee olla mitoitusvetokuormaa suurempi. Kuvassa 3.5 esitetään tehollisen vetovyöhykkeen pinta-alan bruttoalan A_{eff} määrittäminen reuna- ja keskinäisetäisyyksien perusteella, josta vähennetään kiinnikkeiden porareikien pinta-ala.



Kuva 3.5 Kierretankoliitosryhmän mittatiedot

Yksittäisen kiinnikkeen tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala kaikissa suunnissa on sallittu reunaetäisyys, eli 5d x 5d = 25d² vähennettynä porareiän pinta-alalla. Eri tankojen pinta-alat eivät voi olla päällekkäin, vaan limittyvät tehollisetalat puolitetaan tankojen kesken. Tässä ohjeessa esitettyjen yksittäisten liimaamalla kiinnitettyjen tankojen mitoituksessa lohkeamismurtuma ei ole mitoittava. Tarvittaessa tankojen keskinäisetäisyyttä kasvatetaan. Toteutussuunnittelussa tehollisen vetovyöhykkeen toteutuminen tulee varmistaa mm. risteävien työstöjen suunnittelussa.

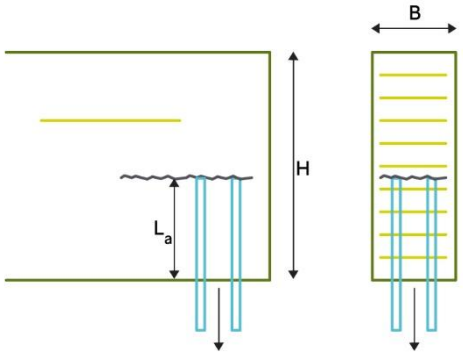
Taulukko 3.9. Kierretankoliitosryhmän suunnittelun mittatiedot

Kierretanko	Reunaetäisyys 2,5 d	Keskinäisetäi-syys 4 d	Porareikä ≤1,25 d	Porareiän pinta-ala
Kierretankoliitosryhmän mittatiedot				
M8	20 mm	32 mm	10 mm	79 mm²
M10	25 mm	40 mm	12 mm	113 mm²
M12	30 mm	48 mm	15 mm	177 mm²
M16	40 mm	64 mm	20 mm	314 mm²
M20	50 mm	80 mm	25 mm	491 mm²
M24	60 mm	96 mm	30 mm	707 mm²
Vetokuormitettujen liimalla kiinnitettyjen tankojen lohkeamistarkastelu mitoituskuormitukselle voi edellyttää keskinäisetäisyyksien kasvattamista. Tehollisen vetovyöhykkeen määrittämisessä suurin huomioitava keskinäisetäisyys 5d. Taulukossa esitetty porareikäkoot epoksiliimauksessa.				

Liimapuun sivu- tai lapepinnalle kiinnitettävien kohtisuoraan syynsuunnassa vetorasitetuista tangoista ja tankoryhmistä tangon päädyn tasossa syntyvä puun halkeaminen tarkastetaan kiinnitettävän tangon päädyn tasossa tapauskohtaisesti mitoitusvetokuormalle $F_{t,90,d}$.

Yksittäisen tangon ja tankoryhmien halkeamiskapasiteetti lasketaan palkin kokonaisleveyden mukaan.

Kuvassa 3.6 esitetään halkeamatarkastelun mittatiedot.



Kuva 3.6 Kohtisuoraan syynsuunnassa vedetyn kiinnityksen mittatiedot

3.2.3 Leikkausmitoitus

Liimapuun sivu- ja lapepinnalle suuntakulmalla α =15°-90° syynsuunnasta liimattavien kiinnikkeiden leikkauslujuuden määrittämisessä sovelletaan EN 1995 mukaisia yksileikkeisen pulttiliitoksen kaavoja, joissa puun paksuutena käytetään liimatun kiinnikkeen tartuntapituutta.

Liimapuun päätypuuhun syynsuuntaan liimattavien kierretankojen leikkauslujuuden määrittämiseksi ei voimassa olevassa suunnittelustandardissa tai muissa ohjeissa esitetä puun reunapuristuslujuutta, jonka avulla leikkausmitoituksen voi tehdä. Suunnittelustandardin tulevassa päivityksessä *FprEN 1995-1-1:2025* esitetään leikkausmitoitus syynsuuntaiselle liimatulle kiinnitykselle. Kohteen suunnittelija voi oman harkinnan mukaan hyödyntää standardin esiversiota leikkausmitoittamisessa, kun koko liitoksen mitoitus tehdään esistandardin mukaan (Huom. poikkeamia myös vetokapasiteettilujuuden määrittämisessä).

3.2.4Yhdistettyjen rasitusten mitoitus

Mitoitettaessa pituussuuntaisesti ja leikkauskuormitettuja kiinnikkeitä, tarkastetaan yhdistettyjen rasitusten kapasiteetti EN 1995 mukaisesti sileiden tankojen yhdistettyjen rasitusten ehdon toteutuminen Liitteen A laskentaesimerkin mukaan.

Suunnittelustandardin tulevassa päivityksessä *FprEN 1995-1-1:2025* esitetään yhdistettyjen rasituksen tarkastelulle tarkempia ehtoja, joissa huomioidaan myös erilaiset murtotavat. Kohteen suunnittelija voi oman harkinnan mukaan hyödyntää standardin esiversiota, kun koko liitoksen mitoitus tehdään esistandardin mukaan

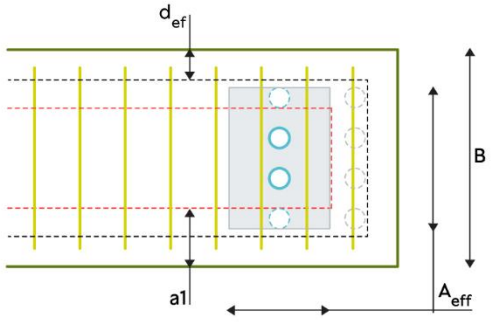
3.3 Käyttörajatilamitoitus

Liimatanko- ja ruuvikiinnityksien osalta ei ole käyttörajatilan siirtymien tarkasteluvaatimuksia.

Suunnittelustandardin tulevassa päivityksessä *FprEN 1995-1-1:2025* esitetään liimakiinnityksen siirtymäkertoimen k_{ser} kaava erityistilanteiden tarkasteluja varten.

3.4 Palotilannemitoitus

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin palomitoituksessa noudatetaan Eurofins Expert Service Oy laatimaa lausuntoa *Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi*. Taulukossa 3.10 esitetään ohjeen mukaan määritetty liimapuupalkin vähimmäispaksuus sekä vähimmäisreunaetäisyys palotilanteessa hyödynnettäville kansiruuveille.



Kuva 3.7 Kansiruuviliitosryhmän mittatiedot palotilanteessa

Kansiruuvin kapasiteetit määritetään murtorajatilalaskennan kaavoilla huomioiden palotilanteen aikaluokka ja osavarmuuskertoimet EN 1995 osan 1–2 mukaan, sekä hiiltymän vaikutus tehollisen vetovyöhykkeen pinta-alaan. Kuvassa 3.7 esitetään palotilanteessa teholliset liimatut kansiruuvit, joiden keskilinja sijaitsee palkin keskellä vähintään reunaetäisyyden *a1* päässä palkin pinnasta. Palotilanteessa toimivien kansiruuvirivien määrä määrittää käytettävän reunaetäisyyden liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen mukaisesti. Liitoksen muotoilulla ja liimattavien kansiruuvien sijoituksella palkin päädyssä voidaan vaikuttaa palotilanteessa toimivien kansiruuvien määrään. Tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala määritetään taulukon 3.4 reunaetäisyyden mukaan huomioiden palonkestoajan mukainen liimapuun tehollinen poikkileikkaus nimellishiiltymänopeudella $d_{char,n}$, joka huomioi suorakulmaisen poikkileikkauksen kulmapyöristykset ja halkeamien vaikutukset.

Taulukko 3.10. Liimaamalla kiinnitetyn kansiruuvin mittatiedot palotilanteessa.

Palonkesto	Reunaetäisyys a1 (1 rivi)	Reunaetäisyys a1 (2 riviä)	Palkin paksuus B
Kansiruuvin palotilanteen reunaetäisyys *a1* ja vähimmäispaksuus [mm]			
R30	66 mm	58 mm	≥ 165 mm
R60	103 mm	-	≥ 215 mm
	103 mm	88 mm	≥ 240 mm
Käytettävän liiman lämpötilankestävyys on vähintään 50 °C. Mitat palosuojaamattomalle liimapuulle.			

Liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen palotilanteen mitoitukselle ei voimassa olevassa suunnittelustandardissa tai muissa ohjeissa esitetä suunnitteluohjeita. Kohteen suunnittelija voi oman harkinnan mukaan hyödyntää kansiruuvin palotilanteen mitoitusohjetta kierretankojen palotilanteen mitoituksessa.

Palotilanteen mitoituslaskennan kaavat ja mallilaskelma esitetään Liitteessä B.

