



Puurakenteiden ruuviliitokset

Valmistajien suunnitteluohjelmien testaus ja vertailu ruuvilaskentapohjiin

Ina Kaugin

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

KAUGIN, INA:

Puurakenteiden ruuviliitokset
Valmistajien suunnitteluohjelmien testaus ja vertailu ruuvilaskentapohjiin

Opinnäytetyö 126 sivua, joista liitteitä 81 sivua
Kesäkuu 2020

Tässä opinnäytetyössä käsitellään puurakenteiden ruuviliitoksia. Opinnäytetyön tilaajana toimi Sweco Rakennetekniikka Oy:n puurakenteiden osasto. Opinnäytetyössä testataan ja vertaillaan ruuvivalmistajien suunnitteluohjelmia ja Sweco Rakennetekniikka Oy:n olemassa olevia laskentapohjia. Ohjelmilla ja laskentapohjilla mitoitetaan kaksi liitosta, joiden tuloksia vertaillaan. Työhön on myös koottu ruuviliitoksia koskevat säännöt ja vaatimukset.

Työn tavoitteena oli vertailla eri valmistajien ruuvien kestävyyskykyä ja tutkia suunnitteluohjelmien ja laskentapohjien tulosten eroja. Tavoitteena oli myös perehtyä suunnitteluohjelmien ja laskentapohjien käytettävyyteen.

Opinnäytetyössä mitoitettiin yksileikkeinen liitos ja pää- ja sekundääripalkkien välinen liitos. Yksileikkeisessä liitoksessa käytettiin sahatavaraa ja osakierteistä ruuvia. Palkkien välisessä liitoksessa käytettiin liimapuuta ja täyskierteistä ruuvia. Liitokset mitoitettiin neljän eri valmistajan suunnitteluohjelmilla ja yrityksen laskentapohjilla.

Yksileikkeisessä liitoksessa vertailtiin eri valmistajien yhden ruuvin leikkauskestävyyttä. Pää- ja sekundääripalkkien liitoksessa vertailtiin valmistajien ruuvien ulosvetokestävyyttä. Ohjelmilla ja laskentapohjilla saatujen tietojen perustella taulukoitiin tutkittujen liitoksien tärkeimmät ominaisuudet.

Opinnäytetyössä selvisi, ettei valmistajien yksittäisen ruuvien kestävyudessa ole suuria eroja, mutta suunnitteluohjelmien ja laskentapohjien käytettävyyttä voisi vielä parantaa.

Opinnäytetyössä käytettiin Würth Oy:n, Spax Internationalin, Heco Schrauben ja Rothoblaasin suunnitteluohjelmia ja yrityksen olemassa olevia MathCAD laskentaohjelman laskentapohjia.

Asiasanat: puurakenteet, ruuviliitokset, suunnitteluohjelmat

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

KAUGIN, INA

Screw joints for wooden structures

Testing and comparison of manufacturers' design programs with screw calculation bases.

Bachelor's thesis 126 pages, appendices 81 pages
June 2020

This thesis deals with screw joints in wooden structures. The client was Sweco Rakennetekniikka Oy's wooden structures department. The purpose of the thesis was to test and compare screw manufacturers' design programs and Sweco Rakennetekniikka Oy's existing calculation bases. The programs and calculation bases were used to dimension two joints and the result are then compared. An overview of the rules and requirements screw connections was also compiled in this thesis.

In the thesis, a single-section joint and a joint between the main and secondary beams were dimensioned. Sawn timber and a partially threaded screw were used in the single-section joint. Glulam and a full-thread screw were used to join the beams together. The joints were dimensioned using design programs from four different manufacturers and calculation bases provided by Sweco.

The design programs of Würth Oy, Spax International, Heco Schraube and Rothoblaas, and the MathCAD calculation templates employed at Sweco were used in the thesis. Based on the information obtained from the programs and calculation bases, the main points of the examined connections were tabulated successfully.

Key words: screw joints in wooden structures, design programs

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	MATERIAALIN VAIKUTUS	9
	2.1 Sahatavara.....	10
	2.2 Liimapuu	11
3	MEKAANISET LIITOKSET	13
	3.1 Liittimiä koskevat vaatimukset.....	13
	3.1.1 Usean liittimen liitokset	13
	3.1.2 Monileikkeiset liitokset	14
	3.1.3 Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat	14
	3.1.4 Epäkeskiset ja vaihtelevat liitosvoimat.....	15
4	RUUVILIITOKSET	17
	4.1 Yleistä	18
	4.2 Leikkauskuormitetut ruuvit	18
	4.2.1 Kansiruuvit.....	19
	4.2.2 Itseporautuvat ruuvit	20
	4.3 Pituussuunnassa kuormitetut ruuvit	21
	4.4 Ruuvien yhdistetty leikkaus ja pituussuuntainen kuormitus.....	24
	4.5 Vinoruuviliitokset	24
	4.5.1 Ristiruuviliitos.....	25
	4.5.2 Vetoruuviliitos	26
5	VALMISTAJAT	28
	5.1 Würth Oy.....	28
	5.2 Rothoblaas.....	29
	5.3 Spax International	30
	5.4 Heco Schrauben	31
6	SUUNNITTELUOHJELMAT	32
	6.1 Ohjelmien käyttö	32
	6.2 Ohjelmien eroavaisuudet	32
7	MITOITETUT LIITOKSET	33
	7.1 Yksileikkeinen liitos	33
	7.2 Pää- ja sekundääripalkkien liitokset	34
8	LASKENTAPOHJAT	35
9	TULOSTEN VERTAILU	36
	9.1 Yksileikkeinen liitos	36
	9.2 Pää- ja sekundääripalkki	37
10	POHDINTA	40

LÄHTEET	43
LIITTEET	44
Liite 1. Leikkauskuormitetut pulttiliitokset	45
Liite 2. Leikkauskuormitetut naulaliitokset	51
Liite 3. Yksileikkeisen ruuviliitoksen suunnitteluohjelmien tulokset.	59
Liite 4. Yksileikkeisen ruuviliitoksen laskentapohjien tulokset	78
Liite 5. Pää- ja sekundääripalkin välisen ruuviliitoksen suunnitteluohjelmien tulokset.	104
Liite 6. Pää- ja sekundääripalkin välisen ruuviliitoksen laskentapohjien tulokset.....	115

LYHENTEET JA TERMIT

a_1	ruuviväli puun syiden suuntaan
a_2	ruuviväli kohtisuoraan syysuuntaa vastaan
a_3	päätyetäisyys
a_4	reunaetäisyys
b	puuosan paksuus, pintaliittimien yhteydessä kuitenkin enintään liittimien tunkeumasyvyyys [mm]
D	reiän halkaisija [mm]
d	ruuvin kierreosan ulkohalkaisija (nimellispaksuus) [mm]
d_{ef}	liittimen tehollinen halkaisija [mm]
d_h	ruuvin kannan halkaisija [mm]
d_i	sisähalkaisija (sydänmitta) [mm]
d_s	ruuvin sileän varren paksuus [mm]
$F_{90,d}$	hakeamiskestävyyden mitoitusarvo
$F_{c,d}$	puristusvoima
Fe	rauta (kemiallinen merkki)
$F_{ef,d}$	Puun syynsuuntaiseen riviin sijoiteltujen liittimien tehollinen liitoskestävyys puun syynsuuntaiselle voimalle
$F_{t,d}$	vetovoima
$F_{v,Ed}$	$\max \{F_{v,Ed,1}; F_{v,Ed,2}\}$, kun $F_{v,Ed,1}$ ja $F_{v,Ed,2}$ ovat puun syitä vastaan kohtisuoran liitosvoimakomponentin $F_{Ed} \sin \alpha$ aiheuttamat leikkausvoimat.
$f_{ax,k}$	ruuvin ulosvetolujuusparametrin ominaisarvo kohtisuorassa syysuuntaa vastaan [N/mm ²]
$f_{ax,\alpha,k}$	ruuville ilmoitettu EN 14592 mukainen ulosvetolujuusparametrin ominaisarvo puun tiheydellä ρ_a kohtisuorassa syysuuntaa vastaan.
$f_{ax,\alpha,1,k}$	ruuvin ulosvetolujuusparametrin ominaisarvo kannan puoleisessa puussa kulmassa α syysuuntaan nähden [N/mm ²]
$f_{ax,\alpha,2,k}$	ruuvin ulosvetolujuusparametrin ominaisarvon kärjen puoleisessa puussa kulmassa α syysuuntaan nähden [N/mm ²]

$f_{\text{head},k}$	ruuvin kannan läpivetoalujuusparametrin ominaisarvo [N/mm ²]
$f_{\text{tens},k}$	ruuvin vetomurtokestävyyden ominaisarvo [N]
$f_{\text{tor},k}$	vääntökestävyys
$f_{u,k}$	vetomurtolujuus
h	sauvan korkeus [mm]
h_e	etäisyys kuormitetusta reunasta kauimmaiseen liittimeen [mm]
k_d	$\min \left\{ \frac{d}{8}, 1 \right\}$
k_{mod}	taulukon 2 mukainen liitospuun aikavaikutuskerroin
l_{ef}	ruuvin kierteitetyn osuuden tunkeumasyvyyys tarkasteltavassa liitospuussa [mm]
$l_{g,1}$	ruuvin kierteisen osan pituus kannan puoleisessa puussa [mm]
$l_{g,2}$	ruuvin kierteisen osan pituus kärjen puoleisessa puussa [mm]
$M_{y,k}$	myötömomentin ominaisarvo
n	ruuvien lukumäärä liitoksessa
n_{ef}	ruuvien tehollinen lukumäärä
n_p	ruuviparien lukumäärä liitoksessa
R_d	yksittäisen liittimen leikkauskestävyys
R_k	liittimienkestävyyden ominaisarvo
$R_{T,k}$	kaavan 14 mukainen ruuvin vetokestävyyden ominaisarvo
t	Liitospuiden paksuus [mm]
X_k	lujuusominaisuuden ominaisarvo
Z_n	sinkki (kemiallinen merkki)
γ_M	liitospuun materiaaliosavarmuusluku, ks taulukko 1
ρ_k	puutavaran ominaistiheys [kg/m ³]
α	ruuvin kulma syysuuntaan nähden
ρ_k	kannan puoleisen puun ominaistiheys [kg/m ³]
ρ_a	puun tiheys, jolle $f_{\text{head},k}$ on ilmoitettu [kg/m ³]
μ	liitososien välinen liikekitkakerroin, jolle voidaan käyttää seuraavia

1 JOHDANTO

Puurakenteiden mekaanisissa liitoksissa voidaan käyttää useampaa eri liittintyyppiä. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ruuviliitoksia ja niihin suunnattuja valmistajien suunnitteluohjelmia. Ohjelmien tuloksia vertaillaan keskenään sekä Sweco Rakennetekniikka Oy:n käytössä olevin MathCAD laskentaohjelmalla tehtyjen laskentapohjien tuloksien kanssa. Opinnäytetyön pohjana käytettiin RIL 205-1-2009 kirjaa, josta kerättiin ruuviliitoksia ja materiaaleja koskevat vaatimukset ja säännöt.

Suunnitteluohjelmilla ja laskentapohjilla mitoitetaan kaksi liitosta. Mitoitettavat liitokset ovat yksileikkeinen liitos ja pää- ja sekundääripalkin liitos. Yksileikkeisessä liitoksessa mitoitettiin lujuusluokan C24 sahatavara käyttäen osakierteistä ruuvia. Pää- ja sekundääripalkki liitettiin toisiinsa vinoruuvein. Palkkien materiaalina oli lujuusluokan GL30c liimapuu ja ruuvina oli täyskierteinen ruuvi.

Kummankin liitoksen tärkeimmät asiat taulukoitiin. Yhtä liitosta kohden syntyi kolme taulukko, joista käy ilmi ruuvien tiedot, liitoksen tiedot ja liitoksen mitoituksen vertailuarvo.

Opinnäytetyössä käytettiin Würth Oy:n, Spax Internationalin, Heco Schrauben ja Rothoblaas:in suunnitteluohjelmia ja MathCAD laskentaohjelmalla tehtyjä laskentapohjia.

2 MATERIAALIN VAIKUTUS

Puurakentamisessa liitosten mitoituksessa täytyy huomioida liitettävät materiaalit. Eurokoodeissa on määritelty eri materiaaleille niiden ominaisuuksista johtuvia osavarmuuskertoimia.

Materiaaleille voidaan laskea lujuusominaisuuden mitoitusarvo X_d seuraavasti:

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (1)$$

missä

X_k	lujuusominaisuuden ominaisarvo
γ_M	materiaaliominaisuuden osavarmuusluku
k_{mod}	muunnoskerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman keston ja kosteuden vaikutus (ks. taulukko 2)

Suomessa käytetään taulukossa 1 esitettyjä materiaalinominaisuuksien osavarmuuslukuja. Nämä puutuotteiden ilmoitetut ominaislujuudet ja jäykkyysominaisuudet vastaavat 5 minuutin kuormitusaikaa ja RH 65 %:n kosteusolosuhdetta. Materiaaliominaisuuksien mitoitusarvojen määrittämisessä käytetään kuorman keston ja kosteudenvaikutuksen muunnoskerrointa k_{mod} . Muunnoskerroimen arvot ovat esitetty taulukossa 2. (RIL 205-1-2009, 45)

TAULUKKO 1. Materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluvut γ_M (RIL 205-1-2009)

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-lastulevy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Naulalevyliitokset: - tartuntalujuus	1,25
- levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Jos kuormayhdistelmässä on eri aikaluokkaan kuuluvia kuormia, valitaan k_{mod} kertoimelle arvo, joka vastaa lyhytkestoisinta kuormaa. Esimerkiksi pysyvän

kuorman ja keskipitkän lumikuorman yhdistelmälle käytetään keskipitkän aikaluokan k_{mod} kerrointa.

TAULUKKO 2. Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroimen k_{mod} arvot (RIL 205-1-2009)

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka				
		Pysyvä	Pitkäaikainen	Keskipitkä	Lyhytaikainen	Hetkelinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Lastulevy P4 ¹⁾ ja P5, OSB/2 ¹⁾ , Kova kuitulevy	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Lastulevy P6 ¹⁾ ja P7, OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA ¹⁾ , MBH.HLS, MDF.LA ¹⁾ ja MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	2	-	-	-	0,45	0,80

¹⁾ Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1.

2.1 Sahatavara

Käytettävän sahatavaran tulee olla standardin EN 14081-1 mukaista ja sormijatkosten tulee olla standardin EN 385 mukaisia. Taulukossa 3 on esitetty standardin täyttämien havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet eri lujuusluokissa. (RIL 205-1-2009, 47)

TAULUKKO 3. Havupuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet lujuusluokissa C14 (T0), C18 (T1), C24 (T2), C30 (T3), C35 ja C40 (RIL 205-1-2009)

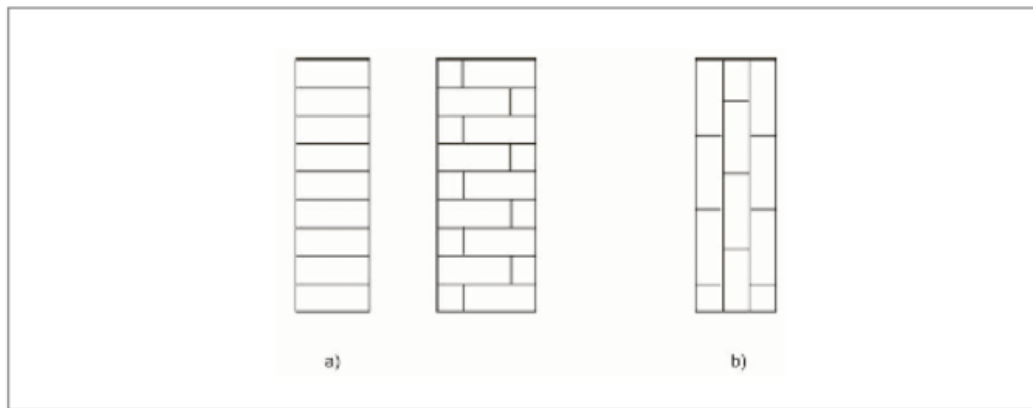
Lujuusluokka		C14 T0	C18 T1	C24 T2	C30 T3	C35 ¹⁾	C40 ¹⁾
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	14	18	24	30	35	40
Veto	$f_{t,0,k}$	7,5	10	14,5	19	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	16	18	21	24	25	27
	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,5	2,7	2,7	2,8
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)							
Kimmo- moduuli	$E_{0,mean}$	7 000	9 000	11 000	12 000	13 000	14 000
	$E_{0,05}$	4 700	6 000	7 400	8 000	8 700	9 400
	$E_{90,mean}$	230	300	370	400	430	470
Liikumoduuli	G_{mean}	440	560	690	750	810	880
	$G_{0,05}$	300	380	460	500	540	590
Tiheydet (kg/m ³)							
Ominaisstiheys	ρ_k	290	320	350	380	390	400
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	350	380	420	460	470	480

¹⁾ C35 tai C40 lujuusluokan sahatavaraa ei ole yleensä saatavilla puutavaraliikkeistä.

2.2 Liimapuu

Liimapuun tulee olla standardin EN 14080 mukaista ja se valmistetaan standardin EN 386 mukaan. (RIL 205-1-2009, 47)

Liimapuuta valmistetaan liimaamalla yhteen lujuuslajitellusta sahatavarasta mitallistettuja, yleensä sormijatkettuja, lamelleja siten, että puun syyt ovat liimapuun pituussuuntaan ja poikkileikkauksesta muodostuu suorakaide. Liimapuuta voidaan valmistaa kuvan 1 mukaisena horisontaalisena tai vertikaalisena tyyppinä.



KUVA 1. Liimapuutyypit EN 386 mukaan: a) horisontaalinen ja b) vertikaalinen liimapuu (RIL 205-1-2009)

Havupuusta valmistetun liimapuun lujuusluokat on esitetty standardissa EN 1194 erikseen samanlaisista lamelleista valmistetulle homogeeniselle liimapuulle GL24h-GL36h ja eri lujuusluokat lamelleista kootulle liimapuulle GL24c-GL36c. Yleisimmät lujuusluokat on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet EN 1194 standardin yleisimmissä lujuusluokissa (RIL 205-1-2009)

Lujuusluokka		Liimapuu				Halkaistu liimapuu	
		GL24c	GL24h	GL30c ¹	GL30h	GL30cs ¹	GL30hs
Ominaislujuudet (N/mm ²)							
Taivutus	$f_{m,k}$	24	24	30	30	28	28
Veto	$f_{t,0,k}$	17	19,2	19,5	24	18,7	22,4
	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	21,5	24	24,5	30	23,3	28
	$f_{c,90,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	$f_{r,k}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)							
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	11 000	11 500	13 000	13 600	12 500	13 100
	$E_{0,05}$	9 100	9 600	10 800	11 300	10 300	10 800
	$E_{90,mean}$	300	300	300	300	300	300
Liukumoduuli	G_{mean}	650	650	650	650	650	650
	$G_{0,05}$	540	540	540	540	540	540
Tiheydet (kg/m ³)							
Ominaisitiheys	ρ_k	365	385	390	430	390	430
Tiheyden keskiarvo	ρ_{mean}	400	420	430	480	430	480

¹ Vakioluokka Suomessa. Muita lujuusluokkia valmistetaan yleensä vain tilauksesta.

3 MEKAANISET LIITOKSET

Puurakentamisessa käytettävät mekaaniset liitokset mitoitetaan Eurokoodien mukaan ja ne on luokiteltu eri liitostyyppeihin riippuen mitä liitintyyppiä liitoksessa käytetään. Liitostyyppejä ovat puikkoliitokset, naulaliitokset, hakasliitokset, pulttiliitokset, tappivaarnaliitokset, ruuviliitokset, naulalevyliitokset, rengas- ja lautasvaarnat, hammasvaarnat ja liimatankoliitokset. Osaan liitoksista pätee liittimestä riippumatta samat laskennalliset säännöt ja kaavat.

3.1 Liittimiä koskevat vaatimukset

Liitoksen jäykkyys ja kestävyys ominaisarvo määritellään kokeellisesti standardin mukaan. Jos standardissa mainitaan veto- ja puristuskoe, määritetään kestävyys ominaisarvo vetokokeen avulla. (RIL 205-1-2009,95)

Liittimien kestävyys esitetään yleensä ominaisarvoina R_k . Liitoksen mitoituskestävyys

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot R_k \quad (2)$$

missä

k_{mod} taulukon 2 mukainen liitospuun aikavaikutuskerroin

γ_M liitospuun materiaaliosavarmuusluku, ks taulukko 1.

Liitettäessä yhteen kahta erilaista puumateriaalia kaavassa (1) käytetään sen materiaalin k_{mod} ja γ_M kertoimia, jolla k_{mod}/γ_M - suhde on pienempi. (RIL 205-1-2009, 95)

3.1.1 Usean liittimen liitokset

Usean liittimen liitoksen kestävyteen ja jäykkyyteen vaikuttaa liitokseen valittavien liittimien koko, sijainti, liitinvälit sekä niiden reuna- ja päätyetäisyydet. Li-

toksen kestävyteen vaikuttaa myös liittimien lukumäärä. Jos liittimiä on liitoksessa useampi, on yksittäisten liittimien kestävydensumma yleensä suurempi kuin koko liitoksen kestävyys. Liitoksessa voidaan myös käyttää erilaisia liittimiä, mutta tällöin täytyy huomioida erilaisten liittimien jäykkyydet ja niiden vaikutus voimien jakautumiseen. Kuitenkaan liiman ja mekaanisen liittimen ei lasketa toimivan yhdessä. Puun syysuuntaiseen riviin sijoitettujen liittimien tehollinen liitoskestävyys puun syysuuntaiselle voimakomponentille on. (RIL 205-1-2009, 95)

$$F_{ef,d} = n_{ef}R_d \quad (3)$$

missä

n_{ef} tehollisten liittimien lukumäärä liitinrivissä

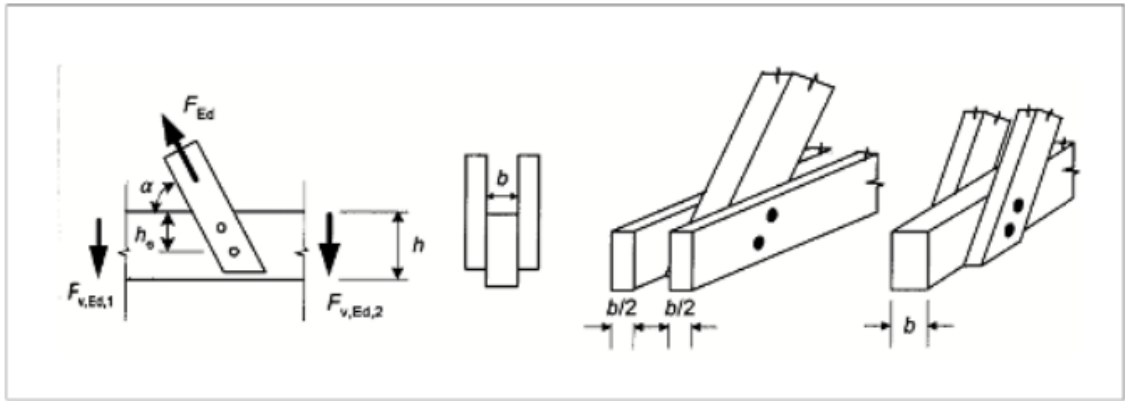
R_d yksittäisen liittimen leikkauskestävyys

3.1.2 Monileikkeiset liitokset

Liitoksia, joissa on enemmän kuin kaksileikettä kutsutaan monileikkeiseksi liitokseksi. Monileikkeisessä liitoksessa yhden leikkeen kestävyys on pienin leikkeelle saatu arvo, kun liitos on jaettu kaksileikkeisiin osaliitoksiin ja määritelty kestävyys leikettä kohti. Koko liitoksen kestävyden laskemiseksi täytyy määritetty pienin yhden leikkeen liitinkestävyys kertoa leikkeiden ja tehollisten liittimien lukumäärillä. (RIL 205-1-2009, 96)

3.1.3 Puun syysuuntaa vasten kohtisuorat liitosvoimat

Liitokseen tuleva voima voi vaikuttaa vinossa kulmassa puun syysuuntaan nähden ja aiheuttaa syysuuntaan nähden poikittaista vetojännitystä. Kuvassa 2 on esitetty tällainen tilanne. Jos syysuuntaan nähden poikittaista vetojännitystä aiheutuu, pitää silloin huomioida, että puun halkeamiskestävyys on riittävä. (RIL 205-1-2009, 96)



KUVA 2. Syysuuntaan nähden vino liitosvoima (RIL 205-1-2009)

Kuvan 2 mukaisessa tapauksessa tarkistetaan, että seuraava ehto täyttyy

$$F_{v,Ed} \leq F_{90,d}, \quad (4)$$

missä

$F_{90,d}$ halkeamiskestävyyden mitoitusarvo

$F_{v,Ed}$ $\max \{F_{v,Ed,1}; F_{v,Ed,2}\}$, kun $F_{v,Ed,1}$ ja $F_{v,Ed,2}$ ovat puun syitä vastaan kohtisuoran liitosvoimakomponentin $F_{Ed} \sin \alpha$ aiheuttamat leikkausvoimat.

Havupuutavaran halkeamiskestävyyden ominaisarvo

$$F_{90,k} = 14 \cdot b \cdot \sqrt{\frac{h_e}{(1 - \frac{h_e}{h})}} \quad (5)$$

missä

b puuosan paksuus, pintaliittimien yhteydessä kuitenkin enintään liittimien tunkeumasyvyyks [mm]

h sauvan korkeus [mm]

h_e etäisyys kuormitetusta reunasta kauimpaan liitimeen [mm]

3.1.4 Epäkeskiset ja vaihtelevat liitosvoimat

Jos liitokseen tuleva voima on epäkeskeinen tai käytetään epäsymmetrisiä liitoksia, täytyy syntyvät lisärasitukset huomioida liitoksen kestettävyyttä laskiessa. Yksipuolisten jatkoskappaleiden jännityksiä laskiessa on sauvavoima huomioitava 1,5-kertaisena, jos epäkeskeisyydestä aiheutuvia taivutusjännityk-

siä ei muuten huomioida. Vetosauvojen jatkoksissa jatkoskappaleet on pyrittävä sijoittamaan symmetrisesti sauvan keskilinjaan nähden. (RIL 205-1-2009, 97)

Liitoksissa, joissa vaikuttava keskipitkän tai pitkänaikaisen aikaluokan liitosvoima voi vaihtaa suuntaa puristuksen ja vedon välillä, täytyy liitoskestävyyden ominaisarvoa pienentää. Puristuksen ja vedon välillä vaihtelevan voiman vaikutus täytyy huomioida liitoksen mitoittamisessa. Liitos täytyy mitoittaa sekä vetovoimalle $F_{t,d} + 0,5F_{c,d}$ että puristusvoimalle $F_{c,d} + 0,5F_{t,d}$. (RIL 205-1-2009, 97)

4 RUUVILIITOKSET

Ruuviliitoksissa liittimen valintaa eli ruuviin, vaikuttaa moni tekijä. Ruuvit ovat kehittyneet vuosien saatossa ja erilaisia erikoisruuveja tulee jatkuvasti markkinoille lisää. Ruuvien valinnassa on tärkeää kiinnittää huomiota siihen, että valitsee ruuvin sen käyttötarkoituksen mukaan ja huomioi mitä materiaaleja halutaan liittää yhteen. Valittavan ruuvin täytyy pystyä siirtämään liitoksessa olevat voimat ilman, että puu tai ruuvi pettää.

Ruuviliitokset suunnitellaan pääasiassa yksileikkeisinä liitoksina ja ruuviliitos sopii hyvin liitoksiin, joissa liittimen täytyy siirtää niistä ulosvetäviä voimia. Ruuvin kannan tulisi upota tasan puunpinnan kanssa, mutta $-0/+3$ mm toleranssi on sallittu. Ennen liitettävien kappaleiden ruuvausta toisiinsa täytyy varmistaa, että ne ovat tiukasti kiinni toisissaan tai ruuvin kierteettömän osan pituus on vähintään liitettävän puun paksuus. (Metsä Wood 2012, 2)

Eurokoodissa määritellään eri käyttöolosuhteiden mukaan ruuville käyttöluokat 1-3. Käyttöluokassa 1 ruuvi on kuivassa sisäilmassa tai materiaalin kosteus on lämpötilaa $+20$ °C vastaava eikä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylitä 65 % useana viikkona vuodessa. Tällöin ruuville ei ole määritelty pinnoitevaatimuksia. Käyttöluokassa 2 ruuvi voi olla ulkotilassa, mutta se ei saa päästä kastumaan. Materiaalin kosteus on lämpötilaa $+20$ °C, kuten käyttöluokassa 1, mutta suhteellinen kosteus saa olla 85 %. Tällaisissa olosuhteissa olevalle ruuville, joiden halkaisija $d \leq 4$ mm on määrätty pinnoitevaatimus. Ruuvit täytyy olla pinnoitettu Fe/Zn 12 c, Z275, jotta ne kestävät ympärillä olevat ilman rasi-
tukset. Ruuvit, joiden $d > 4$ mm eivät tarvitse pinnoitetta. Käyttöluokassa 3 ruuvien ympärillä vaikuttava ilma vaihtelee ja ruuvit voivat päästä kastumaan. Tällöin ruuvit täytyy olla pinnoitettu Fe/Zn 25 c, Z350, jolloin ne kestävät kosteuden tuomat rasi-
tukset. (RIL 205-1-2009, 59)

4.1 Yleistä

Ruuviliitoksissa ruuvilla täytyy olla EN14592 standardin vaatimuksen mukaisesti määriteltynä seuraavat lujuusominaisuudet:

- vääntökestävyys $f_{tor,k}$
- myötömomentti $M_{y,k}$

tai

- vetomurtolujuus $f_{u,k}$
- ulosvetolujuusparametri $f_{ax,k}$
- kannan läpivetolujuusparametri $f_{head,k}$
- vetomurtokestävyys $f_{tens,k}$

Ulosvetolujuusparametri voidaan määrittää testaamalla tai laskennallisesti. Vetomurtokestävyyden on mitoittavin seuraavista:

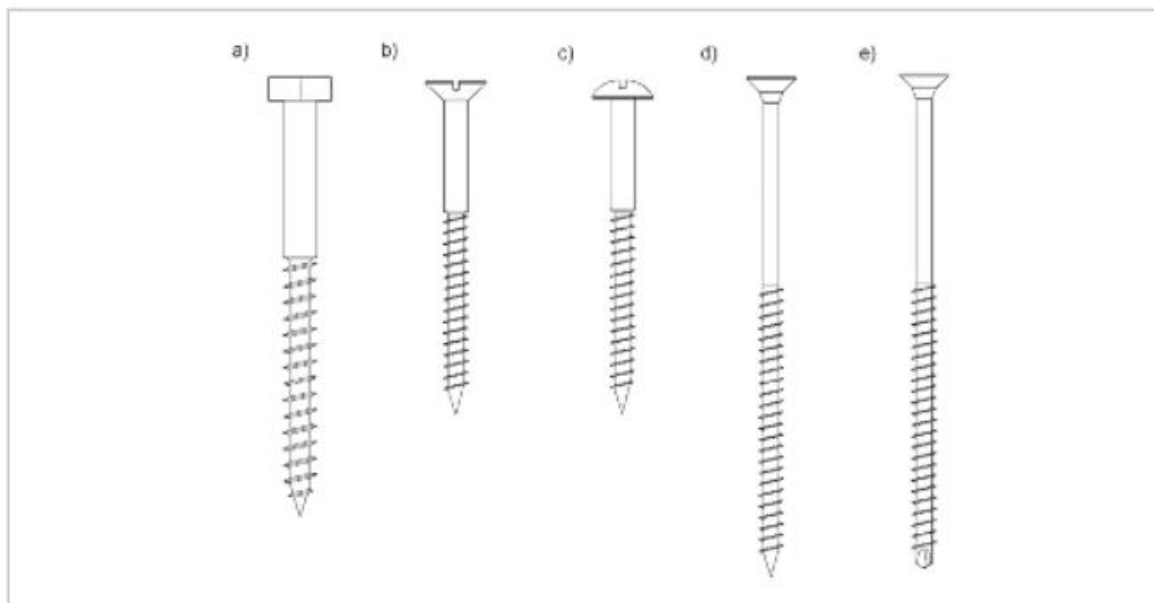
- ruuvin sileän varren vetomurto
- varren kierteisen osan vetomurto
- kannan lävistyminen teräslevystä, jossa reikä on $d+1$ mm

Ruuvin nimellispaksuuden tunnus on d ja se tarkoittaa ruuvin kierteen ulkohalkaisijaa. Tämä koskee kuitenkin vain ruuveja, joiden nimellispaksuus on vähintään 3,8 mm ja enintään 24 mm. Ruuvin kierteisen osan sisähalkaisijan tunnus on d_i (sydänmitta) ja sen täytyy olla $0,6d \leq d_i \leq 0,9d$. (RIL 205-1-2009, 119)

4.2 Leikkauskuormitetut ruuvit

Leikkauskuormitettujen ruuvien säännöt ovat jaettu kahden ruuvityypin mukaan. Ruuvin ominaisuudet vaikuttavat siihen kuuluvatko ruuvit kansiruuveihin vai itseporausruuveihin. Kuvassa 3 on esitelty erilaisia ruuvityyppejä.

