

Jutta-Emilia Lohi

## **NR-RAKENTEISEN YLÄPOHJAN KOKONAISJÄYKISTYS**

## **NR-RAKENTEISEN YLÄPOHJAN KOKONAISJÄYKISTYS**

Jutta-Emilia Lohi  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, rakennetekniikka

---

Tekijä: Jutta-Emilia Lohi

Opinnäytetyön nimi: NR-Rakenteisen yläpohjan kokonaisjäykistys

Työn ohjaaja: Pekka Kilpinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 31 + 2 liitettä

---

Naulalevyristikkorakenteisen (NR-rakenne) katon kokonaisjäykistys on yleisesti rakennesuunnittelussa vähälle huomiolle jäävä osa. Katon kokonaisjäykistykseen laiminlyöminen voi huonoimmassa tapauksessa johtaa katon sortumiseen. Ongelman taustalla ovat suunnittelijoiden puutteellinen tietotaso sekä epäselvyydet vastuun- ja tehtävänjaosta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä NR-rakenteiseen kattoon sopiviin jäykistysvaihtoehtoihin sekä tuottaa esimerkkilaskelma, jota voidaan soveltaa jäykistykseen laskennassa.

Työn alussa perehdyttiin NR-suunnitteluun ja vastuunjakoon suunnittelijoiden välillä. Jäykistys-suunnittelun laskentaa pohjustettiin tutustumalla NR-suunnittelussa tarvittavien kuormien laskennan perusteisiin ja tarkastelemalla erilaisia jäykistysvaihtoehtoja. Näiden jälkeen työssä syvennettiin jäykistyslaskennassa vaikuttavien kuormien laskentaa ja esimerkkilaskelmien mukaiseen jäykistämisen laskentaan.

Opinnäytetyössä saatiin laadittua esimerkkilaskelma, jota voidaan käyttää jäykistys-suunnittelua ohjaavien kuormien laskentaan sekä vaaka- ja pukkiristikoiden toteutettavan jäykistykseen mitoittamiseen. Laskelma soveltuu parhaiten käytettäväksi tapauksissa, joissa jäykistys toteutetaan vaaka- ja pukkiristikoiden avulla. Toinen opinnäytetyön tuotos oli esimerkkikohteen katon 3D-malli, jossa olivat mukana työssä mitoitettavat jäykisteet. Työn mallinnus tehtiin 3DTrussme-ohjelmalla.

---

Asiasanat: naulalevyristikko, puurakenteet, kuormat, jäykistys, tuenta, stabiiliteetti

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Structural Engineering

---

Author: Jutta-Emilia Lohi  
Title of thesis: Design Principles and Stiffening NR-structure Roof  
Supervisor: Pekka Kilpinen  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021  
Number of pages: 31 + 2 appendices

---

Stiffening NR-structured (nail plate truss structured) roofs is usually that part of a designing process that gets less attention than the other parts. In the worst scenario, if NR-structures are missing some of the necessary stiffening parts, it can lead to the roof to collapse. This is a consequence of designers' lack of information and uncertainty of sharing responsibilities between designers.

The purpose of this thesis was to find out how the stiffening of the NR-structured roof can be done and compile the principles for the calculations. The focus of this work was on nail plate truss stiffeners.

The work was started by getting familiar with instructions and regulations that guide the planning of the NR-structures and stiffening calculations. The principles were demonstrated by using a detached house as an example. NR-trusses and truss stiffeners were designed on the 3D-TrussMe program.

The result of the work was example calculations which can be used afterwards during the stiffening calculations. These examples are for calculating loads that need to be considered in stiffening the roof. The other result of the work was a 3D-model of the roof which includes all the stiffeners from calculation.

---

Keywords: stiffening, stability, NR-structures

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	NR-SUUNNITTELU .....	7
2.1	Suunnittelijoiden välinen vastuunjako.....	7
2.2	NR-suunnittelu käytännössä.....	8
3	NR-SUUNNITTELUN KUORMAT .....	10
3.1	Omapaino.....	10
3.2	Hyötykuormat .....	10
3.3	Lumikuorma.....	11
3.4	Lumikuormat ristikkosuunnittelussa.....	12
3.5	Tuulikuorma.....	12
4	NR-RAKENTEISEN KATON JÄYKISTYSTAVAT .....	15
4.1	Vaakaristikot yläpaarteiden välissä .....	15
4.2	Pukkijäykistys .....	15
4.3	Levy- tai vinolaudoitusjäykistys .....	17
5	NR-KATTORAKENTEEN KOKONAIJÄYKISTYKSEN KUORMAT .....	18
5.1	Tuulesta aiheutuva vaakakuormitus .....	18
5.2	Rakenteen vinoudesta aiheutuva lisävaakavoima .....	19
5.3	Kattoristikoiden puristettujen paarteiden aiheuttama kuormitus .....	20
5.4	Uumasauvan nurjahdustuenta.....	21
5.5	Alapaarretason jäykistäminen .....	23
6	YLÄPOHJAN JÄYKISTYKSEN ESIMERKKILASKELMAT .....	26
6.1	Jäykistys- ja pukkiristikko .....	27
6.2	Alapaarretason jäykistäminen havuvanerilevyllä .....	28
6.3	Vinolaudoitus yläpaarteiden alapintaan.....	28
6.4	Jäykistysvaihtoehdon valinta .....	29
7	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET .....	32

# 1 JOHDANTO

Suomessa NR-rakenteiset yläpohjat ovat hyvin yleisiä etenkin pientalo-, maatalous-, tehdas- ja lii- ketilarakentamisessa. Naulalevyristikkorakenteisten yläpohjien puutteellinen jäykistäminen on vuo- sien saatossa johtanut usean katon sortumaan. Suunnittelijoiden tietämystä ja ymmärrystä lisää- mällä tällaisilta onnettomuuksilta voidaan välttyä. Keskeisessä osassa on myös tehtävän- ja vas- tuunjaon selkeyttäminen suunnittelijoiden välillä. (1, s. 3.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä NR-rakenteisen katon kokonaisjäykistyksen toteu- tusvaihtoehtoihin sekä ristikoiden mitoittamiseen. Päähuomio tarkastelussa on jäykistyskuormien määrittämisessä ja naulalevyristikkorakenteisissa jäykistysvaihtoehdoissa eli vaaka- ja pukkiristi- koissa. Työn toisena tavoitteena on tuottaa esimerkkilaskelma, jota voidaan käyttää jäykistyksen laskennassa.

Työn alussa perehdytään yleisellä tasolla NR-suunnitteluun ja suunnittelijoiden väliseen vastuun- jakoon. Tämän jälkeen työssä syvennytään normien mukaiseen kuormien määrittämiseen, jäykis- tysvaihtoehtoihin ja kokonaisjäykistyksen laskentaan vaikuttavien kuormien määrittämiseen. Lo- puksi tarkastellaan esimerkkilaskelmia jäykistyksen laskennasta.

Työn tilaajana toimii Ristek Oy, joka on vuonna 2007 perustettu johtava suomalainen naulalevyval- mistaja kotimaan markkinoilla. Ristek Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu naulalevytuotannon lisäksi mo- derni NR-suunnitteluohjelma 3DTrussme, jolla tämän opinnäytetyön suunnittelu tehdään. Kotimaan lisäksi Ristek Oy:llä on naulalevy- ja suunnitteluohjelmavientiä useisiin Euroopan maihin, kuten Vi- roon, Saksaan ja Norjaan. Tulevaisuudessa yritys hakee kasvua etenkin viennin kautta. (2, s. 1.)

## 2 NR-SUUNNITTELU

Naulalevyrakenteiden suunnittelu tehdään hyväksytyllä NR-suunnitteluohjelmalla. Näitä ohjelmia on Suomessa viisi: Ristek Oy:n 3DTrussMe, Sepa Oy:n Roof-Cad, MiTek Finland Oy:n TrussCon ja Pamir sekä Sweco Oy:n WoDe 2000 (3, s. 1). Suomessa suunnitteluohjelmat perustuvat Inspecta Sertifiointi Oy:n sovellusohjeeseen nimeltään Naulalevyrakenteiden suunnittelu: Eurokoodi 5 - EN1995:2004+A1:2008 (4, s. 9). Jokaisen suunnitelman tarkastajan tulee olla pätevätytynyt NR-suunnittelija. Suunnittelijan pätevydet voi saada sellainen henkilö, jolla on suoritettuna insinöörin tutkinto (RI tai DI), suunnittelukokemusta noin 1 000 kuvan verran, teorianentti NR-rakenteiden suunnittelusta ja ohjelmakohtainen tentti suunnitteluohjelman käytöstä. (3, s. 1.)

NR-suunnittelu toteutetaan aina kohde- ja tehdaskohtaisesti kyseisen tehtaan tapoja vaalien. Rakennuttaja tilaa NR-rakenteet ristikkotehtaalta. Tehdas suunnitteluttaa ristikot joko omilla suunnittelijoillaan, jos heillä tällaisia on, tai tilaa suunnittelun suunnittelupalveluja tarjoavilta yrityksiltä. Tyyppillistä on ostaa suunnittelua alihankintana suunnittelutoimistoilta, joissa on pätevätyneitä NR-suunnittelijoita, sillä kaikilla tehtailla ei ole omia pätevätyneitä suunnittelijoita. (4, s. 8.)

### 2.1 Suunnittelijoiden välinen vastuunjako

Rakennushankkeeseen ryhdyttäessä tulee hankkeeseen ryhtyvällä olla käytettävissä suunnitteluun tehtävän vaativuusasteeseen soveltuvat suunnittelijat. Vastaavan rakennesuunnittelijan, joka määritetään jo rakennuslupaa haattaessa, tulee vastata rakenteiden toimivasta ja turvallisesta kokonaisuudesta sekä erillisten rakenneosasuunnitelmien yhteensovittamisesta. (1, s. 10.)

Vastaavan rakennesuunnittelijan tehtäviin rakennushankkeessa sisältyvät

- rakennejärjestelmän staattinen määrittäminen (sisältää vaaka- ja pystyrakenteiden, perustusten ja kokonaisvaikutuksen huomioimisen)
- jäykistävien rakenteiden määrittäminen ja mitoitus (sisältää työn ja asennuksen aikaisten tukirakenteiden määrittämisen)
- rakennepiirustusten ja -laskelmien sekä muiden asiakirjojen laadinta

- lähtötietojen toimittaminen NR-suunnittelijalle (sisältää kaikki NR-rakenteiden mitoitukseen tarvittavat tiedot: kuormitus-, mitta-, toimintamallitiedot, mahdolliset paloluokkavaatimukset sekä alustava jäykistysuunnitelma)
- rakenneosien suunnitelmien tarkastus sekä suunnitelmien yhteensovittaminen (1, s. 11–12).

NR-suunnittelijan tehtäviin rakennushankkeessa sisältyvät

- NR-rakenteiden mitoitus (sisältää mitoituksen taipuma- ja lujuusehdoin, tukipintojen ja liitosten mitoituksen)
- mahdollisten lähtötietojen epäselvyyden tarkastaminen
- mahdollisten mitoituksessa ilmenevien rakenteellisten ongelmien selvittäminen rakenne-suunnittelijan kanssa
- valmiiden NR-rakenteiden laskelmien toimittaminen vastaavalle rakennesuunnittelijalle tarkastettavaksi ennen toteutusta (1, s. 11–12).

## 2.2 NR-suunnittelu käytännössä

NR-suunnittelija vastaanottaa ristikkokaaviot, joiden perusteella suunnittelee ristikot. Vaikka 3D-mallinnus on kehittynyt huomasti viime vuosien aikana, ristikkokaaviot ovat lähes poikkeuksetta naamakuvia ristikosta. Rakennesuunnittelijan tulee ilmoittaa kaaviossa ristikon ulkomitat, ristikon maksimi kuormituslevyden, kuormitukset ja tukien sijainnit (4, s. 9). Näillä tiedoilla ristikkosuunnittelija pystyy mallintamaan ja mitoittamaan ristikot.

Ristikkosuunnittelua helpottaa, jos kaavioiden mukana on yläpohjantasokuva, josta NR-suunnittelija pystyy tarkastamaan ristikoiden kuormituslevydet ja mahdolliset kinoslumikuormat. IFC-malli tai 3D-DWG-malli helpottavat ristikkosuunnittelijaa koko katon mallintamisessa. Näiden mallien käyttö tuo aina lisää varmuutta suunnitteluun niin ristikkosuunnittelijalle kuin myös rakennesuunnittelijalle (4, s. 9). Ristikoiden tilauskaavio esitetty kuvassa 1. Kuvassa lumikuorma on ilmoitettu kattolla-arvona, nykyään tilauskaavioissa suositaan käytettäväksi maassa-arvoa. Kuvan 1 tilauskaavion mittoihin voisi vielä lisätä räystään paksuuden.

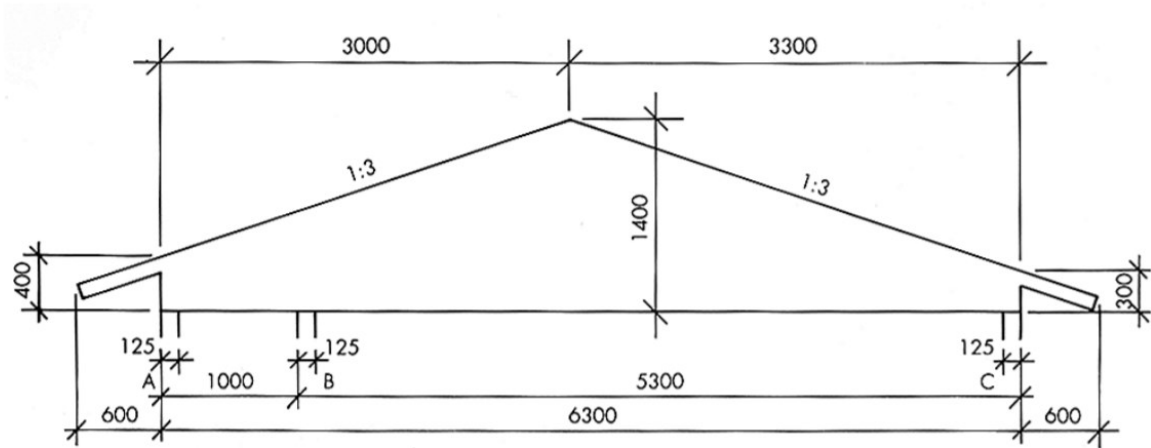


## KANNATIN K1

## KOSTEUSLUOKKA 2

kannatinjako 900 mm  
 ruodejako 300 mm  
 tukimateriaali puu lappeellaan  
 tuentavaihtoehdot A - C  
 A - B - C

kuormitukset	yläpaarre	lumikuorma	1,8 kN/m <sup>2</sup>
		tuulikuorma	0,6 kN/m <sup>2</sup>
		rakenteet	0,6 kN/m <sup>2</sup>
	alapaarre	rakenteet	0,3 kN/m <sup>2</sup>



KUVA 1. Ristikkotilauskaavio (5, s. 11)

### 3 NR-SUUNNITTELUN KUORMAT

Kuormien laskennassa keskitytään ristikoiden mitoituksen kannalta olennaisiin kuormiin, joita ovat omapaino, hyötykuormat, lumikuorma ja tuulikuorma. Tarkemmat ohjeet löytyvät teoksista RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat ja RIL 205-1-2009 Puurakenteiden suunnitteluohje.

#### 3.1 Omapaino

Rakenteen omapaino on pysyvä ja kiinteä kuorma, joka lasketaan nimellismittojen ja tilavuuspainojen perusteella (6, s. 31). Kattoristikoiden omapaino muodostuu ristikoiden yläpuolisista vesikattorakenteista, ristikon omasta painosta sekä alakattorakenteista ja niihin mahdollisesti ripustetuista eristeistä (7, s. 11).

Ristikkosuunnittelussa käytettäviä kuormien minimiarvoja ovat

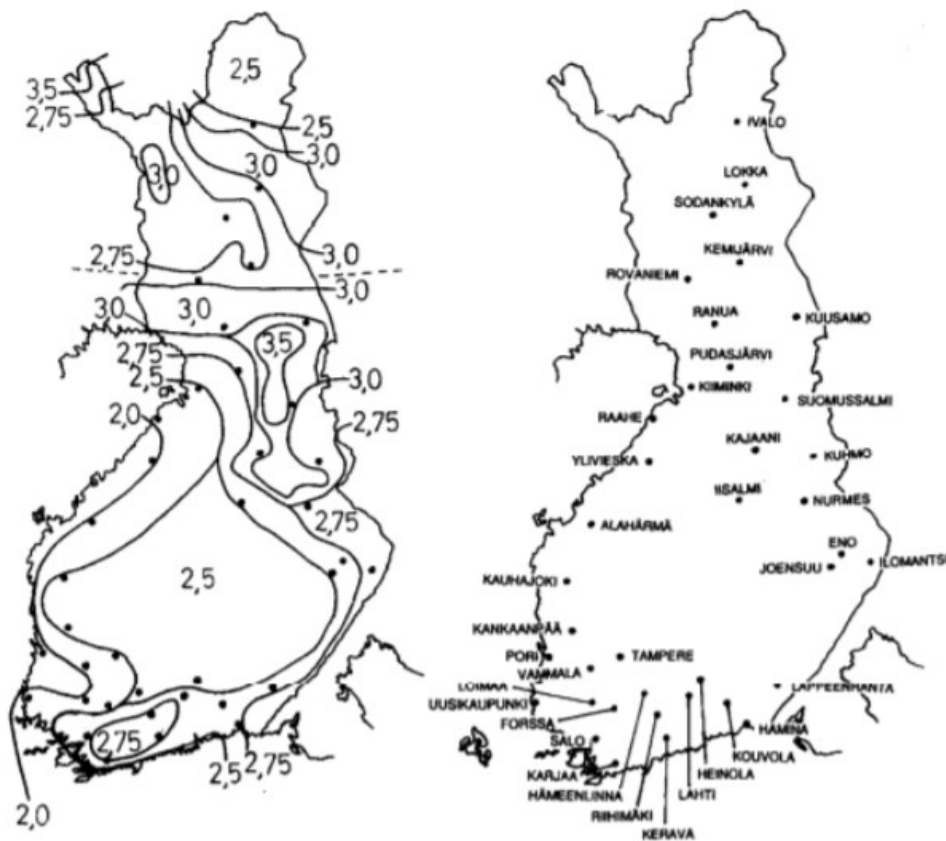
- peltikate 0,15 kN/m<sup>2</sup>
- huopakate 0,25 kN/m<sup>2</sup>
- tiilikate 0,55 kN/m<sup>2</sup>
- alapaarteen omapaino lämmin rakennus 0,3 kN/m<sup>2</sup>
- alapaarteen omapaino kylmä rakennus 0,1 kN/m<sup>2</sup> (8, s. 1).

#### 3.2 Hyötykuormat

Hyötykuorma on muuttuvaa sekä liikkuvaa kuormaa. Hyötykuorma aiheutuu tilan käytöstä, esimerkiksi varastoinnista tai ihmisten liikkumisesta tilassa. Ristikoiden laskennassa hyötykuormia esiintyy käyttöullakko- ja kehäristikoissa. Näitä laskettaessa käytetään yleensä hyötykuorman vakiota 2 kN/m<sup>2</sup>. (9, s. 63–64; 4, s. 1.)

### 3.3 Lumikuorma

Lumikuorma määräytyy lumikuorman paikkakuntaakohtaisen ominaisarvon  $S_k$  mukaan. Tämä ominaisarvo kertoo maassa olevan lumikuorman arvon. Ominaisarvot perustuvat kuvassa 2 esitettyyn lumikuormakarttaan. (9, s. 100.)



KUVA 2. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot  $S_k$  (10, s.11)

Lumikuormat katolla määritetään kaavalla 1. (9, s. 100.)

KAAVA 1. Katolla vaikuttava lumikuorma

$$S = U_i * C_e * C_t * S_k$$

$U_i$  = katon muotokerroin, joka on yleensä 0,8. Katon kaltevuuden ollessa  $\geq 30^\circ$  voi kerrointa pienentää. (9, s. 102)

$C_e$  = tuulensuojakerroin, joka määräytyy rakennuksen tuulensuojaisuuksien ja rakennuksen koon mukaan

$C_t$  = lämpökerroin, joka on tavallisesti 1,0

Tuulensuojaisuuskerroin ja lämpökerroin määräytyvät RIL 201-1-2017 -ohjeen mukaan. Näille voidaan normaalitapauksissa olettaa arvo 1,0 ja näin lumikuorman laskennan kaava pelkistyy kaavan 2 muotoon. (9, s. 100–102.)

*KAAVA 2. Lumikuorman pelkistetty kaava*

$$S = U_i * S_k$$

### 3.4 Lumikuormat ristikkosuunnittelussa

Päärakennesuunnittelija toimittaa ristikon tilauskaaviossa NR-suunnittelijalle tarvittavat tiedostot. Suunnittelua aloittaessaan NR-suunnittelijan olisi hyvä muistaa tarkastaa kaavioissa ilmoitettu paikkakuntakohtainen lumikuorma huomioiden kuntaliitokset. Jos NR-suunnittelija saa suunniteluun avuksi vain ristikoiden naamakuvat, tulee hänen luottaa päärakennesuunnittelijan merkanneen kaavioihin tarvittavat kinoslumikuormat. Mikäli suunnittelija saa itselleen yläpohjantasokuvan, pystyy hän tarkastamaan mahdolliset jiirit ja katon tasoerot, joihin kinoslumikuormaa muodostuu.

### 3.5 Tuulikuorma

Rakennuksen tuulikuorman arvo Suomessa voidaan laskea yksinkertaisen menettelyn mukaan silloin, kun kyseessä on tavanomainen rakennus. Näin laskettuna tuulikuorman arvoon vaikuttavat maastoluokka, rakenteen korkeutta vastaava nopeuspaine sekä rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala. Kokonaistuulikuorman ominaisarvo voidaan määrittää kaavalla 3. (6, s. 39.)

*KAAVA 3. Kokonaistuulikuorman ominaisarvo*

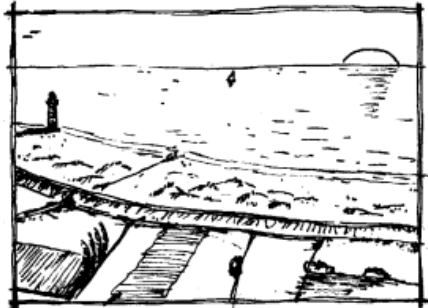
$$F_{wk} = c_f * q_{k(h)} * A_{ref}$$

$c_f$  = rakenteen voimakkerroin

$q_{k(h)}$  = rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine

$A_{ref}$  = rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

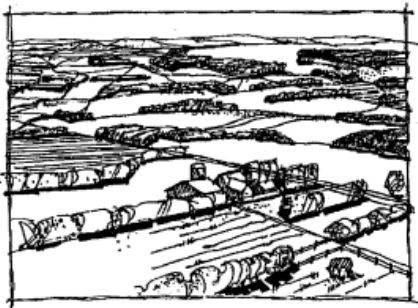
Maastoluokka määräytyy rakennusta ympäröivän maaston, kasvillisuuden tai rakennetun ympäristön mukaan. Ympäröivät maasto-olosuhteet vaikuttavat rakennukseen kohdistuvaan tuulen nopeuteen. Kuvan 3 perusteella voidaan arvioida rakennukselle sopiva maastoluokka. (9, s. 131.)



**Maastoluokka 0:** Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue.



**Maastoluokka I:** Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.

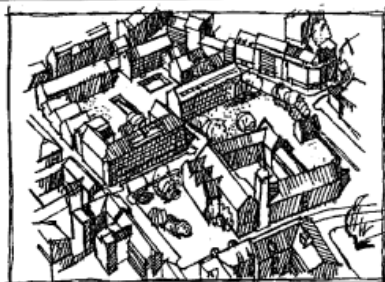


**Maastoluokka II:** Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan.



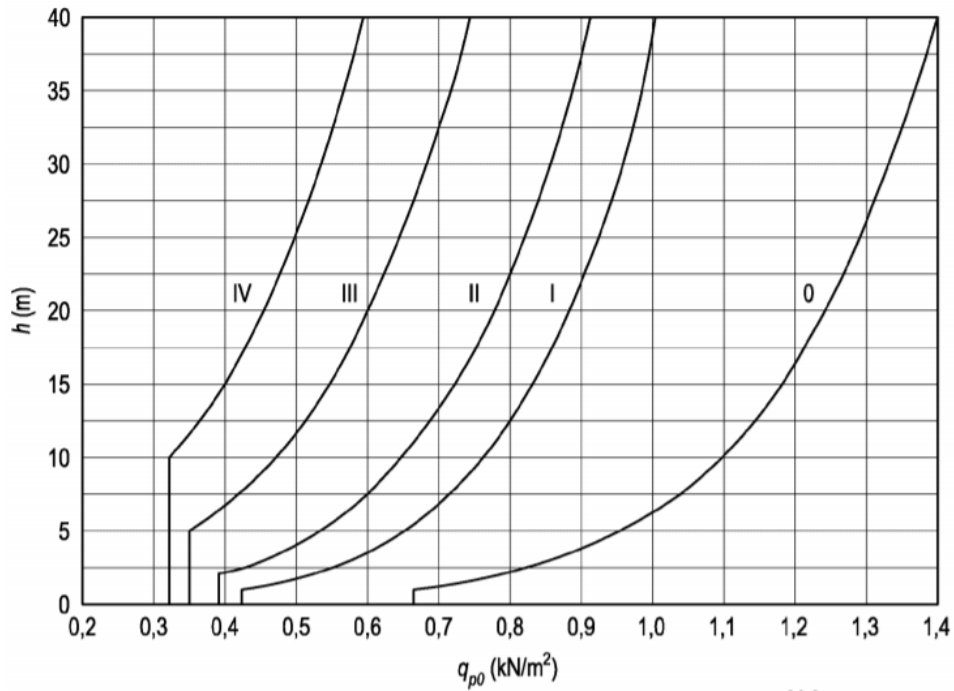
**Maastoluokka III:** Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä).

**Maastoluokka IV:** Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m.



*KUVA 3. Maastoluokkien kuvaukset (9, s. 131)*

Tuulen nopeuspaine saadaan, kun tiedetään rakennuksen kokonaiskorkeus sekä maastoluokka, jossa rakennus sijaitsee. Nopeuspaine voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella käyrästöstä, joka on esitetty kuvassa 4. (6, s. 38–39.)



KUVA 4. Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa (10, s.13)

Voimakerron määräytyy rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden perusteella, mutta yksinkertaistetun menettelyn perusteella voidaan käyttää taulukossa 1 esitettyjä arvoja (6, s. 39).

