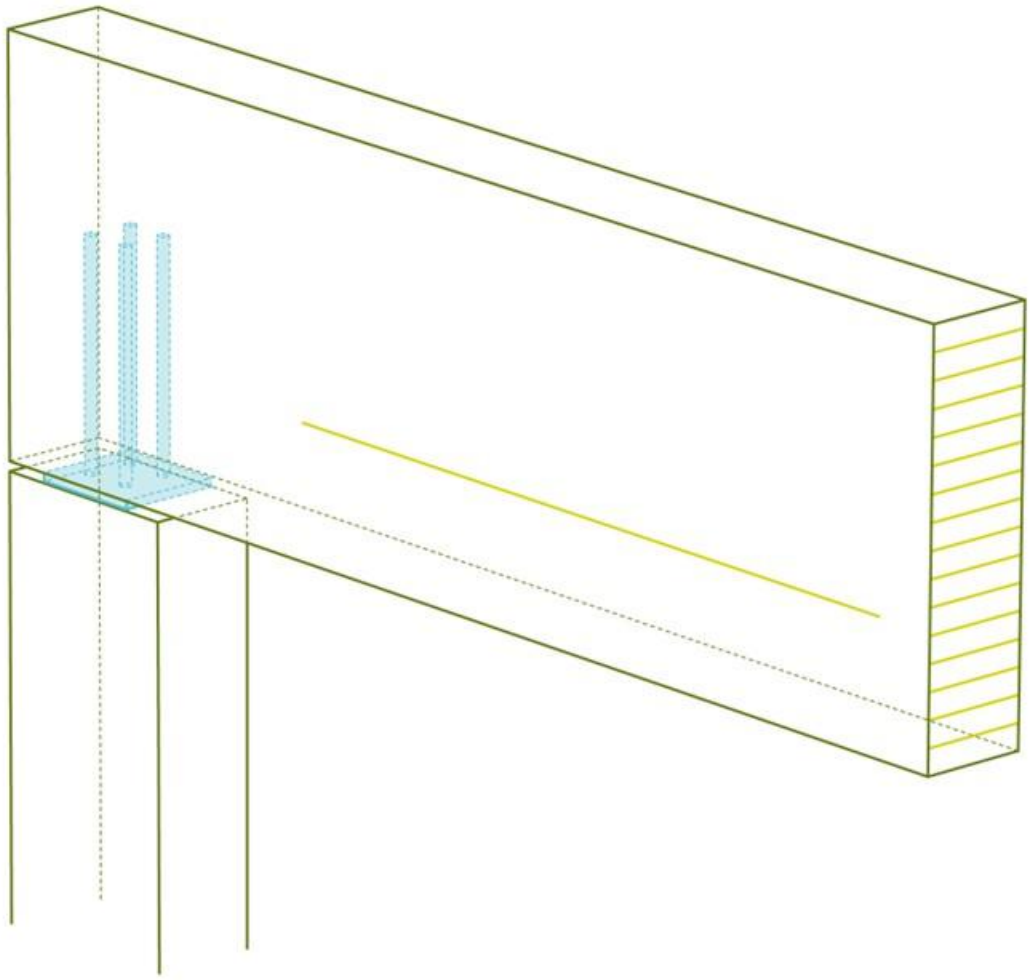
Suunnitteluohje – Tukipintavahvistus

Versowood Oy
VW207 | FI 1.1
30.1.2026



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
2.2.1 Liimaamalla kiinnitettävät kierretangot ... 5
2.2.2 Ruuvit ... 5
2.2.3 Paineentasauslevyt ... 6
2.3 Liitoksen muokkaus ... 6
2.4 Käytön rajoitukset ... 7
2.5 Esivalmistus ja varustelu ... 7
3 Kestävyydet ... 7
3.1 Suunnitteluperusteet ... 8
3.2 Murtorajatilamitoitus ... 9
3.2.1 Vahvistaminen liimatuilla kierretangoilla ... 9
3.2.2 Vahvistaminen ruuveilla ... 11
3.2.3 Paineentasauslevy ... 13
3.3 Käyttörajatilamitoitus ... 14
3.4 Palotilannemitoitus ... 14
4 Suunnittelu ... 14
4.1 Suunnitteluohjeet ja -työkalut ... 15
4.2 Mallisuunnitelmat ... 15
4.3 Materiaaliluettelot ... 15
5 Toteutus ... 15
6 Suunnittelun tukemme ... 16
6.1 Suunnittelutyökalut ... 16
6.2 Hyväksynnät ... 16
6.3 Ohjeet ... 16
7 Ohjeen revisiot ... 16
8 Liitteet ... 16
A. Tukipintavahvistus liimaamalla kiinnitetyllä kierretangolla ... 17
A.1. Mallilaskelma. Tukipintavahvistus liimatulla kierretangolla. ... 20
B. Tukipintavahvistus ruuvilla ... 23
B.1. Mallilaskelma. Tukipintavahvistus ruuvilla. ... 26
C. Tuotantosuunnitelmamalli ... 30
D. Liitosdetaljit ... 31
E. Liitososakuvat ... 32

1 Yleiskuvaus

Tässä ohjeessa esitetään Versowood liimapuutuotteissa käytettävien rakenteellisesti liimaamalla tai mekaanisilla kiinnikkeillä toteutettavien tukipintavahvistusten suunnittelun ja toteutuksen perusteet. Ohjeessa esitettävät menetelmät ja tarvikkeet ovat ensisijaisia toteutustapoja, ja muiden ratkaisujen toteutettavuus tuotannossa tulee varmistaa tapauskohtaisesti.

Tukipintavahvistuksella parannetaan liimapuun lujuusominaisuuksia paikallisesti tukipisteiden kohdalla. Vahvistukset suunnitellaan tämän ohjeen mukaisesti noudattaen ohjeessa viitattuja muita suunnitteluohjeita kuten puurakenteiden suunnittelunormi Eurocode 5 (EN 1995) ja Versowood liimatut kiinnikkeet suunnitteluohje. Mekaanisesti kiinnitettävillä ruuveilla tehtävien vahvistusten mitoitus esitetään Versowood vakiokiinniketoimittajan ohjeiden mukaan.

Tukipintavahvistusta voidaan käyttää monipuolisesti erilaisissa liimapuurakenteiden liitoksissa. Versowood ratkaisukorteissa esitetään useita erilaisia käyttöratkaisuja, jonka lisäksi tukipintavahvistuksia voidaan käyttää tätä ohjetta noudattaen erilaisissa kohdekohtaisesti määritettävissä suunnitteluratkaisuissa.

Tässä ohjeessa käytettävät liimapuun ominaisuudet ja toleranssit esitetään Versowood Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus -ohjeessa.

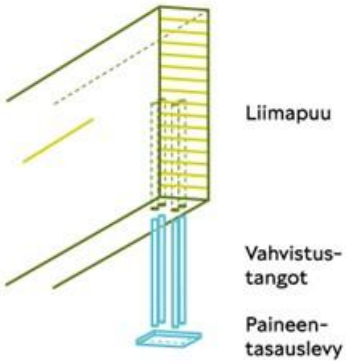
Tässä ohjeessa esitetään suunnittelun ohjeita toteutuksen tueksi. Toimituskohteen vastuulliset suunnittelijat vastaavat ohjeen vaatimusten toteutumisesta toteutuskohteessa.

2 Liitososan ominaisuudet

Liimapuupalkin syynsuuntaan kohtisuoran puristuskestävyyden, eli leimapainekestävyyden, ylittyessä tukipintaa voidaan vahvistaa liimapuuhun kiinnitettävillä vahvistustangoilla ja tarvittaessa paineentasauslevyllä.

Tukipintavahvistuksen avulla palkin ja pilarin liitospinnan puristuskestävyys ei määritä pilarin dimensiota.

Tukipintavahvistus toteutetaan liimapuiden varusteluvaiheessa suunnitelmissa määritettävin osin ja sijoituksin.



Kuva 2.1 Liitoksen osat

2.1 Rakenteellinen toiminta

Liitos muodostuu paineentasauslevystä ja erillisistä vahvistustangoista, jotka voivat olla täyskierteisiä ruuveja tai liimaamalla kiinnitettäviä kierretankoja. Vahvistustankojen tartuntalujuuden kokonaiskapasiteetti määrittää liitoksen kapasiteetin. Liimapuiden välisissä liitoksissa käytetään paineentasauslevyä, joka kestävyys mitoitetaan vahvistustankoryhmän kapasiteetin mukaan, ellei erikseen esitetä paineentasauslevyn olevan vahvistusyhdistelmän mitoittava komponentti.

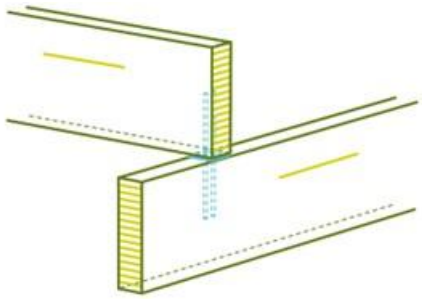
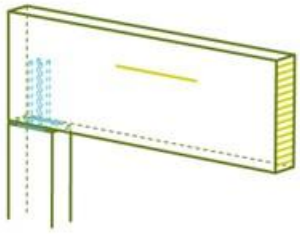
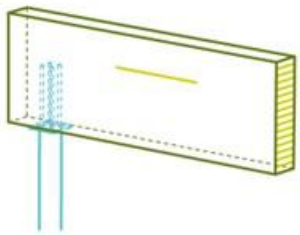
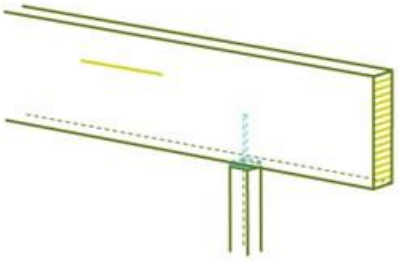
Vahvistusyhdistelmien kapasiteetit ovat voimassa myös liitettäessä vahvistettua liimapuuta teräs- tai betonipilarissa olevaan teräksiseen kiinnityslevyyn tai teräksiseen konsoliin ilman paineentasauslevyä.

Tukipainevahvistuksessa vahvistustangot ja paineentasauslevy ovat irrallisia komponentteja liitoksen sisäisten voimien hallitsemiseksi, eikä liitoksella voida välittää ulkoisia veto- tai leikkausvoimia liitospinnan yli. Liitoksen ulkoisten voimien siirtämiseksi voidaan käyttää Versowood *kiinnityslevy* ratkaisukortin mukaisia kokoonpanoja.

2.2 Käyttöversiot

Taulukossa 2.1 esitetään tukipainevahvistuksen tavanomaisia käyttötapoja ja ominaisuuksia.

Taulukko 2.1. Tukipintavahvistuksen tavanomaisia käyttötapoja

Käyttötapa	Kuva
Tukipintavahvistukset	
Liimapuupalkkien välinen liitos ○ Palkkien liitospinnat kohtisuoraan syynsuuntaan ○ Vahvistustangot molemmin puolin ○ Paineentasauslevy toisessa palkissa	
Liimapuupalkin liitos liimapuupilariin ○ Liitospinta pilarin päätypuuhun ○ Vahvistustangot ja paineentasauslevy palkissa	
Liimapuupalkin liitos teräsosaan ○ Liitospinta teräsosaan ○ Vahvistustangot palkissa ○ Liitospinnan teräsosa korvaa paineentasauslevyn ○ Liittymät teräs- ja betonipilareihin sekä teräskonsoleihin	
Ruuvivahvistukset ○ Käyttötavat kuten liimattavilla tangoilla ○ Pienemmät kapasiteetit ○ Edullinen ja nopea toteutus	

2.2.1 Liimaamalla kiinnitettävät kierretangot

Varastoidut kierretangot ja reuna- ja keskinäisetäisyyksien minimiarvot esitetään Versowood – *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen taulukossa 3.9., josta tukipintavahvistuksessa käytettävien kierretankojen mittatiedot esitetään taulukossa 2.2. Vahvistustankoina käytettävien puristettujen kierretankojen lujuusluokka aina 8.8.