Ruuvin kierteisen osan vaikutus otetaan leikkauskuormitetuissa ruuveissa huomioon käyttämällä kestävyuden laskennassa tehollista halkaisijaa d_{ef} . Seuraavia ohjeita saadaan käyttää vain ruuveille, joiden vetomurtolujuus $f_{u,k} > 500 \text{ N/mm}^2$ tai ruuvin myötömomentti $M_{y,k} \geq 150d_{ef}^{2,6}$. (RIL 205-1-2009, 119)



KUVA 3. Ruuvityypit a, b ja c käsitellään kansiruuveina ja ruuvityypit d (ns. yleisruuvi) ja e (porakärkiruuvi) itseporautuvina ruuveina (RIL 205-1-2009)

4.2.1 Kansiruuvit

Kansiruuveilla tarkoitetaan osakierteisiä ruuveja, joiden kierteen ulkohalkaisija on sileän varren suuruinen. Kansiruuveille esiporataan reiät. Ainoat ruuvit, joille ei tarvitse esiporata reikiä ovat havupuuhun ruuvattavat ruuvit, joiden $d \leq 6$ mm. Kansiruuviin sileälle ja kierteiselle osalle täytyy porata eri kokoiset esiporaus reiät. Sileän osan esiporauksen koko määräytyy ruuvin sileän osan halkaisijan mukaan. Reiän koko $D = d + 0-1$ mm. Kierreosalle reiän koko on havupuulla ja puulevyllä $0,6-0,75d$ ja lehtipuutavaralla $0,7-0,85d$. (RIL 205-1-2009, 119)

Kansiruuveille, joiden halkaisija $d > 6$ mm, käytetään liitteessä 1. esitettyjä pulttiliitoksen sääntöjä. Kansiruuvit, joiden halkaisija korkeintaan 6 mm mitoittamiseen käytetään samoja ohjeita kuin profiloituilla pyöreillä nauloilla, mitkä ovat esitetty liitteessä 2. Esiporattujen naulojen ohjeita voidaan käyttää, jos porauksen syvyys on ruuvin kärjen puolella vähintään $4d$. (RIL 205-1-2009, 120)

Liitoksen kestävyys määritellään ruuvin sileän varren halkaisijamitan d ($d_{ef} = d$) mukaan silloin kun kansiruuvin sileä varsi tunkeutuu kärjenpuoleiseen puuhun vähintään mitan $4d$ verran. Jos sileän varren tunkeutuma on vähemmän kuin

4d, määritetään ruuviliitoksen leikkauskestävyys käyttämällä liittimelle tehollista halkaisijaa $d_{ef} = 1,1d_i$, missä d_i on kierteisen osan sisähalkaisija (sydänmitta). Ruuvien, joiden $d \leq 6$ mm ja kierreosan pituus järjenpuoleisessa puussa on $\geq 8d_{ef}$ ominaisleikkauskestävyyksiä saadaan korottaa lisäkertoimella 1,15, jos ruuvin kannan puolella on teräslevy tai ruuvin kannan alla käytetään aluslevyä pulttiliitosten ohjeiden mukaisesti. (RIL 205-1-2009, 120)

4.2.2 Itseporautuvat ruuvit

Itseporautuvilla ruuveilla tarkoitetaan täyskierteisiä ruuveja ja sellaisia osakierteisiä ruuveja, joiden sileän varren paksuus d_s on enintään 80 % kierteen ulkohalkaisijasta (nimellispaksuudesta d), mutta vähintään $1,1d_i$, kun d_i on ruuvin kierteisen osan sisähalkaisija (sydänmitta). Itseporautuville puuruuveille käytetään liittimen tehollisena halkaisijana paksuutta $d_{ef} = 1,1d_i$. (RIL 205-1-2009, 121)

Porakärjettömät itseporautuvat ruuvit tulee esiporata silloin kun ruuvin halkaisija $d > 8$ mm tai varren sileän osan halkaisija on suurempi kuin 6 mm. Esiporasta käytettäessä reiän halkaisija on koko ruuvin pituudella 0,5-0,7d. Reiän halkaisija saa kuitenkin olla enintään ruuvin kierteisen osan sisähalkaisija d_i . (Ril 205-1-2009, 121)

Kun ruuvin kierteisen osan pituus kärjen puoleisessa puussa on vähintään $8d_{ef}$, voidaan ominaisleikkauskestävyyksiä korottaa lisäkertoimella 1,15 sillä edellytyksellä, että joko

- kierteisen osan pituus kannan puoleisessa puussa $\geq 6d_{ef}$
- ruuvin kannan puolella on teräslevy
- ruuvinkannan alla käytetään aluslevyä pulttiliitosten ohjeiden mukaisesti tai
- ruuvin kannan alla on vähintään $2d_{ef}$ paksu vaneri-, lastu-, OSB- tai kova-levy ja kannan halkaisija on vähintään $2d$. (RIL 205-1-2009, 121)

4.3 Pituussuunnassa kuormitetut ruuvit

Pituussuunnassa kuormitettujen ruuviliitosten mitoituksessa tarkistetaan seuraavat murtumistavat:

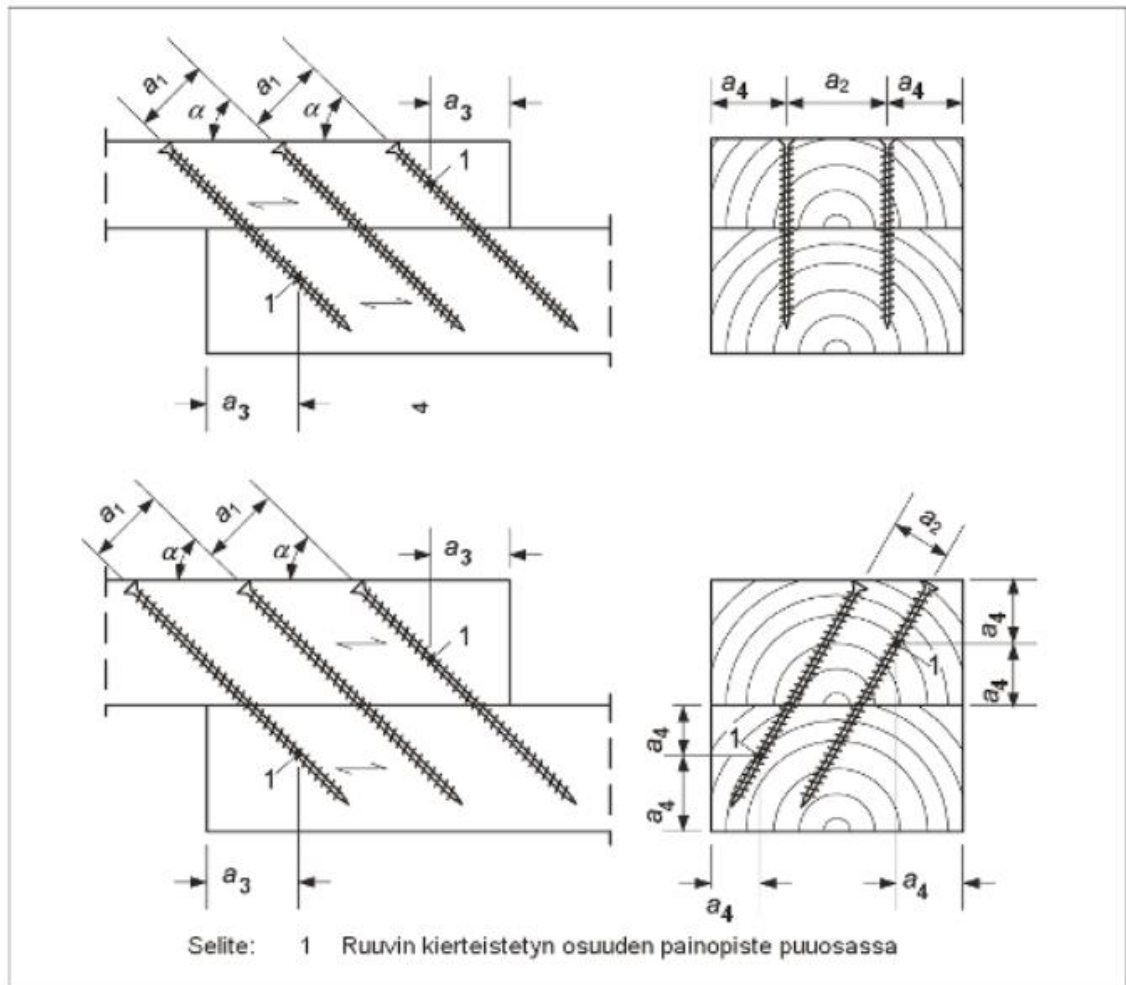
- ruuvin kierteisen osan ulosvetokestävyys kärjen puoleisessa puussa (f_{ax})
- ruuvin kannan läpivetokestävyys (f_{head}) tai kierteisen osan ulosvetokestävyys kannan puolella (f_{ax})
- ruuvin vetokestävyys (f_{tens})
- ruuvin nurjahtaminen puristuskuormituksessa
- liitosalueen murtuminen ruuviryhmän mukana (lohkeamismurtuminen tai palalohkeaminen) Poikittainen veto tarkastetaan kohdan 3.1.3 mukaan.

Pituussuunnassa kuormitetun ruuviliitoksen murtuminen on yleensä tyypiltään hauras, eli murtotilassa syntyvä muodonmuutos on pieni ja siksi jännitysten uudelleen jakautumisen mahdollisuus on rajallinen. (RIL 205-1-2009, 121)

Pituussuunnassa kuormitettujen ruuvien, joiden kärjenpuoleisessa puussa kierreosan vähimmäistunkeuma on $6d$, liitinvälien ja reunaetäisyyksien vähimmäisarvot on esitetty taulukossa 5 ja niiden määrittely on esitetty kuvassa 4. Ruuvikohtaisia pienempiä reunaetäisyyksiä voidaan käyttää CE-merkinnässä tai ruuvien EN 1995:n mukaista suunnittelua koskevassa VTT:n lausunnossa annettujen erillisohjeiden mukaan. Tällaisia ruuveja voivat olla esimerkiksi poräkärkiruuvit. (RIL 205-1-2009, 122)

TAULUKKO 5. Pituussuunnassa kuormitettujen ruuvien minietäisyydet (RIL 205-1-2009)

Ruuviväli puun syiden suuntaan a_1	Ruuviväli kohtisuoraan syysuuntaa vastaan a_2	Päätyetäisyys a_3	Reunaetäisyys a_4
$7d$	$5d$	$10d$	$4d$



KUVA 4. Ruuviväljen sekä reuna- ja päätyetäisyyksien määrittely (RIL 205-1-2009)

Käytettäessä ruuveja, joiden halkaisija on $d=6-12$ mm ja sydänmitta $d_i \leq 0,75d$, liitoksen ulosvetokestävyyden ominaisarvo on:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \quad (6)$$

missä

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

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8}, 1 \right\}$$

$f_{ax,k}$ ruuvien ulosvetolujuusparametrin ominaisarvo kohtisuorassa syy-suuntaa vastaan [N/mm^2]

n_{ef} ruuvien tehollinen lukumäärä

l_{ef} ruuvien kierretyin osuuden tunkeumasyyvyys tarkasteltavassa liitospuussa [mm]

ρ_k	puutavaran ominaistiheys [kg/m ³]
α	ruuvin kulma syysuuntaan nähden, kun $\alpha \geq 30^\circ$

Jos kaavaan 4 liittyvät ruuvin ulko- ja sisähalkaisijaa koskevat vaatimukset eivät täyty, on ruuviliitoksen ulosvetokestävyyden ominaisarvo:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \quad (7)$$

missä

$f_{ax,\alpha,k}$ ruuville ilmoitettu EN 14592 mukainen ulosvetolujuusparametrin ominaisarvo puun tiheydellä ρ_a kohtisuorassa syysuuntaa vastaan.

Käyttäessä kaavaa 5 ruuvin halkaisija täytyy olla $4 \text{ mm} \leq d < 6 \text{ mm}$, jolloin voidaan käyttää itseporautuvien ruuvien ulosvetolujuusparametrille arvoa

$$f_{ax,k} = \left(\frac{8d}{l_{ef}} \right)^{0,2} \frac{\rho_k}{30} \quad (8)$$

missä

d	ruuvin halkaisija [mm]
l_{ef}	kierteisen osan tunkeumapituus tarkasteltavassa liitospuussa [mm]
ρ_k	tarkasteltavan liitospuun ominaistiheys [kg/m ³] (tällöin kaavassa 7 $\rho_k = \rho_a$)

Ruuviliitoksen läpivetokestävyyden ominaisarvo

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} f_{head,k} d_h^2 \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \quad (9)$$

missä

$F_{ax,\alpha,Rk}$	läpivetokestävyyden ominaisarvo syysuuntaan nähden kulmassa α , kun $\alpha \geq 30^\circ$
$f_{head,k}$	ruuville ilmoitettu EN 14592 mukainen kannan läpivetolujuusparametrin ominaisarvo puun tiheydellä ρ_a
d_h	ruuvin kannan halkaisija

Ruuviliitoksen vetokestävyyden ominaisarvo

$$F_{t,Rk} = n_{ef} f_{tens,k} \quad (10)$$

missä

$f_{tens,k}$	ruuveille ilmoitettu EN 14592 mukainen vetomurtokestävyyden ominaisarvo
--------------	---

n_{ef} ruuvien tehollinen lukumäärä

Liitoksissa, joissa kuormitus on ruuvin varren suuntaista, on ruuvien tehollinen lukumäärä $n_{ef} = n^{0,9}$, missä n on yhdessä toimivien ruuvien lukumäärä liitoksessa. (RIL 205-1-2009, 124)

4.4 Ruuvien yhdistetty leikkaus ja pituussuuntainen kuormitus

Ruuviliitoksissa, joissa vaikuttaa samanaikaisesti leikkausvoima ja pituussuuntainen kuormitus on tarkistettava, että seuraava ehto täytyy:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (11)$$

missä $R_{ax,d}$ ja $R_{v,d}$ ovat liitoksen mitoituskestävyydet pituussuuntaisen rasituksen tai leikkausrasituksen vaikuttaessa yksinään. (RIL 205-1-2009,124)

4.5 Vinoruuviliitokset

Seuraavat ohjeet koskevat kuvan 4 mukaisia yksileikkeisiä vinoruuviliitoksia, joissa käytetään itseporautuvia ruuveja, kun ruuvin suuntakulma on $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ sekä kuormitussuunnan että puun syysuunnan välillä. Pelkästään vedetyistä vinoruuveista koostuvassa liitoksessa kannan puoleinen osa (t_1) voi olla myös teräslevyä edellyttäen, että ruuvin kanta tunkeutuu koko alaltaan teräslevyyn. Ruuvien täytyy olla itseporautuvia täys- tai osakierteisiä ruuveja, joiden siileä osuus on paksuudeltaan $d_s \leq 0,8d$, missä d on ruuvin kierteen ulkohalkaisija. (RIL 205-1-2009, 125)

Erillisiä vinoruuviliitoskohtaisia tai ruuvikohtaisia EN 1995:stä poikkeavia tai sitä täydentäviä suunnitteluohjeita voidaan käyttää, jos ne on vahvistettu eurooppalaisen teknisen hyväksynnän (ETA) tai VVT:n lausunnolla. (RIL 205-1-2009, 125)

Vinoruuvienliitosten liitinvälien ja -etäisyyksien vähimmäisarvot ovat samat kuin taulukossa 5. Vinoruuviliitoksessa on kaikkien ruuvien oltava samanlaisia ja samankokoisia. Ruuvien täytyy myös asentaa samassa suuntakulmassa α ja ne tulee sijoittaa liitosvoimaan nähden keskeisesti. Ruuvit täytyy ruuvata niin syvälle, että ruuvin kanta on koko pohjapinnaltaan puussa ja liitososien tulee puristua yhteen siten, että niiden väliin ei jää rakoa. (RIL 205-1-2009, 127)

4.5.1 Ristiruuviliitos

Ristiruuviliitos muodostuu symmetrisistä ruuvipareista, joista toinen ruuvi on vedetty ja toinen puristettu. Ristiruuviliitoksen leikkauskestävyyden ominaisarvo

$$R_k = n_p^{0,9}(R_{c,k} + R_{t,k})\cos\alpha \quad (12)$$

missä

n_p ruuviparien lukumäärä liitoksessa

α ruuvauskulma

Ruuvin puristuskestävyys

$$R_{c,k} = \min \begin{cases} f_{ax,\alpha,1,k} dl_{g,1} \\ f_{ax,\alpha,2,k} dl_{g,2} \\ 0,8f_{tens,k} \end{cases} \quad (13)$$

ja ruuvin ulosvetokestävyys

$$R_{T,k} = \min \begin{cases} f_{ax,\alpha,1,k} dl_{g,1} + f_{head,k} d_h^2 \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right) \\ f_{ax,\alpha,2,k} dl_{g,2} \\ f_{tens,k} \end{cases} \quad (14)$$

näissä

$f_{ax,\alpha,1,k}$ ruuvin ulosvetolujuusparametrin ominaisarvo kannan puoleisessa puussa kulmassa α syysuuntaan nähden [N/mm²]

$f_{ax,\alpha,2,k}$ ruuvin ulosvetolujuusparametrin ominaisarvon kärjen puoleisessa puussa kulmassa α syysuuntaan nähden [N/mm²]

d ruuvin kierreosan ulkohalkaisija (nimellispaksuus) [mm]

$l_{g,1}$ ruuvin kierteisen osan pituus kannan puoleisessa puussa [mm]

$l_{g,2}$ ruuvin kierteisen osan pituus kärjen puoleisessa puussa [mm]

$f_{tens,k}$ ruuvin vetomurtokestävyyden ominaisarvo [N]

$f_{head,k}$ ruuvin kannan läpivetolujuusparametrin ominaisarvo [N/mm²]

d_h	ruuvin kannan halkaisija [mm]
ρ_k	kannan puoleisen puun ominaistiheys [kg/m^3]
ρ_a	puun tiheys, jolle $f_{\text{head},k}$ on ilmoitettu [kg/m^3]

Taulukossa 5 esitetyt ruuvien minimietäisyydet pätevät ristiruuviliitokseen silloin, kun ruuviparin vedetyt ja puristetut ruuvit sijoitetaan erillisiin puun syysuuntaisiin riveihin siten, että kyseessä oleva rivien välinen etäisyys $a_2 = 4d$ ja ruuviparin kantojen välinen limitysetäisyys on puun syysuunnassa enintään $3t_1$. (RIL 205-1-2009, 127)

4.5.2 Vetoruuviliitos

Pelkästään vedetyistä vinoruuveista koostuvan vetoruuviliitoksen leikkauskestävyyden ominaisarvo

$$R_k = n^{0,9} R_{T,k} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \quad (15)$$

missä

n ruuvien lukumäärä liitoksessa

$R_{T,k}$ kaavan 14 mukainen ruuvien vetokestävyyden ominaisarvo

μ liitososien välinen liikekitkakerroin, jolle voidaan käyttää seuraavia arvoja:

- $\mu = 0,26$ kun liitospinnat ovat pinnoittamatonta höylättyä havupuuta
- $\mu = 0,3$ teräslevyn ja höylätyn havupuun välisissä liitoksissa
- $\mu = 0,4$ kun molemmat liitospinnat ovat käsittelemätöntä LVL:ää (ei pinnoitusta, höyläystä tai hiontaa)

Teräslevyllisessä liitoksessa ruuvien ulosvetokestävyys $R_{T,k}$ on

$$f_{ax,\alpha,2,k} d_{lg,2} \quad (16)$$

tai

$$R_{T,k} = f_{tens,k} \quad (17)$$

Liitospuiden paksuuden t on oltava vähintään

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 5d \\ (10d - 30) \frac{\rho_k}{400} \end{array} \right. \quad (18)$$

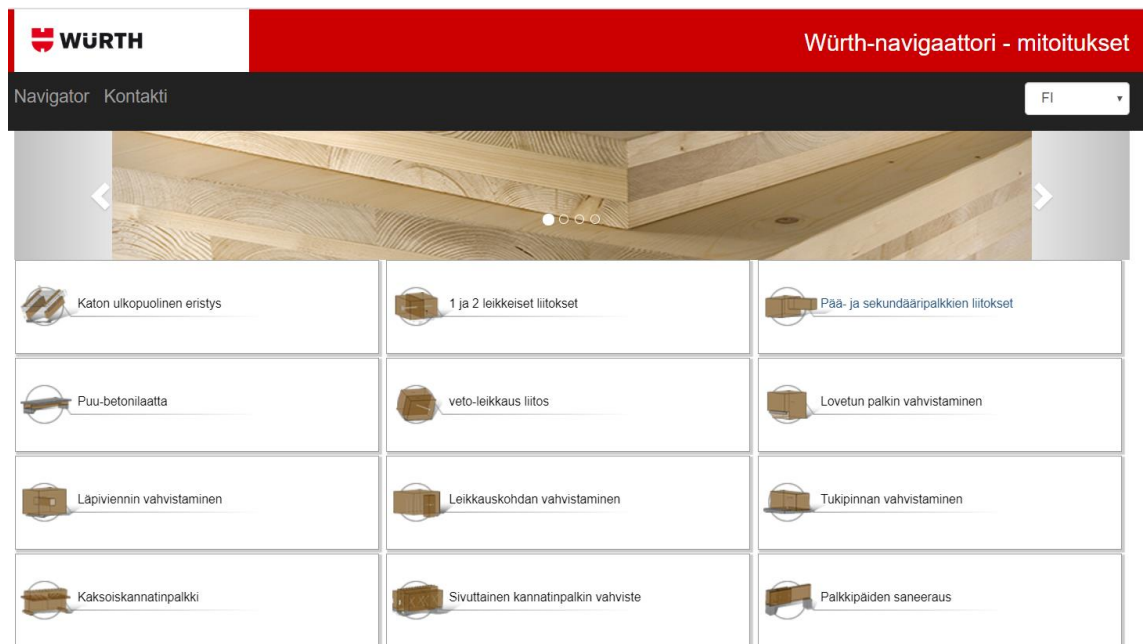
missä d on ruuvien nimellispaksuus [mm] ja ρ_k on liitospuun ominaistiheys [kg/m^3]
Sellaiset porakärjettömät ruuvit, joiden nimellispaksuus $d > 8\text{mm}$, tarvitsevat esiporauksen. Esiporauksessa reiän halkaisija on koko ruuvinpituudelta $0,5-0,7d$, kuitenkin enintään ruuvien kierteisen osan sisähalkaisija d_i . (RIL 205-1-2009, 126)

5 VALMISTAJAT

5.1 Würth Oy

Suomalainen Würth Oy on vuonna 1975 perustettu työkalu- ja tarvikealalla toimiva yritys. Würth Oy:n on saksalaisen vuonna 1945 perustetun Adolf Würth GmbH tytäryhtiö. Kansainvälinen Würth-konserni toimii 84 maassa ja sen tuotevalikoima sisältää yli 500 000 tuotetta, näihin lukeutuvat ruuvituotteiden lisäksi kiinnitystarvikkeet, työkalut, huoltotarvikkeet, kemikaalit, hiomatarvikkeet, poranterät, kierrettyvälineet, työsuojaimet sekä muut asennustarvikkeet. Würth Oy:n pääkonttori ja logistiikkakeskus sijaitsee Riihimäellä. (Würth Oy 2020)

Würth Oy:n kiinnitystuotteet ovat CE-merkittyjä ja ETA-hyväksytyjä. Kiinnikkeiden suoritusasoilmoitukset ovat ladattavissa heidän kotisivuiltaan. Würth Oy:n kotisivuilta löytyy myös suunnittelijoille suunnattu Würth ASSY-ruuvien suunnitteluohjelma. Ohjelma toimii nettiselaimen kautta ja sillä voidaan mitoittaa rakenteiden vahvistuksia ja ruuviliitoksia. Kuvassa 5 on esitetty suunnitteluohjelman aloitussivu. (Würth Oy 2020)



KUVA 5. Würth Oy:n suunnitteluohjelman aloitussivu

5.2 Rothoblaas

Rothoblaas on vuonna 1991 perustettu italialainen puurakenteiden kiinnikkeitä ja kiinnitysjärjestelmiä valmistava yritys. Rothoblaas toimii yli 70 maassa ja he kehittävät jatkuvasti palveluitaan eri puurakentamisen ammattilaisille. Heidän tuotteisiinsa kuuluu kiinnikkeiden lisäksi lukuisat muut puurakentamiseen tarvittavat tuotteet, mm. putoamissuojat ja äänieristysratkaisut. (Rothoblaas 2020)

Rothoblaasin kaikilla tuotteilla on CE-merkintä ja ne ovat ETA-hyväksytyjä. Kiinnikkeiden suoritusasoilmoitukset ovat ladattavissa heidän kotisivuiltaan ja sieltä löytyy myös suunnitteluohjelma puurakenteiden metallisten liitosten suunnitteluun. Ennen ohjelman käyttöä täytyy se ladata tietokoneelle. Ohjelma on englanninkielinen ja sillä voidaan mitoittaa erilaisia ruuviliitoksia ja rakenteiden vahvistuksia. Kuvassa 6 on esitetty suunnitteluohjelman pää- ja sekundääripalkin välisen liitoksen sivu, jolle liitoksen lähtötiedot täytetään. (Rothoblaas 2020)

The screenshot shows the MY PROJECT calculation software interface. The main window is titled "Connections with screws fully threaded". The interface is divided into several sections:

- Parameters:**
 - Type of connection: Flush with top face
 - Screw position: (Diagram showing two screws)
 - Action of shear design (Fv,d): 5 kN
 - Main beam: width (B) x height (H): 115 x 360 mm
 - Type of wood: Glulam GL30c
 - Secondary beam: width (B) x height (H): 115 x 360 mm
 - Type of wood: Glulam GL30c
 - Angle in the vertical plane (α): 0
 - Angle in the horizontal plane (β): 0
 - Number of fasteners: 2
 - Minimum - Maximum length usable: 100 - 280 mm
 - Full thread fasteners:
 - Type: VGZ - Full thread cylindrical head fastener
 - 7x100
 - 7x140
 - 7x180
 - 7x220 (selected)
 - 7x260
 - 7x300
 - 7x340
 - Shank/Inner core diameter: 5, 4,6 mm
 - Thread diameter: 7 mm
 - Screw / Thread Length: 220, 210 mm
 - Head diameter: 9,5 mm
 - Pre-drilling hole (≤ inner core diameter):
 - Type of screw: VGZ - Full thread cylindrical head fastener 7x220
- 3D Model:** A 3D perspective view of the wood connection with two screws. A red arrow indicates the direction of the applied load.
- SUMMARY OF RESULTS:**

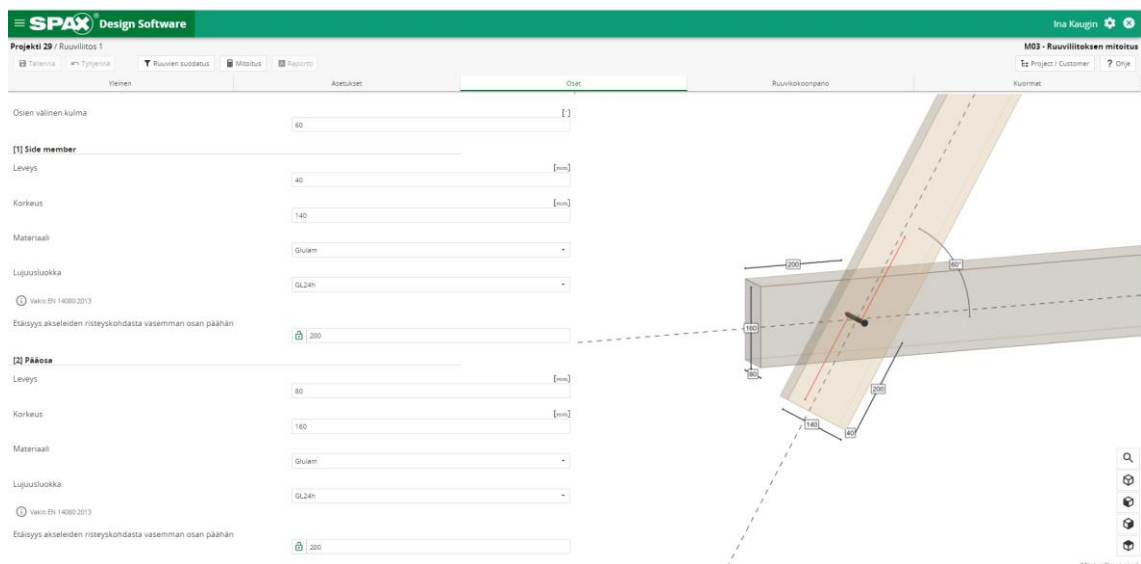
Parameter	Value	Unit	Status
Shear characteristic resistance of whole connection	Fv,Rk	10,18	kN
Shear design resistance of whole connection	Fv,Rd	6,26	kN
Stress factor		0,80	VERIFI...
Verification of shear stress secondary beam		0,50	VERIFI...
Verification of shear stress on hef		0,28	VERIFI...
- Service class:** 1
- Load-duration class:** medium
- Partial safety factors:** (button)

KUVA 6. Pää- ja sekundääripalkin välinen liitos

5.3 Spax International

Vuonna 1823 saksalainen Athenloh, Brinck & Co (ABC) aloitti ruuvien teollisen tuotannon ja ensimmäinen sukupolvi Spax tuotemerkestä lanseerattiin vuonna 1967. Spax ruuvi kehiteltiin alusta asti premium-tuotemerkeksi ja vuonna 1989 tuotetta kehiteltiin lisää, minkä tuloksena lanseerattiin toinen sukupolvi Spax-S. Spax-S ruuvit eroavat alkuperäisestä Spax ruuveista hammastetulla reunalla. Muuten ruuveilla on samat ominaisuudet. Spax ruuveja kehitettiin lisää ja vuonna 2005 lanseerattiin Spax T-star plus, jossa ruuvin kantaa on kehitetty lisää edellisiin ruuveihin verrattuna. (Spax International 2020)

Spax tuotemerkin ruuveilla on CE-merkintä ja ne ovat myös ETA-hyväksytyjä. Heidän kotisivuiltaan voi ladata tuotteiden suoritustasoilmoitukset ja sieltä löytyy myös suunnitteluohjelma. Ohjelma on saatavilla suomenkielisenä ja sillä pystyy mitoittamaan erilaisten rakenteiden vahvistuksia sekä ruuviliitoksia. Ohjelman toimii nettiselaimen avulla ja sen käyttöä varten täytyy luoda käyttäjätunnus Spaxin kotisivuille. Suunnitteluohjelman yksi tai kaksileikkeisen liitoksen lähtötietojen täyttösivu on esitetty kuvassa 7. (Spax International 2020)

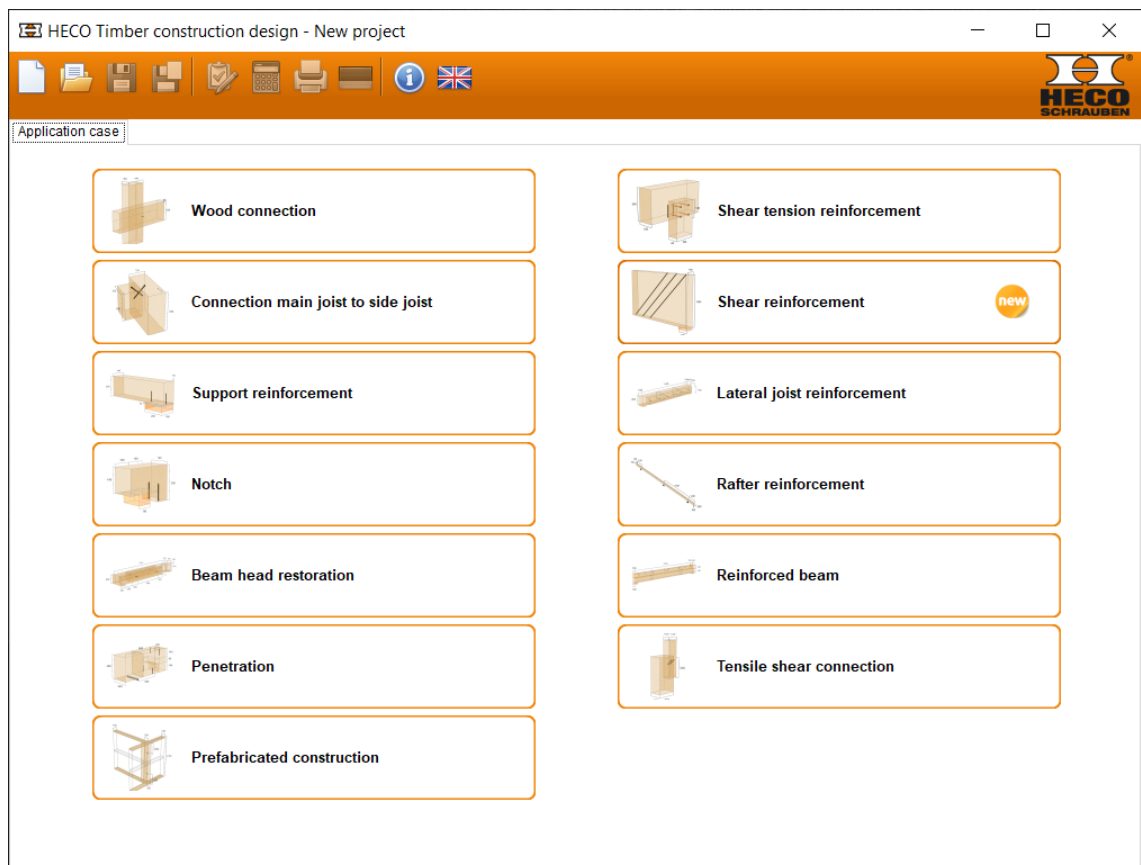


KUVA 7. Spax Internationalin suunnitteluohjelman yksi tai kaksi leikkeisen liitoksen lähtötietojen täyttö.

