

Jari Kankaanpää

PIENHALLIN PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2011

## PIENHALLIN PUURAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Kankaanpää, Jari  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Syyskuu 2011  
Ohjaaja: Sandberg, Rauno  
Sivumäärä: 46  
Liitteitä: 10

Avainsanat: pienhalli, rakennesuunnittelu, puurakenteet

---

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä rakennesuunnittelu puolilämpimään autokatoksella varustettuun pienhalliin. Rakennuspaikka sijaitsee Ulvilassa Paluksen kylässä. Rakennuksesta oli valmiina rakennuslupakuvat, joten rakennesuunnittelu tehtiin niiden pohjalta.

Rakennus toteutetaan puurakenteisena. Suunnittelun lähtökohtana olivat kaikki puiset rakenteet, joihin kohdistuu merkittävää raskautta, kuten aukkojen ylityspalkit ja niitä kannattelevat pilarit. Suunnitteluun kuului myös rakennuksen kokonaisjäykistys. Opinnäytetyössä ei tarkemmin perehdytä kattoristikoiden suunnitteluun, vaan ainoastaan arvoihin, jotka tulee ilmoittaa ristikkotehtäälle niitä tilattaessa.

## THE DESIGN OF THE WOOD STRUCTURES OF A SMALL HALL

Kankaanpää, Jari  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
September 2011  
Supervisor: Sandberg, Rauno  
Number of pages: 46  
Appendices: 10

Keywords: small hall, construction design, wooden structures.

---

The subject of this thesis was to do a construction design of a partly heated small hall equipped with a carport. The construction site is located in Ulvila, in a village called Palus. Construction permit photographs of the building were already available, so the construction design was based on them.

The building will be done in wooden structure. The starting points of the design process were all the wooden structures which were going to be under major pressure, like crossing bars of gables and the pillars supporting them. The construction design also included the reinforcement of the whole building. This thesis, however, doesn't focus on the design of the roof truss, only on the parameters that need to be informed to the company manufacturing the roof trusses when placing an order from them.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	6
	2.1 Tavoitteet.....	6
	2.2 Toteutus.....	6
3	RAKENTEIDEN KESTÄVYYS.....	6
	3.1 Kuormat.....	6
	3.1.1. Lumikuorma.....	7
	3.1.2. Tuulikuorma.....	7
	3.2 Ruoteimet.....	10
	3.3 Poikapuut.....	11
	3.4 Ristikoiden kiinnitys.....	12
	3.5 Aukonylityspalkki.....	12
	3.6 Tolpat.....	13
4	JÄYKISTÄMINEN.....	13
	4.1 Ristikoiden jäykistys.....	13
	4.2 Seinät.....	14
	4.3 Tolppien alapään kiinnitys.....	15
	4.4 Alajuoksun kiinnitys.....	16
	LÄHTEET.....	17
	LIITELUETTELO.....	18

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi pienhallin puurakenteiden suunnittelun vaiheet. Rakennesuunnittelussa on käytetty eurokoodi-standardeja. Parhaimmaksi tiedonlähteeksi osoittautui Puuinfon Puurakenteiden Lyhennetty suunnitteluohje, Eurokoodi 5. Opinnäytetyön idea lähti tekijän omista tarpeista rakentaa itselleen omien halujen ja toivomusten mukainen rakennus. Rakennuksen runko- ja julkisivumateriaaliksi valittiin puu, jotta se tulisi sopimaan muiden samalla tontilla sijaitsevien rakennusten joukkoon. Rakennuksesta oli jo valmiina rakennuslupakuvat, joten rakennuksesta valittiin tarkasteltaviksi ne kohdat, joihin kohdistuu huomattavia voimia ja pitkäaikaisempia rasituksia.

## 2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli suunnitella puurakenteet autokatoksella varustettuun pienhalliin. Lähtökohtana olivat käytännölliset, varastomittojen mukaiset rakenteet ilman, että jouduttaisiin tinkimään rakenteen lujuudesta. Mieluummin tehtiin hieman liiankin järeitä ratkaisuja rakentajan omien näkemysten vuoksi.

### 2.2 Toteutus

Suunnittelu aloitettiin tutkimalla valmiita rakennuslupakuvia (Liitteet 1,2,3) ja selvittämällä rakennukseen kohdistuvia voimia. Kuvista saatiin selville kriittisimmät rakennekohdat ja niiden mitat. Näitä olivat esimerkiksi aukkojen leveydet ja korkeudet. Saatujen mittojen pohjalta aloitettiin palkkien, pilarien ja kokonaisykäytävien laskenta. Tarkasteltavien kohtien pohjalta tehtiin laskelmat ja tarvittavat lisäkuvat. Kaikki rakennemitoitukset tehtiin Finnwood 2.3 laskentaohjelmalla /1/.

## 3 RAKENTEIDEN KESTÄVYYS

### 3.1 Kuormat

Rakenteiden riittävän kestävyys saavuttamiseksi tulee ensin selvittää rakennukseen kohdistuvat voimat, kuten tuulen maksimikuormittavuus sekä lumikuormat. Kuormia laskettaessa tulee ottaa huomioon myös rakenteiden omapaino, joka tosin pienemmissä rakennuksissa ei tavallisesti aiheuta lisätarkasteluja. Tarkasteltaviksi rakenteiksi valitaan kuormituksen kannalta kriittisimmät kohdat. Tässä työssä laskelmia vaativia rakenteita ovat aukon ylityspalkki, runkotolpat ja kattorakenteista ruoteet ja poikapuut eli päätyvasat. NR-ristikoiden mitoittamista ei käsitellä tässä opinnäytetyössä, vaan ristikoiden mitoittaminen tapahtuu ristikkotehtaan

toimesta, ja ne asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ristikkovalmistajalle ilmoitetaan seuraavat asiat: k/k-jako ja geometriatiedot sekä kuormat. Näiden asioiden lisäksi lasketaan rakennuksen kokonaisjäykistys. Rakenteet on suunniteltu Eurokoodi- standardin mukaisesti.

Eurokoodi-suunnittelustandardista valitaan ensin rakenteen seuraamusluokka CC1, joten kertoimen  $k_{fi} = 0,9$  /2/. Tämän jälkeen kuormien laskeminen aloitetaan kuormitusyhdistelmillä. Murtorajatilan selvittämiseksi tulee laskea kaksi epäedullista kuormitusyhdistelmää, joista valitaan epäedullisempi. Epäedulliset kuormat ovat  $1,35 * k_{fi} * G$  tai  $1,15 * k_{fi} * G + 1,5 * k_{fi} * Q$ . Edulliset kuormat lasketaan seuraavalla kaavalla  $0,9 * G$ .

### 3.1.1 Lumikuorma

Lumikuorman arvo maassa selvitettiin puurakenteiden lyhennetystä suunnitteluohjeesta. Lumikuorman arvo vaihtelee eri puolilla Suomea. Porissa arvo on  $s_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ . Lumikuorma katolla lasketaan kaavasta  $q_s = \mu * C_e * C_t * s_k$ . Kertoimet  $C_e$  ja  $C_t = 1$ . Lumikuorman muotokerroin on  $\mu = 0,8$ . Muotokerroin määräytyy katon kaltevuuden perusteella. Rakennuksen katossa ei ole taasoeroja, joten muita tarkasteluja ei tarvitse tehdä. Näin ollen lumikuorma katolla on  $q_s = 0,8 * 1 * 1 * 2 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.1.2 Tuulikuorma

Tuulikuorman määrittelyyn käytetään yksinkertaistettua menettelyä, joka on esitetty Puuinfon ohjeessa; Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje /3/. Yksinkertaista menettelyä voidaan käyttää tavanomaisten rakennuksien yhteydessä. Mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle erotetaan mitoitus tapaukset A ja B. Tapauksessa A rakennuksen tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitus lasketaan kokonaistuu-likuormalle (rakennuksen kokonaisstabiliteetti). Tapauksessa B tarkastellaan rakennuksen tai rakenteen osapintojen ja niiden kiinnitysten mitoitusta paikalliselle tuulenpaineelle. Rakennus sijaitsee alueella, jonka maastoluokka on III. Maastoluokka III käsittää esikaupunki- tai teollisuusalueet, metsät, sekä matalat pientalo-

alueet ja kylät. Maastoluokka valitaan ”Eurokoodi 5; lyhennetty suunnitteluohje”-taulukosta 2.2 /3/.

Tapauksessa A kokonaistuulikuorma määritellään kaavalla  $F_{wk} = c_f * q_k(h) * A_{ref}$ , missä  $c_f$  on rakenteen voimakerroin (taulukko 2.3),  $q_k(h)$  on rakennuksen korkeutta  $h$  vastaava nopeuspaine (ks. kuva 2.4) ja  $A_{ref}$  on rakenteen tuulta vastaan kohtiosuora projektiopinta-ala /3,s.13/. Rakennuksen korkeus on 4,953m, joten  $q_k(4,953m) = 0,35kN/m^2$ , arvo on luettu kuvasta 2.4 /3/. Kerroin  $c_f = 1,3$ , joka on luettu taulukosta 2.3. Kokonaistuulikuorman resultantin  $F_{w,k}$  oletetaan vaikuttavan  $0,6h$  korkeudella maasta. Resultantti  $F_{w,k}$  on esitetty kuvassa 1tuulikuormakuvaaja, joka löytyy sivulta 9. Arvo  $q_{wk} = 1,3 * 0,35kN/m^2 = 0,455$ , kun merkitään  $q_{wk} = c_f * q_k(h)$ .

Tapauksessa B osapinnoille kohdistuvaa paikallista tuulenpainetta käytetään rakenteiden kiinnitysten mitoituksessa. Nettopaine lasketaan seuraavasta kaavasta.  $q_{w,k} = C_{p,net} * q_k * (h)$ , missä  $c_{p,net}$  on osapinnan nettotuulenpainekerroin (ks. taulukot 2.4 ja 2.5) ja  $q_k(h)$  on rakennuksen korkeutta  $h$  vastaava nopeuspaine. Taulukot ovat Puurakenteiden suunnittelun lyhennetystä suunnitteluohjeesta /3/.