4 Suunnittelu

Versowood ratkaisukorteissa esitetään useita erilaisia liimakiinnitysten käyttöratkaisuja. Näiden lisäksi liimaruuveja ja kierretankoja voidaan käyttää tätä ohjetta noudattaen erilaisissa kohdekohtaisesti määritettävissä suunnitteluratkaisuissa. Ratkaisukorteissa on esitetty tarkemmin varusteluosien toteutustapoja huomioitavaksi suunnitelmissa.

Liimaamalla kiinnitettäviin tankoihin liitettävien varusteluosien suunnittelussa on suositeltavaa käyttää esivalmistettuja teräskokoonpanoja tai kierreliitoksia varustelujen hitsauskiinnitysten sijaan. Liimaus ei vaurioidu hitsauksen lämpötilasta, mutta hitsauksen lämmittämän teräsosan lämpötila voi nousta puun syttymislämpötilan 250–300°C tasolle aiheuttaen hiiltymää puun ja teräsosan välille.

Varusteluosien ja kiinnityslevyjen kierretankotartunnat suunnitellaan teräslevyyn kierreliitoksella hitsauskiinnitysten sijaan. Hitsauksen aiheuttamien teräsosien lämpömuodonmuutosten (esim. teräslevyn käyristyminen) takia hitsatut harjaterästartunnat eivät usein vastaa liimattavan kiinnityksen toleransseja.

Liimattavan kiinnikkeen asennuksen porareiän halkaisija on suurempi kuin kiinnikkeen nimellishalkaisija. Porareiän halkaisija vaihtelee käytettävän liiman mukaan, mutta tulee olla enintään 1,25 d. Versowood työstökeskusten vakioporaushalkaisijat kierretankoille ja kansiruuville on esitetty taulukoissa 3.4 ja 3.9. Yleisistä suunnitteluohjeista poiketen porareikien syvyys suunnitellaan tangon pituuden mukaan ilman lisäpituutta.

Liimaamalla kiinnitettäviä kierretankoja käytetään sellaisenaan liimapuun vahvistuksissa lovien ja reikien yhteydessä sekä liimapuun sisäisten jännitysten aiheuttamien halkeamariskien hallitsemiseksi.

Suunnittelussa tulee huomioida liimapuun tasaantumiskosteus käyttöolosuhteissa kuivamisesta aiheutuvien halkeamien välttämiseksi.

4.1 Suunnitteluohjeet

Liimaamalla tehtävät kiinnitykset ovat osa Versowood vakioliitosratkaisuja, joita esitetään liitosten ratkaisukorteissa.

Toteutettaessa liimakiinnitys erillisenä liimapuun varusteluna, noudatetaan tässä ohjeessa esitettyjä mitoituksia sekä Versowood –*Liimapuuhallit* suunnitteluohjeen liitteen mallisuunnitelmia.

Erillisenä varusteluna tehtävälle liimakiinnitykselle ei ole Tekla Structures mallinnustyökalua.

4.2 Mallisuunnitelmat

Ohjeen liitteenä esitetään mallisuunnitelmat liimattujen kiinnikkeiden esittämisestä liimapuurakenteen kokoonpanosuunnitelmassa kohdesuunnittelua varten. Mallisuunnitelmat eri tiedostomuodoissa on ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

Ohjeessa esitetty ratkaisu suunnitteluperusteineen on voimassa noudatettaessa mallisuunnitelmissa esitettyä toteutustapaa materiaaleineen.

Liimattujen kiinnikkeiden yhdistäminen konepajavalmisteisiin kokoonpanoihin, kuten mastopilarikenkiin tai kiinnityslevyihin esitetään Versowood ratkaisukorteissa. Kohdekohtaisissa ratkaisuissa noudatetaan ratkaisukorttien mukaisia toteutustapoja.

4.3 Materiaaliluettelot

Liimapuukokoonpanot varusteluineen mallinnetaan riittävällä tarkkuudella mallista laadittavia elementti- ja materiaaliluetteloja varten huomioiden Versowood – *Liimapuuhallit* suunnitteluohjeen liitteenä olevien mallisuunnitelmien ja -luetteloiden tietosisällöt. Kohdekohtaiset, tehdasasennetut ja työmaatarvikkeet erottelevat luettelot on helppo laatia Tekla Structures ohjelman Versowood mallinnustyökaluilla ja luettelopohjilla.

5 Toteutus

Liimaamalla kiinnittäminen tehdään liimapuuhun porattuun tuotantosuunnitelman mukaiseen reikään, jonka halkaisijat vakiotangoille esitetään taulukoissa 3.4 ja 3.9. Porareikä puhdistetaan ennen liimausta.

Liimaluokan II kaksikomponenttiliimaus tehdään painosuhteiden mukaan esisekoitetulla liimaerällä tai kaksoispatruuna puristimella, jossa sekoitussuhde muodostuu liimavalmistajan sekoitussuuttimella. Liiman alhainen viskositeetti parantaa liiman imeytymistä puuhun, jonka vuoksi liimaa annostellaan porareikään reilusti. Juokseva liima voi puun halkeamista valua muihin työstöihin sekä työntää kiinniketankoja ulos porareiästä. Tanko keskitetään reikään liimauksessa. Erillisten kiinnitysten työstövälin tulee olla vähintään 5 kertaa kiinnitettävän tangon halkaisija (min. 60 mm).

Liimauksen toteutus jakautuu kolmeen aikajaksoon, liimaustyöskentelyn avoin aika, sekä liiman kovettumisaika ja jälkikovettumisaika määrittyvät käytettävän liiman ja olosuhteiden mukaan. Liiman kovettumisaikana liimaus rauhoitetaan kaikilta toimenpiteiltä ja jälkikovettumisaika liimapuun tulee olla liimatoimittajan ohjeen mukaisessa olosuhteessa ilman sauman kuormittamista.

Liimausolosuhteiden tulee olla vähintään +17°C lämpötila ja ilmankosteutta hallitaan liimapuutuotanto-olosuhdevaatimusten mukana. Korkea lämpötila lyhentää kaikkia liimauksen aikajaksoja. Liimakiinnityksen lopullinen lujuus saavutetaan 20–50 tunnissa liimauksesta. Liimapuun kosteus tuotannossa on 12 % (± 2 %).

Liimalla kiinnitettäviin kierretankoihin asennettavat varusteluosat kiinnitetään liiman kovettumisen jälkeen ja kansiruuvilla kiinnitettävät varusteluosat liimauksen yhteydessä. Liimapuun päätypuu voidaan kosteussuojata ennen kiinnitystä erillisellä suojakäsittelyllä tai liimauksen yhteydessä samalla liimalla. Teräsosien ja kiinnitystavan suunnitteluohjeistukset esitetään Versowood liitosten ratkaisukorteissa.

Laadunvalvonta

Laadunvalvonta perustuu Ympäristöministeriön liimakiinnitysten varmennustodistuksen arviointiperusteisiin, jonka perusteella laadunvalvonnan sertifiointilaitos on tarkastanut *liimaruuvi- ja liimatankoliitosten valmistus- ja laadunvalvontaohjeen* sekä hyväksynyt

laadunvalvonnan alkutarkastukseen. Liimakiinnityksen laadunvalvonnan vaatimustaso on suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmennusjärjestelmän, AVCP, 1-luokan mukaan.

Jokaisesta liimauserästä valmistetaan erillinen laadunvalvontanäyte kappaleen rikkovaa testausta varten. Testauskappale on vakiomuotoinen riippumatta toteutetusta kiinnityksestä testauksen arvioinnin varmistamiseksi. Testaustulokset dokumentoidaan ja tarkastetaan laadunvalvonnan auditoinneissa.

6 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

6.1 Suunnittelutyökalut

Yleisimmille liimapuurakenneratkaisuille tarjotaan mallinnustyökalut ja käyttöohjeet ladattavaksi Tekla Warehouse palvelusta.

6.2 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.

6.3 Ohjeet

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan liittyviin Versowood ohjeisiin.

ohje	sisältö
VW101	Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus
VW201	Suunnitteluohje – Liimapuuhallit
VW206	Suunnitteluohje – Mastopilarikenkä

7 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	5.5.2025	Ensijulkaisu
1.1	30.10.2026	Mastopilarikengän kiinnitykseen liittyvät kohdat Vakiokierretankopituus 400 mm -> 370 mm

8 Liitteet

A. Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon mitoitus
B. Liimaamalla kiinnitetyn kansiruuvin mitoitus
C. Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon ja kansiruuvin suunnitelmamerkinnät

A. Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon mitoitus

Tässä liitteessä esitetään laskentakaavat ja käytettävät mitoituksen lähtötiedot tämän ohjeen mukaisille liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen (yleisesti profiloitujen terästankojen) mitoittamiseksi. Mitoituksen laskentakaavat ovat voimassa, kun ohjeen taulukossa 3.9 esitetyt reuna- ja keskinäisetäisyydet toteutuvat.

Liimauksen tartuntakapasiteetti

Liimaamalla kiinnitettävän tangon tartunnan mitoituksessa liimasauman murtotapana on puusta murtuma, jolloin tartuntakapasiteetti määritetään puuhun tehtävän porauksen tartuntapinnan mukaan. Tartuntaan vaikuttavat reiän sylinterivaipan pinta-alan lisäksi käyttöluokka ja tartunnan suuntakulma syynsuunnasta.

