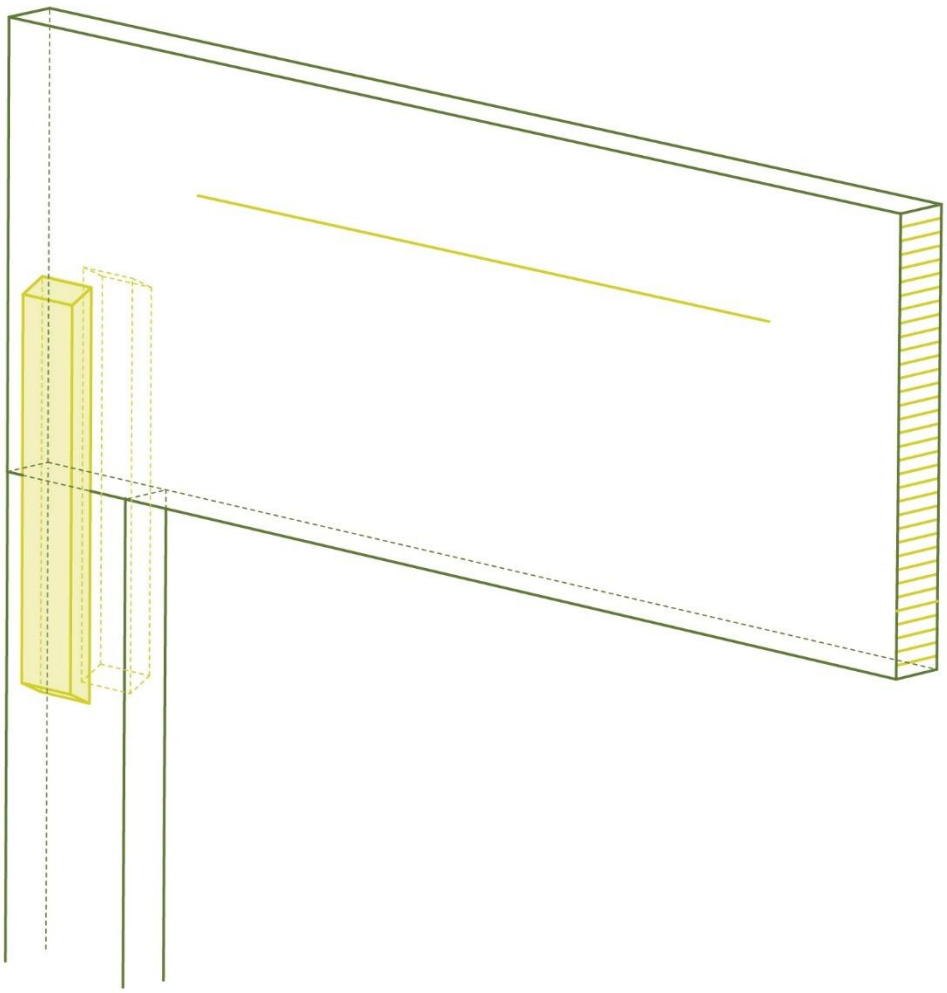
Ratkaisukortti – Hankolautaliitos

Versowood Oy
VW302 | FI 1.2
30.10.2026



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

Sisällysluettelo

1 Yleiskuvaus 3
2 Liitoksen ominaisuudet 3
2.1 Rakenteellinen toiminta 4
2.2 Käyttöversiot 4
2.2.1 Hankolauta 6
2.2.2 Kiinnitysruuvaus 7
2.3 Liitoksen muokkaus 8
2.4 Käytön rajoitukset 8
2.5 Esivalmistus ja varustelu 8
3 Kestävyydet 8
3.1 Suunnitteluperusteet 9
3.2 Murtorajatilamitoitus 9
3.2.1 Liitosvoimat 10
3.2.2 Hankolauta 10
3.2.3 Kiinnitysruuvaus 10
3.3 Käyttörajatilamitoitus 11
3.4 Palotilannemitoitus 11
4 Suunnittelu 12
4.1 Suunnitteluohjeet ja -työkalut 12
4.2 Mallisuunnitelmat 12
4.3 Materiaaliluettelot 12
5 Asennus 13
6 Suunnittelun tukemme 13
6.1 Suunnittelutyökalut 13
6.2 Hyväksynnät 13
6.3 Ohjeet 14
7 Ohjeen revisiot 14
8 Liitteet 14
A. Hankolautaliitoksen mitoitus 15
A.1. Mallilaskelma. Hankolautaliitos. 22
B. Tuotantosuunnitelmamalli 28
C. Liitosdetaljit 29
D. Liitososakuvat 30
E. Hankolaudan palosuojaus 31

1 Yleiskuvaus

Tässä ohjeessa esitetään Versowood hankolautaliitoksen vakioratkaisun suunnittelun ja toteutuksen perusteet kohdesuunnittelun tueksi. Ohjeessa esitettävät menetelmät ja tarvikkeet ovat ensisijaisia toteutustapoja, ja muiden ratkaisujen toteutettavuus tuotannossa tulee varmistaa tapauskohtaisesti. Versowood hankolautaliitoksen toteutusratkaisu poikkeaa kansallisesta Halli-PES ohjeistuksesta sekä hankolaudan määrityksen että kiinnikkeiden osalta.

Tässä ohjeessa esitetään liimapuupalkin ja -pilarin välisen liitoksen toteutus sekä viitataan ratkaisun muihin käyttömahdollisuuksiin. Ohjeessa esitettävää ratkaisua käytetään tyypillisimmin mastopilarijäykisteisissä kehissä, jossa palkki tukeutuu kehän suunnassa nivelellisesti pilarin päälle.

Hankolautaliitos on tavanomainen ja kustannustehokas tapa kiinnittää liimapuupalkki pilariin tai risteävän palkin päälle. Hankolauta toimii rakenneosien välisenä tukevana liitoksena, ja palkin pystykuormat välitetään pilarille erillisen mitoituksen mukaan, tarvittaessa hyödyntäen Versowood – *Tukipintavahvistus* suunnitteluohjetta.

Hankolautaliitos voidaan kohdesuunnittelussa yhdistää muihin Versowood liimapuuratkaisuihin, kuten tukipintavahvistukseen ja rakenteellisiin loviratkaisuihin.

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

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

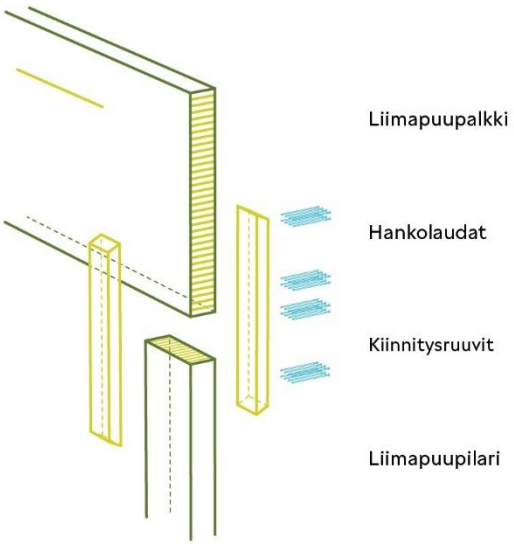
2 Liitoksen ominaisuudet

Hankolautaliitos koostuu liimapuupalkin ja -pilarin lisäksi liimapuisesta hankolaudasta ja kiinnitysruuveista kuvan 2.1 mukaan.

Liitos toimii palkin pituussuunnassa nivelenä ja sivuttaissuunnassa momenttijäykkänä liitoksena. Momenttijäykkyys huomioidaan pilarin mitoituksessa käyttämällä pilarin pituutena palkin tukikorkeuden yläpinnan etäisyyttä pilarin juuresta.

Hankolaudat muodostavat asennustilanteessa palkin sivuttaistuennan, eikä asennustilanteessa tarvita erillistä tuentaa.

Hankolauta soveltuu käytettäväksi R30 ja R60 paloluokissa ilman merkittäviä lisätehtäviä tai -suojauksia.



Kuva 2.1 Liitoksen osat

Hankolaudat kiinnitetään tehtaalla pilarin molemmin puolin. Toteutussuunnittelussa varmistetaan asennuksessa tarvittavat toleranssit erityisesti hankolautojen keskinäisen välin osalta. Liitoksen lopullinen kiinnitys asennuksessa tehdään ruuvaamalla hankolaudat palkkiin hankolaudassa olevien esiporauksien mukaan.

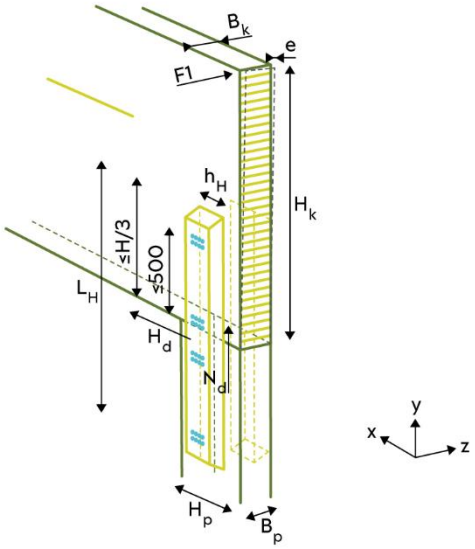
Vakiomittainen hankolauta on useimmissa käyttötilanteissa pituussuunnassa epäsymmetrinen liitospinnan yli, joka huomioidaan mitoittavien kuormitusten määrittämisessä.

2.1 Rakenteellinen toiminta

Hankolautaliitokseen kohdistuvat ulkoiset voimat määritetään kohdekohtaisesti, jonka lisäksi liitoksen mitoituksessa tarkastetaan palkin asennustoleranssin mukaisesta vinoudesta aiheutuva vääntö sivusuunnassa.

Rakennuksen pituussuuntaiset jäykistysvoimat ja rakennejärjestelmästä aiheutuva lisävaakavoima tulee ensisijaisesti hallita rungon jäykistysjärjestelmällä, mutta voidaan huomioida lisäkuormana hankolautaliitoksen sivusuunnassa erillisenä voimasuureena (*F1*) palkin yläpinnassa.

Liitoksen sisäiset voimat hankolaudalle ja ruuveille määritetään ulkoisten voimien ja liitoksen geometrian perusteella. Mitoitustarkastelun lähtökohtana on Versowood vakiohankolauta ja vakioruuvin ruuvausryhmä, joita muokataan tarvittaessa ohjeessa esitettävin keinoin kohdekohtaiseksi ratkaisuksi.