5.4 Heco Schrauben

Heco Schrauben on saksalainen perheyritys, jonka juuret ulottuvat aina vuoteen 1888 saakka. Perustaja perheen sukunimi oli Hettich, jonka mukaan yritys alun perin nimettiin. Vuonna 1939 Hettich-yritys aloitti ruuvien valmistamisen. Lopullisen muotonsa Heco sai vuonna 1967, kun perustajan pojanpoika perusti uuden yrityksen: Ludwig Hettich & Co Schraubenfabrik ja siirsi ruuvien valmistamisen sinne. Näin syntyi HECO. He kehittivät ruuvituotantoon vuosien saatossa ja vuonna 2007 tuotevalikoima täydentyi HECO-TOPIX-CombiConnect® ammatti-puuruuvien. Vuoteen 2015 mennessä Heco oli kasvattanut tuotantonsa ja aloitti yhteistyön SFS puutöiden kanssa. (Heco Schrauben 2020)

Hecon ruuveilla on CE-merkintä ja ne ovat ETA-hyväksytyjä. Heidän kotisivuiltaan löytyy jokaisen ruuvin suoritusasoilmoitukset. Heillä on myös laskentaohjelma, joka täytyy ladata tietokoneelle ennen käyttöä. Laskentaohjelmalla pystytään tarkastelemaan mm. ruuviliitoksia. Kuvassa 8 on esitetty suunnitteluohjelman ruuviliitosten aloitussivu. (Heco Schrauben 2020)



KUVA 8. Suunnitteluohjelman ruuviliitosten aloitussivu

6 SUUNNITTELUOHJELMAT

Työssä käytetyt suunnitteluohjelmat löytyvät valmistajien kotisivuilta. Ohjelmat toimivat joko lataamalla ne tietokoneelle tai nettiselaimen kautta.

6.1 Ohjelmien käyttö

Kaikkien neljän eri valmistajan ruuviliitosmitoitushjelmat ovat hyvin samankaltaisia ja niillä pystytään mitoittamaan pääsääntöisesti samanlaisia liitoksia. Ohjelmien käyttö alkaa sillä, että valitaan haluttava liitos. Tämän jälkeen täytetään ohjelmaan liitoksen rakenteiden lähtötiedot eli rakenteiden paksuudet, pituudet, materiaalit yms. Liitoksen lähtötietojen täyttämisen jälkeen valitaan liitokseen kohdistuvat ulkoiset voimat. Näiden tietojen perusteella ohjelma näyttää mitkä ruuvit soveltuvat liitokseen ja mitkä eivät. Ruuvin valinnan jälkeen ohjelma mitoittaa liitoksen ja tämän jälkeen on nähtävissä tulokset. Tulokset voi ladata pdf-tiedostona talteen ja ohjelmalla mitoitetun liitoksen voi tallentaa ohjelman muistiin.

6.2 Ohjelmien eroavaisuudet

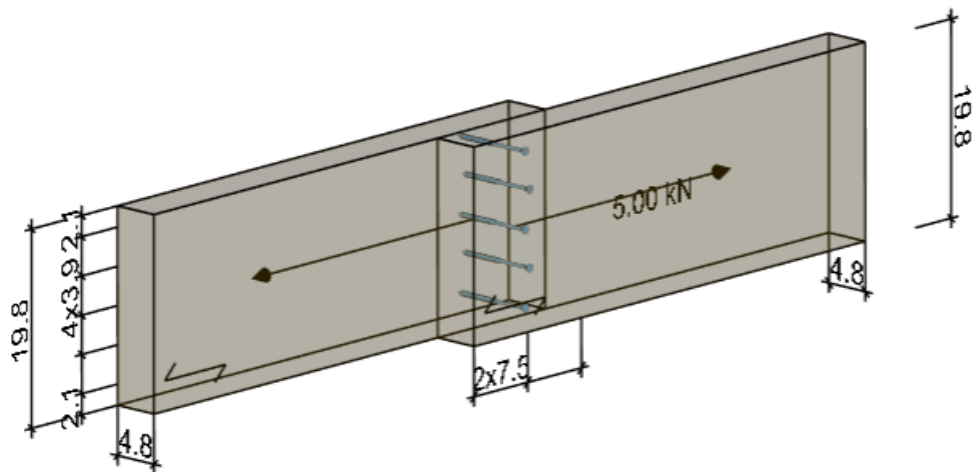
Valmistajien ohjelmista löytyy myös eroavaisuuksia ja liitoksen tietojen laajuus vaihtelee valmistajan mukaan. Osaan ohjelmista pystyy määrittelemään liitoksen tietoja tarkemmin esimerkiksi säätämällä ruuvin reunaetäisyyksiä, ruuvauskulmaa ja ruuvin sijoittelua. Rothoblaasin ohjelmassa pystyi vaikuttamaan myös ruuvien lukumäärään, muissa ohjelmissa se määräytyi automaattisesti ruuvi valinnan jälkeen. Eroa löytyy myös siinä, minkälaisia liitoksia ohjelmalla voidaan mitoittaa. Kaikilla ohjelmilla ei voi mitoittaa yksi tai kaksi leikkeiseen liitokseen vinoruuviliitosta. Ohjelmien tuloksien laajuudessakin on eroavaisuuksia. Kaikissa tuloksissa ei käy ilmi kaikkia oleellisia ruuvin tietoja vaan tiedot täytyy tarvittaessa etsiä valmistajan sivuilta. Ohjelmista löytyy myös useampi kuin yksi Eurokoodin kansainvälinen liite, mutta valikoima on hyvin suppea.

7 MITOITETUT LIITOKSET

Ohjelmilla mitoitettiin kaksi erilaista liitosta, joissa käytettiin eri materiaalia ja erilaisia ruuveja. Kummassakin liitoksessa pyrittiin käyttämään liitoskohtaisesti samanlaisia lähtötietoja. Liitokset mitoitettiin käyttäen käyttöluokkaa 1 ja kuorman aikaluokka oli keskipitkä.

7.1 Yksileikkeinen liitos

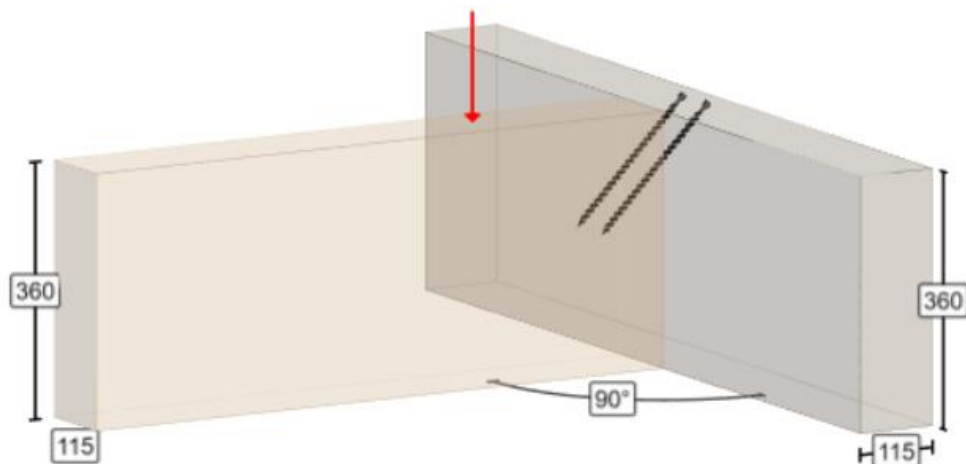
Ohjelmilla mitoitettiin yksileikkeinen puu-puu liitos. Liitoksessa käytettiin lujuusluokan C24 sahatavaraa, jonka mitat olivat 48 mm x 198 mm. Liitokseen vaikutti puun syysuuntainen leikkausvoima 5 kN. Liitokseen valittiin käytettäväksi 6 x 90 mm osakierteinen ruuvi. Liitoksessa liitettävien osien kulma on 180 ° ja liittimet sijaitsevat 75 mm päässä osien reunasta. Ohjelmat mitoittivat liitokseen 4 – 6 ruuvia valmistajasta riippuen. Kuvassa 8 on esitetty Würth Oy:n suunnitteluohjelmalla mitoitettu liitos.



KUVA 8. Würth Oy:n suunnitteluohjelmalla mitoitettu yksileikkeinen ruuviliitos.

7.2 Pää- ja sekundääripalkkien liitokset

Pää- ja sekundääripalkkien liitos mitoitettiin kaikkien muiden valmistajien ohjelmilla paitsi Heco Schraubenin. Heco Schraubenin suunnitteluohjelmalla tällaista liitosta ei voitu mitoittaa, joten se jätettiin pois. Liitoksissa käytettiin lujuusluokan GL30c liimapuuta. Liitoksessa käytettävät palkin olivat kummatkin 115 mm x 360 mm ja kiinnikkeinä käytettiin kahta 240 mm tai 220 mm pitkää ruuvia. Ruuvien halkaisija oli joko 8 mm tai 7 mm, ohjelman ruuvitarjonnan mukaan. Sekundääripalkki oli liitetty pääpalkin keskelle 90 ° kulmassa ja liitokseen kohdistui 5 kN kuorma. Ohjelmat määrittivät ruuvien paikat automaattisesti. Kummankin ruuvin ruuvauskulma oli 45 °. Kuvassa 9 on esitetty Spax Internationalin suunnitteluohjelmalla mitoitettu liitos.



KUVA 9. Spax Internationalin suunnitteluohjelmalla mitoitettu pää- ja sekundääripalkkien liitos.

8 LASKENTAPOHJAT

Sweco Rakennetekniikka Oy:llä on käytössä MathCAD laskentaohjelmalla tehdyt laskentapohjat. Laskentapohjat ovat tehty valmistaja- ja liitoskohtaisesti.

Laskentapohjien pää rakenne oli valmistajasta riippumatta samanlainen, mutta valmistajan ruuvien ominaisuuksien vuoksi jokaiselle on täytynyt muokata oma. Laskentapohjiin täytyy syöttää liitoksen lähtötiedot tarkasti. Lähtötietoihin täytyy sijoittaa ruuvien koko, sijainti ja lukumäärä. Liitoksessa käytettävät materiaalit, niiden koot ja sijoittelu. Laskentapohjista saadaan näiden tietojen perusteella liitoksen kestävydet.

Laskentapohjat ovat tehty Eurokoodin Suomen kansainvälisiä liitteitä käyttäen. Yksileikkeisen liitoksen laskentapohjissa ei pysty esimerkiksi vaikuttamaan materiaalin osavarmuuskertoimeen vaan se määräytyy liitoksen valitun materiaalin mukaan. Vinoruuviliitoksessa materiaalin osavarmuuskertoimen pystyy määrittelemään itse.

9 TULOSTEN VERTAILU

9.1 Yksileikkeinen liitos

Yksileikkeissä liitoksessa käytetyn osakierteisen ruuvin halkaisija oli 6 mm ja ruuvin pituus oli 90 mm. Valmistajien ruuvien tiedot ovat esitetty taulukossa 6. Ruuvien ominaisuuksissa oli lähtökohtaisesti jo eroja, mikä vaikutti liitoksen kestävyyteen. Liitoksen tiedot ovat esitetty taulukossa 7. Liitoksen lähtötiedot ovat riittävän samanlaiset, joten liitoksen mitoittamisesta saadut tulokset ovat vertailukelpoisia.

TAULUKKO 6. Valmistajien ruuvien tiedot

	Rothoblaas	Würth	Spax	Heco
d x l (mm)	6 x 90 mm	6 x 90 mm	6 x 90 mm	6 x 90 mm
dh (mm)	12,0 mm	12,0 mm	11,6 mm	11,8 mm
l_g (mm)	50 mm	41 mm	61 mm	55 mm
f_{ax,k} (N/mm²)	9,0 N/mm ²	11,5 N/mm ²	12,0 N/mm ²	11,8 N/mm ²
f_{tens,k} (kN)	11,3 kN	12,5 kN	11,0 kN	11,3 kN
f_{head,k} (N/mm²)	15,0 N/mm ²	13,0 N/mm ²	15,4 N/mm ²	14,8 N/mm ²
M_{y,k} (Nm)	9,0 Nm	10,0 Nm	9,49 Nm	9,5 Nm

TAULUKKO 7. Yksileikkeisen liitoksen lähtötiedot

	Rothoblass	Würth	Spax	Heco
materiaali	C 24	C 24	C 24	C 24
t x h	48 x 198 mm	48 x 198 mm	48 x 198 mm	48 x 198 mm
ruuvien reunaetäisyys*	75 mm	75 mm	75 mm	72 mm
Ruuvien lukumäärä	5	5	4	6
ulkoinen voima	5 kN	5 kN	5 kN	5 kN

*min. etäisyys ruuvin molemmin puolin

Yksileikkeisessä liitoksessa vertailtiin yksittäisen ruuvin leikkauskestävyyden ominaisarvoa $F_{v,Rk}$. Nämä ominaisarvot ovat koottu taulukkoon 8. Taulukossa näkyy sekä valmistajien suunnitteluohjelmilla saadut tulokset (liite 3) että laskentapohjilla saadut tulokset (liite 4).

TAULUKKO 8. Yhden ruuvin leikkauskestävyyden ominaisarvo

	Rothoblaas	Würth	Spax	Heco
1. $F_{v,Rk}$	1,91 kN	2,10 kN	2,26 kN	2,08 kN
2. $F_{v,Rk}$	1,91 kN	1,99 kN	2,04 kN	2,01 kN

1. Suunnitteluohjelma

2. Laskentapohja

Tuloksista saadaan selville, että suunnitteluohjelmilla saadut tulokset ovat hyvin lähellä laskentapohjilla saatuja tuloksia. Rothoblaasin kohdalla saadut tulokset ovat tismalleen samat. Muiden valmistajien osalta erot olivat hyvin pieniä ja johutuivat käytettyjen arvojen pyöristyseroista. Tuloksista myös huomataan, ettei valmistajien yksittäisen ruuvin leikkauskestävyydellä ole suuria eroja. Kaikkien valmistajien yhden ruuvin leikkauskestävyys on noin 2 kN.

9.2 Pää- ja sekundääripalkki

Pää- ja sekundääripalkki eli palkki-palkki liitoksessa suunniteltiin käytettävän 8 x 240 mm ruuvia. Tämä onnistui kahden valmistajan kohdalla, mutta Rothoblaasin suunnitteluohjelmassa ei ollut ruuvia, joka olisi ollut 8 x 240 mm, joten liitoksessa käytettiin 7 x 220 mm ruuvia. Ruuvien tiedot näkyvät taulukossa 9. Taulukosta voidaan nähdä, että ruuvien vetomurtokestävyydessä (f_{tens}) on eroja, mutta ruuvien ulosvetokestävyyksien ominaisarvoissa ($f_{ax,k}$) ei ole juurikaan eroa.

TAULUKKO 9. Valmistajien ruuvien tiedot

	Rothoblaas	Würth	Spax
d x l (mm)	7 x 220 mm	8 x 240 mm	8 x 240 mm
dh (mm)	9,5 mm	10,0 mm	10,0 mm
f_{ax,k} (N/mm²)	11,7 N/mm ²	11,0 N/mm ²	12,0 N/mm ²
f_{tens,k} (kN)	15,4 kN	22,0 kN	17,0 kN

Suunnitteluohjelmissa ei voinut vaikuttaa ruuvien sijoitteluun, joten tuloksia ei voida suoraan vertailla keskenään. Spax:n ja Rothoblaasin ohjelmat sijoittelivat ruuvit suhteellisen samalla tavalla, mutta ruuvien kokoero vaikeuttaa vertailua. Taulukosta 10 on esitetty liitoksen tiedot.

TAULUKKO 10. Pää- ja sekundääripalkki liitoksen lähtötiedot

	Rothoblaas	Würth	Spax
materiaali	GL30c	GL30c	GL30c
t x h	115 x 360 mm	115 x 360 mm	115 x 360 mm
ruuvien reunaetäisyys	80 mm	48 mm	85 mm
ruuvien lukumäärä	2	2	2
l_{g,1} (mm)	113 mm	68 mm	120 mm
l_{g,2} (mm)	110 mm	172 mm	120 mm
ulkoinen voima	5 kN	5 kN	5 kN

Liitoksesta taulukoitiin ruuvien ulosvetokestävyyden ($F_{ax,Rk}$) ominaisarvot kannan puoleisessa puussa ja kärjen puoleisessa puussa. Ohjelmien ja laskentapohjien osavarmuuskertoimien erojen takia liitoksesta ei voitu vertailla muita arvoja. Saadut ulosvetokestävyyden arvot ovat esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Kannan ja kärjen ulosvetokestävyys

	Rothoblaas	Würth	Spax
1. $F_{ax,Rk,1}$	15,83 kN	6,51 kN	12,56 kN
2. $F_{ax,Rk,1}$	10,09 kN	6,53 kN	12,56 kN
1. $F_{ax,Rk,2}$	14,39 kN	16,5 kN	11,42 kN
2. $F_{ax,Rk,2}$	8,93 kN	16,5 kN	11,42 kN

$F_{ax,Rk,1}$	kannan ulosveto
$F_{ax,Rk,2}$	kärjen ulosveto

1.Suunnitteluohjelma
2.Laskentapohja

Taulukosta 11 voidaan todeta, että Würth:n ja Spax:n suunnitteluohjelmalla (liite 5) saadaan laskentapohjan (liite 6) kanssa samat arvot. Rothoblaasin suunnitteluohjelmalla (liite 5) ja laskentapohjilla (liite 6) ei saada samaa tulosta. Tämä voi johtua siitä, että suunnitteluohjelma käyttää laskuissa lujuusluokan GL30h liimapuun tiheyttä (taulukko 4), vaikka ohjelmaan on kirjattu liitoksessa olevan lujuusluokan GL30c liimapuuta. Rothoblaasin suunnitteluohjelman tulokset ovat kuitenkin hyvin suppeat, eikä niistä käy ilmi, millä arvoilla saadut tulokset on laskettu. Tämän vuoksi tulosten eroihin johtavia syitä on vaikea selvittää tarkasti.

Ruuvien ulosvetokestävyysien vertailu ei onnistunut Rothoblaasin suunnitteluohjelman ja laskentapohjan välillä. Muiden valmistajien ruuvien välillä vertailu onnistui.

Palkkien välisen liitoksen tuloksista voidaan kuitenkin todeta, että jos suunnitteluohjelmissa pystyisi vaikuttamaan ruuvien sijoitteluun olisivat ruuvien ulosvetokestävyys todennäköisesti olleet samaa luokkaa.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön työn tarkoituksena oli testata ja vertailla neljän valmistajan ruuvi-liitosten suunnitteluohjelmia. Lisäksi ohjelmilla saatuja tuloksia verrattiin Sweco Rakennetekniikka Oy:n MathCAD laskentaohjelmalla tehtyjen laskentapohjien antamien tuloksien kanssa.

Työssä suurimman haasteen toi valmistajien suunnitteluohjelmien eroavaisuudet. Suunnitteluohjelmissa oli asioita, joihin ei voinut itse vaikuttaa, vaan ohjelma automaattisesti valitsi tietyt oletukset liitoksiin. Kaikista suunnitteluohjelmista ei löytynyt samoja Eurokoodin kansainvälisiä liitteitä, mikä rajasi vertailukelpoisten tulosten määrää. Näistä syistä kaikkien vertailtavien arvojen täytyi olla ominaisarvoja mitoitusarvojen sijaan.

Yksileikkeisen liitoksen ruuvien reunaetäisyydet määrittivät Würth Oy:n ja Heco Schrauben ohjelmien mukaan, koska näissä kahdessa ohjelmassa niihin ei pystynyt itse vaikuttamaan. Näissä kahdessa ohjelmassa oli kuitenkin suhteellisen samat reunaetäisyydet, joten liitoksista saatiin vertailukelpoiset. Kaikista valmistajien suunnitteluohjelmista löytyi myös keskenään samanlainen osakierteinen ruuvi, jota voitiin käyttää liitoksen mitoittamisessa.

Yksileikkeisen liitoksen laskentapohjista saatiin lähtötietoihin syötettyä kaikki tarvittavat tiedot, joten tulokset olivat vertailukelpoisia. Liitoksen laskentapohjilla saatiin suunnitteluohjelmien kanssa suhteellisen samat tulokset. Pienet erot tuloksissa johtuivat laskennassa käytettyjen arvojen pyöristyksistä. Yksileikkeisen liitoksen tulosten vertailussa huomataan, että jokaisen valmistajan yksittäisellä ruuvilla on sama leikkauskestävyys eli 2 kN, kun tulos pyöristetään yhden kilo Newtonin tarkkuudella. Eli liitoksen yhden ruuvien leikkauskestävyydessä ei ollut eroa eri valmistajien välillä. Laskentapohjien käyttö oli yksinkertaista, vaikka tarvittavia tietoja joutuikin syöttämään itse enemmän kuin suunnitteluohjelmissa.

Pää- ja sekundääripalkin välisen liitoksen mitoittaminen suunnitteluohjelmilla oli haastavampaa kuin yksileikkeisen liitoksen. Valmistajien suunnitteluohjelmissa

ei pystynyt vaikuttamaan ruuvien sijoitteluun vaakasuunnassa, minkä vuoksi liitoksien tuloksista ei saatu suoraan vertailukelpoisia keskenään. Valmistajien ohjelmien ruuvivalikoimassakin oli eroja, mikä myös vaikeutti liitosten vertailua. Näitten syitten takia tuloksia voitiin verrata suoraan vain laskentapohjien tulosten kanssa.

Palkkien välisen liitoksen laskentapohjien tulokset vastasivat suunnitteluohjelmien tuloksia Würth Oy:n ja Spax Internationalin osalta. Rothoblaasin tulokset erosivat toisistaan. Erojen tarkkaa syytä oli vaikea selvittää, koska suunnitteluohjelman tuloksesta ei selviä laskentakaavoja tai niissä käytettyjä arvoja.

Rothoblaasin suunnitteluohjelman tuloksissa liitoksessa käytetylle liimapuulle esitetään kaksi eri lujuusluokkaa. Tuloksista ei kuitenkaan selviä, kumpaa lujuusluokkaa mitoituksessa on käytetty. Liitoksessa on voitu käyttää lujuusluokan GL30h liimapuuta, jonka tiheys on 430 kg/m^3 , vaikka tietoihin on syötettyä lujuusluokan GL30c liimapuuta, jonka tiheys on 390 kg/m^3 . Jos liitoksen mitoituksessa on käytetty lujuusluokan GL30h liimapuuta, selittäisi se osaltaan laskentapohjan ja suunnitteluohjelman tulosten eron.

Rothoblaasin laskentapohja on suunniteltu laskemaan ristiruuviparien tai vinoruuviparien määrää ja suunnitteluohjelmassa käsitellään yksittäistä ruuvia. Näin ollen laskentapohja ei sellaisenaan sovellu valitun liitoksen mitoitukseen. Tämä osaltaan vaikuttaa laskentapohjan ja suunnitteluohjelman tuloksien eroavaisuuteen.

Vertailun perusteella voidaan todeta, että jos liitoksissa olisivat samat lähtötiedot eivät ruuvien tuloksien erot olisivat suuria. Tätä pystyttiin tutkimaan sijoittamalla laskentapohjiin erilaisia lähtötietoja, joiden avulla saatiin liitoksista keskenään samanlaisia.

Suunnittelijan näkökulmasta valmistajien suunnitteluohjelmissa olisi parannettavaa. Ne olivat käytettävyydeltään osin haasteellisia ja niiden opettelu oli aikaa vievää. Liitoksen ja liittimen ominaisuuksien rajallinen muokkaaminen aiheutti ongelmia. Käytön kannalta olisi hyödyllistä, että suunnittelija voisi tarvittaessa

vaikuttaa esimerkiksi ruuvien sijoitteluun. Näin ohjelmalla voisi valita jo suunniteltuun liitokseen oikeanlaiset liittimet ja tarkistaa niiden kestävyys.

Suunnitteluohjelmien tuloksien laajuudessa olisi myös parannettavaa. Tällä hetkellä osasta ohjelmien tuloksista sai selville hyvin niukasti, mikä vaikeutti tulosten vertailua. Tuloksissa esitettiin esimerkiksi ruuvien tietoja vähän. Tarvittaessa ruuvien tarkemmat tiedot täytyy etsiä valmistajan kotisivuilta.

Opinnäytetyöhön valittuja liitoksia jouduttiin vaihtamaan työn aikana, koska kaikilla ohjelmilla ei voitu mitoitaa yksileikkeistä vinoruuviliitosta. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa sitä, ettei kyseisen valmistajan ruuveja valittaisi tällaiseen liitokseen.

Laskentapohjat olivat selkeitä ja niiden tulkitseminen oli helpompaa kuin valmistajien ohjelmien tulkitseminen. Laskentapohjissa täytyy itse tarkemmin määrittellä liitoksen ja liittimien ominaisuuksia, mikä on työlästä ja aikaa vievää. Suunnitteluohjelmat osasit automaattisesti määrittellä ruuvien tärkeitä ominaisuuksia kuten kierteen pituutta. Tämän ominaisuuden saaminen laskentapohjiin vaatisi laskentapohjiin eri ruuvien tietojen tallettamista ja laskukaavojen muokkaamista.

Osassa valmistajien ohjelmissa oli 2D- tai 3D-malli, mikä päivittyi tietojen mukaan. Tämä helpotti liitoksen tietojen täydentämistä ja hahmottamista. Mallin päivittämisen ansiosta mahdolliset virheet oli helppo havaita ajoissa.

Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että valmistajien suunnitteluohjelmissa on käytettävyyden kannalta parannettavaa. Ohjelmien heikkoutena on, että liitosten tietoja ei voi muokata riittävän tarkasti. Suunnitteluohjelmien suurimmat hyödyt ovat nopeus, jos liitosta ei ole ennalta määritelty ja 2D- tai 3D-mallin luominen liitoksesta.

Laskentapohjat olivat helppokäyttöisiä vaikkakin vaativat tarkemmin ruuvien tietojen kirjaamista. Laskentapohjien sisältöä voisi jatkossa parantaa lisäämällä pohjiin mitoitukseen käytettäviä ruuvien tietoja. Näin laskentapohjilla saataisiin nopeammin mitoitettua liitokset.

LÄHTEET

Heco Schrauben. Luettu 3.3.2020.

<https://www.heco-schrauben.com/>

Kerto-käsikirja-lvl-Ruuviliitokset, Metsä Wood. Luettu 23.3.2020.

<https://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/Kerto-kasikirja-lvl-Ruuviliitokset.pdf>

RIL 205-1-2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2009.

RIL 205-1-2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2017.

Rothoblaas. Luettu 3.3.2020.

<https://www.rothoblaas.com/>

Spax International. Luettu 3.3.2020

<https://www.spax.com/en/>

Würth Oy. Luettu 3.3.2020.

https://www.wurth.fi/fi/wurth_fi/yritys/wurthoy.php

LIITTEET

Liite 1. Leikkauskuormitetut pulttiliitokset. (RIL 205-1-2017, 121–126)

Liite 2. Leikkauskuormitetut naulaliitokset. (RIL 205-1-2017, 109–116)

Liite 3. Yksileikkeisen ruuviliitoksen suunnitteluohjelmien tulokset.

Liite 4. Yksileikkeisen ruuviliitoksen laskentapohjien tulokset.

Liite 5. Pää- ja sekundääripalkin välisen ruuviliitoksen suunnitteluohjelmien tulokset.

Liite 6. Pää- ja sekundääripalkin välisen ruuviliitoksen laskentapohjien tulokset.

Liite 1. Leikkauskuormitetut pulttiliitokset

1(6)

RIL 205-1-2017

121

8.4 HAKASLIITOKSET

- Hakasliitosten ohjeet on esitetty SFS-EN 1995-1-1 standardissa.

8.5 PULTTILIITOKSET

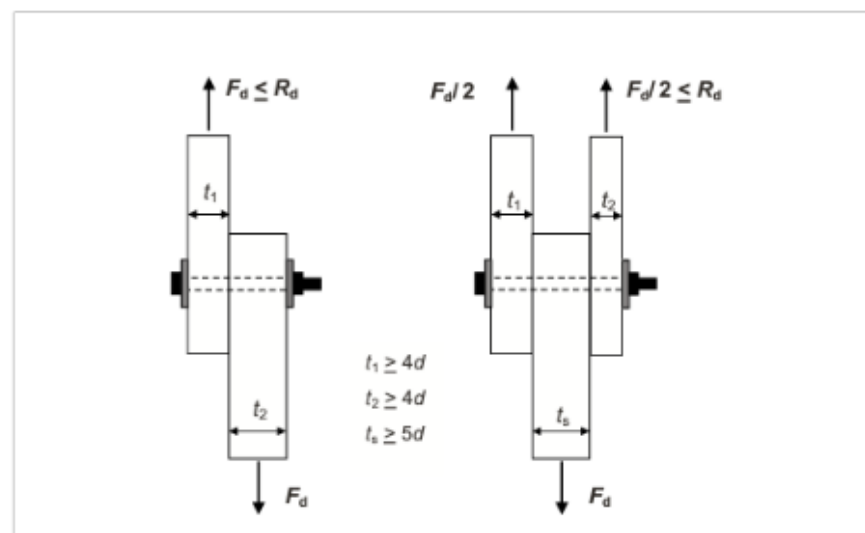
- Kohta 8.5 sisältää yksinkertaistetun menettelyn perustuen EN 1995-1-1 kohtien 8.2.2 ja 8.5 periaatteisiin. Kaavat on osittain yksinkertaistettu ja johtavat varmalla puolella oleviin tuloksiin. Tämä ohje ei koske LVL:n syrjäpintaan viilutason suunnaisesti asennettavia pulttiliitoksia.

8.5.1 Leikkauskuormitetut pulttiliitokset

8.5.1.1 Yleistä

- Tämä ohje koskee pulttiliitoksia, joissa pultin paksuus $d \leq 24$ mm, pultin vetomurtolujuus $f_{u,k} \leq 800$ N/mm² (lujuusluokka ≤ 8.8) ja joissa puutavaraa olevien reuna-liitosten paksuudet t_1 ja t_2 ovat vähintään $4d$ ja kaksi- ja monileikkeisten liitosten puutavarallisten sisäosien paksuus t_s on vähintään $5d$ (ks. kuva 8.9S). Huom. Puutavaralla tarkoitetaan sahatavaraa, liimapuuta ja yhdensuuntaisesti viilutettua LVL:ää.

Liitteessä G on esitetty valmiiksi laskettuja pulttiliitosten mitoituskestävyyksiä.



Kuva 8.9S. Leikkauskuormitetun 1- ja 2-leikkeisen pulttiliitoksen merkinnät.

- Puuosien välisen pulttiliitoksen leikkauskestävyyden ominaisarvo yhtä leikettä kohden

$$R_k = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_h \cdot t_u \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{3 \cdot M_y}{f_h \cdot d \cdot t_u^2}} & \text{(A)} \\ 2 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{(B)} \end{cases} \quad (8.28.1S)$$

missä

$$t_u = \min \begin{cases} \frac{t_1 \cdot f_{h,1,k}}{f_h} \\ \frac{t_2 \cdot f_{h,2,k}}{f_h} \end{cases} \quad (8.28.2S)$$

$$f_h = \min(f_{h,1,k}; f_{h,2,k}; f_{h,s,k}) \quad (8.28.3S)$$

t_1 ja t_2 ovat liitoksen reunaosien puun paksuudet (ks. kuva 8.9S)
 $f_{h,1,k}$ ja $f_{h,2,k}$ ovat liitoksen reunaosien reunapuristuslujuuksien ominaisarvoja
 $f_{h,s,k}$ on kaksileikkeisen liitoksen keskiosan ominaisreunapuristuslujuus

Pultin myötömomentti

$$M_y = 0,3 f_{u,k} d^{2,5} \quad [\text{Nmm}] \quad (8.30)$$

missä $f_{u,k}$ on pultin vetomurtolujuuden ominaisarvo.