Kuvaus	$C_f$
Umpinainen rakennus yleensä	1,3
Pulpettikattoinen umpinainen rakennus tarkasteltaessa kattolapteen suuntaista tuulta, kun katon kaltevuus on 5°...40° (toisessa suunnassa $c_f = 1,3$ )	1,5
Osittain avoin rakennus, kun tuulen puoleisella sivulla olevien aukkojen pinta-ala on enintään 30 % rakennuksen ulkoseinien kokonaispinta-alasta.	1,6
Erillinen seinämä	2,1

**Taulukko 2.3** - Yksinkertaistetussa menettelyssä käytettäviä voimakertoimia  $c_f$ . /3/



Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla <sup>1)</sup>		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisään-päin	
	$A > 10$	$A < 1 \text{ m}^2$	$A > 10$	$A < 1 \text{ m}^2$	$A > 10$	$A < 1 \text{ m}^2$
tarkasteltava pinta-ala	$A > 10$	$A < 1 \text{ m}^2$	$A > 10$	$A < 1 \text{ m}^2$	$A > 10$	$A < 1 \text{ m}^2$
$C_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

**Taulukko 2.4** - Ulkoseinien paikallisen tuulenpaineen nettopainekertoimia.

1) Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle  $e/5$ , jossa  $e = \min(b; 2h)$ , kun  $h$  on rakennuksen korkeus ja  $b$  on rakennuksen suurempi sivumitta. Muualla tuulen imulle voidaan käyttää keskialueen nettopainekerrointa. /3/

katto-tyyppi	katon kaltevuus <sup>1)</sup>	nurkka-alueet <sup>2)</sup>			reuna-alueet <sup>3)</sup>			muu alue <sup>4)</sup>	
		$A > 10$	$A < 1$	räys-täs	$A > 10$	$A < 1$	räys-täs	$A > 10$	$A < 1$
Tasakatto	$< 5^\circ$	-2,1	-2,8	-3,5	-1,5	-2,3	-3,0	-1,0	-1,5
Pulpettikatto	$5^\circ \dots 15^\circ$	-2,7	-3,2	-3,9	-2,2	-2,8	-3,5	-1,2	-1,5
	$> 30^\circ$	-2,4	-3,2	-3,9	-1,8	-2,3	-3,0	-1,3	-1,6
Harjakatto	$5^\circ \dots 15^\circ$	-2,0	-2,8	-3,5	-1,6	-2,3	-3,0	-1,0	-1,5
	$> 30^\circ$	-1,4	-1,8	-2,5	-1,7	-2,3	-3,0	-1,2	-1,5

**Taulukko 2.5** - Kattojen nettopainekertoimia suurimmalle paikalliselle tuulen imulle. Kertoimet eivät päde avoimille katoksille.

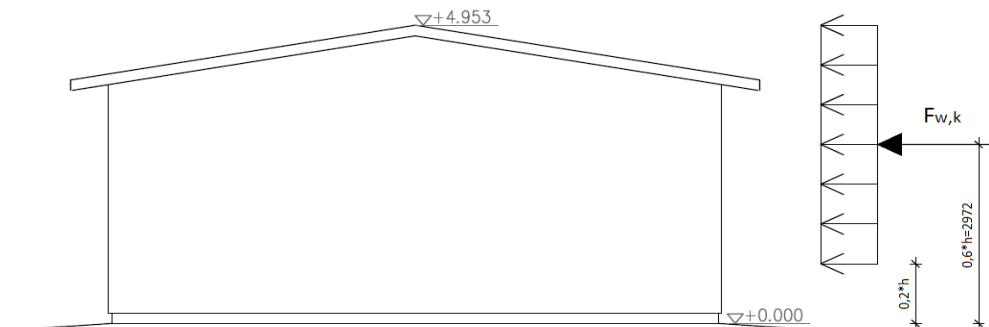
1) Kaltevuuksilla  $15 - 30^\circ$  käytetään lineaarista interpolointia.

2) Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle  $e/4$ , kun  $e = \min(b; 2h)$ , jossa  $h$

on rakennuksen korkeus ja  $b$  on rakennuksen suurempi sivumitta.

3) Katon reuna-alue ulottuu etäisyydelle  $e/10$  ulkoseinälinjalta - ei kuitenkaan nurkka-alueille.

4) Muut kuin nurkka- ja reuna-alueet. Tarkasteltaessa koko rakennuksen levyisen kattokannatteen kiinnitystä tuulen imulle, voidaan tuulenpaine laskea käyttäen pelkästään tämän sarakkeen nettopainekerrointa. /3/



Kuva 1. Tuulikuormakuvaaja

### 3.2 Ruoteimet

Ruoteimina käytetään puutavaraa C24 32mm x 100mm. Ruoteimet voisi - ja useimmiten tehdäänkin - C24 22mm x 100mm puutavarasta, mutta tällä kertaa käytettiin vahvempaa. Syy vahvempien ruoteimien käyttämiseen oli opinnäytetyön tekijän omista kokemuksista ja vankasta kirvesmiesnäkemystä johtuva seikka.

Katemateriaaliksi valittiin Jaakko-Tuote Oy:n valmistama JT-18-L profiilipelti /4/. Peltivalmistajan ohjeiden mukaan ruoteiden maksimi k/k-jako on 350mm 1:4 kattokaltevuudella ja kattoristikoiden 900mm k-k jaolla. Ruoteiden jänneväli on siis 900mm ja kuormitusleveydeksi tulee 350 mm. Ruoteimet mitoitetaan Finnwood 2.3- ohjelmalla /1/. Ruoteiden vähimmäispituudeksi tulee 1800mm, jolloin se ylittää vähintään kaksi kattoristikkoa. Kattoristikoiden yläpaarten leveys on 48mm, joka on ruoteimien tukileveys. Omapainona käytetään lukemaa 0,3kN/m<sup>2</sup>, joka on varmallalla puolella. Käyttöluokaksi valittiin kaksi, joka on esitetty tarkemmin alla. Ruoteimet ovat toisiokannattimia, joten taipumarajoitukset ovat seuraavat:  $W_{net,fin} = 1/200$  ja  $W_{fin} = 1/150$ . Laskelmat on esitetty liitteessä 4 ja taipumarajat taulukossa 4.1 /3/. Käyttöasteeksi tuli 18 %.

**Käyttöluokka 2.** Käyttöluokalle 2 on tyypillistä, että materiaalien kosteus on lämpötilaa 20 °C vastaava ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 85 % vain muutamana viikkona vuodessa. Käyttöluokassa 2 havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 20 %. Käyttöluokkaan 2 kuuluu ulkoilmassa kuivana oleva puurakenne. Rakenteen tulee olla katetussa ja tuuletetussa tilassa sekä alta ja sivuilta hyvin kastumiselta suojattu. Tähän käyttöluokkaan kuuluvat yleensä esimerkiksi rossipohjan ja kylmän ullakkotilan puurakenteet /3,s15/.

Rakenne	$W_{inst\ 1)}$	$W_{net,fin\ 2)}$	$W_{fin\ 3)}$
Pääkannattimet	$\ell/400$	$\ell/300$	$\ell/200$
Orret ja muut toisiokannattimet	-	$\ell/200$	$\ell/150$
Rakennuksen vaakasiirtymä	-	$H/300$	-

$\ell$  on jänneväli

$H$  on rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus

1) Koskee pelkästään lattioita

2) Koskee suoria ja esikorotettuja rakenteita, mutta ei tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia kannattimia

3) Koskee esikorotettuja sekä tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita

**Taulukko 4.1** - Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot. Ulokkeiden taipuma jännevälin suhteen saa olla kaksinkertainen. /3/

### 3.3 Poikapuut

Rakennuksen päätyräystäisiin tulee vaakaan laitettavat kannatinorret eli poikapuut. Rakennukseen on suunniteltu 600 mm räystäät valmiista julkisivupinnasta mitaten. Näin ollen räystään pituus on rungon keskeltä mitattuna 750 mm. Poikapuiden jakona käytetään  $k/k = 900\text{mm}$ . Ensimmäinen kattoristikko on 900 mm:n päässä päätyseinästä, koska päätyseinien runko viedään niin sanotusti pitkänä ylös. Tämän vuoksi kattoristikkoa ei tarvita aivan seinän ulkopinnan tuntumassa.

Tällä rakenneratkaisulla voidaan rungosta tehdä poikapuiden materiaalivahvuuden verran matalampi, jolloin saadaan varmistettua kannattimien tukeva kiinnitys. Tämä ratkaisu yhdessä poikapuiden hieman turhankin suuren vahvuuden kanssa estää räystäiden "roikahtamisen" vuosien varrella. Poikapuut mitoitetaan Finnwood 2.3- ohjelmalla /1/. Poikapuiden käyttöluokka on 2, josta on kerrottu tarkemmin ruoteimien mitoitus- kohdassa. Puutavarana käytetään mitallistettua C24 48mm x 147mm. Taipumaraja on sama kuin ruoteissa. Laskelmat on esitetty liitteessä 5. Käyttöaste on 30%.

### 3.4 Ristikoiden kiinnitys

NR-kattoristikot kiinnitetään yläjuoksuun vahvistetuilla kulmavevyillä, jotka nautaan kiinni ankkurinauloilla. Kulmavevy asennetaan ainoastaan ristikon alapaar-teen toiselle puolelle. Kiinnittämiseen käytetään 4,0mm x 40mm:n kokoisia profi-loituja ankkurinauloja. Naulaliitos mitoitetaan räystäälle tulevalle imukuormalle sekä lappeelle kohdistuvalle nosteelle. Kulmavevy kiinnitetään ristikkoon ja ylä-juoksuun yhtä monella naulalla, joten naulojen lukumäärä mitoitetaan ulosvetolu-juuden mukaan, koska ulosvetolujuus on pienempi kuin leikkauslujuus. Profi-loidun 4,0\*40 ulosvetokestävyys  $R_d = 603N$  on otettu taulukosta 6.3 /3,s.34/.  $C_{pnet}$  kerroin on räystäällä -3,0 ja lappeelle -1,6. Kuormitusala räystäällä on  $0,9m * 0,6m = 0,54m^2$  ja lappeella  $0,9m * 4,020m = 3,17m^2$ . Yhdelle lii-tokselle tuleva tuulikuorman itseisarvo  $F_{wk} = 3,0 * 0,35kN/m^2 * 0,54m^2 + 1,6 * 0,35kN/m^2 * 3,17 = 2,45kN$ . Liitoksen naulojen vähimmäismääräksi tulee 4,1+4,1. Laskelmassa ei ole otettu huomioon rakenteiden omaa painoa, joka vähentää imukuormaa. Näin ollen naulojen lukumääräksi valitaan 4+4.

### 3.5 Aukonylityspalkit

Rakennuksessa on kaksi suurta oviaukkoa. Aukonylityspalkit mitoitetaan le-veämmän aukon mukaan. Suuremman aukon vapaaleveys on 3900 mm. Jännevä-linä käytetään 4050 mm:ä. Käyttöluokaksi valittiin kaksi, kuten myös aiemmissa tapauksissa.

Taipumarajoina käytetään seuraavaa:  $w_{netfin} 1/300$ ,  $w_{fin} 1/200$ . Kuormitusleveys on 4600 mm. Palkki mitoitetaan tasaiselle kuormalle, vaikka kattoristikoiden kuorma kohdistuu pistekuormana aukonylityspalkkiin. Tällä menettelyllä päästään kuitenkin riittävään tarkkuuteen, koska pistekuormia on tällä jännevälillä useam-pia. Kiepahdustukivälinä käytetään ristikoiden k/k-jakoa eli 900mm. Omapainona käytetään  $0,5kN/m^2$ . Aukonylityspalkkeina käytetään kertopuuta. Laskelmista saatiin seuraavat tulokset. Aukon ylityspalkiksi tulee kerto-s  $2x 51*360$ , laskelmat on esitetty liitteessä 6.