Kuva 2.2 Liitoksen mittatiedot ja ulkoiset kuormitukset

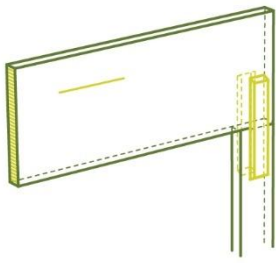
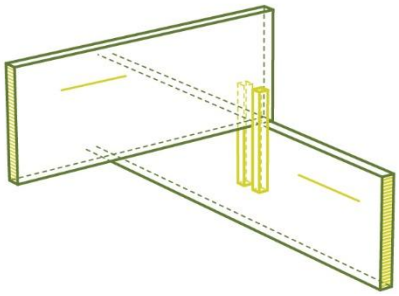
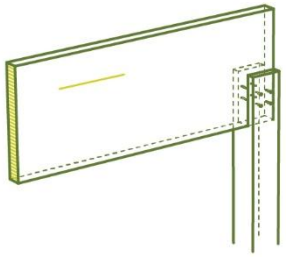
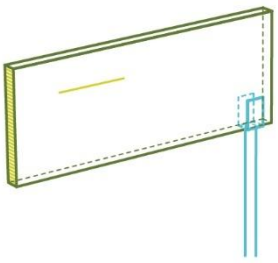
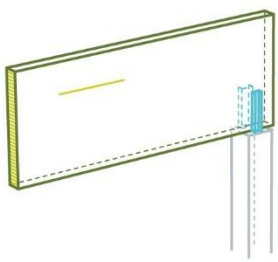
Hankolaudan korkoasema määräytyy liitoksen ylimmän ruuviryhmän mukaan, joka sijoitetaan n. 1/3 palkin tukikorkeuteen liitospinnasta, eli pilarin päästä. Hankolauta sijoitetaan liitoksessa keskeisesti pilarin sivuilla samaan linjaan mahdollisen tukipintavahvistuksen paineentasauslevyn kanssa.

Hankolaudan ruuviryhmien kohtisuoraan syynsuuntaan keskinäinen etäisyys palkissa tulee olla enintään 500 mm kuivamiskutistumasta aiheutuvasta halkeamisriskistä johtuen. Suurilla tukipintapituuksilla palkin pitkän jännevälin taipumasta aiheutuvasta tukikiertymästä johtuvaa halkeamariskiä voi pienentää sijoittamalla hankolauta pilarin jännevälin puoleiseen reunaan kohdesuunnittelijan harkinnan mukaan.

2.2 Käyttöversiot

Taulukossa 2.1 esitetään hankolautaliitoksen tavanomaisia käyttötapoja ja ominaisuuksia.

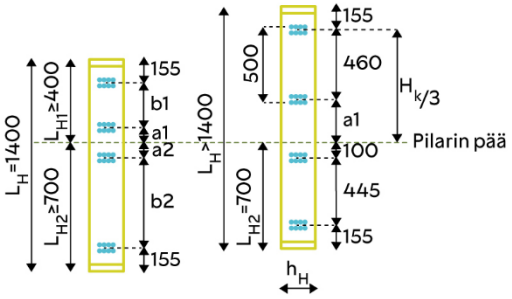
Taulukko 2.1. Hankolautaliitoksen tavanomaisia käyttötapoja

Käyttötapa	Kuva
Hankolautaliitokset	
Liimapuupalkin liitos liimapuupilariin ○ Hankolauta 90x225-L1400-GL30c	
Liimapuupalkkien välinen liitos ○ Hankolauta 140x140-L1400-GL30c	
Hahlolovi monilohkoisessa pilarissa ○ Liimapuuaihioon työstetty lovi ○ Mitoitus kuten erillisellä hankolaudalla	
Liimapuupalkin liitos teräspilariin ○ Haarukka teräspilarissa kohdekohtaisen suunnitelman mukaan ○ Mitoitusperiaatteet kuten liimapuupilariliitoksessa	
Liimapuupalkin liitos betonipilariin ○ Teräshaarukka betonipilaripäädyn kiinnityslevyyn kohdekohtaisen suunnitelman mukaan ○ Mitoitusperiaatteet kuten liimapuupilariliitoksessa ○ Myös betonihaarukka mahdollinen	

2.2.1 Hankolauta

Vakiohankolauta valmistetaan kohdekohtaisen suunnitelman mukaan esityöstetystä 90x225-L1400 aihiosta. Suuremmasta palkkidimensiosta tai pidemmät hankolaudat valmistetaan standardipalkeista kohdekohtaisesti.

Kuvassa 2.3 esitetään liimapuupalkin liitoksessa liimapuupilariin käytettävän hankolaudan mittatiedot.



Kuva 2.3 Hankolaudan mittatiedot

Vakiohankolaudan korkeusasema liitoksessa määrittyy ylimmän ruuviryhmän etäisyyden mukaan liitospinnasta, eli pilarin päästä, jonka tulee olla n. $H_K/3$. Kiinnityskorkeudella ja palkkiin työmaalla kiinnitettävien ruuviryhmien keskinäisetäisyyden (*b1*) rajoittamisella 500 mm:iin ehkäistään liimapuun halkeamista tuella kosteusmuodonmuutoksesta tai palkin taipuman aiheuttamasta kiertymästä johtuen.

Palkin tukikorkeuden H_K ja hankolaudan kiinnityspituuden L_{H1} palkissa suhde-ehto on likimääräinen, ja ensisijaisesti liitos mitoitetaan vakiohankolaudan mukaan riippumatta palkin tukikorkeudesta. Taulukossa 2.2 esitetään eri korkuisten hankolautojen mittatiedot ja tavanomaiset palkin tukikorkeudet, kun hankolautaliitoksen mitoitus edellyttää käyttämään 1 400 mm vakiohankolautaa pidempiä hankolautoja.

Pilarin ja palkin ollessa eri paksuisia työstetään hankolaudan takapintaan tarvittava loveus liitospintojen sovittamiseksi. Tuotantosuunnittelussa huomioidaan hankolautojen välissä palkin asennusvara + 2 mm palkin paksuuden lisäksi.

Taulukko 2.2. Hankolaudan mittatiedot. Hankolauta 90x225-GL30c.

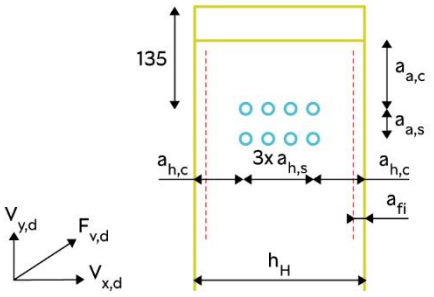
Palkin tukikorkeus H_K	$H_K/3$	Hankolaudan pituus	
		L_H	$L_{H1} + L_{H2}$
Hankolaudan mittatiedot [mm]			
≤ 750	252	1 400	400 + 1 000
n. 1 650	552	1 400	700 + 700
n. 1 950	652	1 500	800 + 700
n. 2 250	752	1 600	900 + 700
n. 2 550	852	1 700	1 000 + 700
Hankolaudan mitoitus tarkastetaan aina ensin vakiopituudella L_H = 1 400 mm riippumatta palkin tukikorkeudesta H_K. Mitoituksen mukaan pidemmät hankolaudat 100 mm pituusporrastuksin.			

Hankolaudan mallivalmistussuunnitelma esitetään liitteessä D. Kohdekohtaisina työstöinä esitetään takapinnan loveus, jolla huomioidaan palkin ja pilarin eri paksuudet sekä tarvittava vähintään 2 mm asennusväli.

2.2.2 Kiinnitysruuvaus

Hankolaudan kiinnittämisessä käytetään osakierteisiä uppokantaruuveja. Tässä ohjeessa esitettävät ratkaisut on määritetty Versowood vakioruuvitoimittajan mukaisesti.

Hankolaudan kiinnitys tehtaalla pilariin ja työmaalla palkkiin tehdään kuvan 2.4 mukaisella ruuviryhmällä, jonka mittatiedot esitetään taulukossa 2.3.



Kuva 2.4 Ruuviryhmän mittatiedot

Taulukossa esitetään vakiomuotoisen 2x4 kpl ruuviryhmän reuna- ja keskinäisetäisyydet eri palotilanteissa. Mitoituskuorman edellyttämän ruuvimäärän kasvaessa keskinäisetäisyyksiä rivillä pienennetään. Vähimmäisetäisyyksillä lisäruuvit sijoitetaan ensisijaisesti kolmanteen riviin ruuviryhmässä, jonka jälkeen tutkitaan leveämmän hankolaudan käyttämistä ruuvimäärän sovittamiseksi.

Palotilanteessa ruuvien vähimmäisreunaetäisyys kasvaa hiiltymän suojaetäisyyden takia, joka huomioidaan keskinäisetäisyyksien pienentämisellä, tai liitoksen kapasiteetti palotilanteessa tarkastetaan tehollisten ruuvien määrällä vähentämällä suoja- ja reunaetäisyydelle jäävät ruuvit.

Taulukossa esitettävissä ruuvien vähimmäisetäisyyksissä on huomioitu liitoksen resultanttikuorman $F_{v,d}$ [kN] epäedullisimman suuntakulman vaikutus, jota voi tarvittaessa kohdekohtaisessa mitoituksessa tarkentaa ruuvivalmistajan mitoitusohjelman avulla.

Taulukko 2.3. Ruuviryhmän mittatiedot hankolautaliitoksessa.
Hankolauta 90x225-GL30c + vakioruuviryhmä 2x4

	Suoja-etäisyys a_{fi}	Reuna-etäisyys $a_{h,c}$	Keskinäis-etäisyys $a_{h,s}$	Keskinäis-etäisyys $a_{a,s}$	Pääty-etäisyys $a_{a,c}$
Ruuvin vähimmäisetäisyydet [mm]					
R6,0x160		10d [1)] ≥ 60 mm	5d [1)] ≥ 30 mm	5d ≥ 30 mm	15d ≥ 90 mm
Ruuviryhmän etäisyydet palotilanteissa [mm]					
R0	0,0 mm	67,5 mm (60 mm)	30 mm (30 mm)	40 mm (30 mm)	90+45 =135 mm
R30 [3)]	15,8 mm	67,5 mm (76 mm) [2)]	30 mm (30 mm)		
R60 [3) 4)]	47,3 mm	67,5 mm (108 mm) [2)]	30 mm (30 mm)		

Kiinnitysruuveina käytetään Versowood vakiotoimittajan ruuveja.
Hankolautoja ei esiporata.
Reuna- ja keskinäisetäisyys vakioruuviryhmän mukaan (vähimmäisetäisyydet suluissa).