Reunapuristuslujuus kulmassa α syysuuntaan nähden

$$f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.31)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (8.32)$$

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015 \cdot d & \text{havupuulle} \\ 1,30 + 0,015 \cdot d & \text{yhteen suuntaan viilutetulle LVL:lle} \\ 0,90 + 0,015 \cdot d & \text{lehtipuulle} \end{cases} \quad (8.33)$$

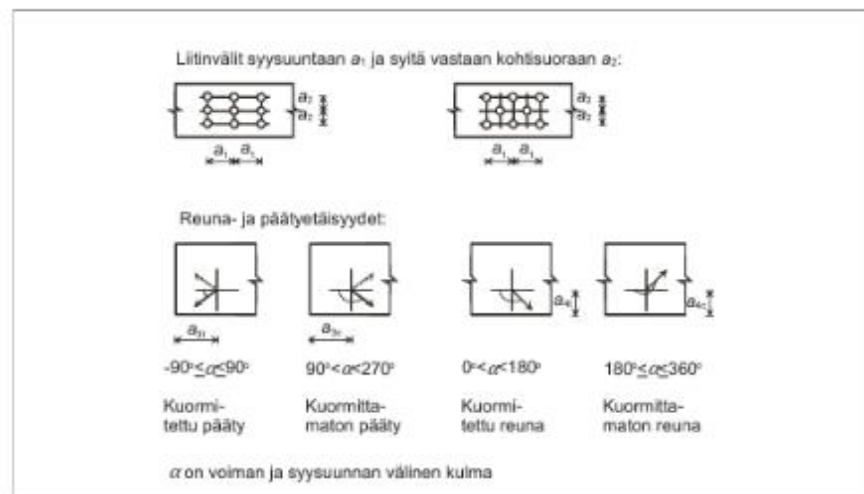
missä ominaistiheyden ρ_k yksikkö on kg/m^3 ja pultin paksuuden d yksikkö on mm.

- o Kerto-Q-LVL:n reunapuristuslujuus lasketaan käyttämällä kaavassa (8.31) seuraavia muuttujia

$$f_{h,0,k} = 37 \cdot (1 - 0,01d) \quad \text{N/mm}^2 \quad (8.33.1S)$$

$$k_{90} = 1,15 + 0,015d \quad (8.33.2S)$$

Kun $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$, Kerto-Q:n reunapuristuslujuudelle voidaan käyttää arvoa $f_{h,\alpha,k} = f_{h,45,k}$.



Kuva 8.10. Liitinvälien sekä reuna- ja päätyetäisyyksien määritelmät.

Minimivälit ja -etäisyydet annetaan taulukossa 8.3. Merkinnät selitetään kuvassa 8.10.

- Vedetyissä sauvanpäälitoksissa puun syiden suuntaisesti sijoitetussa liitinvälissä tehollisesti toimivien pulttien lukumäärä

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n_i \\ n_i^{0,9} \sqrt{\frac{a \cdot t}{50 \cdot d^2}} \end{array} \right. \quad (8.33.3S)$$

missä

n_i puun syiden suuntaiseen riviin i sijoitettujen pulttien lukumäärä
 d liittimen paksuus

Taulukko 8.3. Pulttien minimivälit ja reunaetäisyydet.

		Puutavara yleensä	Kerto-Q-LVL
a_1	Syysuuntaan	$(4 + \cos \alpha)d$ ¹⁾	$4d$
a_2	Syitä vastaan kohtisuorasti	$4d$	$4d$
a_{3t}	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d ; 80 \text{ mm})$ ¹⁾	$\max(4d ; 60 \text{ mm})$
a_{3c}	$90^\circ < \alpha < 150^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha)d$	$4d$
	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$4d$	$4d$
	$210^\circ < \alpha < 270^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha)d$	$4d$
a_{4t}	$0^\circ < \alpha < 180^\circ$	$\max((2 + 2\sin \alpha)d ; 3d)$	$\max((2 + 2\sin \alpha)d ; 3d)$
a_{4c}	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$	$3d$

¹⁾ Kerto-S-LVL:llä $a_{1,\min} = (4 + 3|\cos \alpha|)d$ ja $a_{3,1,\min} = \max(7d ; 105 \text{ mm})$.

$$a = \begin{cases} \min(a_1, a_3) & \text{kun } n_i \geq 2 \\ a_3 & \text{kun } n_i = 1 \end{cases} \quad (8.33.4S)$$

a_1 peräkkäisten liitinten välinen etäisyys puun syiden suunnassa
 a_3 päätyetäisyys

$$t = \begin{cases} \min(t_1, t_2) & \text{liitokset, joissa puutavaraa on vain reunaosissa} \\ \min(2t_1, 2t_2, t_3) & \text{muut 2- ja monileikkeiset liitokset} \end{cases}$$

t_1 ja t_2 ovat puutavaran paksuuksia liitoksen reunaosissa
 (ei huomioida, jos reunaosat eivät ole puutavaraa)

t_3 puutavaran paksuus 2-leikkeisen liitoksen keskiosassa tai
 monileikkeisen liitoksen ohuimmassa sisäosassa

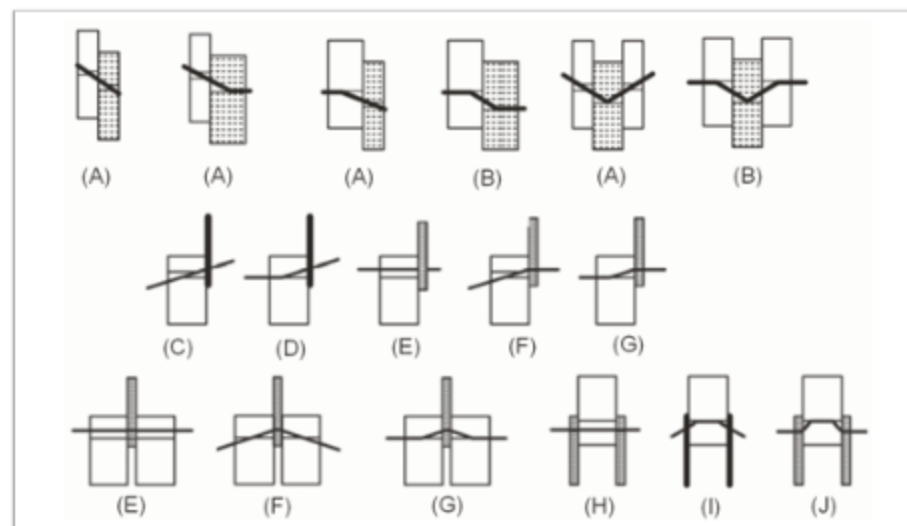
Pulttien kannan ja mutterin alla tulee käyttää aluslevyjä, joiden paksuus on vähintään $0,3d$ ja halkaisija $3d$. Aluslevyjen tulee tukeutua puuhun koko pinta-alaltaan.

- Pultit tulee kiristää niin, että liitososat tulevat toisiinsa kiinni ja liitosten on oltava jälkikiristettävissä sen jälkeen, kun puu on saavuttanut tasapainokosteuden. Mikäli jälkikiristystä ei voida tehdä ja puu pääsee kuivumaan asentamisen jälkeen yli 5 paino-%, mitoituksessa saa hyödyntää korkeintaan 80 % pulttiliitoksen laskennallisesta liitoskestävyydestä.

Pulteille porattavien reikien halkaisija saa olla puussa korkeintaan $d + 1$ mm.

8.5.1.2 Pulttatut puulevyn ja puun liitokset

- Sovelletaan kohdan 8.5.1.1 ohjeita käyttäen puulevylle kyseisen levyn reunapuristuslujuutta. Tämä ohje on voimassa, kun reunaliitososana käyttävän puulevyn paksuus



Kuva 8.11S. Kaavoja (8.28.1S) ja (8.37.1S–8.37.5S) vastaavat murtotavat.

RIL 205-1-2017

125

$$t_{\text{levy}} \geq \frac{80 \cdot d}{f_{h,\text{levy},k}} \text{ mm} \quad (8.35.1S)$$

missä levyn reunapuristuslujuuden $f_{h,\text{levy},k}$ yksikkö on N/mm² ja d :n yksikkö on mm.

Vanerin reunapuristuslujuus pintaviilun syysuunnasta riippumatta

$$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k \text{ N/mm}^2 \quad (8.36)$$

jossa vanerin ominaistiheyden ρ_k :n yksikkö on kg/m³ ja d :n mm.

Lastulevyn reunapuristuslujuus:

$$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} t^{0,2} \text{ N/mm}^2 \quad (8.37)$$

jossa levyn paksuuden t ja pultin paksuuden d yksikkönä on mm.

8.5.1.3 Teräksen ja puun väliset pulttiliitokset

- Yksinkertaistettu ohje:

Ohjeita 8.2.3 ja kohdassa 8.5.1.1 kaavasta (8.30) lähtien esitettyjä ohjeita tulee noudattaa. Teräslevyllisissä pulttiliitoksissa pultin paksuus $d \leq 30$ mm. Nämä ohjeet pätevät kaikilla puun paksuuksilla t .

Kun yksileikkeisen liitoksen toinen liitettävä osa on teräslevy, jonka paksuus on $t \leq 0,5d$, leikkauskestävyyden ominaisarvo leikettä kohti

$$R_x = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_h \cdot t \cdot d & \text{(C)} \\ 2 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{(D)} \end{cases} \quad (8.37.1S)$$

Kun yksileikkeisen liitoksen toinen liitettävä osa on teräslevy, jonka paksuus on $t \geq d$, leikkauskestävyyden ominaisarvo leikettä kohti:

$$R_x = \min \begin{cases} f_h \cdot t \cdot d & \text{(E)} \\ 1,3 \cdot f_h \cdot t \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_y}{f_h \cdot d \cdot t^2}} - 1 \right] & \text{(F)} \\ 3 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{(G)} \end{cases} \quad (8.37.2S)$$

missä

f_h puun reunapuristuslujuuden ominaisarvo (ks. kaava (8.28.3S))
 t puun paksuus
 d pultin paksuus
 M_y pultin myötömomentti (kaava (8.30))

- Kun $0,5d < t_1 < d$, käytetään kaavojen (8.37.1S) ja (8.37.2S) välistä lineaarista interpolointia.

Kun kaksileikkeisen liitoksen keskimäinen osa on teräslevyllinen, leikkauskestävyys leikettä kohden lasketaan kaavalla (8.37.2S) käyttäen puun paksuutena t ohuemman reunapuun paksuutta.

Kun kaksileikkeisen liitoksen ulommat osat ovat teräslevyä, leikkauskestävyyden ominaisarvo leikettä kohti

$$R_x = \min \begin{cases} 0,5 \cdot f_t \cdot t \cdot d & \text{(H)} & (8.37.3S) \\ 2 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{kun } t_1 \leq 0,5d & \text{(I)} & (8.37.4S) \\ 3 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{kun } t_1 \geq d & \text{(J)} & (8.37.5S) \end{cases}$$

Kun $0,5d < t_1 < d$, kaavojen (8.37.4S) ja (8.37.5S) välillä interpoloidaan suoraviivaisesti.

Pulteille porattavien reikien halkaisija saa olla teräslevyssä korkeintaan 2 mm pultin halkaisijaa suurempi. Jos mitoituksessa hyödynnetään paksun teräslevyn kaavoja (8.37.2S) tai (8.37.5S) ja pultin paksuus $d < 20$ mm, teräslevyyn porattavan reiän halkaisija saa olla kuitenkin enintään $D = 1,1d$.

RIL 205-1-2017

109

8.3 NAULALIITOKSET

8.3.0S Yleistä

- Kohta 8.3 sisältää yksinkertaistetun menettelyn perustuen EN 1995-1-1 kohtien 8.2.2 ja 8.3 periaatteisiin. Kaavat on yksinkertaistettu ja johtavat varmalla puolella oleviin tuloksiin.

Tämä ohje koskee seostamattomasta teräksestä tai austeniittisestä ruostumattomasta teräksestä valmistettuja nauvoja, joiden vetomurtolujuus on vähintään 600 N/mm², nimellispaksuus d on vähintään 1,9 mm ja enintään 8 mm ja kannan pinta-ala $A_n \geq 2,5d^2$.

Naulan paksuutena d käytetään valmistajan ilmoittamaa standardissa EN 14592 määriteltyä nimellispaksuutta, joka on naulan sileän varren paksuus ilman pinnoitusta. Neliskulmaisilla ja pituussuunnassa uurretuilla nauvoilla nimellispaksuus d on naulan pienin sivumitta. Pituussuunnassa neljällä uralla symmetrisesti uurretuille nauvoille voidaan käyttää neliskulmaisten nauvojen ohjeita.

Muilla kuin sileillä poikkileikkaukseltaan neliön muotoisilla tai pyöreillä leikkauskuormitetuilla lankanauvoilla tulee olla EN 14592 standardin vaatimusten mukaisesti testaamalla määritetty myötömomentin ominaisarvo $M_{y,k}$.

Profiloiduille kampa- ja kierrenauvoille esitettyjä ohjeita voidaan käyttää, kun naulan profiloitu osuus alkaa kärjen viisteestä ja sen pituus on vähintään $4,5d$ ja kun nauhalle on määritetty EN 1382 ja EN 14358 standardien mukaan testaamalla ulosvetolujuus, jonka ominaisarvo $f_{Bx,k} \geq 4,5$ N/mm² puun tiheydellä $\rho_k = 350$ kg/m³ RH65:n vakio-olosuhteissa.

Naulaliitoksessa tulee olla vähintään kaksi naulaa.

8.3.1 Leikkauskuormitetut naulaliitokset

8.3.1.1 Yleistä

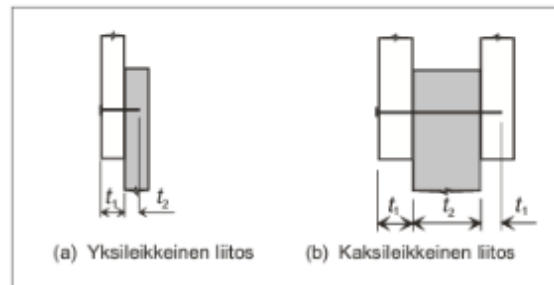
- Tämä ohje koskee naulaliitoksia, joissa naulan tunkeuma kussakin puutavaraosassa on vähintään $8d$, ks. kuvan 8.4 merkinnöin $t_1 \geq 8d$ ja $t_2 \geq 8d$. Sahatavaralla naulan kannan puoleisen puun minimipaksuus on kuitenkin $7d$ ja Kerto-Q:lla vastaavasti $4d$. Esiporatuilla liitoksilla vaaditut tunkeumasyvyydet voidaan pienentää arvoon $4d$, ks. kaava (8.5.6S).

Huom. Puutavaralla tarkoitetaan sahatavaraa, liimapuuta ja yhteen suuntaan viilutettua LVL:ää.

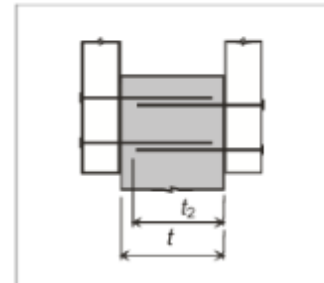
Tätä ohjetta voidaan käyttää muille kuin sileille pyöreille tai neliskulmaisille nauvoille, kun kohdan 8.3.0S mukaan määritetty naulan myötömomentti $M_{y,k} \geq 160d^{2,6}$ [Nmm], kun d on naulan paksuus millimetreinä.

110

RIL 205-1-2017



Kuva 8.4. Naulaliitoksen määritelmää.

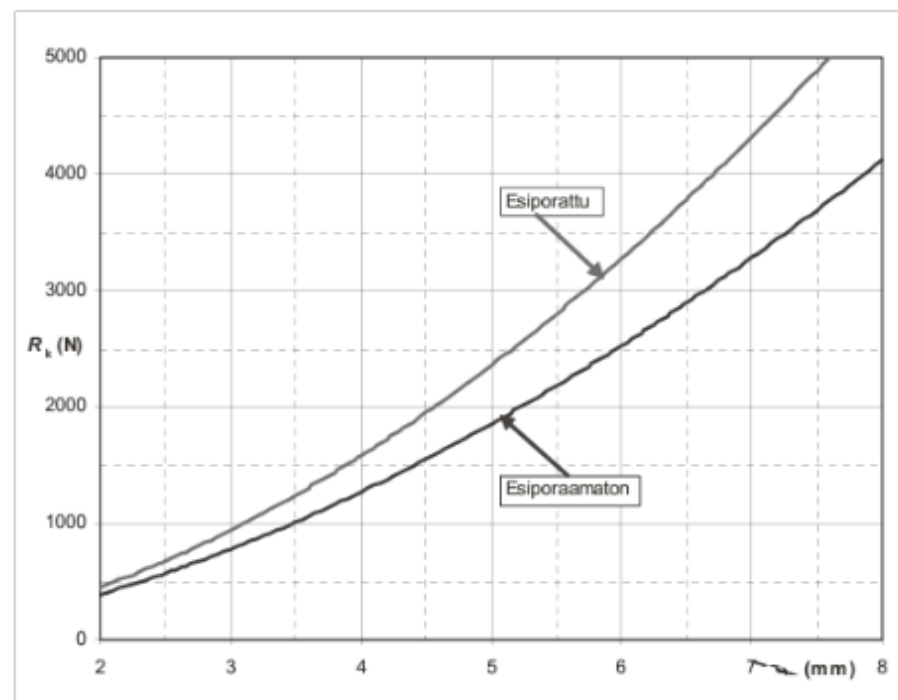


Kuva 8.5. Naulojen limittyminen.

Kolmiosaisissa liitoksissa nailat saavat mennä kohtakkain keskimmaisessä puussa, jos $(t - t_2) > 4d$, ks. kuva 8.5.

Nailat lyödään niin syväälle, että nailan kannat ovat tasan puupinnan kanssa.

- Esiporatuilla nautoilla puuhun porattavan reiän halkaisijan tulee olla $0,5d \dots 0,8d$.
- o Kuvan 8.4(b) mukaisessa 2-leikkeisen liitoksen toispuoleisen nailauksen yhteydessä kärkipuolen puuosa on sidottava esimerkiksi ruuvaamalla tai läpipulttauksella.



Kuva 8.6S. Nailan ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden.

8.3.1.2 Naulatut puutavaran liitokset

- Kun naulan tunkeumasyvyyks $t_1 \geq 8d$ ja $t_2 \geq 12d$, naulan ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden saadaan kuvasta 8.6 tai seuraavista kaavoista:

$$\text{esiporaamattomana} \quad R_k = 120d^{1,7} \quad [\text{N}] \quad (8.5.1\text{S})$$

$$\text{esiporattuna} \quad R_k = 130d^{1,8} \quad [\text{N}] \quad (8.5.2\text{S})$$

missä d on naulan paksuus [mm].

Huom. Itseporautuvien ruuvien mitoituksessa $d = 1,1d_i$ (ks. 8.7.1.2S).

Taulukossa 8.1S on esitetty esiporaamattomien yksileikkeisten naulaliitosten leikkauskestävyyden mitoitusarvoja, jotka on laskettu tämän ohjeen mukaan sileillä lankanauiloilla sahatavaran lujuusluokissa C24 ja C35 (arvoja on pyöristetty). Taulukossa mainittujen muiden lujuusluokkien ja materiaalien osalta esitetyt mitoitusarvot ovat varmallia puolella.

Taulukko 8.1S. Lankanauiloilla kootun kahden puun välisen liitoksen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvoja R_d [N], kun $t_2 = 12d$ ja $t_1 = L - 12d > 8d$. Samoja arvoja voidaan käyttää myös $t_2 > 12d$ tartuntapituuksilla, kun $t_1 \geq 8d$. Taulukoidut neliskulmaiset lankanaulat (□) ovat yleisimpiä vasaroitavia nauloja ja pyöreät naulat (∅) ovat tyypillisiä konenauvoja. Esitetyt konenaulapituudet ovat optimaalisia puun paksuudella $t_1 = 8d$. Samoja arvoja voidaan käyttää pidemmille saman paksuisille konenauvoille.

Puutavara	Sahatavara C24 – C30; Liimapuu GL20 - GL26						Sahatavara ≥ C35; Liimapuu ≥ GL28c; Kerto-S, Kerto-T, Kerto-Q					
	Pysyvä		Keskikipitä		Hetkellinen		Pysyvä		Keskikipitä		Hetkellinen	
Aikaluokka	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3
□ $d \times L$												
□ 2,1x50	220	190	300	240	410	330	240	200	310	260	430	350
□ 2,5x60	300	250	400	330	550	450	320	270	430	350	590	480
□ 2,8x75	400	330	530	430	730	600	420	350	560	460	770	630
□ 3,4x100	580	480	770	630	1050	860	610	510	810	660	1100	910
□ 4,2x125	830	690	1100	900	1500	1250	870	730	1150	940	1600	1300
□ 5,1x150	1150	960	1550	1250	2100	1700	1200	1000	1600	1300	2200	1800
□ 5,5x200	1300	1100	1750	1400	2350	1950	1400	1150	1850	1500	2500	2050
□ 6,0x225	1500	1250	2000	1650	2750	2250	1600	1350	2150	1750	2900	2400
∅ $d \times L$												
∅ 2,1x50	210	180	290	230	390	320	230	190	300	250	410	340
∅ 2,5x60	290	240	390	310	530	430	310	250	410	330	560	460
∅ 2,8x75	350	290	470	380	640	530	370	310	490	400	680	560
∅ 3,1x90	420	350	560	450	760	620	440	370	590	480	800	660
∅ 3,4x100	490	410	650	530	890	730	520	430	690	560	940	770
∅ 3,8x120	590	490	790	640	1050	880	620	520	830	670	1100	930
∅ 4,2x130	700	580	930	760	1250	1050	740	620	980	800	1350	1100
∅ 4,6x145	820	680	1090	880	1450	1200	860	720	1150	930	1550	1300
∅ 5,0x160	940	780	1250	1000	1700	1400	990	830	1300	1050	1800	1500

- Kun puutavaran tiheyden ja naulan tunkeumapituuksien vaikutukset otetaan huomioon, naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo leikkettä kohden voidaan laskea kaavalla:

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_p \cdot \begin{cases} k_1 \\ k_e \end{cases} \cdot R_k \quad (8.5.3S)$$

missä käytävät kertoimet k_{mod} ja γ_M on määritelty kohdassa 8.1.1 sekä kertoimet k_p , k_1 ja k_e seuraavissa kohdissa. Ominaisleikkauskestävyyden perusarvo R_k lasketaan kaavoilla (8.5.1S) ja (8.5.2S). Kerrointa k_1 käytetään, kun tunkeumapituus $t_1 \geq 8d$ ja $t_2 \geq 12d$. Muilla tunkeumapituuksilla käytetään kerrointa k_e .

Mikäli puutavaran ominaistiheys ρ_k on suurempi kuin 350 kg/m^3 , naulan leikkauskestävyyttä saa korottaa kertoimella

$$k_p = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} \quad (8.5.4S)$$

Jos liitettävien puutavaraosien ominaistiheydet eivät ole yhtä suuria, kaavassa (8.5.4S) käytetään niistä pienempää arvoa.

Jos $t_1 \geq 8d$ ja $t_2 \geq 12d$, naulan leikkauskestävyyttä saadaan korottaa kertoimella

$$k_1 = \max \begin{cases} 1 + 0,3 \cdot \frac{t_1 - 8d}{8d} \\ 1 + 0,3 \cdot \frac{t_2 - 12d}{6d} \end{cases} \quad (8.5.5S)$$

Rajoituksena:

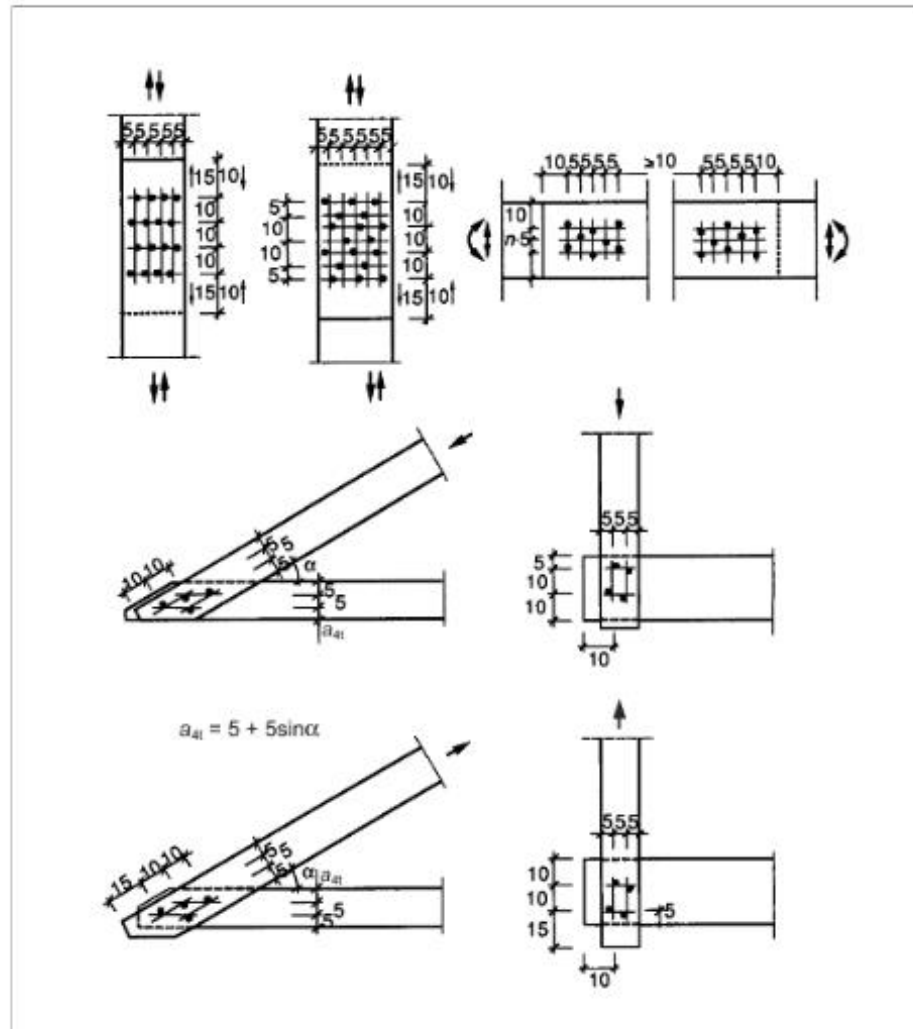
- sileillä neliskulmaisilla nauloilla $k_1 \leq 1,3$ (saavutetaan, kun $t_1 \geq 16d$ tai $t_2 \geq 18d$)
- sileillä pyöreillä nauloilla $k_1 \leq 1,1$ (saavutetaan, kun $t_1 \geq 11d$ tai $t_2 \geq 14d$)
- muilla nauloilla $k_1 \leq \sqrt{\frac{M_y}{160d^{2,6}}}$

Jos naulan tunkeuma $t_1 < 8d$ tai $t_2 < 12d$, naulan leikkauskestävyyttä pienennetään kertoimella

$$k_e = \min \begin{cases} \frac{t_1}{8d} \\ \frac{t_2}{12d} \end{cases} \quad (8.5.6S)$$

Huom. Tunkeuman minimiarvo on yleensä $8d$. Sahatavaralla sallitaan kuitenkin kannan puolella $t_{1,min} = 7d$ ja Kerto-Q:lla vastaavasti $t_{1,min} = 4d$. Esiporatuilla liitoksilla $t_{1,min} = t_{2,min} = 4d$.

Naulavälien ja reunaetäisyyksien minimiarvot on esitetty kuvissa 8.7S ja 8.7aS. Naulat sijoitetaan liitettävien puiden syiden suuntaisiin rastereihin. Kun puosat



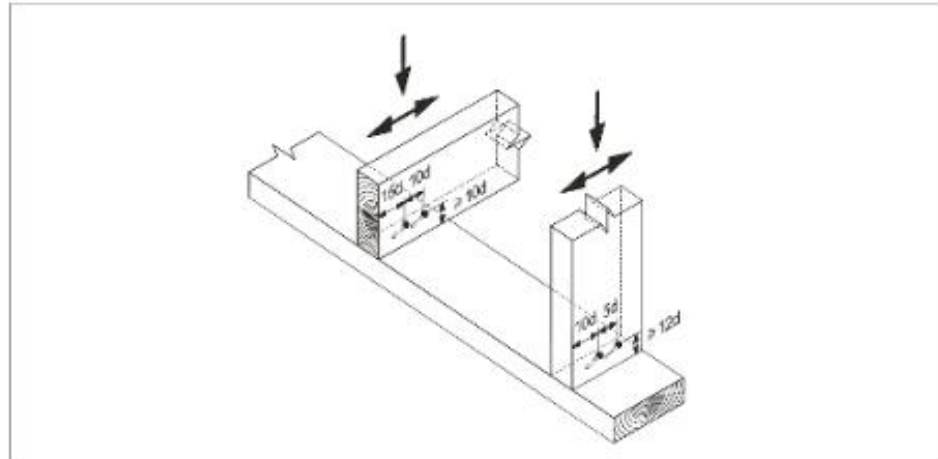
Kuva 8.7S. Naulojen pienimmät sallittavat etäisyydet. Yksikkönä naulan paksuus d .

liitetään vinossa kulmassa toisiinsa nähden, liitinrasterista tulee tällöin suunnikas, ks. kuva 8.7S. Naulojen sijoitustoleranssit on esitetty taulukossa 10.2S.

Syyn suunnassa peräkkäiset esiporaamattomana lyötävät nailat sijoitetaan kuvan 8.7S mukaisesti nailapaksuuden verran syyn suunnasta sivuun halkeiluvaaran vuoksi.

Jos nauloille esiporataan reiät, kuvassa 8.7S esitetyt pienimmät sallittavat liitinvälit, päätyetäisyydet ja reunaetäisyydet voidaan kertoa 0,7:llä.

Jos puutavaran ominaistiheys $\rho_k > 500 \text{ kg/m}^3$, naulan paksuus $d > 6 \text{ mm}$ tai puutavaran paksuus $t < 7d$, on nauloille esiporattava reiät.



Kuva 8.7aS. Puristetun vinonaulaliitoksen minimietäisyydet.

Puun päähän syysuuntaan lyödyn sileävirtaisen naulan ei katsota välittävän voimia. Syysuuntaan lyötyjä sileitä nautoja voidaan kuitenkin käyttää sekundaarisissa rakennneosissa, esim. räystäslaudan kiinnittämiseksi kattovasojen päihin.

Profiloituja kampa- tai kierrenautoja voidaan käyttää leikkauskuormitetuissa päätypuuliitoksissa käyttöluokissa 1 ja 2, kun nautojen tartuntapituus on vähintään $10d$ ja liitoksessa on vähintään 3 naulaa.

Päätypuuliitoksen mitoitusarvona käytetään $1/3$ vastaavan normaalin naulaliitoksen mitoituskestävyydestä.

- Päätypuuliitoksissa naulavälien ja reunaetäisyyksien tulee olla sahatavaralla ja liimapuulla vähintään $5d$. Vedetyllä reunalla reunaetäisyyden tulee olla kuitenkin vähintään $10d$. Kerto-LVL:n päätynaulauksessa näitä etäisyydsvaatimuksia korotetaan kertoimella 1,4.
- o Kerto-Q-LVL:n lapepinnan naulaliitoksille sovelletaan puutavaraliitosten ohjeita seuraavasti:
 - Syysuunnassa peräkkäisiä nautoja ei tarvitse liittää syysuunnasta sivuun.
 - Kerto-Q:n minimipaksuus naulan kannan puolella voidaan pienentää esiporaamattomissakin liitoksissa arvoon $4d$, kun se otetaan huomioon naulan leikkauskestävyydessä kaavan (8.5.6S) mukaan.
 - Pintaviilun syysuunnassa peräkkäisten nautojen minimiväli on $(5+2\cos\alpha)d$. Minimietäisyys vedetystä päädyistä on $7d$, puristetusta päädyistä $4d$, kuormittamattomasta reunasta $3d$ ja kuormitetusta reunasta $(3+4\sin\alpha)d$, kun α on voiman ja pintaviilun syysuunnan välinen kulma.
- Kerto-LVL:n syrjäpintaan viilutason suuntaisesti naulatuissa liitoksissa puun syysuunnassa peräkkäisten nautojen välisen etäisyyden tulee olla vähintään $20d$ ja muita kuvassa 8.7S esitettyjä pienimpiä sallittavia etäisyyksiä korotetaan kertoimella

mella 1,4. Lisäksi LVL:n paksuuden tulee olla nauлаussuunnassa vähintään

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 14d \\ (13d - 30) \frac{\rho_k}{200} \end{array} \right. \quad (8.19)$$

missä

ρ_k puun tiheyden ominaisarvo [kg/m^3]

d naulan paksuus [mm]

- o Tämän lisäksi Kerto-Q-LVL:n syrjäliitoksissa nauлаliitoksen leikkauskestävyyttä pienennetään vielä kertoimella

$$\sqrt{\left(1 - \frac{2}{d}\right)} \geq \frac{1}{3} \quad (8.19S)$$

missä d on naulan paksuus millimetreinä.