TAULUKKO 1. Yksinkertaistetussa menettelyssä käytettäviä voimakertoimen arvoja (6, s. 39)

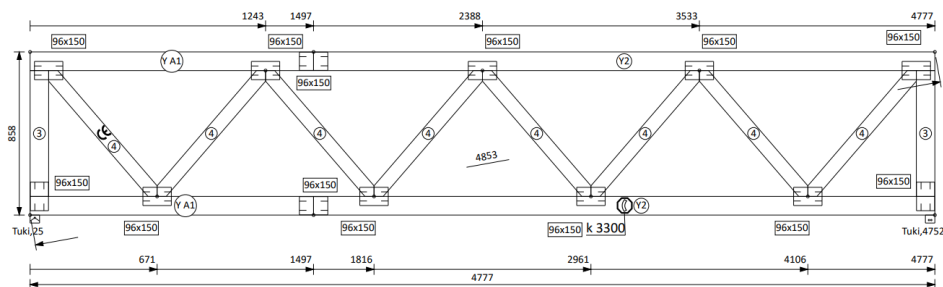
Kuvaus	$c_f$
Umpinainen rakennus yleensä	1,3
Pulpettikattoinen umpinainen rakennus tarkasteltaessa kattolapteen suuntaista tuulta, kun katon kaltevuus on 5°...40° (toisessa suunnassa $c_f = 1,3$ )	1,5
Osittain avoin rakennus, kun tuulen puoleisella sivulla olevien aukkojen pinta-ala on enintään 30 %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

## 4 NR-RAKENTEISEN KATON JÄYKISTYSTAVAT

NR-rakenteinen katto tulee jäykistää rakennuksen pituus- ja poikkisuunnassa. NR-ristikot mitoite-  
taan suunnitteluvaiheessa vaakatuulelle, mutta koko kattoon kohdistuva vaakasuuntainen tuuli-  
kuormitus tulee ohjata jäykistävien rakenteiden välityksellä kantaville rakenteille ja niitä pitkin pe-  
rustuksille. Jäykistysjärjestelmävaihtoehtoja ovat vaaka- ja pukkiristikot tai paikalla rakennettavat  
vinorevaukset. Alapaarretason levyjäykistys toimii poikkisuuntaisena jäykisteenä molempiin ta-  
pauksiin.

### 4.1 Vaakaristikot yläpaarteiden välissä

Vaakaristikot ovat reunimmaisten kattoristikoiden yläpaarteiden väliin asennettavia, joko tehdas-  
valmisteisia (kuva 5) tai paikalla rakennettavia jäykisteristikoida. Niiden tehtävänä on ottaa vastaan  
kattorakenteen yläpaarretason tuulikuormat, yläpaarretason nurjahdustuennan aiheuttamat sisäi-  
set voimat sekä rakenteen vinoudesta aiheutuvat voimat. Paikalla rakennettavien jäykistysristikoi-  
den paarteina toimivat NR-ristikoiden yläpaarteet. Uumasauvat asennetaan yläpaarteiden alapin-  
taan siten, että solmuvälit mitoitetaan NR-kannattajan yläpaarteiden vaatiman sivuttaistuentävälän  
mukaan. (7, s. 18–19.)

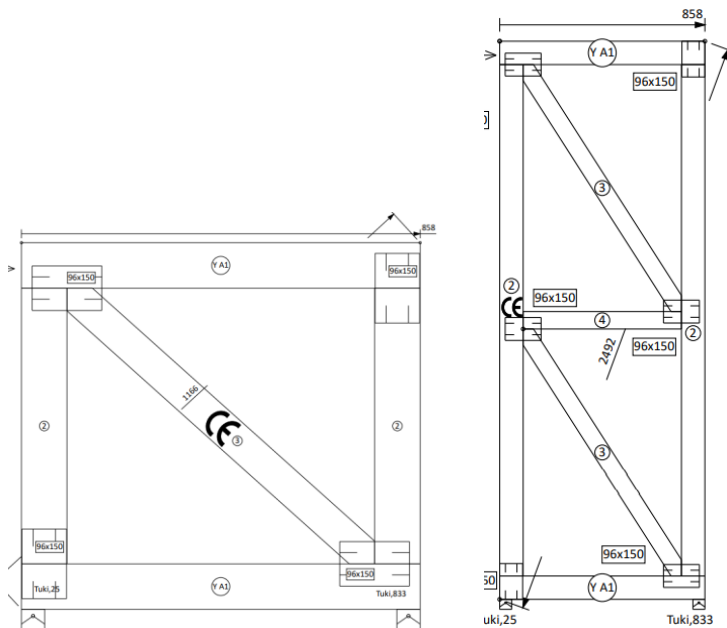


KUVA 5. Yläpaarteiden välissä oleva vaakaristikko

### 4.2 Pukkijäykistys

Vaakasuuntaisten jäykisteristikoiden yhteydessä käytetään yleensä pukkiristikoida ottamaan vas-  
taan vaakaristikoiden aiheuttamat tukireaktiot. Pukit voivat olla tehdasvalmisteisia (kuva 6) tai paikalla

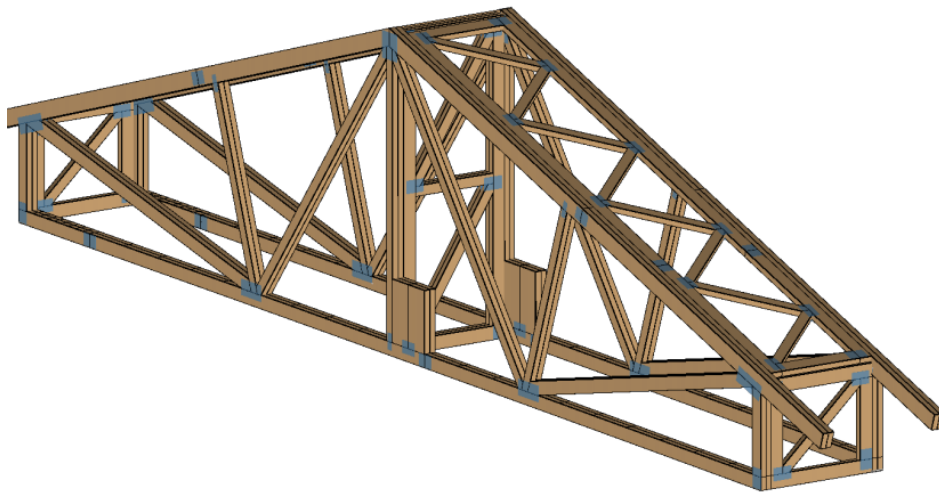
rakennettuja. Pystypukit asennetaan yleensä rakennuksen molempiin pätyihin samoihin kannatinväleihin kuin vaakaristikot ja tarvittaessa myös rakennuksen keskelle. Pukit asennetaan yleensä seinä- ja harjalinjalle. Mikäli pukkijäykistystä käytetään ilman vaakaristikoita, tulee pukkeja asentaa niin tiheästi, että yläpuolella toimiva jäykiste pystyy välittämään pukien väliin jääviltä ruoteilta tulevat pituussuuntaiset vaakavoimat pukeille. Pukkijäykistystä tehtäessä tulee huomioida niiden vierisille NR-rakenteille aiheutuvat lisäkuormitukset. Näitä lisäkuormia voidaan pienentää, jos pukkeja asennetaan kahteen peräkkäiseen väliin. (11, s. 20.)



KUVA 6. Pukkiristikko seinälinjalla ja harjalinjalla

Vaaka- ja pukkiristikot yhdessä muodostavat jäykistysjärjestelmän, jossa vaakasuuntaisen ristikon tukireaktiot otetaan vastaan pukkiristikolla ja kuljetetaan niiden kautta ristikon alapaarteelle. Kuvassa 7 on esitetty 3D-malli vaaka- ja pukkiristikoista.



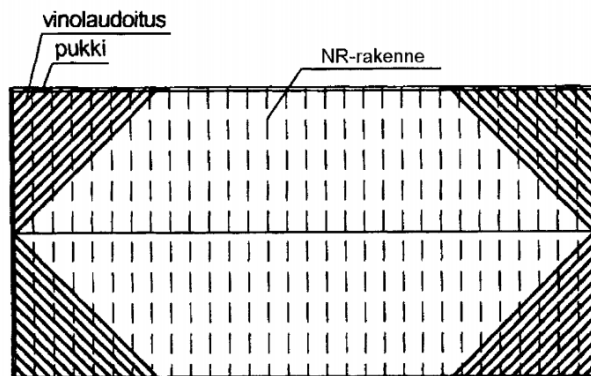


KUVA 7. 3D-malli vaaka- ja pukkiristikoista

### 4.3 Levy- tai vinolaudoitusjäykistys

Jäykistys voidaan toteuttaa myös suoraan paarteisiin kiinnitetyllä puulevyllä, ponttilaudoituksella tai korkeaprofiilisella pellillä, joka toimii myös vaakajäykisteenä. Levyjäykistys lasketaan samalla tavalla kuin levyjäykistetty seinä. Sivuseinälinjalla kuormat tulee johtaa alas esimerkiksi jäykistyspukeilla. (11, s. 20.)

Yläpaarteiden väliin asennettava jäykisteristikko voidaan korvata NR-kannattajien paarteisiin naulatulla vinolaudoituksella. Kuvassa 8 esitettynä vinolaudoituksen periaate. Vinolaudoitusta käytetään erityisesti pientaloissa, joissa vain muutama lauta naulattuna päädystä vinosti harjalle päin voi riittää. (11, s. 21.)



KUVA 8. Periaatekuva vinolaudoituksesta (1, s. 31)

## 5 NR-KATTORAKENTTEEN KOKONAISJÄYKISTYKSEN KUORMAT

Rakennuksen kantavat rakenteet tulee jäykistää pituussuunnassa, jotta saadaan aikaan vakaa rakenne ja estetään liialliset taipumat. Katon jäykistäville rakenteille kohdistuu vaakakuormitus. Tämä kuormitus on tuulikuorman, mahdollisen vaakasuuntaisen hyötykuorman, asennusvinouden aiheuttaman kuorman ja yläpaarteiden sekä nurjahtavien uumasauvojen puristuksesta aiheutuvan vaakasuuntaisen stabiloivan kuormituksen yhdistelmä. (1, s. 21.)

### 5.1 Tuulesta aiheutuva vaakakuormitus

Kattorakenteeseen yläpaarteentasolle kohdistuva tuulikuorma lasketaan kaavalla 4. Yläpaarretason ottama tuulikuorma lasketaan pinta-alojen suhteessa voimakerroinmenetelmää käyttäen talon kokonaistuulikuormasta. Tämän vuoksi kaavaan sisällytetään tuulen aiheuttama kitkavoima, joka jaetaan koko lappeelle. Lapetasoa jäykistäville rakenteille kohdistuva tuulikuorma pystytään laskemaan keskimääräisenä pituusyksikön kuormana kaavalla 4. (1, s. 21–22; 11, s. 22–23.)

*KAAVA 4. Yläpohjan ottama tuulikuorma*

$$q_{t,k} = \frac{q_{k(h)}}{B} * (C_f * A_{yp} + C_{fr} * A_{fr} * \left(1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}}\right))$$

$q_{t,k}$  = lapetasoa jäykistäville rakenteille tuleva tuulikuorma

$q_{k(h)}$  = rakennuksen korkeutta vastaava tuulennopeuspaine (käyrästö)

$B$  = rakennuksen leveys tuulta vastaan kohtisuorassa suunnassa

$C_f$  = voimakerroin, tavallisesti umpinaiselle rakennukselle käytetään arvoa 1,3, mutta jos rakennus on osittain avoin eli tuulen puoleisen sivun aukkojen pinta-ala on enintään 30 %, ulkoseinien pinta-alasta käytetään arvoa 1,6.

$A_{yp}$  = puolet ristikon projektiopinta-alasta

$A_{fr}$  = katon pinta-ala

$A_{ref}$  = rakennuksen projektiopinta-ala, eli tuulta vastaan kohtisuora ala

Yläpohjatasoon kohdistuva tuulikuorma jaetaan tasan rakennuksen molempiin pätyihin tuleville jäykistyskentille kaavalla 5.

*KAAVA 5. Päädyn jäykistyskentän tuulikuorma*

$$q_{w,k} = q_{t,k}/2$$

## **5.2 Rakenteen vinoudesta aiheutuva lisävaakavoima**

Lisävaakavoima aiheutuu rakenteiden mahdollisesta vinoudesta tai kuormitusten epäedullisemmasta vaikutussuunnasta. NR-kattorakenteen vinoudesta aiheutuva voima on yleensä muihin kuormiin verrattuna niin pieni, että se voidaan jättää huomioimatta. Lisävaakavoiman aiheuttama kuorman lisäys lasketaan kattorakenteen omalle painolle sekä lumikuormalle. Rakennuksen lyhyemmässä suunnassa lisävaakavoima lasketaan kaavalla 6 ja pidemmässä suunnassa kaavalla 7. (1, s. 24.) Opinnäytetyön esimerkkilaskelmassa jäykistysristikoiden lisävaakavoima kuitenkin huomioitiin, jotta esimerkkiä voidaan tulevaisuudessa soveltaa myös suurempien rakennusten laskentaan.

*KAAVA 6. Lisävaakavoima rakennuksen lyhyemmässä suunnassa*

$$H_{B,d} = \frac{P_d * B}{150}$$

*KAAVA 7. Lisävaakavoima rakennuksen pidemmässä suunnassa*

$$H_{L,d} = \frac{B}{L} * \frac{P_d}{150} \geq \frac{P_d * L}{250}$$

$H_{L,d}$  = lisävaakavoima rakennuksen pidemmässä suunnassa

$P_d$  = lisävaakavoiman aiheuttavan pystykuorman mitoitusarvo

$B$  = rakennuksen leveys

$L$  = rakennuksen pituus

### 5.3 Kattoristikoiden puristettujen paarteiden aiheuttama kuormitus

Yläpaarteiden poikittaistuenta aiheuttaa jäykistysjärjestelmään kuormitusta. Kyseinen kuormitus lasketaan kaavalla 8. Tämä pituusyksikölle kohdistuva stabiiloiva kuormitus esittää nurjahdustuennan ensimmäistä muotoa, jossa ristikoiden paarteet kaartuvat tukipisteiden välillä yhteen suuntaan. (1, s. 22–23.)

*KAAVA 8. Yläpaarteiden poikittaistuennan aiheuttama kuormitus*

$$q_d = k_l * \frac{(n * N_d)}{50l}$$

$N_d$  = yläpaarteen puristusvoiman mitoitusarvo

$n$  = jäykistyskenttään sidottujen viereisten kattotuolien lukumäärä

$l$  = yläpaarteen pituus

$k_l$  = pienennyskerroin alkukäyrydestä, joka on yli 15 m pitkillä paarteilla 1 ja lyhyemmillä lasketaan kaavalla 9.

*KAAVA 9. Pienennyskerroin alkukäyrydestä*

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{\frac{15}{l}} \end{array} \right.$$

Jos kattoruoteet toimivat ainoastaan vedettyinä sauvoina, tulee yläpaarteet tarkastaa myös toisen nurjahduksen eli S-nurjahduksen varalta. Tässä nurjahduksen muodossa joka toiselle ruoteelle kohdistuu voima  $q_{np,d}$ . S-nurjahdusmuodon aiheuttama kuormitus lasketaan kaavalla 10. Jäykistyskenttään kohdistuvaksi kuormaksi laskennassa valitaan nurjahdusmuodoista suuremman arvon saava. (1, s. 23.)

*KAAVA 10. S-nurjahdusmuodon aiheuttama kuormitus*

$$q_{np,d} = \frac{F_{np}}{2a}$$

$F_{np}$  = yläpaarteen puristusvoiman mitoitusarvo

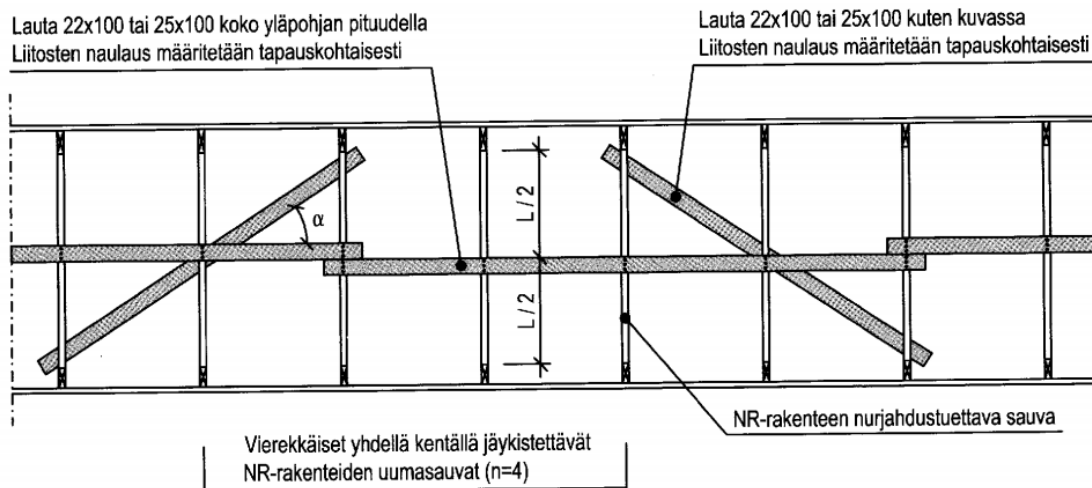
$a$  = NR-suunnitelmissa käytettävä ruodejako

Tässä opinnäytetyössä laaditussa esimerkkilaskelmassa S-nurjahduksen muoto voitiin sulkea laskelmista pois, sillä kohteen ruoteet toimivat sekä vedettyinä että puristettuina ja yläparretason jäykistävät rakenteet pystyivät siirtämään tuentakuormia.

#### 5.4 Uumasauvan nurjahdustuenta

NR-rakenteissa voi olla nurjahdustuennan vaativia uumasauvoja. Opinnäytetyön esimerkkilaskelmissa ei tarkasteltu uumasauvojen nurjahdustuenta, sillä esimerkkikohteen ristikoiden uumasauvat eivät sitä vaatineet. Käydään kuitenkin läpi nurjahdustuennan peruseräkkeet.

Jos jokin ristikon uumasauva vaatii nurjahdustuennan, tulee NR-suunnittelijan merkata kyseinen sauva ristikkolaskelmiin ja liittää ohje nurjahdustuennan toteutuksesta. Ristikkolaskelmasta saadaan sauvassa vaikuttava normaalivoima, jonka perusteella pystytään laskemaan nurjahdustuennan vaatima naulamäärä. Yleensä nurjahdustuenta toteutetaan laudoilla, jotka eivät toimi puristettuina sauvoina. Jos tuenta toteutetaan yhdestä pisteestä, lauta sijoitetaan uumasauvan keskelle kuten kuvassa 10. Muutoin laudat sijoitetaan tasavälein, esimerkiksi uumasauvan kolmannespiteisiin. (1, s. 16.)



KUVA 10. Uumasauvan nurjahdustuennan periaate (1, s.16)

Ristikkolaskelmasta saatavan uumasauvan puristusvoiman avulla lasketaan kaavan 11 mukaisesti sauvassa vaikuttava nurjahdustuentavoima.

KAAVA 11. Ristikonsauvassa vaikuttava nurjahdustuentavoima

$$F_d = N_{d/50}$$

$F_d$  = nurjahdustuentavoiman mitoitusarvo

$N_d$  = uumasauvan puristusvoiman mitoitusarvo

Kun peräkkäisten NR-rakenteiden uumasauvoja sidotaan toisiinsa kuvassa 10 esitetyllä tavalla, saadaan voiman vaakakomponentti kaavalla 12. (1, s. 16.)

*KAAVA 12. Jäykistävän voiman vaakakomponentti*

$$F_{n,d} = n * F_d$$

$n$  = peräkkäisten yhdellä vinositeellä puristettujen sauvojen lukumäärä

Vinosidonta mitoitetaan voimalle, joka saadaan kaavalla 13.

*KAAVA 13. Vinossa nurjahdustuessa vaikuttava voima*

$$F_{n\alpha,d} = \frac{F_{n,d}}{\cos\alpha}$$

$\alpha$  = vinositeen suuntakulma nurjahdustukilautaa vasten

Vaakasuuntainen nurjahdustuki voimalle saadaan mitoitettua kaavalla 14.

*KAAVA 14. Vaakasuuntaisessa nurjahdustuessa vaikuttava voima*

$$F = (n - 1) * F_d$$

Tarvittavat naulamäärät liitoksiin saadaan laskettua, kun liitoksissa vaikuttavia voimia verrataan käytettävän naulan leikkauskestävyyteen. Naulojen leikkauskestävyydet löytyvät esimerkiksi RIL 205-1-2009 -ohjeesta sivulta 218.

Nurjahdustuennasta aiheutuva kuorma viedään vinosidonnan avulla NR-rakenteen ylä- tai alaparteen tasolle. Ylä- tai alaparteella täytyy olla uumasauvojen päät yhteen kytkevä vaakasauva. Sauvana toimii esimerkiksi paarteiden ruodelauta, jos tämän mitoituksessa on huomioitu myös nurjahdustukivoima. Jos nurjahdustukivoimaa ei ole huomioitu ruoteiden mitoituksessa tai ruoteita ei ole

ollenkaan tai ne ovat suurella etäisyydellä toisistaan (>400 mm), käytetään sidonnassa erillistä si-  
delautaa. (1, s. 17.)

Nurjahdustuennassa tulee huomioida, että kullakin sivuttaistuella on tarvittava jäykkyysarvo. Jäyk-  
kyysarvo huomioidaan laskemalla nurjahdustuen toteutuva jäykkyysarvo kaavan 16 mukaan ja sitä  
verrataan kaavalla 15 laskettavaan jäykkyyden vähimmäisarvoon. Lisäksi mitoituksessa tulee huo-  
mioida Eurokoodi 5:n mukaiset liittimien minimivälit ja reuna- ja päätyetäisyysvaatimukset. (1, s.17–  
19.)

*KAAVA 15. Nurjahdustuennan vähimmäisarvo*

$$C \geq \left( 2 + 2 * \cos \left( \frac{180^\circ}{m} \right) \right) * \frac{N_d}{a}$$

$m$  = välein  $a$  poikittaistuettujen kenttien lukumäärä

$N_d$  = NR-suunnitelmasta saatava sauvan puristusvoima

$a$  = tukiväli

*KAAVA 16. Nurjahdustuennan jäykkyys*

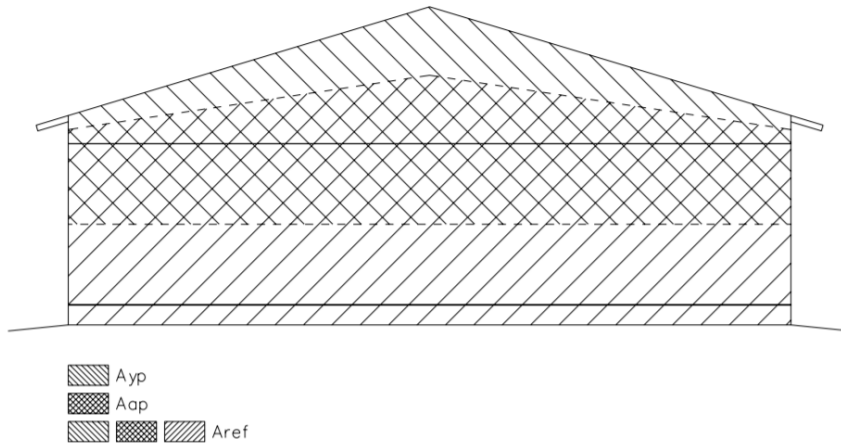
$$C = \frac{F_d}{\delta}$$

$\delta$  = liitoskulmien summa vaaka- ja vinositeiden kiinnityksestä uumasauvaan

## 5.5 Alapaarretason jäykistäminen

Alapaarretason jäykistäminen voidaan toteuttaa joko levyjäykisteillä tai vinolaudoituksella. Pienta-  
loissa käytetään usein alapaarretason jäykisteinä alapaarteen yläpintaan 45°:n kulmaan naulatta-  
via vinolautoja. Alapaarretason jäykistyksessä käytettävien jäykisteiden tulee siirtää kuormat jäy-  
kistäville seinälinjoille. Opinnäytetyössä laaditussa esimerkkilaskelmassa tarkasteltiin RIL248-  
2013 esimerkin mukaista havuvanerilevyllä toteutettua jäykistystä. Vaihtoehtoinen levyjäykistyksen  
ratkaisu olisi kipsilevyillä toteutettu jäykistys, joihin kipsilevyvalmistajilta löytyvät mitoitusohjeet.

Alapaarretason mitoituksessa huomioidaan rakenteiden omapaino, lumikuormitus ja tuulikuormi-  
tus. Puolet NR-rakenteeseen kohdistuvasta vaakasuorasta tuulikuormasta kohdistuu ylä- ja puolet  
alapaarretasolle kuvan 11 mukaisesti.



KUVA 11. Päädyn vaikutuspinta-alat (7, s.30)

Tuulikuormitus saadaan määriteltyä, kun tiedetään tuulenpaine harjankohdalla. Tuulikuormitus harjalla lasketaan kaavalla 17. Kuormien vaikutus tarkastellaan hetkellisessä aikaluokassa. Kuormien ajatellaan muodostavan viivakuormituksen, jota tarkastellaan määrävässä suunnassa eli joko rakennuksen lyhyemmästä tai pidemmästä suunnasta. (1, s. 60.)

KAAVA 17. Tuulikuormitus harjalla

$$q_{w,k} = c_f * q_{k(h)}$$

$c_f$  = voimakerroin

$q_{k(h)}$  = rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine

Lisävaakavoimat ovat alapaarteen tasollakin niin pieniä, että niitä ei tarvitsisi tarkastella NR-kattorakenteessa (1, s. 24). Esimerkkilaskelmissa nämä voimat kuitenkin huomioitiin. Lisävaakavoimat alapaarteen tasolle lasketaan myös kaavoilla 6 ja 7. Tuulikuormitus rakennuksen lyhyemmässä suunnassa lasketaan kaavalla 18 ja tuulikuormitus rakennuksen pidemmässä suunnassa lasketaan kaavalla 19. (1, s. 60–61.)

KAAVA 18. Tuulikuormitus alapaarteen tasolla rakennuksen lyhyemmässä suunnassa

$$q_{w,B,k} = q_{w,k} * (h_2 + \frac{h_1}{2})$$



*KAAVA 19. Tuulikuormitus alapaarteentasolla rakennuksen pidemmässä suunnassa*

$$q_{w,L,k} = q_{w,k} * \left( \frac{0,5 * h_2}{2} + \frac{h_1}{2} \right)$$

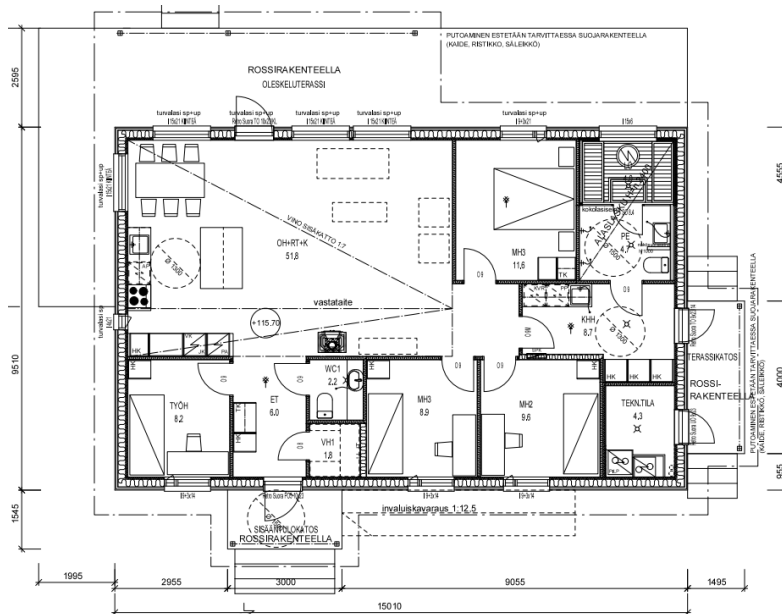
$h_1$  = seinän korkeus

$h_2$  = päätykolmion korkeus

Näistä kuormista muodostetaan hetkellisen aikaluokan mukainen kuormitustapaus murtorajatilassa. Määrävän kuormitussuunnan perusteella levykentät mitoitetaan suurimmalle momentille sekä leikkausvoimalle. Levyjen mitoituksessa on huomioitava levyjen lommahdus, paneelileikkauskestävyys ja liitinten kesto rasituksille.