Taulukko 2.2. Kierretankoliitosryhmän suunnittelun mittatiedot

Kierretanko	Pituus [mm]		Reuna-etäisyys 2,5 d	Keskinäis-etäisyys 4 d	Pääty-etäisyys 4 d
	400	500			
Kierretankoliitosryhmän mittatiedot					
M16 (8.8)	X	X	40 mm	64 mm	64 mm
M20 (8.8)	X	X	50 mm	80 mm	80 mm
M24 (8.8)	X	X	60 mm	96 mm	96 mm
Vähimmäisreuna- ja keskinäisetäisyydet liimapuussa.					

Mitoitustaulukossa 3.4 esitetään tavanomaiset varastoitujen paineentasauslevyjen ja liimattujen kierretankojen yhdistelmät tukipintavahvistuksissa. Paineentasauslevyjen kanssa käytettävät keskinäisetäisyydet esitetään taulukossa 3.6 ja sijoitusmuotoilun mittatiedot kuvan 3.2 mukaan.

2.2.2 Ruuvit

Vahvistustankoina käytetään täyskierteisiä uppokantaruuveja. Tässä ohjeessa esitettävät ratkaisut on määritetty Versowood vakioruuvitoimittajan mukaisesti.

Kohdesuunnittelussa ruuvivalmistajaa ei tarvitse merkitä erikseen noudatettaessa tätä suunnitteluohjetta. Muiden ruuvivalmistajien tuotteiden käyttäminen tulee varmistaa ennen toteutussuunnittelua.

Taulukossa 2.3 esitetään varastoidut tukipintavahvistuksissa käytettävät ruuvit.

Taulukko 2.3. Varastoidut vahvistusruuvit

Ruuvi	Tartunta-pituus L_a [mm]	Reuna-etäisyys 3 d	Keskinäis-etäisyys 4 d	Pääty-etäisyys [1) 2)] 7 d:80 mm
Varastoidut vahvistusruuvit				
R8,0x195	180	24	32	56
R8,0x295	280			
R8,0x400	385			
Vahvistusruuveina käytetään Versowood vakiotoimittajan ruuveja. 1) 80 mm kun ruuviin kohdistuu ulkoisia voimia 2) Päätyetäisyyttä voidaan lyhentää kohdekohtaisella ruuvivalmistajan mitoitusohjelman laskelmalla				

Mitoitustaulukoissa 3.7 ja 3.8 esitetään tavanomaiset vakiokokoisten paineentasauslevyjen ja ruuvien yhdistelmät tukipintavahvistuksissa palkin keski- ja päätytuilla. Paineentasauslevyjen kanssa käytettävät keskinäisetäisyydet esitetään taulukossa 3.9 ja sijoitusmuotoilun mittatiedot kuvien 3.3 ja 3.4 mukaan.

2.2.3 Paineentasauslevyt

Paineentasauslevyjen koko määräytyy mitoituksen lisäksi varastoitavien teräsprofiilien dimensioista ja osien valmistamisesta. Paineentasauslevyn fyysinen koko voi olla suurempi kuin mitoituksen mukainen tehollinen koko.

Paineentasauslevyinä käytettävien teräsprofiilien tiedot esitetään taulukossa 2.4. Levyt valmistetaan ensisijaisesti kustannustehokkaasti lattateräksestä katkaisemalla, jonka mukaan on määritetty vakiopaineentasauslevykoot.

Kohdekohtaisesti Asiakkaan suunnittelijan määrittämät paineentasauslevyt voidaan valmistaa erillishankintana teräslevystä leikkaamalla.

Taulukko 2.4. Paineentasauslevyjen aihiot

Profiili	Materiaali	Mitat [mm]
Paineentasauslevyjen aihiot		
Lattateräs	S355J0	10x80, 10x100, 10x120, 10x150, 10x200 15x80, 15x100, 15x120, 15x150, 15x200
Levy (PL)	S355J2	PL20, PL25, PL30
Paineentasauslevyt valmistetaan ensisijaisesti lattateräksestä katkaisemalla.		

Taulukossa 2.5 esitetään vakiokokoiset paineentasauslevyt, joiden mitoitus on tarkastettu ohjeen mukaisille vahvistustankoryhmille.

Taulukko 2.5. Vakiokokoiset paineentasauslevyt

Paineentasauslevy t x b x a	Paksuus *t* [mm]	Leveys *b* [mm]	Pituus *a* [mm]	Pinta-ala *A* [mm²]
Vakiokokoiset paineentasauslevyt				
10x80x80	10	80	80	6 400
10x100x100	10	100	100	10 000
10x120x120	10	120	120	14 400
10x150x150	10	150	150	22 500
15x180x100	15	180	100	18 000
15x180x150	15	180	150	27 000
15x180x200	15	180	200	36 000
15x180x300	15	180	300	54 000
Pintakäsittely: AK80/1 FeSt2 (harmaa pohjamaali) Materiaali: S355J0 Varastoitavat levykoot **vahvistetulla** tekstillä.				

Paineentasauslevy kiinnitetään liimapuuhun sivuilta R6x80 ruuvein.

Paineentasauslevyn mallituotantosuunnitelma esitetään liitteessä E.

2.3 Liitoksen muokkaus

Tukipintavahvistusta voidaan hyödyntää erityyppisissä liitosratkaisuissa, joissa vahvistustangot ja paineentasauslevyt sovitetaan liitoksen kuormituksen ja geometria mukaan. Kohdesuunnittelija vastaa tarvittavista tarkasteluista tässä ohjeessa esitettävien perusteiden mukaisesti.

Liimaamalla kiinnitettävien vahvistustankojen toteutuksessa noudatetaan Versowood liimatut kiinnikkeet suunnitteluohjetta. Liimaus soveltuu käytettäväksi käyttöluokissa KL1 (lämpimät sisätilat) sekä KL2 (katetut ulkotilat), kun liimapuu pintakäsitellään käyttöluokan vaatimusten mukaisesti.

Kun liitoksen kohdistuu veto- tai leikkausvoimia, voidaan tukipintavahvistus toteuttaa Versowood *kiinnityslevy* ratkaisukortin mukaisella teräsosakokoonpanolla. Liimattavat tangot kiinnitetään varusteluissa kierreliitoksin. Hitsattuja kokoonpanoja ei liimatuissa kiinnityksissä käytetä lämpömuodonmuutoksista johtuvien tankojen suuntakulmapoikkeamien takia.

Ohjeessa esitettävien ruuvattavien tukipintavahvistusten kapasiteettien parantaminen vaihtoehtoisen ruuvivalmistajan tuotteille ei ole suositeltavaa erillishankinnan takia.

2.4 Käytön rajoitukset

Liitos on suunniteltu käytettäväksi käyttöluokassa 1 (lämpimät sisätilat) sekä käyttöluokassa 2 (katetut ulkotilat) kun rakenteet pintakäsitellään käyttöluokan mukaisesti ja kosteudenhallinnassa noudatetaan Versowood *liimapuutoimituksen kosteudenhallintaohjetta*.

Käyttöolosuhteiden ollessa toistuvasti tai jatkuvasti yli 30 °C tai tasaantumiskosteuden ollessa alle 9 %, tulee kohdesuunnittelijan huomioida liimapuudimension ja liitoksen mitoituksissa kuivamishalkeamien vaikutus kapasiteetteihin.

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

Erityiset käyttöolosuhteet tulee käsitellä liimapuutoimituksen kaupallisessa vaiheessa ja merkitä suunnitelmissa.

Liitos on suunniteltu staattisille kuormille. Toimituskohteen suunnittelija vastaa dynaamisten kuormitusten, jatkuvan sortuman ja muiden poikkeustilanteiden mitoituksesta ja suunnittelemisesta.

2.5 Esivalmistus ja varustelu

Liimaamalla kiinnitettävät kierretangot toteutetaan Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen mukaan. Paineentasauslevyt asennetaan liimauksen yhteydessä ruuvein liimapuun pintaan, jolloin tankojen liimauspaine puristaa tangot levyä vasten.

Ruuvit asennetaan suunnitelmien mukaisesti uppokanta liimapuun pinnan tasalle, ja paineen tasauslevy erillisin kiinnitysruuvein liimapuun pintaa ja ruuvin kantoja vasten.

Varustelu tehdään ennen liimapuun mahdollista pintakäsittelyä.

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

3 Kestävyydet

Tukipintavahvistuksen kestävyysominaisuudet määritetään suunnittelustandardin EN 1995 (Eurokoodi 5, puurakenteet) ja kansallisen puurakenteiden suunnitteluohjeen RIL 205 menetelmin.

Tässä kappaleessa esitetään tukipintavahvistusten suunnittelun perusteet ja Versowood vakiokokoisten tukipainelevyjen kapasiteetit. Kohdekohtaisesti muokattujen tukipainevahvistusten suunnittelussa tulee noudattaa tässä esitettyjä määrityksiä.

Suunnitteluohjeessa esitetyt kapasiteetit perustuvat liimakiinnitysohjeessa esitettyihin liimatankojen kapasiteetteihin sekä tukipintalevyn taivutuslujuuteen. Tukipintalevy voidaan mitoittaa taivutettuna levynä, kuten laskentaesimerkissä näytetään.

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

3.1 Suunnitteluperusteet

Liitoksen 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	
S 355J0	Teräslaatu
EXC2	Toteutusluokka, teräsrakenteet
8.8	Kierretangon lujuusluokka
GL30c	Liimapuun lujuusluokka
TL3	Toteutusluokka, puurakenteet (Versowood liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus)

Taulukko 3.2. Liitoksen suunnittelussa noudatettavat standardit ja ohjeet

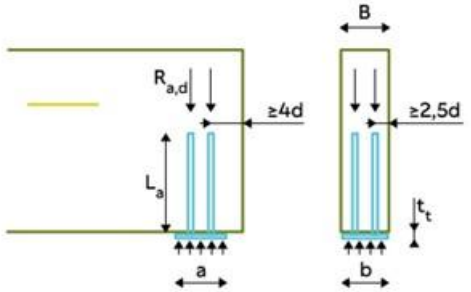
Standardi/ohje	Kuvaus
Suunnittelu	
SFS-EN 1993	Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu.
SFS-EN 1995	Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu.
RIL 205	Puurakenteiden suunnitteluohje (Eurokoodi 5) ○ Liimakiinnityksen suunnittelu
EUFI29-25000438-T1	Eurofins Expert Services Oy. ○ Lausunto; Liimaruuviliitosten suunnitteluohje
Liimapuu	
EN 14080	Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
Puurakenteiden toteutus	
SFS 5978	Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakenneosia koskevat säännöt.
Kiinnikkeet	
DIN 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

Liimaamalla tehtävien kiinnitysten suunnittelun perusteet esitetään *Versowood – liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa.

Versowood *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* -ohjeessa esitetään käytettävän liimapuun ominaisuudet ja toleranssit sekä laadunvalvonnan perusteet.

3.2 Murtorajatilamitoitus

Kohdesuunnittelija määrittää tukipainevahvistuksen tarpeen mitoituskuormien mukaan sekä määrittää soveltuvan tukipainevahvistuksen tapauskohtaisesti. Versowood ohjekorteissa esitetään malleja käyttöratkaisuista ja kuormitusten määrittämisestä.