8.3.1.3 Naulatut puulevyn liitokset

- Kun puulevy on läpinaulattu ja naulan tartuntapituus kärjen puoleisessa puutavarassa on vähintään $12d$, saadaan naulan ominaisleikkauskestävyys kertomalla kaavan (8.5.1S) mukainen kestävyys kertoimella

$$k_t = \begin{cases} \left(0,5 + \frac{t}{12d}\right) \cdot k_p & \text{havuvanerilla, lastulevyllä ja OSB:llä} \\ \left(0,6 + \frac{t}{9d}\right) \cdot k_p & \text{koivuvanerilla} \\ \left(0,7 + \frac{t}{8d}\right) \cdot k_p & \text{EN622 - 1 mukaisella kovalevyllä} \end{cases} \quad (8.5.7S)$$

rajoituksena: - neliskulmaisella naulalla: $k_t \leq 1,4k_p$
- pyöreällä naulalla: $k_t \leq 1,2k_p$

missä

t levyn paksuus

k_p naulan kärkipuolen puun tiheyden mukaan kaavalla (8.5.4S) laskettu kerroin

Naulan paksuus d saa olla vanerilla, lastulevyllä ja OSB:llä enintään $0,5t$ ja kovalevyllä enintään $0,67t$. Lisäksi lastulevyllä ja OSB:llä naulan paksuus saa olla enintään 5 mm.

Jos naulan tunkeuma puutavarassa $t_2 < 12d$, naulan leikkauskestävyys kerrotaan luvulla $t_2/12d$. Tunkeuman t_2 tulee olla kuitenkin vähintään $8d$.

Puulevylitoksessa naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo saadaan siis kaavalla

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_z \cdot R_k \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{t_2}{12d} \end{array} \right. \quad (8.5.8S)$$

missä käytettävät kertoimet k_{mod} ja γ_M on määritelty kohdassa 8.1.1. Ominaisleikkauskestävyyden perusarvo R_k lasketaan kaavalla (8.5.1S), vaikka nauiloille esiporattaisiin reiät.

Puulevyn ja puutavaran liitoksissa kuvan 8.7 mukaiset esiporaamattomien naulojen minimivälit saa pienentää kertoimella 0,85. Puutavaran reuna- ja päätyetäisyyksiä ei saa pienentää.

Minimietäisyydet nauiloille ovat vanerissa $3d$ kuormittamattomasta reunasta (tai päästä) ja $(3+4\sin\alpha)d$ kuormitetusta reunasta (tai päästä), kun α on kuormitus suunnan ja levyn reunan välinen kulma. Muilla puulevyillä käytetään kohdan 8.3.1.2 mukaisia reunaetäisyyksiä, ellei levyille ole suoritustasoilmoituksessa (DoP) annettu muita arvoja.

- o Kerto-Q-LVL:lle sovelletaan puutavaraliitosten ohjeita kohdan 8.3.1.2 mukaan.

Nämä ohjeet eivät koske levyn syrjään naulattuja liitoksia.

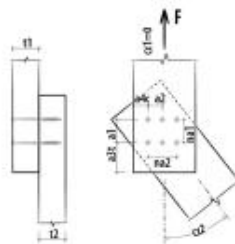
Liite 3. Yksileikkeisen ruuviliitoksen suunnitteluohjelmien tulokset.

1(19)

PROJECT INFORMATION

Date : 9.5.2020
 Project :
 Client :
 Project address :
 Edited by :
 Joint :
 Notes :
 Code of calculation : EN1995:2014 (EU)

SHEAR CONNECTION WITH SCREWS (Timber-to-timber connection / single shear plane)



- Screw type HBS - Countersunk head screw 6x90 mm - (code HBS690)
 - Number of screws: 5 x 1 = 5 pcs



CE marking according to ETA 11/0030

CALCULATION DATA

Timber-to-timber connection / single shear plane

Service class	cl	=	1
Main load duration	k _q	=	medium
kmod factor	kmod	=	0.80
Connection safety factor	γ _M	=	1.30
Nominal diameter/thread screw	d1	=	6.0 mm
Shank diameter	d _s	=	4.3 mm
Inner core diameter	d ₂	=	4.0 mm
Head diameter	d _k	=	12.0 mm
Screw length	L _v	=	90 mm
Thread length	L _f	=	50 mm
Wood thickness element 1	t1	=	48 mm
Angle element 1	α1	=	0.00°
Wood quality element 1		=	Solid Timber C24
Wood thickness element 2	t2	=	48 mm
Angle element 2	α2	=	0.00°
Wood quality element 2		=	Solid Timber C24
Number of elements parallel to the grain	n _f	=	1
Distance of elements parallel to the grain	a1	=	75 mm
Number of elements perpendicular to the grain	n _c	=	5
Distance of elements perpendicular to the grain	a2	=	39 mm
Action of shear design	F _{vd}	=	5,00 kN

NOTES

Before the construction, all calculation must be verified and approved by the responsible designer
 Mechanical resistance values and geometry refer to product certification
 Verification of timber elements resistance must be realized apart.

CALCULATION RESULTS

INPUT DATA:

Service class	cl	=	1
Duration of main load	k _q	=	medium
k _{mod} factor	k _{mod}	=	0,80
Safety factor of connection	γ _M	=	1,3
Timber type element t1		=	C24
Timber volumetric mass	ρ _k	=	350 kg/m ³
Timber type element t2		=	C24
Timber volumetric mass	ρ _k	=	350 kg/m ³
Steel safety factor	γ _{Mt}	=	1,25
Thickness element 1	t1	=	48 mm
Thickness element 2	t2	=	48 mm
Angle element 1	α1	=	0,00 °
Angle element 2	α2	=	0,00 °
Number of rows screws	na1	=	1
Distance of rows	a1	=	75 mm
Number of columns screws	na2	=	5
Distance of columns	a2	=	39 mm

SCREW DATA

HBS - Countersunk head screw 6x90			
Shank diameter of screw	d _g	=	4,3 mm
Thread diameter of screw	d _f	=	6,0 mm
Inner core diameter of screw	d _h	=	4,0 mm
Conventional diameter according to EN1995:2014	def=d _f	=	6,0 mm
Thread length of screw	l _f	=	50 mm
Length of screw	l _h	=	90 mm
Insertion angle (screw - grain)	β	=	90,00 °
Without pre-drilling hole		=	
Not staggered		=	
Screw head diameter	d _h	=	12,0 mm

RESULTS:

Penetration depth element 1	L _{p1}	=	48 mm
Penetration depth element 2	L _{p2}	=	42 mm
Steel ultimate tensile strength	f _{tens,k}	=	11300 N
Effective withdrawal thread length (tip side)		=	42 mm
Withdrawal thread resistance (tip side)	F _{ax,rk}	=	2948 N
Thread length (head side)		=	8 mm
Withdrawal thread resistance (head side)	F _{ax,rk}	=	562 N
Characteristic headside pull-through strength	F _{head,rk}	=	1512 N
Effective resistance head side	max F _{ax,rk}	=	1512 N
Characteristic embedment strength element 1	F _{h,1,k}	=	16,77 N/mm ²
Characteristic embedment strength element 2	F _{h,2,k}	=	16,77 N/mm ²
Yield strength steel	M _{yk}	=	9494 Nmm
Effective number of screws parallel to grain element 1	n _{ef}	=	1,00
Effective number of screws parallel to grain element 2	n _{ef}	=	1,00
Effective number of screws parallel to grain	n _{ef}	=	1,00

MINIMUM DISTANCES element 1 (wood):

Parallel to grain	a1	=	72 mm
Perpendicular to grain	a2	=	30 mm
From unloaded end (l// grain)	a3c	=	60 mm
From loaded end (l// grain)	a3t	=	90 mm
From unloaded edge (perp. grain)	a4c	=	30 mm
From loaded edge (perp. grain)	a4t	=	30 mm

MINIMUM DISTANCES element 2 (wood):

Parallel to grain	a1	=	72 mm
Perpendicular to grain	a2	=	30 mm
From unloaded end (l// grain)	a3c	=	60 mm
From loaded end (l// grain)	a3t	=	90 mm
From unloaded edge (perp. grain)	a4c	=	30 mm
From loaded edge (perp. grain)	a4t	=	30 mm

VALUES OF RESISTANCE:

Number of shear planes	n _T	=	1
Withdrawal contribution determined with Johansen	F _{ax,RkI4}	=	0,32 kN

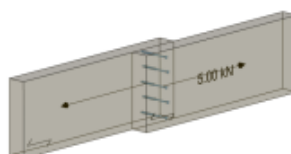
Shear characteristic resistance mode a (element I1)	Fv,Rk	=	4,83 kN
Shear characteristic resistance mode b (element I2)	Fv,Rk	=	4,23 kN
Shear characteristic resistance mode c (element I2)	Fv,Rk	=	2,20 kN
Shear characteristic resistance mode d (element I1)	Fv,Rk	=	2,21 kN
Shear characteristic resistance mode e (element I2)	Fv,Rk	=	2,03 kN
Shear characteristic resistance mode f (element I2)	Fv,Rk	=	1,91 kN
Shear characteristic resistance screws for shear plane (element I2)	Fv,Rk	=	1,91 kN
Shear characteristic resistance screws			1,91 kN
Shear design resistance screws for shear plane	Fv,Rd	=	1,18 kN
Shear design resistance screws			1,18 kN
Shear design resistance of single screws with effective number and withdrawal contribution			1,18 kN
Global shear design resistance of whole connection			5,88 kN
Effective withdrawal number			4,26
Withdrawal characteristic resistance of single fastener			1,51 kN
Withdrawal characteristic resistance of whole connection			6,44 kN
Withdrawal design resistance of whole connection			3,96 kN
Single fastener displacement for shear plane			2,25 kN/mm
Verification shear design		=	0,85 VERIFIED
Global shear design resistance of whole connection	Fv,rd,tot	=	5,88 kN
Withdrawal design resistance of whole connection	Faxd,tot,ef	=	3,96 kN
Single fastener displacement for shear plane	Kaer	=	2,25 kN/mm
Verification shear design		=	0,85 VERIFIED



Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Osa:		Projektiivu:	
Pvä:	05.05.2020	Sivu:	1 / 5
Ohjelman nimi:	20200302163117	Käyttäjänimi:	

Liitoksen sall. kuormitus, kun siihen kohdistuu leikkaus- tai aksiaalinen vetorasitus

Mitoitusmääräys: SFS-EN 1995-1-1 + NA



Vaaditut kiinnikkeet
5 x Würth ASSY plus 4 CSMP 6,0x90/50 uppokanta (017811690)

Geometria ja materiaali

osa 1 (Kiinnikkeen pää)

Materiaali		Täyspuu, havupuu
Lujuusluokka		C24
Paksuus / Korkeus	t_1 / h_1	= 4,8 cm / 19,8 cm
Voima-puunsyy -kulma	α_1	= 0,0°
Tilavuuspaino	$\rho_{k,1}$	= 350 kg/m ³
Modifikaatiokerroin	$k_{mod,1}$	= 0,80

Ei esiporattuja reikiä
Liitososien keskimääräiset etäisyydet (mm)

a_1	a_2	$a_{3,t}$	$a_{3,c}$	$a_{4,t}$	$a_{4,c}$
30	18	72	42	18	18

osa 2

Materiaali		Täyspuu, havupuu
Lujuusluokka		C24
Paksuus / Korkeus	t_2 / h_2	= 4,8 cm / 19,8 cm
Voima-puunsyy -kulma	α_2	= 0,0°
Tilavuuspaino	$\rho_{k,2}$	= 350 kg/m ³
Modifikaatiokerroin	$k_{mod,2}$	= 0,80

Ei esiporattuja reikiä
Liitososien keskimääräiset etäisyydet (mm)

a_1	a_2	$a_{3,t}$	$a_{3,c}$	$a_{4,t}$	$a_{4,c}$
30	18	72	42	18	18



Projektin nimi:		Ohjelman nimi	
Osa:		Projektisivu:	
Pvä:	05.05.2020	Sivu:	2 / 5
Ohjelman nimi:	20200302163117	Käyttäjänimi:	

Kuormitus

Käyttöluokka		1
Kuormituksen kestoaika		keski
Laskennallinen leikkausvoima	$F_{V,Ed}$	= 5,00 kN
Laskennallinen vetovoima	$F_{ax,Ed}$	= 0,0 kN

Liitososa

Valittu	1 x 5 Würth ASSY plus 4 CSMP 6,0x90/50 uppokanta
Tuotekoodi	017811690
Mitoitusmääräys	ETA-11/0190
halkaisija	d = 6,0 mm
kannan halkaisija	d_h = 12,0 mm
Pituus	l = 90 mm
vetolujuus	$F_{tens,k}$ = 12,5 kN
myötö momentti	$M_{y,k}$ = 10,0 Nm
osittainen turvakero	γ_M = 1,40

Vetolujuus

osa		1	2	
tehollinen kierteen pituus	$l_{ef,i}$	0	41	mm
Kiinnikkeen akselikulma - syyn suuntaan	α_i	90,0	90,0	°
kulmakerroin	$k_{ax,i}$	1,00	1,00	-
kulmakerroin	$k_{\beta,i}$	1,00	1,00	-
Kannan läpiveto parametri	$f_{head,k,i}$	13,0	---	N/mm ²
...Tilavuuspaino - $f_{head,k,i}$	$\rho_{k,i}$	350	---	kg/m ³
...liittyvä tiheys - $f_{head,k,i}$	$\rho_{a,i}$	350	---	kg/m ³
Ulosvetoparametri	$f_{ax,k,i}$	---	11,5	N/mm ²
...Tilavuuspaino - $f_{ax,k,i}$	$\rho_{k,i}$	---	350	kg/m ³
...liittyvä tiheys - $f_{ax,k,i}$	$\rho_{a,i}$	---	350	kg/m ³

ominaisuudet läpivedon kapasiteetille

$$F_{head,Rk} = f_{head,k,1} \cdot d_h^2 \cdot (\rho_{k,1} / \rho_{a,1})^{0,5} = 1,87 \text{ kN}$$

Ominainen ulosveto kapasiteetti

$$F_{ax,Rk,2} = f_{ax,k,2} \cdot d \cdot l_{ef,2} \cdot (\rho_{k,2} / \rho_{a,2})^{0,5} = 2,79 \text{ kN}$$

Ominaisuudet aksiaaliseen vetolujuudelle

$$F_{ax,Rk} = \min\{F_{head,Rk}; F_{ax,Rk,2}; F_{tens,k}\} = 1,87 \text{ kN}$$

Nimellisarvo aksiaaliseen vetolujuudelle

$$F_{ax,Rd} = \min\{k_{mod,1} \cdot F_{head,Rk}; k_{mod,2} \cdot F_{ax,Rk,2}; F_{tens,k}\} / \gamma_M = 1,07 \text{ kN}$$

leikkauslujuus

osa		1	2	
Änkkurointisyyvyys	t_i	48	42	mm
Kiinnikkeen akselikulma - syyn suuntaan	α_i	90,0	90,0	°
Tilavuuspaino	$\rho_{k,i}$	350	350	kg/m ³
Ominainen upotusvoimakkuus	$f_{h,k,i}$	16,8	16,8	N/mm ²

Sallittu leikkauskuormitus saumaa kohti, EN 1995-1-1, 8.2

$$F_{1,V,Rk} = 4,83 = 4,83 \text{ kN} \quad (8.6-a)$$

$$F_{2,V,Rk} = 4,23 = 4,23 \text{ kN} \quad (8.6-b)$$

$$F_{3,V,Rk} = 1,88 + 0,468 = 2,35 \text{ kN} \quad (8.6-c)$$

$$F_{4,V,Rk} = 1,90 + 0,468 = 2,37 \text{ kN} \quad (8.6-d)$$

$$F_{5,V,Rk} = 1,72 + 0,468 = 2,19 \text{ kN} \quad (8.6-e)$$

$$F_{6,V,Rk} = 1,63 + 0,468 = 2,10 \text{ kN} \quad (8.6-f)$$

Sallittu osuus köysi vaikutuksesta:

$$\Delta F_{V,Rk} = \min\{\min F_{i,V,Rk}; 0,25 \cdot F_{ax,Rk}\} = 0,468 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rk} = \min F_{i,V,Rk} = 2,10 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = (k_{mod,1} \cdot k_{mod,2})^{0,5} / \gamma_M \cdot F_{V,Rk} = 1,20 \text{ kN}$$



Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Osa:		Projektsivu:	
Pvä:	05.05.2020	Sivu:	3 / 5
Ohjelman nimi:	20200302163117	Käyttäjänimi:	

Ruuvien tehollinen lukumäärä

 $n_{v,ef} = 5,00$
 $n_{ax,ef} = 4,26$

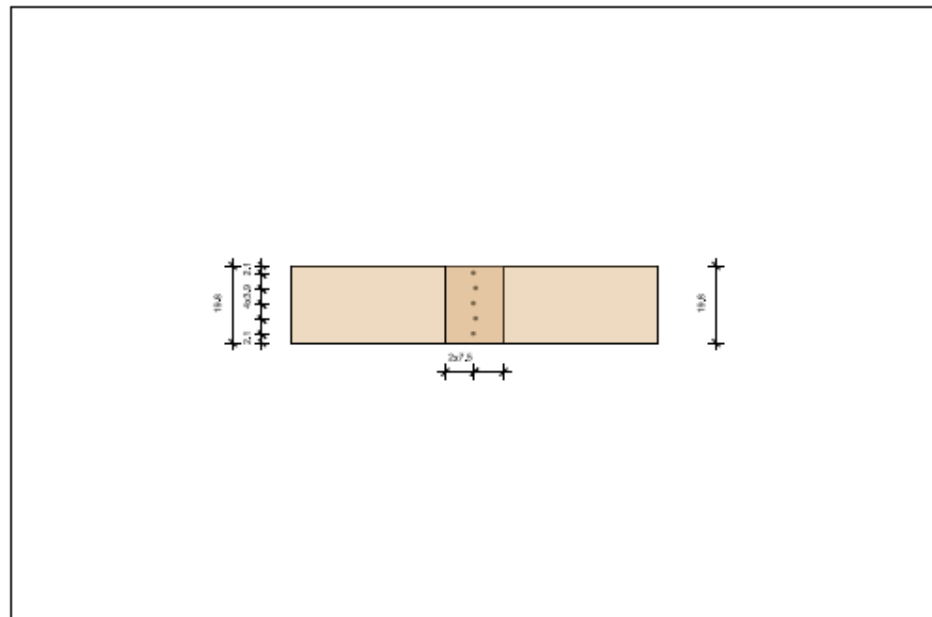
Tehokas määrä syysuuntaan kiinnitysvälineriä kohti

osa 1			osa 2		
Rivi	n_0	$n_{v,ef}$	Rivi	n_0	$n_{v,ef}$
1	1	1,00	1	1	1,00
2	1	1,00	2	1	1,00
3	1	1,00	3	1	1,00
4	1	1,00	4	1	1,00
5	1	1,00	5	1	1,00

Todistus

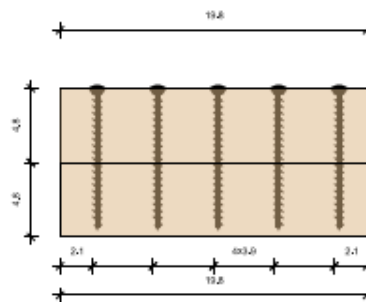
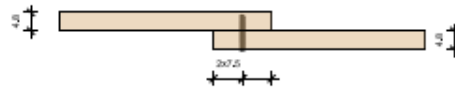
$$\begin{array}{lcl}
 F_{v,Ed} / (n_{v,ef} \cdot F_{v,Rd}) & = 5,00 / 6,00 & = 0,83 \leq 1,0 \\
 F_{ax,Ed} / (n_{ax,ef} \cdot F_{ax,Rd}) & = 0,0 / 4,55 & = 0,00 \leq 1,0 \\
 (F_{v,Ed} / (n_{v,ef} \cdot F_{v,Rd}))^2 + (F_{ax,Ed} / (n_{ax,ef} \cdot F_{ax,Rd}))^2 & = 0,83^2 + 0,00^2 & = 0,69 \leq 1,0
 \end{array}$$

Piirrustukset





Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Osa:		Projektsivu:	4 / 5
Pvä:	05.05.2020	Sivu:	
Ohjelman nimi:	20200302163117	Käyttäjänimi:	





Projektin nimi:		Ohjelman nimi	
Osa:		Projektsivu:	
Pvä:	05.05.2020	Sivu:	5 / 5
Ohjelman nimi:	20200302163117	Käyttäjänimi:	

käsittelyohjeet määritettyjen laskentatulosten käytöstä

1. Würth mitoitusohjelma perustuu ETA-11/0190 hyväksyntään
2. Mitoitus perustuu ohjelman asetuksiin EN 1991-1-1/3/4 ja EN 1995-1-1 mukaisesti (Eurooppalaisiin standardeihin kansallisten liitteiden kanssa).
3. Kiinnikkeet on ruuvattava ilman esiporausta jos ei toisin mainita.
4. Staattisen laskennan, järjestyksen, ruuvien lukumäärän ja muun sisällön laskemiseen Würth Assy puuruuvien käyttöön lasketaan Würth mitoitusohjelmassa.
5. Vaastuullisen rakennesuunnittelijan on tarkistettava ja julkaistava kaikki laskelmat ennen käyttöönottoa.

TÄRKEÄÄ

Tulostustiedostossa mainitut mitat, jotka on laskettu Würth mitoitusohjelman avulla, oikeellisuus on tarkistettava. Suositelluja arvoja, malleja ja ruuvien lukumäärää on pidettävä vain suunnittelun apuvälineenä. Suunnittelijan ja/tai arkkitehdin on tarkistettava oikeellisuus. Vastaava voimassa oleva käyttöoikeussopimus, yksityisyydensuojalauseke ja sen termit ja ehdot ovat perusta ja käyttäjän hyväksyntä ennen Würth mitoitusohjelman aloitusta.



SPAX Design Software v2.2.1
M03 - Ruuviliitoksen mitoitus

Puu/puulevy - Puu
Kierreosan ulosvetokestävyys sivukannattajassa [{0}]

leikkaus
Ruuviliitos 1

RUUVILIITOS

4 kpl SPAX 6,0 x 90 mm

Osakierre - Kärki 4CUT
ETA-12/0114

Kanta	Teräs	Ruuvaus	Pakkaus	SPAX-Nro	EAN-Nro
Matala uppokanta	WIROX A9J	T-STAR plus T 30	200 kpl	0191010600905	4003530155291
Matala uppokanta	WIROX A9J	T-STAR plus T 30	100 kpl	0191010600903	4003530164491
Matala uppokanta	YELLOX A2L	T-STAR plus T 30	200 kpl	0191020600905	4003530147234
Matala uppokanta	WIROX A9J	Ristikanta Z 3	200 kpl	1081010600905	4003530004513
Matala uppokanta	YELLOX A2L	Ristikanta Z 3	200 kpl	1081020600905	4003530005343
Matala uppokanta	YELLOX A2L	Ristikanta Z 3	100 kpl	1081020600903	4003530007149

PROJEKTI

Nimi
leikkaus

Osoite

Postikoodi

Kaupunki

Maa

ASIAKAS

Nimi

Asiakasnumero

Osoite

Postikoodi

Kaupunki

Maa

Puhelin

Faksi

Sähköposti

SUUNNITTELUNORMI

DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

OSAT

	[1] Sivuosaa	[2] Pääosa
Leveys	48	48 mm
Korkeus	198	198 mm
Etäisyys akselien risteyskohdasta vasemman osan päähän	75	75 mm
Materiaali	Timber	Timber
Lujuusluokka	C24	C24
Esiporaus	Ilman esiporaus	Ilman esiporaus
k_{mod}	0,80	0,80
γ_M	1,30	1,30

KUORMAT

Kuorman suunta osan [1] syysuuntaan nähden

0 °

Kuorman suunta osan [2] syysuuntaan nähden

0 °

Kuorman suunta osan [1] akseliin nähden

0 °

Leikkausvoima / Aksiaalivoima

5,0 / 0,0 kN

Kuorman aikaluokka

Keskipitkä

Käyttöluokka

1

RUUVIN OMINAISUUDET

d_1 6,0 mm

L 90 mm

d_{head} 11,6 mm

d_2 4,0 mm

$f_{ax,k}$ 12,00 N/mm²

$f_{tens,k}$ 11,00 kN

$f_{head,k,1}$ 15,40 N/mm²

$M_{y,k}$ 9,49 N · m

l_{gT} 61,00 mm



SPAX Design Software v2.2.1
M03 - Ruuviliitoksen mitoitus

HUOMIOT

1. Mitoitus DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2 ja kansallisten liitteiden sekä ETA-12/0114 mukaan
2. Puumateriaalien ominaislujuudet ovat EN 338:2009 (rakennepuu), EN 14080:2013 (liimapuu) ja/tai kansallisten määräysten mukaiset.
3. Ruuvit voidaan asentaa ilman esiporausta ellei toisin mainittu.
4. Kantavissa puurakenteiden liitoksissa on käytettävä vähintään kahta ruuvia tai kierretankoa. Tämä ei päde vahvistuksiin tai muihin EN 1995-1-1 kansallisessa liitteessä määritettyihin tilanteisiin.
5. The design, arrangement, amount of screws and further indicated details are valid exclusively for the use of SPAX screws, as indicated by the SPAX Design Software.
6. Ruuveja tulee käyttää pääasiassa ainoastaan staattisille kuormille.
7. Päärakennesuunnittelijan tulee tarkastaa ja allekirjoittaa kaikki laskelmat ennen asennusta.
8. SPAX kierretankojen ($d_1 \geq 10\text{mm}$) ja ruuvien aiheuttama poikkileikkauksen pienennys veto- ja puristusalueella huomioidaan osan lujuuslaskelmissa. Esiporattujen ruuvien tapauksessa tarkastellaan porareian halkaisijaa ja ilman esiporausta olevilla ruuveilla kierteen sisähalkaisijaa d_2 . Lisätietoa katso ETA-12/0114.

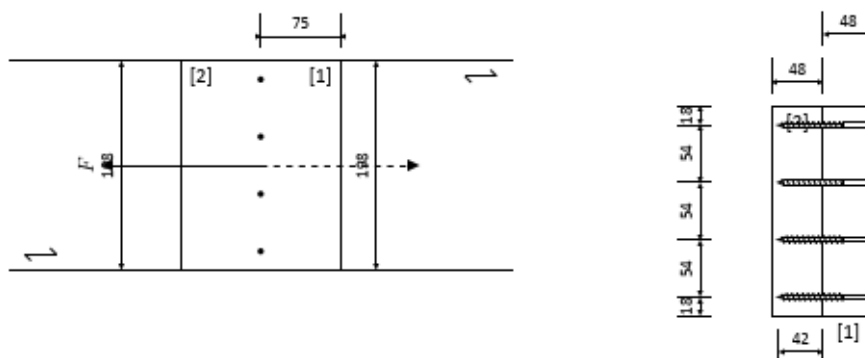
TÄRKEÄÄ

SPAX Design ohjelmistoon syötetyt arvot on tarkastettava laskentaraaportista tulostarkkuuden parantamiseksi.

Lisäksi suunnittelun avustamiseksi annetut suositusarvot ja ruuvien tyyppi sekä määrätiedot on tarkistettava pätevän suunnittelijan toimesta. Viimeisin versio käyttäjäsovimuksesta, yksityissuojasta ja yleisistä toimitusehdoista on voimassa ja ovat käyttäjän hyväksymät ennen SPAX Design ohjelmiston käyttöä.



SPAX Design Software v2.2.1
M03 - Ruuviliitoksen mitoitus



Ruuvit samassa linjassa (ei porrastettu)

[mm]

LIITINVÄLIEN JA REUNAETÄISYYKSIEN VÄHIMMÄISARVOT

Etäisyys	Osa [1]		Osa [2]	
	Min.	Todellinen	Min.	Todellinen
a_2	18 mm	≤ 54 mm	18 mm	≤ 54 mm
$a_{3,t}$	72 mm	≤ 75 mm	72 mm	≤ 75 mm
$a_{3,e}$	72 mm		72 mm	
$a_{4,t}$	18 mm		18 mm	
$a_{4,e}$	18 mm	≤ 18 mm	18 mm	≤ 18 mm



SPAX Design Software v2.2.1
M03 - Ruuviliitoksen mitoitus

MITOITUS

Kierreosan ulosvetokestävyys osassa [1] (kannan puoli)

d_1	6,00 mm
$f_{ax,k,1}$	12,00 N/mm ²
$l_{ef,1}$	0,00 mm
$\rho_{k,1}$	350,00 kg/m ³
$F_{ax,\alpha,Rk,1} = f_{ax,k,1} \cdot d_1 \cdot l_{ef,1} \cdot \left(\frac{\rho_{k,1}}{350}\right)^{0,8}$	0,00 N
$k_{mod,1}$	0,80
γ_M	1,30
$F_{ax,\alpha,Rd,1} = F_{ax,\alpha,Rk,1} \cdot \frac{k_{mod,1}}{\gamma_M}$	0,00 kN

Kierreosan ulosvetokestävyys osassa [2] (kärjen puoli)

d_1	6,00 mm
$f_{ax,k,2}$	12,00 N/mm ²
$l_{ef,2}$	42,00 mm
$\rho_{k,2}$	350,00 kg/m ³
$F_{ax,\alpha,Rk,2} = f_{ax,k,2} \cdot d_1 \cdot l_{ef,2} \cdot \left(\frac{\rho_{k,2}}{350}\right)^{0,8}$	3 024,00 N
$k_{mod,2}$	0,80
γ_M	1,30
$F_{ax,\alpha,Rd,2} = F_{ax,\alpha,Rk,2} \cdot \frac{k_{mod,2}}{\gamma_M}$	1,86 kN

Kannan läpivetokestävyys osassa [1]

d_h	11,60 mm
$f_{head,k,1}$	15,40 N/mm ²
$\rho_{k,1}$	350,00 kg/m ³
k_t	1,30
$F_{ax,\alpha,Rhead,k,1} = k_t \cdot f_{head,k,1} \cdot d_h^2 \cdot \left(\frac{\rho_{k,1}}{350}\right)^{0,8}$	2 693,89 N
$k_{mod,1}$	0,80
γ_M	1,30
$F_{ax,\alpha,Rhead,d,1} = F_{ax,\alpha,Rhead,k,1} \cdot \frac{k_{mod,1}}{\gamma_M}$	1,66 kN

Ruuvien vetolujuus

$f_{tens,k}$	11 000,00 N
γ_M	1,30
$f_{tens,d}$	8,46 kN

Ulosvetokestävyys

$F_{ax,\alpha,Rk} = \min(\max(F_{ax,\alpha,Rk,1}; F_{ax,\alpha,Rhead,k,1}); F_{ax,\alpha,Rk,2}; f_{tens,k})$	2 693,89 N
$F_{ax,Rd} = \min(\max(F_{ax,\alpha,Rd,1}; F_{ax,\alpha,Rhead,d,1}); F_{ax,\alpha,Rd,2}; f_{tens,d})$	1,66 kN



SPAX Design Software v2.2.1

M03 - Ruuviliitoksen mitoitus

Reunapuristuslujuuden ominaisarvo osassa [1]

Ilman esiporausta

d_1	6,00 mm
$\rho_{k,1}$	350,00 kg/m ³
α	90,00 °
$f_{h,\alpha,k,1} = \frac{0,082 \cdot \rho_{k,1} \cdot d_1^{-0,3}}{2,5 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$	16,77 N/mm ²

Reunapuristuslujuuden ominaisarvo osassa [2]

Ilman esiporausta

d_1	6,00 mm
$\rho_{k,2}$	350,00 kg/m ³
α	90,00 °
$f_{h,\alpha,k,2} = \frac{0,082 \cdot \rho_{k,2} \cdot d_1^{-0,3}}{2,5 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$	16,77 N/mm ²

Leikkaustason [1/2] leikkauskestävyys

d_1	6,00 mm
t_1	48,00 mm
t_2	42,00 mm
$f_{h,\alpha,k,1}$	16,77 N/mm ²
$f_{h,\alpha,k,2}$	16,77 N/mm ²
$M_{y,Rk} = 0,15 \cdot 600 \cdot d_1^{2,6}$	9 494,00 N · mm
$F_{ax,\alpha,Rk,[1/2]}$	2 693,89 N
Δ_{Rk} on rajoitettu 100%iin leikkauslujuudesta	0,67 kN
$\beta_1 = \frac{f_{h,\alpha,k,2}}{f_{h,\alpha,k,1}}$	1,00
$k_{mod,1}$	0,80
$k_{mod,2}$	0,80
$k_{mod,[1/2]}$	0,80
γ_M	1,30
$F_{v,Rk}$ (8.6.a)	4,83 kN
$F_{v,Rk}$ (8.6.b)	4,23 kN
$F_{v,Rk}$ (8.6.c) = 1,88 + 0,67 =	2,56 kN
$F_{v,Rk}$ (8.6.d) = 1,89 + 0,67 =	2,57 kN
$F_{v,Rk}$ (8.6.e) = 1,71 + 0,67 =	2,38 kN
$F_{v,Rk}$ (8.6.f) = 1,59 + 0,67 =	2,26 kN
$F_{v,Rd,[1/2]}$	1,39 kN



SPAX Design Software v2.2.1

M03 - Ruuviliitoksen mitoitus

Liitoksen kuormat**Kuorman suunta syysyyntaan nähden**Osa 1 : α_1 0,00 °Osa 2 : α_2 0,00 °**Kuormien mitoitusarvo**Leikkausvoiman mitoitusarvo: $F_{v,Ed}$ 5,00Voimakomponentti osan 1 : $F_{v,Ed,\parallel,1} = F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha_1$ suuntainen 5,00Voimakomponentti osan 2 : $F_{v,Ed,\parallel,2} = F_{v,Ed} \cdot \cos \alpha_2$ suuntainen 5,00**Ruuvien tehollinen lukumäärä****[1]****[2]**Ruuvien kokonaislukumäärä: $n = n_0 \cdot n_{90} = 4$ Mitoitustilanne n_{90} 4 4 n_0 1 1 k_{ef} 1,00 1,00 $n_{ef} = n_0^{k_{ef}}$ 1,00 1,00

Ruuvit samassa linjassa (ei porrastettu)

Tarkastus**Leikkaustaso [1/2] osan [1] voimakomponentin suunnassa** $F_{v,Ed,\parallel,1}$ 5,00 $n_{ef,1}$ 4,00 $F_{v,Rd,[1/2]}$ 1,39 $\eta_{v,\parallel,1} = \frac{F_{v,Ed,\parallel,1}}{n_{ef,1} \cdot n_{90,1} \cdot F_{v,Rd,[1/2]}}$ 0,90 ≤ 1**Leikkaustaso [1/2] osan [2] voimakomponentin suunnassa** $F_{v,Ed,\parallel,2}$ 5,00 $n_{ef,2}$ 1,00 $F_{v,Rd,[1/2]}$ 1,39 $\eta_{v,\parallel,2} = \frac{F_{v,Ed,\parallel,2}}{n_{ef,2} \cdot n_{90,2} \cdot F_{v,Rd,[1/2]}}$ 0,90 ≤ 1**Leikkaus** $\eta_v = \max(\eta_{v,\parallel,1}; \eta_{v,\parallel,2})$ 0,90 ≤ 1

HECO®-HCS

Project description

Processor Käyttäjä

Project no.