1) Ruuvin vähimmäisetäisyyksissä huomioitu resultanttikuorman suuntakulman epäedullinen vaikutus.
2) Palotilanteessa vähimmäisreunaetäisyys tehollisille ruuville.
3) Reunaruuvit eivät toimi palotilanteessa, tehollisten ruuvien tarkastelu
4) Suojaverhoussoiro R60 palotilanteessa

2.3 Liitoksen muokkaus

Hankolautaliitosta voidaan soveltaa monin tavoin puurakenteisten rakenneosien liitoksissa sekä liimapuupalkkien liitoksissa betoni- ja teräspilareihin. Kohdesuunnittelija määrittää sovellusratkaisut sekä vastaa tarvittavista tarkasteluista tässä ohjeessa esitettävien perusteiden mukaisesti.

Kohdekohtaisissa ratkaisuissa poikkeavat hankolaudan dimensiot määritetään ensisijaisesti Versowood standardipalkkien mukaan, tai pienillä hankolaudoilla 48 mm C24 sahatavaradimensioina.

Käytettäessä teräksisiä hankolautoja tai haarukoita on suositeltavaa toteuttaa kiinnitykset soikeilla rei'illä kutistumisjännitysten välttämiseksi, jolloin hankolaudan yläreuna voidaan myös nostaa korkeammalle liittyvässä liimapuupalkissa.

Hankolautaliitoksissa käytetään aina itseporautuvia ruuveja halkeamisen estämiseksi. Kansiruuvien käyttöä ei suositella.

2.4 Käytön rajoitukset

Hankolautaliitos soveltuu käytettäväksi kaikissa käyttöluokissa, kun liimapuurakenteet 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, sekä mahdollistaa tarvittavat kuivumiskutistuman liikkeet kiinnityksissä.

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

Hankolaudat kiinnitetään tehtaalla kohdekohtaisen tuotantosuunnitelman mukaan. Uppokantaruuvit kiinnitetään liimapuun pinnan tasalle, jonka lisäksi hankolaudan ja pilarin välissä on työtekninen liimaus.

Hankolaudat muokataan työstökeskuksella vakioaihioista kohdekohtaisen suunnitelman mukaan.

Varustelu tehdään ennen liimapuun mahdollista pintakäsittelyä.

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

3 Kestävyydet

Hankolautaliitoksen kestävyysominaisuudet määritetään suunnittelustandardin EN 1995 (Eurokoodi 5, puurakenteet) ja kansallisen puurakenteiden suunnitteluohjeen RIL 205, sekä valitun kiinnikevalmistajan ETA hyväksynnän menetelmin.

Tässä kappaleessa esitetään hankolautaliitoksen suunnittelun perusteet ja mitoituksen ohjeet. Kohdekohtaisesti muokattujen hankolautojen suunnittelussa tulee noudattaa tässä esitettyjä määrityksiä.

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	
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 1995	Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu.
RIL 205	Puurakenteiden suunnitteluohje (Eurokoodi 5)
Liimapuu	
EN 14080	Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
Puurakenteiden toteutus	
SFS 5978	Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakenneosia koskevat säännöt.
Kiinnikkeet	
ETA12/0024	E.u.r.o. Tec GmbH Ruuvin ETA hyväksyntä EAD 130118-01-0603 mukaan. (Versowood vakioruuvitoimittaja)

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

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

3.2 Murtorajatilamitoitus

Kohdesuunnittelija määrittää hankolautaliitoksessa käytettävän hankolaudan ja ruuviryhmät liitokseen kohdistuvien ulkoisten kuormitusten perusteella määritettävien liitoksen sisäisten voimien mukaan.

Hankolautaliitos on rakennusosia sivuttaissuunnassa tukeva liitos, jossa palkin tukikuorma siirtyy suoraan pilarille tukipinnan kautta.

Versowood vakiohankolautaliitoksen mitoitustyökalu on suunnittelijoiden vapaasti hyödynnettävissä calculationtools.fi palvelussa.

Hankolautaliitoksen sisäisten voimien sekä hankolaudan ja ruuviryhmän mitoituksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä A.

3.2.1 Liitosvoimat

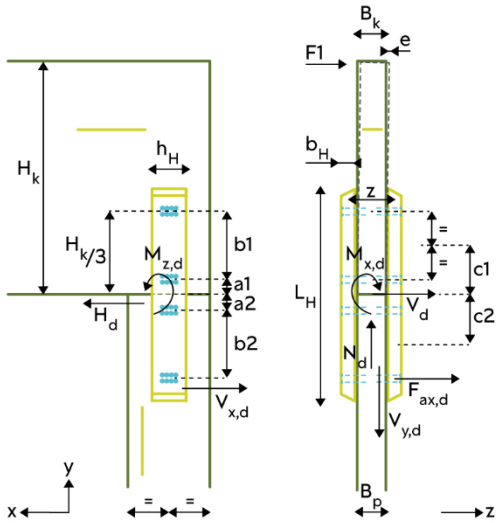
Ulkoisten kuormien ja palkin asennustoleranssin mukaisen epäkeskisyyden perusteella määritettävät liitoksen sisäiset voimat tarkastellaan liitospinnan, eli pilarin pään mukaan.

Kuvassa 3.1 esitetään liitoksen mittatiedot ja määritettävät voimat kestävyystarkastelua varten.

Liitospinnan mukaan epäsymmetristen hankolautojen liitosvoimat tarkastetaan sekä pilarin, että palkin puoleisilta osilta määräävien mitoitusvoimien määrittämiseksi.

Ruuviryhmien sijoituksen mukaisen painopisteen (c) momentti ja ruuviryhmän kapasiteetti ovat tavanomaisesti keskeiset mitoittavat suureet liitoksen tarkastelussa.

Asennustoleranssien mukainen suurin sallittu epäkeskeisyys (e) palkin korkeudella on 12 mm.



Kuva 3.1 Liitosvoimat ja mittatiedot

3.2.2 Hankolauta

Hankolaudan leikkauskestävyys tarkastetaan liitoksen molemmin suuntaisille leikkausvoimille ja taivutuskestävyys liitoksen molemmin suuntaisille momenteille. Veto- ja puristuskestävyydet tarkastetaan kahden ruuviryhmän leikkauskuormalle sekä yhdistettyjen jännitysten tarkasteluna määräävän taivutuskestävyyden kanssa.

3.2.3 Kiinnitysruuvaus

Hankolautojen kiinnitys tarkastellaan yhden ruuviryhmän mitoituksella. Taulukossa 2.3 esitetään ruuvauksen reuna- ja keskinäisetäisyydet, jotka huomioidaan mitoituksessa. Taulukossa 3.3 esitetään ruuviryhmien kapasiteetit palkinsuuntaiselle voimalle H_d [kN], kun tarkastellaan symmetrisesti kiinnitettyä vakiopituista (L=1400) hankolautaa.

Taulukko 3.3 Hankolaudan ruuviryhmien kapasiteetit palkin suuntaiselle voimalle

Ruuviryhmä Rivit x kpl	Reuna-etäisyys $a_{h,c}$	Keskinäis-etäisyys $a_{h,s}$	Kapasiteetti [kN] [1]		
			R0	R30	R60 [2]
Ruuviryhmän kapasiteetti hankolaudassa 90x225-GL30c [kN]					
2 x 4	67,5 mm	30 mm	18	9 (4)	-
3 x 4	67,5 mm	30 mm	25	12 (6)	-
Ruuviryhmän kapasiteetti hankolaudassa 90x270-GL30c [kN]					
2 x 5	75 mm	30 mm	23	13 (6)	4 (2)
3 x 5	75 mm	30 mm	32	18 (9)	6 (3)
2 x 6	60 mm	30 mm	28	18 (8)	9 (4)
3 x 6	60 mm	30 mm	39	25 (12)	12 (6)
Ruuviryhmän kapasiteetti hankolaudassa 90x315-GL30c [kN]					
2 x 7	67,5 mm	30 mm	32	20 (10)	13 (6)
3 x 7	67,5 mm	30 mm	45	30 (15)	18 (9)
Ruuviryhmän kapasiteetti hankolaudassa 90x360-GL30c [kN]					
3 x 8	75 mm	30 mm	49	39 (18)	25 (12)

Uppokantainen osakierreruuvi R6,0x160.

Palotilanteessa toimivien ruuvien määrä esitetään suluissa.

1) Kapasiteetti palkin pituussuuntaiselle voimalle H_d. Mitoituksessa huomioidaan myös muut, tätä kapasiteettia alentavasti vaikuttavat voimat.

2) Paloluokassa R60 lisäpalosuojaus kohdan 3.4 mukaan.

Ohjeen liitteen A laskentaesimerkki on laadittu Versowood vakioruuvitoimittajan ETA 11/0024 (Eurotec) hyväksynnän mukaan uppokantaiselle osakierreruuville Paneltwistec.

Ruuvien mitoituksessa suositellaan käytettäväksi vakioruuvitoimittajan laskentaohjelmistoa tapauskohtaisen kapasiteetin ja reunaehtojen tarkastamiseksi.

3.3 Käyttörajatilamitoitus

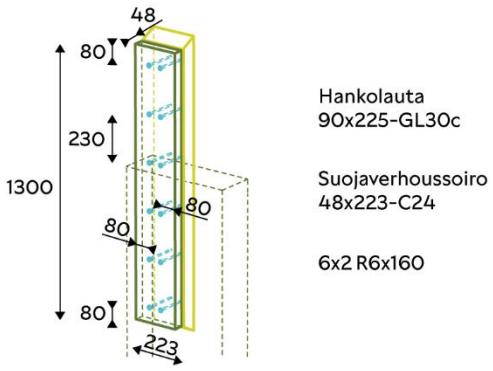
Hankolaudan kiinnitys palkissa kohtisuoraan syynsuuntaan huomioidaan liitoksen suunnittelussa hankolaudan korkeusaseman rajoittamisessa 1/3 palkin tukikorkeudesta ja ruuviryhmien enintään 500 mm etäisyydellä. Kohdesuunnittelija voi harkinnan mukaan soveltaa esitettyjä mitoituskriteerejä.