Kuva 3.1 Tukipintavahvistuksen mittatiedot

Liitoskapasiteetin mitoituksessa tarkastetaan vahvistustangon tartunta liimapuussa puristuskuormitukselle sekä tarvittaessa paineentasauslevyn taivutuskestävyys tukipintaa vasten. Vahvistustankojen tartuntakapasiteettien summa määrittää tukipintavahvistuksen kapasiteetin ja paineentasauslevy mitoitetaan tankojen ja tukipinnan materiaaliominaisuuksien mukaan riittävän kokoiseksi.

Vahvistustangot asennetaan aina kohtisuoraan tukipintaa vasten, jolloin suuntakulma liimapuussa määrittyy liitoksen kulman mukaan. Suuntakulman tulee olla vahvistustangon mitoituksessa määritetyn suuntakulmavaihtelun rajoissa.

Liimatuilla kierretangoilla toteutettavan Versowood vakiotukipintavahvistuksen mitoitustyökalu on suunnittelijoiden vapaasti hyödynnettävissä calculationtools.fi palvelussa.

Liimaamalla kiinnitettävillä kierretangoilla toteutettavan tukipintavahvistuksen mitoituksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä A.

Ruuveille tukipintavahvistuksen mitoituksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä B.

3.2.1 Vahvistaminen liimatuilla kierretangoilla

Vahvistustankoina käytettävien liimaamalla kiinnitettyjen kierretankojen puristuskestävyydet eri tartuntapituuksilla esitetään Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen taulukossa 3.8, josta tukipintavahvistuksessa käytettävien kierretankojen arvot esitetään taulukossa 3.3. *Liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa esitetään kierretankojen liimauksen tartuntalujuuden mitoituslaskenta sekä suunnittelussa esitettävät tiedot.

Taulukko 3.3. Varastoitujen liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen puristusmitoituskapasiteetit

Kierretanko	Tartuntapituus L_a [mm]			
	Käyttöluokka 1		Käyttöluokka 2	
	400	500	400	500
Liimattujen kierretankojen puristusmitoituskapasiteetti $R_{a,d}$ [kN]				
M16 (8.8)	75,4	86,4	60,3	69,1
M20 (8.8)	100,5	117,8	80,4	94,2
M24 (8.8)	125,7	149,2	100,5	119,4
Kapasiteetit Versowood liimatut kiinnikkeet suunnitteluohjeen taulukon 3.8 mukaan. Liitosten suuntakulma α =0°–90° Keskipitkä kuormitus k_{mod}=0,8. Tartuntalujuuden osavarmuus γ_m=1,3.				

Taulukossa 3.4 esitetään kapasiteetit tavanomaisilla paineentasauslevyjen ja kierretankoryhmien yhdistelmillä tukipintavahvistuksina.

Taulukko 3.4. Tukipintavahvistuskapasiteetit liimatuilla kierretankoryhmillä

Paineentasauslevy t x b x a	Kierretangot	Kapasiteetti	
		Käyttöluokka 1	Käyttöluokka 2
Tukipintavahvistuskapasiteetit liimatuilla kierretankoryhmillä R_d [kN]			
10x120x120	2x M16 - L400	150	120
15x180x100	2x M20 - L400	201	160
15x180x150	4x M16 - L400	302	241
15x180x200	4x M20 - L400	402	321
	4x M20 - L500	471	
15x180x300	6x M20 - L400	603	482
	6x M20 - L500	670 [1)]	565
Keskipitkä kuormitus k_{mod}=0,8. Tartuntalujuuden osavarmuus γ_m=1,3. 1) Paineentasauslevy mitoittaa kapasiteetin			

Valmistusteknisin perustein määritettyjen paineentasauslevyjen mitoituksen vähimmäismitat esitetään taulukossa 3.5. Suunnitteluratkaisun edellyttäessä vähimmäismittaiset levykoot kohdekohtaisen suunnitelman mukaan.

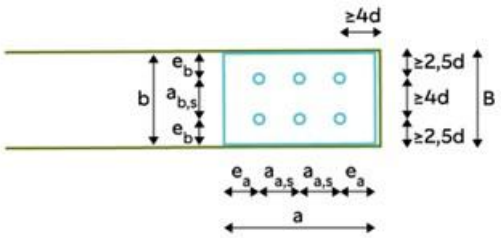
Taulukko 3.5. Paineentasauslevyjen vähimmäismitat vakioyhdistelmillä

Paineentasauslevy t x b x a	Kierretangot	Vähimmäismitat				
		Leveys [mm]		Pituus [mm]		Pinta-ala
		b'	e_b'	a'	e_a'	A [mm²]
10x120x120	2x M16-L400	120	25	120	60	14 400
15x180x100	2x M20-L400	140	25	95	47,5	13 300
15x180x150	4x M16-L400	150	35	135	27,5	20 250
15x180x200	4x M20-L400	165	37,5	165	37,5	27 225
	4x M20-L500	170	40	190	40	32 300
15x180x300	6x M20-L400	150	30	300	40	42 000
	6x M20-L500	180	45	300	40	54 000
Paineentasauslevyjen mitoituksessa käytetyt vähimmäismitat Taulukon 3.4 yhdistelmien käyttöluokan KL1 kuormille. Vahvistustangot taulukon 3.6 mukaan.						

Liimaamalla kiinnitettävällä kierretangolla toteutettavan tukipintavahvistuksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä A.

Taulukossa 3.6 ja kuvassa 3.2 esitetään kierretankojen keskinäisetäisyydet ($a_{a,s}$, $a_{b,s}$) ja etäisyydet paineentasauslevyn (e_a, e_b) reunoista levyn molemmissa suunnissa.

Liimapuupalkin vähimmäisleveyden(B) määrityksessä huomioidaan taulukon 2.2 mukainen kierretangon minimireunaetäisyys. Vähimmäisleveydet esitetään taulukossa paineentasauslevyn molemmissa suunnissa.



Kuva 3.2 Vahvistustankoryhmän mittatiedot paineentasauslevyllä

Taulukko 3.6. Kierretankoryhmien mittatiedot paineentasauslevyillä

Paineentasauslevy t x b x a	Kierretangot	Leveys b		Pituus a		Palkin leveys B	
		e_b	$a_{b,s}$	e_a	$a_{a,s}$	$B_{b,min}$	$B_{a,min}$
Kierretankoryhmien mittatiedot paineentasauslevyillä [mm]							
10x120x120	2x M16-L400	25	80	60	*	140	140
15x180x100	2x M20-L400	45	90	50	*	190	115
15x180x150	4x M16-L400	50	80	35	80	190	165
15x180x200	4x M20-L400	45	90	55	90	190	215
	4x M20-L500	45	90	45	110	190	215
15x180x300	6x M20-L400	45	90	45	110	190	**
	6x M20-L500	45	90	45	110	190	**

*= Yhdessä rivissä olevat tangot asennetaan levyyn keskeisesti
**=Ylittää vakio palkkileveyden
Reunaetäisyydet paineentasauslevyn fyysisen mitan mukaan.

3.2.2 Vahvistaminen ruuveilla

Vahvistustankoina käytettävien täyskierteisten ruuvien puristuskapasiteetti tukipintavahvistuksessa määritetään ruuviryhmän kärjen tasossa 45° murtokartion mukaan reunimmaisen ruuvien kannasta lukien.

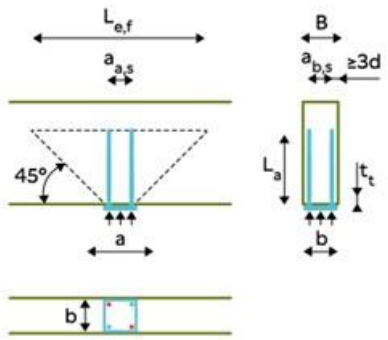
Käytännössä tehollinen puristuspinta määritetään liimapuupalkin leveyden (B) ja ruuviryhmän reunimmaisten ruuvien keskinäisetäisyyden mukaan. Liimapuun sisäinen tehollinen puristuspinta-ala kasvaa ruuvipituuden kasvaessa. Pitkillä ruuveilla ruuvin nurjahdustarkastelu voi edellyttää lisäruuvien käyttämistä.

Taulukot on laadittu Versowood vakioruuvitoimittajan ETA 11/0024 (Eurotec) hyväksynnän mukaan uppokantaiselle täyskierreruuville KonstruX. Taulukkojen kapasiteetit ovat voimassa ruuvauksen suuntakulmalla 45–90° syynsuunnasta. Pienemmän suuntakulman kapasiteetit tarkastetaan tapauskohtaisesti kohdesuunnittelijan toimesta.

Suunnittelustandardin tulevassa päivityksessä FprEN 1995-1-1:2025 esitetään ruuvien mitoitus ilman valmistajakohtaisen ETA hyväksynnän tietoja. Suunnittelijan tulee varmistaa voimassa oleva mitoitusperuste kohdesuunnittelussa.

Taulukossa 3.7 esitetään kuvan 3.3 mukaan ruuviryhmien tukipintavahvistuskapasiteetit keskituella vakiopaineentasauslevyillä, kun ruuviryhmän sijoittelu toteutetaan taulukon 3.9 mukaisilla mittatiedoilla.

Kahdella ruuvilla toteutettavissa vahvistuksissa ruuvit sijoitetaan kuvan 3.3 punaisten pisteiden mukaisesti levyn ristikulmiin.

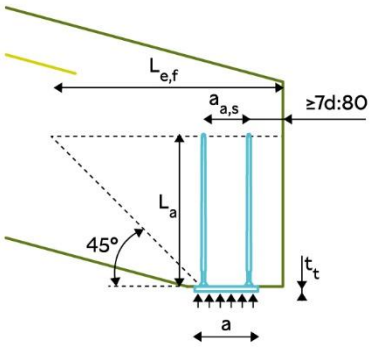


Kuva 3.3 Vahvistusryhmäryhmän mittatiedot paineentasauslevyllä keskituella

Taulukko 3.7. Tukipintavahvistuskapasiteetit ruuviryhmillä keskituella

Paineentasauslevy t x b x a	Ruuvit	Kapasiteetti	Huom.
Tukipintavahvistuskapasiteetit ruuviryhmillä keskituella R_d [kN]			
10x80x80	1x R8,0x295	41,5	
10x100x100	2x R8,0x195	52,5	Tehollinen leveys b=80 mm
10x100x100	4x R8,0x195	65,5	
10x120x120	4x R8,0x295	105,0	
10x150x150	4x R8,0x295	131,5	
15x180x150	8xR8,0x400	190,0	
Kapasiteetit Versowood vakioruuvitoimittajan mukaan. Liitosten suuntakulma syynsuunnasta α = 45°–90° Keskipitkä kuormitus k_{mod} = 0,8. Tartuntalujuuden osavarmuus γ_m = 1,3.			

Taulukossa 3.8 esitetään kuvan 3.4 mukaan ruuviryhmien tukipintavahvistuskapasiteetit päätytuella vakiopaineentasauslevyillä, kun ruuviryhmän sijoittelu toteutetaan taulukon 3.9 mukaisilla mittatiedoilla.