**Item overview**

Description	HECO-TOPIX Ø6,0 mm x 90 mm
Head shape	Countersunk head
Thread	Partial thread
Material / surface	Steel, galvanised, bright zinc plated
Item number	34804
PU/piece	100
Number	6



This calculation is only valid for the selected fastener according to the specific product requirements in the ETA-11/0284 (28.03.2019). A transfer to other products than the calculated type of fasteners is not possible.

Result**Number of screws****6 HECO-TOPIX Ø6,0 mm x 90 mm**

Insertion holes in girder not pre-drilled

Side flap insertion holes not pre-drilled

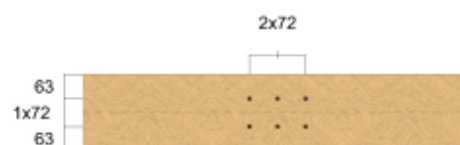
Extent of countersinking

Screw spacing

Screw spacing

Edge distance

Screw-in angle

 $v = 0 \text{ mm}$ $a_{1/2} = 72 \text{ mm}$ $a_{1/3} = 72 \text{ mm}$ $a_{2e} = 63 \text{ mm}$ $\alpha = 90^\circ$ 

HECO® HCS

Project description

Processor

Käyttäjä

Project no.



(2/5) Page 2

Geometry**Joist**

Material		Coniferous wood / solid wood
Strength class		C24
Douglas fir		No
Spruce, pine or fir		Yes
Width	=	48 mm
Height	=	198 mm
Angle deviation	=	0 °

Side flaps

Type		Wood
Number	=	1
Material		Coniferous wood / solid wood
Strength class		C24
Douglas fir		No
Spruce, pine or fir		Yes
Width	=	48 mm
Height	=	198 mm
Angle deviation	=	= 0

4848

**Load**

Usage class		1
Permanent load		
Tension force	=	0,00 kN
Joist tension force	=	3,85 kN
Side flaps tension force	=	0,00 kN
Partial safety factor	=	1,30

HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Steim-Straße 28

D-78713 Schramberg

+49 (0)7422 989-287

info@heco-schrauben.de

Version: 4.0.1.2

6.5.2020

HECO® - HCS

Project description

Processor

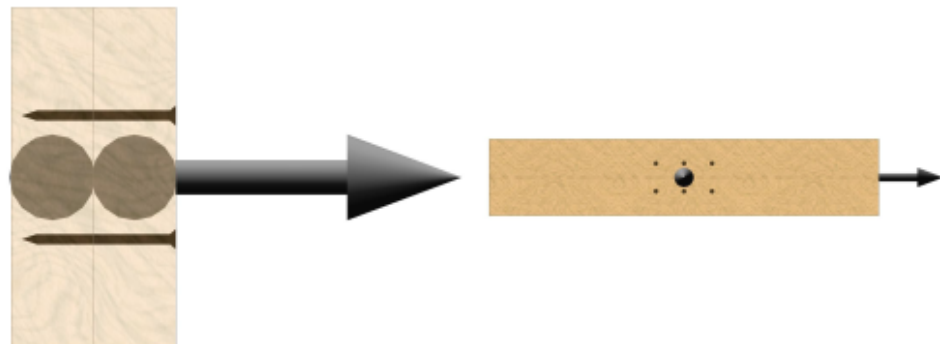
Käyttjä

Project no.



(3/5) Page 3

Load effect duration class		Permanent
Variable load		
Tension force	=	0,00 kN
Joist tension force	=	0,00 kN
Side flaps tension force	=	0,00 kN
Partial safety factor	=	1,50
Load effect duration class		Medium

**Static verification**

- LCC 1 Load case combination permanent
LCC 2 Load case combination permanent and variable

Shearing off

$$V_{d,1} = 5,00 \text{ kN} \quad | \quad V_{d,2} = 5,00 \text{ kN}$$

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} \cdot k_{mod,2}}$$

EN 1995-1-1
2.2.3.1 (2) (2.8)

$$k_{mod,1} = 0,60 \quad | \quad k_{mod,2} = 0,80$$

$$n_{0,1} = 3$$

$$n_{ef,0,1} = 2,76$$

EN 1995-1-1
8.3.1.1 (8) (8.17)

$$n_{90,1} = 2$$

$$n_{0,2} = 3$$

$$n_{ef,0,2} = 2,76$$

EN 1995-1-1
8.3.1.1 (8) (8.17)

$$n_{90,2} = 2$$

$$n = \min(n_{ef,0,1} \cdot n_{90,1}; n_{ef,0,2} \cdot n_{90,2}) = 5,53$$

$$\rho_{k,1} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

EN 338 S
EN 14080 S.1.4.3 (4)(5)

$$\rho_{k,ETA,max,1} = 590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ETA-110204

$$\rho_{k,ETA,1} = \min(\rho_{k,1}; \rho_{k,ETA,max,1}) = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ETA-110204

EN 338 S
EN 14080 S.1.4.3 (4)(5)

HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Stein-Straße 28

D-78713 Schramberg

+49 (0)7422 989-287

info@heco-schrauben.de

Version: 4.0.1.2

6.5.2020

HECO® HCS

Project description

Processor

Käyttäjä

Project no.



(4/5) Page 4

$\rho_{k,2} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
$\rho_{k,ETA,max,2} = 590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	ETA-110204
$\rho_{k,ETA,2} = \min(\rho_{k,2}; \rho_{k,ETA,max,2}) = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	ETA-110204
$f_{h,1,k} = 16,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	ETA-110204
$f_{h,2,k} = 16,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	ETA-110204
$t_1 = 48 \text{ mm}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1)
$t_2 = 42 \text{ mm}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1)
$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1,00$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$M_{y,k} = 10 \text{ Nm}$	ETA-110204
$F_{ax,Bk} = 1,95 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (2)
$\Leftrightarrow f_{h,1,t_1,d} = 4,83 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$\Leftrightarrow f_{h,2,t_2,d} = 4,23 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$\Leftrightarrow \frac{f_{h,1,t_1,d}}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta+2\beta^2 \left[1+\frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 \right]} - \beta \left(\frac{t_2}{t_1}\right) - \beta \left(1+\frac{t_2}{t_1}\right) \right] - \frac{F_{ax,Bk}}{4} = 2,37 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$\Leftrightarrow 1,05 \frac{f_{h,1,t_1,d}}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2-\beta)M_{y,k}}{f_{h,1,d}t_1^2}} - \beta \right] - \frac{F_{ax,Bk}}{4} = 2,38 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$\Leftrightarrow 1,05 \frac{f_{h,1,t_1,d}}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1-2\beta)M_{y,k}}{f_{h,1,d}t_2^2}} - \beta \right] - \frac{F_{ax,Bk}}{4} = 2,19 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$(\dagger) 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,k}d_{h,1,d}} + \frac{F_{ax,Bk}}{4} = 2,08 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$F_{v,Bk} = \min(F_{v,Bk}(\Leftrightarrow); F_{v,Bk}(\Leftrightarrow); F_{v,Bk}(\Leftrightarrow); F_{v,Bk}(\Leftrightarrow); F_{v,Bk}(\Leftrightarrow); F_{v,Bk}(\dagger)) = 2,08 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.2.2 (1) (8.4)
$\gamma_M = 1,30$	DIN EN 1995-1-1/NA NDP 2.4.5(1P)
$F_{v,Bd} = k_{mod} \frac{F_{v,Bk}}{\gamma_M}$	EN 1995-1-1 2.4.3(1P) (2.17)
$F_{v,Bd1} = 0,96 \text{ kN} \quad \quad F_{v,Bd2} = 1,28 \text{ kN}$	
$\eta = \left(\frac{V_{d1}}{n \cdot F_{v,Bd}} \right) \cdot 100\%$	
$\eta_1 = 94,48\% \quad \quad \eta_2 = 70,86\%$	

Tensile capacity

$V_{d1} = 5,00 \text{ kN} \quad \quad V_{d2} = 5,00 \text{ kN}$	
$n = 6$	
$n_{ef} = n^{0,9} = 5,02$	EN 1995-1-1 8.7.2 (8) (8.4)
$f_{tens,k} = 11,30 \text{ kN}$	
$F_{t,Bk} = n_{ef} \cdot f_{tens,k} = 56,68 \text{ kN}$	EN 1995-1-1 8.7.2 (7) (8.4)(c)
$\gamma_M = 1,30$	DIN EN 1995-1-1/NA NDP 2.4.5(1P)
$F_{t,Bd} = \frac{F_{t,Bk}}{\gamma_M} = 43,60 \text{ kN}$	
$\eta = \left(\frac{V_{d1}}{F_{t,Bd}} \right) \cdot 100\%$	
$\eta_1 = 11,48\% \quad \quad \eta_2 = 11,48\%$	

HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Stein-Straße 28

D-78713 Schramberg

Version: 4.0.1.2

+49 (0)7422 989-287

info@heco-schrauben.de

6.5.2020

HECO®-HCS

Project description

Processor Käyttäjä

Project no.

**Shearing off** $\eta = 94,48\%$ **Tensile capacity** $\eta = 11,48\%$ **The screw is suitable for the selected system.****Information**

Calculation is based on:

EN 338 (2010-12), EN 14080 (2013-09)

EN 1990 (2010-12), DIN EN 1990/NA (2010-12), DIN EN 1990/NA/A1 (2012-08)

EN 1995-1-1 (2010-12), EN 1995-1-1/A2 (2014-07), DIN EN 1995-1-1/NA (2013-08)

The screws may only be used for static or quasi-static loads.

Wood moisture content must be less than 20%.

Evidence of shear tension failure as per DIN EN 1995-1-1 (8.1.4) must be provided separately.

There is no consideration of the reduction of the bearing capacity for multiple screws in sequence.

Distances to the end faces of the joists are not considered.

All calculations must be verified and released before they are implemented by the production engineer responsible for the bearing structure.

Liite 4. Yksileikkeisen ruuviliitoksen laskentapohjien tulokset

1(26)

Sweco Rakennetekniikka Oy



RAKENNELASKELMA

nro:

Työnumero: ROTHOBLAAS
 Kohde: xxxx
 Laskelman laatija: FIHENT
 Päiväys: 25.01.2017
 Käytetty normi: SFS-EN 1995, ETA-11/0030
 Rakenne /
 rakenneosat: xxxx
 Sijainti: xxxx

$t_1 := 48\text{mm}$ Kannan puoleisen puuosan paksuus
 $t_2 := 41\text{mm}$ Liittimen tunkeuma toisessa puuosassa
 $d := 6\text{mm}$ Ruuvien halkaisija

$\text{MIN}_{\text{tunkeuma}} := 6 \cdot d = 36\text{mm}$

$L_n := 90\text{mm}$ Liittimen pituus
 $n := 5$ Liittimien lukumäärä
 $\alpha_{\text{kärki}} := 90\text{deg}$ Ruuvien kulma syysuuntaan nähden
 $l_g := 50\text{mm}$ (Vaikuttaa ulosvetokestävyyteen)
 $l_g := 50\text{mm}$ Ruuvien kierteisen osan pituus
 Kanta := 1 1=C24
 Kärki := 1 2=GL30c
 3=CLT-pinta
 4=CLT-kylki
 5=Vaneri
 6=LVL

$\rho_{\text{LVL}} := 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ LVL-tiheys

$\rho_{\text{vaneri}} := 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Syötä tähän vanerin ominaistiheys

$t_{\text{CLT}} := 10 \cdot d = 60\text{mm}$ CLT:n min paksuus SPAX:n reunaetäisyyksillä muuten käytetään EC5 etäisyyksiä

$t_{\text{vaneri}} := 1.2 \cdot d = 7.2\text{mm}$ Vaneri min paksuus

▢ Osavarmuusluvut

$$\gamma_M := \max(\gamma_{M_kanta}, \gamma_{M_kärki}) = 1.4 \quad \text{Materiaal ominaisuuksien osavarmuusluku}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25 \quad \text{Teräsilto-osien varmuuskerroin}$$

$$\frac{KV}{\gamma_{M2}} := 100\% \quad \text{Köysivaikutuksen kestävyden rajoitus (SFS-EN 1995-1-1+A1+AC)}$$

$$d_k := 12\text{mm}$$

$$\text{Ruuvinkanta} := 1$$



▣ Laskenta

$$f_{\text{tens.k}} := \begin{cases} 7.9\text{kN} & \text{if } (d = 5\text{mm}) \\ 11.3\text{kN} & \text{if } (d = 6\text{mm}) \\ 15.4\text{kN} & \text{if } (d = 7\text{mm}) \\ 20.1\text{kN} & \text{if } (d = 8\text{mm}) \\ 25.4\text{kN} & \text{if } (d = 9\text{mm}) \\ 31.4\text{kN} & \text{if } (d = 10\text{mm}) \\ 38\text{kN} & \text{if } (d = 11\text{mm}) \\ 38\text{kN} & \text{if } (d = 12\text{mm}) \end{cases} = 11.3\text{kN}$$

$$\rho_{k.1} := \begin{cases} 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kanta}} = 1) \\ 390 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kanta}} = 2) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kanta}} = 3) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kanta}} = 4) \\ \rho_{\text{vaneri}} & \text{if } (K_{\text{kanta}} = 5) \\ \rho_{\text{lv1}} & \text{if } (K_{\text{kanta}} = 6) \end{cases}$$

$$\rho_{k.1} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{k.2} := \begin{cases} 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kärki}} = 1) \\ 390 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kärki}} = 2) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kärki}} = 3) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (K_{\text{kärki}} = 4) \\ \rho_{\text{vaneri}} & \text{if } (K_{\text{kärki}} = 5) \\ \rho_{\text{lv1}} & \text{if } (K_{\text{kärki}} = 6) \end{cases}$$

$$\rho_{k.2} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.k.clt.side} := 20 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.5} \cdot \text{MPa} = 8.165 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.l.k} := 0.082 \cdot \frac{\rho_{k.1}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \cdot \text{MPa} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot \frac{\rho_{k.2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \cdot \text{MPa} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.1.k} := \begin{cases} (f_{h.1.k}) & \text{if (Kanta = 1)} \\ (f_{h.1.k}) & \text{if (Kanta = 2)} \\ (f_{h.1.k}) & \text{if (Kanta = 3)} \\ (f_{h.k.clt.side}) & \text{if (Kanta = 4)} \\ (f_{h.1.k}) & \text{if (Kanta = 5)} \\ (f_{h.1.k}) & \text{if (Kanta = 6)} \end{cases} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.2.k} := \begin{cases} (f_{h.2.k}) & \text{if (Kärki = 1)} \\ (f_{h.2.k}) & \text{if (Kärki = 2)} \\ (f_{h.2.k}) & \text{if (Kärki = 3)} \\ (f_{h.k.clt.side}) & \text{if (Kärki = 4)} \\ (f_{h.2.k}) & \text{if (Kärki = 5)} \\ (f_{h.2.k}) & \text{if (Kärki = 6)} \end{cases} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \begin{cases} 0.15 \cdot 550 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \cdot (\text{N} \cdot \text{mm}) & \text{if (d = 5mm)} \\ 0.15 \cdot 600 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \cdot (\text{N} \cdot \text{mm}) & \text{if (d = 6mm } \vee \text{ 7mm } \vee \text{ 8mm } \vee \text{ 9mm } \vee \text{ 10mm } \vee \text{ 11mm)} \\ 0.15 \cdot 500 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \cdot (\text{N} \cdot \text{mm}) & \text{if (d = 12mm)} \end{cases} = 9.494 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1 \quad \text{reunapuristuslujuuksien suhde}$$

Ruuvien ulosvetokestävyys

$$l_{ef} := \min(t_2, l_g) = 41 \cdot \text{mm} \quad \text{kierreosan tunkeuma}$$

$$n_{ef} := n^{0.9} = 4.257$$

Ruuvien kierteen ulosvetokestävyyden ominaisarvo

$$F_{ax.\alpha.Rk} := \begin{cases} 0 & \text{if } \alpha_{kärki} \leq 30\text{deg} \\ \frac{\frac{n_{ef}}{n} \cdot 11.7 \text{MPa} \cdot d \cdot l_{ef}}{1.2 \cdot \cos(\alpha_{kärki})^2 + \sin(\alpha_{kärki})^2} \cdot \left(\frac{\rho_{k.2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8}} & \text{otherwise} \end{cases} = 2.45 \cdot \text{kN}$$

Ruuvien vetomurtuminen

$$f_{\text{tens.d}} := \frac{f_{\text{tens.k}}}{\gamma_{M2}} = 9.04 \text{ kN}$$

Kannan läpivetojuuus

$$f_{\text{head.k_countersunk}} := 10.5 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k_washer}} := 10.5 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k_above20mm}} := \begin{cases} f_{\text{head.k_countersunk}} & \text{if Ruuvinkanta} = 1 \\ f_{\text{head.k_washer}} & \text{if Ruuvinkanta} = 2 \end{cases} = 10.5 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k_12_20mm}} := 8 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k_below20mm}} := 8 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k}} := \begin{cases} f_{\text{head.k_above20mm}} & \text{if } t_1 > 20 \text{ mm} \\ f_{\text{head.k_12_20mm}} & \text{if } 12 \text{ mm} \leq t_1 \leq 20 \text{ mm} \\ f_{\text{head.k_below20mm}} & \text{if } 1.2 \cdot d \leq t_1 < 12 \text{ mm} \end{cases} = 10.5 \text{ MPa}$$

$$\rho_{k,1} := \begin{cases} \rho_{k,1} & \text{if Kanta} = 1 \vee 2 \vee 3 \vee 4 \vee 6 \\ 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if Kanta} = 5 \end{cases} = 350$$

$$F_{\text{head.Rk}} := \frac{n_{\text{ef}}}{n} \cdot f_{\text{head.k}} \cdot d_k^2 \cdot \left(\frac{\rho_{k,1}}{350} \right)^{0.8} = 1.287 \text{ kN}$$

Ruuvien ulosvetokestävyys ominaisarvo

$$F_{\text{ax.k.ab}} := \begin{pmatrix} F_{\text{ax.o.Rk}} \\ f_{\text{tens.k}} \\ F_{\text{head.Rk}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2450 \\ 11300 \\ 1287 \end{pmatrix} \text{ N}$$

$$F_{\text{ax.k}} := \begin{cases} (400 \text{ N}) & \text{if Kanta} = 5 \wedge t_1 < 12 \text{ mm} \\ \min(F_{\text{ax.k.ab}}) & \text{otherwise} \end{cases} = 1287$$

$$d_{\text{ef}} := d = 6 \text{ mm}$$

8.2.2 Kahden puuosan sekä puulevyn ja puuosan väliset liitokset

(1) Nauhojen, hakasten, pulttien, tappivaamojen ja ruuvien kestävyys ominaisarvona leikkaustasoa ja liittä kohti käytetään pienintä arvoa, joka saadaan seuraavista lausekkeista:

— Yksileikkeiset liittimet:

$$F_{v,Rk,a} := f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$F_{v,Rk,b} := f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}$$

$$F_{v,Rk,c} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,d} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef} \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,e} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef} \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,f} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_{ef}} \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,l} := \min(F_{v,Rk,a}, F_{v,Rk,b}, F_{v,Rk,c}, F_{v,Rk,d}, F_{v,Rk,e}, F_{v,Rk,f}) = 1911.2 \text{ N} \quad \begin{pmatrix} F_{v,Rk,a} \\ F_{v,Rk,b} \\ F_{v,Rk,c} \\ F_{v,Rk,d} \\ F_{v,Rk,e} \\ F_{v,Rk,f} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.83 \\ 4.12 \\ 2.19 \\ 2.21 \\ 2 \\ 1.91 \end{pmatrix} \text{ kN}$$

▣ Laskenta

$$F_{v,Rd,nL} := \text{Floor} \left[\left(k_{\text{mod}L} \cdot \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10N \right] = 810 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
PITKÄ aikaluokka

$$F_{v,Rd,nM} := \text{Floor} \left[\left(k_{\text{mod}M} \cdot \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10N \right] = 1090 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
KESKIPITKÄ aikaluokka

$$F_{v,Rd,nS} := \text{Floor} \left[\left(k_{\text{mod}S} \cdot \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10N \right] = 1500 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
HETKELLINEN aikaluokka

$$F_{v,Rk,1} = 1911 \text{ N}$$

RAKENNELASKELMA

nro:

Työnumero: xxxx
 Kohde: xxxx
 Laskelman laatija: xxxx
 Päiväys: pp.kk.2017
 Käytetty normi: ETA-11/0190
 Rakenne / rakenneosat: Wurth osakierteinen ruuvi (ei ruostumaton)
 Sijainti: xxxx

$t_1 := 48\text{mm}$ Kannan puoleisen puuosan paksuus
 $t_2 := 42\text{mm}$ Liittimen tunkeuma toisessa puuosassa
 $d := 6\text{mm}$ Ruuvin halkaisija
 $\text{MIN}_{\text{tunkeuma}} := 6 \cdot d = 36\text{mm}$
 $L_n := 90\text{mm}$ Liittimen pituus
 $n := 5$ Liittimen lukumäärä
 $\alpha_{\text{kanta}} := 90\text{deg}$ Ruuvin kulma syysuuntaan nähden
 $\alpha_{\text{kärki}} := 90\text{deg}$ (Vaikuttaa ulosvetokestävyys ja reunapuristuslujuuteen 90 asteen kulmassa suurin)
 $l_g := 41\text{mm}$ Ruuvin kierteisen osan pituus
 Kanta := 1 1=C24
 Kärki := 1 2=GL30c
 3=CLT-pinta
 4=CLT-kylki
 5=Vaneri
 6=Kerto-S
 $\rho_{\text{vaneri}} := 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Syötä tähän vanerin ominaisihteys oletuksena havuvaneri joka antaa pienimmät arvot
 $t_{\text{CLT}} := 10 \cdot d = 60\text{mm}$ CLT:n min paksuus Wurth:n reunaetäisyyksillä muuten käytetään EC5 etäisyyksiä

Wood based panel	Minimum thickness [mm]
Plywood	6
Oriented Strand Boards, OSB	8
Particleboards	8
Fibreboards (hardboards and medium boards)	6
Cement-bonded particle boards	8

$\gamma_M := \max(\gamma_{M_kanta}, \gamma_{M_karki}) = 1.4$	Materiaalimomintuuksien osavarmuusluku
$\gamma_{M2} := 1.4$	Teräsliftoosien varmuuskerroin
$k_{mod} := 0.8$	Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin
$KV := 100\%$	Köysivaikutuksen kestävyysrajoitus (SFS-EN 1995-1-1+A1+AC)
$f_{ax,k} := 11.5 \text{ MPa}$	Syysuuntaa vastaan kohtisuoraa ulosvetoa vastaavan ulosvetokestävyysparametri
$f_{tens,k} := 12.5 \text{ kN}$	Ruuvien vetomurtuminen
$d_k := 12 \text{ mm}$	Kannan halkaisija (ei saa käyttää suurempaan kuin 32 mm)

Laskenta

$$\begin{array}{l}
 \rho_{k,1} := \begin{cases} 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 1)} \\
 390 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 2)} \\
 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 3)} \\
 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 4)} \\
 \rho_{vaneri} & \text{if (Kanta = 5)} \\
 480 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 6)} \end{cases} \\
 \rho_{k,1} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \rho_{k,2} := \begin{cases} 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Karki = 1)} \\
 390 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Karki = 2)} \\
 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Karki = 3)} \\
 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Karki = 4)} \\
 \rho_{vaneri} & \text{if (Karki = 5)} \\
 480 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Karki = 6)} \end{cases} \\
 \rho_{k,2} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{array}$$

9(26)

$$f_{h.k.clt.side.wurth} := 20 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.5} \cdot \text{MPa} = 8.165 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.1.k} := \frac{0.082 \cdot \frac{\rho_{k.1}}{\text{kg}} \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3}}{2.5 \cdot \cos(\alpha_{kanta})^2 + \sin(\alpha_{kanta})^2} \cdot \text{MPa} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{0.082 \cdot \frac{\rho_{k.2}}{\text{kg}} \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3}}{2.5 \cdot \cos(\alpha_{karki})^2 + \sin(\alpha_{karki})^2} \cdot \text{MPa} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.k} := \begin{cases} f_{h.1.k} & \text{if (Kanta = 1)} \\ f_{h.1.k} & \text{if (Kanta = 2)} \\ f_{h.1.k} & \text{if (Kanta = 3)} \\ f_{h.k.clt.side.wurth} & \text{if (Kanta = 4)} \\ f_{h.1.k} & \text{if (Kanta = 5)} \\ f_{h.1.k} & \text{if (Kanta = 6)} \end{cases} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.2.k} := \begin{cases} f_{h.2.k} & \text{if (Karki = 1)} \\ f_{h.2.k} & \text{if (Karki = 2)} \\ f_{h.2.k} & \text{if (Karki = 3)} \\ f_{h.k.clt.side.wurth} & \text{if (Karki = 4)} \\ f_{h.2.k} & \text{if (Karki = 5)} \\ f_{h.2.k} & \text{if (Karki = 6)} \end{cases} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \begin{cases} (5.9\text{N}\cdot\text{m}) & \text{if (d = 5mm)} \\ (9.5\text{N}\cdot\text{m}) & \text{if (d = 6mm)} \\ (14\text{N}\cdot\text{m}) & \text{if (d = 7mm)} \\ (20\text{N}\cdot\text{m}) & \text{if (d = 8mm)} \\ (36\text{N}\cdot\text{m}) & \text{if (d = 10mm)} \\ (58\text{N}\cdot\text{m}) & \text{if (d = 12mm)} \end{cases} = 9.5 \cdot \text{N}\cdot\text{m} \quad \text{Ruuvin myötömomentti Wurt ETA-11/0190}$$

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1 \quad \text{reunapuristuslujuuksien suhde}$$

Ruuvin ulosvetokestävyys (EC5+AC2008 8.7, RIL 205-1-2009 8.7 ja EC3 1-8 taulukko 3.4)

$$l_{ef} := \min(t_2, l_g) = 41 \cdot \text{mm} \quad \text{kierreosan tunkeuma}$$

$$n_{ef} := n^{0.9} = 4.257$$

Ruuvien kierteen ulosvetokestävyys ominaisarvo

$$k_{ax} := \begin{cases} 0.3 + 0.7 \cdot \frac{\alpha_{kärki}}{45 \text{deg}} & \text{if } 0 \text{deg} \leq \alpha_{kärki} \leq 45 \text{deg} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$F_{ax, \alpha, Rk} := \frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{ax, k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_{ax} \cdot \left(\frac{\rho_{k, 2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8} = 2.408 \cdot \text{kN}$$

$$F_{ax, \alpha, Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax, \alpha, Rk}}{\gamma_M} = 1376 \text{ N}$$

Ruuvien vetomurtuminen

$$f_{tens, d} := \frac{f_{tens, k}}{\gamma_{M2}} = 8.93 \cdot \text{kN}$$

Kannan läpivetojujus

$$f_{head, k, solid} := \begin{cases} 13 \cdot \text{MPa} & \text{if } d_k \leq 19 \text{mm} \\ 10 \text{MPa} & \text{if } d_k > 19 \text{mm} \end{cases} = 13 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{head, k, 12_20 \text{mm}} := 8 \text{MPa}$$

$$f_{head, k, below 20 \text{mm}} := 8 \text{MPa}$$

$$f_{head, k} := \begin{cases} f_{head, k, solid} & \text{if } t_1 > 20 \text{mm} \\ f_{head, k, 12_20 \text{mm}} & \text{if } 12 \text{mm} \leq t_1 \leq 20 \text{mm} \\ f_{head, k, below 20 \text{mm}} & \text{if } 1.2 \cdot d \leq t_1 < 12 \text{mm} \end{cases} = 13 \cdot \text{MPa}$$

$$\rho_{k, 1} := \begin{cases} \rho_{k, 1} & \text{if } K_{anta} = 1 \vee 2 \vee 3 \vee 4 \vee 6 \\ 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } K_{anta} = 5 \end{cases} = 350$$

$$F_{head, Rk} := \frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{head, k} \cdot d_k^2 \cdot \left(\frac{\rho_{k, 1}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8} = 1.594 \cdot \text{kN}$$

$$F_{\text{head.Rd}} := k_{\text{mod}} \frac{F_{\text{head.Rk}}}{\gamma_M} = 0.911 \cdot \text{kN}$$

Ruuvien ulosvetokestävyys

$$F_{\text{ax.d.ab}} := \begin{pmatrix} F_{\text{ax.o.Rd}} \\ f_{\text{tens.d}} \\ F_{\text{head.Rd}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1376 \\ 8929 \\ 911 \end{pmatrix} \text{ N}$$

$$F_{\text{ax.d}} := \min(F_{\text{ax.d.ab}}) = 911 \text{ N} \quad \text{ruuvien ulosvetokestävyuden laskenta-arvo}$$

$$F_{\text{ax.k.ab}} := \begin{pmatrix} F_{\text{ax.o.Rk}} \\ f_{\text{tens.k}} \\ F_{\text{head.Rk}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2408 \\ 12500 \\ 1594 \end{pmatrix} \text{ N}$$

$$F_{\text{ax.k}} := \begin{cases} (400\text{N}) & \text{if } K_{\text{anta}} = 5 \wedge t_1 < 12\text{mm} \\ \min(F_{\text{ax.k.ab}}) & \text{otherwise} \end{cases} = 1594$$

$$d_{\text{ef}} := d = 6 \cdot \text{mm}$$

8.2.2 Kahden puuosan sekä puulevyn ja puuosan väliset liitokset

(1) Nauhojen, hakasten, pulttien, tappivaamojen ja ruuvien kestävyuden ominaisarvona leikkaustasoa ja litintä kohti käytetään pienintä arvoa, joka saadaan seuraavista lausekkeista:

— Yksileikkeiset liittimet:

$$F_{\text{v.Rk.a}} := f_{\text{h.l.k}} \cdot t_1 \cdot d_{\text{ef}}$$

$$F_{\text{v.Rk.b}} := f_{\text{h.2.k}} \cdot t_2 \cdot d_{\text{ef}}$$

$$F_{\text{v.Rk.c}} := \begin{cases} \text{puikkoliitusteoria} \leftarrow \frac{f_{\text{h.l.k}} \cdot t_1 \cdot d_{\text{ef}}}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{\text{ax.k}}}{4}, \text{KV-puikkoliitusteoria} \right) \\ F_{\text{v.Rk.c}} \leftarrow \text{puikkoliitusteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{\text{v.Rk.d}} := \begin{cases} \text{puikkoliitusteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{\text{h.l.k}} \cdot t_1 \cdot d_{\text{ef}}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{\text{y.Rk}}}{f_{\text{h.l.k}} \cdot d_{\text{ef}} \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{\text{ax.k}}}{4}, \text{KV-puikkoliitusteoria} \right) \\ F_{\text{v.Rk.d}} \leftarrow \text{puikkoliitusteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk.e} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h.1.k} \cdot d_{ef} \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min\left(\frac{F_{ax.k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria}\right) \\ F_{v,Rk.b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk.f} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}} \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min\left(\frac{F_{ax.k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria}\right) \\ F_{v,Rk.b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk.1} := \min(F_{v,Rk.a}, F_{v,Rk.b}, F_{v,Rk.c}, F_{v,Rk.d}, F_{v,Rk.e}, F_{v,Rk.f}) = 1988.3 \text{ N}$$

$$\begin{pmatrix} F_{v,Rk.a} \\ F_{v,Rk.b} \\ F_{v,Rk.c} \\ F_{v,Rk.d} \\ F_{v,Rk.e} \\ F_{v,Rk.f} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4829 \\ 4225 \\ 2281 \\ 2290 \\ 2106 \\ 1988 \end{pmatrix} \cdot \text{N}$$

$$F_{v,Rd.n.1} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk.1}}{\gamma_M} = 1136.2 \text{ N}$$