3.4 Palotilannemitoitus

Palotilannesuunnittelussa tarkastetaan ruuviryhmän kapasiteetti palotilanteen kuormille. Hankolaudan hiiltymä huomioidaan reunaetäisyyksiä kasvattavalla suojaetäisyydellä a_{fi} [mm].

Palotilanteessa teholliset ruuvit sijoitetaan suoja- ja reunaetäisyyden päähän hankolaudan reunasta ja osa murtorajatilanteen ruuveista voidaan jättää huomioimatta.

Yksinkertaistetussa palotilannetarkastelussa kaikki murtorajatilan ruuvit sijoitetaan suoja- ja reunaetäisyyden päähän hankolaudan reunasta.



Kuva 3.2 Hankolaudan R60 palosuojaus

R30 palonkestoajalla ruuvikantojen suojaukseksi riittää uppokantaruuvin asentaminen liimapuun pinnan tasaan. R60 palonkestoajalla ruuvit suojataan kuvan 3.2 mukaisella suojaverhoussoirolla, joka asennetaan työmaalla liitoksen rakenteellisen ruuvauksen jälkeen. Suojauksen mallidetalji esitetään Liitteessä E.

Mahdollinen palosuojakäsittely B-luokkaan ei vaikuta palomitoitukseen.

4 Suunnittelu

Hankolautaliitosta voidaan soveltaa erilaisissa kohdekohtaisissa ratkaisuissa tässä ohjeessa esitettävän liimapuupalkin ja -pilarin välisen liitoksen periaatteita noudattaen.

Liitoksen geometria sovitetaan kohdesuunnittelussa palkin korkeuden sekä palkin ja pilarin paksuuksien mukaan hyödyntäen tässä ohjeessa esitettävää vakiohankolaudan mittatietoja. Hankolauta-aihio työstetään kohdekohtaisen suunnitelman mukaan työstökeskuksella, jolloin eri tasoissa olevat liitospinnat ja toleranssi huomioidaan liitteessä D esitettävän hankolaudan mallisuunnitelman mukaisesti.

Hankolaudan toteutus esitetään pilarin tai muun liitoksessa tukipinnan muodostavan rakenneosan tuotantosuunnitelmassa liitteen B mallituotantosuunnitelman mukaisesti. Hankolautaliitoksen kanssa usein käytettävän liimapuupalkin tukipintavahvistuksen paineentasauslevy asennetaan samaan linjaan hankolaudan kanssa.

Toteutussuunnitelmien laatimisessa varmistetaan erityisesti hankolautojen keskinäisen välin toleranssin toteutuminen palkin asentamiseksi, sekä mitoituksen mukaisten ruuviryhmien esiporausten esittäminen suunnitelmissa.

4.1 Suunnitteluohjeet ja -työkalut

Liitoksen suunnittelu ja mitoitus tehdään tämän ohjeen mukaisesti noudattaen Versowood – *Liimapuuhallit* suunnitteluohjeen liitteen mallisuunnitelmia.

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.

Hankolautaliitoksen yhdistäminen tukipintavahvistukseen tai loviliitokseen esitetään Versowood ratkaisukorteissa. Kohdekohtaisissa ratkaisuissa tulee noudattaa 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 Asennus

Liimapuupalkki asennetaan työmaalla hankolautojen väliin yläpuolelta laskemalla. Hankolaudat muodostavat asennusaikaisen sivuttaistuennan, eikä tuella tarvita erillisiä asennusaikaisia tukia.

Liimapuupalkin asennustoleranssien mukainen sijainti ja pystysuoruus tarkastetaan ja tarvittaessa korjataan asennustilanteessa. Liitoksen lopullinen kiinnitys tehdään asennuksen aikana kiinnittämällä hankolaudan yläosan esiporattuihin reikiin palkkiin tulevat puuruuvit.

Liimapuurakenteiden asennus- ja käsittelyohjeita esitetään yleisellä tasolla liimapuutoimituksen ”Liimapuurunkoisen hallin asennus” ohjeessa.

Katso myös Versowood – Liimapuutoimituksen kosteudenhallintaohje.

Toteutuskohteen liimapuurakenteiden asennuksesta vastaava työnjohtaja laatii asetusten edellyttämät asennus- ja nostosuunnitelmat sekä vastaa niiden toteutuksesta.

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 yleisiin liimapuurakenteiden ohjeisiin.

ohje	sisältö
HalliPES	Suurten jännevälien avoin puuelementtistandardi (Puuinfo.fi) ○ Hankolautaliitos

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan liittyviin Versowood ohjeisiin.

ohje	sisältö
VW101	Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus
VW201	Suunnitteluohje – Liimapuuhallit
VW207	Suunnitteluohje – Tukipintavahvistus
	Liimapuurunkoisen hallin asennus

7 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	5.5.2025	Ensijulkaisu
1.1	30.1.2026	Lisätty taulukko 3.3 vakioruuviryhmien kapasiteeteista Liite A laskentaohjeita ja mallilaskelmaa tarkennettu
1.2	30.10.2026	Vakioruuviryhmien sijoittelumuutos

8 Liitteet

A. Hankolautaliitoksen mitoitus
B. Tuotantosuunnitelmamalli
C. Liitosdetaljit
D. Liitososakuvat
E. Hankolaudan palosuojaus

A. Hankolautaliitoksen mitoitus

Tässä liitteessä esitetään laskentakaavat ja käytettävät mitoituksen lähtötiedot tämän ohjeen mukaisen hankolautaliitoksen mitoittamiseksi. Mitoituksen laskentakaavat ovat voimassa, kun ohjeen taulukossa 2.3 esitettävät reuna- ja keskinäisetäisyydet toteutuvat.

Liitoksessa ulkoiset kuormitukset siirretään palkilta hankolautojen välityksellä pilarille muodostaen palkin sivusuunnassa momenttijäykän liitoksen ja palkin pituussunnassa nivelliitoksen.

Kuormitukset

Kohdesuunnittelija määrittää hankolautaliitoksen mitoittamiseksi tarvittavat voimasuureet rungon eri kuormitustilanteissa. Liitoksen mitoitustarkastelu tehdään mitoittavilla kuormitustapausten voimasuureyhdistelmillä. Liitos mitoituksessa tarvittavat voimasuureet:

Mitoituksen kuormituslähtötiedot:

N_d	palkin tukireaktio murtorajatilassa [kN]
H_d	palkin suuntainen vaakavoima [kN]
F_1	sivusuuntainen kuormitus palkin ylälaitaan [kN]

Liitosvoimat

Palkin asennus- ja valmistustoleranssien perusteella syntyvä palkin α [°] vinous lasketaan kaavalla:

$$\alpha = max\begin{cases}\tan^{-1}(e/H_k)\\ 0{,}50°\end{cases}$$

, jossa

e	epäkeskisyys [m]
H_k	palkin tukikorkeus [m]

Palkin epäkeskisyydestä ja palkin ylälaidan kuormituksesta aiheutuva sivusuunnassa vaikuttava momentti M_d [kNm] lasketaan kaavalla:

$$M_d = N_d * (H_k * \sin\alpha) + F_1 * H_k$$

Palkin epäkeskisyydestä ja palkin ylälaidan kuormituksesta aiheutuva sivusuunnassa vaikuttava leikkausvoima V_d [kN] lasketaan kaavalla:

$$V_d = N_d * \sin\alpha + F_1$$

Hankolaudan mitoitus tarkastetaan molempiin suuntiin liitospinnasta pilarin päässä ja palkin puolella. Tavanomaisesti lyhyemmän ruuviryhmävälin (*b1, b2*) puoli on mitoittava. Liitosgeometrian mukaiset etäisyydet esitetään ohjeen kuvassa 3.1. Geometrian mitoituksessa huomioidaan hankolaudan mitoitus ohuemman rakenneosan kohdalla.

Hankolautaan vaikuttavat momentit $M_{i,d}$ [kNm] lasketaan kaavoilla:

$$M_{x,d} = \frac{V_d * c_i}{n_H} - \frac{V_d * b_i}{n_H * n_R}$$

$$M_{z,d} = \frac{H_d * c_i}{n_H} - \frac{H_d * b_i}{n_H * n_R}$$

, jossa

b_i	ruuviryhmien välinen etäisyys *b1* tai *b2* [mm]
c_i	ruuviryhmien painopisteen etäisyys liitospinnasta *c1* tai *c2* [mm]
n_H	hankolautojen määrä [kpl]
n_R	ruuviryhmien määrä/hankolaudan puolisko [kpl]
$M_{x,d}$	momentti palkin pituussuuntaisen akselin ympäri [kN]
$M_{z,d}$	momentti palkin sivusuuntaisen akselin ympäri [kN]

Hankolautaan vaikuttavat leikkausvoimat $Q_{i,d}$ [kN] lasketaan kaavoilla:

$$Q_{x,d} = \frac{H_d}{n_H}$$

$$Q_{z,d} = \frac{V_d}{n_H}$$

, jossa

$Q_{x,d}$	leikkausvoima palkin pituussuunnassa [kN]
$Q_{z,d}$	leikkausvoima palkin sivusuunnassa [kN]

Hankolaudan kiinnitysruuviryhmän leikkausvoima $V_{i,d}$ [kN] lasketaan kaavoilla:

$$z = B_K + b_H$$

$$V_{y,d} = \frac{M_d}{z * n_R}$$

$$V_{x,d} = \frac{H_d}{n_H * n_R} + \frac{H_d * c_i}{n_H * b_i}$$

, jossa

z	hankolautojen keskilinjojen etäisyys [mm]
B_K	palkin paksuus [mm]
b_H	hankolaudan paksuus mitoituskohdassa [mm]
$V_{y,d}$	leikkausvoima hankolaudan pituussuunnassa [kN]
$V_{x,d}$	leikkausvoima hankolaudan sivusuunnassa [kN]

Kiinnitysruuviryhmän mitoittava resultanttivoima $F_{v,d}$ [kN] lasketaan kaavalla:

$$F_{v,d} = \sqrt{V_{y,d}^2 + V_{x,d}^2}$$

Kiinnitysruuviryhmän ulosvetovoima $F_{ax,d}$ [kN] lasketaan kaavalla:

$$F_{ax,d} = \frac{\frac{V_d * c_i}{b_i} + \frac{V_d}{n_R}}{n_H}$$

Hankolaudan mitoitus

Hankolaudan poikkileikkaus mitoitetaan liitosvoimien ja -geometrian mukaan käyttäen liimapuun materiaaliosavarmuuskerrointa. Hankolaudan paksuutena b_H [mm] käytetään ohennetun hankolaudan paksuutta.