### 3.6 Tolpat

Runkotolppina käytetään C24 48mm x 147mm puutavaraa. Tolpan korkeus on 3200mm ja runkotolppien jakona käytetään k/k 600 mm. 600 mm jaon ansiosta runkoon sopii suoraan erilaiset rakennuseristeet ja -levyt. Runkotolppien kestävyttä on turha tarkastaa muualta kuin aukonylityspalkin alle tuleville tolpile, koska suurin kuorma kohdistuu näille tolpile. Aukonylityspalkilta tuleva kuorma siirretään perustuksiin käyttämällä tuplatolppaa. Tuplatolppa tehdään samasta puutavarasta kuin runkotolpat. Tuplatolppa on helppo toteuttaa eikä tarvitse mitään erikoisia valmisteluja, koska se on luonnollisesti sopivan kokoinen seinä runkoon. Tällä menetelmällä saadaan palkille myös isompi tukipinta-ala kuin yhteen runkotolppaan verrattuna. Näin ollen pilarin kooksi saadaan 2 x 47mm x 147mm. Kuormitusala aukon viereisille tolpile on  $4,6m \times (4,05 + 0,6)/2m = 10,7m^2$ . Omapaino pilarille  $G = 0,5kN/m^2 * 10,7m^2 = 5,35kN$ . Lumikuorma pilarille  $Q = 1,6kN/m^2 * 10,7m^2 = 17,12kN$ . Epäkeskeisyytenä käytetään 25 mm. Laskelma on esitetty liitteessä 7. Käyttöasteeksi saadaan 55 %.

## 4 JÄYKISTÄMINEN

### 4.1 Ristikoiden jäykistys

Yläpaarre jäykistetään sen alapintaan tulevalla vinolaudoituksella 22 mm x 100 mm. Vinolaudoitus lähtee molempien päätyjen seinänurkasta 45 asteen kulmassa kohti harjaa, saapuen aina harjapiikkiin asti. Yläpaarteen jäykistämiskuorma on niin pieni, että sitä ei tarvitse laskennallisesti tarkastella. Vinolaudoitus kiinnitetään 3.1 mm x 90 mm profiloituilla koneneuloilla niin, että jokaisessa liitoksessa on vähintään kolme naulaa.

Alapaarre jäykistetään sen yläpintaan asennettavalla vinolaudoituksella 22 mm x 100 mm, jonka suunta kääntyy aina rakennuksen keskikohdassa, jatkuen näin aina toisen pään seinänurkkaan asti. Ristikoiden tasopiirustus on esitetty liitteessä 8. Tällä tavalla jäykistetyn tason kestävyys on niin suuri, ettei sitä tarvitse laskennallisesti tarkastella. Lisäksi alapaarteen alapintaan asennetaan 22 mm x 100 mm k/k = 400 mm koolaus. Koolaukseen kiinnitetään kipsilevy, joka entisestään tehostaa alapaarretason jäykistystä.

Ristikot jäykistetään pystysuunnassa harjalinjalle asennettavalla pystyvinolaudoituksella suoraan menevällä linjalla. Harjalinjan keskipuun toiselle puolelle asennetaan pystyvinolaudoitus, joka vaihtaa aina vinouden suuntaan kohdatessa joko harjan tai alapaarteen yläpinnan. Toiselle puolelle pystylinjaa asennetaan suoralinja aina toisesta päädyistä toiseen päätyyn. Jäykisteinä käytetään 22 mm x 100 mm lautaa. Liitokset naulataan kiinni 3.1 mm x 90 mm profiloituilla konenauloilla, vähintään 3 naulaa/liitos.

#### 4.2 Seinät

Jäykistäviksi seiniksi valittiin aukottomat kohdat. Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulikuorma laskettiin kahdessa eri tapauksessa, jotka olivat tuuli kohden päätyä ja tuuli kohden sivuseinää. Laskennallisesti tilannetta helpotettiin muokkaamalla seinien korkeus samaksi, seinien korkeudeksi valittiin korkeamman seinäosan korkeus, jolloin laskelmat ovat varmallalla puolella.

Näille seinille tulevat kuormat laskettiin seuraavalla tavalla liitteessä 9. Myös kaikkien jäykistävien seinien paksuus ja materiaali olivat samoja, joten seinän pituus oli ainoa muuttuva tekijä, joka vaikutti seinäosan jäykistävään vaikutukseen. Jokaisesta seinäosasta saadaan lasketuksi oma k-lukunsa (Liite 9). Kunkin seinäosan suhteellinen jäykistävä vaikutus on verrannollinen pituuden kolmanteen potenssiin. Jäykistävien seinien painopiste pystysuuntaan oli helppo määrittää, koska kaikki vaakasuuntaan jäykistävät seinät sijaitsevat samalla linjalla. Vaakasuuntainen painopiste määritettiin selvittämällä ensin kunkin seinäosan painopisteen sijainti ja seinän pituus. Painopiste määräytyi näiden seinien suhteellisen pituuden mukaan.

Tuulikuorma jakautuu tuulensuuntaisille seinille niiden k-luvun suhteessa. Lisäksi tuulivoiman resultantin eroavaisuus painopisteestä aiheuttaa lisäkuormaa jäykistäviin seiniin. Epäkeskisyys voi joko kasvattaa tai pienentää seinille tulevia kuormia. Suurin seinälle tuleva tuulikuorma on 16,0 kN (LIITE 10). Kyseessä olevan seinäosan pituus on 6,6 m. Seinät jäykistetään ulkopintaan tulevalla 45 asteen vinolaudoituksella. Seinille tuleva vaakakuorma on niin pieni, että vinolaudoituksen kestävyttä on tarpeetonta tarkastella lähemmin.

#### 4.3 Tolppien alapään kiinnitys

Tuulikuorma aiheuttaa kaatavan momentin, joka lasketaan kertomalla vaakavoima seinän korkeudella. Vinolaudoitus jakaa momentin tolpile. Kunkin tolpan ottama momentti on verrannollinen sen etäisyyden neliöön pyörähdyspisteestä. Näin voidaan laskea kullekin tolपालle tuleva voima jakamalla tolpan ottama momentti sen etäisyydellä pyörähdyspisteeseen. Suurin kuorma tulee kauimpana pyörähdyspisteestä sijaitsevalle tolपालle. Tolpan alapään kiinnitys mitoitetaan tämän tolpan mukaan. Tolpille tulevat kuormat on esitetty liitteessä 9.

Suurin kuorma, joka aiheutuu tolपालle, on 1,86 kN. Tolppa kiinnitetään alajuoksuun vinonaulauksella. Nauloina käytetään 3,1 mm x 90 mm profiloituja kokenauloja. Naulojen lukumäärä lasketaan siten, että osa nauloista ottaa vastaan leikkausvoiman ja osa ulosvetovoiman. Kun naulat ovat 45 asteen kulmassa, on niille tuleva kokonaisleikkausvoima  $1860 N / \sqrt{2} = 1316 N$ . Ulosvetovoima on yhtä suuri kuin kyseessä olevan naulan ulosvetokestävyuden mitoitusarvo, joka on 362 N ja leikkauskestävyyden mitoitusarvo on 710 N, kun aikaluokka on hetkellinen ja käyttöluokka on II /3/. Ulosvetokestävyuden saavuttamiseksi on liitokseen laitettava, kaavalla  $1316 N / 362 N/kpl$ , laskettava määrä nauloja. Tulokseksi saadaan 4 kpl. Leikkauskestävyyden saavuttamiseksi on liitokseen laitettava nauloja  $1316 N / 710 N/kpl$ . Laskemalla yhtälöstä saadaan yhteensä 2 kpl nauloja. Näiden laskelmien perusteella liitokseen laitetaan 6 naulaa, 3 naulaa molemmin puolin tolppaa, 45 asteen kulmassa.

#### 4.4 Alajuoksun kiinnitys

Alajuoksu kiinnitetään sokkeliin t10 k/k-1200 harjateräksillä. Harjateräkset asennetaan valubetoniharkkojen valuun. Tämän liitoksen kestävyyttä on vaikea määrittellä, mutta tässä tapauksessa kuormat ovat niin pieniä, että kestävyysden kanssa ei esiinny ongelmia normaaliolosuhteissa. Alajuoksun asennuksen yhteydessä asennetaan alajuoksun ja sokkelin väliin bitumihuopakaistale estämään kapillaarista vedennousua puiisiin rakenteisiin.

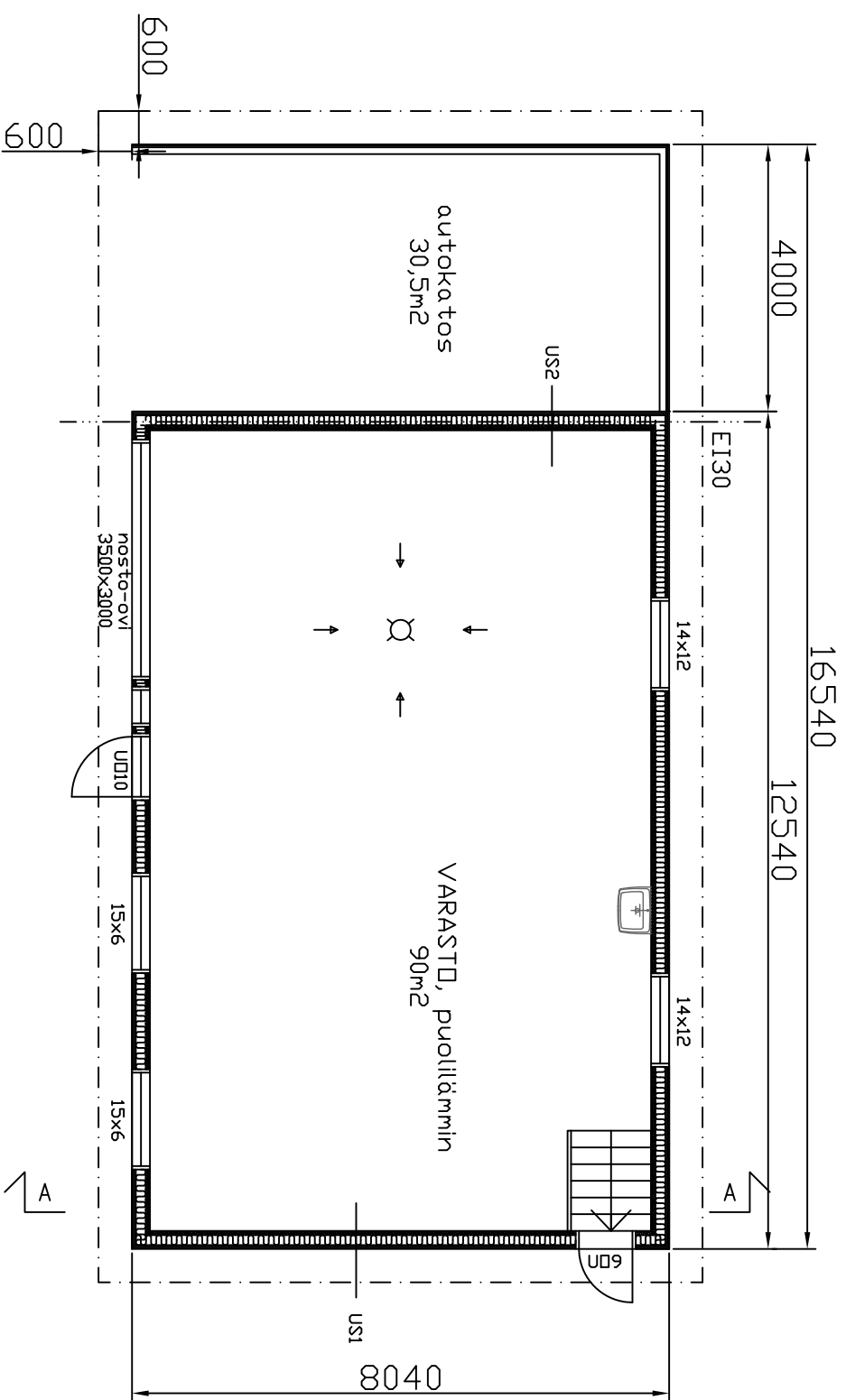


## LÄHTEET

1. Finnforestin sivut [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.9.2011].  
<http://www.finnforest.fi/AMMATTIRAKENTAMINEN/FINNWOOD/Pages/Default.aspx?z=912fc1e6-19e5-45cc-a627-255aa6ddc2f7>
2. NA SFS-EN 1990. 2007. Ympäristöministeriön asetus Eurocode-standardien soveltamisesta talonrakentamisessa. Helsinki:SFS
3. Puuinfon sivut [verkkodokumentti]. [Viitattu 12.9.2011].  
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/eurokoodit/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu/100204-eurokoodi-5-lyhennetty-suunnitteluohje-web-060511.pdf>
4. Jaakko-Tuote Oy:n sivut [verkkodokumentti]. [Viitattu 12.9.2011].  
[http://www.jaakkotuote.fi/sivut/profiilit/frameset/profiilit\\_frameset.htm](http://www.jaakkotuote.fi/sivut/profiilit/frameset/profiilit_frameset.htm)