Liimasauman ominaistartuntalujuus $f_{a,k}$ [N/mm²] käyttöluokassa 1 lasketaan kaavalla:

$$f_{a,k} = 6{,}5 * (1 - \frac{L_a}{100d})$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.87S), jossa

d	tangon nimellishalkaisija [mm]
L_a	tartuntapituus puussa [mm]

Käyttöluokassa 2 ominaistartuntalujuutta pienennetään 20 %.

Kiinnityksen suuntakulmalla $\alpha < 15°$ syysuunnasta ominaistartuntalujuutta pienennetään lineaarisesti interpoloimalla (0°=0,75, 15°=1,00). Lujuuden pienennyskerroin lasketaan kaavalla:

$$k = 0{,}75 + \frac{\alpha * 0{,}25}{15}$$

Kerroin, jossa

α	suuntakulma syynsuunnasta (0°-15°)

Liimasauman tartuntalujuus $f_{a,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavalla:

$$f_{a,d} = k * \frac{k_{mod} * f_{a,k}}{\Upsilon_M}$$

, jossa

k	pienennyskerroin suuntakulmalla (0°-15°)
k_{mod}	aikaluokkakerroin
Υ_M	liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,3)

Liimapuuhun porattavan reiän sylinterivaipan pinta-ala määritetään reiän halkaisijan ja liimattavan tangon tartuntapituuden mukaan. Porareiän halkaisija on enintään 1,25 kertaa kiinnitettävän tangon nimellishalkaisija. Versowood työstökeskusten mukaiset porareikäkoot esitetään ohjeen taulukossa 3.9. Liimaamalla kiinnitettävän tangon tartuntakapasiteetti $R_{a,d,W}$ [N] puussa määritetään kaavalla:

$$R_{a,d,W} = \pi * d_{eff} * L_a * f_{a,d}$$

, jossa

d_{eff}	porareiän halkaisija [mm]
L_a	tartuntapituus puussa [mm]

Vetokuormitettu kierretanko

Vetokuormitettu liimaamalla kiinnitetty kierretanko mitoitetaan sitkeänä liitoksena, jossa vedetyt terästangot myötäävät ennen liimasauman tartuntakapasiteetin pettämistä. Myötöehto toteutuu, kun liimakiinnityspituuden tartuntakapasiteetti on suurempi kuin tangon vetokapasiteetti.

Liimaamalla kiinnitettävän kierretangon vetokapasiteetti $R_{a,d,Tt}$ [N] määritetään tangon teräslaadun myötölujuuden f_y ja nimellisen jännitysalan A_{eff} mukaan kaavalla:

$$R_{a,d,Tt} = f_y * A_{eff}$$

, jossa

f_y	tangon myötölujuus [N/mm²]
A_{eff}	tangon nimellinen jännitysala [mm²]

Vetokuormitetun tangon kapasiteetti on aina tangon myötölujuuden mukainen vetokapasiteetti. Vedetyn kierretangon mitoitusehto tarkastetaan kaavalla:

$$R_{a,d,Tt} < R_{a,d,W}$$

, jossa

$R_{a,d,Tt}$	kiinnitettävän tangon vetokapasiteetti [kN]
$R_{a,d,W}$	tartuntakapasiteetti puussa [kN]

Kierretangon myötölujuus ja nimellinen jännitysala, sekä kaavan mukaan lasketut vetokapasiteetit lujuusluokkien 5.8 ja 8.8 kierretangoille esitetään ohjeen taulukossa 3.6.

Puristuskuormitettu kierretanko

Myötöehto ei koske puristuskuormitettua liimaamalla kiinnitettyä tankoa, jolloin mitoituskapasiteettina käytetään tangon vetokapasiteetin ja liimauksen tartuntakapasiteettien pienempää arvoa. Liimaamalla kiinnitetyn puristetun tangon nurjahdustarkastelu esitetään tulevassa suunnittelustandardipäivityksessä *FprEN 1995-1-1:2025*.

Liimaamalla kiinnitettävän kierretangon puristuskapasiteetti $R_{a,d,Tc}$ [N] määritetään vedettyjen tankojen kapasiteetista teräksen materiaaliosavarmuuskertoimella huomioituna kaavalla:

$$R_{a,d,Tc} = \frac{R_{a,d,Tt}}{\Upsilon_M}$$

, jossa

Υ_M	teräksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,1)

Puristetun kierretangon mitoitusehto tarkastetaan kaavalla:

$$\min\begin{cases} R_{a,d,Tc} \\ R_{a,d,W} \end{cases}$$

, jossa

$R_{a,d,Tc}$	kiinnitettävän tangon puristuskapasiteetti [kN]
$R_{a,d,W}$	tartuntakapasiteetti puussa [kN]

Kaavojen mukaan lasketut ja mitoitusehdon täyttävät tartuntakapasiteetit puristetuissa liitoksissa useilla lujuusluokkien 5.8 ja 8.8 kierretangojen tartuntapituuksilla esitetään ohjeen taulukossa 3.8.

Päätypuuliitosalueen lohkeamismurtuma

Liimapuun päätypuuhun kiinnitettävien syynsuunnassa vetorasitettujen liimattujen tankojen ja tankoryhmien lohkeaminen tarkastetaan ohjeen taulukossa 3.9 ja kuvassa 3.5 esitettyjen reuna- ja keskinäisetäisyyksien perusteella määritettävälle teholliselle vetovyöhykkeelle vähennettynä porareikien pinta-alalla.

Yksittäisen tangon lohkeamismurtumassa puusta irtoava osa on 5d x 5d, jolloin tehollisen vetovyöhykkeen A_{eff} [mm²] pinta-ala määritetään kaavalla:

$$A_{eff} = 25\,d^2 - A_{porareikä}$$

, jossa

d	tangon nimellishalkaisija
$A_{porareikä}$	porareiän pinta-ala (kts. taulukko 3.9)

Liimapuun vetolujuus syynsuunnassa $f_{t,0,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavalla:

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\Upsilon_M}$$

, jossa

k_{mod}	aikaluokkakerroin
Υ_M	liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,30)
$f_{t,0,k}$	liimapuun ominaisvetolujuus syynsuunnassa [N/mm²]

Liimapuun lohkeamiskestävyys $N_{t,d}$ [N] määritetään kaavalla:

$$N_{t,d} = f_{\mathrm{t,0,d}} * A_{eff}$$

, jossa

$f_{t,0,d}$	liimapuun vetolujuus syynsuunnassa [N/mm²]
A_{eff}	tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala [mm²]

Lohkeamisvetokapasiteetin tulee olla suurempi kuin tapauskohtainen mitoitusvetokuorma $F_{t,0,d}$ [kN]. Päätypuuhun kiinnitetyn, syynsuunnassa vetokuormitetun liimatun kierretangon lohkeamismurtuman mitoitusehto tarkastetaan kaavalla:

$$N_{t,d} \geq F_{t,0,d}$$

, jossa

$F_{t,0,d}$	mitoituskuoma syynsuunnassa [kN]

Liitosalueen puun halkeaminen kohtisuoraan syynsuunnassa vedetyn tangon päädyn tasossa

Liimapuun halkeamiskapasiteetti liimaamalla liimapuun sivu- tai lapepinnalle kiinnitettäville kohtisuoraan syynsuunnassa vetorasitetuille tangoille ja tankoryhmille tangon päädyn tasossa määritetään palkin kokonaisleveyden mukaan. Liimapuun ominaishalkeamiskapasiteetti $R_{v,90,k}$ [N] kohtisuoraan syynsuuntaan määritetään kaavalla:

$$R_{v,90,k} = 14 * b * \sqrt{\frac{L_a}{\left(1 - \frac{L_a}{h}\right)}}$$

, jossa

b	liimapuun leveys [mm]
h	liimapuun korkeus [mm]
L_a	tartuntapituus puussa [mm]

Liimapuun halkeamiskapasiteetti $R_{v,90,d}$ [N] kohtisuoraan syynsuuntaan murtorajatilassa määritetään kaavalla:

$$R_{v,90,d} = \frac{k_{mod} * R_{v,90,k}}{\Upsilon_M}$$

, jossa

k_{mod}	aikaluokkakerroin
Υ_M	liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,30)
$R_{v,90,k}$	liimapuun ominaishalkeamiskapasiteetti kohtisuoraan syynsuuntaan [N/mm^2]

Halkeamiskapasiteetin tulee olla suurempi kuin tapauskohtainen mitoitusvetokuorma $F_{t,90,d}$ [kN]. Sivu- tai lapepinnalle kohtisuoraan syynsuunnassa vetokuormitetun liimaamalla kiinnitetyn kierretangon halkeamisen mitoitusehto tangon päädyn tasossa tarkastetaan kaavalla:

$$R_{\mathrm{v,90,d}} \geq F_{t,90,d}$$

, jossa

$R_{v,90,d}$	liimapuun halkeamiskapasiteetti [kN]
$F_{t,90,d}$	mitoituskuoma kohtisuoraan syynsuuntaan [kN]

Leikkauskuormitettu kohtisuoraan syynsuuntaan liimattu kierretanko

Liimapuun sivu- tai lapepinnalle kohtisuoraan syynsuuntaan kiinnitettävien liimattujen kierretankojen leikkauskapasiteetti määritetään soveltaen suunnittelustandardissa SFS-EN1995-1-1 leikkausrasitetuille yksileikkeisille pulttiliitoksille annettuja ohjeita, joissa puun paksuutena käytetään liimatun kiinnikkeen tartuntapituutta.