Hankolaudan pituussuuntainen vetojännitys $\sigma_{t,0,d}$ [N/mm²] ja vetolujuus syynsuunnassa $f_{t,0,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

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

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \leq f_{t,0,d}$$

, jossa

k_{mod}	aikaluokkakerroin
Υ_M	liimapuun materiaaliosavarmuuskerroin (1,25)
$f_{t,0,k}$	liimapuun ominaisvetolujuus syynsuunnassa [19,5 N/mm²]
b_H	hankolaudan paksuus mitoituskohdassa [mm]
h_H	hankolaudan leveys [mm]

Hankolaudan pituussuuntainen puristusjännitys $\sigma_{c,0,d}$ [N/mm²] ja puristuslujuus syynsuunnassa $f_{c,0,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

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

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \leq f_{c,0,d}$$

, jossa

$f_{c,0,k}$	liimapuun ominaispuristuslujuus syynsuunnassa [24,5 N/mm²]

Hankolaudan taivutusjännitykset $\sigma_{m,i,d}$ [N/mm²] hankolaudan molemmissa suunnissa ja taivutuslujuus $f_{m,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

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

$$\sigma_{m,x,d} = \frac{M_{x,d}}{\frac{1}{6} * h_H * b_H^2} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{\frac{1}{6} * b_H * h_H^2} \leq f_{m,d}$$

, jossa

$f_{m,k}$	liimapuun ominaistaivutuslujuus [30,0 N/mm²]

Hankolaudan leikkausjännitykset $\tau_{i,d}$ [N/mm²] hankolaudan molemmissa suunnissa ja leikkauslujuus $f_{v,d}$ [N/mm²] kohtisuoraan syynsuuntaan murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

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

$$\tau_{x,d} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{x,d}}{h_H * b_H} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{z,d}}{b_H * h_H} \leq f_{v,d}$$

, jossa

$f_{v,k}$ liimapuun ominaisleikkauslujuus kohtisuoraan syynsuuntaan [3,5 N/mm²]

Hankolaudan yhdistetyt rasitukset

Hankolautaa samanaikaisesti rasittavien eri suuntaisten voimien yhdistettyjen rasitusten kapasiteetit tarkastetaan kaikilla merkitsevien kuormitustapausten voimasuureyhdistelmillä. Tarkastelussa oletetaan, ettei hankolauta nurjahda.

Hankolaudan yhdistetty veto- ja taivutuskestävyys lasketaan kaavoilla:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

, jossa

k_m poikkileikkauksesta riippuva kerroin 0,7

Hankolaudan yhdistetty puristus- ja taivutuskestävyys lasketaan kaavoilla:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

, jossa

k_m poikkileikkauksesta riippuva kerroin 0,7

Hankolaudan yhdistetty leikkauskestävyys lasketaan kaavalla:

$$\left(\frac{\tau_{x,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1$$

Hankolaudan kiinnitysruuviryhmien mitoitus

Ruuviryhmien kestävyys mitoitetaan liitosvoimille käyttäen liitoksen materiaaliosavarmuuskerrointa. Mitoituksen laskentakaavat ovat voimassa, kun ohjeen taulukossa 2.3 esitetyt reuna- ja keskinäisetäisyydet toteutuvat.

Ruuvien mitoitus esitetään kansallisen suunnitteluohjeen RIL 205 ja Versowood vakioruuvitoimittajan Eurotec ruuvien ETA hyväksynnän ETA-11/0024 mukaan. Hankolautojen kiinnityksessä käytetään uppokantaisia Paneltwistec 6.0x160 osakierteisiä ruuveja. Ruuvien kierteen pituus l_g = 70 mm.

Tässä ohjeessa käytetään yhtenäistettyjä termejä, jotka poikkeavat ruuvivalmistajan laskentakaavojen termeistä.

Ruuvin leikkauskapasiteetti

Ruuvin leikkauskestävyyden ominaisarvo $R_{v,k}$ [N] lasketaan kaavoilla:

$$d_{eff} = 1{,}1 * d_i$$

$$R_{v,k} = 120 {d_{eff}}^{1{,}7}$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.1S), jossa

d_i	ruuvin sydänhalkaisija [mm] (vakioruuvilla R6,0x160 = 4,0 mm)
d_{eff}	ruuvin tehollinen halkaisija [mm]

Ruuvin leikkauskestävyydelle voidaan käyttää korotuskertoimia, kun liitoksen kappaleiden mitat täyttävät rajoitusehdot:

$$t_1 \geq 8\, d_{eff}$$

$$t_2 \geq 12\, d_{eff}$$

, jossa

t_1	kiinnitettävän osan paksuus [mm]
t_2	ruuvin tartuntapituus (t_{pen}) [mm]

Ohennetun hankolaudan kohdalla huomioidaan todellinen hankolaudan paksuus. Ruuvin tartuntapituudesta kärjen puoleisessa puuosassa tulee vähentää kärjen pituus. Ilman tarkempaa tietoa, ruuvin kärjen pituudeksi voidaan arvioida 1d.

Ruuvin leikkauskestävyyden korotuskertoimet k_ρ ja $k_{t,fi}$ puun tiheyden ja tartuntapituuksien mukaan lasketaan kaavoilla:

$$k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}}$$

$$k_{t1} = 1 + 0{,}3 * \frac{t_1 - 8\, d_{eff}}{8\, d_{eff}}$$

$$k_{t2} = 1 + 0{,}3 * \frac{t_2 - 12\, d_{eff}}{6\, d_{eff}}$$

$$k_t = max \begin{cases} k_{t1} \\ k_{t2} \end{cases}$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.4S, 8.5.5S), jossa

k_ρ	puun ominaistiheyden mukainen korotuskerroin
$k_{t,fi}$	liittimen tartuntapituuden mukainen korotuskerroin
ρ_k	liimapuun ominaistiheys [390 kg/m^3]
$M_{y,k}$	ruuvin myötömomentti [9 493 Nmm]

$$k_{t3} = \sqrt{\frac{M_{y,k}}{160 * {d_{eff}}^{2,6}}}$$

$$k_{t,fi} = min\begin{cases} k_{t3} \\ k_t \end{cases}$$

Ruuvin leikkauskestävyyden mitoitusarvo $R_{v,d}$ [N] lasketaan kaavalla:

$$R_{v,d} = k_\rho * k_{t,fi} * \frac{k_{mod} * R_{v,k}}{\gamma_M}$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.3S)

Ruuviryhmän leikkauskestävyyden tulee olla suurempi kuin leikkausvoiman mitoittava resultanttivoima kuormitustapauksessa. Mitoitusehto ja käyttöaste KA [≤ 100 %] tarkastetaan kaavoilla:

$$F_{v,d} \leq R_{v,d} * n_1$$

$$KA = \frac{F_{v,d}}{R_{v,d} * n_1} \leq 100\ \%$$

, jossa

n_1 ruuvien määrä ryhmässä [kpl]

Ruuviryhmän tartuntakapasiteetti

Ruuviryhmän ominaisulosvetokestävyys $R_{ax,Rk}$ [N] määritetään ruuvin kierteen ulosvetokestävyyden $R_{ax,Rk,kierre}$ ja kannan läpivetokestävyyden $R_{ax,Rk,kanta}$ mukaan kaavoilla:

$$l_{ef} = min\begin{cases} t_2 \\ l_g \end{cases}$$

$$f_{ax,k} = 0{,}52\ d^{-0,5} * l_{ef}^{-0,1} * \rho_k^{0,8}$$

$$n_{ef} = n^{0,9}$$

$$k_d = min\begin{cases} d/8\ mm \\ 1 \end{cases}$$

$$R_{ax,Rk,kierre} = n_{ef} * f_{ax,k} * d * l_{ef} * k_d$$

$$R_{ax,Rk,kanta} = n_{ef} * f_{head,k} * d_h^2 * \left(\frac{\rho_k}{350\frac{kg}{m^3}}\right)^{0,8}$$

$$R_{ax,Rk} = min\begin{cases} R_{ax,Rk,kierre} \\ R_{ax,Rk,kanta} \end{cases}$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.38,8.39, 8.40b), jossa

l_{ef}	ruuvin kierteistetyn osuuden pituus tarkasteltavassa puussa [mm]
$f_{ax,k}$	ruuvin ulosvetolujuuden ominaisarvo [N/mm^2]
d	ruuvin nimellishalkaisija [mm]
ρ_k	puun ominaistiheys [kg/m^3]
n_{ef}	tehollisten ruuvien määrä [kpl]
n	ruuvien määrä ryhmässä [kpl]
k_d	kerroin
$f_{head,k}$	liittimen kannan ominaisläpivetolujuus [N/mm^2]
d_h	ruuvin kannan halkaisija [mm]

Ruuviryhmän ulosvetokestävyyden mitoitusarvo $R_{ax,Rd}$ [N] lasketaan kaavalla:

$$R_{ax,Rd} = \frac{k_{mod} * R_{ax,k}}{\gamma_M}$$

, jossa

γ_M liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,30)

Ruuviryhmän ulosvetokestävyyden mitoitusarvon tulee olla suurempi kuin ulosvetovoima kuormitustapauksessa. Ulosvetokestävyyden mitoitusehto ja käyttöaste KA [≤ 100 %] tarkastetaan kaavoilla:

$$\mathrm{F_{ax,d}} \leq \mathrm{R_{ax,Rd}}$$

$$KA = \frac{\mathrm{F_{ax,d}}}{\mathrm{R_{ax,Rd}}} \leq 100\ \%$$

, jossa

$F_{ax,d}$ Ruuvin ulosvetolujuuden mitoitusarvo [kN]

Ruuviryhmän valmistajan ruuville ilmoittaman vetokestävyyden mitoitusarvon $f_{tens,d}$ tulee olla suurempi ulosvetovoima kuormitustapauksessa. Vetokestävyyden mitoitusarvo lasketaan sekä mitoitusehto ja käyttöaste KA [≤ 100 %] tarkastetaan kaavoilla:

$$F_{tens,d} = n_{eff} * \frac{F_{tens,k}}{\gamma_M}$$

$$\mathrm{F_{ax,d}} \leq \mathrm{F_{tens,d}}$$

$$KA = \frac{\mathrm{F_{ax,d}}}{\mathrm{F_{tens,d}}} \leq 100\ \%$$

, jossa

$F_{tens,k}$ ruuvin vetolujuuden ominaisarvo [kN]

γ_M ruuvin materiaaliosavarmuuskerroin (1,25)

Ruuviryhmän yhdistetyt rasitukset

Ruuviryhmää samanaikaisesti rasittavien eri suuntaisten voimien yhdistettyjen rasitusten kapasiteetit tarkastetaan kaikilla merkitsevien kuormitustapausten voimasuureyhdistelmillä.