Kuva 3.4 Vahvistusruuviryhmän mittatiedot paineentasauslevyllä päätytuella

Taulukko 3.8. Tukipintavahvistuskapasiteetit ruuviryhmillä päätytuella

Paineentasauslevy t x b x a	Ruuvit	Kapasiteetti	Huom.
Tukipintavahvistuskapasiteetit ruuviryhmillä päätytuella R_d [kN]			
10x80x80	1x R8,0x295	35,5	-
10x100x100	2x R8,0x295	51,0	ruuvit rinnakkain palkin leveys suunnassa
10x120x120	4x R8,0x295	74,0	levyreuna ≥ 20 mm palkin päästä
10x150x150	4x R8,0x295	95,5	levyreuna ≥ 10 mm palkin päästä
Kapasiteetit Versowood vakioruuvitoimittajan mukaan. Liitosten suuntakulma syynsuunnasta α = 45°–90° Keskipitkä kuormitus k_{mod} = 0,8. Tartuntalujuuden osavarmuus γ_m = 1,3.			

Taulukossa 3.9 esitetään kuvien 3.3 ja 3.4 mukaiset ruuvien keskinäisetäisyydet ($a_{a,s}$, $a_{b,s}$) ja etäisyydet paineentasauslevyn (e_a, e_b) reunoista levyn molemmissa suunnissa. Ruuvien reunaetäisyys on kaikissa tilanteissa enintään etäisyys paineentasauslevyn reunaan, ja palkin vähimmäisleveys (B) on paineentasauslevyn sivumitta asennussuunnassa.

Taulukko 3.9. Ruuviryhmien mittatiedot paineentasauslevyillä

Paineentasauslevy t x b x a	Ruuvit	Leveys b		Pituus a		Palkin leveys B	
		e_b	$a_{b,s}$	e_a	$a_{a,s}$	$B_{b,min}$	$B_{a,min}$
Ruuviryhmien mittatiedot paineentasauslevyillä [mm]							
10x80x80	1x R8,0x295	40	*	40	*	90	90
10x100x80	2x R8,0x195	20	60	40	*	115	90
10x100x100	4x R8,0x195	20	60	20	60	115	115
10x120x120	4x R8,0x295	20	80	20	80	140	140
10x150x150	4x R8,0x295	30	90	30	90	165	165
15x180x150	8xR8,0x400	30	3x40	30	90	190	165

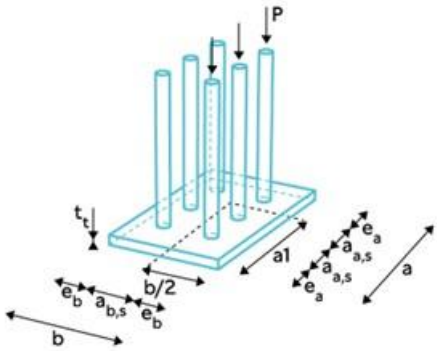
Ruuveilla toteutettavan tukipintavahvistuksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä B.

3.2.3 Paineentasauslevy

Paineentasauslevyn mitoitus tarkastetaan vahvistustankojen mukaiselle kapasiteetille kiinnikeryhmän geometrian mukaisesti.

Mitoituksessa teräslevyn paksuus tarkastetaan kimmoteoriaan perustuvilla kaavoilla. Tuki- ja kenttämomenteista aiheutuvat levyn taivutusjännitykset tarkistetaan molemmissa suunnissa, joita verrataan levyn taivutuslujuuteen.

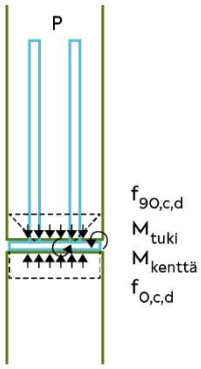
Kuvassa 3.5 esitetään paineentasauslevyn mitoituksen mittatiedot molemmissa suunnissa. Mitoitussuunnassa kahden vahvistustangon levy jaetaan kahteen osaan (kuvassa b/2) ja useamman vahvistustangon mitoitussuunnassa tarkastelu tehdään kahden vahvistustangon ja symmetrisen ulokkeen (kuvassa a1) pituudella.



Kuva 3.5 Vahvistustankojen mittatiedot paineentasauslevyllä

Tässä ohjeessa esitetään paineentasauslevyjen tehollisen alan kapasiteetit käsinlaskennan mukaan taulukoissa 3.6 ja 3.9 esitettävillä mittatiedoilla.

Paineentasauslevyn tarkemmassa mitoittamisessa huomioidaan vahvistetun liimapuupalkin puristuslujuus kohtisuoraan syynsuuntaan, eli reunapuristuslujuus kuvan 3.6 periaatteen mukaan. Versowood vakiopaineentasauslevyn tarkempi mitoitus Calculationtools.fi palvelun liimapuun tukipintavahvistuksen mitoitustyökalulla.



Kuva 3.6 Paineentasauslevyn mitoituskomponentit

Paineentasauslevyn käsinlaskennan mitoituskaavat ja laskentaesimerkit esitetään liitteessä A. Käsinlaskennassa ei huomioida palkin reunapuristuslujuuden vaikutusta.

Suunnittelustandardin tulevassa päivityksessä *FprEN 1995-1-1:2025* esitetään paineentasauslevyn tarkastelun arviointikaava, jota käytetään myös usean kiinnikevalmistajan mitoitusohjelmissa. Arviointikaavalla saadaan useissa tilanteissa tarkempaa laskentaa paksumpia tukipainelevypaksuuksia.

3.3 Käyttörajatilamitoitus

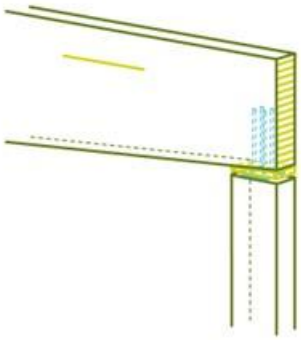
Tukipintavahvistukselle ei tehdä käyttörajatilamitoitusta.

3.4 Palotilannemitoitus

Tukipintavahvistusta ei tarkastella palotilanteessa.

4 Suunnittelu

Versowood ratkaisukorteissa esitetään erilaisia tukipintavahvistusten käyttöratkaisuja, jonka lisäksi tukipintavahvistuksia voidaan käyttää tätä ohjetta noudattaen erilaisissa kohdekohtaisesti määritettävissä suunnitteluratkaisuissa.

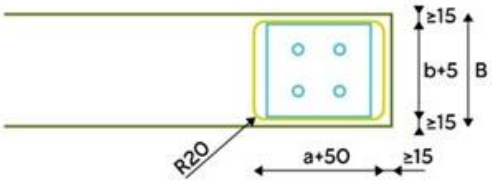


Kuva 4.1 Kiilapala liimapuussa tukipinnalla

Liimapuuhun voidaan vapaasti lisätä kuvan 4.1 mukainen liimapuinen kiilapala tai muu korotus tukipintavahvistuksen alueelle tuen kohdistamiseksi kohtisuoraan liitospinnalle. Kiilapala kiinnitetään rakenteellisella liimauksella, ja sillä on samat ominaisuudet kuin liimapuuaihiolla. Kiilapalan vähimmäispaksuus on 15 mm, ja korkoeron tulee olla vähintään 5 mm. Pienillä tukipinnan kulmilla korkoero voidaan toteuttaa pilarin pään kallistuksella palkin suuntaiseksi.

Kiilapalan suunnitellaan palkin levyisenä ja vähintään 25 mm paineentasauslevyä pidempänä molemmista päistä. Palan kokona suositellaan liittymäpinnan, kuten pilarin poikkileikkauksen kokoa.

Paineentasauslevy voidaan upottaa liimapuupinnan syrjän tasaan työstökeskuksen jyrsintapilla tehtävällä upotustyöstöllä kuvan 4.2 mittatietojen mukaisesti. Palkin leveyssuunnassa upotus on +5 mm paineentasauslevyä leveämpi siten, että reunoilla jää vähintään 15 mm puuta. Upotuksen pituus +50 mm paineentasauslevyä pidempi, ja nurkkien kulmapyöristys r=20 mm jyrsintapin halkaisijan mukaan. Sijoitettaessa upotettava paineentasauslevy alle 40 mm etäisyydelle päädystä, jyrsitään upotus auki palkin päädystä.



Kuva 4.2 Paineentasauslevyn upotus

Tukipintavahvistuksen sovelluksissa, joissa tarvitaan liimatankojen mekaaninen liitos tukipainelevyyn, käytetään kierteistettyä liitostapaa. Hitsausliitoksia ei sallita liitososille hitsauksessa syntyvistä muodonmuutoksista johtuvien mittaepätarkkuuksien vuoksi.

Liitososalle mahdollisesti kohdekohtaisissa sovelluksissa tarvittavissa työstöissä huomioidaan Versowood *työstöohjeistuksen* reunaehdot. Liimaamalla kiinnitettävien kierretankojen työstöt Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen mukaisesti.

4.1 Suunnitteluohjeet ja -työkalut

Liitoksen suunnittelu ja mitoitus tehdään tämän ohjeen mukaisesti noudattaen lisäksi Versowood Liimapuurakenteiden suunnitteluohjetta, sekä Versowood Liimatut kiinnikkeet ohjetta. Kaikki ohjeet ovat ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

Suunnittelussa tulee huomioida liimapuun ominaisuudet ja toteutuksen toleranssit Versowood *liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* -ohjeen mukaan.

Liitoksen Tekla Structures mallinnustyökalu on ladattavissa Tekla Warehouse palvelusta.

4.2 Mallisuunnitelmat

Ohjeen liitteenä esitetään mallisuunnitelmat liitoksen esittämisestä liimapuurakenteen kokoonpanosuunnitelmassa sekä liitoksen rakennedetaljista kohdesuunnittelua varten. Mallisuunnitelmat eri tiedostomuodoissa on ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

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

Liitoksen konepajaosan tuotantosuunnitelma esitetään ohjeen liitteenä. Toteutuskohteen vastaava rakennesuunnittelija tarkastaa ja hyväksyy liitososan käytön kohdekohtaisesti. Konepaja osan mitoituslaskelmat toimitetaan pyydettäessä.

4.3 Materiaaliluettelot

Kokoonpanoista ja tarvikkeista laaditaan elementti- ja materiaaliluettelot noudattaen Versowood tietomallinnusohjeessa esitettyjä malleja tietosisältöineen. Kohdekohtaiset, tehdasasennetut ja työmaatarvikkeet erottelevat luettelot on helppo laatia Tekla Structures ohjelman Versowood mallinnustyökaluilla ja luettelopohjilla.

5 Toteutus

Tukipintavahvistuksen alle tulevat kiilapalat kiinnitetään rakenteellisella liimauksella liimapuuaihioon ennen työstöjä. Tukipintavahvistuksen vahvistustankojen reikäporaukset ja muut työstöt tehdään liimapuuaihioon työstökeskuksella kohdekohtaisen tuotantosuunnitelman mukaan. Tukipinnan suunta sekä kohtisuoruus lapepintaan työstetään tarvittaessa työstökeskuksella mittatarkkuuden parantamiseksi.

Vahvistustangot ja paineentasauslevyt asennetaan puuvalmiiseen aihioon tuotannon työohjeiden mukaan.

Liimaamalla kiinnitettävät kierretangot asennetaan Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen mukaan. Paineentasauslevyt asennetaan tankojen liimauksen yhteydessä, jolloin liimauspaine varmistaa tankojen ja levyn kontaktin liitoksen sisällä.

Mekaanisesti kiinnitettävät vahvistusruuvit asennetaan kohdekohtaisen tuotantosuunnitelman mukaisesti uppokanta liimapuun pinnan tasaan.

Paineentasauslevy kiinnitetään ruuvein vahvistustankojen päälle tuotantosuunnitelman mukaiseen sijaintiin. Levyjen kiinnitysruuvaus on paikalleen kohdistava, eikä ruuvien huomioida välittävän liitosvoimia.

Tukipintavahvistuksen toteutus on Versowood viimeistelyn laadunvalvonnan alaista. Liimaamalla tehtävien kiinnitysten erityinen laadunvalvonta ja testaus esitetään *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa.