## 6 YLÄPOHJAN JÄYKISTYKSEN ESIMERKKILASKELMAT

Suunnittelun kohteena oli pientalo, jossa on 142,7 m<sup>2</sup> kerrosalaa. Kuvassa 12 on esitettyä rakennuksen pohjapiirustus. Rakennuksen runko on perinteinen sahatavaranrunko. Kattorakenne toteutettiin naulalevyristikoilla. Ristikkomalleina kohteessa olivat harja- ja saksiristikot. Tarkasteltavaan esimerkkikohteeseen löytyvät rakennesuunnittelijan suunnittelemat ja toteutuneet jäykistetävät. Näitä ei kuitenkaan huomioitu katon jäykistyksen osalta tässä työssä.



KUVA 12. Esimerkkikohteen pohjapiirustus

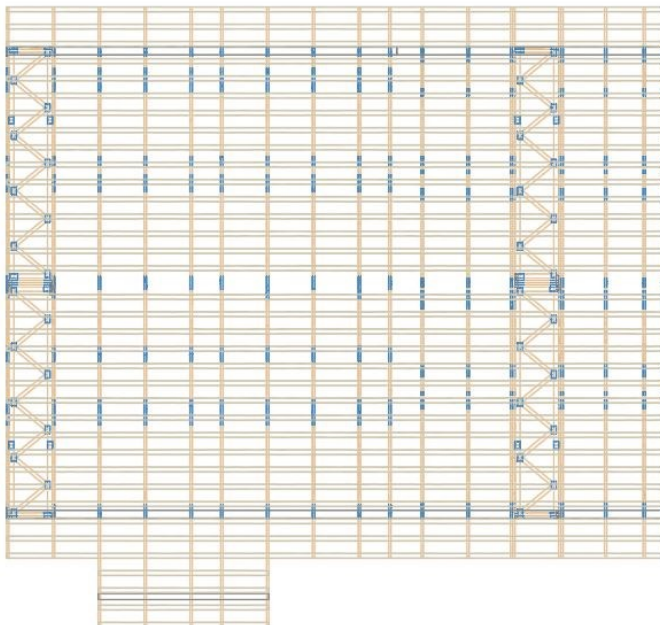
Kohteen katto mallinnettiin 3DTrussme-ohjelmalla. Esimerkkilaskelmissa tarkasteltavaan kohteeseen oli jo aiemmin tänä vuonna suunniteltu pelkät ristikot, joiden ristikkolaskelmia käytettiin tiedonlähteenä jäykistyksessä tarvittavien kuormien laskentaan. Esimerkkilaskelmien alussa tutustuttiin kohteeseen ja lähtöarvoihin, jotka määrittivät tarkasteltavan kohteen kuormia. Laskennan kannalta oleellisia kuormia olivat rakenteiden omapaino, lumikuorma, tuulikuorma, lisävaakavoimat sekä NR-kannattajaryhmän sivuttaisesta tuennasta jäykistysristikoille aiheutuva vaakakuormitus. Nämä kuormitukset laskettiin luvussa 5 esiteltujen kaavojen mukaisesti. Esimerkkilaskelmat löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 1.

## 6.1 Jäykistys- ja pukkiristikko

Kuormien määrittämisen jälkeen esimerkkilaskelmissa käytiin läpi kaksi vaihtoehtoista tapaa kuormittaa vaakasuuntaisia jäykistysristikoita. Vaihtoehto yksi käsitteli tilannetta, jossa jäykistysristikoille oletettiin kohdistuvan ainoastaan tuulikuormaa, joka laskettiin kaavalla 5. Vaihtoehdossa kaksi jäykistysristikolle kohdistui tuulikuorma, omanpaino ja lumikuorma. Liitteessä 1 sivuilla 5 ja 6 esitetään kuormitusten tarkempi laskenta sekä ristikoiden mallit. Jäykistysristikoiden kuormien laskemisen jälkeen ristikot mallinnettiin ja laskettiin 3DTrussme-ohjelmalla. Jäykistysvaihtoehtojen 1 ja 2 laskelmien perusteella (liite 2, laskelmat J1 ja J2) todettiin vaihtoehdon 2 olevan määräävä.

Pukkiristikoiden mitoituksessa kuormina käytettiin suoraan jäykistysristikoilta saatuja ominaistuki-reaktioita. Pukkiristikot mallinnettiin sekä harja- että seinälinjalle. Pukkiristikoiden ominaistuki-reaktioista saatiin kuormat, jotka siirrettiin harja- ja saksiristikoiden alapaarteelle harjalinjalla. Seinälinjalla olevien pukkiristikoiden aiheuttamia kuormia ei tarvinnut siirtää ristikoille, sillä niiden aiheuttamat voimat ohjautuvat seinän kantaville rakenteille ja sieltä perustuksille.

Jäykistys- ja pukkiristikoiden laskemisen jälkeen esimerkkilaskelmassa käytiin läpi yläpaarteen vaatima nurjahdustuennan mitoitus, tarkasteltiin ruoteiden kestävyys ja mitoitettiin tarvittavat lisäruoteet. Kuvassa 13 jäykistys- ja pukkiristikoilla toteutetun yläpohjan tasokuva.



KUVA 13. Vaaka- ja pukkiristikoilla jäykistetyyn yläpohjan tasokuva (liite 1, s. 12)

Rakennuksen oikean päädyn jäykistysristikot sijoitettiin mallinnuksessa ensimmäiseen k-900-jaolliseen ristikkoväliin. Näin välttyttiin useammilta ristikkomalleilta. Tässä tehtiin oletus, että päädyistä kohdistuva tuulikuormitus ohjautuu ruoteiden avulla jäykistysristikoille. Rakennuksen oikeassa päädyssä harjaristikot vaativat pukkien aiheuttaman kuormituksen kestääkseen ristikoiden tuplaamisen, eli jäykistys- ja pukkiristikoilla toteutetussa vaihtoehdossa jouduttiin tässä tapauksessa lisäämään kattoristikoiden määrää, jotta rakenteet saatiin kestäväksi.

## **6.2 Alapaarretason jäykistäminen havuenerilevyllä**

Esimerkkilaskelmassa tarkasteltiin alapaarretason jäykistys levyjäykisteellä. Levyjäykistykseen vaihtoehtoisia tapoja ovat puulevyjäykisteet, kuten esimerkissä tarkasteltu havuenerilevy, sekä kipsilevytykset. Kipsilevyille löytyvät materiaalivalmistajien sivuilta erilliset Eurokoodin mukaiset suunnitteluohjeet. Alapaarretason jäykistykseen vaikuttavien kuormien laskennan perusteet esiteltiin luvussa 5.5. Alapaarretason jäykistykseen ei laskelmissa käsitelty vaihtoehtoisia tapoja.

## **6.3 Vinolaudoitus yläpaarretason alapintaan**

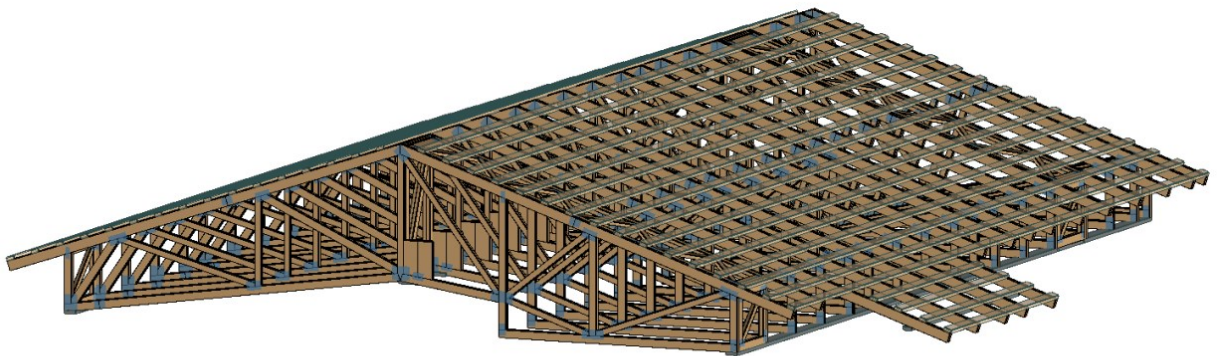
Yläpaarretason jäykistykseen toteuttaminen jäykistys- ja pukkiristikoilla on etenkin omakotitalorakentamisessa harvoin käytetty jäykistysmuoto, sillä pientalon katossa vaikuttavat voimat ovat verrattain pieniä. Yleensä pientaloissa käytetään yläpaarretason alapintaan harjalinjalta seinälle 45 asteen kulmaan naulattavia lautoja. Tähän jäykistystapaan esimerkkilaskelmassa esitettiin vertailulaskelma liitteen 1 laskelmassa s. 17.

Vertailulaskelmassa hyödynnettiin jäykistysristikoiden laskennasta saatua tukireaktiota (liite 2 laskelma J2). Laskuissa tukireaktion ajateltiin olevan yläpaarretason tasoon kohdistuvan voiman resultantti, joka kohdistui harjalinjalle. Tästä voimasta voitiin laskea 45°:n kulmaan naulattavan laudan läpi kulkeva voima. Kyseisen voiman avulla laskettiin liitoskohtainen naulojen määrä nauhan leikkauksen kestävyysasteen avulla ja laudalle tehtiin kestävyystarkastelu. Vertailulaskelman mukaan nauhasta mitoitettaessa tulee jäykistysristikon tukireaktioiden olla laskettuna. Vertailulaskelmassa yläpaarretason jäykistyslauta ankkuroitiin ulkoseinälle lankulla, joka kiinnitettiin kulmarauodoilla ristikon reunavertikaaliin ja seinän yläjuoksuun.

#### 6.4 Jäykistysvaihtoehdon valinta

Jäykistys suunnittelussa rakennuksen koko on erittäin ratkaisevassa asemassa mietittäessä, miten jäykistys kannattaa toteuttaa. Jäykistysjärjestelmä vaaka- ja pukkiristikoista pientalokohteessa on harvoin kannattavaa, sillä usein vähäisillä pystyvinorevauksilla saadaan hoidettua rakenteen vaatima tuulijäykistys. Pystyvinorevauksien ongelmaksi voidaan kuitenkin todeta se, että vielä tänäkin päivänä suunnittelijat luottavat ”naulausvakioihin” eikä jokaista rakennusta tarkasteta vallitseville voimille. Ajallisesti tarkasteltuna suunnittelijan kuluttama aika revausten laskemiseen on verrattavissa vaaka- ja pukkijäykisteiden suunnitteluun, joten oikein toteutettuna molemmat vievät suunnilleen saman verran aikaa.

Suuremmissa hallirakennuksissa jäykistys- ja pukkiristikoiden käyttäminen on huomattavasti kannattavampaa, sillä vallitsevat voimat ovat suurempia. Kuvassa 14 on esitetty koko katon 3D-malli, jossa vaaka- ja pukkiristikot ovat jäykisteinä. Parhaimmillaan tällä jäykistysmuodolla voidaan työmaalla tapahtuvaa prosessia nopeuttaa ja saada aikaan tehokkaasti toteutettu rakennusvaihe.



KUVA 14. Koko katon 3D-malli

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella naulalevyristikkorakenteisen katon eri jäykistysvaihtoehtoja ja luoda esimerkkilaskelmat tukemaan kattorakenteen kokonaisjäykistykseen suunnitteluprosessia. Opinnäytetyössä pyrittiin vertailemaan jäykistysjärjestelmiä keskenään ja tekemään päätelmät, joiden avulla voitaisiin päätyä oikean jäykistystavan valintaan.

Työssä saatiin laadittua kuvaus suunnitteluperusteista ja kuormien määrittämisestä sekä esimerkkilaskelmat suunnitteluprosessin tueksi suunniteltaessa koko katon ristikoita ja jäykistystä 3DTrussme-ohjelmalla. Työn laskentavaiheessa tuotettiin Mathcad-laskentapohja, joka soveltuu jatkossa ohjaamaan jäykistykseen laskentaa.

Ongelmallista työssä oli yhtenäisen tiedon löytäminen. Suunnitteluohjeita löytyy useasta teoksesta, mutta niiden välillä on hieman poikkeavuuksia. Työhön kuitenkin onnistuttiin poimimaan tähän tarkasteluun oleelliset tiedot ja näin saatiin aikaan kokonaisuus, josta on hyötyä tulevaisuudessa.

Työ osoittautui tarpeelliseksi, sillä oppaita, joissa käsitellään katon jäykistystä kokonaisuutena, on hyvin vähän. Yleisesti ristikkosuunnittelijan osuus suunnitteluprosessissa on suunnitella pelkät ristikot, mutta 3D-mallinnuksen yleistyessä on mahdollista, että katon jäykisterakenteita aletaan enemmän mallintamaan ja suunnittelijoiden välinen työnjako tulee muuttumaan.

## LÄHTEET

1. RIL 248-2013 2013. NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
2. Ristek Oy. Hakupäivä 16.12.2020. [www.ristek.fi/yritys/](http://www.ristek.fi/yritys/).
3. Kiwa Inspecta Finland Oy. NR-Suunnittelijat. Hakupäivä 14.10.2020. <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/nr-suunnittelijat/>.
4. Kajava, Jarmo 2017. Kolmiulotteisen NR-suunnitteluohjelman kehittäminen. Oulun yliopiston Konetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
5. RT 85-10495 1993. Puuristikot ja kehät. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 8.12.2020. <https://kristot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/6434#page=1>. Vaatii lisenssin.
6. RIL 205-1-2009 2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry
7. Laukkonen, Janne 2015. NR-ristikkoyläpohjan kokonaisjäykistys. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 16.12.2020. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88832/Laukkonen\\_Janne.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88832/Laukkonen_Janne.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
8. Pohri Oy. Kattoristikon mittojen ja kuormien määrittäminen. Hakupäivä 14.10.2020. <https://www.pohri.fi/10>.
9. RIL 201-1-2017 2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
10. Puuinfo Oy 2020. Eurokoodi 5 - Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. Hakupäivä 1.12.2020. <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Eurokoodi-5-Lyhennetty-suunnitteluohje-5.-PAINOS-2020-P%C3%84IVITYS-22.7.-web.pdf>.
11. Ympäristöopas rakentaminen no. 73 2000. NR-rakenteisen yläpohjan jäykistyksen suunnittelu. Ympäristöministeriö.
12. Vanttilä, Ville 2017. Paritalon NR-Kattorakenteen jäykistäminen. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 16.12.2020. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127258/Vanttila\\_Ville.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/127258/Vanttila_Ville.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## Laskentaesimerkki: NR-yläpohjan jäykistäminen

Sisällysluettelo	Sivu nro.
<b>Lähtöarvot ja kuormat</b>	<b>2</b>
Rakennuksen mitat ja sijainti	2
Kattorakenteen pystysuuntainen kuormitus	2
Kattorakenteen vaakasuuntainen kuormitus	2
Esimerkkikohteen kuvat	3
NR-kannattajaryhmän sivusuuntaisesta tuennasta jäykistysristikoille aiheutuva kuormitus	4
Lisävaakavoimista jäykistysristikoille aiheutuva vaakakuormitus	4
<b>Jäykistyksen mallintaminen</b>	<b>5</b>
Jäykistysristikoiden kuormitusvaihtoehto 1	5
Jäykistysristikoiden kuormitusvaihtoehto 2	6
Pukkien kuormitukset	7
Harjaristikon malli	8
Saksiristikon malli	8
<b>Yläpaarteiden nurjahdustuenta</b>	<b>9</b>
Ruoteiden liitokset paarteisiin	9
Ruoteiden jatkokset	9
Ruoteiden kestävyys	10
Lisäruoteiden mitoitus harjalle ja sivuseinille	11
Katon malli	12
<b>Alapaarretason jäykistys</b>	<b>13</b>
Kuormat	13
Alapaarretason jäykistäminen havuvanerilevyllä	14
Levykentän kuormat ja rasitukset	14
Ruuvin leikkauskestävyys	14
Levyn lommahdustarkastus	15
Levyn paneelileikkauskestävyys	15
Levykentän vetopaarteen mitoitus	16
Vetopaarteen jatkosten mitoitus	16
Koolauspuiden kiinnitysten mitoitus	16
<b>Vaihtoehtoinen yläpaarretason jäykistys</b>	<b>17</b>
Malli ja lähtöarvot	17
Yläpaarteen jäykistyslaudan ankkurointi ulkoseinälle	18



## LÄHTÖARVOT JA KUORMAT

### Rakennuksen mitat ja sijainti

Leveys	$B := 9.51 \text{ m}$
Pituus	$L := 15.01 \text{ m}$
Seinän korkeus	$h_1 := 2.6 \text{ m}$
Päätykolmion korkeus	$h_2 := 2.4 \text{ m}$
Sijainti	Jyväskylä

### Kattorakenteen pystysuuntainen kuormitus

Pysyvä kuormitus  $g_{yp} := 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  Kattorakenteen omapaino, sis. tiilikate, lämmöneristeet ja muut vesikaton rakenteet.

Muuttuva kuormitus

Lumi katon muotokerroin  $\mu_1 := 0.8$

lumikuorma maassa  $s_k := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Lumikuorma katolla  $s := s_k \cdot \mu_1 = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

### Kattorakenteen vaakasuuntainen kuormitus

NR-rakenteiden mitat

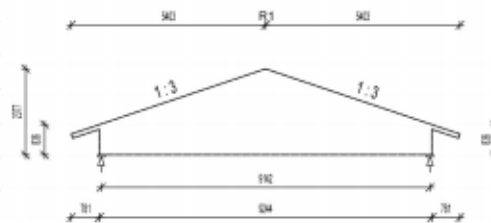
Tukikorkeus  $tk := 0.836 \text{ m}$

Harjakorkeus  $hk := 2.377 \text{ m}$

Alapaarre  $ap := 9.244 \text{ m}$

Kaltevuus  $\alpha := 18.43^\circ$

NR-kannattajien k-jako  $k := 0.9 \text{ m}$



Tuulesta aiheutuva vaakakuormitus

Oletetaan, että puolet NR-kannattajan tasoa vastaan kohtisuorasta tuulikuormasta ohjautuu yläpohjatasoon ja puolet kuormittaa NR-kannattajien sivusuuntaisia tukirakenteita.

Rakennus sijaistaa maastoluokassa 3: esikaupunkialueet

Rakennuksen korkeus  $h := h_1 + h_2 = 5 \text{ m}$

Tuulen nopeuspaine  $q_{hk} := 0.351 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$   
(RIL205-1-2009 kuva2.6S.)

Rakennuksen projektioponta-ala  $A_{ref} := B \cdot \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) = 36.138 \text{ m}^2$

Puolet ristikon projektiopinta-alasta  $A_{yp} := 0.5 \cdot B \cdot \left( tk + \frac{h_2}{2} \right) = 9.681 \text{ m}^2$

Katon pinta-ala  $A_{fr} := L \cdot \frac{B}{\cos(\alpha)} = 150.462 \text{ m}^2$

Tehollinen hoikkuus  $\lambda := 2 \cdot \frac{h}{B} = 1.052$

Tuulen voimakkeroin  
(RIL201-1-2017 kuva5.2s)

$$C_f := 1.3$$

Tuulen kitkakeroin  
(RIL 201-1-2017 taulukko 7.10)

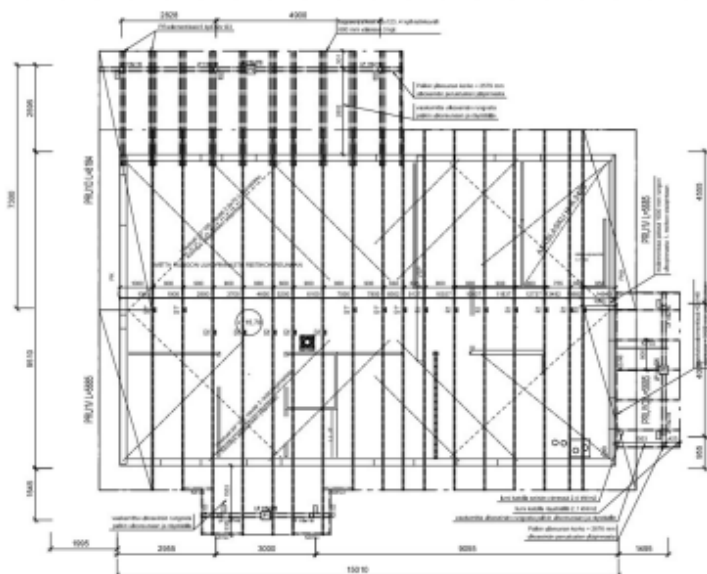
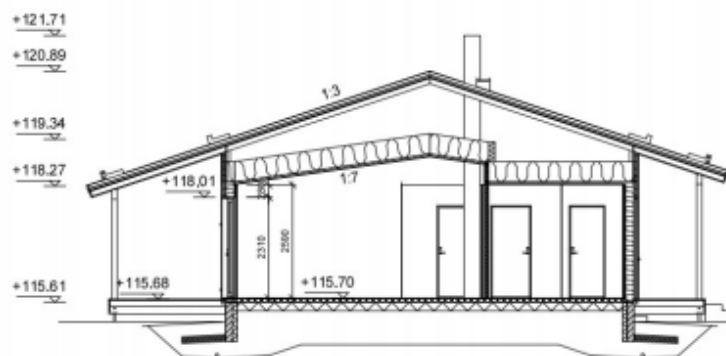
$$C_{fr} := 0.04$$

Yläpohjan tuulikuorma

$$q_{tk} := \frac{q_{hk}}{B} \cdot \left( C_f \cdot A_{yp} + C_{fr} \cdot A_{fr} \cdot \left( 1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}} \right) \right) = 0.627 \frac{\text{m} \cdot \text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kummankin päädyn jäykistekentän tuulikuorma  $q_{w.k} := \frac{q_{tk}}{2} = 0.314 \frac{\text{m} \cdot \text{kN}}{\text{m}^2}$

Esimerkkikohteen kuvat



NR-kannattajaryhmän sivusuuntaisesta tuennasta jäykistysristikoille aiheutuva vaakakuormitus

osavarmuusluvut  $\gamma_g := 1.15$   $\gamma_q := 1.5$   $K_{fi} := 1.0$   
seuraamusluokka CC2

Yläpaarteen keskim. puristusvoima  $N_{pd} := 27.8 \text{ kN} \cdot 0.85 = 23.63 \text{ kN}$   
(NR-suunnitelma, kerrotaan 0,85)

Jäykistysristikon jänneväli  $l := \frac{0.5 \cdot B}{\cos(\alpha)} = 5.012 \text{ m}$

Pienennyskerroin  $k_l := 1$   
(RIL248-2013 kaava4.4)

Jäykistyskentän ristikoiden lukumäärä  $n := 0.5 \cdot \left( \frac{L}{k} + 1 \right) = 8.839 \text{ kpl}$

Yläpaarteen maksimi ruodeväli  $a := 357 \text{ mm}$   
(NR-suunnitelmasta)

poikittaisen tuennan aiheuttama kuormitus kummassakin päädyssä  $q_d := k_l \cdot \frac{n \cdot N_{pd}}{(50 \cdot l)} = 0.83 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Lisävaakavoimista jäykistysristikolle aiheutuva vaakakuormitus

(Rakenteen vinoudesta aiheutuva voima)

Lisävaakavoima kattorakenteen painosta

$$g_{H,k} := \frac{\left( \frac{B}{L} \right) \cdot (g_{yp} \cdot L)}{150} = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \frac{g_{yp} \cdot L}{250} = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Lisävaakavoima lumikuormasta

$$q_{IH,k} := \frac{\left( \frac{B}{L} \right) \cdot (s \cdot L)}{150} = 0.13 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \frac{s \cdot L}{250} = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

MRT-kuormitusyhdistelmä:  $q_{H,d} := 0.5 \cdot (1.15 \cdot g_{H,k} + 1.5 \cdot q_{IH,k}) = 0.124 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Yleensä lisävaakavoima on niin pieni, että se voidaan jättää huomioimatta. Esimerkissä käydään kuitenkin läpi, miten lisävaakavoima huomioidaan.

## JÄYKISTYKSEN MALLINTAMINEN

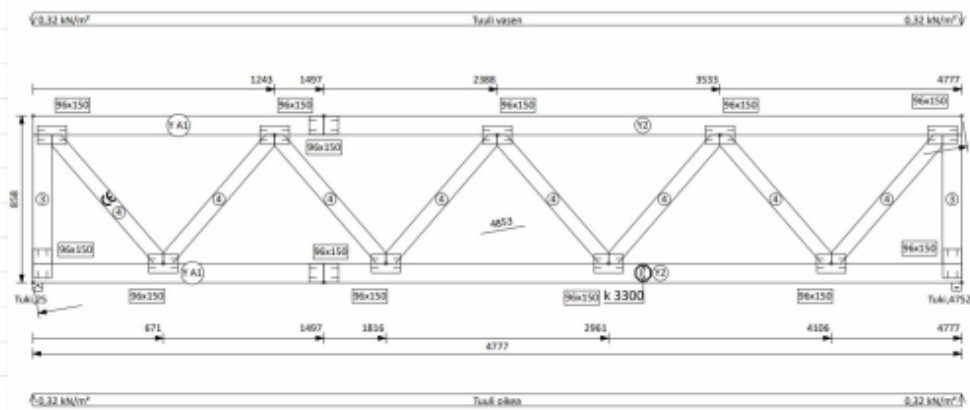
Mallinnus toteutettiin 3D-TrussMe -ohjelmalla

### Jäykistysristikoiden kuormitusvaihtoehto: 1

Oletetaan että jäykistysristikoiden kannalta oleellinen kuorma on päädyistä kohdistuva tuulikuorma. Mitoitetaan ristikko kyseiselle tuulelle.

Mitoituksessa käytettävä tuulen arvo = tuulikuorman arvo päädyn jäykistyskenttää kohden pyöristettynä yläkanttiin, näin saadaan varmuutta rakenteelle.

$$q_{w,k} = 0.314 \frac{kN}{m}$$



NR-pukit mitoitetaan jäykistysristikoiden aiheuttamien tukireaktioiden suuruisille voimille. Alla kyseisen jäykistysristikon aiheuttamat tukireaktiot.