Ruuviryhmän yhdistetty veto- ja leikkauskestävyys lasketaan kaavalla:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}}\right)^2$$

Ruuvin reunaetäisyys palotilanteessa

Ruuviryhmän palotilanteessa tehollisten ruuvien reunaetäisyyteen lisätään palonkestoajan mukainen suojaetäisyys a_{fi} [mm], joka lasketaan kaavalla:

$$a_{fi} = \beta_n * k_{flux} * (t_{req} - t_{d,fi})$$

, jossa

β_n hiiltymisnopeus [mm/min]

k_{flux} kerroin 1,5

t_{req} vaadittu palonkestoaika [min]

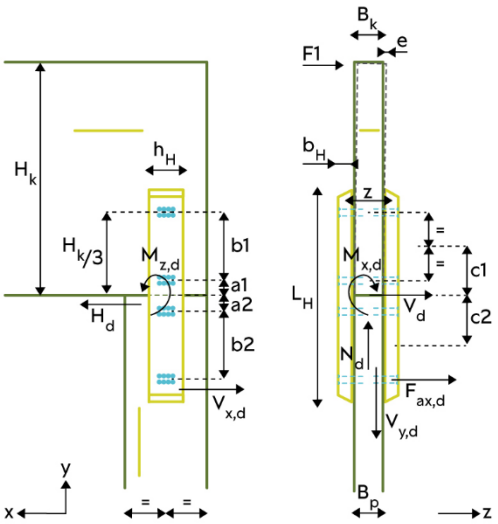
$t_{d,fi}$ suojaamattoman liitoksen palonkestoaika [min]

A.1. Mallilaskelma. Hankolautaliitos.

Liimapuuharjapalkin hankolautaliitos liimapuupilariin.

Liitoksen tiedot:

Palkin leveys	B_K = 240 mm
Palkin tukikorkeus	H_k = 1650 mm
Palkin epäkeskisyys	e = 12 mm
Hankolaudan pituus	L_H = 1400 mm
Hankolauta	b_H = 90 mm
	h_H = 225 mm
Hankolautojen määrä/liitos	n_H = 2 kpl
Ruuviryhmien määrä/hankolaudan puolisko	
	n_R = 2 kpl
Ruuviryhmien sijainnit hankolaudassa	
Etäisyys tukipinnasta	a1 = a2 = 102 mm
Keskinäisetäisyys	b1 = b2 = 450 mm
Painopiste tukipinnasta	c1 = c2 = 327 mm
Kuormituksen aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1



Ulkoiset kuormitukset:

Pystytukireaktio	N_d = 259 kN
Vaakatukireaktio	H_d = 15 kN
Vaakavoima palkille	F_1 = 0,0 kN

Taulukkotiedot:

Kuormituksen aikaluokkakerroin	k_{mod} = 1,1
Liimapuun materiaaliosavarmuuskerroin	Υ_M = 1,25
Liimapuun ominaistiheys	ρ_k = 390 kg/m^3
Puun tiheys ulosvetolujuuden $f_{a,x}$ ominaisarvolla	ρ_a = 350 kg/m^3
Liimapuun ominaisvetolujuus syynsuunnassa	$f_{t,0,k}$ = 19,5 N/mm^2
Liimapuun ominaispuristuslujuus syynsuunnassa	$f_{c,0,k}$ = 24,5 N/mm^2
Liimapuun ominaistaivutuslujuus	$f_{m,k}$ = 30,0 N/mm^2
Liimapuun ominaisleikkauslujuus kohtisuoraan syynsuuntaan	$f_{v,k}$ = 3,5 N/mm^2
Poikkileikkauksesta riippuva kerroin	k_m = 0,7

Ulkoisista kuormista ja epäkeskisyyksistä syntyvät rasitukset

$$\alpha = max\begin{Bmatrix} tan^{-1}(e/H_k) \\ 0{,}50^\circ \end{Bmatrix} = max\begin{Bmatrix} tan^{-1}(12\ mm/\ 1650\ mm) \\ 0{,}50^\circ \end{Bmatrix} = max\begin{Bmatrix} 0{,}42^\circ \\ 0{,}50^\circ \end{Bmatrix} = 0{,}50^\circ$$

$$V_d = N_d * sin\,\alpha + F_1 = 259\ kN * sin\,0{,}50° + 0\ kN = \underline{2{,}26\ kN}$$

$$M_d = N_d * (H_k * \sin\alpha) + F_1 * H_k = 259\ kN * (1{,}65\ m * \sin 0{,}50°) + 0\ kN * 1{,}65\ m = \underline{3{,}73\ kNm}$$

Hankolautoihin kohdistuvat rasitukset

$$M_{x,d} = \frac{V_d * c_1}{n_H} - \frac{V_d * b_1}{n_H * n_R} = \frac{2{,}26\ kN * 0{,}327\ m}{2} - \frac{2{,}26\ kN * 0{,}45\ m}{2 * 2} = 0{,}12\ kNm$$

$$M_{z,d} = \frac{H_d * c_1}{n_H} - \frac{H_d * b_1}{n_H * n_R} = \frac{15\ kN * 0{,}327\ m}{2} - \frac{15\ kN * 0{,}45\ m}{2 * 2} = 0{,}77\ kNm$$

$$Q_{x,d} = \frac{H_d}{n_H} = \frac{15\ kN}{2} = 7{,}50\ kN$$

$$Q_{z,d} = \frac{V_d}{n_H} = \frac{2{,}26\ kN}{2} = 1{,}13\ kN$$

Ruuviryhmiin kohdistuvat rasitukset

$$z = B_K + b_H = 240\ mm + 90\ mm = 330\ mm = 0{,}33\ m$$

$$V_{y,d} = \frac{M_d}{z * n_R} = \frac{3{,}73\ kNm}{0{,}33\ m * 2} = 5{,}65\ kN$$

$$V_{x,d} = \frac{H_d}{n_H * n_R} + \frac{H_d * c_1}{n_H * b_1} = \frac{15\ kN}{2 * 2} + \frac{15\ kN * 0{,}327\ m}{2 * 0{,}450\ m} = 9{,}20\ kN$$

$$F_{v,d} = \sqrt{{V_{y,d}}^2 + {V_{x,d}}^2} = \sqrt{(5{,}65\ kN)^2 + (9{,}20\ kN)^2} = 10{,}80\ kN$$

$$F_{ax,d} = \frac{\frac{V_d * c_1}{b_1} + \frac{V_d}{n_R}}{n_H} = \frac{\frac{2{,}26\ kN * 0{,}327\ m}{0{,}450\ m} + \frac{2{,}26\ kN}{2}}{2} = 1{,}39\ kN$$

Hankolaudan mitoitus

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\Upsilon_M} = \frac{1{,}1 * 19{,}5\ N/mm^2}{1{,}25} = 17{,}1\ N/mm^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \le f_{t,0,d} \rightarrow \frac{2 * 5{,}65\ kN}{90\ mm * 225\ mm} = 0{,}56\ N/mm^2 \le 17{,}1\ N/mm^2\ (3{,}3\ \%)$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\Upsilon_M} = \frac{1{,}1 * 24{,}5\ N/mm^2}{1{,}25} = 21{,}5\ N/mm^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \le f_{c,0,d} \rightarrow \frac{2 * 5{,}65\ kN}{90\ mm * 225\ mm} = 0{,}56\ N/mm^2 \le 21{,}6\ N/mm^2\ (2{,}6\ \%)$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\Upsilon_M} = \frac{1{,}1 * 30{,}0\, N/mm^2}{1{,}25} = 26{,}4\, N/mm^2$$

$$\sigma_{m,x,d} = \frac{M_{x,d}}{\frac{1}{6} * h_H * {b_H}^2} \leq f_{m,d} \rightarrow \frac{0{,}12\ \text{kNm}}{\frac{1}{6} * 225\ mm * (90\ mm)^2} = 0{,}38\, N/mm^2 \leq 26{,}4\, N/mm^2\ (1{,}4\ \%)$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{\frac{1}{6} * b_H * {h_H}^2} \leq f_{m,d} \rightarrow \frac{0{,}77\ \text{kNm}}{\frac{1}{6} * 90\ mm * (225\ mm)^2} = 1{,}01\, N/mm^2 \leq 26{,}4\, N/mm^2\ (3{,}8\ \%)$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} * f_{v,k}}{\Upsilon_M} = \frac{1{,}1 * 3{,}5\, N/mm^2}{1{,}25} = 3{,}1\, N/mm^2$$

$$\tau_{x,d} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{x,d}}{b_H * h_H} \leq f_{v,d} \rightarrow \frac{3}{2} * \frac{7{,}50\ kN}{90\ mm * 225\ mm} = 0{,}56\, N/mm^2 \leq 3{,}08\, N/mm^2\ (18\ \%)$$

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{z,d}}{b_H * h_H} \leq f_{v,d} \rightarrow \frac{3}{2} * \frac{1{,}13\ kN}{90\ mm * 225\ mm} = 0{,}08\, N/mm^2 \leq 3{,}08\, N/mm^2\ (2{,}7\ \%)$$

Yhdistetty veto- ja taivutuskestävyys

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{0{,}56\frac{N}{mm^2}}{17{,}1\frac{N}{mm^2}} + \frac{0{,}38\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} + 0{,}7 * \frac{1{,}01\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} = 0{,}07 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \frac{0{,}56\frac{N}{mm^2}}{17{,}1\frac{N}{mm^2}} + 0{,}7 * \frac{0{,}38\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} + \frac{1{,}01\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} = 0{,}08 \leq 1$$

Yhdistetty puristus- ja taivutuskestävyys

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \left(\frac{0{,}56\frac{N}{mm^2}}{21{,}5\frac{N}{mm^2}}\right)^2 + \frac{0{,}38\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} + 0{,}7 * \frac{1{,}01\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} = 0{,}04 \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \rightarrow \left(\frac{0{,}56\frac{N}{mm^2}}{21{,}5\frac{N}{mm^2}}\right)^2 + 0{,}7 * \frac{0{,}38\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} + \frac{1{,}01\frac{N}{mm^2}}{26{,}4\frac{N}{mm^2}} = 0{,}05 \leq 1$$