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.

Yleisimmille liimapuurakenteille ja vakioliitoksille tarjotaan mitoitustyökaluja calculationtools.fi palvelussa osoitteessa

calculationtools.com/versowood/

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
VW205	Suunnitteluohje – Liimatut kiinnikkeet

7 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	5.5.2025	Ensijulkaisu
1.1	30.1.2026	Paineentasauslevyn mitoitusohjetta tarkennettu Kapasiteetti- ja geometriataulukoita tarkennettu

8 Liitteet

A. Tukipintavahvistus liimaamalla kiinnitetyllä kierretangolla
B. Tukipintavahvistus ruuvilla
C. Tuotantosuunnitelmamalli
D. Liitosdetaljit
E. Liitososakuvat

A. Tukipintavahvistus liimaamalla kiinnitetyllä kierretangolla

Tässä liitteessä esitetään laskentakaavat ja käytettävän mitoituksen lähtötiedot tämän ohjeen mukaisille tukipainevahvistuksille käytettäessä liimaamalla kiinnitettäviä kierretankoja.

Liitoksessa tuen puristusvoima N_d siirretään teräksisen paineentasauslevyn välityksellä liimaamalla kiinnitettäville kierretangoille, josta koko tukivoima siirtyy liimauksen tartuntakapasiteetin kautta liimapuuhun.

Liimaamalla kiinnitettävän kierretangon puristuskapasiteetti

Liimattavien kierretankojen koot ja kapasiteetit valitaan Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen mukaan. Ohjeessa esitetään liimatankojen mitoituskaavat.

Puristettujen kierretankojen lujuusluokka aina 8.8.

Liimattavien kiinnikkeiden suunnitteluohjeen mukaisesti kierretangon puristuskapasiteetti on pienempi arvoista tartuntakapasiteetti puussa $R_{a,d,W}$, tai tangon puristuskestävyys $R_{a,d,Tc}$. Liitoksen puristuskapasiteetti R_d [kN] käytettävien kierretankojen summana määritetään kaavalla:

$$R_d = n * R_{a,d}$$

, jossa

n	kierretankojen lukumäärä [kpl]
$R_{a,d}$	kierretangon puristuskapasiteetti [kN]

Liimaamalla kiinnitettävien tankojen puristuskapasiteetin tulee olla suurempi kuin tuen puristusvoima N_d. Mitoitusehto tarkastetaan kaavalla:

$$R_d \geq N_d$$

, jossa

N_d	mitoituskuoma tuella[kN]

Liimattavien kiinnikkeiden suunnitteluohjeen kapasiteetit ovat voimassa, kun ohjeen taulukossa 3.9 esitetyt reuna- ja keskinäisetäisyydet toteutuvat.

Paineentasauslevyn pinta-ala

Paineentasauslevyn pinta-ala määritetään tukipinnan materiaalin mukaan.

Liimapuupilarin syynsuunnassa päätypuun varaan tukeutuvan paineentasauslevyn vähimmäispinta-ala lasketaan kaavoilla:

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

, jossa

k_{mod}	aikaluokkakerroin
Υ_M	liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,30)
$f_{c,0,k}$	liimapuun ominaispuristuslujuus syynsuunnassa [N/mm^2]

$$A_{min} = \frac{R_d}{f_{c,0,d}}$$

, jossa

R_d	kierretankoryhmän puristuskapasiteetti [N]
$f_{c,0,k}$	liimapuun murtopuristuslujuus syynsuunnassa [N/mm²]

Vähimmäispinta-alan määritys täyttää puristuspaineen mitoitusehdon liimapuun päätypuussa ilman lisätarkastelua.

Käytettävä vakiopaineentasauslevy valitaan vähimmäispinta-alan ja kierretankoryhmän kapasiteetin mukaan ohjeen taulukoista 3.4 ja 3.5. Tukipainelevyn käyttöaste KA [≤ 100 %] tukipinnalla tarkastetaan kaavoilla:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$$

$$KA = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}$$

, jossa

$\sigma_{c,0,d}$	liimapuun puristuskapasiteetti syynsuunnassa [N/mm²]
N_d	mitoituskuorma tuella [N]
A	valitun tukipainelevyn pinta-ala [mm²]

Paineentasauslevyn mitoitus

Paineentasauslevyn mitoitus tarkastetaan vahvistustankojen mukaiselle kapasiteetille kiinnikeryhmän geometrian mukaisesti.

Paineentasauslevyn taivutusmomentti kiinnikkeen kohdalla lasketaan kaavoilla:

$$M_{datuki} = -\frac{P * {e_a}^2}{2 * (a_{a,s} + 2 * e_a)}$$

$$M_{dbtuki} = -\frac{P * {e_b}^2}{2 * (a_{b,s} + 2 * e_b)}$$

, jossa

P	kuormitus [N]
e_i	etäisyys levyn laidasta ruuvin keskelle [mm]
$a_{a,s}$	ruuvien keskiöetäisyys suunnassa a [mm]
$a_{b,s}$	ruuvien keskiöetäisyys suunnassa b[mm]

Yksiaukkoisen, eli kahden peräkkäisen tangon paineentasauslevyn taivutusmomentti kentässä lasketaan kaavoilla:

$$M_{dakenttä} = \frac{P * (e_a + 0{,}5 * a_{a,s})}{2} \left[1 - \frac{e_a}{(e + 0{,}5 * a_{a,s})} - \frac{(e_a + 0{,}5 * a_{a,s})}{(a_{a,s} + 2 * e_a)}\right]$$

$$M_{dbkenttä} = \frac{P * (e_b + 0{,}5 * a_{b,s})}{2} \left[1 - \frac{e_b}{(e_b + 0{,}5 * a_{b,s})} - \frac{(e_b + 0{,}5 * a_{b,s})}{(a_{b,s} + 2 * e_b)}\right]$$

, jossa

P	kuormitus [N]
e_i	etäisyys levyn laidasta kiinnikkeen keskelle [mm]
$a_{a,s}$	ruuvien keskiöetäisyys suunnassa a [mm]
$a_{b,s}$	ruuvien keskiöetäisyys suunnassa b [mm]

Kaksiaukkoisen, eli 3 peräkkäisen tangon paineentasauslevyn taivutusmomentti kentässä lasketaan kaavoilla:

$$M_{d,A} = M_{d,C} = -\frac{q * {e_a}^2}{2}$$

$$M_{dB} = q * \left(\frac{{e_a}^2}{4} - \frac{{a_{a,s}}^2}{8}\right)$$

, jossa

q	tasainen kuormitus [N]
e_a	etäisyys levyn laidasta kiinnikkeen keskelle [mm]
$a_{a,s}$	kiinnikkeiden keskiöetäisyys suunnassa a [mm]

Paineentasauslevyn tarkemmassa mitoituksessa huomioidaan vahvistetun liimapuupalkin reunapuristuspaineen vähennys teräslevyn taivutusjännitykseen. Liimapuun puristuslujuus kohtisuoraan syynsuuntaan, eli reunapuristuslujuus $\sigma_{c,90d}$ [N/mm²] lasketaan kaavoilla:

$$k_{c,\perp} = k_{c,90} * \frac{\ell_{c,90,ef}}{\ell}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M}$$

$$\sigma_{c,90,d} = k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$$

, jossa

$k_{c,\perp}$	tukipainekerroin
$f_{c,90,k}$	liimapuun ominaispuristuslujuus kohtisuoraan syynsuuntaan [N/mm²]
$\ell_{c,90,ef}$	tehollinen kosketuspinnan pituus [mm] = ℓ (ei huomioida levitystä)
ℓ	kosketuspinnan pituus syiden suunnassa[mm]
$k_{c,90}$	kerroin jolla otetaan huomioon kuorman sijainti ja puun ominaisuuksia = 1,0

Paineentasauslevyn taivutusjännitys lasketaan kaavalla:

$$W_a = \frac{b/2 * t^2}{6}$$

$$W_b = \frac{a/2 * t^2}{6}$$

$$\sigma_{a,d} = \frac{M_{da}}{W_a}$$

$$\sigma_{b,d} = \frac{M_{db}}{W_b}$$

, jossa

t	levyn paksuus [mm]
a	levyn pituus [mm]
b	levyn leveys[mm]
M_{da}	mitoittava momentti suunnassa a [Nmm]
M_{db}	mitoittava momentti suunnassa b [Nmm]

Paineentasauslevyn taivutuslujuus lasketaan kaavalla:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

, jossa

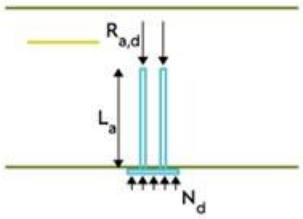
f_k	teräslevyn myötölujuus [355 N/mm²]
γ_M	teräksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,1)

A.1. Mallilaskelma. Tukipintavahvistus liimatulla kierretangolla.

Tukipintavahvistus liimaamalla kiinnitetyllä kierretangolla

Liitoksen tiedot:

Kierretanko	M20 8.8
Kierretankojen määrä	n = 4 kpl
Liitoksen suuntakulma	α = 90°
Tartuntapituus	L_a = 500 mm
Kuormituksen aikaluokka	Keskipitkä
Käyttöluokka	1



Taulukkotiedot:

Kierretangon puristuskapasiteetti $R_{a,d}$ = 117,8 kN

Kuormituksen aikaluokkakerroin k_{mod} = 0,8

Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin Υ_M = 1,3 (Liitokset)

Liimattavien kierretankojen puristuskapasiteetti

$$R_d = n * R_{a,d} = 4 * 117{,}8\ kN = 471\ kN$$

Paineentasauslevyn pinta-ala

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\Upsilon_M} = \frac{0{,}8 * 24{,}5\ N/mm^2}{1{,}30} = 15{,}1\ N/mm^2$$

$$A_{min} = \frac{R_d}{f_{c,0,d}} = \frac{471\ 000\ N}{15{,}1\ N/mm^2} = 31\ 192\ mm^2$$

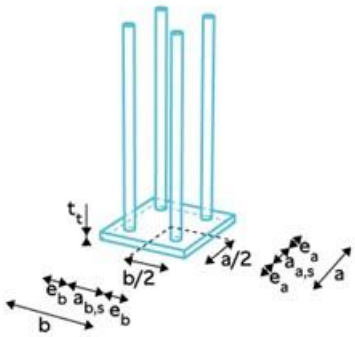
<u>Valitaan taulukosta 3.5 vakiopaineentasauslevy 180x200</u>

(tehollinen pinta-ala 170x190 = 32 300 mm²)

Paineentasauslevyn mitoitus.

Tarkastetaan valitun tukipainelevyn mitoitus. Käsinlaskennassa ei huomioida puun reunapuristuslujuuden vaikutusta.