— Kaksileikkeiset liittimet:

$$F_{v,Rk.g} := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$F_{v,Rk.h} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}$$

$$F_{v,Rk.j} := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h.1.k} \cdot d_{ef} \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax.k}}{4}$$

$$F_{v,Rk.k} := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax.k}}{4}$$

$$F_{v,Rk.2} := \min(F_{v,Rk.g}, F_{v,Rk.h}, F_{v,Rk.j}, F_{v,Rk.k}) = 1988.3 \text{ N}$$

$$\begin{pmatrix} F_{v,Rk.g} \\ F_{v,Rk.h} \\ F_{v,Rk.j} \\ F_{v,Rk.k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4829 \\ 2113 \\ 3221 \\ 1988 \end{pmatrix} \cdot \text{N}$$

$$F_{v,Rd.n.2} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk.2}}{\gamma_M} = 1136.2 \text{ N}$$

▣ Laskenta

$$F_{v,Rd.n.L} := \text{Floor} \left[\left(k_{mod.L} \cdot \frac{F_{v,Rk.1}}{\gamma_M} \right), 10 \text{ N} \right] = 850 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
PITKÄ aikaluokka

$$F_{v,Rd.n.M} := \text{Floor} \left[\left(k_{mod.M} \cdot \frac{F_{v,Rk.1}}{\gamma_M} \right), 10 \text{ N} \right] = 1130 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
KESKIPITKÄ aikaluokka

$$F_{v,Rd,n.S} := \text{Floor} \left(k_{mod.S} \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M}, 10N \right) = 1560 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
HETKELLINEN aikaluokka

$$F_{v,Rd,n.V} := \text{Floor} \left(k_{mod} \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M}, 10N \right) = 1130 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
kmod arvon voi itse valita

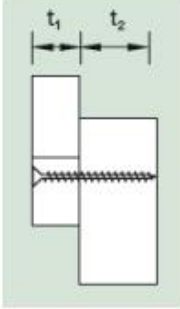
KPM-Engineering

FMC GROUP

Hatanpäänvaltatie 11, FI-33100 Tampere, FINLAND
tel. +358 207 392 200, fax +358 207 392 333
http://www.kpmeng.fi

Anssi Hentinen 14.2.2014

Osakierteisen SPAX ruuviitoksen leikkauskestävyys (Käy myös täysikierteisen ruuvin laskentaan, varmalla puolella) (d=6-10 mm)

$t_1 := 48\text{mm}$	Kannan puoleisen puuosan paksuus	
$t_2 := 42\text{mm}$	Liittimen tunkeuma toisessa puuosassa	
$d := 6\text{mm}$	Ruuvin halkaisija	
$MN_{\text{tunkeuma}} := 6 \cdot d = 36\text{mm}$		
$L_n := 90\text{mm}$	Liittimen pituus	
$n := 4$	Liittinten lukumäärä	
$\alpha_{\text{kanta}} := 90\text{deg}$	Ruuvin kulma syysuuntaan nähden	
$\alpha_{\text{kärki}} := 90\text{deg}$	(Vaikuttaa ulosvetokestävyyteen ja reunapuristuslujuuteen 90 asteen kulmassa suurin)	
$\epsilon_{\text{ax}} := 0\text{deg}$	Syysuunnan ja ruuvin pituusakselin välinen kulma reunapuristuslujuus (Vaikuttaa vaan kiinnitettäessä CLT:n kytki pintoihin valitaan 0 asteeksi jos ei tiedetä missä ruuvi on silloin varmalla puolella)	
$l_g := 61\text{mm}$	Ruuvin kierteisen osan pituus	
Kanta := 1	1=C24 2=GL30c	
Kärki := 1	3=CLT-pinta 4=CLT-kytki 5=Vaneri 6=Kerto-S	
$t_{\text{CLT}} := 10 \cdot d = 60\text{mm}$	CLT:n min paksuus SPAX:n reunaetäisyyksillä muuten käytetään EC5 etäisyyksiä	
$t_{\text{vaneri}} := 1.2 \cdot d = 7.2\text{mm}$	Vaneri min paksuus	

Osavarmuusluvut

$\gamma_M := \max(\gamma_{M_{\text{kanta}}}, \gamma_{M_{\text{kärki}}}) = 1.4$	Materiaaliominaisuuksien osavarmuusluku
$\gamma_{M2} := 1.25$	Teräslitososien varmuuskerron
$k_{\text{mod}} = 0.8$	Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin
$\frac{KV}{\text{max}} := 100\%$	Köysivaikutuksen kestävyuden rajoitus (SFS-EN 1995-1-1+A1 + AC)
$f_{\text{ax,k}} := 12\text{MPa}$	SPAX ETA-12/0114 syysuuntaa vastaan kohtisuoraan ulosvetoa vastaavan ulosvetokestävyyden parametri

15(26)

$$f_{\text{tens.k}} := 11 \text{ kN}$$

SPAX ETA-12/0114 Ruuvin vetomurtuminen

$$d_k := 11.6 \text{ mm}$$

SPAX ETA-12/0114 Kannan halkaisija

$$\text{Ruuvin kanta} := 1$$


 Laskenta

$$\rho_{k,1} := \begin{cases} 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 1)} \\ 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 2)} \\ 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 3)} \\ 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 4)} \\ 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 5)} \\ 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kanta = 6)} \end{cases}$$

$$\rho_{k,1} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{k,2} := \begin{cases} 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kärki = 1)} \\ 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kärki = 2)} \\ 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kärki = 3)} \\ 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kärki = 4)} \\ 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kärki = 5)} \\ 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if (Kärki = 6)} \end{cases}$$

$$\rho_{k,2} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.k.clt.side} := \frac{32 \cdot \left(\frac{d}{mm}\right)^{-0.3}}{2.5 \cdot \cos(\epsilon)^2 + \sin(\epsilon)^2} \cdot MPa = 7.48 \cdot MPa$$

$$f_{h.1.k.SPAX} := \frac{0.082 \cdot \frac{\rho_{k.1}}{kg} \cdot \left(\frac{d}{mm}\right)^{-0.3}}{\frac{m^3}}{2.5 \cdot \cos(\alpha_{kanta})^2 + \sin(\alpha_{kanta})^2} \cdot MPa = 16.77 \cdot MPa$$

$$f_{h.2.k.SPAX} := \frac{0.082 \cdot \frac{\rho_{k.2}}{kg} \cdot \left(\frac{d}{mm}\right)^{-0.3}}{\frac{m^3}}{2.5 \cdot \cos(\alpha_{karki})^2 + \sin(\alpha_{karki})^2} \cdot MPa = 16.77 \cdot MPa$$

$$f_{h.1.k} := \begin{cases} f_{h.1.k.SPAX} & \text{if (Kanta = 1)} = 16.77 \cdot MPa \\ f_{h.1.k.SPAX} & \text{if (Kanta = 2)} \\ f_{h.1.k.SPAX} & \text{if (Kanta = 3)} \\ f_{h.k.clt.side} & \text{if (Kanta = 4)} \\ f_{h.1.k.SPAX} & \text{if (Kanta = 5)} \\ f_{h.1.k.SPAX} & \text{if (Kanta = 6)} \end{cases}$$

$$f_{h.2.k} := \begin{cases} f_{h.2.k.SPAX} & \text{if (Karki = 1)} = 16.77 \cdot MPa \\ f_{h.2.k.SPAX} & \text{if (Karki = 2)} \\ f_{h.2.k.SPAX} & \text{if (Karki = 3)} \\ f_{h.k.clt.side} & \text{if (Karki = 4)} \\ f_{h.2.k.SPAX} & \text{if (Karki = 5)} \\ f_{h.2.k.SPAX} & \text{if (Karki = 6)} \end{cases}$$

$$M_{y,Rk} := 0.15 \cdot 600 \cdot \left(\frac{d}{mm}\right)^{2.6} \cdot (N \cdot mm) = 9.49 \cdot N \cdot m$$

Ruuvin myötömementti SPAX ETA-12/0114

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 1$$

reunapuristuslujuuksien suhde

Ruuvin ulosvetokestävyys (EC5+AC2008 8.7, RIL 205-1-2009 8.7 ja EC3 1-8 taulukko 3.4)

$$l_{ef} := \min(t_2, l_g) = 42 \cdot mm$$

kierreosan tunkeuma

$$n_{ef} := n^{0.9} = 3.48$$

Ruuvien kierteen ulosvetokestävyyden ominaisarvo

$$F_{ax,\alpha,Rk} := \begin{cases} 0 & \text{if } \alpha_{k\ddot{a}rki} \leq 15\text{deg} & = 2.63 \cdot \text{kN} \\ \frac{\frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1.2 \cdot \cos(\alpha_{k\ddot{a}rki})^2 + \sin(\alpha_{k\ddot{a}rki})^2} \cdot \left(\frac{\rho_k \cdot 2}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8}}{350} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{ax,\alpha,Rd} := k_{mod} \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 1504 \text{ N}$$

Ruuvien vetomurtuminen

$$f_{tens,d} := \frac{f_{tens,k}}{\gamma_{M2}} = 8.8 \cdot \text{kN}$$

Kannan läpivetojuuus

$$f_{head,k_countersunk} := \begin{cases} \left(27 - \frac{d_k}{\text{mm}} \right) \cdot \text{MPa} & \text{if } d_k \leq 16\text{mm} & = 15.4 \cdot \text{MPa} \\ \left[11 - 0.2 \cdot \left(\frac{d_k}{\text{mm}} - 16 \right) \right] \text{MPa} & \text{if } (16\text{mm} < d_k \leq 32\text{mm}) \end{cases}$$

$$f_{head,k_washer} := \begin{cases} \left(29 - \frac{d_k}{\text{mm}} \right) \cdot \text{MPa} & \text{if } (d_k \leq 16\text{mm}) & = 17.4 \cdot \text{MPa} \\ 13 \text{MPa} & \text{if } (16\text{mm} < d_k \leq 22\text{mm}) \\ \left[16 - 0.5 \cdot \left(\frac{d_k}{\text{mm}} - 16 \right) \right] \text{MPa} & \text{if } (22\text{mm} < d_k \leq 32\text{mm}) \end{cases}$$

$$f_{head,k_above20mm} := \begin{cases} f_{head,k_countersunk} & \text{if Ruuvinkanta} = 1 & = 15.4 \cdot \text{MPa} \\ f_{head,k_washer} & \text{if Ruuvinkanta} = 2 \end{cases}$$

$$f_{head,k_12_20mm} := 8 \text{ MPa}$$

$$f_{head,k_below20mm} := 8 \text{ MPa}$$

$$f_{head,k} := \begin{cases} f_{head,k_above20mm} & \text{if } t_1 > 20\text{mm} & = 15.4 \cdot \text{MPa} \\ f_{head,k_12_20mm} & \text{if } 12\text{mm} \leq t_1 \leq 20\text{mm} \\ f_{head,k_below20mm} & \text{if } 1.2 \cdot d \leq t_1 < 12\text{mm} \end{cases}$$

$$\rho_{k,k} := \begin{cases} \rho_{k,1} & \text{if } Kanta = 1 \vee 2 \vee 3 \vee 4 \vee 6 = 350 \\ 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } Kanta = 5 \end{cases}$$

$$F_{\text{head.Rk}} := \frac{n_{\text{ef}}}{n} \cdot f_{\text{head.k}} \cdot d_k^2 \cdot \left(\frac{\rho_{k,1}}{350} \right)^{0.8} = 1.8 \cdot \text{kN}$$

$$F_{\text{head.Rd}} := k_{\text{mod}} \frac{F_{\text{head.Rk}}}{\gamma_M} = 1.03 \cdot \text{kN}$$

Ruuvien ulosvetokestävyys

$$F_{\text{ax.d.ab}} := \begin{pmatrix} F_{\text{ax.}\alpha.\text{Rd}} \\ f_{\text{tens.d}} \\ F_{\text{head.Rd}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1504 \\ 8800 \\ 1031 \end{pmatrix} \text{N}$$

$$F_{\text{ax.d}} := \min(F_{\text{ax.d.ab}}) = 1031 \text{N} \quad \text{ruuvien ulosvetokestävyuden laskenta-arvo}$$

$$F_{\text{ax.k.ab}} := \begin{pmatrix} F_{\text{ax.}\alpha.\text{Rk}} \\ f_{\text{tens.k}} \\ F_{\text{head.Rk}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2633 \\ 11000 \\ 1804 \end{pmatrix} \text{N}$$

$$F_{\text{ax.k}} := \begin{cases} (400\text{N}) & \text{if } Kanta = 5 \wedge t_1 < 12\text{mm} = 1804 \\ \min(F_{\text{ax.k.ab}}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$d_{\text{ef}} := d = 6 \cdot \text{mm}$$

8.2.2 Kahden puuosan sekä puulevyn ja puuosan väliset liitokset

(1) Naulojen, hakasten, pulttien, tappivaamojen ja ruuvien kestävyys ominaisarvona leikkaustasoa ja liitintä kohti käytetään pienintä arvoa, joka saadaan seuraavista lausekkeista:

— Yksileikkiset liittimet:

$$F_{\text{v.Rk.a}} := f_{\text{h.1.k}} \cdot t_1 \cdot d_{\text{ef}}$$

$$F_{\text{v.Rk.b}} := f_{\text{h.2.k}} \cdot t_2 \cdot d_{\text{ef}}$$

$$F_{\text{v.Rk.c}} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow \frac{f_{\text{h.1.k}} \cdot t_1 \cdot d_{\text{ef}}}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{\text{ax.k}}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{\text{v.Rk.b}} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,d} := \begin{cases} \text{puikkoliitusteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef} \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min\left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitusteoria}\right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitusteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

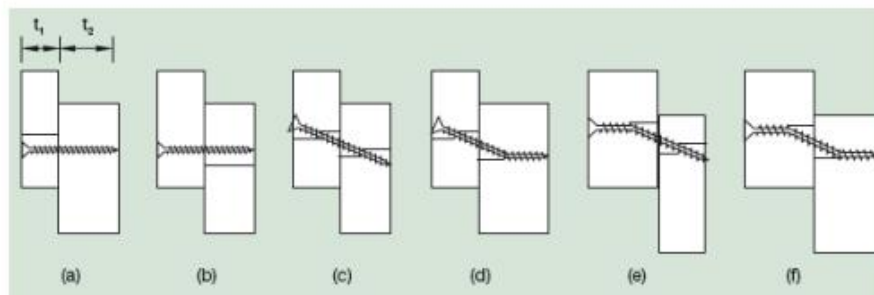
$$F_{v,Rk,e} := \begin{cases} \text{puikkoliitusteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef} \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min\left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitusteoria}\right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitusteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,f} := \begin{cases} \text{puikkoliitusteoria} \leftarrow 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_{ef}} \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min\left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitusteoria}\right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitusteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,l} := \min(F_{v,Rk,a}, F_{v,Rk,b}, F_{v,Rk,c}, F_{v,Rk,d}, F_{v,Rk,e}, F_{v,Rk,f}) = 2040.4 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,n,l} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk,l}}{\gamma_M} = 1165.9 \text{ N}$$

$F_{v,Rk,a}$	4829
$F_{v,Rk,b}$	4225
$F_{v,Rk,c}$	2333
$F_{v,Rk,d}$	2343
$F_{v,Rk,e}$	2158
$F_{v,Rk,f}$	2040



— Kaksileikkeiset liitimet:

$$F_{v,Rk,g} := f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}$$

$$F_{V,Rk,h} := 0.5 \cdot f_{h,2k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}$$

$$F_{V,Rk,j} := 1.05 \cdot \frac{f_{h,1k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1k} \cdot d_{ef} \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,k}}{4}$$

$$F_{V,Rk,k} := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1k} \cdot d_{ef}} + \frac{F_{ax,k}}{4}$$

$$F_{V,Rk,2} := \min(F_{V,Rk,g}, F_{V,Rk,h}, F_{V,Rk,j}, F_{V,Rk,k}) = 2040.4 \text{ N}$$

$$F_{V,Rdn,2} := k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk,2}}{\gamma_M} = 1165.9 \text{ N}$$

$$\begin{pmatrix} F_{V,Rk,g} \\ F_{V,Rk,h} \\ F_{V,Rk,j} \\ F_{V,Rk,k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4829 \\ 2113 \\ 3273 \\ 2040 \end{pmatrix} \cdot \text{N}$$

▢ Laskenta

$$F_{V,Rdn,L} := \text{Floor} \left[\left(k_{mod,L} \cdot \frac{F_{V,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10 \text{ N} \right] = 870 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
PITKÄ aikaluuokka

$$F_{V,Rdn,M} := \text{Floor} \left[\left(k_{mod,M} \cdot \frac{F_{V,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10 \text{ N} \right] = 1160 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
KESKIPIITKÄ aikaluuokka

$$F_{V,Rdn,S} := \text{Floor} \left[\left(k_{mod,S} \cdot \frac{F_{V,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10 \text{ N} \right] = 1600 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
HETKELLINEN aikaluuokka

$$F_{V,Rdn,dv} := \text{Floor} \left[\left(k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10 \text{ N} \right] = 1160 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
kmod arvon voi itse valita

$$F_{V,Rk,1} = 2.04 \times 10^3 \text{ N}$$

Ulosvetokestävyys

$$F_{ax,d,ab} = \begin{pmatrix} 1.5 \\ 8.8 \\ 1.03 \end{pmatrix} \cdot \text{kN} \quad F_{ax,k,ab} = \begin{pmatrix} 2.63 \\ 11 \\ 1.8 \end{pmatrix} \cdot \text{kN} \quad F_{ax,d} = 1.031 \cdot \text{kN} \quad k_{mod} = 0.8$$

RAKENNELASKELMA

nro:

Työnumero: xxxx
 Kohde: xxxx
 Laskelman laatija: FIHENT
 Päiväys: 25.01.2017
 Käytetty normi: SFS-EN 1995, ETA-11/0284
 Rakenne / rakenneosat: HECO-FIX HECO-TOPIX
 Sijainti: xxxx

$t_1 := 48\text{mm}$ Kannan puoleisen puuosan paksuus

$t_2 := 42\text{mm}$ Liittimen tunkeuma toisessa puuosassa

$d := 6\text{mm}$ Ruuvien halkaisija

$\text{MIN}_{\text{tunkeuma}} := 6 \cdot d = 36\text{mm}$

$l_n := 90\text{mm}$ Liittimen pituus

$n := 6$ Liittimien lukumäärä

$\alpha_{\text{kanta}} := 90\text{deg}$ Ruuvien kulma syysuuntaan nähden

$\alpha_{\text{kärki}} := 90\text{deg}$

$l_g := 55\text{mm}$ Ruuvien kierteisen osan pituus

Kanta := 1
 1=C24
 2=GL30c
 3=CLT-pinta

Kärki := 1
 4=CLT-kytki
 5=Vaneri
 6=LVL

$\rho_{\text{LVL}} := 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ LVL-tiheys

$\rho_{\text{vaneri}} := 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Syötä tähän vanerin ominaistiheys

$t_{\text{CLT}} := 10 \cdot d = 60\text{mm}$ CLT:n min paksuus SPAX:n reunaetäisyyksillä muuten käytetään EC5 etäisyyksiä

$t_{\text{vaneri}} := 1.2 \cdot d = 7.2\text{mm}$ Vaneri min paksuus

▣ Osavarmuusluvut

$$\gamma_M := \max(\gamma_{M_kanta}, \gamma_{M_kärki}) = 1.3 \quad \text{Materiaaliminisuuksien osavarmuusluku}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25 \quad \text{Teräsliftoosien varmuuskerron}$$

$$\frac{KV}{\sqrt{d}} := 100\% \quad \text{Köysivaikutuksen kestävyuden rajoitus (SFS-EN 1995-1-1+A1 + AC)}$$

$$d_h := 11.6\text{mm} \quad \text{Kannan halkaisija}$$

▣ Laskenta

$$f_{\text{tens.k}} := \begin{cases} 7.9\text{kN} & \text{if } (d = 5\text{mm}) \\ 11.3\text{kN} & \text{if } (d = 6\text{mm}) \\ 20\text{kN} & \text{if } (d = 8\text{mm}) \\ 30\text{kN} & \text{if } (d = 10\text{mm}) \end{cases} = 11.3\text{kN}$$

$$\rho_{k.1} := \begin{cases} 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kanta = 1) \\ 390 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kanta = 2) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kanta = 3) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kanta = 4) \\ \rho_{\text{vaneri}} & \text{if } (Kanta = 5) \\ \rho_{1v1} & \text{if } (Kanta = 6) \end{cases}$$

$$\rho_{k.1} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{k.2} := \begin{cases} 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kärki = 1) \\ 390 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kärki = 2) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kärki = 3) \\ 350 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \text{if } (Kärki = 4) \\ \rho_{\text{vaneri}} & \text{if } (Kärki = 5) \\ \rho_{1v1} & \text{if } (Kärki = 6) \end{cases}$$

$$\rho_{k.2} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.k.clt.side} := 20 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.5} \cdot \text{MPa} = 8.165 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.1.k} := \frac{0.082 \cdot \frac{\rho_{k.1}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3}}{2.5 \cdot \cos(\alpha_{kanta})^2 + \sin(\alpha_{kanta})^2} \cdot \text{MPa} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{0.082 \cdot \frac{\rho_{k.2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3}}{2.5 \cdot \cos(\alpha_{kärki})^2 + \sin(\alpha_{kärki})^2} \cdot \text{MPa} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h,1,k} := \begin{cases} (f_{h,1,k}) & \text{if (Kanta = 1)} \\ (f_{h,1,k}) & \text{if (Kanta = 2)} \\ (f_{h,1,k}) & \text{if (Kanta = 3)} \\ (f_{h,k,clt,side}) & \text{if (Kanta = 4)} \\ (f_{h,1,k}) & \text{if (Kanta = 5)} \\ (f_{h,1,k}) & \text{if (Kanta = 6)} \end{cases} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{h,2,k} := \begin{cases} (f_{h,2,k}) & \text{if (Kärki = 1)} \\ (f_{h,2,k}) & \text{if (Kärki = 2)} \\ (f_{h,2,k}) & \text{if (Kärki = 3)} \\ (f_{h,k,clt,side}) & \text{if (Kärki = 4)} \\ (f_{h,2,k}) & \text{if (Kärki = 5)} \\ (f_{h,2,k}) & \text{if (Kärki = 6)} \end{cases} = 16.766 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \begin{cases} 5.9 \cdot \text{N} \cdot \text{m} & \text{if (d = 5mm)} \\ 9.5 \cdot \text{N} \cdot \text{m} & \text{if (d = 6mm)} \\ 20 \cdot \text{N} \cdot \text{m} & \text{if (d = 8mm)} \\ 36 \cdot \text{N} \cdot \text{m} & \text{if (d = 10mm)} \end{cases} = 9.5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\beta := \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 1$$

reunapuristuslujuuksien suhde

Ruuvien ulosvetokestävyys

$$l_{ef} := \min(t_2, l_g) = 42 \cdot \text{mm} \quad \text{kierreosan tunkeuma}$$

$$n_{ef} := \max(n^{0.9}, 0.9 \cdot n) = 5.4$$

Ruuvien kierteen ulosvetokestävyys ominaisarvo

$$f_{ax,k} := 11.8 \cdot \text{MPa}$$

$$k_{ax} := \begin{cases} 1 & \text{if } 45 \text{deg} \leq \alpha_{kärki} \leq 90 \text{deg} \\ 0.3 + \frac{0.7 \cdot \alpha_{kärki}}{45 \text{deg}} & \text{if } 15 \text{deg} \leq \alpha_{kärki} < 45 \text{deg} \end{cases} = 1$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} := \frac{n_{ef}}{n} \cdot k_{ax} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot \left(\frac{\rho_{k,2}}{350} \right)^{0.8} = 2.68 \cdot \text{kN}$$

Ruuvien vetomurtuminen

$$f_{\text{tens.d}} := \frac{f_{\text{tens.k}}}{\gamma_{M2}} = 9.04 \text{ kN}$$

Kannan läpivetoalujuus

$$f_{\text{head.k.above20mm}} := \begin{cases} 9.4 \text{ MPa} & \text{if } 23 \text{ mm} < d_h \leq 35 \text{ mm} \\ 14 \text{ MPa} & \text{if } d_h \leq 23 \text{ mm} \end{cases} = 14 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k.12_20mm}} := 8 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k.below20mm}} := 8 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{head.k}} := \begin{cases} f_{\text{head.k.above20mm}} & \text{if } t_1 > 20 \text{ mm} \\ f_{\text{head.k.12_20mm}} & \text{if } 12 \text{ mm} \leq t_1 \leq 20 \text{ mm} \\ f_{\text{head.k.below20mm}} & \text{if } 1.2 \cdot d \leq t_1 < 12 \text{ mm} \end{cases} = 14 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{head.Rk}} := \frac{n_{\text{ef}}}{n} \cdot f_{\text{head.k}} \cdot d_h^2 \cdot \left(\frac{\rho_{k.1}}{350} \right)^{0.8} = 1.695 \text{ kN}$$

Ruuvien ulosvetokestävyys ominaisarvo

$$F_{\text{ax.k.ab}} := \begin{pmatrix} F_{\text{ax.o.Rk}} \\ f_{\text{tens.k}} \\ F_{\text{head.Rk}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2676 \\ 11300 \\ 1695 \end{pmatrix} \text{ N}$$

$$F_{\text{ax.k}} := \begin{cases} (400 \text{ N}) & \text{if } K_{\text{anta}} = 5 \wedge t_1 < 12 \text{ mm} \\ \min(F_{\text{ax.k.ab}}) & \text{otherwise} \end{cases} = 1695$$

$$d_{\text{ef}} := d = 6 \text{ mm}$$

8.2.2 Kahden puuosan sekä puulevyn ja puuosan väliset liitokset

(1) Naulojen, hakasten, pulttien, tappivaamojen ja ruuvien kestävyys ominaisarvona leikkaustasoa ja liittämistä kohti käytetään pienintä arvoa, joka saadaan seuraavista lausekkeista:

— Yksileikkeiset liittimet:

$$F_{v.Rk.a} := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d_{\text{ef}}$$

$$F_{v.Rk.b} := f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d_{\text{ef}}$$

$$F_{v,Rk,c} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \cdot \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,d} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d_{ef}}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef} \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,e} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d_{ef}}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef} \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,f} := \begin{cases} \text{puikkoliitosteoria} \leftarrow 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d_{ef}} \\ \text{köysivaikutus} \leftarrow \min \left(\frac{F_{ax,k}}{4}, \text{KV-puikkoliitosteoria} \right) \\ F_{v,Rk,b} \leftarrow \text{puikkoliitosteoria} + \text{köysivaikutus} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk,l} := \min(F_{v,Rk,a}, F_{v,Rk,b}, F_{v,Rk,c}, F_{v,Rk,d}, F_{v,Rk,e}, F_{v,Rk,f}) = 2013.8 \text{ N} \quad \begin{pmatrix} F_{v,Rk,a} \\ F_{v,Rk,b} \\ F_{v,Rk,c} \\ F_{v,Rk,d} \\ F_{v,Rk,e} \\ F_{v,Rk,f} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4.83 \\ 4.23 \\ 2.31 \\ 2.32 \\ 2.13 \\ 2.01 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

26(26)

$$F_{v,Rd,nL} := \text{Floor} \left[\left(k_{\text{mod}L} \cdot \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10N \right] = 920 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
PITKÄ aikaluokka

$$F_{v,Rd,nM} := \text{Floor} \left[\left(k_{\text{mod}M} \cdot \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10N \right] = 1230 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
KESKIPITKÄ aikaluokka

$$F_{v,Rd,nS} := \text{Floor} \left[\left(k_{\text{mod}S} \cdot \frac{F_{v,Rk,1}}{\gamma_M} \right), 10N \right] = 1700 \text{ N}$$

Yksittäisen ruuvin leikkauskestävyys
HETKELLINEN aikaluokka

$$F_{v,Rk,1} = 2014 \text{ N}$$

$$\text{spacing} := 72 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} := \frac{F_{v,Rd,nS}}{\text{spacing}} = 23.611 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Liite 5. Pää- ja sekundääripalkin välisen ruuviliitoksen suunnitteluohjelmien tulokset.

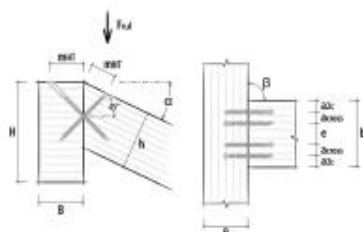
1(11)

PROJECT INFORMATION

Date : 17.5.2020
 Project :
 Client :
 Project address :
 Edited by :
 Joint :
 Notes :

Code of calculation : EN1995:2014 (EU)

Connections with screws fully threaded



VGZ - Full thread cylindrical head fastener 7x220 mm - (cod. VGZ7220)
 - Number of screws: = 2 pcs

CE marking according to ETA 11/0030

CALCULATION DATA

Connections with screws fully threaded

Service class	cl	=	1
Main load duration	ts	=	medium
kmod factor	kmod	=	0,80
Connection safety factor	gamma_M	=	1,30
Action of shear design	F _{v,d}	=	5,00 kN
Main beam width	B	=	115 mm
Height main beam	H	=	360 mm
Type of wood secondary beam		=	Glulam GL30h (homogeneous)
Secondary beam width	b	=	115 mm
Secondary beam height	h	=	360 mm
Type of wood secondary beam		=	Glulam GL30h (homogeneous)
Angle in the vertical plane - secondary beam	alpha	=	0,00 °
Angle in the horizontal plane - secondary beam	beta	=	0,00 °
Number of pairs of connectors		=	2

SCREW DATA

Nominal diameter/thread screw	d1	=	7,0 mm
Shank diameter	ds	=	5,0 mm
Inner core diameter	d2	=	4,6 mm
Head diameter	dk	=	9,5 mm
Screw length	Lv	=	220 mm
Thread length	Lf	=	210 mm

NOTES

Before the construction, all calculation must be verified and approved by the responsible designer
 Mechanical resistance values and geometry refer to product certification
 Verification of timber elements resistance must be realized apart.