Tässä esitettävät kaavat ovat voimassa suuntakulmalla α =15°-90° syynsuunnasta liimaamalla kiinnitettyjen kierretankojen mitoittamiseksi, kun tankoon kiinnitetään teräsosa. Leikkauskapasiteetin määrittäminen suuntakulmalla α <15° syynsuunnasta ei ole voimassa olevan suunnittelustandardin tai ohjeiden mukaan mahdollista.

Kierretangon myötömomentin ominaisarvo $M_{y,rk}$ [Nmm] lasketaan kaavalla:

$$M_{y,Rk} = 0{,}3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

Kaava SFS-EN1995-1-1 (8.30), jossa

d	tangon nimellishalkaisija [mm]
$f_{u,k}$	vetolujuuden ominaisarvo [500 tai 800 N/mm^2]

Liimapuun reunapuristuslujuuden ominaisarvo $f_{h,0,k}$ [N/mm^2] syynsuuntaiselle kuormitukselle lasketaan kaavalla:

$$f_{h,0,k} = 0{,}082(1 - 0{,}01d)\rho_k$$

Kaava SFS-EN1995-1-1 (8.32), jossa

ρ_k	puun tiheyden ominaisarvo [390 kg/m^3]

Suuntakulmalla α =15°-90° syynsuunnasta liimaamalla kiinnitetyn kierretangon reunapuristuslujuuden ominaisarvo määritetään reunapuristuslujuuskertoimen k_{90} ja trigonometristen funktioiden avulla.

Reunapuristuslujuuskerroin k_{90} lasketaan kaavalla:

$$k_{90} = 1{,}35 + 0{,}015d$$

Kaava SFS-EN1995-1-1 (8.33), jossa

1,35	Havupuun materiaalikerroin
d	kierretangon nimellishalkaisija [mm]

Reunapuristuslujuus $f_{h,\alpha,k}$ suuntakulmalla α = 15°-90° syynsuunnasta lasketaan kaavalla:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}(sin\ \alpha)^2 + (cos\ \alpha)^2}$$

Kaava SFS-EN1995-1-1 (8.31), jossa

α	kuormituksen ja syynsuunnan välinen suuntakulma (15°-90°)

Liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen reunapuristuskestävyydet murtotavoittain teräslevyliitoksissa lasketaan kaavoilla:

Ohuen teräslevyn kaavat SFS-EN1995-1-1 (8.9)

(a) Kierretangon kääntyminen reunapuristuslujuuden ylittyessä

$$F_{v,Rk,a} = 0{,}4 * f_{h,\propto,k} * L_a * d$$

, jossa

L_a	Tartuntapituus [mm]
d	Nimellispaksuus [mm]

(b) Kierretangon plastinen nivel liimapuussa

$$F_{v,Rk,b} = 1{,}15\sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,\propto,k} * d}$$

Paksun teräslevyn kaavat SFS-EN1995-1-1 (8.10)

(e) Liimapuun reunapuristuslujuuden ylittyminen

$$F_{v,Rk,e} = f_{h,\propto,k} * L_a * d$$

(c) Kierretangon plastinen nivel liimapuussa reunapuristuslujuuden ylittyessä

$$F_{v,Rk,c} = F_{v,Rk,e} * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,\propto,k} * d * L_a^2}} - 1\right]$$

(d) Kierretangon plastinen nivel liimapuussa ja teräsosan pinnassa

$$F_{v,Rk,d} = 2{,}3\sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,\propto,k} * d}$$

Murtotavat esitetään SFS-EN1995-1-1 kuvassa 8.3.

Tankoon kiinnitettävän teräslevyn paksuuden t_t [mm] ollessa ≤ 0,5 d määritetään kierretangon ominaisleikkauskapasiteetti ohuen teräslevyn mitoitusehdon mukaisesti kaavalla:

$$R_{v,Rk,ohut} = min\begin{cases} F_{v,RK,a} \\ F_{v,RK,b} \end{cases}$$

Ohuen teräslevyn kaava SFS-EN1995-1-1 (8.9)
kun t_t ≤ 0,5 d

Tankoon kiinnitettävän teräslevyn paksuuden t_t [mm] ollessa ≥ d määritetään kierretangon ominaisleikkauskapasiteetti paksun teräslevyn mitoitusehdon mukaisesti kaavalla:

$$R_{v,Rk,paksu} = min\begin{cases} F_{v,RK,e} \\ F_{v,RK,c} \\ F_{v,RK,d} \end{cases}$$

Paksun teräslevyn kaava SFS-EN1995-1-1 (8.10)
kun t_t ≥ d

Teräslevyn paksuuden ollessa ohuen levyn ja paksun levyn välillä, 0,5 d ≤ t_t ≤ d, määritetään ominaisleikkauskestävyys lineaarisesti interpoloiden kaavalla:

$$R_{v,Rk} = R_{v,Rk,ohut} + \frac{R_{v,Rk,paksu} - R_{v,Rk,ohut}}{d - 0{,}5 * d} * (t_t - 0{,}5 * d)$$

, jossa

$R_{v,k,paksu}$	Leikkauskapasiteetti paksun teräslevyn murtotarkastelussa
$R_{v,k,ohut}$	Leikkauskapasiteetti ohuen teräslevyn murtotarkastelussa
d	Kierretangon nimellishalkaisija [mm]
t_t	Kiinnitettävän levyn paksuus [mm]

Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon leikkauskapasiteetti $R_{v,Rd}$ [N] murtorajatilassa lasketaan kaavalla:

$$R_{v,Rd} = \frac{k_{mod} * R_{v,Rk}}{\Upsilon_M}$$

, jossa

k_{mod}	aikaluokkakerroin
Υ_M	liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,3)

Useamman (n kpl) kierretankoa käsittävän syynsuuntaisen rivin tehollinen ominaisarvo lasketaan:

$$R_{v,ef,R,k} = n_{ef} * R_{v,R,k}$$

n_{ef} syysuuntaisen liitinrivin liittimien tehollinen määrä

Syynsuuntaisessa liitinrivissä tehollisesti toimivien kierretangon määrä n_{ef}

$$n_{ef} = min\begin{cases} n \\ n^{0,9^4}\sqrt{\frac{a_1}{13d}} \end{cases}$$

SFS-EN1995-1-1 (8.34)

n	samassa rivissä olevien kierretankojen määrä
a_1	syysuuntainen kierretankoväli
d	kierretangon halkaisija

Kun voima vaikuttaa tietyssä kulmassa rivin suuntaan vastaan, osoitetaan, että rivin suuntainen voimakomponentti on lasketun kestävyyden mukainen.

Liimaamalla kiinnitettävään kierretankoon liitettävien teräslevyjen suunnittelussa tulee tarkastaa liitoksen kestävyys teräsrakenteiden suunnittelustandardin EN1993 mukaan.

Teräslevyn reikä kierretangolle enintään D ≤ d + 2 mm, kuitenkin paksun teräslevyn ehdoilla täyttäen myös ehdon D ≤ 1,1 d.

Yhdistetyt rasitukset

Mitoitettaessa samanaikaisesti pituussuuntaisesti ja leikkauskuormitettuja kierretankoja, tarkastetaan yhdistettyjen rasitusten kapasiteetti EN 1995 mukaisesti sileiden tankojen yhdistettyjen rasitusten ehdon mukaisesti kaavalla:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{R_{a,d,T}}\right) + \left(\frac{F_{v,Ed}}{R_{v,Rd}}\right) \leq 1$$

Kaava EN 1995-1-1 (8.28), jossa

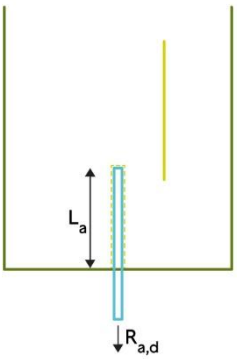
$F_{ax,Ed}$	Pituussuuntainen kuormitus
$R_{a,d,T}$	Pituussuuntainen kapasiteetti
$F_{v,Ed}$	Poikittainen kuormitus
$R_{v,Rd}$	Leikkauskapasiteetti

A.1. Mallilaskelma. Syynsuunnassa vedetty kierretanko.