Tukivoima	N_d = 471 kN
Paineentasauslevy	15x180x200
Tehollinen koko	a = 190 mm
	b = 170 mm
	a_{as} = 110 mm
	$a_{b,s}$ = 90 mm
	$a/2$ = 95 mm
	$b/2$ = 85 mm
	e = 40 mm
	t = 15 mm
Materiaalin myötölujuus	f_k = 355 N/mm^2
Materiaaliosavarmuuskerroin	γ_M = 1,1



Puristusjännitys liimapuupilarissa tukipainelevyn alueella (190 mm x 170 mm)

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{471\,000\ N}{190\ mm * 170\ mm} = 14{,}6\ N/mm^2$$

$$KA = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{14{,}6\ N/mm^2}{15{,}1\ N/mm^2} = \underline{97\ \%} = OK$$

Tutkitaan levyn kestävyys molempiin suuntiin erikseen yksiaukkoisen ulokkeellisen palkin kaavoilla puolikas levy

$$\mathrm{P} = \mathrm{N}_d\ *\ 0{,}5 = 471kN\ *\ 0{,}5 = 235{,}5\ kN$$

Paineentasauslevyn taivutusmomentti levyssä kiinnikkeen kohdalla

$$M_{datuki} = -\frac{P * e^2}{2\ *\ (a_{a,s} + 2\ *\ e)} = -\frac{235\,500\ N * (40\ mm)^2}{2 * (110\ mm\ +\ 2\ * 40\ mm\ )} = -\ 991\,579\ Nmm$$

$$M_{dbtuki} = -\frac{P * e^2}{2\ *\ (a_{b,s} + 2\ *\ e)} = -\frac{235\,500\ N * (40\ mm)^2}{2 * (90\ mm\ +\ 2\ * 40\ mm\ )} = -1\,108\,235\ Nmm$$

Taivutusmomentti kentässä

$$M_{dakenttä} = \frac{P * (e + 0{,}5 * a_{a,s})}{2}\left[1 - \frac{e}{(e + 0{,}5 * a_{a,s})} - \frac{(e + 0{,}5 * a_{a,s})}{(a_{a,s} + 2 * e)}\right] =$$

$$\frac{235\,500N * (40\,mm + 0{,}5 * 110\,mm)}{2}\left[1 - \frac{40\,mm}{(40\,mm + 0{,}5 * 110\,mm)} - \frac{(40\,mm + 0{,}5 * 110\,mm)}{(110\,mm + 2 * 40mm)}\right] = 883\,125\,Nmm$$

$$M_{dbkenttä} = \frac{P * (e + 0{,}5 * a_{b,s})}{2}\left[1 - \frac{e}{(e + 0{,}5 * a_{b,s})} - \frac{(e + 0{,}5 * a_{b,s})}{(a_{b,s} + 2 * e)}\right] =$$

$$\frac{235\,500N * (40\,mm + 0{,}5 * 90\,mm)}{2}\left[1 - \frac{40\,mm}{(40\,mm + 0{,}5 * 90\,mm)} - \frac{(40\,mm + 0{,}5 * 90\,mm)}{(90\,mm + 2 * 40\,mm)}\right] = 294\,374\,Nmm$$

Paineentasauslevyn taivutusvastus

$$W_a = \frac{b/2 * t^2}{6} = \frac{85\,mm * (15\,mm)^2}{6} = 3\,187{,}5\,mm^3$$

$$W_b = \frac{a/2 * t^2}{6} = \frac{95\,mm * (15\,mm)^2}{6} = 3\,562{,}5\,mm^3$$

Paineentasauslevyn taivutusjännitys

$$\sigma_{a,d} = \frac{M_{da}}{W_a} = \frac{991\,579\,Nmm}{3\,187{,}5\,mm^3} = 311{,}1\,N/mm^2$$

$$\sigma_{b,d} = \frac{M_{db}}{W_b} = \frac{1\,108\,235\,Nmm}{3\,562{,}5\,mm^3} = 311{,}1\,N/mm^2$$

Paineentasauslevyn taivutuslujuus

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{355\,N/mm^2}{1{,}1} = 322{,}7\,N/mm^2$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{b,d} \leq f_d = 311{,}1\,N/mm^2 \leq 322{,}7N/mm^2 = OK$$

Käyttöaste

$$KA = \frac{\sigma_{b,d}}{f_d} = \frac{311{,}1\,N/mm^2}{322{,}7\,N/mm^2} = \underline{96\,\%} = OK$$

B. Tukipintavahvistus ruuvilla

Tässä liitteessä esitetään laskentakaavat ja käytettävät mitoituksen lähtötiedot tämän ohjeen mukaisille tukipintavahvistuksille käytettäessä uppokantaisia ruuveja.

Liitoksessa tuen puristusvoima N_d siirretään teräksisen paineentasauslevyn välityksellä ruuveille, josta koko tukivoima siirtyy ruuvin tartuntakapasiteetin kautta liimapuuhun.

Ruuvin mitoitus tehdään yksittäiselle ruuville, ja liimapuun mitoitus ruuviryhmälle.

Ruuvien mitoitus esitetään Versowood vakioruuvitoimittajan Eurotec ruuvien ETA hyväksynnän ETA-11/0024 mukaan. Tukipintavahvistuksissa käytetään KonstruX ruuvia. Tässä ohjeessa käytetään yhtenäistettyjä termejä, jotka poikkeavat ruuvivalmistajan laskentakaavojen termeistä.

Ruuvin ulosvetokapasiteetti

Yksittäisen ruuvin ominaisulosvetokapasiteetti $F_{ax,\alpha,Rk}$ [kN] määritetään ruuviryhmän ulosvetokapasiteetin kaavoilla:

$$n_{ef} = \max \begin{cases} n^{0,9} \\ 0,9 \\ n \end{cases}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} * k_{ax} * f_{ax,k} * d * L_a}{k_\beta} * \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8}$$

, jossa

n_{ef}	ruuvien tehollinen määrä [= 1 kpl]
n	ruuvien määrä [1 kpl]
k_{ax}	kerroin (1,0 kun 45° ≤ α ≤ 90°)
$f_{ax,k}$	ruuvin ulosvetolujuuden ominaisarvo [11,10 N/mm^2]
d	ruuvin nimellishalkaisija [mm]
L_a	ruuvin tartuntapituus [mm]
k_β	ulosvetokerroin liimapuulle [1,0 mm]
ρ_k	liimapuun ominaistiheys [390 kg/m^3]
ρ_a	puun tiheys ulosvetolujuuden $f_{a,x}$ ominaisarvolla [350 kg/m^3]

Ruuvin puristuskapasiteetti

Ruuvin puristuskapasiteetti määritetään ruuvin nurjahduksen perusteella.

Elastinen lommahduskuorma $N_{ki,k}$ [kN] lasketaan kaavoilla:

$$c_h = (0,19 + 0,012 * d) * \rho_k * \left(\frac{\alpha}{180°} + 0,5\right)$$

$$I_s = \frac{\pi}{64} * d_i^4$$

$$N_{ki,k} = \sqrt{c_h * E_s * I_s}$$

, jossa

c_h	ruuvin elastisuuskerroin
α	ruuvin suuntakulma (45° ≤ α ≤ 90°)
I_s	ruuvin jäyhyys
d_i	ruuvin sydänhalkaisija [mm]
E_s	kimmomoduuli [205 000N/mm^3]

Ruuvin sydänhalkaisijan suhteellinen hoikkuus λ_k lasketaan kaavoilla:

$$N_{pl,k} = \pi * \frac{d_i^2}{4} * f_{y,k}$$

$$\lambda_k = \sqrt{\frac{N_{pl,k}}{N_{ki,k}}}$$

, jossa

$f_{y,k}$ ruuvin myötölujuus [N/mm^2]

$N_{pl,k}$ plastinen normaalivoima [kN]

Ruuvin ominaisnurjahduskapasiteetti $F_{ki,Rk}$ [kN] lasketaan kaavoilla:

$$k = 0{,}5 * \left[1 + 0{,}49 * (\lambda_k - 0{,}2) + {\lambda_k}^2\right]$$

$$\kappa_c = 1 \qquad kun\ \lambda_k \geq 0{,}2$$

$$\kappa_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - {\lambda_k}^2}} \qquad kun\ \lambda_k \geq 0{,}2$$

$$F_{ki,Rk} = \kappa_c * N_{pl,k}$$

, jossa

k kerroin

k_c kerroin

Tehollisen pinta-alan määrittäminen

Tukipintavahvistuksen ruuviryhmälle määritetään tehollinen suorakaiteen muotoinen pinta-ala. Pinta-alan tehollisena leveytenä käytetään paineentasauslevyn leveyttä *b* [mm]. Tukipintavahvistuksen tehollinen pituus tarkastetaan ruuvin kannan ja kärjen tasoissa.

Ruuvivahvistuksen pinta-alan tehollinen pituus $L_{ef,1}$ [mm] syynsuunnassa ruuvin kannan tasossa määritetään kaavoilla:

$$L_1 = \min \begin{cases} 30\ mm \\ a \end{cases}$$

$$L_{ef,1} = L_1 + a + L_1$$

, jossa

L_1 tehollisen kosketuspinnan levitys [mm]

a paineentasauslevyn pituus syynsuunnassa [mm]

Ruuvivahvistuksen tehollinen pinta-ala ruuvin kärjen tasossa määritetään murtokartion mukaan 45 ° kulmassa ruuvin kannasta huomioiden palkin leveys ja ruuvin etäisyys palkin päädystä.

Ruuvivahvistuksen pinta-alan tehollinen pituus $L_{ef,2}$ [mm] syynsuunnassa keskituella laskentaan kaavalla:

$$L_{ef,2} = 2 * L_a + (n_0 - 1) * a_{a,s}$$

, jossa

L_a ruuvin tartuntapituus [mm]

n_0 ruuvirivien määrä syynsuunnassa [kpl]

$a_{a,s}$ ruuvirivien keskinäisetäisyys syynsuunnassa [mm]

Ruuvivahvistuksen pinta-alan tehollinen pituus $L_{ef,2}$ [mm] syynsuunnassa päätytuella laskentaan kaavoilla:

$$L_{ef,2} = L_a + (n-1) * a_{a,s} + \min \begin{cases} L_a \\ a_{a,c} \end{cases}$$

, jossa

$a_{a,c}$ ruuvien päätyetäisyys syynsuunnassa [mm]

Ruuvivahvistuksen kapasiteetti

Ruuvivahvistuksen kapasiteetin määrittämiseksi tarvittavat murtolujuudet määritetään kaavoilla:

$$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{k_{mod} * F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_{M,liitos}}$$

$$F_{k,i,Rd} = \frac{F_{k,i,Rk}}{\gamma_{M,teräs}}$$

$$F_{c,90,d} = \frac{k_{mod} * F_{c,90,k}}{\gamma_{M,liitos}}$$

, jossa

$f_{c,90,k}$ liimapuun ominaispuristuslujuus kohtisuoraan syynsuunnassa [N/mm²]

Ruuvivahvistuksen kapasiteetti $F_{90,Rd}$ [kN] määritetään ruuvin kannan ja kärjen tasoista pienemmän arvon mukaan kaavoilla:

$$k_{c,90} = 1{,}75 \qquad kun\ a \leq 400$$

$$k_{c,90} = 1{,}50 \qquad kun\ a > 400$$

$$F_{90,Rd,1} = k_{c,90} * b * L_{ef,1} * f_{c90,d} + n * \min \begin{cases} F_{ax,Rd} \\ F_{ki,Rd} \end{cases}$$

$$F_{90,Rd,2} = b * L_{ef,2} * f_{c90,d}$$

$$F_{90,Rd} = min \begin{cases} F_{90,Rd,1} \\ F_{90,Rd,2} \end{cases}$$

, jossa

$k_{c,90}$ puristuslujuuden korotuskerroin

b paineentasauslevyn leveys [mm]

$L_{ef,1}$ tehollinen tukipituus ruuvin kannan tasossa [mm]

$L_{ef,2}$ tehollinen tukipituus ruuvien kärjen tasossa [mm]

$f_{c,90,d}$ liimapuun murtopuristuslujuus kohtisuoraan syynsuunnassa [N/mm²]

$F_{90,Rd,1}$ kapasiteetti ruuvin kannan tasossa

$F_{90,Rd,2}$ kapasiteetti ruuvin kärjen tasossa

Paineentasauslevyn pinta-ala

Paineentasauslevyn vähimmäispinta-ala määritetään liitteessä A esitetyillä kaavoilla. Käytettävä paineentasauslevy valitaan taulukosta 2.5 huomioiden ruuviryhmän sovittaminen levylle.