## LIITELUETTELO

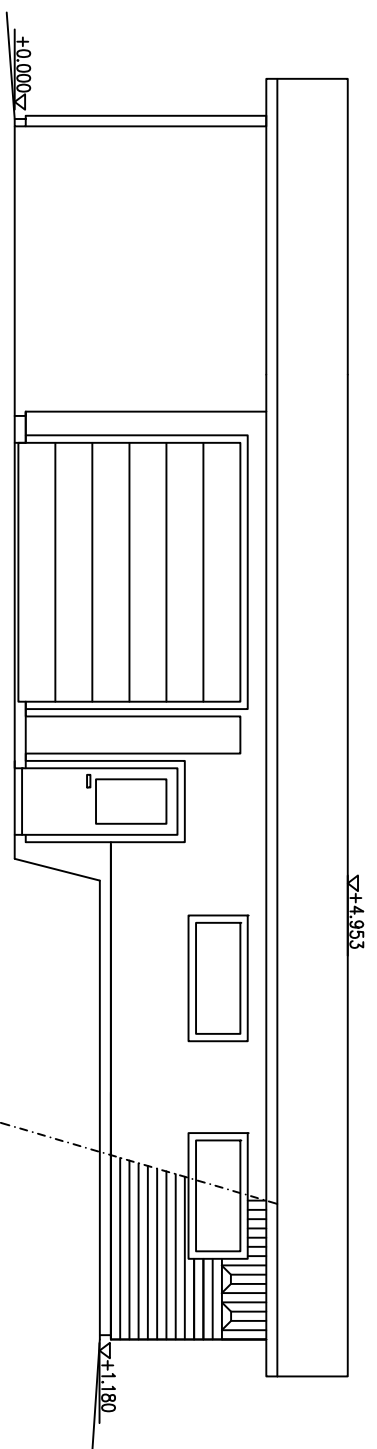
- LIITE 1 POHJAPIIRUSTUS
- LIITE 2 JULKISIVUT
- LIITE 3 RAKENNELEIKKAUS
- LIITE 4 LASKELMAT RUOTEET
- LIITE 5 LASKELMAT POIKAPUUT
- LIITE 6 LASKELMAT AUKONYLITYSPALKKI
- LIITE 7 LASKELMAT PILARI
- LIITE 8 RISTIKKO TASOKUVA
- LIITE 9 LASKELMAT JÄYKISTÄMINEN
- LIITE 10 JÄYKISTYS PIIRUSTUKSET



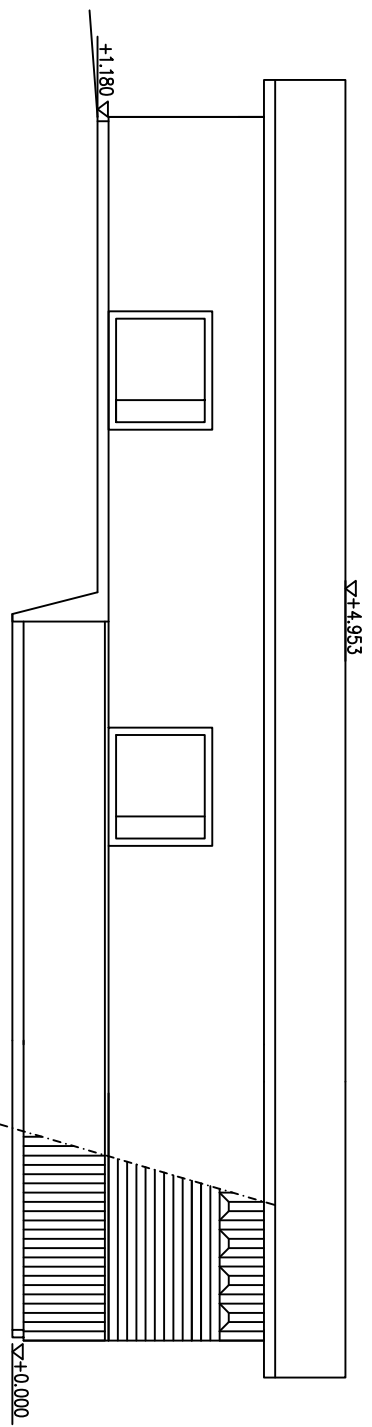
- US1
- 25mm ULKOVERHUIYSPANEELI
  - 22mm VAAKAKODLAUS
  - 22mm PYSTYKODLAUS
  - 13mm TUULENSUJALEVY
  - 150mm PAROC extra / RUNKO 50x150 k600
  - 50mm PAROC extra / VAAKAKODLAUS 50x50 k600
  - 13mm HÄYRYNSULKU
  - 13mm KIPSILEVY
- U-arvo = 0,21 W/m²K  
(vaatimus 0,26 W/m²K)
- US2
- 25mm ULKOVERHUIYSPANEELI
  - 22mm VAAKAKODLAUS
  - 22mm PYSTYKODLAUS
  - 13mm KIPSILEVY
  - 150mm PAROC extra / RUNKO 50x150 k600
  - 50mm PAROC extra / VAAKAKODLAUS 50x50 k600
  - 13mm HÄYRYNSULKU
  - 13mm KIPSILEVY
- U-arvo = 0,21 W/m²K  
(vaatimus 0,26 W/m²K)

- YP1
- AAUTOKUVIIDITU PELTIKATE
  - 32x100 RUUDELAUDDITUS k600
  - 22x50 KOROTUSRIMA
  - ALUSKATE
  - KATTOTUULIT k900
  - 300mm PAROC extra
  - HÄYRYNSULKU
  - 32x100 KODLAUSLAUDAT k400
  - 13mm KIPSILEVY
- API1
- 80mm BETONILAATTA
  - 150MM POLYSTYREENIMUUVI
  - 2200MM RDUIMATON, TIIVISTETTY SORATÄYTTÖ 16-32 mm

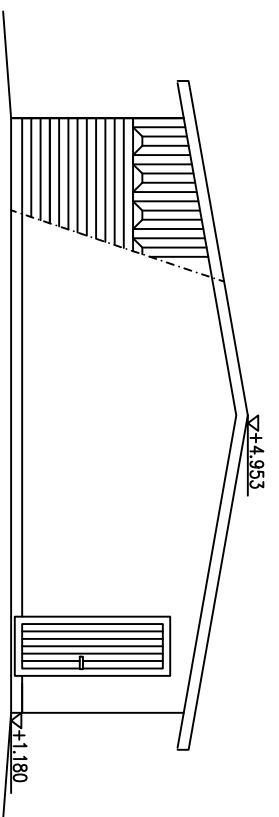
K.O.SA PALUS	KORTTELI/TILA 7	TONITTI/RN0 21	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSLOMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAI RAKENNEPIIRUSTUS
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE JKK - Works NOORMARKUNTE 55 29350 PALUS			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ POHJAPIIRUSTUS
	SUUNN. ALA RAK	TYÖ No	PIIR. No
			MUUTOS
	PÄIVÄYS 11.02.2010	YHTIENK. JARI KANKANPÄÄ	
			MIUKS.No
			MITTAKAAVAT 1:100