Syynsuunnassa vedetyn liimatun kierretangon kapasiteetti

Liitoksen tiedot:

Kierretanko	M16 5.8
Liitoksen suuntakulma	$\alpha = 0°$
Tartuntapituus	$L_a = 500$ mm
Kuormituksen aikaluokka	Keskipitkä
Käyttöluokka	1
Taulukkotiedot:	
Kierretangon vetokapasiteetti	$R_{a,d,Tt} = 62{,}8$ kN
Porareiän halkaisija	$d_{eff} = 20$ mm (M16)
Kuormituksen aikaluokkakerroin	$k_{mod} = 0{,}8$



Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin $\Upsilon_M = 1{,}3$ (Liitokset)

Liimauksen tartuntakapasiteetti

$$f_{a,k} = 6{,}5 * (1 - \frac{L_a}{100d}) = 6{,}5 * \ (1 - \frac{500}{100 * 16}) = 4{,}47 \ \mathrm{N/mm^2}$$

$$k = 0{,}75 + \frac{\alpha * 0{,}25}{15} = 0{,}75 + \frac{0 * 0{,}25}{15} = 0{,}75$$

$$f_{a,d} = \mathrm{k} * \frac{f_{a,k} * \ k_{mod}}{\Upsilon_M} = 0{,}75 * \ \frac{4{,}47 \ \mathrm{N/mm^2} * \ 0{,}8}{1{,}3} = 2{,}06 \ N/mm^2$$

$$R_{a,d} = \pi * \mathrm{d}_{eff} * \ f_{a,d} \ * L_a = \pi * 20 \ \mathrm{mm} * 2{,}06 \ N/mm^2 * 500 \ mm = \ \underline{64{,}8 \ kN}$$

Myödön mitoitusehto

$$R_{a,d,Tt} < R_{a,d,W} = \ 62{,}8 \ \mathrm{kN} \ < \ 64{,}8 \ \mathrm{kN} \ = \ \mathrm{OK}$$

Lohkeamismurtumatarkastelu (puusta irtoava osa 5d x 5d)

$$A_{eff} = 25 \ d^2 - \ A_{porareikä} \ = \ 25 * (16 \ mm)^2 - \pi * \ 10^2 \ = 6086 \ \mathrm{mm^2}$$

$$f_{\mathrm{t,0,d}} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0{,}8 * 19{,}5 \ N/mm^2}{1{,}3} = 12 \ N/mm^2$$

$$N_{t,d} = \ f_{t,0,d} * A_{eff} = \ 12 \frac{N}{\mathrm{mm^2}} * 6 \ 086 \ \mathrm{mm^2} = \underline{73{,}0 \ kN}$$

Lohkeamismurtuman mitoitusehto ($F_{t,0,d} = R_{a,d,Tt}$)

$$N_{t,d} \geq F_{t,0,d} = \ 73{,}0 \ kN \geq 62{,}8 \ kN \ = OK$$

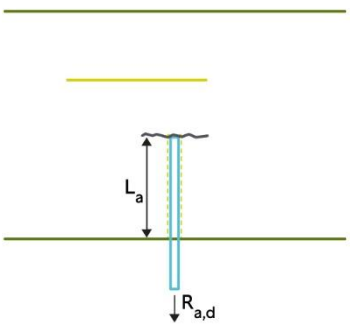
<u>Kierretangon vetokapasiteetti määrittää liitoksen vetokapasiteetin, joka on 62,8 kN.</u>

A.2. Mallilaskelma. Kohtisuoraan syynsuuntaan vedetty kierretanko.

Kohtisuoraan syynsuuntaan vedetyn liimatun kierretangon veto- ja leikkauskapasiteetti

Liitoksen tiedot:

Kierretanko	M16 5.8
Liitoksen suuntakulma	$\alpha = 90°$
Tartuntapituus	$L_a = 500$ mm
Kuormituksen aikaluokka	Keskipitkä
Käyttöluokka	1
Taulukkotiedot:	
Kierretangon vetokapasiteetti	$R_{a,d,Tt} = 62{,}8$ kN
Porareiän halkaisija	$d_{eff} = 20$ mm (M16)
Kuormituksen aikaluokkakerroin	$k_{mod} = 0{,}8$
Materiaaliosavarmuuskerroin	$\Upsilon_M = 1{,}3$ (Liitokset)



Liimauksen tartuntakapasiteetti

$$f_{a,k} = 6{,}5 * (1 - \frac{L_a}{100d}) = 6{,}5 * \ (1 - \frac{500}{100 * 16}) = 4{,}47 \ \mathrm{N/mm^2}$$

$$f_{a,d} = \frac{f_{a,k} * \ k_{mod}}{\Upsilon_M} = \frac{4{,}47 \ \mathrm{N/mm^2} * \ 0{,}8}{1{,}3} = 2{,}75 \ N/mm^2$$

$$R_{a,d} = \pi * d_{eff} * \ f_{a,d} \ * L_a = \pi * 20 \ \mathrm{mm} * 2{,}75 \ N/mm^2 * 500 \ mm = \underline{86{,}4 \ kN}$$

Myödön mitoitusehto

$$R_{a,d,Tt} < R_{a,d,W} = 62{,}8kN < 86{,}4kN = OK$$

Puun halkeaminen liimatun kiinnikkeen päädyn tasossa
(esim. Liimapuupalkki b= 165 mm, h= 1215 mm)

$$R_{v,90,k} = 14 * b * \sqrt{\frac{L_a}{\left(1 - \frac{L_a}{h}\right)}} = 14 * 165 * \sqrt{\frac{500}{\left(1 - \frac{500}{1215}\right)}} = \underline{67{,}3 \ kN}$$

$$R_{v,90,d} = \frac{k_{mod} * \ R_{v,90,k}}{\Upsilon_M} = \frac{0{,}8 * 67{,}3kN}{1{,}3} = \underline{41{,}4 \ kN}$$

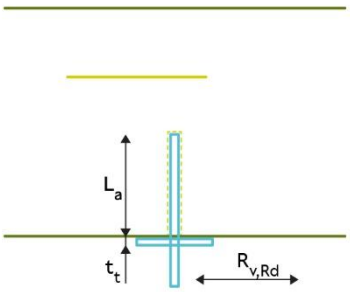
Puun halkeamisen mitoitusehto tarkastetaan toteutuvalle mitoitusvetokuormalle $F_{t,90,d}$

$$R_{v,90,d} \geq F_{t,90,d} = 41{,}4 \ kN < 62{,}8 \ kN = OK$$

<u>Puun halkeamiskapasiteetti määrittää liitoksen vetokapasiteetin, joka on 41,4 kN.</u>

Tarkastetaan kierretangon leikkauskapasiteetti tankoon kiinnitettävän teräsosan mukaan.

Teräsosan paksuus	t_t = 12 mm
Vetokuormitus	$F_{ax,Ed}$ = 10,0 kN
Leikkauskuormitus	$F_{v,,Ed}$ = 3,0 kN



Leikkauskapasiteetti yksileikkeisen pulttiliitoksen ohjeita soveltaen:

Reunapuristuslujuus suuntakulmalla α = 90°

$$f_{h,0,k} = 0{,}082 * (1 - 0{,}01 * d) * \rho_k = 0{,}082 * (1 - 0{,}01 * 16) * 390\ kg/m^3 = 28{,}86\ N/mm^2$$

$$k_{90} = 1{,}35 + 0{,}015d = 1{,}35 + 0{,}015 * 16 = 1{,}59$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * (sin\ \alpha)^2 + (cos\ \alpha)^2} = \frac{26{,}86\ N/mm^2}{1{,}59 * 1 + 0} = 16{,}89\ N/mm^2$$

Kierretangon myötömomentti

$$M_{y,Rk} = 0{,}3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0{,}3 * 500\ N/mm^2 * 16\ mm^{2,6} = 202\ 676\ Nmm$$

Murtotapatarkastelu, yksileikkeinen ohut teräslevy

$$F_{v,Rk,a} = 0{,}4 * f_{h,\propto,k} * L_a * d = 0{,}4 * 16{,}89 N/mm^2 * 500mm * 16mm = 54\ 048\ N$$

$$F_{v,Rk,b} = 1{,}15\sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,\propto,k} * d} = 1{,}15\sqrt{2 * 202\ 676\ Nmm * 16{,}89\ \mathrm{N}\ /mm^2 * 16mm}$$
$$= 12036\mathrm{N}$$

$$R_{v,Rk,ohut} = min\begin{cases} F_{v,RK,a} \\ F_{v,RK,b} \end{cases} = min\begin{cases} 54\ 048N \\ 12\ 036N \end{cases} = \underline{12\ 036N}$$

Murtotapatarkastelu, yksileikkeinen paksu teräslevy

$$F_{v,Rk,e} = f_{h,\propto,k} * L_a * d = 16{,}89 N/mm^2 * 500mm * 16mm = 135\ 120N$$

$$F_{v,Rk,c} = F_{v,Rk,e} * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,\propto,k} * d * L_a^2}} - 1\right]$$

$$= 135\ 120\ N * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 202\ 676\ \mathrm{Nmm}}{16{,}89 N/mm^2 * 16mm * (500mm)^2}} - 1\right] = 56\ 557\ N$$

$$F_{v,Rk,d} = 2{,}3\sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,\propto,k} * d}$$

$$F_{v,Rk,d} = 2{,}3\sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,\propto,k} * d} = 2{,}3\sqrt{202676\ \text{Nmm} * 16{,}89\ N/mm^2 * 16\ mm} = 17\,021\ N$$

$$R_{v,Rk,paksu} = min\begin{cases} F_{v,RK,e} \\ F_{v,RK,c} \\ F_{v,RK,d} \end{cases} = min\begin{cases} 13\,5120\ N \\ 56\,557\ N \\ 17\,021\ N \end{cases} = \underline{17{,}0\ kN}$$