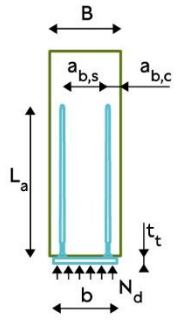
Paineentasauslevyn mitoitus

Valitun paineentasauslevyn mitoitus tehdään liitteessä A esitetyillä kaavoilla.

B.1. Mallilaskelma. Tukipintavahvistus ruuvilla.

Liitoksen tiedot:

Ruuvi	R8,0x295
Ruuvien määrä	n = 4 kpl
Rivien määrä syynsuunnassa	n_0 = 2 kpl
Liitoksen suuntakulma	α = 90°
Palkin leveys	B = 140 mm
Kuormituksen aikaluokka	Keskipitkä
Käyttöluokka	1



Taulukkotiedot:

Kuormituksen aikaluokkakerroin k_{mod} = 0,8

Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin γ_M = 1,3 (Liitokset)

Liimapuun ominaistiheys ρ_k = 390 kg/m^3

Puun tiheys ulosvetolujuuden $f_{a,x}$ ominaisarvolla

ρ_a = 350 kg/m^3

Ruuvin ulosvetolujuuden ominaisarvo $f_{ax,k}$ = 11,10 N/mm^2

Puristuslujuuden korotuskerroin $k_{c,90}$ = 1,75

Liimapuun ominaispuristuslujuus kohtisuoraan syynsuunnassa

$f_{c,90k}$ = 2,50 N/mm^2

Ruuvin mitoitustiedot:

Ruuvin ulkohalkaisija	d = 8,0 mm
Ruuvin sydänhalkaisija	d_i = 5,15 mm
Ruuvin myötölujuus	$f_{y,k}$ = 1 000 N/mm^2
Kimmomoduuli	E_s = 205 000 N/mm^2
Tartuntapituus	L_a = 284 mm

Valitaan taulukosta 2.5 tarkasteltavaksi vakiotukipainelevy 10x 120x120 taulukossa 3.9 esitetyillä ruuviryhmillä sekä reuna- ja keskinäisetäisyyksillä.

Ruuvin ulosvetokapasiteetti

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} * k_{ax} * f_{ax,k} * d * \ell_{ef}}{k_\beta} * \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8} =$$

$$\frac{1 * 1 * 11{,}10\ N/mm^2 * 8mm * 284\ mm}{1} * \left(\frac{390\ kg/m^3}{350\ kg/m^3}\right)^{0,8} = \underline{27\ 500\ N}$$

Ruuvin puristuskapasiteetti

$$c_h = (0{,}19 + 0{,}012 * d) * \rho_k * \left(\frac{\alpha}{180°} + 0{,}5\right) =$$

$$(0{,}19 + 0{,}012 * 8mm) * 390kg/m^3 * \left(\frac{90°}{180°} + 0{,}5\right) = 111{,}54\ N/mm^2$$

$$I_s = \frac{\pi}{64} * d_i^4 = \frac{\pi}{64} * (5{,}15mm)^4 = 34{,}53\ mm^4$$

$$N_{ki,k} = \sqrt{c_h * E_s * I_s} = \sqrt{111{,}54N/mm^2 * 205\ 000N/mm^2 * 34{,}53mm^4} = \underline{28\ 099\ N}$$

$$N_{pl,k} = \pi * \frac{d_i^2}{4} * f_{y,k} = \pi * \frac{(5{,}15mm)^2}{4} * 1\ 000\ N/mm^2 = 20\ 830\ N$$

$$\lambda_k = \sqrt{\frac{N_{pl,k}}{N_{ki,k}}} = \sqrt{\frac{20\ 830\ N}{28\ 099\ N}} = 0{,}861\ \geq 0{,}2$$

$$k = 0{,}5 * \left[1 + 0{,}49 * (\lambda_k - 0{,}2) + {\lambda_k}^2\right] = 0{,}5 * [1 + 0{,}49 * (0{,}861 - 0{,}2) + 0{,}861^2] = 1{,}033$$

$$\kappa_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - {\lambda_k}^2}} = \frac{1}{1{,}033 + \sqrt{1{,}033^2 - 0{,}861^2}} = 0{,}624$$

$$F_{ki,Rk} = \kappa_c * N_{pl,k} = 0{,}624 * 20\ 830\ N = \underline{12\ 997\ N}$$

Tehollisen pinta-alan pituus

$$L_1 = \min\begin{cases} 30\ mm \\ a \end{cases} = \begin{cases} 30\ mm \\ 120\ mm \end{cases} = 30\ mm$$

$$L_{ef,1} = L_1 + a + L_1 = 30\ mm + 120\ mm + 30\ mm = 180\ mm$$

$$\ell_{ef,2} = 2 * \ell_{ef} + (n_0 - 1) * a_1 = 2 * 284mm + (2 - 1) * 80mm = \underline{648\ mm}$$

Ruuvivahvistuksen kapasiteetti

$$F_{ax,\alpha,Rd} = \frac{k_{mod} * F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_{M,liitos}} = \frac{0{,}8 * \ 27\ 500\ N}{1{,}3} = 16{,}92\ kN$$

$$F_{k,i,Rd} = \frac{F_{k,i,Rk}}{\gamma_{M,teräs}} = \frac{12\ 997\ N}{1{,}1} = 11{,}82\ kN$$

$$F_{c,90,d} = \frac{k_{mod} * \ F_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0{,}8 * \ 2{,}5N/mm^2}{1{,}3} = 1{,}54\ N/mm^2$$

$$F_{90,Rd,1} = k_{c,90} * b * L_{ef,1} * f_{c90,d} + n * \min\begin{cases} F_{ax,Rd} \\ F_{ki,Rd} \end{cases}$$

$$= 1{,}75 * 120mm * 180mm * 1{,}54 N/mm^2 + 4 * 11{,}82\ kN = 105{,}1\ kN$$

$$F_{90,Rd,2} = b * L_{ef,2} * f_{c90,d} = 120mm * 648mm * 1{,}54\ N/mm^2 = 119{,}7\ kN$$

$$F_{90,Rd} = min\begin{cases} F_{90,Rd,1} \\ F_{90,Rd,2} \end{cases} = min\begin{cases} 105{,}1\ kN \\ 119{,}7\ kN \end{cases} = \underline{105{,}1\ kN}$$

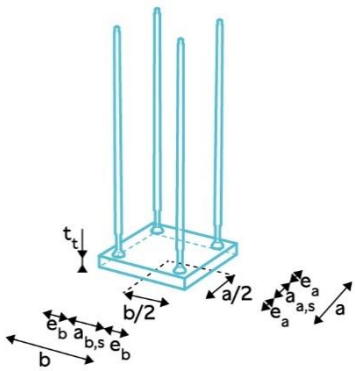
<u>Ruuvin puristuskestävyys määrittää liitoksen kapasiteetin, joka on 105 kN.</u>

Paineentasauslevyn mitoitus

Tarkastetaan valitun paineentasauslevyn kestävyys. Levy ja ruuviryhmän asettelu on symmetrinen.

Paineentasauslevy

a = 120 mm
b = 120 mm
a_{as} = 80 mm
$a_{b,s}$ = 80 mm
$a/2$ = 60,0 mm
$b/2$ = 60,0 mm
e = 20,0 mm
t_t = 10 mm



Materiaalin myötölujuus f_k = 355 N/mm²

Materiaaliosavarmuuskerroin Υ_M = 1,1 (Teräs)

Puristusjännitys liimapuupilarissa tukipainelevyn alueella (120 mm x 120 mm)

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{105\ 400\ N}{120\ mm * 120\ mm} = 7{,}32\ N/mm^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\Upsilon_M} = \frac{0{,}8 * 24{,}5\ N/mm^2}{1{,}30} = 15{,}1\ N/mm^2$$

$$KA = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{7{,}32\ N/mm^2}{15{,}1\ N/mm^2} = \underline{48\ \%} = OK$$

Tutkitaan levyn kestävyys molempiin suuntiin erikseen yksiaukkoisen ulokkeellisen palkin kaavoilla puolikas levy

$$\mathrm{P} = \mathrm{N}_d * 0{,}5 = 105{,}4kN * 0{,}5 = 52{,}7\ kN$$

Paineentasauslevyn taivutusmomentti levyssä kiinnikkeen kohdalla

$$M_{datuki} = -\frac{P * e^2}{2 * (a_{a,s} + 2 * e)} = -\frac{52\,700\ N * (20\ mm)^2}{2 * (80\ mm + 2 * 20mm)} = -87833\ Nmm$$

Taivutusmomentti kentässä

$$M_{dakenttä} = \frac{P * (e + 0{,}5 * a_{a,s})}{2}\left[1 - \frac{e}{(e + 0{,}5 * a_{a,s})} - \frac{(e + 0{,}5 * a_{a,s})}{(a_{a,s} + 2 * e)}\right] =$$

$$\frac{52\,700N * (20\ mm + 0{,}5 * 80\ mm)}{2}\left[1 - \frac{20\ mm}{(20\ mm + 0{,}5 * 80\ mm)} - \frac{(20\ mm + 0{,}5 * 80\ mm)}{(80\ mm + 2 * 20mm)}\right]$$
$$= 263\,500Nmm$$

Paineentasauslevyn taivutusvastus

$$W_a = \frac{b/2 * t^2}{6} = \frac{60\ mm * (10\ mm)^2}{6} = 1000\ mm^3$$

Paineentasauslevyn taivutusjännitys

$$\sigma_{a,d} = \frac{M_{da}}{W_a} = \frac{263\,500\ Nmm}{1000\ mm^3} = 263{,}5\ N/mm^2$$

Paineentasauslevyn taivutuslujuus

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{355\ N/mm^2}{1{,}1} = 322{,}7\ N/mm^2$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{b,d} \leq f_d = 263{,}5\ N/mm^2 \leq 322{,}7N/mm^2 = OK$$