Ominaistukireaktiot kuormittain [kN]

Ei sisällä tuen taipuma tapoista

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	0,03	0,34
Niveltuki	Tuuli vasen	0,76	0,00
	Tuuli oikea	-0,76	0,00
Tuki	Pysyvät kuormat	-0,03	0,00
Liukutuki	Tuuli vasen	0,76	0,00
	Tuuli oikea	-0,76	0,00

Jäykistysristikoiden kuormitusvaihtoehto: 2

Lasketaan jäykistysristikoille kohdistuvat kuormat RIL248-2013 soveltaen RIL248-2013 esimerkkilaskelmaa.

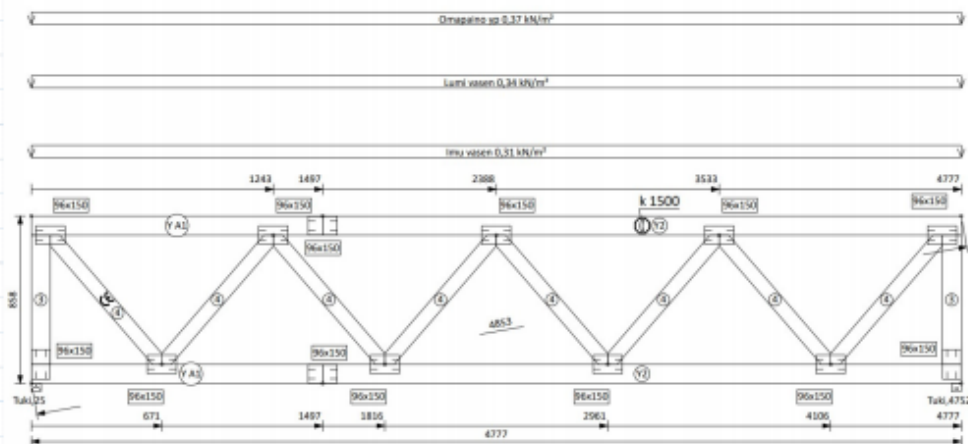
Lumi: 
$$s_r := \frac{\left(\frac{q_d \cdot 0.71}{0.8}\right) + q_{IH,k}}{2} = 0.433 \frac{kN}{m}$$

Tässä NR-kannattajaryhmän sivuttaisesta tuennasta aiheutuvasta voimasta lasketaan suhteilla lumen osuus kuormituksesta ja lisätään lisävaakavoima lumikuormasta.

Omapaino: 
$$g_r := 0.37 \frac{kN}{m}$$

Tässä NR-kannattajaryhmän sivuttaisesta tuennasta aiheutuvasta voimasta lasketaan suhteilla omanpainon osuus ja lisätään katteen paino 0,5kN/m<sup>2</sup>, sekä omanpainon lisävaakavoima.

Tuuli: 
$$q_{w,k} = 0.314 \frac{kN}{m}$$



NR-pukit mitoitetaan jäykistysristikoiden aiheuttamien tukireaktioiden suuruisille voimille. Alla kyseisen jäykistysristikon aiheuttamat tukireaktiot.

Ominaistukireaktiot kuormittain [kN]

Ei sisällä tuen taipuma tapausta

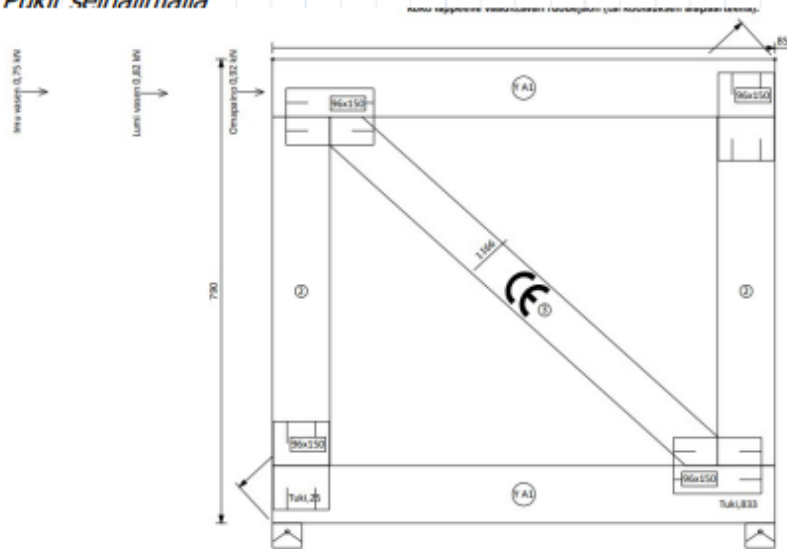
Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	0,92	0,34
Niveltuki	Lumi vasen	0,82	0,00
	Imu vasen	0,75	0,00
Tuki	Pysyvät kuormat	0,86	0,00
Liukutuki	Lumi vasen	0,82	0,00
	Imu vasen	0,75	0,00

Tavan 1 ja 2 kuormitustapauksia verrattaessa, voidaan todeta jäykistysristikon 2 kuormituksen aiheuttavan suuremmat kuormat pukeille. Käytetään pukkien mitoituksessa tavasta 2 aiheutuvia kuormia.

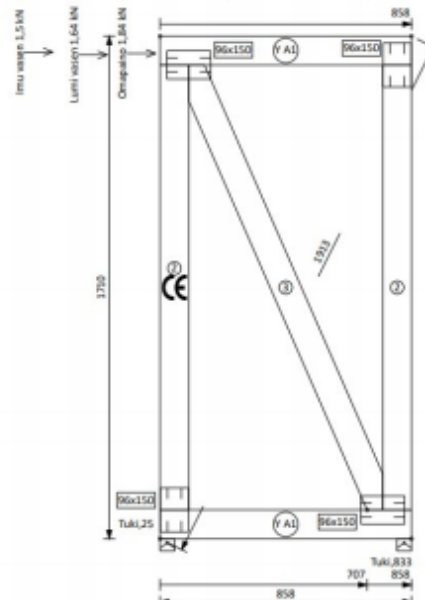
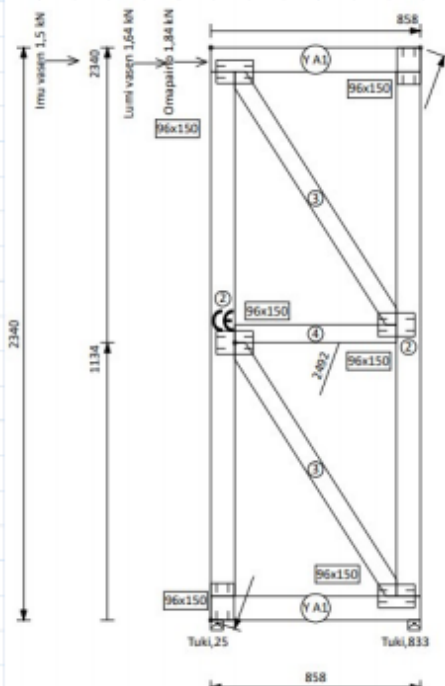
Pukkien kuormitukset

*Pukeille kohdistuvat pistekuormat saadaan jäykistysristikoiden ominaistukireaktiotaulukosta. Kuormitus mallinnetaan alla esitetyllä tavalla.*

Pukit seinälinialla



*Harjalinjalla pukkiristikko mitoitetaan samoille kuormille kuin päätypukit, mutta kuormituksen arvo tuplataan. Vasen kuva esittää harjaristikko päädyn pukkien tilannetta ja oikea saksiristikoiden pukkia.*



*Pukeilta aiheutuu ristikoille pistekuormia, nämä tulee huomioida ristikoiden mitoituksessa. Alla pukkien ominaistukireaktiot, joista saadaan pistekuormien arvot.*

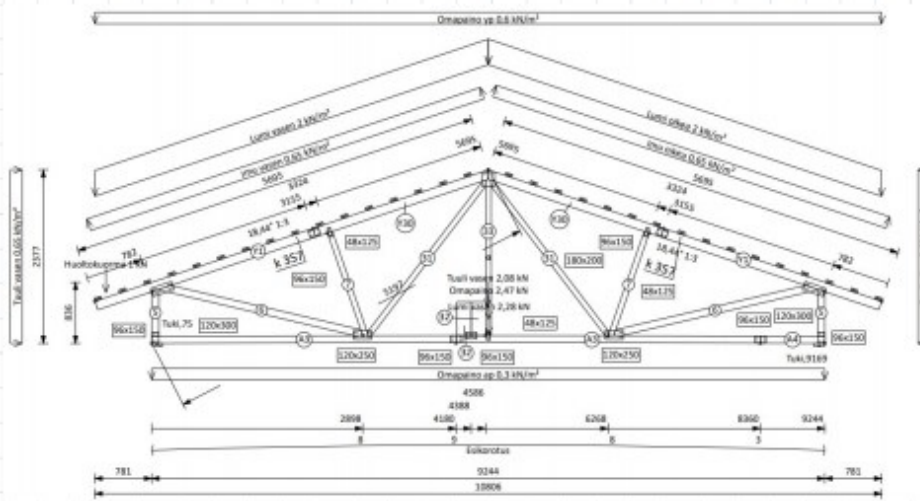
Ominaistukireaktiot kuormittain [kN]  
Ei sisällä tuen taipuma tapousta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	-2,47	-0,43
Niveltuki	Lumi vasen	-2,28	-0,39
	Imu vasen	-2,08	-0,35
Tuki	Pysyvät kuormat	2,64	-0,49
Niveltuki	Lumi vasen	2,28	-0,43
	Imu vasen	2,08	-0,40

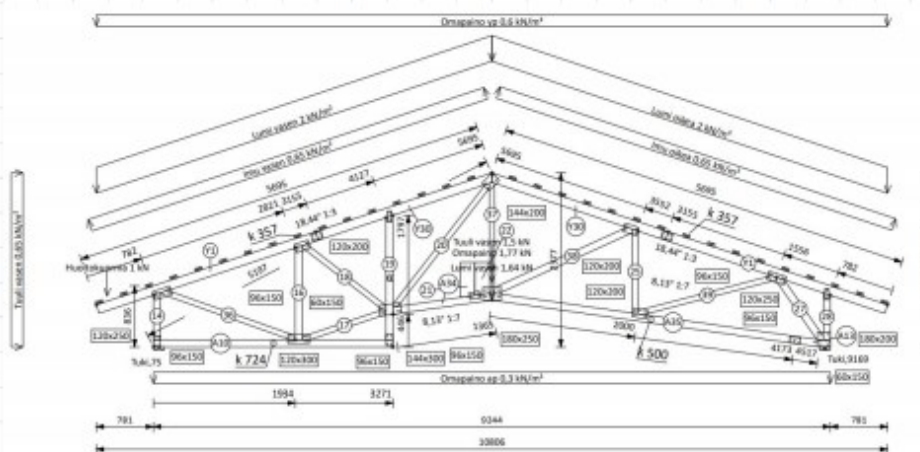
Ominaistukireaktiot kuormittain [kN]  
Ei sisällä tuen taipuma tapousta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	-1,77	-0,44
Niveltuki	Lumi vasen	-1,64	-0,39
	Imu vasen	-1,50	-0,35
Tuki	Pysyvät kuormat	1,90	-0,48
Niveltuki	Lumi vasen	1,64	-0,43
	Imu vasen	1,50	-0,40

**Harjaristikon malli**



**Saksiristikon malli**



*Reunapukkien aiheuttamia kuormituksia ei tarvitse siirtää ristikoille, sillä niiden aiheuttamat kuormitukset ohjautuvat suoraan yläjuoksulle.*

NR-rakenteen yläpaarteiden nurjahdustuenta

Sahatavara laatuluokka C24 (38x100)  $b := 38 \text{ mm}$   $h := 100 \text{ mm}$

Ruoteiden liitokset paarteisiin:

Suurin yläpaarteen puristusvoima  $N_{pd} = 23.63 \text{ kN}$

Suurin yläpaarteen käyttöaste  $k_n := 0.96$   
(NR-suunnitelmasta)

Yhden NR-rakenteen yläpaarteen sivuttaistuennasta aiheutuva vaakakuormitus  $F_{p,d} := \frac{k_n \cdot N_{pd}}{50} = 0.454 \text{ kN}$

Ruoteiden alle tulee korotusrima 22x50.

Kiinnitetään konenauloilla 2,8x75. Tällöin riman paksuus tulee olla  $> 7d$

$d := 2.8 \text{ mm}$   $7 \cdot d = 19.6 \text{ mm}$   $22 \text{ mm} \geq 7 \cdot d = 1$  **OK!**

Reunaetäisyys  $a_{4,t} := \frac{42 \text{ mm}}{2} = 21 \text{ mm}$

$a_{4,t} \geq 7 \cdot d = 1$  **OK!**

Naulan mitoituskestävyys  $R_d := 0.44 \text{ kN}$   
(RIL 205-1-2009 taulukko 8.15)

Naulausväli kun ruodejako 357mm  $s_n := \frac{a \cdot R_d}{F_{p,d}} = 346 \text{ mm}$

Tartuntapituuden tarkastus: käytössä konenaula 2,8x75. Naulan tartuntapituus 75-38=37mm (ulottuu osittain paarteeseen). Tartuntapituuden tulee olla vähintään  $12d$   $12 \cdot d = 33.6 \text{ mm}$  **on riittävä!**

Naulojen tarvittava lukumäärä  $n := \frac{F_{p,d}}{R_d} = 1.031$  **2 naulaa/liitos on vähimmäismäärä.**

Ruoteiden jatkokset

toteutetaan limittämällä ruoteet päätyetäisyysvaatimuksen  $15d=42\text{mm}$  mukaan

Jatkosvoima  $F_{np,d1} := F_{p,d} + q_{H,d} \cdot a = 0.498 \text{ kN}$

Nauloja tarvitaan  $n_p := \frac{F_{np,d1}}{R_d} = 1.132$  **2 kpl**

Tarkastelun perusteella jatkosliitoksiin riittää 2 naulaa/ruode eli 4 naulaa/jatkos.





Ruoteiden kestävyys

Tarkastetaan puristetun ruoteen kestävyys kentässä ja vedetyn ruoteen kestävyys tukimomentin kohdalla.

Ruoteen puristusvoima  $F_{np.d1} = 0.498 \text{ kN}$

Normaalijännitys  $\sigma_{ct.d} := \frac{\left(\frac{F_{np.d1}}{100 \text{ mm}}\right)}{38 \text{ mm}} = 0.131 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Katteen tai ruoteen paino  $g_k := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Lumikuorma katolla  $s = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Pystykuorma  $p_d := a \cdot (1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot s) = 1.276 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Taivutusmomentti reunakentän aukossa  $M_{1.d} := 0.08 \cdot p_d \cdot k^2 = 0.083 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Taivutusjännitys reunakentässä  $\sigma_{m.1.d} := \frac{\left(\frac{6 \cdot 0.093 \cdot 10^6}{100}\right)}{38^2} = 3.864$

Taivutusmomentti tuella  $M_{1.d} := 0.125 \cdot p_d \cdot k^2 = 0.129 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Taivutusjännitys tuella  $\sigma_{m.2.d} := \frac{\left(\frac{6 \cdot 0.145 \cdot 10^6}{100}\right)}{38^2} = 6.025$

käytettävän puun C24 mitoitusarvoja  $k_{mod} := 0.8 \quad \gamma_m := 1.4$

$f_{c.0.k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{t.0.k} := 14.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Puristuslujuuden mitoitusarvo  $f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_m} = 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Taivutuslujuuden kokovaikutuskerroin  $k_{h1} := 1.3$   
(150/h)<sup>0.2</sup> < 1,3

Taivutuslujuuden mitoitusarvo  $f_{m.d} := k_{h1} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 17.829 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Vetolujuuden kh kerroin  $k_{h2} := \left(\frac{150}{100}\right)^{0.2} = 1.084$

Vetolujuuden mitoitusarvo  $f_{t.0.d} := k_{h2} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{t.0.k}}{\gamma_m} = 8.986 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Hoikkuus  $\lambda_R := \frac{900}{38} \cdot 12^{0.5} = 82.045$

Nurjahduskerroin kuvaajasta  $k_c := 0.45$

*Yhdistetty puristus ja taivutus*

$$\frac{\sigma_{ct,d}}{(k_c \cdot f_{c,0,d})} + \frac{\sigma_{m,1,d} \cdot \left( \frac{N}{mm^2} \right)}{f_{m,d}} = 0.241$$

$$0.242 \leq 1 = 1 \quad \text{OK!}$$

*Yhdistetty veto ja taivutus*

$$\frac{\sigma_{ct,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d} \cdot \left( \frac{N}{mm^2} \right)}{f_{m,d}} = 0.353$$

$$0.353 \leq 1 = 1 \quad \text{OK!}$$

*Ruoteet toimivat sekä vedettyinä, että puristettuina sauvoina!*

#### Lisäruoteiden mitoitus harjan ja sivuseinien kohdalle

*Lisäruoteiden tarve lasketaan nurjahdustuentakuorman aiheuttamasta voimasta tuelle.*

Jäykistävien rakenteiden aiheuttama tukireaktio  $T_d := 3.4 \text{ kN}$  Tukireaktio kohdistuu  
lisäruoteille.

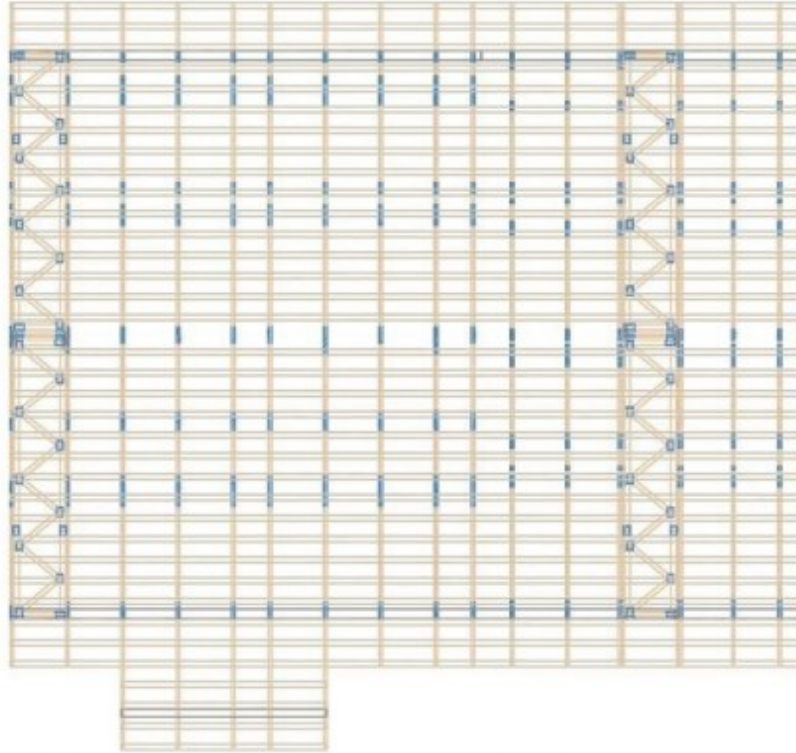
Tarvittava naulojen lukumäärä  $n_{t,h} := \frac{T_d}{R_d} = 7.727$  **8 Naulaa**

*Ruoteen kiinnitykseen mahtuu enintään  $100/(5d)-1=6$  naulaa  
2,8x75 rinnakkain*

*Lisäruoteita tarvitaan 2 kpl harjalle, sekä sivuseinälle. Kiinnitys yhteensä 8  
naulaa eli 4 naulaa/liitos.*

*S-nurjahdusmuotoa ei tarvitse tarkastella kyseisen rakennuksen ruoteiden  
osalta, sillä ruoteet toimivat sekä vedettyinä että puristettuina!*

*Ristikoiden uumasauvojen nurjahdustuenta ei käsitellä laskelmassa, sillä  
kyseisen kohteen ristikoissa ei ole nurjahdustuettavia sauvoja.*

Katon malli

*Oikean päädyn jäykistysristikko kenttä on sijoitettu ensimmäiseen k-900 jaolliseen ristikkoväliin. Näin säästytään ylimääräisiltä ristikkomalleilta, kun molempien päädyn jäykistysristikot voidaan toteuttaa yhdellä mallilla. Oikean päädyn ruoteet kuljettavat päätyyn kohdistuvat voimat jäykistysristikoille.*

Alapaarretason levyjäykistysKuormat

$$\begin{aligned}
 \text{lumi} & s = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\
 \text{pysyvä kuorma} & g_{yp} = 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\
 \text{Tuulen mitoitus harjan kohdalla} & q_{w.k} := C_f \cdot q_{hk} = 0.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

Yläpohjan tasossa vaikuttava viivakuormitus

$$\text{NR-kannattajien keskeltä-keskelle jako} \quad k = 0.9 \text{ m}$$

Rakennuksen lyhyempi suunta

$$\text{Lisävaakavoima kattorakenteen painosta} \quad g_{HB.k} := \frac{g_k \cdot B}{150} = 0.032 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Lisävaakavoima lumikuormituksesta} \quad q_{HB.k} := \frac{s \cdot B}{150} = 0.127 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Tuulikuormitus} \quad q_{w.B.k} := q_{w.k} \cdot \left( h_2 + \frac{h_1}{2} \right) = 1.688 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Rakennuksen pidempi suunta

$$\text{Kattorakenteen painosta sivuseinälle} \quad g_{l.k} := g_k \cdot \frac{B}{2} = 2.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Lumikuormitus sivuseinälle} \quad q_{l.k} := s \cdot \frac{B}{2} = 9.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Lisävaakavoima kattorakenteen painosta} \quad g_{H.k} = 0.051 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Lisävaakavoima lumikuormituksesta} \quad q_{IH.k} = 0.127 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Tuulikuormitus} \quad q_{w.l.k} := q_{w.k} \cdot \left( \frac{0.5 \cdot h_2}{2} + \frac{h_1}{2} \right) = 0.867 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

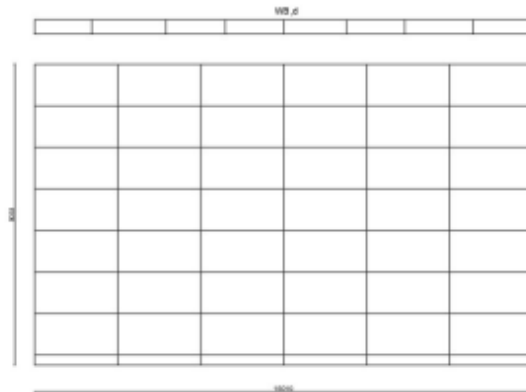
Alapaarretason tasossa vaikuttava vaakasuuntainen viivakuormitus

$$\text{Rakennuksen lyhyempi suunta} \quad w_{B.d} := 1.15 \cdot g_{HB.k} + 1.5 \cdot q_{w.B.k} + 1.5 \cdot 0.7 \cdot q_{HB.k} = 2.702 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Rakennuksen pidempi suunta

$$w_{L.d} := 1.15 \cdot g_{H.k} + 1.5 \cdot q_{w.l.k} + 1.5 \cdot 0.7 \cdot q_{IH.k} = 1.492 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Käytetään alapaarretason tarkastelussa määräävää kuormitus suuntaa.

Alapaarretason jäykistäminen havuvanerilevylläLevykentän kuormat ja rasitukset

Levykentän kuorma

$$w_{B,d} = 2.702 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Levykentän suurin momentti

$$M_d := \frac{w_{B,d} \cdot L^2}{8} = 76.097 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Levykentän suurin leikkausvoima

$$V_d := \frac{w_{B,d} \cdot L}{2} = 20.279 \text{ kN}$$

Käytetään esimerkissä havuvanerilevyä 2500x1250x12. Kyseisiä levyjä on 6kpl vierekkäin ja 7.6kpl peräkkäin. Levyt kiinnitetään alapaarteen alapintaan kiinnitettyihin koolauspuihin osakierteisillä levyruuveilla 4,5x45.

Jäyk. levyn korkeus  $h := 2500 \text{ mm}$

Jäyk. levyn pituus  $b := 1250 \text{ mm}$

Jäyk. levyn paksuus  $t := 12 \text{ mm}$

Rinnakkain levyjä  $n := 6$

Peräkkäin levyjä  $m := 7.6$

Ruuvien koko 4.5 • 45

Ruuvien leikkauskestävyys

leikkauskestävyys

(aikaluokka hetkellinen, KL1 (RIL205-1-2009 liite G4))

$$R_{r,d} := 530 \text{ N}$$

Jäykistysmitoituksessa levyjen liitinkesävyyttä voidaan korottaa kertoimella 1,2. (RIL 205-1-2009)

Ruuvien mitoituskestävyys

$$R_d := 1.2 \cdot R_{r,d} = 636 \text{ N}$$

Suurin liitinväli

$$s_{max} := \frac{R_d}{\left(\frac{V_d}{B}\right)} = 298 \text{ mm}$$

Käytettävä liitinväli

$$s_{tod} := 290 \text{ mm}$$

Jäykistelevyjen päissä tulee koolauspuiden välissä käyttää lautoja 22x100  
L=300, joihin levyjen päät saadaan kiinnitettyä liitinjaloilla  $s < 290 \text{ mm}$

### Levyn lommahdustarkastus

Levyn ominaisarvoja

$$E_k := 6387 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad G_k := 245 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad k_2 := \frac{2 \cdot G_k}{E_k} = 0.077$$

Uuman paksuus

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

Uuman pituus

$$c := 2500 \text{ mm}$$

Uuman korkeus (alakaton koolausjako)

$$a := 400 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{a} = 6.25 \quad \rightarrow \text{RIL 205-1-2009 kuva 9.14eS} \quad k := 0.9$$

Levyn lommahdusjännitys

$$f_{v,crit} := 3.3 \cdot k \cdot E_k \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^2 = 17.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Paneelileikkauslujuuden ominaisarvo

$$f_{v,k} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v,k} \leq f_{v,crit} = 1 \quad \text{OK!}$$

Mitoitusehto toteutuu eli lommahdusta ei tapahdu

### Levyn paneelileikkauskestävyys

Levynkohdistuva leikkausjännitys

$$\sigma_{v,d} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{B \cdot t} = 0.27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Levyn paneelileikkauslujuus

$$f_{v,d} := \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{v,k} = 2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{v,d} \leq f_{v,d} = 1 \quad \text{OK!}$$

Paneelileikkaantumista ei tapahdu, mitoitusehto toteutuu

Levykentän vetopaarteen mitoitus

Käytetään levykentän paarteina seinien yläjuoksua 42x198 C24.