Kapasiteetin interpolointi, kun paksuus 0,5 d ≤ t_t ≤ d,

$$R_{v,Rk} = R_{v,Rk,ohut} + \frac{R_{v,Rk,paksu} - R_{v,Rk,ohut}}{d - 0{,}5 * \text{d}} * (t_t - 0{,}5d)$$

$$= 12{,}04\ kN + \frac{17{,}0\ \text{kN} - 12{,}0\ \text{kN}}{16\ mm - 8\ \text{mm}} * (12\ \text{mm} - 8\ \text{mm}) = 14{,}5\ kN$$

$$R_{v,Rd} = \frac{k_{mod} * F_{v,RK}}{\gamma_M} = \frac{1{,}1 * 14{,}5\ kN}{1{,}3} = \underline{12{,}3\ kN}$$

<u>Kapasiteetti tarkastelun teräslevypaksuudella on 12,3 kN.</u>

Yhdistetyt rasitukset

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{R_{v,90,d}}\right) + \left(\frac{F_{v,Ed}}{R_{v,Rd}}\right) \leq 1 = \left(\frac{10\ kN}{41{,}4\ kN}\right) + \left(\frac{3{,}0\ kN}{12{,}3\ kN}\right) = 0{,}49 \leq 1 = OK$$

<u>Yhdistelmätarkasteluehto samanaikaisille rasituksille täyttyy.</u>

B. Liimaamalla kiinnitetyn kansiruuvin mitoitus

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin mitoituksessa noudatetaan Eurofins Expert Service Oy laatimaa lausuntoa *Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi*.

Yksittäisen kansiruuvin vetokestävyys syynsuunnassa

Kansiruuvin epoksiliimauksen tehollinen ominaistartuntakestävyys $R_{a,k}$ [kN] lasketaan kaavalla:

$$R_{a,k} = (\frac{L_a}{490}) \cdot 84kN$$

, jossa

84 kN	Epoksiliimauksen ominaistartuntakestävyys tartuntapituudella 490 mm
L_a	Tartuntapituus (mm)

Käyttöluokassa 2 tartuntakestävyys $R_{a,k}$ kerrotaan luvulla 0,8.

Pituussuunnassa kuormitetun liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin myötökestävyys (kN) lasketaan kaavalla:

$$R_{ax,d,a} = \frac{R_{y,k}}{\Upsilon_{M0}}$$

, jossa

R_{yk}	Kansiruuvin ominaismyötökestävyys (101 kN)
Υ_{M0}	Myötöosavarmuuskerroin (1,0)

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin liimauksen tartuntakestävyys $R_{ax,d,b}$ [kN] lasketaan kaavalla:

$$R_{ax,d,b} = \frac{k_{mod} * R_{a,k}}{\Upsilon_M}$$

, jossa

$R_{a,k}$	Tartuntakestävyyden ominaisarvo [kN]
k_{mod}	Aikaluokkakerroin
Υ_M	Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,3)

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin pituussuuntaisen normaalivoimakestävyys [kN] määritetään mitoitusehdon mukaisesti kaavalla:

$$R_{ax,d} = min\begin{cases} R_{ax,d,a} \\ R_{ax,d,b} \end{cases}$$

Kansiruuviryhmän vetokestävyys syynsuunnassa

Verorasitetun liimaamalla kiinnitetyn kansiruuviryhmän yhdistetty mitoituskapasiteetti N_{td} [kN] lasketaan kaavalla:

$$N_{t,d} \leq n_t^{0,9} * R_{ax,d}$$

, jossa

n_t	vedettyjen liimaruuvien lukumäärä [kpl]
$R_{ax,d}$	yhden kansiruuvin normaalivoimakestävyys [kN]

Liimapuun päätypuuhun kiinnitetyn syynsuunnassa vetorasitetun kansiruuviryhmän lohkeamismurtuma tarkastetaan ruuvien sijoittelun mukaan. Tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala A_{ef} [mm²] voidaan laskea kahdella tavalla:

1: Liimaruuvikiinnityksen suunnitteluohjeen kaavat

Kauimmaisen kansiruuvirivin etäisyys, l_h [mm], liimapuun vedetystä reunasta lasketaan kaavalla:

$$l_h = n_h * a_{h,s} + a_{h,c}$$

, jossa

n_h	ruuvirivien määrä palkin korkeussuunnassa *h* [kpl]
$a_{h,s}$	ruuvien keskinäisetäisyys palkin korkeussuunnassa [≤ 100 mm]
$a_{h,c}$	ruuvien reunaetäisyys [≤ 50 mm]

Liimapuun päätypuuhun syynsuunnassa vetorasitetun kansiruuviryhmän tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala $A_{ef,i}$ [mm²] lasketaan kaavalla:

$$\sum_{i=1}^{n} A_{ef,i} = B * (l_h + 50\ mm) - n * 200\ mm^2$$

, jossa

B	liimapuun leveys [mm]
n	kansiruuvien määrä [kpl]
	D 16 mm reiän pinta-ala [200 mm²]

Kansiruuviryhmän vähimmäiskiinnikevälit esitetään ohjeen taulukossa 3.4. Kiinnikkeiden välisiä keskinäisetäisyyksiä $a_{h,s}$ ja $a_{b,s}$ [mm] voidaan pienentää aina 40 mm keskinäisetäisyyteen, kun liimapuun vetokapasiteetin $N_{t,d}$ ehto toteutuu kaavalla:

$$N_{t,d} = f_{t,d} \sum_{i=1}^{n_t} A_{ef,i} \geq F_{t,d}$$

, jossa

$f_{t,d}$	liimapuun vetolujuuden mitoitusarvo [N/mm²]
$A_{ef,i}$	liimapuun tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala ruuvia *i* kohden
$F_{t,d}$	vedetyn liimaruuviryhmän mitoituskuorma [kN]

2: Kierretangon ohjetta soveltaen

Vetovyöhykkeen teholliset sivupituudet määritetään kaavoilla:

$$l_{b,eff} = \min \begin{cases} (n_b - 1) * a_{b,s} + 2 * 50mm \\ B \end{cases}$$

$$l_{h,eff} = (n_h - 1) * a_{h,s} + 50\ mm + \min \begin{cases} \frac{b1}{2} - \frac{a_{h,s}}{2} + A \\ 50\ mm \end{cases}$$

, jossa

n	ruuvirivien määrä määrityssuunnassa [kpl]
$a_{,s}$	keskinäisetäisyys määrityssuunnassa [mm]
$a_{,c}$	reunaetäisyys määrityssuunnassa [mm]
b1	mastopilarikengän leveys [160 mm]

Vetovyöhykkeen tehollinen pinta-ala A_{eff} [mm²] huomioiden kansiruuvien reikävähennyksen määritetään kaavalla:

$$A_{eff} = L_{b,eff} * L_{h,eff} - n * 200\ mm^2$$

, jossa

n	kansiruuvien määrä [kpl]
	D 16 mm reiän pinta-ala [200 mm²]

Kansiruuvin leikkauskestävyys

Ohjeen taulukossa 3.5 esitetään leikkauskapasiteetit $R_{v,d}$ [kN] eri kuormituksen aikaluokissa kiinnikkeille, jotka sijaitsevat vähintään 0,5*h etäisyydellä palkin kuormitetusta reunasta.

Kansiruuviryhmän kokonaisleikkauskapasiteetti on kiinnikekapasiteettien summa ilman määrävähennystä.

Kansiruuviryhmän liitosmuotoilun mukaiset keskinäisetäisyyden pienentäminen ohjeen taulukossa 3.4 esitetyistä vähimmäiskeskinäisetäisyydestä kuormitussuunnassa huomioidaan kaavalla:

$$R_{v,d,n} = n * \frac{d_s}{a_s} * R_{v,d}$$

, jossa

n	kansiruuvien määrä [kpl]
$a_{h,s}$	kansiruuvien sallittu keskinäisetäisyys kuormituksen suunnassa [mm] (taulukko 3.4)
$d_{h,s}$	toteutuva kansiruuvien keskinäisetäisyys kuormituksen suunnassa [mm]

Kansiruuviryhmässä ei tehdä puristus- ja leikkauskuormitusten yhdistelmätarkastelua.

Kansiruuvin palomitoitus

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin palomitoituksessa noudatetaan Eurofins Expert Service Oy laatimaa lausuntoa Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi huomioiden suunnittelustandardin EN1995 osassa 1–2 määritetyt palotilanteen osavarmuus ja muuntokertoimet kiinnitykselle sekä hiiltymäpaksuuksien määrittäminen.

Liimapuun tehollinen poikkileikkaus palonkestoajalla *t* [min] määritetään nimellisen hiiltymänopeuden mukaisen hiiltymäpaksuuden avulla.