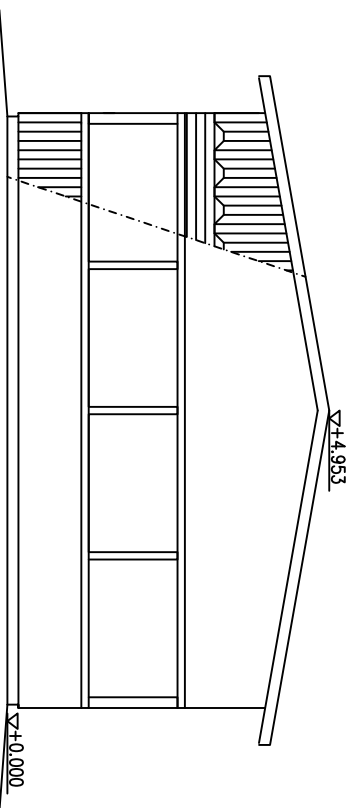
Julkisivu koilliseen



Julkisivu lounaaseen

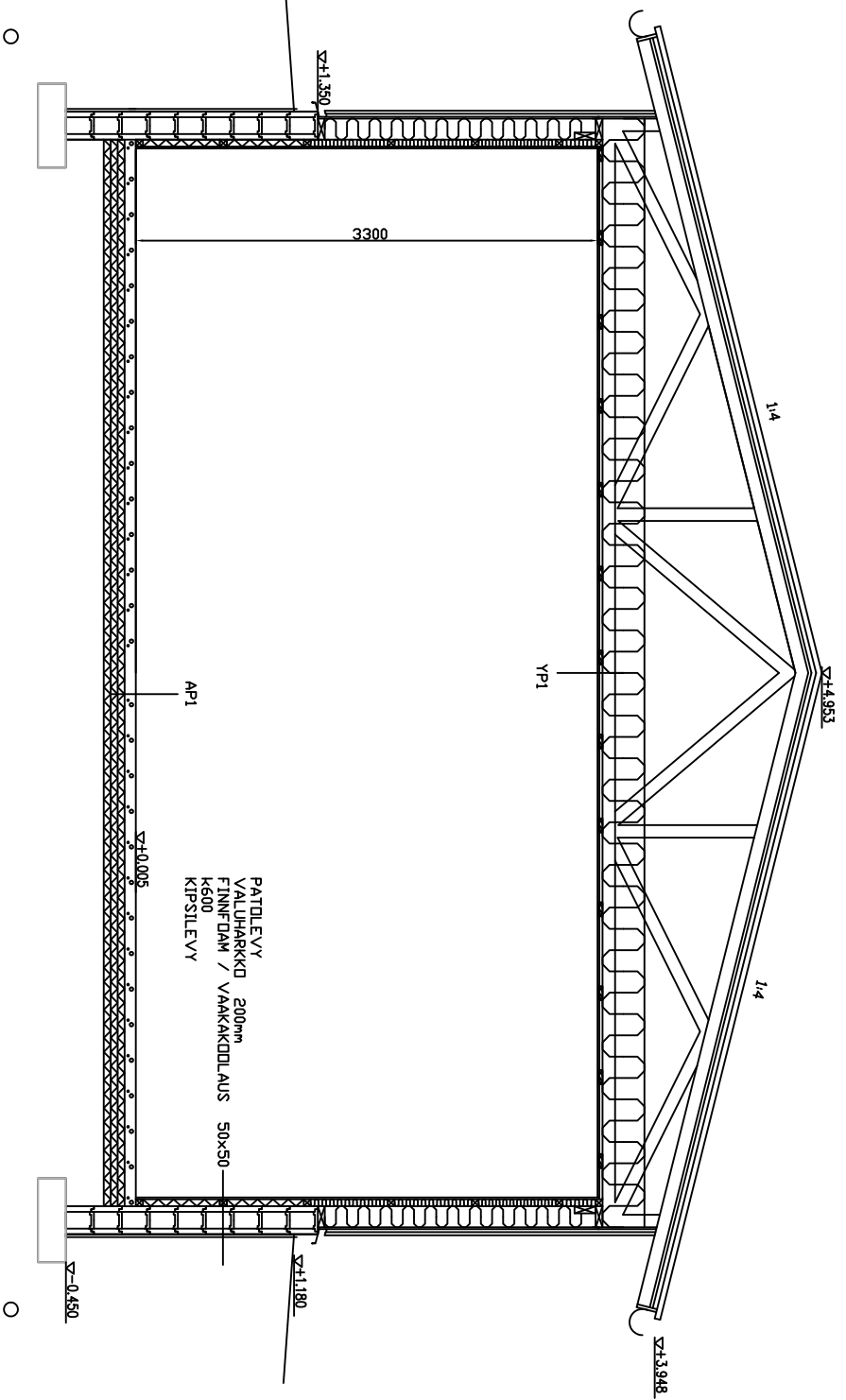


Julkisivu kaakkoon



Julkisivu luoteeseen

K.O.S.A PALUS	KORTTELI/TILA 7	TONITTI/RN <sup>o</sup> 21	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSLOMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAI RAKENNEPIIRUSTUS
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE JKK - Works NOORMARKUNTE 55 29350 PALUS			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ JULKISIVUT
	SUUNN. ALA RAK	TYÖ N <sup>o</sup>	PIIR. N <sup>o</sup>
			MUUTOS
	PÄIVÄYS 11.02.2010	YHTIENK. JARI KANKAANPÄÄ	
			MITTAKAAVAT 1:100



K.O.SA PALUS	KORTTELI/TILA 7	TONITTI/RNO 21	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSLOMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAI RAKENNEPIIRUSTUS	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE JKK - Works NOORMARKKUNTE 55 29350 PALUS			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ LEIKKAUS A-A	MITTAKAAVAT 1:50
			SUUNN. ALA RAK	TYÖ No
			PÄIVÄYS 11.02.2010	PIIR.No
			YHT.HENK. JARI KANKAANPÄÄ	MUUTOS

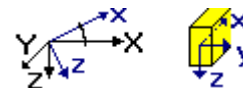
Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

## Finnwood 2.3 ( 2.3.027)

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Jari Kankaanpää  
 Projekti: Opinnäytetyö

Nimi: Ruode

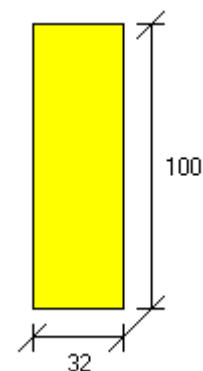


## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta  
 Materiaali: C24  
 Poikkileikkaus: 32x100 (B=32 mm, H=100 mm)  
 Käyttöluokka: 2  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 350 mm (pintakuormille)

## Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 900.0  
 Jänneväli 2: 900.0  
 Yhteensä: 1800.0



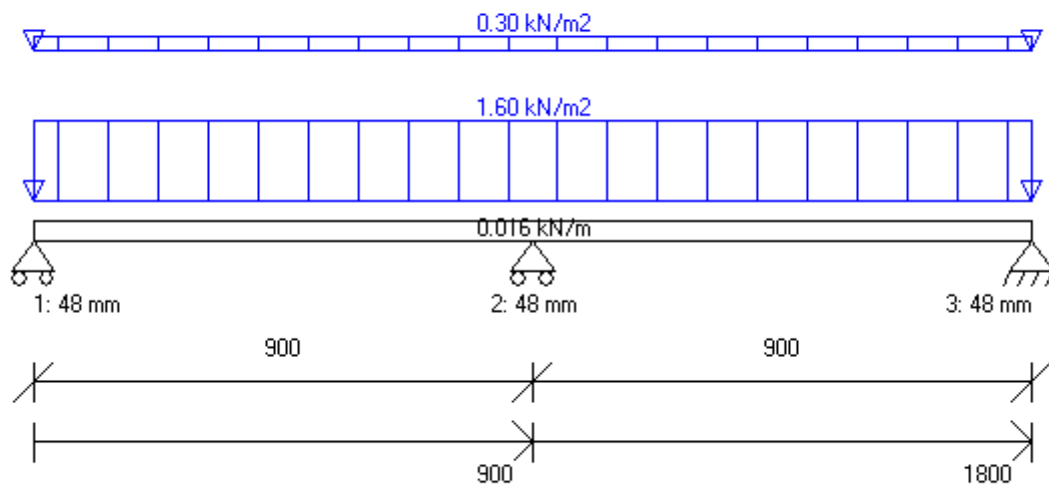
Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	48	Liukutuki (Z)
2:	900	48	Liukutuki (Z)
3:	1800	48	Kiinteä niveltuki (X,Z)

fm,k (My): 26.03 N/mm<sup>2</sup>  
 fm,k (Mz): 31.20 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,0,k: 21.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,90,k: 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 ft,0,k: 15.18 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vz): 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vy): 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 E,mean: 11000 N/mm<sup>2</sup>  
 G,mean: 690 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Osavarmuusluku: 1.40  
 Aikaluokka: kmod:

## Jari Kankaanpää

Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
-----	
kdef:	0.800



## KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.016 kN/m x = 0 - 1800 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0.300 kN/m² x = 0 - 1800 mm

Lumikuorma (Lumikuorma  $Sk < 2.75$  kN/m², Keskipitkä):

Pintakuorma: 1: QZ = 1.600 kN/m² x = 0 - 1800 mm

## KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma

---

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma

---

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino

---

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90\*Omapaino

---

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino

---

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

---

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

---

#### MITOITUS:

---

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 18.1 %

---

#### MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja  $W_{fin}$ : L/150

Taipumaraja  $W_{net,fin}$ : L/250

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus on estetty

---

#### MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0.55 kN	3.05 kN	18.1 %	900 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	0.10 kNm	0.79 kNm	12.5 %	900 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	0.33 kN	4.46 kN	7.4 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.03					
Tukipaine, tuki 2:	1.10 kN	6.17 kN	17.8 %	900 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.81					
Tukipaine, tuki 3:	0.33 kN	4.46 kN	7.4 %	1800 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.03					
jänneväli 1, $W_{fin}$ :	0.2 mm	6.0 mm	2.7 %	405 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$ :	0.2 mm	3.6 mm	4.4 %	405 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, $W_{fin}$ :	0.2 mm	6.0 mm	2.7 %	1395 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 2, $W_{net,fin}$ :	0.2 mm	3.6 mm	4.4 %	1395 mm	Yhdistelmä 13/1

---



---

**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

---

**VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V <sub>z,max</sub>	0.55 kN	900 mm
My,max	0.10 kNm	900 mm

---

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliiton Puutuoteteollisuuden tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliiton Puutuoteteollisuus tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

---

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

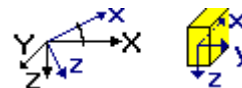
## Finnwood 2.3 ( 2.3.027)

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Jari Kankaanpää  
 Projekti: Opinnäytetyö

Nimi: Poikapuu

C:\Users\Jari\Desktop\lopputyö\poikapuu.s01

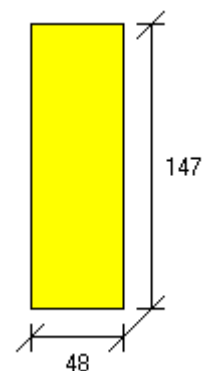


## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta  
 Materiaali: C24  
 Poikkileikkaus: 48x147 (B=48 mm, H=147 mm)  
 Käyttöluokka: 2  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 900 mm (pintakuormille)

## Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:  
 Vasen uloke: 750.0  
 Jänneväli 1: 900.0  
 Yhteensä: 1650.0

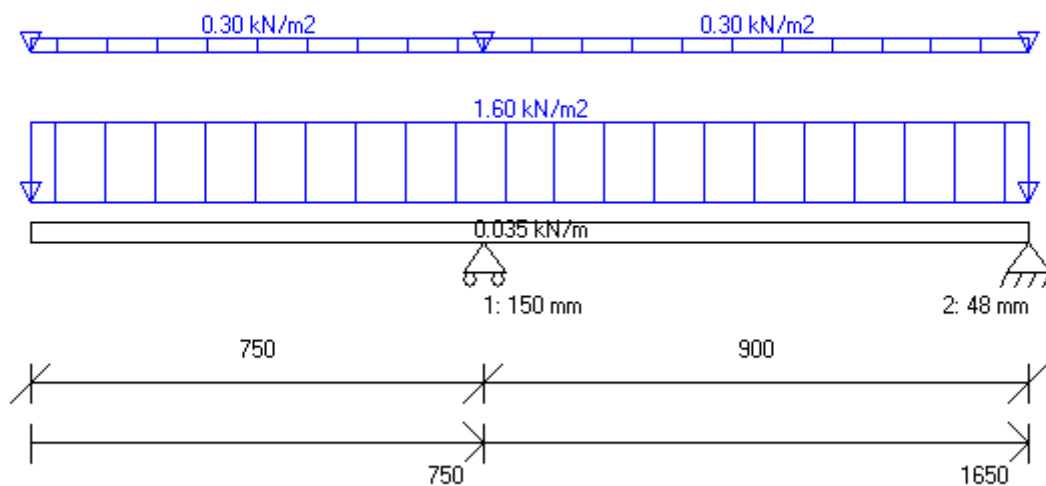


Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	750	150	Liukutuki (Z)
2:	1650	48	Kiinteä niveltuki (X,Z)

fm,k (My): 24.10 N/mm<sup>2</sup>  
 fm,k (Mz): 30.14 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,0,k: 21.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,90,k: 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 ft,0,k: 14.06 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vz): 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vy): 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 E,mean: 11000 N/mm<sup>2</sup>  
 G,mean: 690 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Osavarmuusluku: 1.40

Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
-----	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakennesosan paino:	QZ = 0.035 kN/m	x = 0 - 1650 mm
Pintakuorma: 1:	QZ = 0.300 kN/m²	x = 0 - 750 mm
Pintakuorma: 2:	QZ = 0.300 kN/m²	x = 750 - 1650 mm