Paarteen vetolujuus  
(hetkellinen aikaluokka, kl 1)

$$f_{t,d} := 1.1 \cdot \frac{14.5 \frac{N}{mm^2}}{1.3} = 12.269 \frac{N}{mm^2}$$

Paarrepuun poikkileikkausala

$$A := 42 \text{ mm} \cdot 198 \text{ mm} = 8316 \text{ mm}^2$$

Paarteen vetovoima

$$F_d := \frac{M_d}{B} = 8.002 \text{ kN}$$

Paarteen vetojännitys

$$\sigma_{t,d} := \frac{F_d}{A} = 0.962 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{t,d} < f_{t,d} = 1 \quad \text{OK!}$$

Mitoitusehto on riittävä, Seinän yläohjauspuun poikkileikkaus on riittävä

Vetopaarteen jatkosten mitoitus

Käytetään jatkoksissa naulaa 3,4x100. Naulan leikkauskestävyys (RIL 205-1-2009 taulukko 8.1.5)

Aikaluokka hetkellinen, KL1

Naulan leikkauskestävyys

$$R_d := 890 \text{ N}$$

Liitoksen naulamäärä

$$n := \frac{F_d}{R_d} = 8.991 \quad 9 \text{ naulaa/liitos}$$

Koolauspuiden kiinnityksen mitoitus

Kiinnitetään koolauspuut 46x48 k400 alapaarteeseen kampanauloilla 2,8x75

Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa 1,35Kfi\**g<sub>k</sub>* (pysyvä aikaluokka)

Sisäkaton omapaino

$$g_{k,k} := 0.3 \frac{kN}{m^2}$$

Sisäkaton omapaino mrt:ssä

$$g_{k,d} := 1.35 \cdot g_{k,k} = 0.007 \text{ m}^2 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

NR-kannattajien k-jako

$$k := 0.9 \text{ m}$$

koolauspuiden k-jako

$$k_k := 0.4 \text{ m}$$

Koolauspuun liitokseen aiheutuva voima

$$F_{k,d} := k \cdot k_k \cdot g_{k,d} = 0.146 \text{ kN}$$

Naulan kestävyys

$$R_d := 113 \text{ N}$$

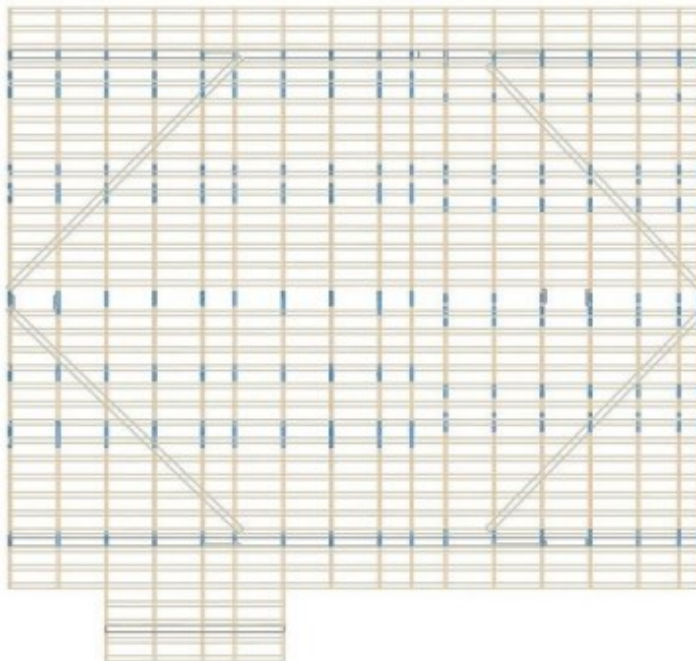
$n := \frac{F_{k,d}}{R_d} = 1.29 \quad 2 \text{ naulaa}$

Koolauspuut kiinnitetään alapaarteeseen 2 naulaa/liitos.

### Vaihtoehtoinen yläpaarretason jäykistys

Hyödynnetään reivauksien laskennassa jo laskettuja laskuja. Yläpaarteiden välisten jäykistysristikoiden tukireaktion voidaan ajatella olevan voiman resultantti, joka kohdistuu harjalinjalle.

Tämän voiman avulla saadaan laskettua yläpaarteiden alapintaan 45 asteen kulmaan laitettavalle laudalle 22x125 tarvittavat kiinnitykset.



Jäykistysristikon NR-suunnitelmasta tukireaktiotaulukosta saadaan voiman resultantti 3,4kN joka kohdistuu harjalinjalle.

Vinositeelle kohdistuva voima  $F_R := \frac{3.4 \text{ kN}}{\cos(45^\circ)} = 4.8 \text{ kN}$

Sahatavara laatuluokka C24 (22x100)  $b := 22 \text{ mm}$   $h := 125 \text{ mm}$

Ristikkojako  $k := 0.9 \text{ m}$

Käytetään kiinnityksessä konenaulaa 2,8x75  $d := 2.8 \text{ mm}$

#### Tarvittava naulamäärä liitosta kohden

Aikaluokka hetkellinen, käyttöluokka 1. RIL 205-1-2017 taulukko 8.1.5

Naulan leikkauskestävyys  $R_d := 0.64 \text{ kN}$

Naulamäärä/liitos  $n_l := \frac{F_R}{R_d} = 7.5$  8 naulaa/liitos



Tarkastetaan mahtuuko naulaus

Sallittu reunaetäisyys  $5 \cdot d = 14 \text{ mm}$

Naulojen vaatima tila  $8 \cdot (5 \cdot d) = 112 \text{ mm}$

lauta  $b=125$ , molemmille reunoille jäätävä  $5\text{mm}$  -> yhteensä  $10\text{mm}$   
 $125-14=115$ .

Todetaan että 8 naulaa/liitos mahtuu.

Laudan kestävyys

Tarkastetaan kestävyys vedettynä

Puun C24 mitoitusarvoja  $k_{mod} := 1.1$   $\gamma_m := 1.3$

$f_{c,0,k} := 21 \frac{N}{mm^2}$   $f_{mk} := 24 \frac{N}{mm^2}$   $f_{t,0,k} := 14.5 \frac{N}{mm^2}$

Vetolujuuden kh kerroin  $k_{h2} := \left(\frac{150}{100}\right)^{0.2} = 1.084$

Vetolujuuden mitoitusarvo  $f_{t,d} := k_{h2} \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 13.306 \frac{N}{mm^2}$

Vetojännitys  $\sigma_{t,d} := \frac{F_R}{b \cdot h} = 1.748 \frac{N}{mm^2}$

$\sigma_{t,d} \leq f_{t,d} = 1$  **OK!**

Sauva kestää vedettynä!

Yläpaarten jäykistyslaudan ankkurointi ulkoseinälle:

Ankkurointiin kohdistuva voima  $F_A := 2 \cdot 3.4 \text{ kN} = 6.8 \text{ kN}$

Käytetään ankkuroinnissa lankkua (48x123), joka asennetaan kahden ristikon väliin ja kiinnitetään kulmarauodoilla molemmista päistä

Kulmarauta mitoitetaan voimalle 6.8kN (7.9>6.8) Taulukkomitoituksen mukaan.

Alla voimille riittävä kulmarauta. Naulaus 6+6 naulaa.

ABR90	CNA4,0x40	4+6	5,3	5,7	6,8	8+10	7,9	9,2	8,1
	CNA4,0x60		RR	7,3	8,6		11,3	11,8	9,1

Ruoteiden ja alapaarten jäykistyslaudan jäykistyslaudan mitoitus ensimmäisen vaihtoehdon mitoituksen mukaisesti.

Muoto	Päiväys	Tarkastaja	Selitys
Kaupunginosa/Kylä	Kotikatu	Tuomiokatu	Wälischästen merkintä
Rakennustyyppi	Uudisrakennus		Puolustaja Rakennepiirustus
Rakennuskohde	Esimerkkikohde		Julkaisu no. Sisältö Laskelmat J1 Mittakaava 1:18
Yritys	Jukkatalo Oy Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä	<b>JUKKA</b> ASUMISEN EDULLÄÄKÄVIÄ V.1988	Suunnittelija Pir. no. Määrös <b>RAK</b> Rakennusmaa 700106-J1
Päiväys	29/10/2020	Suunnittelija <i>Jutta Lohi</i> Jutta Lohi	Inspecta Sertifiointi Oyn hyväksymä vastaava NR-suunnittelija

**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritustasoilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmissa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)
- naulalevylausunto:

Naulalevyt	Naulalevylausunto	Voimassa
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyyks- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevylitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 0,6 mm.

Yläpaarteen kokonaistaipuma 0,1 mm (sallittu 500,0 mm).

Alapaarteen kokonaistaipuma 0,1 mm (sallittu 500,0 mm).

Alapaarteen hetkellinen taipuma 0,1 mm (sallittu 200,0 mm).

Alapaarteen lopputaipuma - mm (sallittu - mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (☞ = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys	Materiaali	$F_d$	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
	(mm)		(kN)	Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	50	C24	1,2	Hetkellinen	Vaakatuuli vasen	12 % / OK	9 % / OK
Tuki	50	C24	1,1	Hetkellinen	Vaakatuuli vasen	12 % / OK	8 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto			Leikkaus			Momentti	
	$F_d$ (kN)	Kuormitusyhdistelmä		$F_d$ (kN)	Kuormitusyhdistelmä		$M_d$ (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	1,1	Hetkellinen	Vaakatuuli oikea	0,5	Pysyvä	Omapaino	0,0	
Tuki	1,2	Hetkellinen	Vaakatuuli oikea	0,0			0,0	

Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, J1

**KUORMITUSTIEDOT JA OMINAISTUKIREAKTIOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	1000 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Ei

**KUORMAT:**

Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Tuuli	He	0,32 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

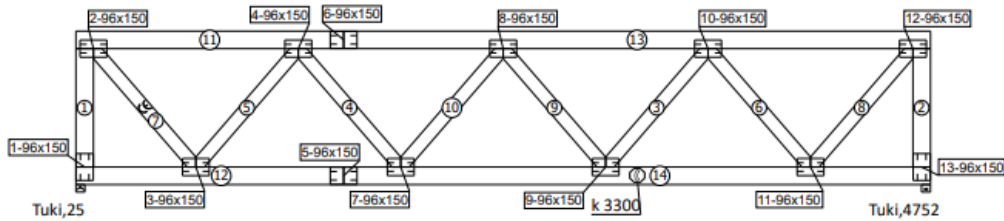
#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Py	Omapaino	
2	MRT	Py	Lumi	
3	MRT	Py	Lumi vasen	
4	MRT	Py	Lumi oikea	
5	MRT	Py	Tuulen imu	
6	MRT	He	Vaakatuuli vasen	1,5*Tuuli vasen
7	MRT	He	Vaakatuuli oikea	1,5*Tuuli oikea
8	MRT	Py	Huoltokuorma katolla	
9	MRT	Py	Hyöty	
10	MRT	Py	Hyöty vasen	
11	MRT	Py	Hyöty oikea	
12	KRT	Py	KRT lumi	
13	KRT	Py	KRT lumi vasen	
14	KRT	Py	KRT lumi oikea	
15	KRT	He	KRT tuuli vasen	Tuuli vasen
16	KRT	He	KRT tuuli oikea	Tuuli oikea
17	KRT	Py	KRT hyöty	
18	KRT	Py	KRT hyöty vasen	
19	KRT	Py	KRT hyöty oikea	

Ominaiskireaktiot kuormittain [kN]

Ei sisällä tuen taipuma tapausta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	0,03	0,34
Niveltuki	Tuuli vasen	0,76	0,00
	Tuuli oikea	-0,76	0,00
Tuki	Pysyvät kuormat	-0,03	0,00
Liukutuki	Tuuli vasen	0,76	0,00
	Tuuli oikea	-0,76	0,00

## STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	$Q_d$ (N)	$Q_d$ (%)	$M_d$ (Nm)	$N_d$ (N)	$M_d$ & $N_d$ (%)
1	42x98	662	C30	71	1	25	-1 114	3
2	42x98	662	C30	-67	1	-24	-1 055	3
3	42x73	875	C30	-18	0	-7	-714	3
4	42x73	875	C30	18	0	8	-648	3
5	42x73	875	C30	-27	0	11	-1 109	4
6	42x73	875	C30	25	0	-10	-1 038	4
7	42x73	875	C30	21	0	9	-1 198	4
8	42x73	875	C30	-22	0	-10	-1 276	5
9	42x73	875	C30	-5	0	-3	-290	1
10	42x73	875	C30	-11	0	-3	-352	1
11	42x98	1 497	C30	-239	3	52	-1 615	88
12	42x98	1 497	C30	206	2	-34	-1 588	46
13	42x98	3 280	C30	242	3	-30	-1 601	87
14	42x98	3 280	C30	-223	2	-48	-1 905	55

Nurjahdus- ja kiepahdustuetut sauvat.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Nurjahdus		Kiepahdus (mm)	Mallinnettu		
				(mm)	kpl		(mm)	kpl	$N_{cd,max}$ (N)
12	42x98	1 497	C30	3 300					
14	42x98	3 280	C30	3 300					

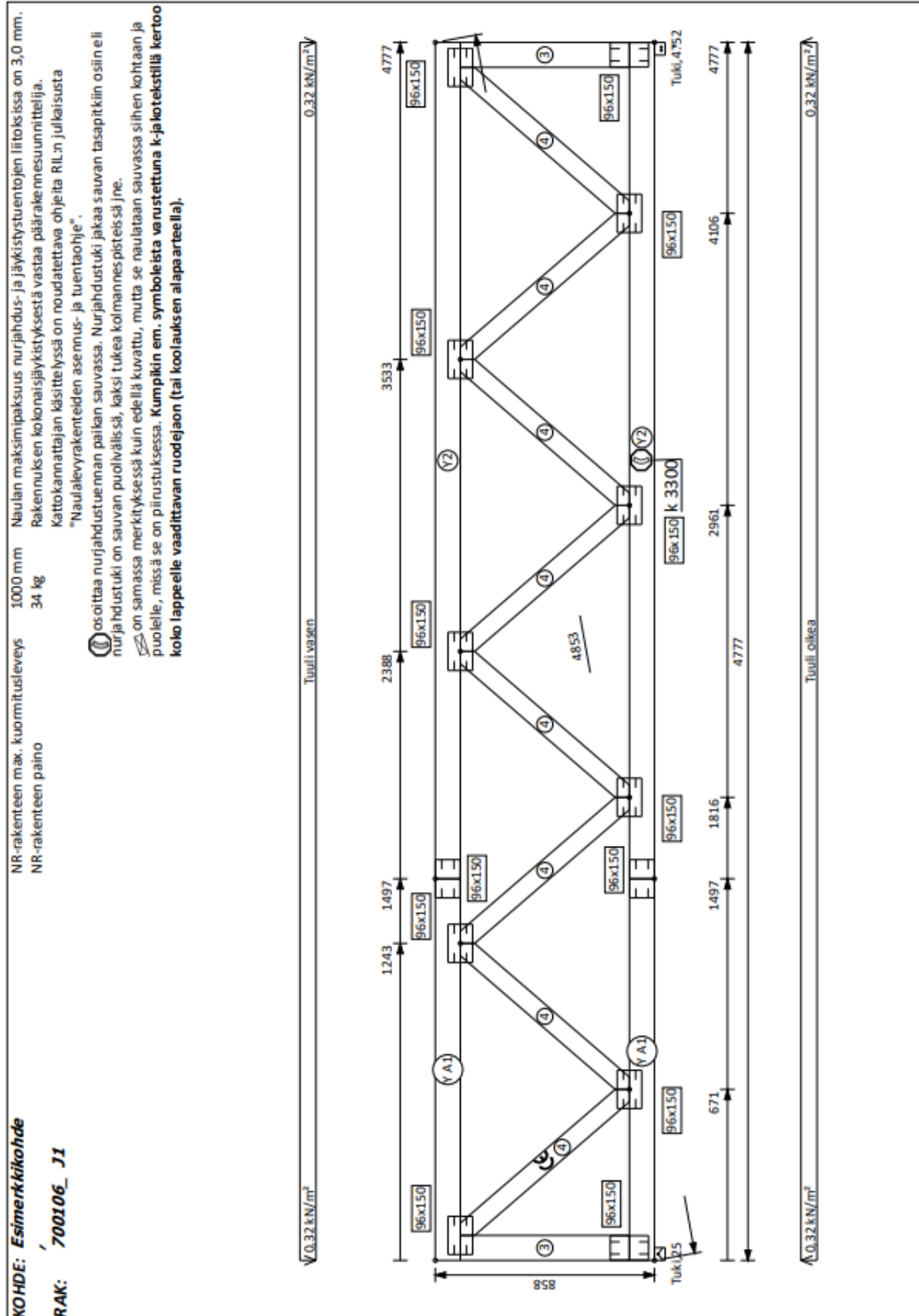
Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, J1

### LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määrävä liitossauma				Kiinnitys (%)
			A (mm <sup>2</sup> )	F <sub>A,Ed</sub> (N)	M <sub>A,Ed</sub> (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	F <sub>Ed</sub> (N)	M <sub>Ed</sub> (Nm)	(%)	
1	LL13 96x150	12	5 179	477	10	11	89	281	9	8	62
		1	5 117	477	-8	3	89	281	-9	8	62
2	LL13 96x150	11	5 148	423	-8	3	143	423	17	4	97
		1	2 092	477	-3	10	68	265	0	4	97
3	LL13 96x150	7	1 947	603	-2	10	48	352	0	7	92
		12	5 148	706	-7	4	143	706	-9	5	97
4	LL13 96x150	7	1 947	536	1	9	41	223	0	6	92
		5	1 947	542	0	9	48	343	1	8	92
4	LL13 96x150	11	5 148	459	-8	3	143	459	-2	3	97
		5	1 945	411	-1	8	41	180	0	5	92
5	LL13 96x150	4	1 948	325	0	5	48	206	0	5	92
		14	5 117	644	3	4	89	275	7	7	62
6	LL13 96x150	12	5 117	643	-2	4	89	275	-7	7	62
		13	5 117	889	-1	5	89	410	5	7	62
7	LL13 96x150	11	5 117	888	0	5	89	411	-5	7	62
		14	5 148	223	3	2	143	223	1	2	97
8	LL13 96x150	4	1 945	239	1	5	48	144	0	3	92
		10	1 948	172	0	3	48	109	0	2	92
8	LL13 96x150	13	5 148	123	-1	1	143	123	0	1	97
		10	1 948	126	0	2	41	60	0	2	92
9	LL13 96x150	9	1 945	110	0	2	41	53	0	1	92
		14	5 148	273	-5	2	143	273	0	2	97
10	LL13 96x150	3	1 945	267	-1	5	41	118	0	3	92
		9	1 948	129	0	2	48	79	0	2	92
10	LL13 96x150	13	5 148	428	8	3	143	444	-7	3	97
		6	1 948	388	1	7	41	175	0	4	92
11	LL13 96x150	3	1 945	351	0	6	48	229	1	5	92
		14	5 148	642	-13	4	143	642	9	4	97
12	LL13 96x150	8	1 948	493	0	9	41	244	0	6	92
		6	1 948	500	0	8	48	320	-1	7	92
12	LL13 96x150	13	5 148	430	9	3	143	430	-19	4	97
		2	2 092	501	3	11	41	142	0	4	97
13	LL13 96x150	8	1 948	633	2	10	48	373	0	8	92
		14	5 179	502	-11	12	89	265	-8	7	62
		2	5 117	502	9	4	89	265	10	8	62

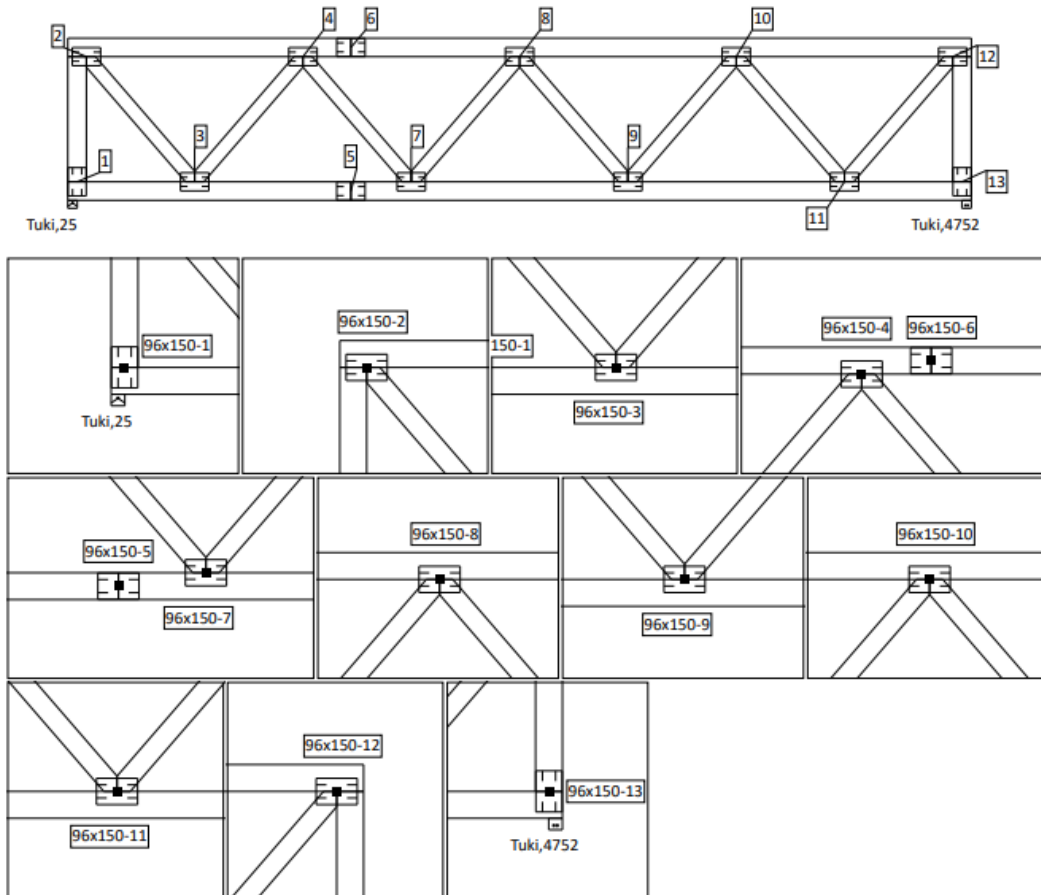


**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-J1**

**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpäätkä osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä neliön kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen.

Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.

**Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.**





Muutos	Päiväys	Tarkastaja	Selitys
Kokouksenmerkitys	Kokouspöytä	Kortti/kuva	Vierinnoisten merkintä
Rakennusvaihe			Julkaisu no
Uudisrakennus			Rakennepiirustus
Rakennuskohde			Sisästä
Esimerkkikohde			Laskelmat
			J2
			Mittakaava
			1:18
Yhtiö			Seurustelu
Jukkatalo Oy			Plc. no
Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä			Muoto
		<b>JUKKA</b>	<b>RAK</b>
		ASUMISEN EDELLÄKÄVIÄ V.1988	Riisikonkatu
			700106-J2
Päiväys		Seurustelu	Inspecta Sertifiointi Oy:n hyväksymä vastaava NR-suunnittelija
29/10/2020	<i>Jutta Lohi</i>	Jutta Lohi	

**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaalimomenteille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritustasoilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmissa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)
- naulalevylausunto:

<b>Naulalevyt</b>	<b>Naulalevylausunto</b>	<b>Voimassa</b>
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyyks- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevylitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 2,5 mm.

Yläpaarteen kokonaistaipuma 0,0 mm (sallittu 500,0 mm).

Alapaarteen kokonaistaipuma 0,0 mm (sallittu 500,0 mm).