Suorakulmaisen poikkileikkauksen kulmapyöristykset ja halkeamien vaikutukset huomioiva nimellinen hiiltymäsyvyys $d_{charn,n}$ lasketaan kaavalla:

$$\mathrm{d}_{char,n} = \beta_n * t$$

kaava EN 1995-1-2 (3.1), jossa

β_n	nimellinen hiiltymisnopeus (0,7 mm/min)
t	palonkestoaika [min]

Liimapuun palotilanteen tehollinen poikkileikkaus lasketaan pienentämällä normaalitilanteen poikkileikkausta kaikilta palolle altistuvilta sivuilta hiiltymäsyvyyden d_{ef} verran, joka lasketaan kaavalla:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 * d_0$$

kaava EN 1995-1-2 (4.1), jossa

k_0	poikkileikkauksen palosuojauksesta ja palonkestävyysajasta riippuvainen kerroin (1,0)
d_0	Lujuuden ja jäykkyyden menettänyt transitiokerros (7 mm)

Palotilanteessa toimivien, tehollisten liimaamalla kiinnitettävien kansiruuvien keskilinjan vähimmäisreunaetäisyys *a1* [mm] riippuu tehollisten kiinnikkeiden rivimäärästä, sekä määrittää liimapuupalkin vähimmäisleveyden.

Kun tehollisia kansiruuveja hiiltymän suunnassa on yhdessä (1) rivissä, määritetään vähimmäisreunaetäisyys *a1* [mm] kaavalla:

$$a1 \geq 1{,}25 * t_{d,fi} + 28\,mm$$

, jossa

$t_{d,fi}$	palonkestoaika [min]

Kun tehollisia kansiruuveja hiiltymän suunnassa on kahdessa (2) rivissä, määritetään vähimmäisreunaetäisyys *a1* [mm] kaavalla:

$$a1 \geq t_{d,fi} + 28\,mm$$

, jossa

$t_{d,fi}$	palonkestoaika [min]

Mikäli tehollisia kansiruuveja palotilanteessa on yhdessä (1) rivissä, tulee liimapuupalkin leveyden (B) täyttää vähimmäisehto:

$$2{,}5 * t_{d,fi} + 56\text{mm} \leq B$$

Mikäli tehollisia kansiruuveja palotilanteessa on kahdessa (2) rivissä, tulee liimapuupalkin leveyden (B) täyttää vähimmäisehto:

$$2 * a1 + 40\text{mm} \leq B$$

Kansiruuvin mekaanisen palokestävyyden mitoitusarvo $R_{d,t,fi}$ [kN] palotilanteessa palonkeston ajalla *t* [min] lasketaan kaavoilla:

$$R_{20} = K_{fi} * R_{a,k}$$

$$R_{d,t,fi} = \eta \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$

RIL-2-2019 kaava 2.6, jossa

R_{20}	mekaanisen kestävyyden ominaisarvon palotilanteessa
η	muuntokerroin (1,0)
$\gamma_{M,fi}$	puun osavarmuusluku palotilanteessa (1,0)
K_{fi}	palotilanteen kerroin (1,05)

Palotilanteessa liimaruuviryhmän tehollisen vetovyöhykkeen pinta-alan laskennassa palo kohdistuu poikkileikkaukseen kolmelta sivulta. Tehollisen kansiruuvien mukaisen vetovyöhykkeen pinta-alan määrittämisessä hiiltymä huomioidaan reunaetäisyydessä liimapuun tehollisen pinta-alan mukaan, kuitenkin enintään 50 mm.

Palotilanteessa toimivien liimaruuvien reunaetäisyyksien $a_{h,c}$ ja $a_{b,c}$ etäisyyden tehollisen poikkileikkauksen laitaan tarkastetaan kaavoilla:

$$a_{b,c} = \min\begin{cases} 50\ mm \\ d_{b,c} - d_{ef} \end{cases}$$

$$a_{h,c} = \min\begin{cases} 50\ mm \\ d_{h,c} - d_{ef} \end{cases}$$

$a_{b,c}$	etäisyys tangon keskeltä tehollisen poikkileikkauksen laitaan
$a_{h,c}$	etäisyys tangon keskeltä tehollisen poikkileikkauksen laitaan
$d_{b,c}$	toteutuva reunaetäisyys sivusta
$d_{h,c}$	toteutuva reunaetäisyys päädystä
d_{ef}	hiiltymäsyvyys [mm]

Vetovyöhykkeen tehokkaat sivupituudet määritetään kaavoilla:

$$L_{b,eff} = (n_b - 1) * a_{b,s} + 2 * a_{b,c}$$

$$L_{h,eff} = (n_h - 1) * a_{h,s} + a_{h,c} + 50\ mm$$

, jossa

n_x	ruuvirivien määrä määrityssuunnassa [kpl]
$a_{x,s}$	keskinäisetäisyys määrityssuunnassa [mm]
$a_{x,c}$	reunaetäisyys määrityssuunnassa [mm]

Vetovyöhykkeen tehollinen pinta-ala huomioiden kansiruuvien reikävähennyksen määritetään kaavalla:

$$A_{ef} = L_{b,eff} * L_{h,eff} - n * 200\ mm^2$$

, jossa

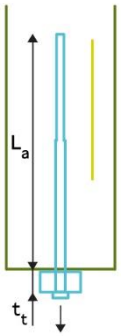
n	kansiruuvien määrä [kpl]
	D 16 mm reiän pinta-ala [200 mm²]

B.1. Mallilaskelma. Syynsuunnassa vedetty kansiruuvi.

Syynsuunnassa vedetyn liimaamalla kiinnitetyn kansiruuvin kapasiteetti

Liitoksen tiedot:

Kansiruuvi	M19x500 5.8
Liitoksen suuntakulma	$\alpha = 0°$
Pohjalevyn paksuus	$t_t = 20$ mm
Tartuntapituus	$L_a = 470$ mm
Kuormituksen aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1



Taulukkotiedot:

Tartuntakestävyys	$R_{ax,k} = 84$ kN
Ominaismyötökapasiteetti	$R_{y,k} = 101$ kN
Porareiän halkaisija	$d_{eff} = 20$ mm (M19)
Kuormituksen aikaluokkakerroin	$k_{mod} = 1{,}1$
Myötöosavarmuuskerroin	$\gamma_{M0} = 1{,}0$

Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin $\gamma_M = 1{,}3$ (Liitokset)

Kansiruuvin ulosvetokestävyys:

$$R_{a,k} = \left(\frac{L_a}{490\ mm}\right) * R_{ax,k} = \left(\frac{470\ mm}{490\ mm}\right) * 84\ kN\ = 80{,}6\ kN$$

$$R_{ax,d,a} = \frac{R_{y,k}}{\gamma_{M,0}} = \frac{101\ kN}{1{,}0} = 101\ kN$$

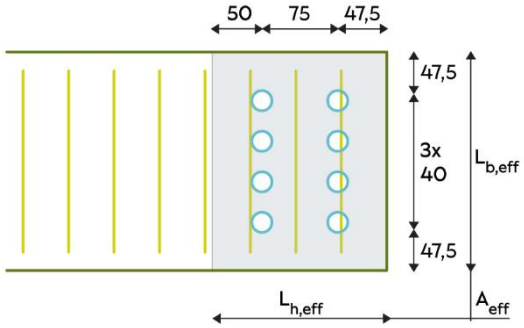
$$R_{ax,d,b} = k_{mod}\frac{R_{a,k}}{\gamma_M} = \ 1{,}1 * \frac{80{,}6\ kN}{1{,}3} = 68{,}2\ kN$$

$$R_{ax,d} = \min\begin{cases} R_{ax,d,a} \\ R_{ax,d,b} \end{cases} = \ min\begin{cases} 101\ kN \\ 68{,}2\ kN \end{cases} = \underline{68{,}2\ kN}$$

<u>Yksittäisen kansiruuvin ulosvetokestävyys tarkastelutilanteessa 68,2 kN.</u>

Syynsuunnassa vedetyn liimaamalla kiinnitetyn kansiruuviryhmän kapasiteetti.

Tarkastetaan 8 kansiruuvin ryhmän mitoitusvetokapasiteetti murtorajatilassa mastopilarikengässä TKR200.



Liitoksen tiedot:

Kansiruuvien määrä n_t = 8 kpl

Liimapuun leveys B = 215 mm

Kansiruuviryhmän mitoitusvetokapasiteetti

$$F_{t,d} \leq n_t^{0,9} * R_{ax,d} = 8^{0,9} * 68{,}2\ kN = \underline{443\ kN}$$

Kansiruuviryhmänlohkeamismurtokapasiteetti

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1{,}1 * 19{,}5\ N/mm^2}{1{,}3} = 16{,}5\ N/mm^2$$

$$l_{b,eff} = \min\begin{cases}(n_b - 1) * a_{b,s} + 2 * 50\ mm \\ B\end{cases} = \min\begin{cases}(4-1) * 40 + 2 * 50 \\ 215\end{cases} = \min\begin{cases}220 \\ 215\end{cases} = 215\ mm$$

$$l_{h,eff} = (n_h - 1) * a_{h,s} + 50\ mm + \min\begin{cases}\frac{b1}{2} - \frac{a_{h,s}}{2} + A \\ 50\ mm\end{cases}$$

$$= (2-1) * 75 + 50\ mm + \min\begin{cases}\frac{160}{2} - \frac{75}{2} + 0 \\ 50\ mm\end{cases} = 75 + 50\ mm + \min\begin{cases}47{,}5 \\ 50\end{cases} = 172{,}5\ mm$$

$$A_{eff} = L_{b,eff} * L_{h,eff} - n * 200\ mm^2 = 215\ mm * 172{,}5\ mm - 8 * 200\ mm^2$$

$$= 37\,087\ mm^2 - 1\,600\ mm^2 = 35\,487\ mm^2$$

$$N_{t,d} = f_{t,0d} * A_{ef} = 16{,}5 \frac{N}{mm^2} * 35\,487\ mm^2 = \underline{586\ kN} > F_{t,d}$$

<u>Kansiruuviryhmän ulosvetokestävyys määrittää liitoksen kapasiteetin, joka on 443 kN.</u>

Tarkastetaan 8 kansiruuvin ryhmän leikkauskapasiteetti palkin korkeus (h) suuntaiselle kuormitukselle.