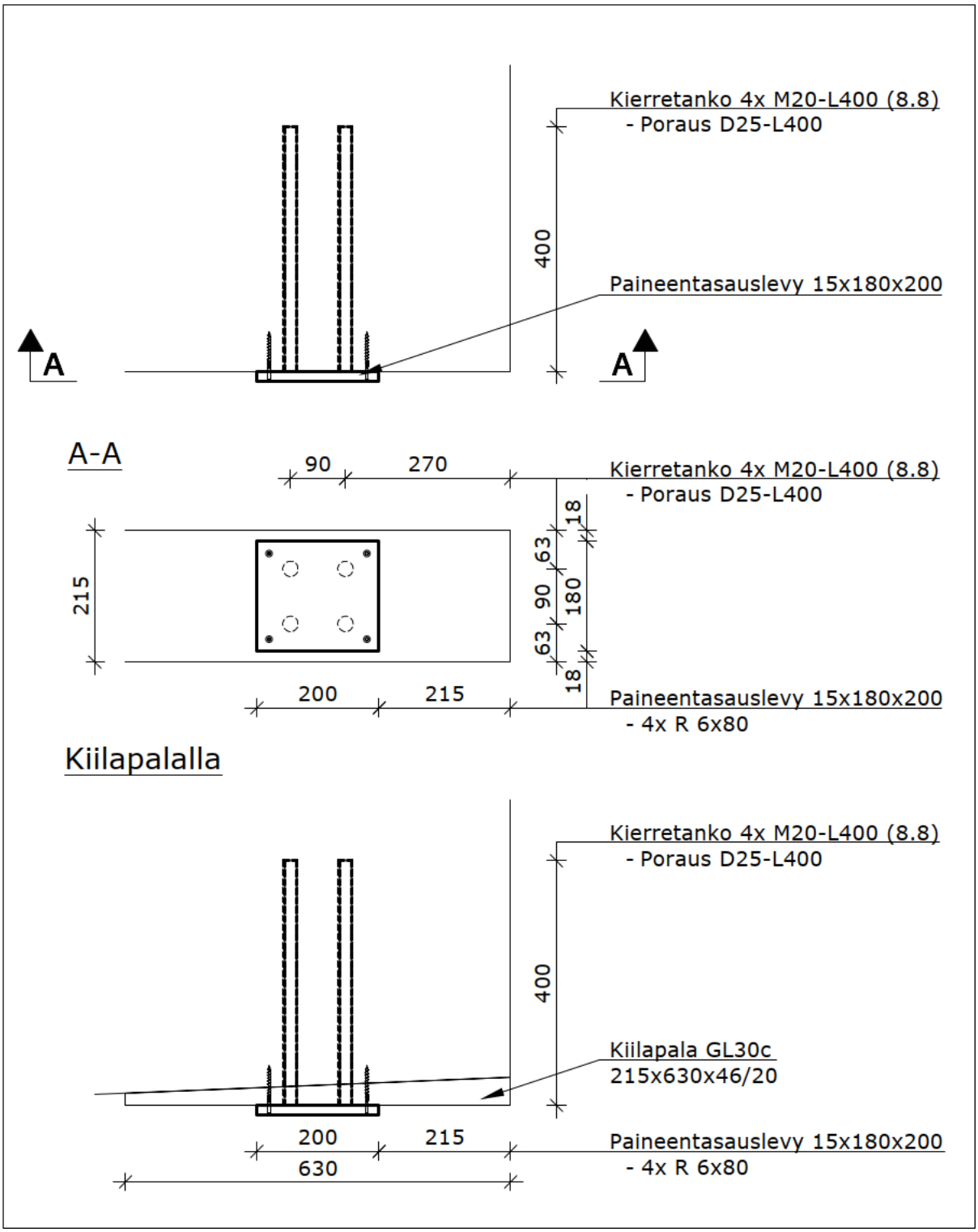
Käyttöaste

$$KA = \frac{\sigma_{b,d}}{f_d} = \frac{263{,}5\ N/mm^2}{322{,}7\ N/mm^2} = \underline{82\ \%} = OK$$

C. Tuotantosuunnitelmamalli

Tuotantosuunnitelmassa esitetään liimapuiden työstämisessä ja liitososan tehdasasennuksessa tarvittavat tiedot. Lisäohjeistus Versowood *mallisuunnitelmaohjeessa*.

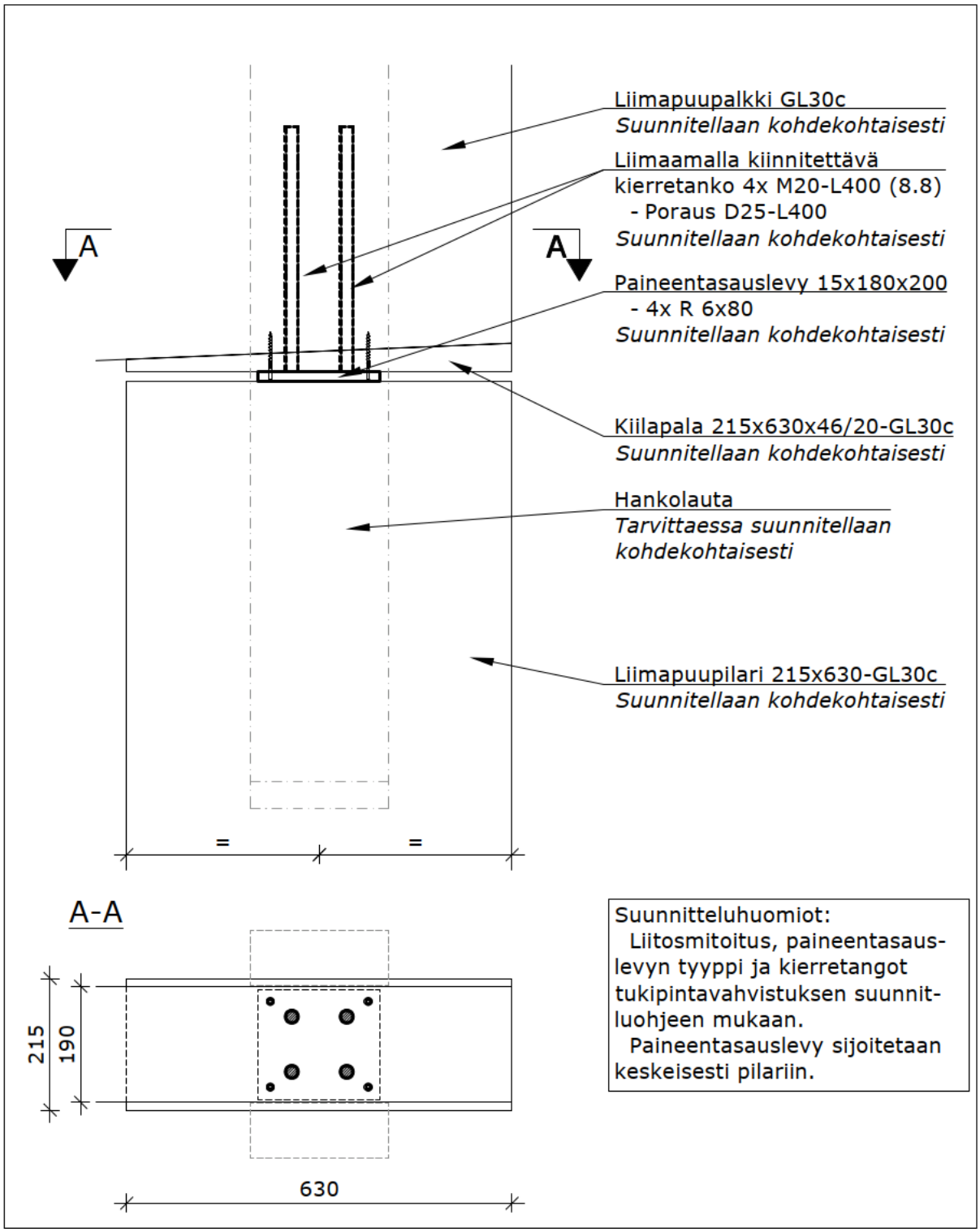
Kuva C1. Paineentasauslevy ja liimattavat vahvistustangot liimapuupalkissa.



D. Liitosdetaljit

Liitosdetaljeissa esitetään rakenneosien keskinäinen mitoitus, asennuksessa tarvittavat tiedot sekä liitososan tuotteet ja asennus. Mallisuunnitelma ladattavissa .dwg muodossa.

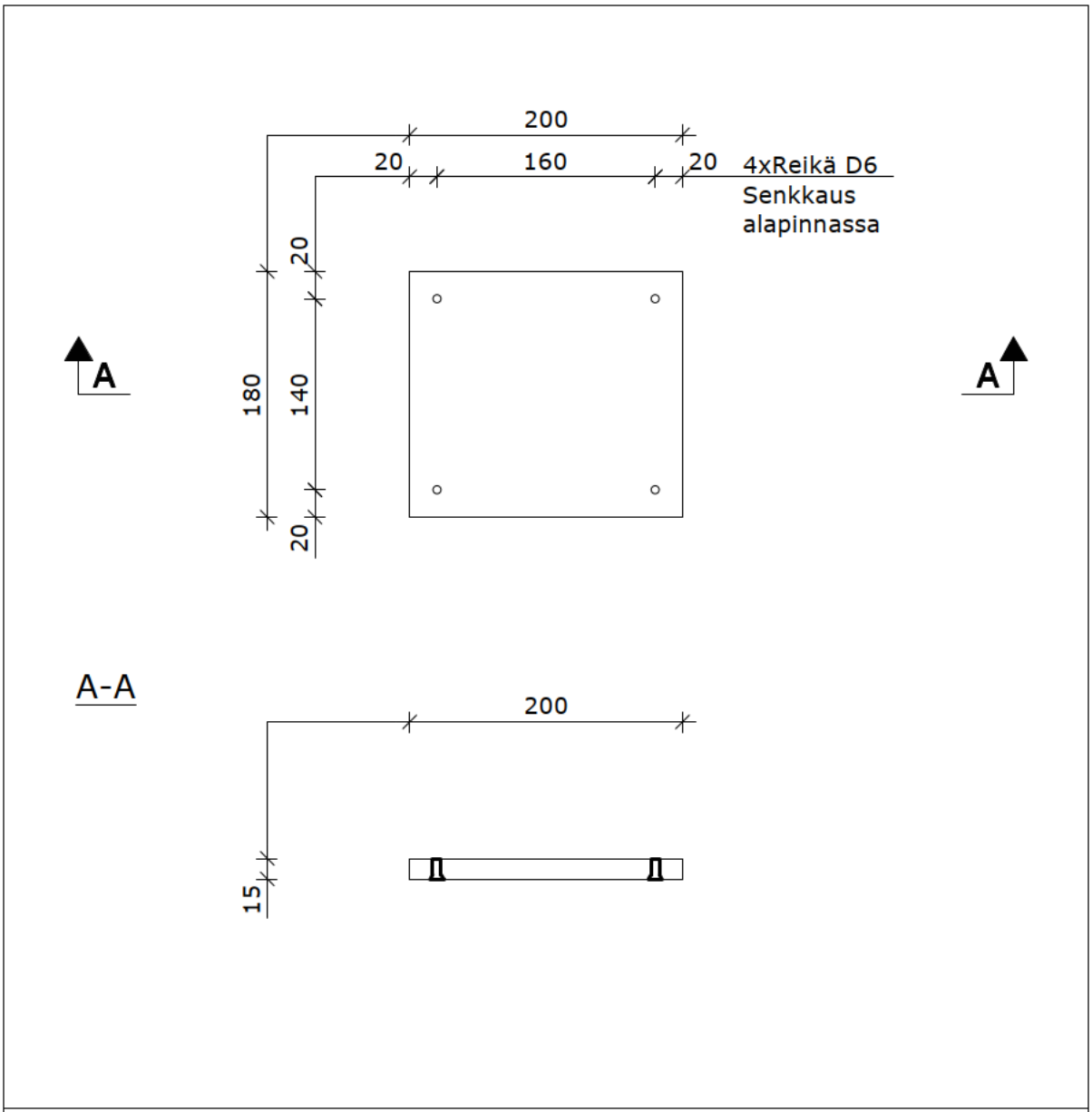
Kuva D1. Esimerkkiliitos. Liimapuupilari 215x630, Liimapuupalkki b=190.



E. Liitososakuvat

Liitososan tuotantosuunnitelmassa esitetään valmistamisessa tarvittavat materiaali- ja mittatiedot sekä pintakäsittely. Mallisuunnitelma ladattavissa .dwg muodossa.

Kuva E1. Paineentasauslevyn tuotantosuunnitelma.



Osaluettelo:						
Osa	Profiili	Pituus/mitat	Materiaali	kpl	Paino	Huom.
1	Latta15x200	180	S355J0	1	4.24	4x Reikä, senkkaus
2						
3						
				Yhteensä [kg]	4.24	

Hitsausluokka:	C	EN ISO 5817	Yhtenäinen hitsaus osan ympäri.
Toteutusluokka:	EXC2	EN 1090-2	
Pintakäsittely:			AK80/1 FeSt2 (harmaa pohjamaali)