Lumikuorma (Lumikuorma  $S_k < 2.75$  kN/m², Keskipitkä):

Pintakuorma: 1:	QZ = 1.600 kN/m²	x = 0 - 1650 mm
-----------------	------------------	-----------------

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

#### MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 29.7 %

#### MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja  $W_{fin}$ : L/150

Taipumaraja  $W_{net,fin}$ : L/250

Korotuserroin, vasen uloke: 2.00

Korotuserroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta  $M_y$  (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella:  $L_{k1} = 900.00$  mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella:  $L_{k2} =$  Päätukien välimatka

Kuormitus vaikuttaa rakenteen yläpintaan ( $L_{ef1} = L_{k1} + 2xH$  ja  $L_{ef2} = L_{k2}$ )

HUOM!  $L_{k1}$ :ta käytetään, kun  $M_y > 0$  ja  $L_{k2}$ :ta, kun  $M_y < 0$

#### MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	1.91 kN	6.72 kN	28.5 %	750 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus ( $M_y$ ):	0.71 kNm	2.38 kNm	29.7 %	750 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	0.71 kNm	2.38 kNm	29.7 %	750 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	3.80 kN	18.00 kN	21.1 %	750 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.75					
Tukipaine, tuki 2:	0.35 kN	6.69 kN	5.2 %	1650 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 2.03

Vasen uloke, W <sub>fin</sub> :	1.6 mm	10.0 mm	15.5 %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
Vasen uloke, W <sub>net,fin</sub> :	1.6 mm	6.0 mm	25.9 %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, W <sub>fin</sub> :	-0.1 mm	6.0 mm	1.0 %	990 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, W <sub>net,fin</sub> :	-0.1 mm	3.6 mm	1.7 %	990 mm	Yhdistelmä 13/1

#### ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

#### VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
V <sub>z,max</sub>	1.91 kN	750 mm
M <sub>y,max</sub>	0.71 kNm	750 mm

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneseosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliiton Puutuoteteollisuuden tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliiton Puutuoteteollisuus tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

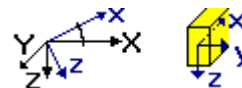
## Finnwood 2.3 ( 2.3.027)

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Jari Kankaanpää  
 Projekti: Opinnäytetyö

Nimi: Aukonylityspalkki

C:\...\laukon ylitysp \_\_alkki.s01

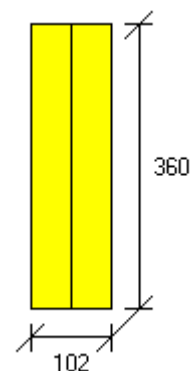


## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Kattopalkki/laatta  
 Materiaali: KERTO-S syrjällään  
 Poikkileikkaus: 2x51x360 (B=102 mm, H=360 mm)  
 Käyttöluokka: 2  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 4600 mm (pintakuormille)

## Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 4050.0  
 Yhteensä: 4050.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	100	Liukutuki (Z)
2:	4050	100	Kiinteä niveltuki (X,Z)

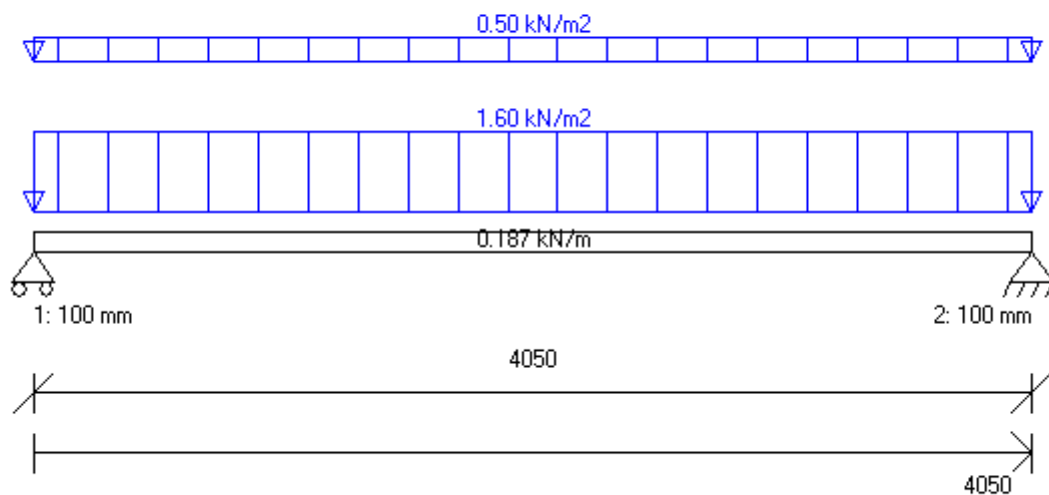
fm,k (My): 43.05 N/mm<sup>2</sup>  
 fm,k (Mz): 50.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,0,k: 35.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,90,k: 6.00 N/mm<sup>2</sup>  
 ft,0,k: 34.38 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vz): 4.10 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vy): 2.30 N/mm<sup>2</sup>  
 E,mean: 13800 N/mm<sup>2</sup>  
 G,mean: 600 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 11600 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 400 N/mm<sup>2</sup>

Osavarmuusluku: 1.20  
 Aikaluokka: kmod:

Jari Kankaanpää

2011-06-27

Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
-----	
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.187 kN/m x = 0 - 4050 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0.500 kN/m² x = 0 - 4050 mm

Lumikuorma (Lumikuorma Sk&lt;2.75 kN/m², Keskipitkä):

Pintakuorma: 1: QZ = 1.600 kN/m² x = 0 - 4050 mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma

---

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma

---

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00\*1.15\*Omapaino

---

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90\*Omapaino

---

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00\*Omapaino

---

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

---

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

---

#### MITOITUS:

---

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 72.5 %

---

#### MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja  $W_{fin}$ : L/200

Taipumaraja  $W_{net,fin}$ : L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta  $M_y$  (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella:  $L_{k1} = 900.00$  mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella:  $L_{k2} =$  Päätukien välimatka

Kuormitus vaikuttaa rakenteen yläpintaan ( $L_{ef1} = L_{k1} + 2xH$  ja  $L_{ef2} = L_{k2}$ )

HUOM!  $L_{k1}$ :ta käytetään, kun  $M_y > 0$  ja  $L_{k2}$ :ta, kun  $M_y < 0$

---

#### MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	28.15 kN	66.91 kN	42.1 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus ( $M_y$ ):	28.50 kNm	58.59 kNm	48.6 %	2025 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	28.50 kNm	63.23 kNm	45.1 %	2025 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	28.15 kN	53.04 kN	53.1 %	0 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.30					
Tukipaine, tuki 2:	28.15 kN	53.04 kN	53.1 %	4050 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.30					
jänneväli 1, $W_{fin}$ :	9.8 mm	20.2 mm	48.3 %	2025 mm	Yhdistelmä 13/1

---



Jari Kankaanpää

2011-06-27

---

jänneväli 1, Wnet,fin:	9.8 mm	13.5 mm	72.5 %	2025 mm	Yhdistelmä 13/1
------------------------	--------	---------	--------	---------	-----------------

---

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	28.15 kN	0 mm
My,max	28.50 kNm	2025 mm

---

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneseosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliiton Puutuoteteollisuuden tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliiton Puutuoteteollisuus tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

---

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

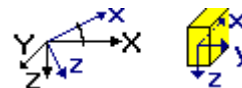
## Finnwood 2.3 ( 2.3.027)

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Jari Kankaanpää

Nimi: Aukon viereinen tolppa

C:\Users\Jari\Desktop\lopputyö\pilari.s01



## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pilari  
 Materiaali: C24  
 Poikkileikkaus: 2x48x147 (B=96 mm, H=147 mm)  
 Käyttöluokka: 2  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Kulma: 90.0 astetta  
 Jako/kuormituslev.: 1000 mm (pintakuormille)

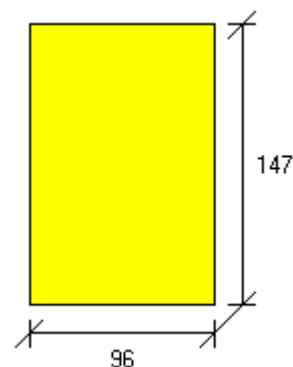
## Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:  
 Jänneväli 1: 3200.0  
 Yhteensä: 3200.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:  
 1: 0 Kiinteä niveltuki (X,Z)  
 2: 3200 Liukutuki (X)

fm,k (My): 24.10 N/mm<sup>2</sup>  
 fm,k (Mz): 26.24 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,0,k: 21.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,90,k: 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 ft,0,k: 14.06 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vz): 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vy): 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 E,mean: 11000 N/mm<sup>2</sup>  
 G,mean: 690 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Osavarmuusluku: 1.40  
 Aikaluokka: kmod:



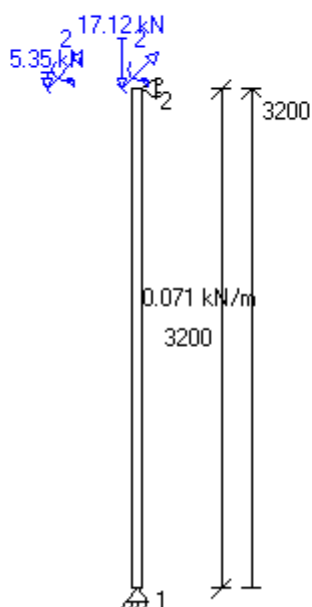
Jari Kankaanpää

2011-06-27

---

Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
<hr/>	
kdef:	0.800

---

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 5.35 kN	x = 3200.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.134 kNm	x = 3200.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.071 kN/m	x = 0 - 3200 mm

---

Lumikuorma (Lumikuorma  $S_k < 2.75$  kN/m<sup>2</sup>, Keskipitkä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 17.12 kN	x = 3200.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.428 kNm	x = 3200.0 mm

---

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Jari Kankaanpää

2011-06-27

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Lumikuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

**MITOITUS:**

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste:

54.7 %

**MITOITUSPARAMETRIT:**Taipumaraja  $W_{net,fin}$ :

L/300

Korotuskerroin, vasen uloke:

2.00

Korotuskerroin, oikea uloke:

2.00

Nurjahdus z-suuntaan:

 $L_c = 1.00 * L$ 

Nurjahdus y-suuntaan:

 $L_c = 600.00 \text{ mm}$ 

Kiepahdus on estetty

**MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	0.25 kN	13.44 kN	1.9 %	880 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Puristus:	32.09 kN	83.74 kN	38.3 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	0.80 kNm	4.76 kNm	16.7 %	3200 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus:	0.55	1.00	54.7 %	3200 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(My=0.80 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=31.83 kN)					
jänneväli 1, Winst:	-1.3 mm	-- mm	0.0 %	1840 mm	Yhdistelmä 11/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	-1.7 mm	10.7 mm	16.2 %	1840 mm	Yhdistelmä 11/1