CALCULATION RESULTS

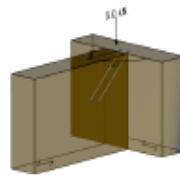
INPUT DATA:		
Service class	cl	= 1
Duration of main load	tq	= medium
kmod factor	kmod	= 0,80
Action of shear design	Fv,d	= 5,00 kN
Main beam width	B	= 115 mm
Height main beam	H	= 360 mm
Type of wood main beam		= GL30c
Secondary beam width	b	= 115 mm
Secondary beam height	h	= 360 mm
Secondary beam width	b	= 115 mm
Secondary beam height	h	= 360 mm
Angle in the vertical plane - secondary beam	α	= 0,00 °
Angle in the horizontal plane - secondary beam	β	= 0,00 °
Type of wood secondary beam		= GL30c
		=
TYPE OF FASTENING:		
Thread diameter	screw VGZ	= 7x220
Shank diameter	df	= 7,0 mm
Inner core diameter	dg	= 5,0 mm
Head diameter	dn	= 4,6 mm
Length of screw	dh	= 9,5 mm
Thread length	lv	= 220 mm
	lf	= 210 mm
		=
SCREW TIP TO BEAM CONNECTION:		
Insertion angle		= 2
Screw on main beam:		=
Assembly distance of main beam	mHT	= 80 mm
Penetration depth head side		= 113 mm
Thread length head side	t1	= 95 mm
Penetration depth tip side		= 110 mm
Thread length tip side	t2	= 95 mm
Angle screw / grain head side - main beam	$\gamma_{2,p}$	= 90,00 °
Angle screw / grain tip side - secondary beam	$\gamma_{2,s}$	= 45,00 °
Withdrawal characteristic resistance of screws head side - main beam	Fax,Rk,3	= 15,83 kN
Withdrawal characteristic resistance of screws tip side - secondary beam	Fax,Rk,4	= 14,39 kN
		=
MAXIMAL STRESSED ELEMENT:		
Total force on the long-axis screws generated by shear	Fax,d,tot	= 7,07 kN
Effective number	nef	= 1,9
Total withdrawal characteristic resistance	Fax,Rk	= 14,39 kN
Total withdrawal design resistance	Fax,Rd	= 8,86 kN
Shear characteristic resistance	Fv,Rk	= 10,18 kN
Shear design resistance of whole connection	Fv,Rd	= 6,26 kN
Stress factor		= 0,80 VERIFIED
		=
VERIFICATION OF SHEAR STRENGTH SECONDARY BEAM:		
Effective height (bounded)	hef	= 158 mm
not bounded height (below screws)	hinf	= 202 mm
kcr factor	kcr	= 0,67
effective width	bef	= 77 mm
Reduction factor	kv	= 0,55
Shear stress on hef	τ	= 0,62 N/mm ²
Shear design resistance (timber)	f _{v,d}	= 2,24 N/mm ²
Verification of shear stress secondary beam		= 0,50 VERIFIED
Verification of shear stress on hef		= 0,28 VERIFIED



Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Osa:		Projektsivu:	1 / 4
Pvä:	06.05.2020	Sivu:	
Ohjelman nimi:	20200317074839	Käyttäjänimi:	

Pää-/sivupalkin liitoksen tarkastustodistus

Mitoitusmääräys: SFS-EN 1995-1-1 + NA



Vaaditut kiinnikkeet

2 x Würth wood screws ASSY plus VG (full thread) 8,0x240 lieriökanta (0165 38 242 sinkitty, sinipassivoitu / 0165 38 240 sinkitty, keltapassivoitu)

Pääpalkki

Leveys	b_{HT}	=	11,5 cm
Korkeus	h_{HT}	=	36,0 cm
Materiaali			Liimepuu, yhdistetty
Lujuusluokka			GL30c
Tilavuuspaino	$\rho_{L,HT}$	=	390 kg/m ³
Modifikaatiokerroin	$k_{mod,HT}$	=	0,80
osittainen turvakerroin	$\gamma_{M,HT}$	=	1,20

Sivupalkki

Leveys	b_{NT}	=	11,5 cm
Leveys	h_{NT}	=	36,0 cm
Materiaali			Liimepuu, yhdistetty
Lujuusluokka			GL30c
Tilavuuspaino	$\rho_{L,NT}$	=	390 kg/m ³
Modifikaatiokerroin	$k_{mod,NT}$	=	0,80
osittainen turvakerroin	$\gamma_{M,NT}$	=	1,20

Litäntägeometria

Suuntakulma vaakasuora	β	=	90,0°
Suuntakulma pystysuora	γ	=	0,0°

Kuormitus

Käyttöluokka		=	1
Kuormituksen kestoaika		=	keski
Mitoituskuorma	V_d	=	5,00 kN



Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Osa:		Projektilisä:	
Pvä:	06.05.2020	Sivu:	2 / 4
Ohjelman nimi:	20200317074839	Käyttäjänimi:	

Ruuvikiinnitys

Pääpalkki

Asennusmitta	m_{HT}	=	4,8 cm
Ruuvaussyvyys	s_{HT}	=	0,0 cm
Ruuvauskulma	$\alpha_{Sr,HT}$	=	45,0°

Sivupalkki

Asennusmitta	m_{NT}	=	---
Ruuvaussyvyys	s_{NT}	=	---
Ruuvauskulma	$\alpha_{Sr,NT}$	=	---
Ruuvien etäisyys sivupuusta	$a_{2,c}$	=	3,8 cm
Ruuvien keskinäinen etäisyys	a_2	=	4,0 cm

Liitososa

Valittu	2 x 1 Würth wood screws ASSY plus VG (full thread) 8,0x240 lieriökanta
Tuotekoodi	0165 38 242 sinkitty, sinipassivoitu / 0165 38 240 sinkitty, keltapassivoitu
Mitoitusmääräys	ETA-11/0190
halkaisija	d = 8,0 mm
kannan halkaisija	d_k = 10,0 mm
Pituus	l = 240 mm
vetolujuus	$F_{tens,k}$ = 22,0 kN
myötö momentti	$M_{y,k}$ = 23,0 Nm
Ruuvien kokonaislukumäärä	n = 2
Ruuvien tehollinen lukumäärä	n_{ef} = 1,87
osittainen turvakertoimen	γ_M = 1,30

Vetolujuus

osa		HT	NT	
tehollinen kierteen pituus	$l_{ef,i}$	68	172	mm
Kiinnikkeen akselikulma - syyn suuntaan	α_i	90,0	45,0	°
kulmakerroin	$k_{ax,i}$	1,00	1,00	-
kulmakerroin	$k_{p,i}$	1,00	1,00	-
Ulosvetoparametri	$f_{ax,k,i}$	11,0	11,0	N/mm ²
...Tilavuuspaino - $f_{ax,k,i}$	$\rho_{k,i}$	390	390	kg/m ³
...liittyvä tiheys - $f_{ax,k,i}$	$\rho_{a,i}$	350	350	kg/m ³

Ominainen ulosveto kapasiteetti

$$F_{ax,Rk,HT} = f_{ax,k,HT} \cdot d \cdot l_{ef,HT} \cdot (\rho_{k,HT} / \rho_{a,HT})^{0,9} = 6,51 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk,NT} = f_{ax,k,NT} \cdot d \cdot l_{ef,NT} \cdot (\rho_{k,NT} / \rho_{a,NT})^{0,9} = 16,5 \text{ kN}$$

Ominaisuudet aksiaaliseen vetolujuudelle

$$F_{ax,Rk} = \min\{F_{ax,Rk,HT}; F_{ax,Rk,NT}; F_{tens,k}\} = 6,51 \text{ kN}$$

Nimellisarvo aksiaaliseen vetolujuudelle

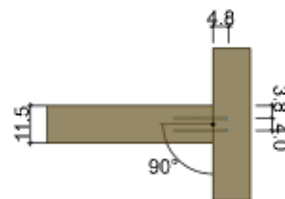
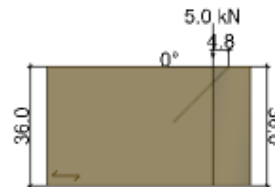
$$F_{ax,Rd} = \min\{k_{mod,HT} \cdot F_{ax,Rk,HT}; k_{mod,NT} \cdot F_{ax,Rk,NT}; F_{tens,k}\} / \gamma_M = 4,01 \text{ kN}$$

Mitoitusarvo liitoksen sall.kuormitukselle

$$V_{ed} = n_{ef} \cdot F_{ax,Rd} \cdot (\sin(\alpha_{d,i}) + \mu \cdot \cos(\alpha_{d,i})) = 6,61 \text{ kN}$$



Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Ose:		Projektisivu:	
Pvä:	06.05.2020	Sivu:	3 / 4
Ohjelman nimi:	20200317074839	Käyttäjänimi:	



käsittelyohjeet määritettyjen laskentatulosten käytöstä

1. Würth mitoitusohjelma perustuu ETA-11/0190 hyväksyntään
2. Mitoitus perustuu ohjelman asetuksiin EN 1991-1-1/3/4 ja EN 1995-1-1 mukaisesti (Eurooppalaisiin standardeihin kansallisten liiteiden kanssa).
3. Kiinnikkeet on ruuvattava ilman esiporausta jos ei toisin mainita.
4. Staattisen laskennan, järjestyksen, ruuvien lukumäärän ja muun sisällön laskemiseen Würth Assy puuruuvien käyttöön lasketaan Würth mitoitusohjelmassa.
5. Vaastuullisen rakennesuunnittelijan on tarkistettava ja julkaistava kaikki laskelmat ennen käyttöönottoa.



Projektin nimi:		Ohjelman nimi:	
Osa:		Projektisivu:	
Pvä:	06.05.2020	Sivu:	4 / 4
Ohjelman nimi:	20200317074839	Käyttäjänimi:	

TÄRKEÄÄ

Tulostustiedostossa mainitut mitat, jotka on laskettu Würth mitoitusohjelman avulla, oikeellisuus on tarkistettava. Suositeltuja arvoja, malleja ja ruuvien lukumäärää on pidettävä vain suunnittelun apuvälineenä. Suunnittelijan ja/tai arkkitehdin on tarkistettava oikeellisuus. Vastaaava voimassa oleva käyttöoikeussopimus, yksityisyydensuojalauseke ja sen termit ja ehdot ovat perusta ja käyttäjän hyväksyntä ennen Würth mitoitusohjelman aloitusta.



SPAX Design Software v2.2.1

Pää-/sivukannattajan liitos - M06

Projekti 22

M06 - Sivukannattajan / pääkannattajan liitos 1

RUUVILIITOS

2 kpl SPAX 8,0 x 240 mm

Täyskierre - Kärki CUT
ETA-12/0114

Kanta	Teräs	Ruuvaus	Pakkaus	SPAX-Nro	EAN-Nro
Sylinterikanta	WIROX A9J	T-STAR plus T 40	50 kpl	1221010802405	4003530246456

PROJEKTI

Nimi
Projekti 22

Osoite

Postikoodi Kaupunki

Maa

ASIAKAS

Nimi

Asiakasnumero

Osoite

Postikoodi Kaupunki

Maa

SUUNNITTELUNORMI

DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2

Puhelin

Faksi

Sähköposti

OSAT

	Pääkannattaja [1]	Sivukannattaja [2]
Leveys	115	115 mm
Korkeus	360	360 mm
Materiaali	Glulam	Glulam
Lujuusluokka	GL30c	GL30c
Esiporaus	Ilman esiporausta	Ilman esiporausta

KUORMAT

Kuorma 5,0 kN
 Kuorman aikaluokka Keskipitkä
 Käyttöluokka 1

RUUVIN OMINAISUUDET

Ruuvikanta samassa tasossa palkin yläpinnan suhteen

si-
 jainti
 d_1 8,0 mm
 d_2 5,0 mm
 d_{head} 10,0 mm
 L 240 mm
 $f_{ax,k}$ 12,00 N/mm²
 $f_{ten,k}$ 17,00 kN



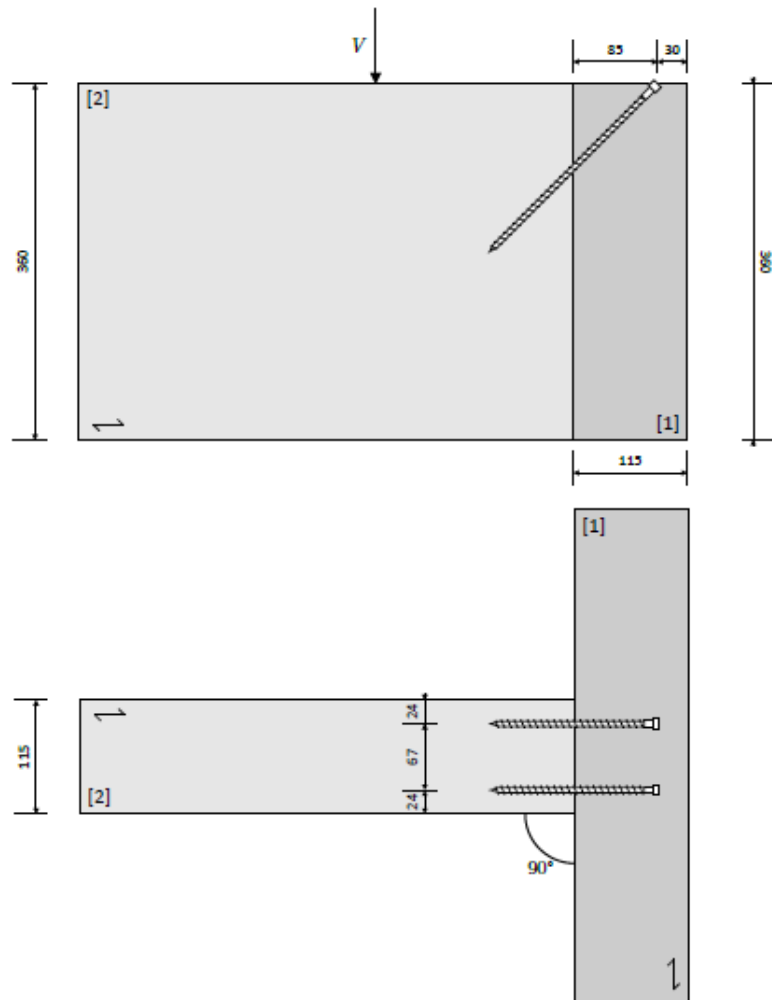
SPAX Design Software v2.2.1
Pää-/sivukannattajan liitos - M06

HUOMIOT

1. Mitoitus DIN EN 1995-1-1:2010-12+A1+A2 ja kansallisten liitteiden sekä ETA-12/0114 mukaan
2. Puumateriaalien ominaislujuudet ovat EN 338:2009 (rakennepuu), EN 14080:2013 (liimapuu) ja/tai kansallisten määräysten mukaiset.
3. Ruuvien suunnittelu, asettelu, ruuvien määrä ja myöhempänä esitetyt yksityiskohdat ovat voimassa ainoastaan SPAX täyskierreruuveille ETA-12/0114 mukaisesti, kuten SPAX Design ohjelmistossa on osoitettu.
4. Ruuveja tulee käyttää pääasiassa ainoastaan staattisille kuormille.
5. Ruuvit voidaan asentaa ilman esiporausta ellei toisin mainittu.
6. Pääkannattaja on tuettu sivusuunnassa.
7. Palkin syysuuntaa vastaan kohtisuora vetolujuus on tarkasteltava erikseen.
8. Epäkeskisyydestä aiheutuvat liitoksen lisämomentit ja poikkileikkauksen heikennykset on tarkasteltava erikseen.
9. Päärakennesuunnittelijan tulee tarkastaa ja allekirjoittaa kaikki laskelmat ennen asennusta.

TÄRKEÄÄ

SPAX Design ohjelmistoon syötetyt arvot on tarkastettava laskentaraportista tulostarkkuuden parantamiseksi. Lisäksi suunnittelun avustamiseksi annetut suositusarvot ja ruuvien tyyppi sekä määrätiedot on tarkistettava pätevän suunnittelijan toimesta. Viimeisin versio käyttäjäsoituksesta, yksityissuojasta ja yleisistä toimitusehdoista on voimassa ja ovat käyttäjän hyväksymät ennen SPAX Design ohjelmiston käyttöä.



[mm]

LIITINVÄLIEN JA REUNAETÄISYYKSIEN VÄHIMMÄISARVOT

Etäisyys	Min.		Todellinen
a_2	20 mm	∧	67 mm
$a_{4,e}$	24 mm	∧	24 mm
$a_{3,e}$	40 mm	∧	42 mm



SPAX Design Software v2.2.1

Pää-/sivukannattajan liitos - M06

MITOITUS**Kierreosan ulosvetokestävyys pääkannattajassa [1]**

d_1	8,00 mm
$f_{ax,k,1}$	12,00 N/mm ²
$l_{ef,1}$	120,00 mm
α	90,00 °
$\rho_{k,1}$	390,00 kg/m ³
$R_{ax,k,1} = f_{ax,k,1} \cdot d_1 \cdot l_{ef,1} \cdot \left(\frac{\rho_{k,1}}{350}\right)^{0,8} \cdot \frac{1}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$	12 561,74 N

1 leikkeinen liitos

d_1	8,00 mm
$f_{ax,k,2}$	12,00 N/mm ²
$l_{ef,2}$	120,00 mm
α	45,00 °
$\rho_{k,2}$	390,00 kg/m ³
$R_{ax,k,2} = f_{ax,k,2} \cdot d_1 \cdot l_{ef,2} \cdot \left(\frac{\rho_{k,2}}{350}\right)^{0,8} \cdot \frac{1}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$	11 419,76 N

Kannan läpivetokestävyys

d_h	10,00 mm
$f_{head,k,1}$	0,00 N/mm ²
$\rho_{k,1}$	390,00 kg/m ³
k_t	1,30
$R_{head,k,1} = k_t \cdot f_{head,k,1} \cdot d_h^2 \cdot \left(\frac{\rho_{k,1}}{350}\right)^{0,8}$	0,00 N

Ruuvien vetolujuus

$f_{tens,k}$	17 000,00 N
--------------	-------------



SPAX Design Software v2.2.1
Pää-/sivukannattajan liitos - M06

Tarkastus

V_d	5,00 kN
γ	45 °
$F_{i,0,d} = \frac{V_d}{\sin\gamma}$	7,07 kN
n_{eff}	2
$k_{mod,1}$	0,80
γ_M	1,30
$R_{ax,d,1} = R_{ax,k,1} \cdot \frac{k_{mod,1}}{\gamma_M}$	7,73 kN
$k_{mod,2}$	0,80
γ_M	1,30
$R_{ax,d,2} = R_{ax,k,2} \cdot \frac{k_{mod,2}}{\gamma_M}$	7,03 kN
$k_{mod,1}$	0,80
γ_M	1,30
$R_{head,d,1} = R_{head,k,1} \cdot \frac{k_{mod,1}}{\gamma_M}$	0,00 kN
γ_M	1,30
$f_{tens,d}$	13,08 kN
$R_{ax,d} = \min(\max(R_{ax,d,1}; R_{head,d,1}); R_{ax,d,2}; f_{tens,d})$	7,03 kN
$\eta_{ax} = \frac{F_{i,0,d}}{n_{eff} \cdot R_{ax,d}}$	50,31 %

Liite 6. Pää- ja sekundääripalkin välisen ruuviliitoksen laskentapohjien tulokset.

1(7)

Sweco Rakennetekniikka Oy



RAKENNELASKELMA

nro:

Työnumero: xxxx
 Kohde: xxxx
 Laskelman laatija: FIHENT
 Päiväys: 27.10.2015
 Käytetty normi: xxxx
 Rakenne /
 rakenneosat: xxxx
 Sijainti: xxxx

Risti-vetoruuviliitos ROTHBLAAS

$d := 7\text{mm}$	ruuvien halkaisija
$l_m := 220\text{mm}$	liittimen pituus
$\alpha := 90\text{deg}$	ruuvien kulma syysuuntaan nähden ruuvien kannan puoleisessa puussa
$\beta := 45\text{deg}$	ruuvien kulma syysuuntaan nähden ruuvien kärjen puoleisessa puussa
$\gamma := 45\text{deg}$	ruuvauskulma
$\rho_k := 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
$\gamma_M := 1.3$	materiaalimomintuuksien osavarmuusluku
$\gamma_{M2} := 1.25$	teräslitostosten varmuuskerroin
$k_{\text{mod}} := 0.8$	kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin
$l_{g,1} := 113\text{mm}$	kierteosan tunkeuma kannan puoleisessa puussa
$l_{g,2} := 110\text{mm}$	kierteosan tunkeuma kärjen puoleisessa puussa
$F_{Ed} := 5\text{kN}$	ruuviliitokselle tuleva kuorma
$n := 2$	ruuviliitoksen lukumäärä

Ruuviliitoksen kestävyys

 $d_{ef} := 5\text{mm} \cdot 1.1 = 5.5\text{mm}$ $f_{ax,k} := 11.7\text{MPa}$

2(7)

$$n_{ef} := n$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} := \begin{cases} 0 & \text{if } \alpha \leq 15 \text{deg} & - 10.09 \text{ kN} \\ \frac{\frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot 1_{g,1}}{1.2 \cdot \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2} \cdot \left(\frac{\rho_k}{350} \right)^{0.8} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ulosveto_{puu1} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 6210 \text{ N}$$

$$F_{ax,\beta,Rk} := \begin{cases} 0 & \text{if } \beta \leq 15 \text{deg} & - 8.93 \text{ kN} \\ \frac{\frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot 1_{g,2}}{1.2 \cdot \cos(\beta)^2 + \sin(\beta)^2} \cdot \left(\frac{\rho_k}{350} \right)^{0.8} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ulosveto_{puu2} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,\beta,Rk}}{\gamma_M} = 5496 \text{ N}$$

$$f_{tens,k} := \begin{cases} 2.8 \text{ kN} & \text{if } d = 3 \text{ mm} & - 15.4 \text{ kN} \\ 3.8 \text{ kN} & \text{if } d = 3.5 \text{ mm} \\ 5 \text{ kN} & \text{if } d = 4 \text{ mm} \\ 6.4 \text{ kN} & \text{if } d = 4.5 \text{ mm} \\ 7.9 \text{ kN} & \text{if } d = 5 \text{ mm} \\ 11.3 \text{ kN} & \text{if } d = 6 \text{ mm} \\ 15.4 \text{ kN} & \text{if } d = 7 \text{ mm} \\ 20.1 \text{ kN} & \text{if } d = 8 \text{ mm} \\ 25.4 \text{ kN} & \text{if } d = 9 \text{ mm} \\ 31.4 \text{ kN} & \text{if } d = 10 \text{ mm} \\ 38 \text{ kN} & \text{if } d = 11 \text{ mm} \\ 33.9 \text{ kN} & \text{if } d = 12 \text{ mm} \end{cases}$$

$$f_{tens,d} := \frac{f_{tens,k}}{\gamma_{M2}} = 12.32 \text{ kN} \quad \text{ruuvien vetokestävyyys (EC3 1-8 taulukko 3.4)}$$

☐ Ruuviliitoksen kestävyys

Puristuskestävyys:

$$Ulosveto_{puu1} = 6.2 \text{ kN}$$

$$Ulosveto_{puu2} = 5.5 \text{ kN}$$

$$Ruuvi_{puristusmurto} := 0.8 \cdot f_{tens,d} = 9.9 \text{ kN}$$

$$R_{C,d} := \min(Ulosveto_{puu1}, Ulosveto_{puu2}, Ruuvi_{puristusmurto}) = 5.5 \text{ kN}$$

RAKENNELASKELMA

nro:

Työnumero: xxxx
 Kohde: xxxx
 Laskelman laatija: FIHENT
 Päiväys: 27.10.2015
 Käytetty normi: xxxx
 Rakenne /
 rakenneosat: xxxx
 Sijainti: xxxx

Risti-vetoruuviliitos Wurth

$d := 8\text{mm}$	ruuvien halkaisija
$l_n := 240\text{mm}$	liittimen pituus
$\alpha := 90\text{deg}$	ruuvien kulma syysuuntaan nähden ruuvien kannan puoleisessa puussa
$\beta := 45\text{-deg}$	ruuvien kulma syysuuntaan nähden ruuvien kärjen puoleisessa puussa
$\gamma := 45\text{deg}$	ruuvauskulma
$\rho_k := 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
$\gamma_M := 1.2$	materiaalimomintuuksien osavarmuusluku
$\gamma_{M2} := 1.25$	teräslitostosten varmuuskerroin
$k_{\text{mod}} := 0.8$	kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin
$l_{g,1} := 68\text{mm}$	kierteosan tunkeuma kannan puoleisessa puussa
$l_{g,2} := 172\text{mm}$	kierteosan tunkeuma kärjen puoleisessa puussa
$F_{Ed} := 5\text{kN}$	ruuviliitokselle tuleva kuorma
$n := 2$	ruuviliitoksen lukumäärä

 Ruuviliitoksen kestävyys

$$d_{ef} := 5\text{mm} \cdot 1.1 = 5.5\text{mm}$$

3(7)

$$f_{ax,k} := \begin{cases} 12\text{MPa} & \text{if } 2.5\text{mm} \leq d \leq 5\text{mm} & = 11\text{MPa} \\ 11.5\text{MPa} & \text{if } 6\text{mm} \leq d \leq 7\text{mm} \\ 11\text{MPa} & \text{if } d = 8\text{mm} \\ 10\text{MPa} & \text{if } d \geq 10\text{mm} \end{cases}$$

Ruuvien kierteen ulosvetokestävyyden ominaisarvo

$$k_{ax} := \begin{cases} 1 & \text{if } (45\text{deg} \leq \alpha \leq 90\text{deg}) & = 1 \\ 0.3 + \frac{0.7 \cdot \alpha}{45\text{deg}} & \text{if } (0\text{deg} \leq \alpha \leq 45\text{deg}) \end{cases}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} := k_{ax} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{g,1} \left(\frac{\rho_k}{350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8} = 6.53 \cdot \text{kN}$$

EC5-1-1 kaava 40a

$$Ulosveto_{puu1} := k_{mod} \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 4350 \text{ N}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} := k_{ax} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{g,2} \left(\frac{\rho_k}{350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8} = 16.5 \cdot \text{kN}$$

EC5-1-1 kaava 40a

$$Ulosveto_{puu2} := k_{mod} \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 11003 \text{ N}$$

$$f_{tens,k} := \begin{cases} 11\text{kN} & \text{if } (d = 6\text{mm}) & = 20 \cdot \text{kN} \\ 20\text{kN} & \text{if } (d = 8\text{mm}) \\ 26\text{kN} & \text{if } (d = 10\text{mm}) \\ 41\text{kN} & \text{if } (d = 12\text{mm}) \end{cases}$$

$$f_{tens,d} := \frac{f_{tens,k}}{\gamma_{M2}} = 16 \cdot \text{kN} \quad \text{ruuvien vetokestävyyden ominaisarvo (EC3 1-8 taulukko 3.4)}$$

Ruuviliitoksen kestävyys

Puristuskestävyys:

$$Ulosveto_{puu1} = 4.4 \cdot \text{kN}$$

$$Ulosveto_{puu2} = 11 \cdot \text{kN}$$

$$Ruuvi_{puristusmurto} := 0.8 \cdot f_{tens,d} = 12.8 \cdot \text{kN}$$

$$R_{C,d} := \min(Ulosveto_{puu1}, Ulosveto_{puu2}, Ruuvi_{puristusmurto}) = 4.35 \cdot \text{kN}$$

Vetokestävyyden ominaisarvo:

4(7)

$$Ulosveto_{puu1} = 4.4 \text{ kN}$$

$$Ulosveto_{puu2} = 11 \text{ kN}$$

$$Ruuvi_{vetomurto} := f_{tens.d} = 16 \text{ kN}$$

$$R_{T.d} := \min(Ulosveto_{puu1}, Ulosveto_{puu2}, Ruuvi_{vetomurto}) = 4.35 \text{ kN}$$

Ristiruuviliitos:

$$R_{d,rr} := n^{0.9} \cdot (R_{C.d} + R_{T.d}) \cdot \cos(\gamma) = 11.5 \text{ kN}$$

$$\text{Käyttöaste}_{rr} := \frac{F_{Ed}}{R_{d,rr}} = 43.6\%$$

Vedetty

vinoruuviliitos:

$$\mu := 0$$

$$R_{d,vr} := n^{0.9} \cdot R_{T.d} \cdot (\cos(\gamma) + \mu \cdot \sin(\gamma)) = 5.7 \text{ kN}$$

$\text{Käyttöaste}_{vr} := \frac{F_{Ed}}{R_{d,vr}} = 87.1\%$
--

RAKENNELASKELMA

nro:

Työnumero: xxxx
 Kohde: xxxx
 Laskelman laatija: FIHENT
 Päiväys: 27.10.2015
 Käytetty normi: xxxx
 Rakenne /
 rakenneosat: xxxx
 Sijainti: xxxx

Risti-vetoruuviliitos SPAX

$d := 8\text{mm}$	ruuvin halkaisija
$L_n := 240\text{mm}$	liittimen pituus
$\alpha := 90\text{deg}$	ruuvin kulma syysuuntaan nähden ruuvin kannan puoleisessa puussa
$\beta := 45\text{-deg}$	ruuvin kulma syysuuntaan nähden ruuvin kärjen puoleisessa puussa
$\gamma := 45\text{deg}$	ruuvauskulma
$\rho_{k1} := 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	ruuvin kannan puoleisen puun ominaistheys
$\rho_{k2} := 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	ruuvin kärjen puoleisen puun ominaistheys
$\gamma_M := 1.3$	materiaaliominaisuuksien osavarmuusluku
$\gamma_{M2} := 1.25$	teräslitostosten varmuuskerroin
$k_{\text{mod}} := 0.8$	kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin
$l_{g,1} := 120\text{mm}$	kierteosan tunkeuma kannan puoleisessa puussa
$l_{g,2} := 120\text{mm}$	kierteosan tunkeuma kärjen puoleisessa puussa
$F_{Ed} := 5\text{kN}$	ruuviliitokselle tuleva kuorma
$n := 2$	ruuviliitoksen lukumäärä

 Ruuviliitoksen kestävyys

$$d_{ef} := 5\text{mm} \cdot 1.1 = 5.5\text{-mm}$$

6(7)

$$f_{ax,k} := \begin{cases} 14\text{MPa} & \text{if } 2.5\text{mm} \leq d \leq 5\text{mm} - 12\text{MPa} \\ 12\text{MPa} & \text{if } 6\text{mm} \leq d \leq 8\text{mm} \\ 11.5\text{MPa} & \text{if } d = 10\text{mm} \\ 11\text{MPa} & \text{if } d = 12\text{mm} \\ 10\text{MPa} & \text{if } d = 16\text{mm} \end{cases}$$

$$n_{ef} := n$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} := \begin{cases} 0 & \text{if } \alpha \leq 15\text{deg} & - 12.56\text{ kN} \\ \frac{\frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{g,1}}{1.2 \cdot \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2} \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ulosveto_{puu1} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 7730\text{ N}$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} := \begin{cases} 0 & \text{if } \beta \leq 15\text{deg} & - 11.42\text{ kN} \\ \frac{\frac{n_{ef}}{n} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{g,2}}{1.2 \cdot \cos(\beta)^2 + \sin(\beta)^2} \cdot \left(\frac{\rho_{k2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0.8} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ulosveto_{puu2} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{\gamma_M} = 7028\text{ N}$$

core diameter

$$f_{tens,k} := \begin{cases} 2\text{kN} & \text{if } d = 2.5\text{mm} & - 17\text{ kN} \\ 2.8\text{kN} & \text{if } d = 3\text{mm} \\ 3.8\text{kN} & \text{if } d = 3.5\text{mm} \\ 5\text{kN} & \text{if } d = 4\text{mm} \\ 6.4\text{kN} & \text{if } d = 4.5\text{mm} \\ 7.9\text{kN} & \text{if } d = 5\text{mm} \\ 11\text{kN} & \text{if } d = 6\text{mm} \\ 13\text{kN} & \text{if } d = 7\text{mm} \\ 17\text{kN} & \text{if } d = 8\text{mm} \\ 28\text{kN} & \text{if } d = 10\text{mm} \\ 38\text{kN} & \text{if } d = 12\text{mm} \end{cases}$$

$$d_2 := \begin{cases} 1.7\text{mm} & \text{if } d = 2.5\text{mm} & - 5\text{ mm} \\ 1.9\text{mm} & \text{if } d = 3\text{mm} \\ 2.2\text{mm} & \text{if } d = 3.5\text{mm} \\ 2.5\text{mm} & \text{if } d = 4\text{mm} \\ 2.8\text{mm} & \text{if } d = 4.5\text{mm} \\ 3.2\text{mm} & \text{if } d = 5\text{mm} \\ 3.8\text{mm} & \text{if } d = 6\text{mm} \\ 0\text{mm} & \text{if } d = 7\text{mm} \\ 5\text{mm} & \text{if } d = 8\text{mm} \\ 6.1\text{mm} & \text{if } d = 10\text{mm} \\ 7.3\text{mm} & \text{if } d = 12\text{mm} \end{cases}$$

$$f_{tens,d} := \frac{f_{tens,k}}{\gamma_{M2}} = 13.6\text{ kN} \quad \text{ruuvin vetokestävyyys (EC3 1-8 taulukko 3.4)}$$

 Ruuviliitoksen kestävyys

Puristuskestävyyys:

7(7)

$$Ulosveto_{puu1} = 7.7 \text{ kN}$$

$$Ulosveto_{puu2} = 7 \text{ kN}$$

$$Ruuvi_{puristusmurto} := 0.8 \cdot f_{tens,d} = 10.9 \text{ kN}$$

$$R_{C,d} := \min(Ulosveto_{puu1}, Ulosveto_{puu2}, Ruuvi_{puristusmurto}) = 7.03 \text{ kN}$$

Vetokestävyys:

$$Ulosveto_{puu1} = 7.7 \text{ kN}$$

$$Ulosveto_{puu2} = 7 \text{ kN}$$

$$Ruuvi_{vetomurto} := f_{tens,d} = 13.6 \text{ kN}$$

$$R_{T,d} := \min(Ulosveto_{puu1}, Ulosveto_{puu2}, Ruuvi_{vetomurto}) = 7.03 \text{ kN}$$

Ristiruuviliitos:

$$R_{d,rr} := n^{0.9} \cdot (R_{C,d} + R_{T,d}) \cdot \cos(\gamma) = 18.5 \text{ kN}$$

$$\text{Käyttöaste}_{rr} := \frac{F_{Ed}}{R_{d,rr}} = 27.9\%$$

Vedetty**vinoruuviliitos:**

$$\mu := 0$$

$$R_{d,vr} := n^{0.9} \cdot R_{T,d} \cdot (\cos(\gamma) + \mu \cdot \sin(\gamma)) = 9.3 \text{ kN}$$

$$\text{Käyttöaste}_{vr} := \frac{F_{Ed}}{R_{d,vr}} = 53.9\%$$

$$l_{ef} := \min(l_{g,1}, l_{g,2}) = 120 \text{ mm}$$

$$k_{ser} := 25 \cdot \frac{d}{\text{mm}} \cdot \frac{l_{ef}}{\text{mm}} \cdot \frac{N}{\text{mm}} = 24 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