Liitoksen tiedot:

Kansiruuvien määrä n_t = 8 kpl

Taulukkotiedot:

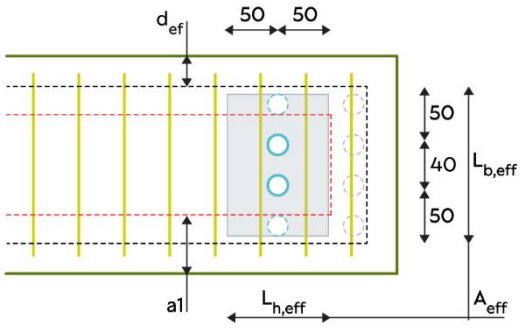
Leikkauskapasiteetti $R_{v,d}$ = 10,0 kN (taulukko 3.5, hetkellinen aikaluokka)

$$R_{v,d,n} = n * \frac{d_{h,s}}{a_{h,s}} * R_{v,d} = 8 * \frac{75\ mm}{75\ mm} * 10{,}0\ kN = \underline{80{,}0\ kN}$$

Kansiruuviryhmän liitosmuotoilun mukainen leikkauskapasiteetti on 42,6 kN.

Syynsuunnassa vedetyn liimaamalla kiinnitetyn kansiruuviryhmän kapasiteetti palotilanteessa.

Tarkastetaan 8 kansiruuvin ryhmän mitoitusvetokapasiteetti palotilanteessa mastopilarikengässä TKR200



Liitoksen tiedot:

Palokesto R30

Hiiltymäpaksuus

$$\mathrm{d}_{char,n} = \beta_n * t = 0{,}7\ mm/min * 30\ \mathrm{min} = 21\ mm$$

$$\mathrm{d}_{ef} = \mathrm{d}_{char,n} + k_0 * d_0 = 21\ mm + 1 * 7\ mm = 28\ mm$$

Tehollisten kansiruuvien vähimmäisreunaetäisyys

$$a1_b = t_{d,fi} + 28\ mm = 30\ min + 28\ mm = 58\ mm$$

$$a1_h = 1{,}25 * t_{d,fi} + 28\ mm = 1{,}25 * 30\ min + 28\ mm = 65{,}5\ mm$$

Palokestävyyden mitoitusarvo

$$R_{20} = R_{a,k} * K_{fi} = 80{,}6\ kN * 1{,}05 = 84{,}6\ kN$$

$$R_{d,t,fi} = \eta \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 1 * \frac{84{,}6\ kN}{1} = 84{,}6\ kN$$

Palotilanteessa toimivien ruuvien määrä n = 2 kpl

$F_{t,d} \leq n_t^{0,9} * R_{d,t,fi} = 2^{0,9} * 84{,}6\ kN = \underline{157{,}9\ kN}$

Tehollisen vetovyöhykkeen pinta-ala

$d_{b,c} \geq a_1 = 85\ mm \geq 58\ mm\ OK$

$d_{h,c} \geq a_1 = 80\ mm \geq 65{,}5\ mm\ OK$

$$a_{b,c} = \min\begin{cases} 50\ mm \\ d_{b,c} - d_{ef} \end{cases} = \min\begin{cases} 50\ mm \\ 85\ mm - 28\ mm \end{cases} = 50\ mm$$

$$a_{h,c} = \min\begin{cases} 50\ mm \\ d_{h,c} - d_{ef} \end{cases} = \min\begin{cases} 50\ mm \\ 80\ mm - 28\ mm \end{cases} = 50\ mm$$

$L_{b,eff} = (n_b - 1) * a_{b,s} + 2 * a_{b,c} = (2-1) * 40 + 2 * 50 = 140\ mm$

$L_{h,eff} = (n_h - 1) * a_{h,s} + a_{h,c} + 50\ mm = (1-1) * 75 + 50 + 50\ mm = 100\ mm$

$A_{eff} = L_{b,eff} * L_{h,eff} - n * 200\ mm^2 = 140\ mm * 100\ mm - 8 * 200\ mm^2$

$= 14\,000\ mm^2 - 1\,600\ mm^2 = 12\,400\ mm^2$

Kansiruuviryhmän lohkeamismurtokapasiteetti

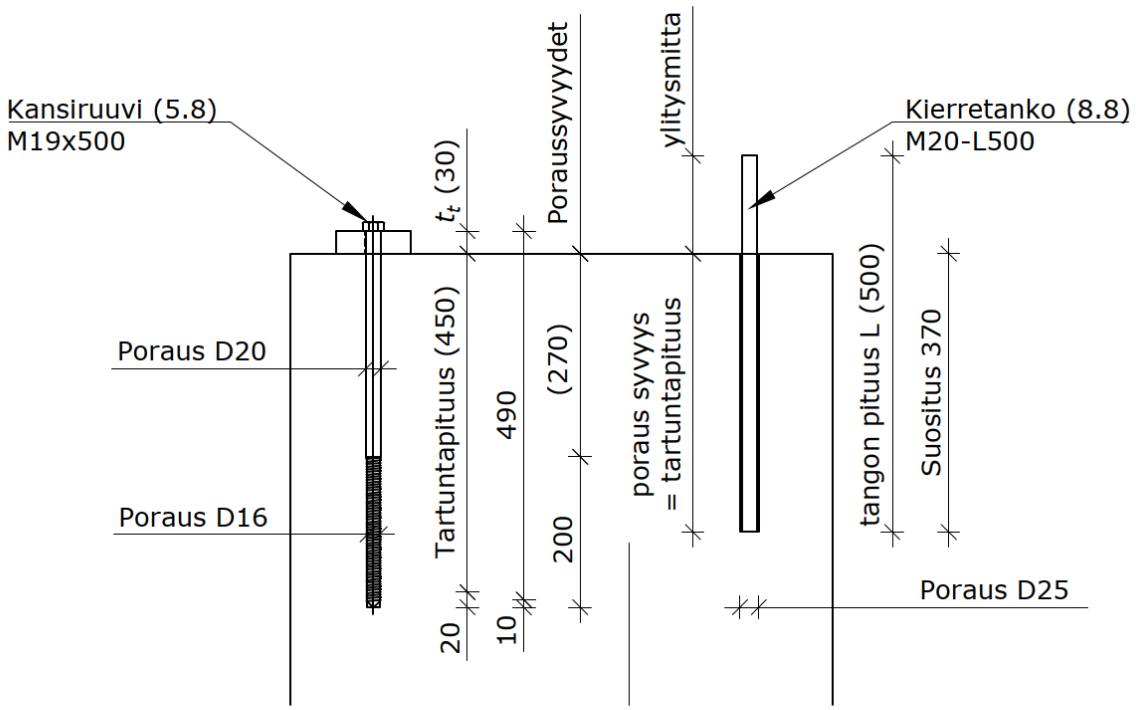
$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1{,}0 * 19{,}5\ N/mm^2}{1{,}0} = 19{,}5 N/mm^2$$

$N_{t,d} = f_{t,0d} * A_{eff} = 19{,}5\ N/mm^2 * 12\,400\ mm^2 = \underline{242\ kN} > F_{t,d}\ OK$

<u>Kansiruuviryhmän ulosvetokestävyys määrittää liitoksen kapasiteetin, joka on 158 kN.</u>

C. Liimaamalla kiinnitetyn kierretangon ja kansiruuvin suunnitelmamerkinnät

Kuva C1. Liimattujen kiinnikkeiden suunnitelmamerkinnät.



Kansiruuvin poraus:
- Esiporaus D20 sileän osan pituudella (310 mm)
- Esiporaus D16 kierreosalla (200 mm)
- Kiinnitettävän pohjalevyn paksuus t_t huomioidaan sileän osan porauspituudessa
- Mastopilarikenkien sileän osan poraukset TKR140=285 mm, TKR200=280 mm, TKR300=270 mm

Kansiruuvi:
- Lujuusluokka 5.8.
- Tehollinen pituus 490 mm
- Puhtaaksi puhallettu

Liimaus:
- Epoksiliimaus valmistajan mukaan

Kierretangon poraus:
- Esiporaus 1,25 x tangon halkaisija (kts. ohjeen taulukko 3.9)
- Poraussyvyys on tartuntapituus
- Poraussyvyydet 50 mm porrastuksella
- Muotopalkkien poraukset ≤ 370 mm työstökeskuksella, pidemmät poraukset jatketaan käsityöstönä

Kierretanko
- Lujuusluokka 5.8 tai 8.8
- Kuumasinkitty

Liimaus:
- Epoksiliimaus valmistajan mukaan
- Esiporausreikäkoko koskee epoksilla liimattavia tankoja