**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

---

1.15\*Omapaino + 1.50\*Lumikuorma

Yhdistelmä 11/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

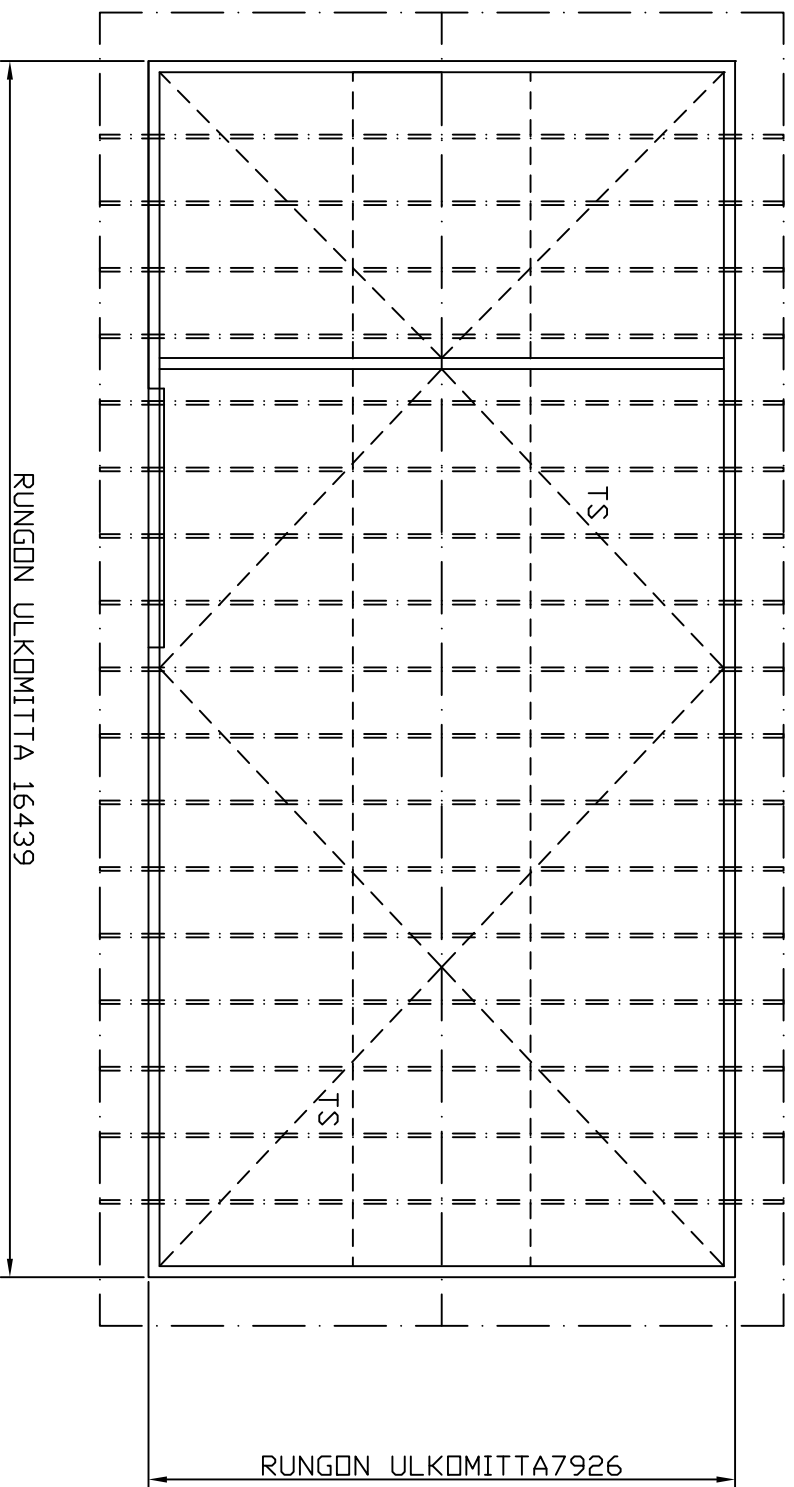
Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
N <sub>x,max</sub>	32.09 kN	0 mm
V <sub>z,max</sub>	0.25 kN	880 mm
M <sub>y,max</sub>	0.80 kNm	3200 mm

---

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneseosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on pääarakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliiton Puutuoteteollisuuden tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliiton Puutuoteteollisuus tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

---



KATTORISTIKOT K900  
TS= TUULISIDE

K.OSA PALUS	KORTTEI/TILA 7	TONITTI/RN0 21	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSLOMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAI RAKENNEPIIRUSTUS
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE JKK - Works NOORMARKUNTE 55 29350 PALUS			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ristikko tasokuva
			MITTAKAAVAT 1:100
	SUUNN. ALA RAK	TYÖ No	PIIR. No
	PÄIVÄYS 21.01.2011		MUUTOS
		YHTIENK. JARI KANKKANPÄÄ	

Jäykistäminen

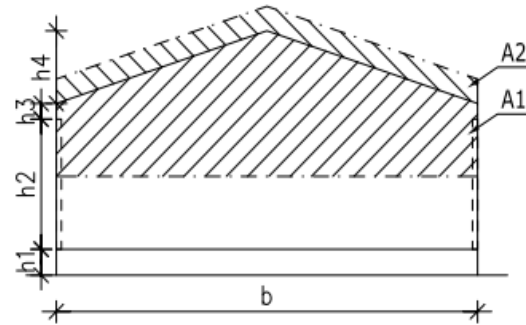
**Tapaus 1: Tuuli päätyyn**

$h_1$	0,3	m
$h_2$	3,2	m
$h_3$	0,6	m
$h_4$	1,2	m

$b$	8	m
-----	---	---

$A_1$	22,4	$m^2$	$= (h_2/2 + h_3 + h_4/2) * b$
$A_{kok}$	37,6	$m^2$	$= (h_1 + h_2 + h_3 + h_4/2) * b$
$A_2$	3,8	$m^2$	$= 0,1 * A_{kok}$ (resultantin korotus)
$A_{ref}$	26,2	$m^2$	$= A_1 + A_2$

$c_f$	1,3		
$q_k$	0,35	$kN/m^2$	
$F_{w,k1}$	11,9	$kN$	$= c_f * q_k * A_{ref}$
$F_{w,Ed1}$	17,9	$kN$	$= 1,5 * F_{w,k}$

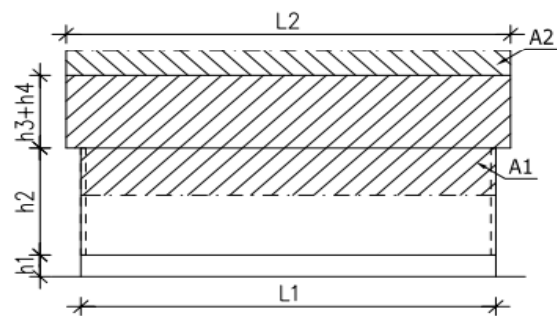


**Tapaus 2: Tuuli sivuun**

$L_1$	16,6	m
$L_2$	17,8	m

$A_1$	58,6	$m^2$	$= h_2/2 * L_1 + (h_3 + h_4) * L_2$
$A_{kok}$	90,1	$m^2$	$= (h_1 + h_2) * L_1 + (h_3 + h_4) * L_2$
$A_2$	9,0	$m^2$	$= 0,1 * A_{kok}$ (resultantin korotus)
$A_{ref}$	67,6	$m^2$	$= A_1 + A_2$

$F_{w,k2}$	30,8	$kN$	$= c_f * q_k * A_{ref}$
$F_{w,Ed2}$	46,1	$kN$	$= 1,5 * F_{w,k}$



## Jäykistäminen

## KAIKKIEN SEINIEN LEVEYS JA KORKEUS SAMAT!

## x-akselin suuntaisten seinien pituudet ja keskipisteen sijainti

$L_1$	6,7	m	$x_1$	3,4	$y_1$	7,9
$L_2$	2,1	m	$x_2$	9,2	$y_2$	7,9
$L_3$	2,1	m	$x_3$	11,3	$y_3$	7,9
$L_4$	2,7	m	$x_4$	15,1	$y_4$	7,9

## y-akselin suuntaisten seinien pituudet ja keskipisteen sijainti

$L_5$	7,8	m	$x_5$	0,1	$y_5$	3,9
$L_6$	7,8	m	$x_6$	4,1	$y_6$	3,9
$L_7$	6,6	m	$x_7$	16,3	$y_7$	3,3

## painopiste

$x_p$	6,3	m	$= (L_5x_5 + L_6x_6 + L_7x_7) / (L_5 + L_6 + L_7)$
$y_p$	7,9	m	$= (L_1y_1 + L_2y_2 + L_3y_3 + L_4y_4) / (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$

## seinien etäisyydet painopisteestä

$e_1$	0,0	m	$= y_1 - y_p$
$e_2$	0,0	m	$= y_2 - y_p$
$e_3$	0,0	m	$= y_3 - y_p$
$e_4$	0,0	m	$= y_4 - y_p$
$e_5$	-6,2	m	$= x_5 - x_p$
$e_6$	-2,2	m	$= x_6 - x_p$
$e_7$	10,0	m	$= x_7 - x_p$

## seinien k-luvut

$k_1$	300,8	$m^3$	$= L_1^3$
$k_2$	9,3	$m^3$	$= L_2^3$
$k_3$	9,3	$m^3$	$= L_3^3$
$k_4$	19,7	$m^3$	$= L_4^3$
$k_5$	474,6	$m^3$	$= L_5^3$
$k_6$	474,6	$m^3$	$= L_6^3$
$k_7$	287,5	$m^3$	$= L_7^3$



Jäykistäminen

**Tapaus 1: Tuuli päätyyn**

$F_{w,Ed1}$	17,9	kN	
$y_F$	3,9	m	(Resultantin sijainti)
$e_F$	-4,0	m	$=y_F - y_p$
$M_{Ed}$	-71,4	kNm	$=F_{w,Ed1} * e_F$

**Voimat seinille 1-4**

$F_{REd1}$	15,84	kN	$=k_1 / (k_1 + k_2 + k_3 + k_4) * F_{w,Ed1}$
$F_{REd2}$	0,49	kN	$=k_2 / (k_1 + k_2 + k_3 + k_4) * F_{w,Ed1}$
$F_{REd3}$	0,49	kN	$=k_3 / (k_1 + k_2 + k_3 + k_4) * F_{w,Ed1}$
$F_{REd4}$	1,04	kN	$=k_4 / (k_1 + k_2 + k_3 + k_4) * F_{w,Ed1}$
$\theta$	-0,00145	kN/m <sup>4</sup>	$=M_{Ed} / (k_1 * e_1^2 + k_2 * e_2^2 + \dots + k_7 * e_7^2)$

$F_{Med1}$	0,00	kN	$=\theta * k_1 * e_1$
$F_{Med2}$	0,00	kN	
$F_{Med3}$	0,00	kN	
$F_{Med4}$	0,00	kN	
$F_{Med5}$	-4,27	kN	$=-\theta * k_5 * e_5$
$F_{Med6}$	-1,53	kN	
$F_{Med7}$	4,15	kN	

$F_{Ed1}$	15,8	kN	$=F_{REd1} + F_{Med1}$
$F_{Ed2}$	0,5	kN	
$F_{Ed3}$	0,5	kN	
$F_{Ed4}$	1,0	kN	
$F_{Ed5}$	-4,3	kN	
$F_{Ed6}$	-1,5	kN	
$F_{Ed7}$	4,2	kN	