Yhdistetty leikkauskestävyys

$$\left(\frac{\tau_{x,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \rightarrow \left(\frac{0{,}56\, N/mm^2}{3{,}08\, N/mm^2}\right)^2 + \left(\frac{0{,}08\, N/mm^2}{3{,}08\, N/mm^2}\right)^2 = 0{,}03 \leq 1$$

Kiinnikkeiden mitoitus:

Liitoksen tiedot:

Ruuvi	R6,0x160
Ruuvin ulkohalkaisija	d = 6,0 mm
Ruuvin pituus	L = 160 mm
Ruuvin kierteen pituus	l_g = 70 mm
Liitettävän osan paksuus	t_1 = 90 mm (= b_H)
Tartuntapituus	t_2 = 64 mm (= L – b_H – *1d)*
Ruuvien määrä	n_1 =8 kpl
Kuormituksen aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1

Taulukkotiedot:

Kuormituksen aikaluokkakerroin k_{mod} = 1,1

Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin Υ_M = 1,30 (Liitokset)

Ruuvin mitoitustiedot:

Ruuvin sydänhalkaisija	d_i = 4,0 mm	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvin kannan halkaisija	d_h = 12,0 mm	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvin vetolujuuden ominaisarvo	$f_{tens,k}$ = 11 kN	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvin kannan ominaisläpivetolujuus		
	$f_{head,k}$ = 12,0 N/mm^2	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvin myötömomentti	$M_{y,k}$ = 9 494 Nmm	(ruuvivalmistajan mukaan)

Ruuviryhmään vaikuttavat voimat:

Leikkausvoima hankolaudan pituussuunnassa	$V_{y,d}$ = 5,63 kN
Leikkausvoima hankolaudan sivusuunnassa	$V_{x,d}$ = 9,20 kN
Voimien resultantti	$F_{v,d}$ = 10,79 kN
Ruuviryhmään vaikuttava ulosvetovoima	$F_{ax,d}$ = 1,39 kN

Ruuviryhmän leikkauskapasiteetti

$$d_{eff} = 1{,}1 * d_i = 1{,}1 * 4{,}0\ mm = 4{,}4\ mm$$

$$R_{v,k} = 120 {d_{eff}}^{1{,}7} = 120 * (4{,}4\ mm)^{1{,}7} = 1\ 490\ N$$

$$t_1 \geq 8 d_{eff} = 90mm \geq 35{,}2mm \rightarrow OK$$

$$t_2 \geq 12 d_{eff} = 64mm \geq 52{,}8mm \rightarrow OK$$

$$k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{390\ kg/m^3}{350\ kg/m^3}} = 1{,}06$$

$$k_{t1} = 1 + 0{,}3 * \frac{t_1 - 8\ d_{eff}}{8\ d_{eff}} = 1 + 0{,}3 * \frac{90\ mm - 8 * 4{,}4\ mm}{8 * 4{,}4\ mm} = 1{,}467$$

$$k_{t2} = 1 + 0{,}3 * \frac{t_2 - 12\ d_{eff}}{6\ d_{eff}} = 1 + 0{,}3 * \frac{64\ mm - 12 * 4{,}4\ mm}{6 * 4{,}4\ mm} = 1{,}245$$

$$k_t = max\begin{cases} k_{t1} \\ k_{t2} \end{cases} = max\begin{cases} 1{,}467 \\ 1{,}245 \end{cases} = 1{,}467$$

$$k_{t3} = \sqrt{\frac{M_{y,k}}{160 * {d_{eff}}^{2,6}}} = \sqrt{\frac{9\ 494\ Nmm}{160 * (4{,}4\ mm)^{2,6}}} = 1{,}122$$

$$k_{t,fi} = min\begin{cases} k_{t3} \\ k_t \end{cases} = min\begin{cases} 1{,}12 \\ 1{,}467 \end{cases} = 1{,}122$$

$$R_{v,d} = k_\rho * k_{t,fi} * \frac{k_{mod} * R_{v,k}}{\gamma_M} = 1{,}06 * 1{,}122 * \frac{1{,}1 * 1\ 490\ N}{1{,}30} = 1\ 493\ N$$

$$F_{v,d} \leq R_{v,d} * n_1 \rightarrow 10{,}79\ kN \leq 1\ 496\ N * 8\ kpl = 11{,}95\ kN\ (86{,}5\ \%)$$

Ruuviryhmän tartuntakapasiteetti

$$l_{ef} = min\begin{cases} t_2 \\ l_g \end{cases} = min\begin{cases} 64\ mm \\ 70\ mn \end{cases} = 64\ mm$$

$$k_d = min\begin{cases} d/8\ mm \\ 1 \end{cases} = min\begin{cases} 6mm/8\ mm \\ 1 \end{cases} = min\begin{cases} 0{,}75 \\ 1 \end{cases} = 0{,}75$$

$$f_{ax,k} = 0{,}52 d^{-0{,}5} * l_{ef}^{-0{,}1} * \rho_k^{0{,}8} = 0{,}52 * (6mm)^{-0{,}5} * (64mm)^{-0{,}1} * \left(390 \frac{kg}{m^3}\right)^{0{,}8} = 16{,}56\ N/mm^2$$

$$n_{ef} = (8\ kpl)^{0{,}9} = 6{,}5\ kpl$$

$$R_{ax,Rk,kierre} = n_{ef} * f_{ax,k} * d * l_{ef} * k_d = 6{,}5 kpl * 16{,}56 \frac{N}{mm^2} * 6mm * 64mm * 0{,}75 = 30998\ N$$

$$R_{ax,Rk,kanta} = n_{ef} * f_{head,k} * d_h^2 * \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0{,}8} = 6{,}5\ kpl * 12\ N/mm^2 * \left(\frac{390\ kg/m^3}{350\ kg/m^3}\right)^{0{,}8} = 12\ 244\ N$$

$$R_{ax,Rk} = min\begin{cases} R_{ax,Rk,kierre} \\ R_{ax,Rk,kanta} \end{cases} \begin{cases} 30\ 998\ N \\ 12\ 244\ N \end{cases} = 12\ 244\ N = 12{,}24 kN$$

$$R_{ax,Rd} = \frac{k_{mod} * R_{ax,k}}{\gamma_M} = \frac{1{,}1 * 12{,}24 kN}{1{,}3} = 10{,}36\ \text{kN}$$

$$\text{F}_{\text{ax,d}} \leq \text{R}_{\text{ax,Rd}} \rightarrow 1{,}39\ \text{kN} \leq 10{,}36\ \text{kN}\ (13{,}4\ \%)$$

Ruuviryhmän vetokestävyys

$$F_{tens,d} = n_{ef} * \frac{F_{tens,k}}{\gamma_M} = 6{,}5 * \frac{11{,}0\ kN}{1{,}25} = 57{,}2\ kN$$

$$F_{\mathrm{ax,d}} \leq \mathrm{F_{tens,d}} = 3{,}08\ \mathrm{kN} \leq 65{,}0\ \mathrm{kN}\ (2{,}4\ \%)$$

Yhdistetty veto- ja leikkauskestävyys

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \rightarrow \left(\frac{1{,}39kN}{10{,}36kN}\right)^2 + \left(\frac{10{,}34kN}{11{,}95kN}\right)^2 = 0{,}83 \leq 1$$

Teholliston ruuvien reunaetäisyys palotilanteessa (R30)

$$a_{fi} = \beta_n * k_{flux} * \left(t_{req} - t_{d,fi}\right) = 0{,}7\ mm/min * \ 1{,}5 * (30\ \mathrm{min} - 15\ \mathrm{min}) = 15{,}75mm$$

$$a_{a,c} = 15d = 15 * 6\ mm = 90\ mm$$

$$a_{h,c} = 10d = 10 * 6mm = 60\ mm$$

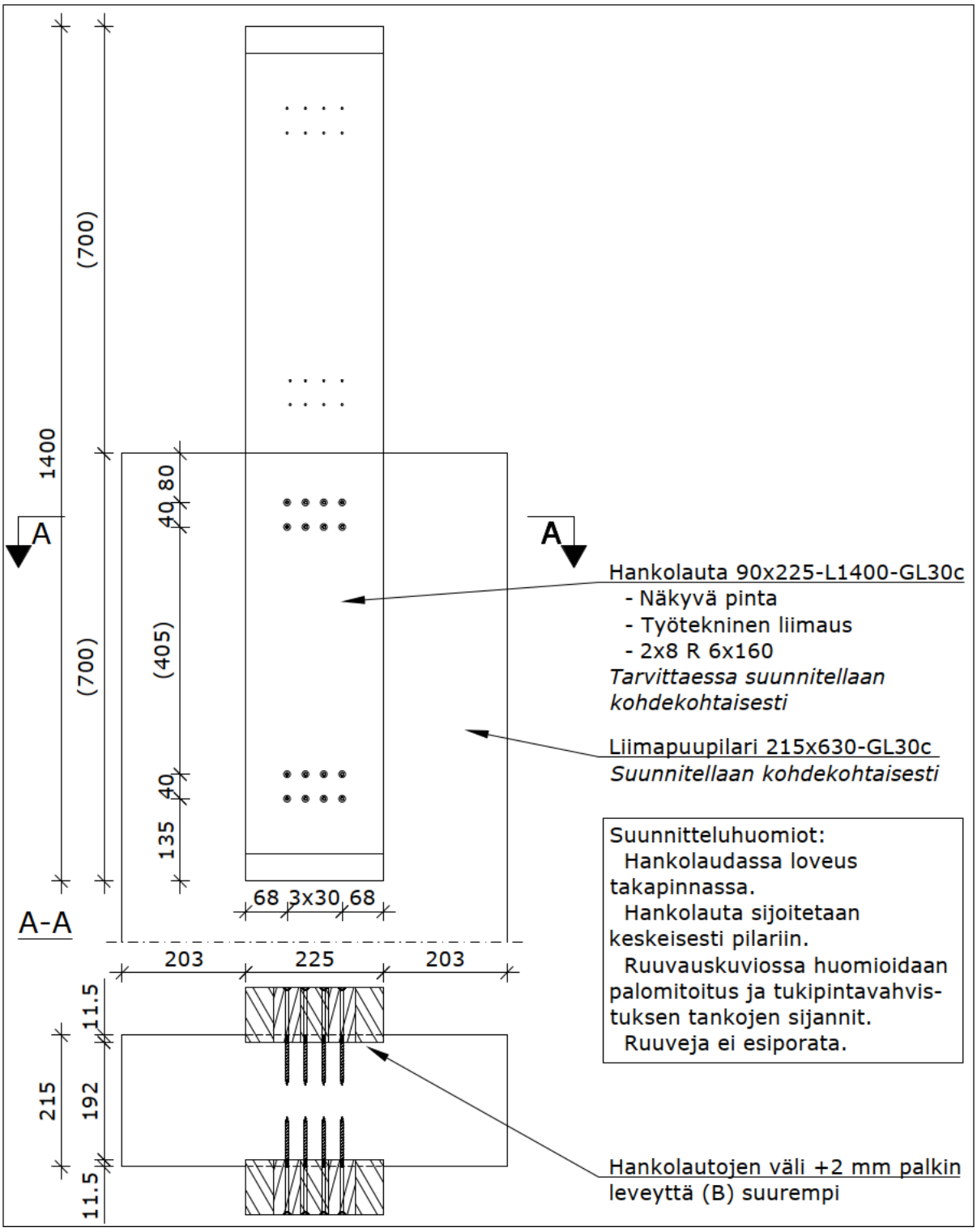
$$a_{a,c,fi} = 90\ mm + a_{fi} = 105{,}75\ mm$$