Jäykistäminen

**Tapaus 2: Tuuli alhaalta**

$F_{w,Ed2}$	46,1	kN	
$x_F$	8,3	m	(Resultantin sijainti)
$e_F$	2,0	m	$=x_F - x_p$
$M_{Ed}$	91,3	kNm	$=F_{wEd2} * e_F$

**Voimat seinille 5-9**

$F_{REd5}$	17,71	kN	$=k_5 / (k_5 + k_6 + k_7 + k_8) * F_{w,Ed2}$
$F_{REd6}$	17,71	kN	
$F_{REd7}$	10,73	kN	

$\theta$	0,00185	kN/m <sup>4</sup>	$=M_{Ed} / (k_1 * e_1^2 + k_2 * e_2^2 \dots k_9 * e_9^2)$
----------	---------	-------------------	---

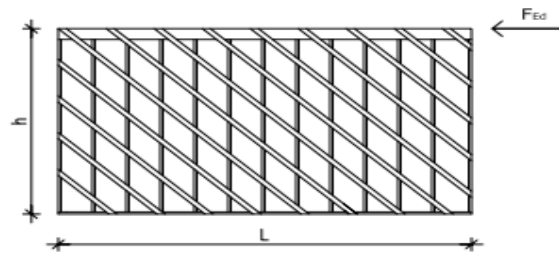
$F_{Med1}$	0,00	kN	$=-\theta * k_1 * e_1$
$F_{Med2}$	0,00	kN	
$F_{Med3}$	0,00	kN	
$F_{Med4}$	0,00	kN	
$F_{Med5}$	-5,46	kN	$=\theta * k_5 * e_5$
$F_{Med6}$	-1,95	kN	
$F_{Med7}$	5,31	kN	

$F_{Ed1}$	0,0	kN	$=F_{REd1} + F_{MEd1}$
$F_{Ed2}$	0,0	kN	
$F_{Ed3}$	0,0	kN	
$F_{Ed4}$	0,0	kN	
$F_{Ed5}$	12,2	kN	
$F_{Ed6}$	15,8	kN	
$F_{Ed7}$	16,0	kN	

Jäykistäminen

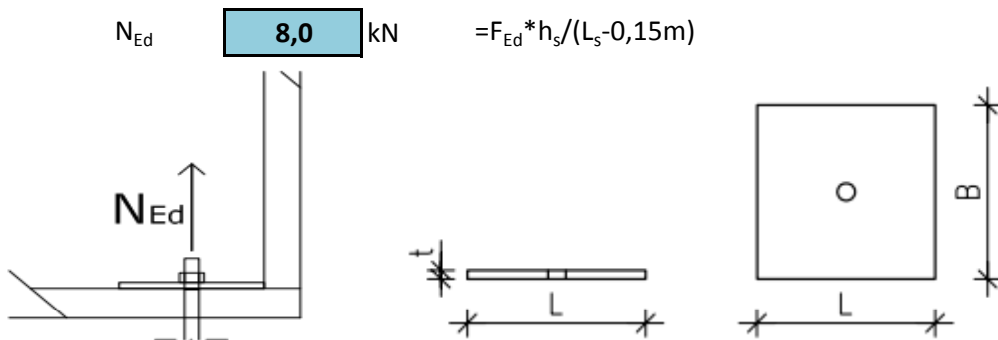
**Mitoittava seinä**

seinä nro	7
$h_s$	3,2 m
$L_s$	6,6 m
$F_{Ed}$	16,0 kN



Seinä jäykistetään vinolaudoituksella, joten voiman siirtämistä seinän yläreunasta alareunaan ei tarvitse tarkastella tarkemmin.

Pystyvoima siirretään nauloilla tolpilta alajuoksulle ja peruspultin välityksellä perustuksille. Vaakavoima siirretään alajuoksulta kitkan ja harjaterästartuntojen avulla perustuksille.



$N_{Ed}$  **8,0** kN  $= F_{Ed} * h_s / (L_s - 0,15m)$

**Peruspultti AHP16**

OK  $N_{tRd}$  **62,2** kN

**Teräslevy S235**

$f_{yd}$	235	N/mm <sup>2</sup>
B	100	mm
t	12	mm
L	100	mm
$D_{reikä}$	17	mm
$M_{Ed}$	<b>0,10</b>	kNm $= N_{ed} / 2 * L / 4$
$B_{eff}$	83	mm $= B - D_{reikä}$
W	1992	mm <sup>3</sup> $= B_{eff} * t^2 / 6$
OK $M_{Rd}$	<b>0,47</b>	kNm $= W * f_{yd}$

**Lävistyminen**

$d_m$	26	mm	(mutterin etäisimpien pisteiden ja avainvälin ka.)
$f_u$	360	N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_M$	1,25	kN	
OK $B_{pRd}$	<b>169</b>	kN	$= 0,6 * \pi * d_m * t * f_u / \gamma_{M2}$

Jäykistäminen

Leimapaine

$f_{c90k}$	2,2	N/mm <sup>2</sup>	
$k_{mod}$	1,1		
$\gamma_M$	1,4		
$h_a$	50	mm	(alajuoksun korkeus)
$a$	50	mm	(etäisyys reunaan)
$L_{ef}$	133	mm	$=L+1/3*h_a+\min(a/2;1/3*h_a)$
$k_{c90}$	2,29		$=(2,38-L/250)*(L_{ef}/L)^{0,5}$
$f_{c90d}$	1,73	N/mm <sup>2</sup>	$=f_{c90k}*k_{mod}/\gamma_M$
$k_{c90}*f_{c90d}$	3,95	N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{c90d}$	0,80	N/mm <sup>2</sup>	$=N_{Ed}/(B*L)$

OK

Tolppien kiinnitys

$k/k$	600	mm	
tolppia	12	kpl	$=(L_s)/(k/k)+1$
$M_{Ed}$	51,3	kNm	$=F_{Ed}*h_s$

Taulukko, jonka viimeisessä sarakkeessa esitetty kullekin tolपालle tulevat voimat. Voimat jakautuvat lineaarisesti etäisyyden suhteessa.

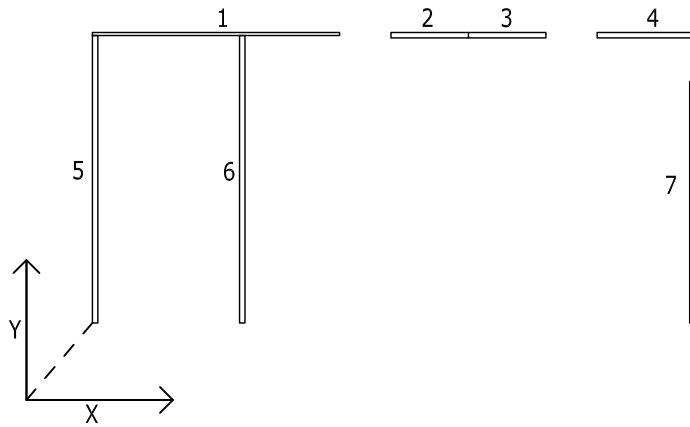
Tolppa nro [x]	Etäisyys $e_x$ [mm]	Suht. Voima $s_x$ ( $=e_x/e_{max}$ )	Suht. Mom ( $=s_x^2$ )	Tod. Mom $M_x$ ( $s_1^2/\sum s_1^2*M_{ed}$ ) [kNm]	Tod. Voima $F_x$ ( $M_x/e_x$ ) [kN]
1	0	0,00	0,000	0,00	0,00
2	600	0,09	0,008	0,10	0,17
3	1200	0,18	0,033	0,41	0,34
4	1800	0,27	0,074	0,91	0,51
5	2400	0,36	0,132	1,62	0,68
6	3000	0,45	0,207	2,54	0,85
7	3600	0,55	0,298	3,65	1,01
8	4200	0,64	0,405	4,97	1,18
9	4800	0,73	0,529	6,49	1,35
10	5400	0,82	0,669	8,22	1,52
11	6000	0,91	0,826	10,14	1,69
12	6600	1,00	1,000	12,27	1,86
$\Sigma$		6,00	4,182	51,32	

=> Suurin voima 1,86 kN. Pystytään siirtämään nauloilla.

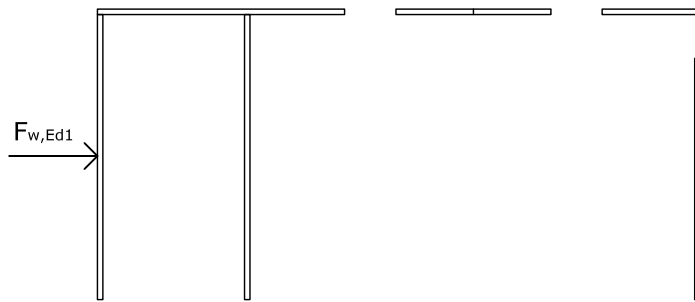
Rakennuskohde <b>Jari Kankaanpää          Pienhalli</b>	Piirustuksen sisältö <b>Jäykistäminen</b>	Sivu
--	--	------

	Työnro 1001		
	Pvm 06.09.2011	Suunn. J.K.	

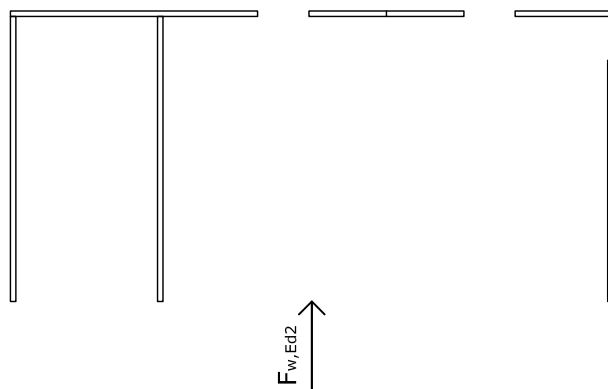
Mittakaava  
 1:200



Tapaus 1: Tuuli vasemmalta



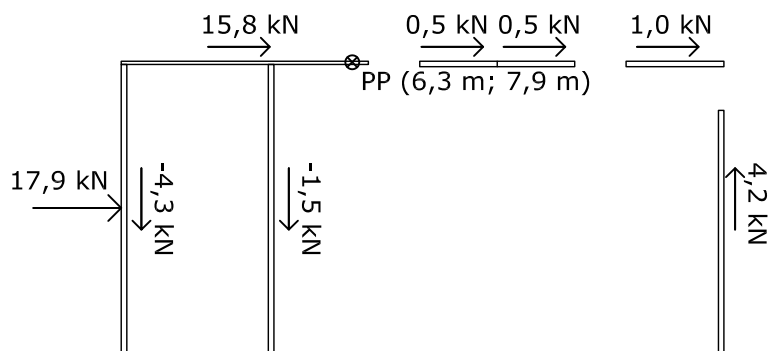
Tapaus 2: Tuuli alhaalta



Rakennuskohde <b>Jari Kankaanpää          Pienhalli</b>	Piirustuksen sisältö <b>Jäykistäminen</b>		Sivu
	Työnro 1001		
	Pvm 06.09.2011	Suunn. J.K.	

Mittakaava  
1:200

### Tapaus 1: Tuuli vasemmalta



### Tapaus 2: Tuuli alhaalta