$$a_{h,c,fi} = 60\ mm + a_{fi} = 75{,}75\ mm$$

B. Tuotantosuunnitelmamalli

Tuotantosuunnitelmassa esitetään liimapuiden työstämisessä ja liitososan tehdas-asennuksessa tarvittavat tiedot Versowood – *Liimapuuhallit* suunnitteluohjeen liitteen mallisuunnitelmissa esitetään ratkaisun kokonaistoteutus.

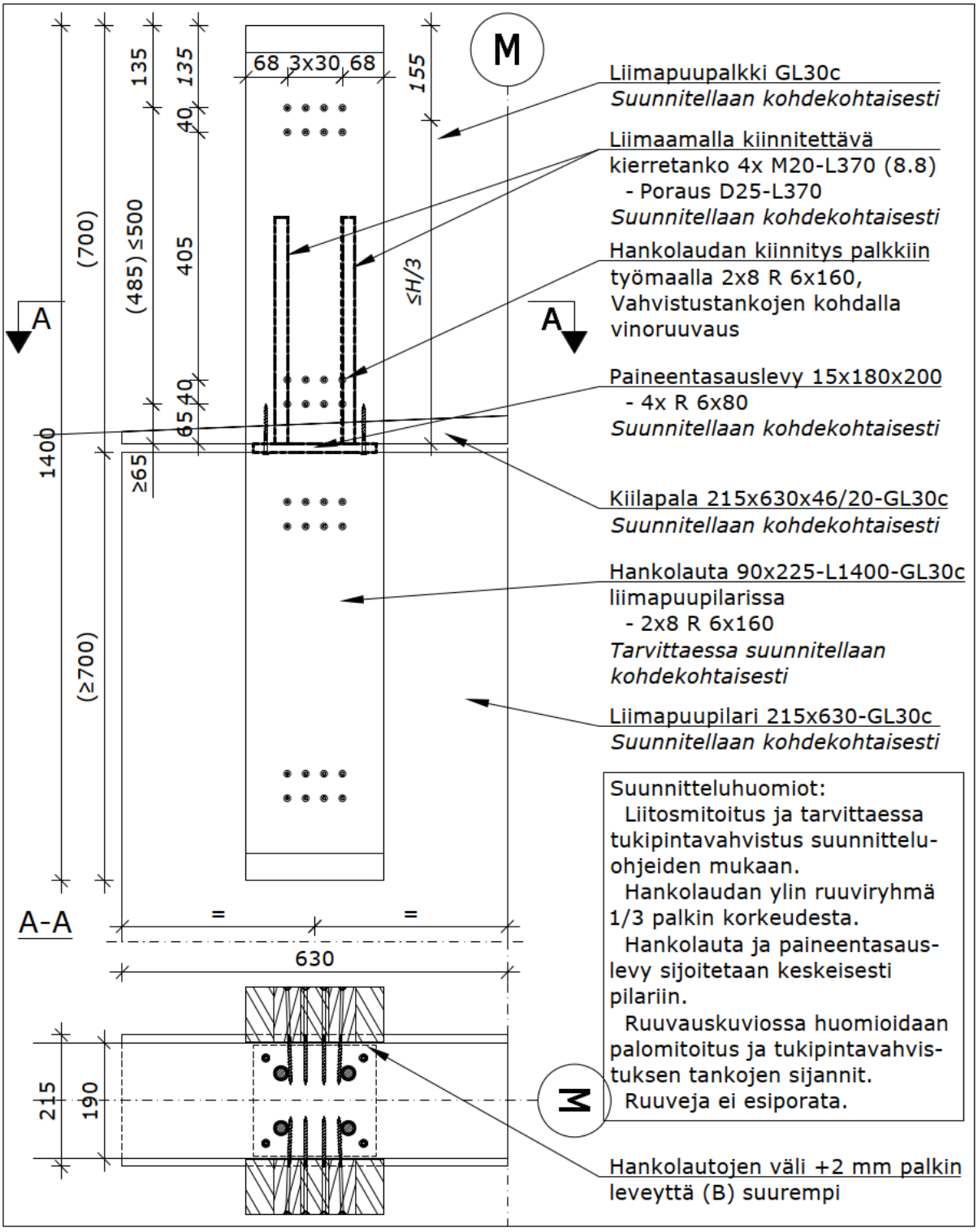
Kuva B1. Hankolaudat liimapuupalkissa.



C. Liitosdetaljit

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

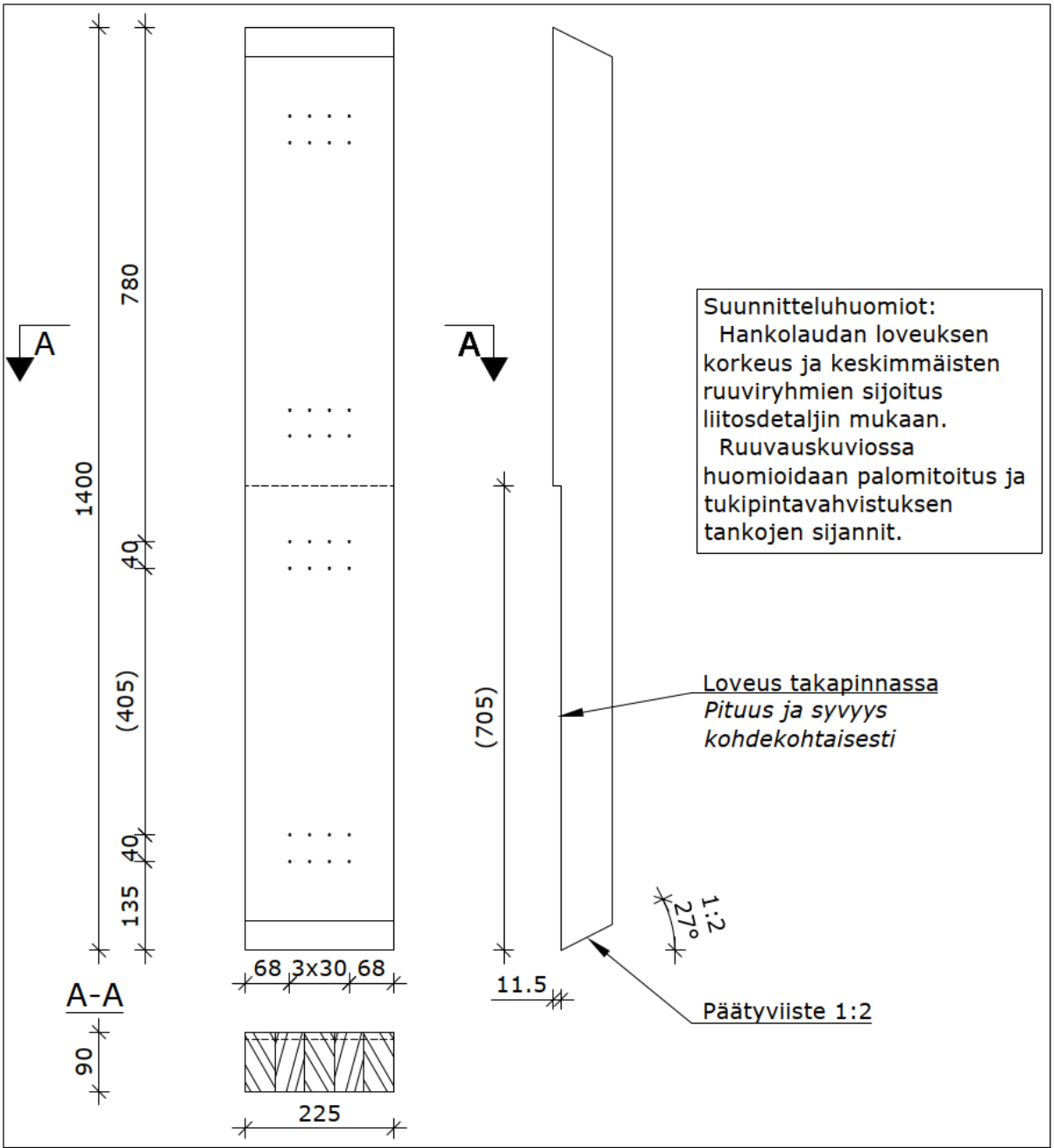
Kuva C1. Esimerkkiliitos. Liimapuupilari 215x630, Liimapuupalkki b=190.



D. Liitososakuvat

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

Kuva D1. Hankolaudan tuotantosuunnitelma.



Osaluettelo:

Osa	Nimi	Profiili	Materiaali	Pituus/mitat	m^2	m^3	Paino [kg]	kpl
HL1	Hankolauta	GL90x225	GL30c	1400	0.90	0.023	10.0	1
2								
3								
				Yhteensä	0.90		10.0	

E. Hankolaudan palosuojaus

R60 palonkestolla hankolaudan kiinnitykset suojataan sahatavarasoirolla.
Mallisuunnitelma ladattavissa .dwg tiedostona.

Kuva E1. Hankolaudan palosuojaus