Alapaarteen hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarteen lopputaipuma - mm (sallittu - mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (☐) = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys (mm)	Materiaali	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
				Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	50	C24	3,4	Hetkellinen	Omapaino+Lumi+Tuuli	36 % / OK	25 % / OK
Tuki	50	C24	3,3	Hetkellinen	Omapaino+Lumi+Tuuli	35 % / OK	25 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto		Leikkaus		Momentti	
	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	M <sub>d</sub> (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	0,0		0,4	Keskipitkä Omapaino +Lumi	0,0	
Tuki	0,0		0,0		0,0	

**KUORMITUSTIEDOT JA OMINAISTUKIREAKTIOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	1000 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Kyllä

**KUORMAT:**

Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	0,43 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Tuuli	He	0,31 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,37 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,37 kN/m <sup>2</sup>	1000 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

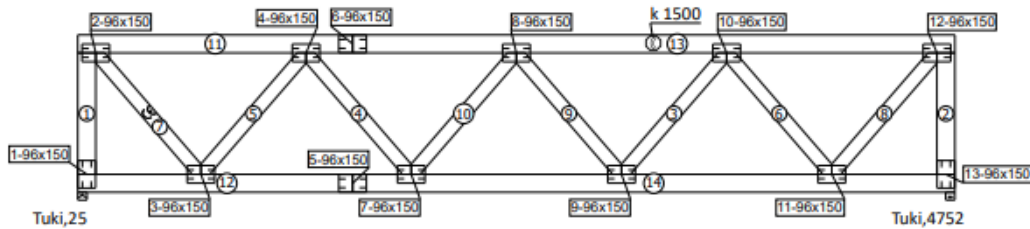
#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Ke	Omapaino+Lumi	1,15*Omapaino yp + 1,5*Lumi vasen
2	MRT	He	Omapaino+Lumi+Tuuli	1,15*Omapaino yp + (1,5*Lumi vasen + 1,5*Imu vasen)
3	KRT	Ke	KRT Omapaino+Lumi	Omapaino yp + Lumi vasen
4	KRT	He	KRT Omapaino+Lumi+TuOmapaino yp + (Lumi vasen + Imu vasen)	

Ominaiskireaktiot kuormittain [kN]

Ei sisällä tuen taipuma tapausta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	0,92	0,34
Niveltuki	Lumi vasen	0,82	0,00
	Imu vasen	0,75	0,00
Tuki	Pysyvät kuormat	0,86	0,00
Liukutuki	Lumi vasen	0,82	0,00
	Imu vasen	0,75	0,00

STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Q <sub>d</sub> (N)	Q <sub>d</sub> (%)	M <sub>d</sub> (Nm)	N <sub>d</sub> (N)	M <sub>d</sub> & N <sub>d</sub> (%)
1	42x98	662	C30	204	2	73	-3 225	8
2	42x98	662	C30	-200	2	-70	-3 161	8
3	42x73	875	C30	21	0	-8	798	2
4	42x73	875	C30	-26	0	-11	913	3
5	42x73	875	C30	-76	1	33	-3 196	12
6	42x73	875	C30	73	1	-31	-3 125	12
7	42x73	875	C30	-36	1	-23	3 070	7
8	42x73	875	C30	36	1	23	2 995	7
9	42x73	875	C30	22	0	-9	-916	3
10	42x73	875	C30	-17	0	10	-949	4
11	42x98	1 497	C30	-701	8	151	-4 731	34
12	42x98	1 497	C30	194	2	-81	-231	18
13	42x98	3 280	C30	714	8	138	-4 689	34
14	42x98	3 280	C30	184	2	-64	4 055	9

Nurjahdus- ja kiepahdustuetut sauvat.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Nurjahdus		Kiepahdus	Mallinnettu		
				(mm)	kpl	(mm)	(mm)	kpl	N <sub>ed,max</sub> (N)
11	42x98	1 497	C30	1 500					
13	42x98	3 280	C30	1 500					

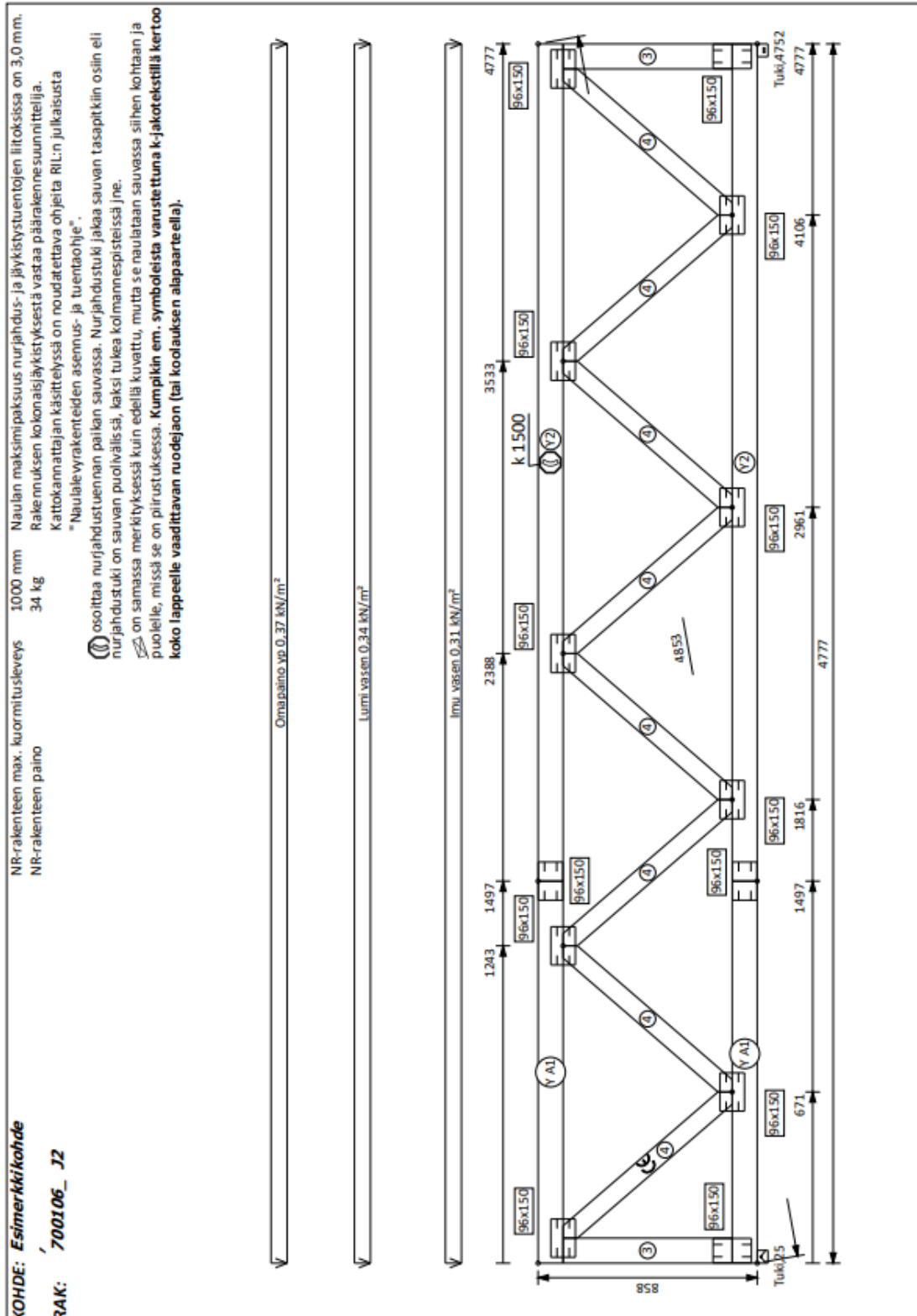
Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, J2

### LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen siltä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

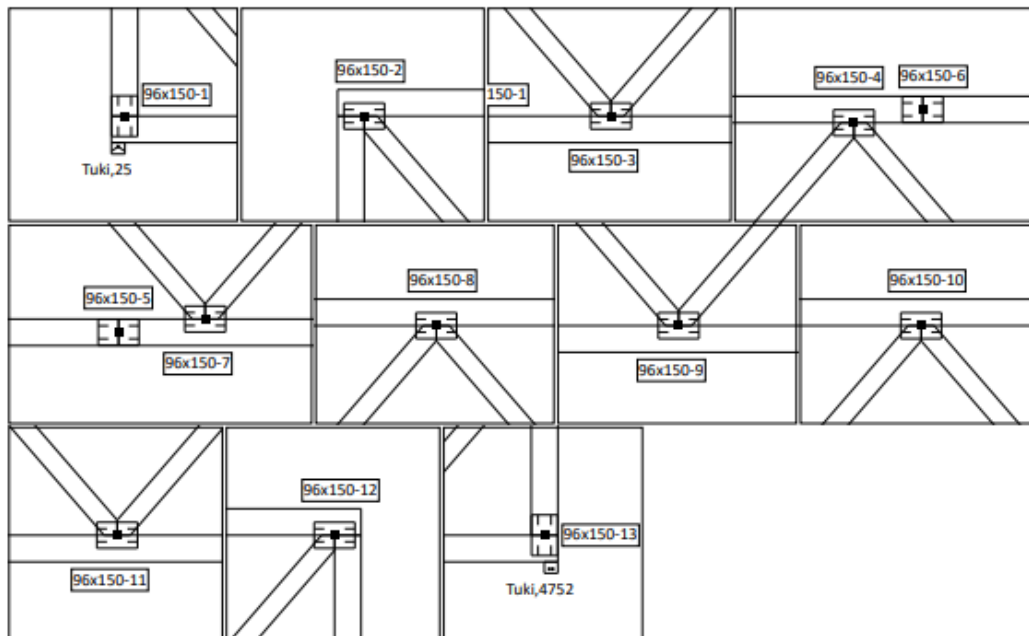
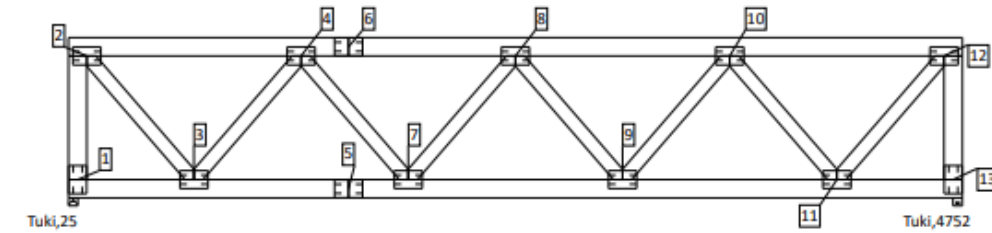
#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määrävä liitossauma				Kiin-Nitys (%)
			A (mm <sup>2</sup> )	F <sub>A,Ed</sub> (N)	M <sub>A,Ed</sub> (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	F <sub>Ed</sub> (N)	M <sub>Ed</sub> (Nm)	(%)	
1	LL13 96x150	12	5 179	813	-33	<b>11</b>	89	813	26	<b>22</b>	62
		1	5 117	813	25	<b>7</b>	89	813	-26	<b>22</b>	62
2	LL13 96x150	11	5 148	1 083	7	<b>6</b>	143	1 083	-32	<b>9</b>	97
		1	2 092	1 175	14	<b>27</b>	68	761	1	<b>12</b>	97
3	LL13 96x150	7	1 947	1 531	9	<b>26</b>	41	715	0	<b>16</b>	92
		12	5 148	2 015	-21	<b>12</b>	143	2 015	-26	<b>14</b>	97
4	LL13 96x150	7	1 947	1 535	2	<b>25</b>	48	949	2	<b>15</b>	92
		5	1 947	1 554	0	<b>25</b>	48	986	2	<b>22</b>	92
5	LL13 96x150	11	5 148	1 324	-23	<b>9</b>	143	1 324	-6	<b>9</b>	97
		5	1 945	1 187	-4	<b>23</b>	41	522	0	<b>14</b>	92
6	LL13 96x150	4	1 948	452	-3	<b>8</b>	48	350	1	<b>6</b>	92
		14	5 117	2 127	9	<b>13</b>	89	2 127	-16	<b>13</b>	62
7	LL13 96x150	12	5 117	2 126	-7	<b>12</b>	89	2 126	16	<b>13</b>	62
		13	5 117	1 209	20	<b>9</b>	89	1 209	-6	<b>16</b>	62
8	LL13 96x150	11	5 117	808	13	<b>8</b>	89	1 209	6	<b>17</b>	62
		14	5 148	599	-4	<b>3</b>	143	599	-10	<b>4</b>	97
9	LL13 96x150	4	1 945	457	-2	<b>8</b>	48	328	1	<b>6</b>	92
		10	1 948	467	0	<b>7</b>	48	297	1	<b>7</b>	92
10	LL13 96x150	13	5 148	360	-1	<b>4</b>	143	360	1	<b>3</b>	97
		10	1 948	352	0	<b>7</b>	41	169	0	<b>4</b>	92
11	LL13 96x150	9	1 945	343	1	<b>7</b>	41	163	0	<b>4</b>	92
		14	5 148	534	5	<b>3</b>	143	534	7	<b>4</b>	97
12	LL13 96x150	3	1 945	395	1	<b>6</b>	48	269	-1	<b>4</b>	92
		9	1 948	420	0	<b>7</b>	48	257	0	<b>6</b>	92
13	LL13 96x150	13	5 148	1 288	24	<b>9</b>	143	1 288	7	<b>9</b>	97
		6	1 948	1 165	4	<b>22</b>	41	523	0	<b>13</b>	92
14	LL13 96x150	3	1 945	399	3	<b>7</b>	48	310	-1	<b>5</b>	92
		14	5 148	1 953	19	<b>12</b>	143	1 953	26	<b>13</b>	97
15	LL13 96x150	8	1 948	1 497	-2	<b>24</b>	48	932	-2	<b>15</b>	92
		6	1 948	1 514	0	<b>24</b>	48	966	-2	<b>22</b>	92
16	LL13 96x150	13	5 148	1 076	-6	<b>6</b>	143	1 076	31	<b>9</b>	97
		2	2 092	1 151	-13	<b>26</b>	68	748	-1	<b>12</b>	97
17	LL13 96x150	8	1 948	1 502	-9	<b>25</b>	41	701	0	<b>16</b>	92
		14	5 179	796	32	<b>11</b>	89	796	-26	<b>22</b>	62
18	LL13 96x150	2	5 117	796	-25	<b>7</b>	89	796	31	<b>24</b>	62



**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-J2**

**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä neljän kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen. Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.

**Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.**



<b>Muutos</b>	<b>Päiväys</b>	<b>Tekijä</b>	<b>Selitys</b>
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/Alue	Vuorokauden merkintä
Rakennuskohde			Projekti/työ
Uudisrakennus			Rakennepiirustus
Rakennuskohde			Sisältö
Esimerkkikohde			Laskelmat P1
			Mittakaava 1:6
Yhtiö			Seurittelija
Jukkatalo Oy			Proj. n:o
Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä			Muutos
	<b>JUKKA</b> ASUMISEN EDELLÄKÄVIJÄ V.1968	<b>RAK</b> Rakennustekninen 700106-P1	
Päiväys	Seurittelija		Inspecta Sertifiointi Oy:n hyväksymä vastaava NIT-suunnittelija
29/10/2020	<i>Jutta Lohi</i> Jutta Lohi		



**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritusasteoilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmassa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)

• naulalevylausunto:

Naulalevyt	Naulalevylausunto	Voimassa
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevyliitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 1,4 mm.


Yläpaarteen kokonaistaipuma 0,3 mm (sallittu 4,0 mm).

Alapaarteen kokonaistaipuma 0,2 mm (sallittu 4,0 mm).

Alapaarteen hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarteen lopputaipuma 0,2 mm (sallittu 2,7 mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (  = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys	Materiaali	F <sub>d</sub>	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
	(mm)			(kN)	Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva
Tuki	50	C24	0,0				
Tuki	50	C24	3,0	Hetkellinen	Omapaino+Lumi+Tuuli	31 % / OK	22 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto			Leikkaus			Momentti	
	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		M <sub>d</sub> (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	2,9	Hetkellinen	Omapaino +Lumi+Tuuli	-1,6	Hetkellinen	Omapaino +Lumi+Tuuli	0,0	
Tuki	0,0			-1,8	Hetkellinen	Omapaino +Lumi+Tuuli	0,0	

Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohde, P1

**KUORMITUSTIEDOT JA OMINAISTUKIREAKTIOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	900 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Ei

**KUORMAT:**

Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Tuuli	He	- kN/m <sup>2</sup>	- mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

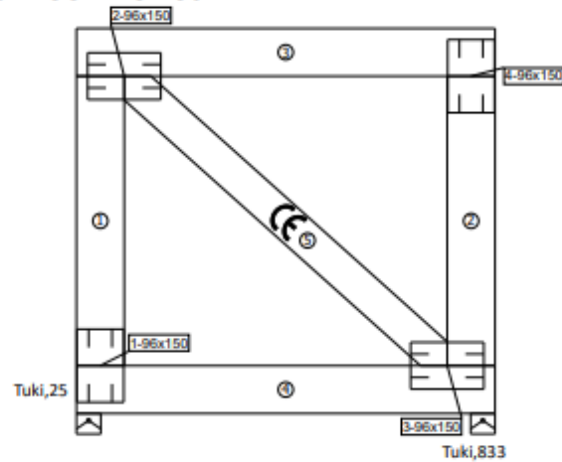
#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Ke	Omapaino+Lumi	1,15*Omapaino + 1,5*Lumi vasen
2	MRT	He	Omapaino+Lumi+Tuuli	1,15*Omapaino + (1,5*Imu vasen + 1,5*Lumi vasen)
3	KRT	Ke	KRT Omapaino+Lumi	Omapaino + Lumi vasen
4	KRT	He	KRT Omapaino+Lumi+Tu Omapaino +	(Imu vasen + Lumi vasen)

Ominaisreaktiot kuormittain [kN]

Ei sisällä tuen taipuma tapausta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	-0,75	-0,44
Niveltuki	Lumi vasen	-0,70	-0,39
	Imu vasen	-0,64	-0,36
Tuki	Pysyvät kuormat	0,83	-0,48
Niveltuki	Lumi vasen	0,70	-0,43
	Imu vasen	0,64	-0,39

## STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

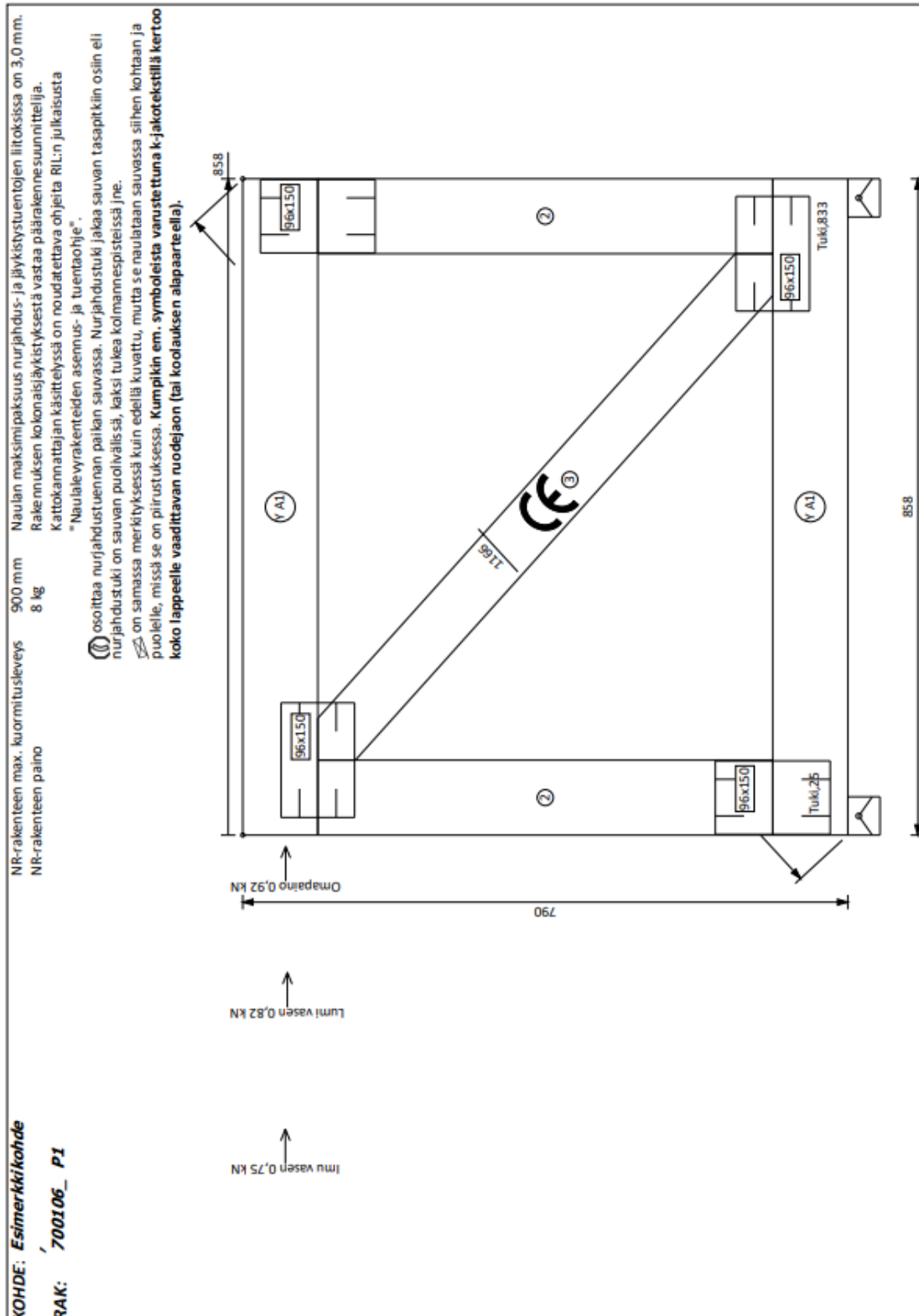
Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	$Q_d$ (N)	$Q_d$ (%)	$M_d$ (Nm)	$N_d$ (N)	$M_d$ & $N_d$ (%)
1	42x98	594	C30	-125	1	-52	3 008	7
2	42x98	594	C30	47	1	-28	-137	2
3	42x98	858	C30	301	3	0	-3 413	8
4	42x98	858	C30	601	6	-116	-1 809	7
5	42x73	889	C30	45	1	19	-4 303	13

## LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

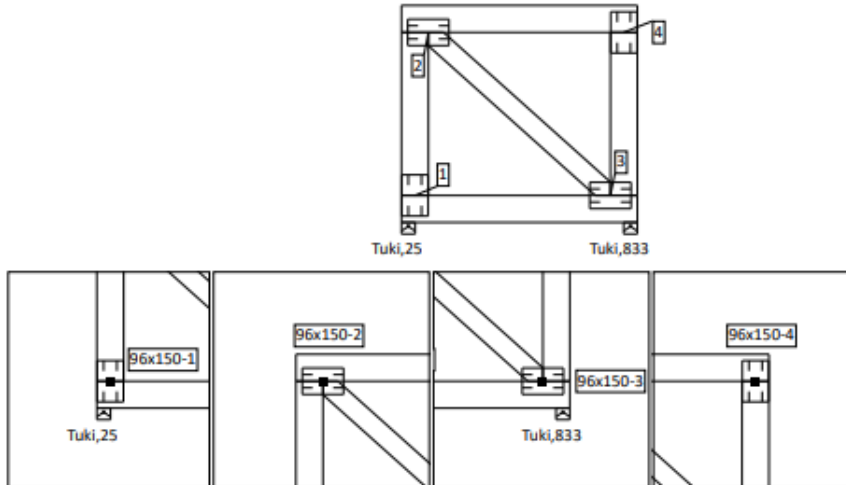
#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määräävä liitossauma				Kiinnitys (%)	
			A (mm <sup>2</sup> )	$F_{A,d}$ (N)	$M_{A,d}$ (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	$F_{E,d}$ (N)	$M_{E,d}$ (Nm)	(%)		
1	LL13 96x150	4	5 179	1 499	25	36	89	1 499	-17	11	62	
		1	5 117	1 500	-19	10	89	1 500	17	11	62	
2	LL13 96x150	3	5 148	1 671	-17	2	10	143	1 671	55	15	97
		1	2 092	1 507	-7	2	32	68	1 123	-5	12	97
		5	2 125	2 147	-5	31	41	910	0	24	91	
3	LL13 96x150	4	5 148	1 794	51	15	143	1 794	-19	14	97	
		2	2 092	53	-3	1	2	68	69	1	2	97
		5	2 125	1 744	0	30	41	884	1	24	91	
4	LL13 96x150	3	5 179	50	17	4	89	50	-16	8	62	
		2	5 117	50	-14	3	89	50	15	8	62	



**LIITOSDETAIJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-P1**

**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä neliön kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen. Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.

**Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.**



Muuta	Päiväys	Tekijä	Selitys
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tie	Tontti/Alue	Vieromaiden merkintä
Rakennusosasto			Julkaisu no.
Uudisrakennus			Rakennepiirustus
Rakennuskohde			Mittakaava
Esimerkkikohde			Laskelmat P2 1:18
Yhtiö			Maasto
Jukkatalo Oy Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä			
		<b>JUKKA</b> ASUMISEN EDELLÄKÄNTÄ V.2008	<b>RAK</b> Rakennus 700106-P2
Päiväys	Siunaaja	Siunaaja	Inspecta Sertifiointi Oyn hyväksymä vastaava NR-suunnittelija
20/10/2020	<i>Jutta Lohi</i>	Jutta Lohi	

**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritusasteilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmissa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)

• naulalevylausunto:

<b>Naulalevyt</b>	<b>Naulalevylausunto</b>	<b>Voimassa</b>
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyy- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevyliitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 10,7 mm.

Yläpaarteen kokonaistaipuma 1,3 mm (sallittu 4,0 mm).

Alapaarteen kokonaistaipuma 0,7 mm (sallittu 4,0 mm).

Alapaarteen hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarteen lopputaipuma 0,7 mm (sallittu 2,7 mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (☐) = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys (mm)	Materiaali	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
				Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	50	C24	0,0				
Tuki	50	C24	19,1	Hetkellinen	Omapaino+Lumi+Tuuli	100 % / OK	98 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto			Leikkaus			Momentti	
	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		M <sub>d</sub> (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	18,7	Hetkellinen	Omapaino +Lumi+Tuuli	-3,2	Hetkellinen	Omapaino +Lumi+Tuuli	0,0	
Tuki	0,0			-3,6	Hetkellinen	Omapaino +Lumi+Tuuli	0,0	

Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohde, P2

**KUORMITUSTIEDOT JA OMINAISTUKIREAKTIOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	900 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumiaste	Ei

**KUORMAT:**

Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Tuuli	He	- kN/m <sup>2</sup>	- mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Ke	Omapaino+Lumi	1,15*Omapaino + 1,5*Lumi vasen
2	MRT	He	Omapaino+Lumi+Tuuli	1,15*Omapaino + (1,5*Lumi vasen + 1,5*Imu vasen)
3	KRT	Ke	KRT Omapaino+Lumi	Omapaino + Lumi vasen
4	KRT	He	KRT Omapaino+Lumi+Tu	Omapaino + (Lumi vasen + Imu vasen)

Ominaisreaktiot kuormittain [kN]

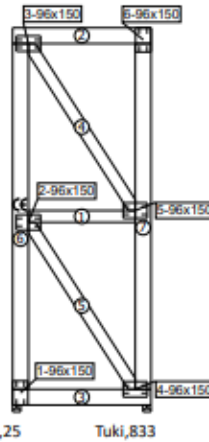
Ei sisällä tuen taipuma tapausta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	-2,47	-0,43
Niveltuki	Lumi vasen	-2,28	-0,39
	Imu vasen	-2,08	-0,35
Tuki	Pysyvät kuormat	2,64	-0,49
Niveltuki	Lumi vasen	2,28	-0,43
	Imu vasen	2,08	-0,40



Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohde, F2

## STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	$Q_d$ (N)	$Q_d$ (%)	$M_d$ (Nm)	$N_d$ (N)	$M_d$ & $N_d$ (%)
1	42x73	662	C30	88	1	-27	3 152	8
2	42x98	858	C30	772	8	0	-3 413	8
3	42x98	858	C30	1 818	20	-432	32	23
4	42x73	1 229	C30	72	1	41	-5 610	34
5	42x73	1 229	C30	93	1	53	-6 265	39
6	42x98	2 144	C30	-189	2	67	10 129	18
7	42x98	2 144	C30	157	2	-33	-4 973	59

## LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

ESIMERKKIKOHDE, F2

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määrittävä liitossauma				Kiinnitys (%)
			A (mm <sup>2</sup> )	$F_{A,Ed}$ (N)	$M_{A,Ed}$ (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	$F_{Ed}$ (N)	$M_{Ed}$ (Nm)	(%)	
1	LL13 96x150	3	6 983	5 063	36	64	89	5 063	-13	26	48
		6	3 125	5 064	-24	49	89	5 064	13	26	90
2	LL13 96x150	6	5 607	2 696	-83	27	89	2 696	-16	35	62
		1	2 167	1 577	-10	23	68	832	12	18	62
3	LL13 96x150	5	1 665	3 088	-9	60	43	1 879	-3	48	97
		2	5 148	1 609	-50	12	143	1 609	87	19	97
4	LL13 96x150	6	2 092	2 396	-19	52	41	712	-2	20	97
		4	1 665	2 797	-11	54	43	1 618	-2	40	97
5	LL13 96x150	3	5 148	3 059	99	32	143	3 059	-79	35	97
		7	2 092	1 244	-15	29	68	1 204	12	28	97
6	LL13 96x150	5	1 666	2 119	-7	48	41	1 194	2	33	97
		7	5 607	2 433	-68	23	89	2 433	-21	32	62
7	LL13 96x150	4	1 665	2 805	-10	54	43	1 637	-2	40	97
		1	2 167	1 577	-8	23	68	832	12	18	62
8	LL13 96x150	2	6 983	99	26	4	89	99	-21	11	48
		7	3 125	99	-19	8	89	99	21	11	90



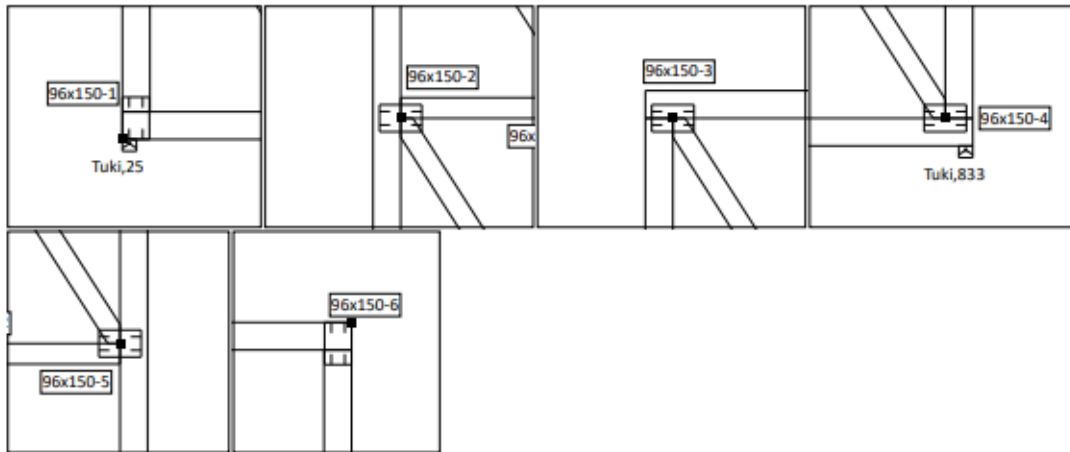
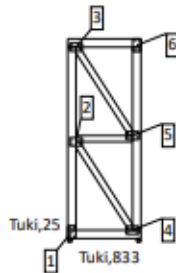
**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-P2**


**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpäätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä neljän kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai sauhuksen keskipisteeseen.

Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.



Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.



Muutos	Päiväys	Tekijä	Seisäys
Kaupunginosa/Kylä	Korttelin nro	Luokitus	Viite/maaston merkitys
Rakennustyyppi			Julkaisu no
Uudisrakennus			Rakennepiirustus
Rakennuskohde			Mittakaava
Esimerkkikohde			Laskelmat P3 1:13
Työpaikka			Suunnittelija
Jukkatalo Oy Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä			Proj. nro
			Muoto
Päiväys		Suunnittelija	Inspecta Sertifiointi Oy:n hyväksymä vastaava NR-suunnittelija
29/10/2020		Jutta Lohi	

**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritustasomitoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmissa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)
- naulalevylausunto:

Naulalevyt	Naulalevylausunto	Voimassa
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyyks- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevylitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 7,1 mm.

Yläpaarten kokonaistaipuma 1,1 mm (sallittu 4,0 mm).

Alapaarten kokonaistaipuma 0,5 mm (sallittu 4,0 mm).

Alapaarten hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarten lopputaipuma 0,5 mm (sallittu 2,7 mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (☐☐☐ = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys	Materiaali	$F_d$	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
	(mm)		(kN)	Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	50	C24	0,0				
Tuki	50	C24	13,8	Hetkellinen	Omapaino+Lumi+Tuuli	72 % / OK	71 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto		Leikkaus		Momentti	
	$F_d$ (kN)	Kuormitusyhdistelmä	$F_d$ (kN)	Kuormitusyhdistelmä	$M_d$ (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	13,5	Hetkellinen Omapaino +Lumi+Tuuli	-3,2	Hetkellinen Omapaino +Lumi+Tuuli	0,0	
Tuki	0,0		-3,6	Hetkellinen Omapaino +Lumi+Tuuli	0,0	

Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, P3

**KUORMITUSTIEDOT JA OMINAISTUKIREAKTIOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	900 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Ei

**KUORMAT:**

Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Tuuli	He	- kN/m <sup>2</sup>	- mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,00 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

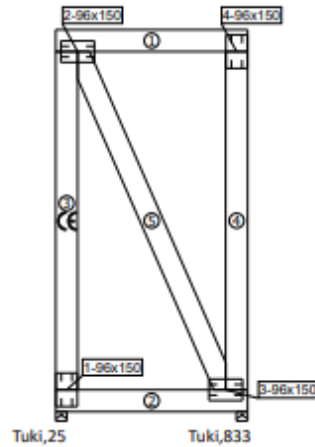
#	Rajatilä	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Ke	Omapaino+Lumi	1,15*Omapaino + 1,5*Lumi vasen
2	MRT	He	Omapaino+Lumi+Tuuli	1,15*Omapaino + (1,5*Lumi vasen + 1,5*Imu vasen)
3	KRT	Ke	KRT Omapaino+Lumi	Omapaino + Lumi vasen
4	KRT	He	KRT Omapaino+Lumi+Tu Omapaino + (Lumi vasen + Imu vasen)	

Ominaisreaktiot kuormittain [kN]

Ei sisällä tuen taipuma tapausta

Tuki	Kuorma	Pysty	Vaaka
Tuki	Pysyvät kuormat	-1,77	-0,44
Niveltuki	Lumi vasen	-1,64	-0,39
	Imu vasen	-1,50	-0,35
Tuki	Pysyvät kuormat	1,90	-0,48
Niveltuki	Lumi vasen	1,64	-0,43
	Imu vasen	1,50	-0,40

## STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

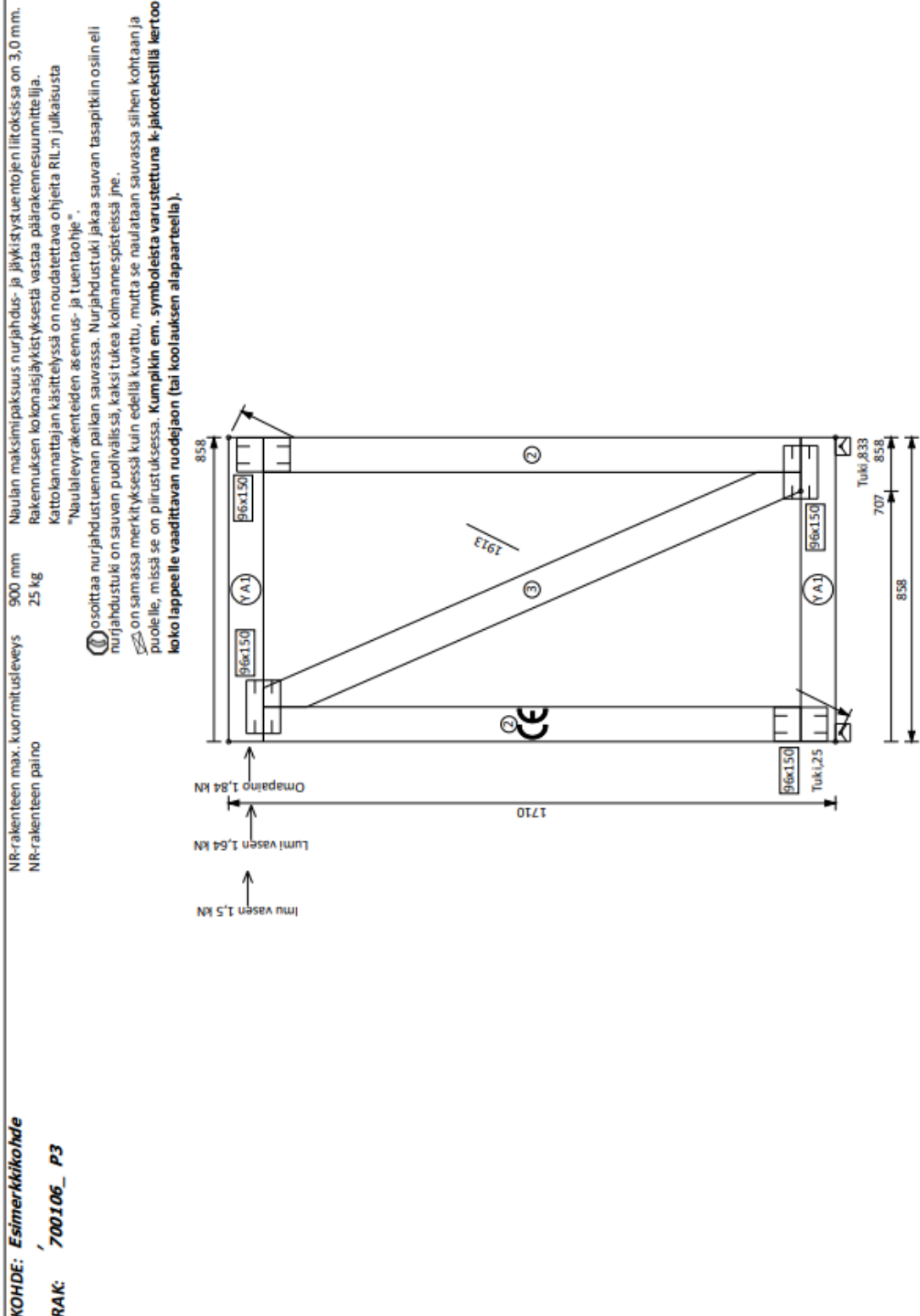
Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	$Q_d$ (N)	$Q_d$ (%)	$M_d$ (Nm)	$N_d$ (N)	$M_d$ & $N_d$ (%)
1	42x98	858	C30	1 735	19	142	-1 674	10
2	42x98	858	C30	2 343	25	-411	-9	22
3	42x98	1 514	C30	234	3	-148	7 428	18
4	42x98	1 514	C30	281	3	57	94	3
5	42x98	1 652	C30	131	2	102	-8 254	68

## LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määrävä liitossaama				Kiinnitys (%)
			A (mm <sup>2</sup> )	$F_{A,Ed}$ (N)	$M_{A,Ed}$ (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	$F_{Ed}$ (N)	$M_{Ed}$ (Nm)	(%)	
1	LL13 96x150	2	5 179	3 698	46	88	89	3 698	-30	24	62
		3	5 117	3 698	-40	23	89	3 698	30	24	62
2	LL13 96x150	1	5 148	1 671	-116	21	143	1 671	155	32	97
		3	2 090	3 715	-27	2	41	1 072	-2	31	97
3	LL13 96x150	5	1 876	4 043	-27	76	53	2 391	-2	46	99
		2	5 148	2 470	47	23	143	2 470	-10	18	97
		4	2 092	58	-19	15	68	225	7	9	97
4	LL13 96x150	5	1 876	2 482	-18	51	41	1 302	2	37	99
		1	5 179	73	25	2	89	73	-23	11	62
		4	5 115	72	-22	5	89	72	23	11	62





**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-P3**

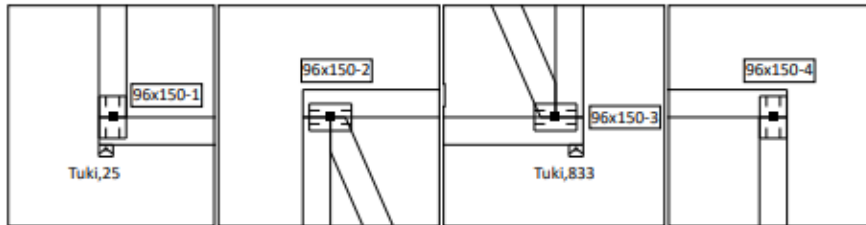
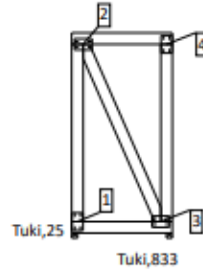


**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpäätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä nelion kohdalla olevaan sauvaan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen.



Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvaan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.

**Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.**



Muoto	Pöytä	Takana	Selitys
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Ylä	Suhteisuus	Vastausohje merkintä
Rakennustarveperuste			Pöytäkirja Juttokäytä
Uudisrakennus			Rakennepöytäkirja
Rakennuskohde			Sisältö Mittakaava
Esimerkkikohde			Laskelmat R1 1:45
Yhtiö			Suunnittelija Pöytäkirja Muoto
Jukkatalo Oy Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä		<b>JUKKA</b> ASUMISEN EDELLÄKÄVIJÄ YKSÖ	<b>RAK</b> Rakenteen tunnus 700106-R1
Pöytäkirja 29/10/2020	<i>Jutta Lohi</i>	Suunnittelija Jutta Lohi	Inspecta Sertifiointi Oy:n hyväksymä vastaava NR-suunnittelija

**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritusasoilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmissa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)
- naulalevylausunto:

Naulalevyt	Naulalevylausunto	Voimassa
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyyks- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevylitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 9 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 2,1 mm.

Yläpaarteiden kokonaistaipuma 9,8 mm (sallittu 45,5 mm).

Alapaarteiden kokonaistaipuma 7,9 mm (sallittu 45,5 mm).

Alapaarteiden hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarteiden lopputaipuma 2,2 mm (sallittu 30,3 mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (☐☐☐ = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys (mm)	Materiaali	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
				Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	150	C24	23,6	Keskipitkä	Lumi	☐☐☐ 39 % / OK	56 % / OK
Tuki	150	C24	23,6	Keskipitkä	Lumi	☐☐☐ 39 % / OK	56 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto		Leikkaus		Momentti	
	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	M <sub>d</sub> (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	0,0		-2,0	Hetkellinen	0,0	
Tuki	0,0		0,0	Vaakatuuli vasen	0,0	

Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohde, R1

**KUORMITUSTIEDOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	900 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Kyllä

**KUORMAT:**

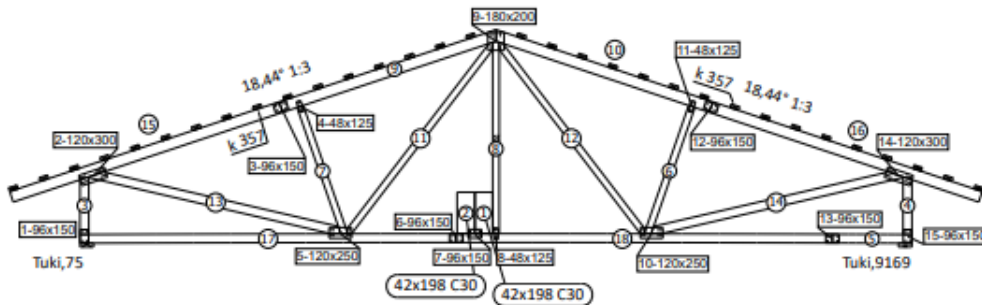
Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	2,50 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Tuuli	He	0,65 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,60 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,30 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Py	Omapaino	1,35*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino)
2	MRT	Ke	Lumi	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Lumi vasen + 1,5*Lumi oikea + 1,5*Lumi vasen)
3	MRT	Ke	Lumi vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Lumi vasen + 0,75*Lumi oikea + 1,5*Lumi vasen)
4	MRT	Ke	Lumi oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,75*Lumi vasen + 1,5*Lumi oikea + 0,75*Lumi vasen)
5	MRT	He	Tuulen imu	0,9*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Imu vasen + 1,5*Imu oikea)
6	MRT	He	Vaakatuuli vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Tuuli vasen + 1,5*Tuuli vasen) + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
7	MRT	He	Vaakatuuli oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + 1,5*Tuuli oikea + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
8	MRT	Ly	Huoltokuorma katolla	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + 1,5*Huoltokuorma
9	MRT	Ke	Hyöty	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
10	MRT	Ke	Hyöty vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,05*Lumi vasen + 0,52*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
11	MRT	Ke	Hyöty oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,52*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 0,52*Lumi vasen)
12	KRT	Ke	KRT lumi	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (Lumi vasen + Lumi oikea + Lumi vasen)
13	KRT	Ke	KRT lumi vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (Lumi vasen + 0,5*Lumi oikea + Lumi vasen)
14	KRT	Ke	KRT lumi oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,5*Lumi vasen + Lumi oikea + 0,5*Lumi vasen)
15	KRT	He	KRT tuuli vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (Tuuli vasen + Tuuli vasen) + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
16	KRT	He	KRT tuuli oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + Tuuli oikea + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
17	KRT	Ke	KRT hyöty	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
18	KRT	Ke	KRT hyöty vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,7*Lumi vasen + 0,35*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
19	KRT	Ke	KRT hyöty oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,35*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,35*Lumi vasen)

STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	$Q_{d1}$ (N)	$Q_{d2}$ (%)	$M_d$ (Nm)	$N_d$ (N)	$M_d$ & $N_d$ (%)
1	42x198	461	C30	0	0	0	0	0
2	42x198	461	C30	0	0	0	0	0
3	42x98	641	C30	430	6	262	-11 284	38
4	42x98	641	C30	-407	6	-260	-11 281	38
5	42x98	884	C30	442	7	344	518	26
6	42x73	1 512	C30	35	1	-54	-3 507	41
7	42x73	1 512	C30	-34	1	52	-3 505	41
8	42x73	2 140	C30	-10	0	17	3 114	10
9	42x123	2 540	C30	1 511	18	-545	-13 187	50
10	42x123	2 540	C30	-1 515	18	545	-13 169	50
11	42x73	2 669	C30	-23	0	5	-286	7
12	42x73	2 669	C30	17	0	-6	-294	8
13	42x98	2 871	C30	807	11	161	13 485	38
14	42x98	2 871	C30	-282	6	-165	13 501	38
15	42x123	3 155	C30	-2 788	33	552	-15 044	56
16	42x123	3 155	C30	2 807	33	-548	-15 027	56
17	42x98	4 180	C30	1 113	16	-175	-511	48
18	42x98	4 180	C30	-1 093	16	285	11 968	44

Nurjahdus- ja kiepahdustuetut sauvat.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Nurjahdus (mm)	Nurjahdus kpl	Kiepahdus (mm)	Mallinnettu (mm)	Mallinnettu kpl	$N_{cd,max}$ (N)
9	42x123	2 540	C30				357		13 922
10	42x123	2 540	C30				357		13 906
15	42x123	3 155	C30				357		15 044
16	42x123	3 155	C30				357		15 027

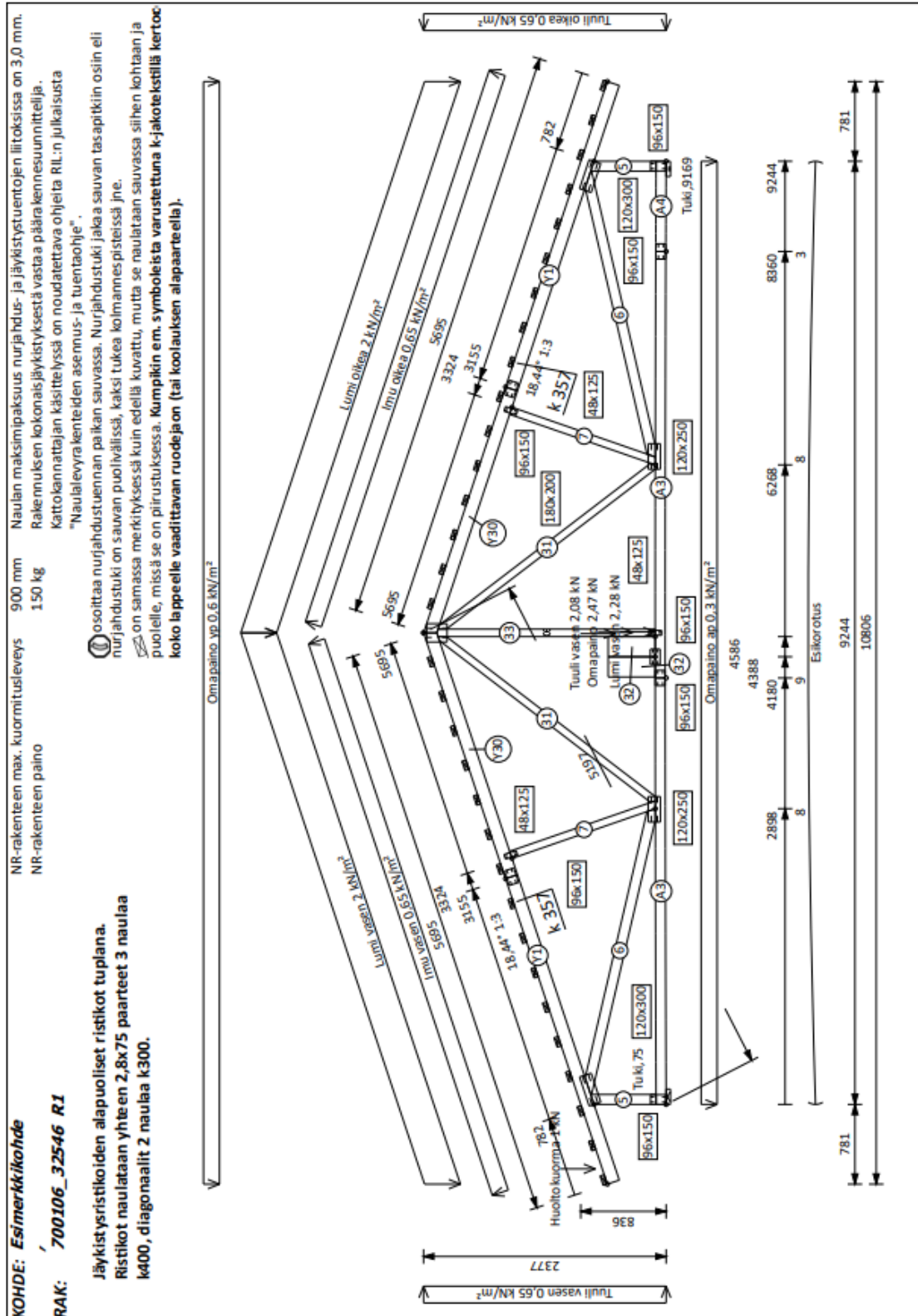
Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohde, RI

### LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määrävä liitossauma				Kiin- Nitys (%)	
			A (mm <sup>2</sup> )	F <sub>A,Ed</sub> (N)	M <sub>A,Ed</sub> (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	F <sub>Ed</sub> (N)	M <sub>Ed</sub> (Nm)	(%)		
1	LL13 96x150	17	6 754	2 840	-38		32	89	2 840	14	39	49
		3	3 361	2 839	13		37	89	2 839	-34	49	85
2	LL13 120x300	15	11 133	7 779	166	4	30	293	7 779	-352	29	94
		3	4 407	4 106	80		54	66	2 062	-5	39	70
		13	8 181	6 750	-66		36	172	6 441	10	31	43
3	LL13 96x150	9	5 358	2 496	-81		32	89	2 496	53	54	62
		15	5 361	2 496	26		23	89	2 496	-53	54	62
4	LL13 48x125	9	2 066	881	1	8	32	41	881	0	22	75
		7	1 957	882	8		21	41	882	-6	36	76
5	LL13 120x250	17	9 228	5 714	-141	7	28	243	5 714	4	21	94
		7	3 705	1 753	-26		26	67	742	2	14	64
		13	6 349	6 742	-19		44	109	3 792	-26	32	47
		11	2 135	638	-10		18	48	608	3	12	92
6	LL13 96x150	17	5 117	6 000	-21		48	89	6 000	36	36	62
		18	5 117	6 000	8		48	89	6 000	-36	36	62
7	LL13 96x150	2	2 092	6	1	1	1	68	15	0	0	97
		1	2 091	6	-1		1	68	15	0	0	97
		18	5 145	13	0		0	143	13	0	0	97
8	LL13 48x125	18	2 070	74	0	2	4	41	14	-2	4	75
		8	1 956	74	-1		3	41	14	1	4	75
9	LL13 180x200	10	7 745	3 312	-177	5	36	87	2 060	11	31	55
		9	7 741	3 321	177	4	36	87	2 061	-11	31	55
		11	2 793	656	-9		12	81	506	3	5	79
		12	2 793	749	9		13	81	565	-3	6	79
		8	5 061	1 558	-9		13	81	703	0	8	49
10	LL13 120x250	6	3 705	1 754	27		26	67	749	-2	14	64
		14	6 349	6 750	21		44	109	3 805	26	32	47
		12	2 135	732	10		19	48	662	-3	13	92
		18	9 228	5 728	138	7	28	243	5 728	0	21	94
11	LL13 48x125	10	2 066	883	-1	8	32	41	871	0	22	75
		6	1 957	884	-8		21	41	884	6	36	76
12	LL13 96x150	16	5 356	2 491	-26		23	89	2 491	53	54	62
		10	5 358	2 491	81		32	89	2 491	-53	54	62
13	LL13 96x150	5	5 103	524	-19		8	89	282	16	6	62
		18	5 104	362	-13		7	89	281	-16	6	62
14	LL13 120x300	16	11 126	7 770	-168	4	30	293	7 770	354	29	94
		4	4 406	4 099	-79		54	66	2 045	5	38	70
		14	8 190	6 757	66		36	172	6 448	-10	31	43
15	LL13 96x150	5	6 755	2 837	30		32	89	2 837	-6	35	49
		4	3 361	2 837	-6		36	89	2 837	26	45	85

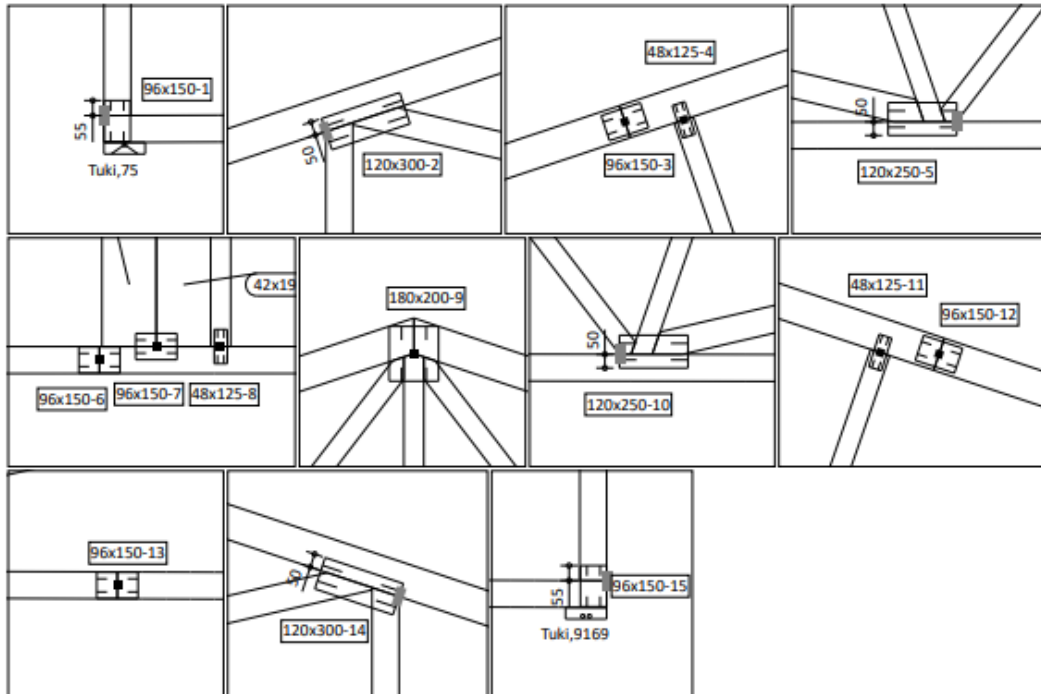
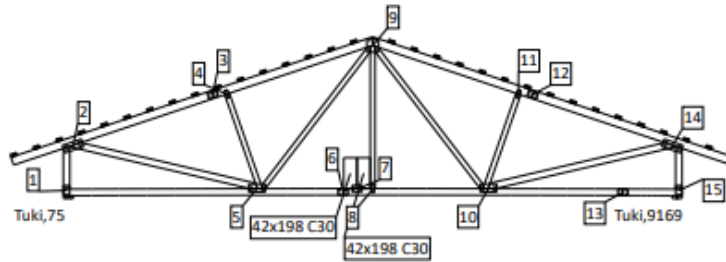


**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-R1**


**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpäätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli päikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä nelion kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen.

Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.

**Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.**





Muoto	Päiväys	Takaisin	Seivitys
Kaupunginosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Ro	Viranomaisen merkintä
Rakennustyyppi			Puolustus
Uudisrakennus			Rakennepiirustus
Rakennuskohde			Sisä
Esimerkkikohde			Laskelmat
			S1
			1:45
Yhtiö			Suunnittelija
Jukkatalo Oy			Pln. n:o
Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä			Muoto
Päiväys		Suunnittelija	Inspecta Sertifiointi Oy:n hyväksymä vastaava NR-suunnittelija
29/10/2020		Jutta Lohi	

## RAKENNELASKELMAT

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifiointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritusasteilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmassa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifiointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)

• naulalevylausunto:

Naulalevyt	Naulalevylausunto	Voimassa
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyyks- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevylitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

## MUODONMUUTOKSET

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 9,8 mm.

Yläpaarten kokonaistaipuma 19,7 mm (sallittu 45,5 mm).

Alapaarten kokonaistaipuma 18,8 mm (sallittu 45,5 mm).

Alapaarten hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarten lopputaipuma 18,8 mm (sallittu 30,3 mm).

## TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET

Tukien laskentatulokset puristukselle. (☐☐☐ = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys (mm)	Materiaali	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
				Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	150	C24	22,2	Keskipitkä	Lumi	☐☐☐ 75 % / OK	76 % / OK
Tuki	150	C24	22,3	Keskipitkä	Lumi	☐☐☐ 61 % / OK	76 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto		Leikkaus		Momentti	
	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	M <sub>d</sub> (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	0,0		20,4	Keskipitkä Lumi	0,0	
Tuki	0,0		-20,4	Keskipitkä Lumi	0,0	

**KUORMITUSTIEDOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	900 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Kyllä

**KUORMAT:**

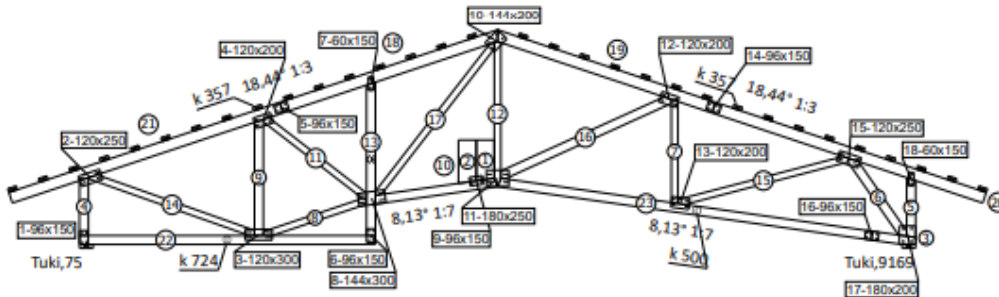
Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	2,50 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Tuuli	He	0,65 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,60 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,30 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Py	Omapaino	1,35*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino)
2	MRT	Ke	Lumi	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Lumi vasen + 1,5*Lumi oikea + 1,5*Lumi vasen)
3	MRT	Ke	Lumi vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Lumi vasen + 0,75*Lumi oikea + 1,5*Lumi vasen)
4	MRT	Ke	Lumi oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,75*Lumi vasen + 1,5*Lumi oikea + 0,75*Lumi vasen)
5	MRT	He	Tuulen imu	0,9*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Imu vasen + 1,5*Imu oikea)
6	MRT	He	Vaakatuuli vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,5*Tuuli vasen + 1,5*Tuuli vasen) + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
7	MRT	He	Vaakatuuli oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + 1,5*Tuuli oikea + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
8	MRT	Ly	Huoltokuorma katolla	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + 1,5*Huoltokuorma
9	MRT	Ke	Hyöty	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
10	MRT	Ke	Hyöty vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (1,05*Lumi vasen + 0,52*Lumi oikea + 1,05*Lumi vasen)
11	MRT	Ke	Hyöty oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,52*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea + 0,52*Lumi vasen)
12	KRT	Ke	KRT lumi	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (Lumi vasen + Lumi oikea + Lumi vasen)
13	KRT	Ke	KRT lumi vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (Lumi vasen + 0,5*Lumi oikea + Lumi vasen)
14	KRT	Ke	KRT lumi oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,5*Lumi vasen + Lumi oikea + 0,5*Lumi vasen)
15	KRT	He	KRT tuuli vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (Tuuli vasen + Tuuli vasen) + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
16	KRT	He	KRT tuuli oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + Tuuli oikea + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
17	KRT	Ke	KRT hyöty	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
18	KRT	Ke	KRT hyöty vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,7*Lumi vasen + 0,35*Lumi oikea + 0,7*Lumi vasen)
19	KRT	Ke	KRT hyöty oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap + Omapaino) + (0,35*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea + 0,35*Lumi vasen)

STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	$Q_d$ (N)	$Q_d$ (%)	$M_d$ (Nm)	$N_d$ (N)	$M_d$ & $N_d$ (%)
1	42x198	452	C30	-2 613	19	-123	225	3
2	42x198	480	C30	0	0	0	-21	0
3	42x98	493	C30	503	10	139	-16 862	55
4	42x98	641	C30	531	8	318	-21 249	59
5	42x98	661	C30	-157	3	64	-6 204	16
6	42x98	1 069	C30	-828	12	160	-20 982	84
7	42x73	1 154	C30	15	0	-38	-6 614	44
8	42x73	1 210	C30	-109	2	79	20 966	61
9	42x98	1 286	C30	93	1	84	-14 140	83
10	42x98	1 365	C30	-605	9	-132	30 424	68
11	42x73	1 442	C30	31	1	-33	10 397	29
12	42x73	1 605	C30	29	1	41	13 835	39
13	42x98	1 699	C30	-1 235	18	-722	428	54
14	42x73	1 945	C30	-102	2	61	22 176	61
15	42x73	1 958	C30	135	3	-168	18 343	65
16	42x98	2 077	C30	-109	2	123	-3 773	65
17	42x73	2 141	C30	19	0	-23	-1 176	28
18	42x123	2 540	C30	1 900	22	568	-31 218	73
19	42x123	2 540	C30	2 682	32	747	-31 781	87
20	42x123	3 155	C30	2 794	33	-1 084	-26 380	96
21	42x123	3 155	C30	-4 863	57	1 184	-23 853	96
22	42x98	3 271	C30	-873	13	603	-19 752	87
23	42x98	4 173	C30	-551	8	276	30 232	78

Nurjahdus- ja kiepahdustuettut sauvat.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Nurjahdus (mm) kpl	Kiepahdus (mm)	Mallinnettu (mm) kpl	$N_{ed,max}$ (N)
3	42x98	493	C30	500			
18	42x123	2 540	C30			357	32 659
19	42x123	2 540	C30			357	32 760
20	42x123	3 155	C30			357	32 660
21	42x123	3 155	C30			357	32 369
22	42x98	3 271	C30	724			
23	42x98	4 173	C30	500			

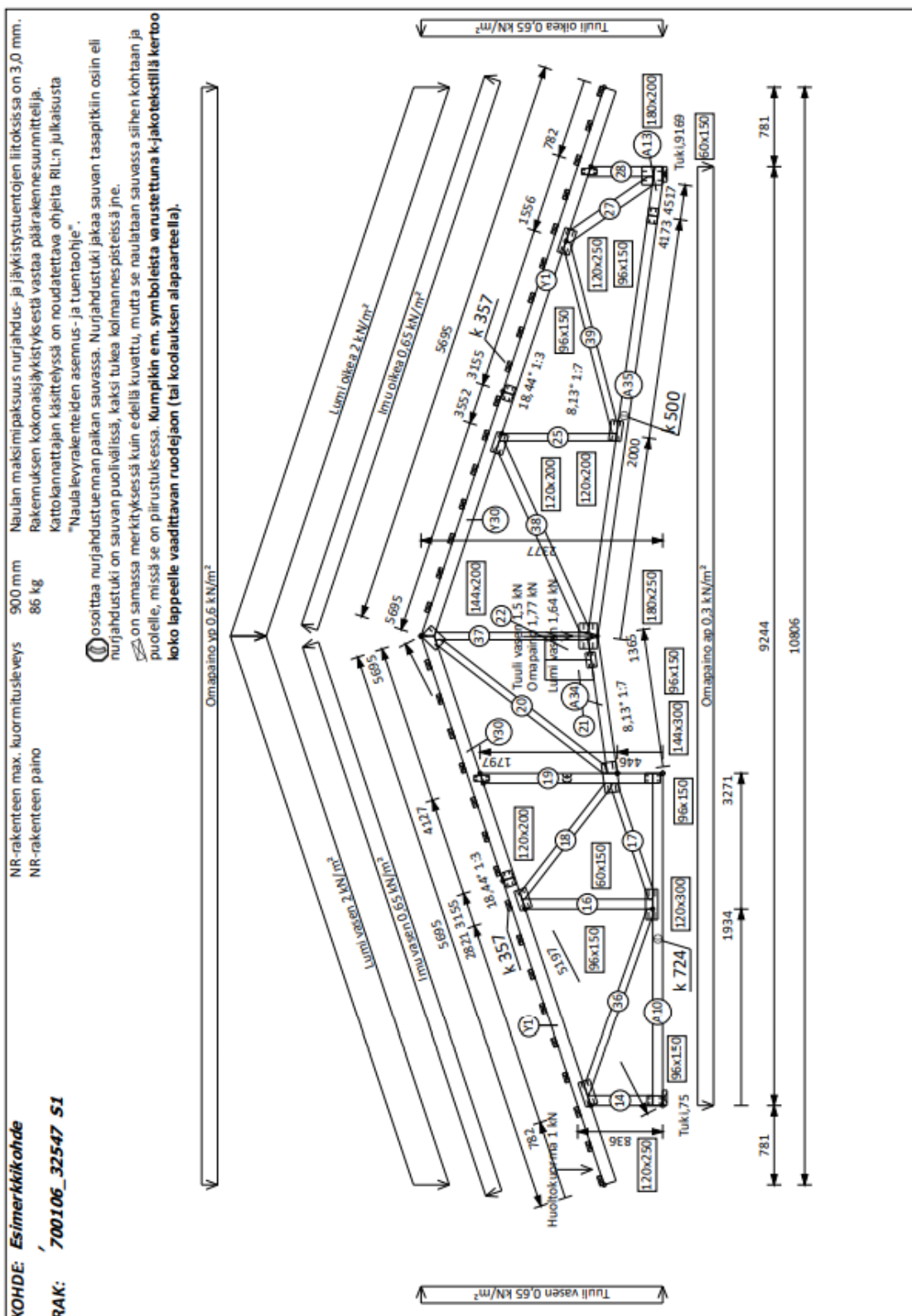
Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, 51

## LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määrävä liitossauma				Kiinnitys (%)	
			A (mm <sup>2</sup> )	F <sub>A,Ed</sub> (N)	M <sub>A,Ed</sub> (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	F <sub>Ed</sub> (N)	M <sub>Ed</sub> (Nm)	(%)		
1	LL13 96x150	22	6 740	5 524	-25	62	89	5 452	16	69	49	
		4	3 377	5 451	31	70	89	5 451	-16	69	85	
2	LL13 120x250	21	9 235	12 520	244	7	58	243	12 520	-544	59	
		4	4 407	7 766	60	87	96	5 085	18	58	70	
		14	5 494	11 263	-31	87	101	10 035	22	81	46	
3	LL13 120x300	22	11 134	9 943	-156	8	37	293	9 943	-83	31	
		9	4 858	7 007	14	89	63	2 066	-1	37	67	
		14	4 874	11 258	-3	96	57	6 951	-19	80	51	
		8	4 397	10 483	19	99	44	4 387	6	71	56	
4	LL13 120x200	21	7 328	5 171	166	12	34	193	5 171	-290	39	
		9	4 413	4 893	-27	53	96	3 694	31	49	69	
		11	4 047	5 206	-11	55	64	3 893	6	44	59	
5	LL13 96x150	18	5 358	4 578	-5	36	89	6 100	27	82	62	
		21	5 361	4 478	46	38	89	6 101	-27	82	62	
6	LL13 96x150	13	5 117	992	-7	14	89	992	43	23	62	
		22	5 179	992	79	5	26	89	992	-43	23	62
7	LL13 60x150	13	3 134	1 220	-3	19	56	1 194	-15	45	63	
		18	3 257	1 220	-24	7	28	56	1 194	8	36	66
8	LL13 144x300	13	12 178	2 475	-184	5	19	138	2 255	36	19	49
		17	2 504	1 985	0	34	67	1 395	-4	17	85	
		10	8 435	15 209	66	1	74	99	6 168	-98	86	41
		8	4 461	10 486	-18	97	44	3 372	10	80	55	
		11	3 406	5 198	26	66	66	3 209	-2	38	68	
9	LL13 96x150	2	2 211	12	1	1	68	20	0	1	99	
		1	1 979	1 432	10	55	68	804	5	13	99	
		10	5 148	1 431	58	1	17	143	1 431	-25	10	97
10	LL13 144x200	19	5 987	8 219	-100	72	120	5 647	-18	70	65	
		18	7 909	8 442	21	26	48	119	4 779	20	58	51
		17	2 334	1 999	3	35	68	1 081	0	20	90	
		12	3 406	6 918	-9	86	92	3 326	26	50	68	
11	LL13 180x250	12	7 939	4 657	-9	36	98	1 284	1	16	33	
		1	6 088	1 435	-55	41	81	850	3	10	49	
		23	6 736	15 163	47	2	93	90	10 473	-72	91	48
		10	6 677	13 814	-92	3	88	91	10 009	76	91	48
		16	5 890	1 897	-29	16	47	1 023	2	23	57	
12	LL13 120x200	19	7 316	1 752	-45	15	17	193	1 895	67	16	94
		7	2 946	1 880	13	33	70	1 277	-7	22	72	
		16	6 119	1 506	-42	15	85	1 191	8	16	55	
13	LL13 120x200	7	3 134	3 308	30	61	67	2 640	-20	55	70	
		15	5 944	9 172	84	67	78	5 948	-4	65	43	
		23	7 333	8 908	52	13	51	193	8 908	162	44	94
14	LL13 96x150	20	5 356	4 477	65	41	89	6 073	-32	84	62	
		19	5 358	4 767	-4	38	89	6 073	32	84	62	
15	LL13 120x250	20	9 234	16 120	253	10	73	243	16 120	134	60	94
		15	5 317	9 176	45	74	72	6 028	-5	69	47	
		6	6 105	9 870	12	72	41	3 338	3	89	56	
16	LL13 96x150	23	5 115	6 179	24	51	89	1 868	-30	36	62	
		3	5 115	6 179	-43	52	89	1 868	30	36	62	
17	LL13 180x200	5	8 986	1 609	24	2	9	92	885	4	12	39
		6	5 678	8 169	77	78	55	4 351	10	85	54	
		3	12 301	9 387	415	1	57	175	9 387	-78	65	57
18	LL13 60x150	20	3 262	1 786	15	37	56	1 592	11	49	66	
		5	3 129	1 787	16	29	56	1 787	6	45	63	

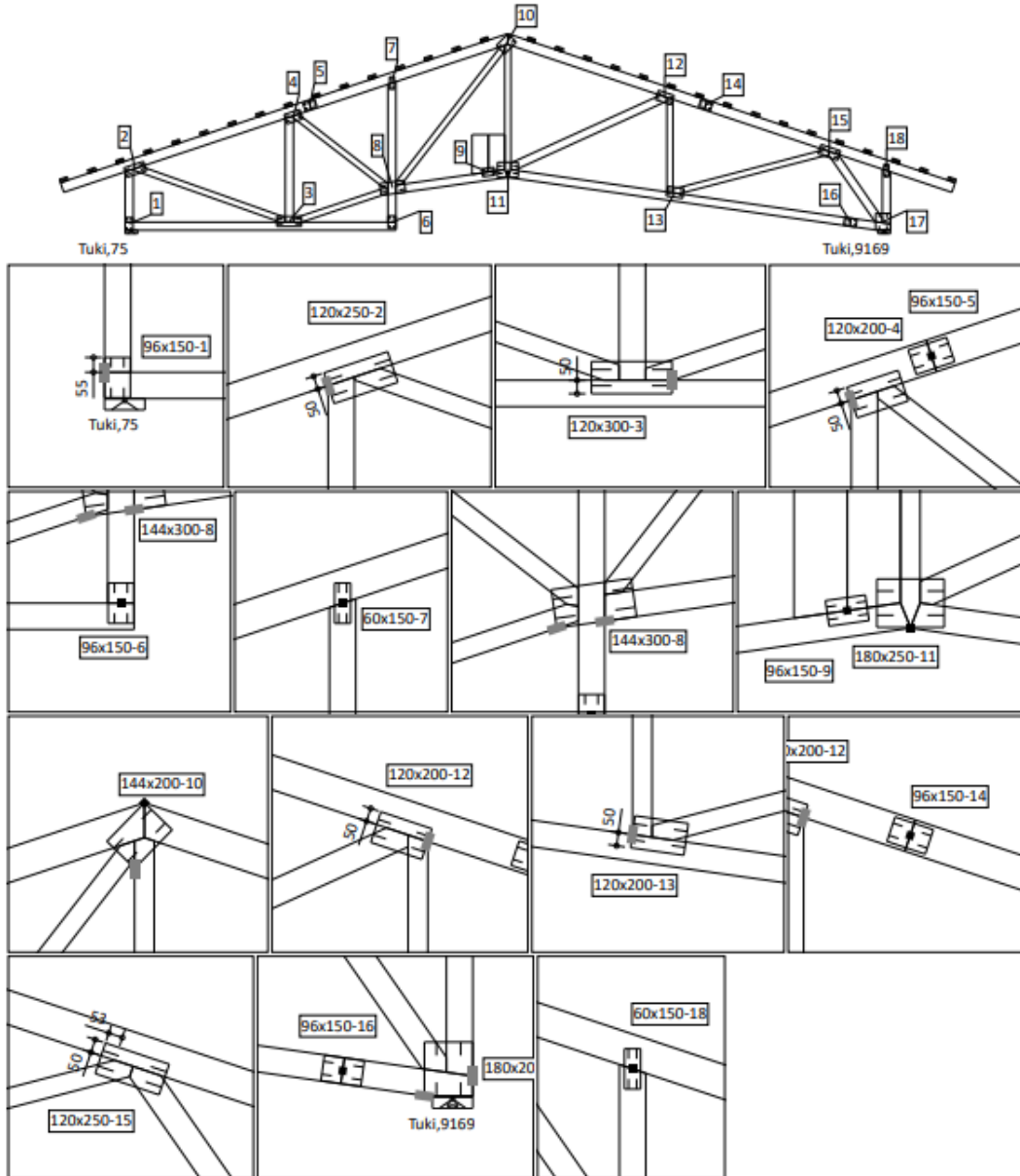


**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-S1**

**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä neliön kohdalla olevaan sauvaan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen.

Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvaan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.

**Naulalevyn sijoitustolerassi on 7 mm.**



Muoto	Päivä	Tekijä	Selitys
Rakennuskohte	Korttelin	Korttelin	Varustuksen merkitys
Rakennusmenetelmä			Julkaisu no
Uudisrakennus			Rakennepiirustus
Rakennuskohde			Mittakaava
Esimerkkikohde			Laskelmat S2 5 kpl 1:45
Tilite			Maasto
Jukkatalo Oy Leiviskäntie 2 92930 Pyhäntä			Pln. no
	<b>JUKKA</b> ASUMISEN EDELLÄKÄYTIÄ V. 2008		<b>RAK</b> Rakennus 700106-S2
Päivä		Suorittaja	Inspecta Sertifiointi Oy:n hyväksymä vastaava NR-suunnittelija
29/10/2020	<i>Jutta Lohi</i>	Jutta Lohi	



**RAKENNELASKELMAT**

NR-suunnittelussa on käytetty tietokoneohjelmaa *3DTrussme 4*.

Inspecta Sertifointi Oy on Thursday, 1 June 2017 tarkastanut ja hyväksynyt tämän suunnitteluohjelman naulalevyrakenteiden suunnitteluun.

Käytetyt yksiköt: normaali- ja leikkausvoima N, momentti Nm. Laskenta on tehty kehäteoriaa käyttäen, vastaa *Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014 Sovellusohjeen* kohdan 4.3 mukaista tarkennetun mallin menetelmää. Liitosten epäkeskisyydet ja siirtymä- sekä kiertymäjäykkyydet huomioidaan laskennassa.

Mitoitus seuraavien standardien ja ohjeiden mukaan:

- lähtöarvot materiaaliominaisuuksille laskelmissa: lujuuslajiteltu sahatavara standardin EN 338, liimapuu standardin EN 14080 ja kertopuu suoritustasoilmoituksen (DoP) mukaan. Naulalevyt suunnitelmissa olevien levytyyppien DoP:n mukaan.
- standardit EN 1991 (rakenteiden kuormat) ja EN 1990 (rakenteiden suunnitteluperusteet) sekä näihin liittyvät voimassaolevat Suomen kansalliset liitteet NA
- standardi EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008+A2:2014 Suomen kansalliset liitteet NA
- Naulalevyrakenteiden suunnittelu, Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008+A2:2014, Sovellusohje Inspecta Sertifointi Oy 1.2.2017 (sisältäen RakMK B: Puurakenteet – Ohjeet 2016)
- naulalevylausunto:

Naulalevyt	Naulalevylausunto	Voimassa
LL13	VTT-S-02366-17	31/05/2022

Laskennassa käytettävät osavarmuusluvut materiaalin jäykkyy- ja kestävyysominaisuuksille:

Sahatavara yleensä	1,3
Liimapuu	1,25
LVL	1,2
Naulalevylitokset: -tartuntalujuus	1,25
-levyn lujuus (teräs)	1,1
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

**MUODONMUUTOKSET**

Esikorotus rakennepiirustuksen mukaan 0 mm.

Suurin vaakasiirtymä tuella 7,8 mm.

Yläpaarten kokonaistaipuma 16,6 mm (sallittu 45,5 mm).



Alapaarten kokonaistaipuma 15,1 mm (sallittu 45,5 mm).

Alapaarten hetkellinen taipuma - mm (sallittu - mm).

Alapaarten lopputaipuma 15,1 mm (sallittu 30,3 mm).

**TUET; TUKIREAKTIOT, KÄYTTÖASTEET**

Tukien laskentatulokset puristukselle. (  = tukialue vahvistettu naulalevyllä)

ID	Leveys (mm)	Materiaali	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		Kapasiteetti / Vaadittu leveys	
				Lyhin aikaluokka	Nimi	Sauva	Tuki
Tuki	115	C24	4,7	Keskipitkä	Lumi	 29 % / OK	20 % / OK
Tuki	150	C24	20,4	Keskipitkä	Lumi	 68 % / OK	69 % / OK
Tuki	150	C24	20,1	Keskipitkä	Lumi	 55 % / OK	68 % / OK

Ei-puristaviin maksimirasitukset.

ID	Veto			Leikkaus		Momentti	
	F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä		F <sub>d</sub> (kN)	Kuormitusyhdistelmä	M <sub>d</sub> (kNm)	Kuormitusyhdistelmä
Tuki	0,6	Hetkellinen	Tuulen imu	0,0		0,0	
Tuki	0,3	Hetkellinen	Tuulen imu	16,8	Keskipitkä Lumi	0,0	
Tuki	0,5	Hetkellinen	Tuulen imu	-16,9	Keskipitkä Lumi	0,0	

Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, S2

**KUORMITUSTIEDOT**

Seuraamus-/toteutusluokka	CC2/TL2
Käyttöluokka	2
Suunniteltu käyttöikä	≤ 50 v
Kattokannattajien max. kuormitusleveys	900 mm
Naulalevyjen sijoitustoleranssi	7 mm
Räystäällä lumieste	Kyllä

**KUORMAT:**

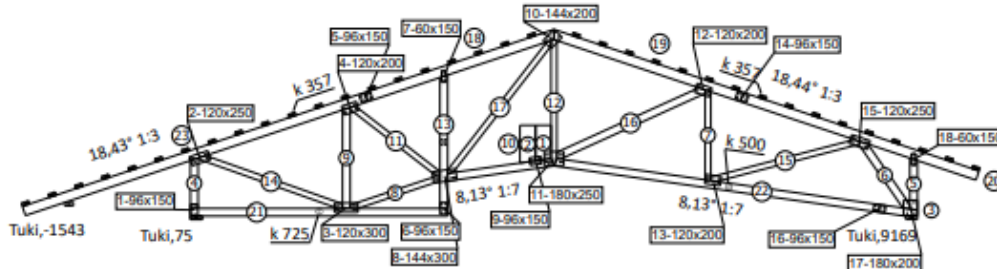
Kuorman tyyppi ja aikaluokka		Ominaisarvo	Kuormitusleveys
Lumi maassa	Ke	2,50 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Tuuli	He	0,65 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino yläpaarteella	Py	0,60 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Omapaino alapaarteella	Py	0,30 kN/m <sup>2</sup>	900 mm
Hyötykuorma alapaarteella	Ke	- kN/m <sup>2</sup>	- mm

**KUORMITUSYHDISTELMÄT:**

Aikaluokat: Py=pysyvä, Pi=pitkäaikainen, Ke=keskipitkä, Ly=lyhytaikainen ja He=hetkellinen.  
Lumikuormien kertoimissa ei ole mukana muotokerrointa μ.

#	Rajatila	Aikal.	Nimi	Kuormitusyhdistelmä
1	MRT	Py	Omapaino	1,35*(Omapaino yp + Omapaino ap)
2	MRT	Ke	Lumi	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (1,5*Lumi vasen + 1,5*Lumi oikea)
3	MRT	Ke	Lumi vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (1,5*Lumi vasen + 0,75*Lumi oikea)
4	MRT	Ke	Lumi oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (0,75*Lumi vasen + 1,5*Lumi oikea)
5	MRT	He	Tuulen imu	0,9*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (1,5*Imu vasen + 1,5*Imu oikea)
6	MRT	He	Vaakatuuli vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + 1,5*Tuuli vasen + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea)
7	MRT	He	Vaakatuuli oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + 1,5*Tuuli oikea + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea)
8	MRT	Ly	Huoltokuorma katolla	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + 1,5*Huoltokuorma
9	MRT	Ke	Hyöty	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (1,05*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea)
10	MRT	Ke	Hyöty vasen	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (1,05*Lumi vasen + 0,52*Lumi oikea)
11	MRT	Ke	Hyöty oikea	1,15*(Omapaino yp + Omapaino ap) + (0,52*Lumi vasen + 1,05*Lumi oikea)
12	KRT	Ke	KRT lumi	(Omapaino yp + Omapaino ap) + (Lumi vasen + Lumi oikea)
13	KRT	Ke	KRT lumi vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap) + (Lumi vasen + 0,5*Lumi oikea)
14	KRT	Ke	KRT lumi oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap) + (0,5*Lumi vasen + Lumi oikea)
15	KRT	He	KRT tuuli vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap) + Tuuli vasen + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea)
16	KRT	He	KRT tuuli oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap) + Tuuli oikea + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea)
17	KRT	Ke	KRT hyöty	(Omapaino yp + Omapaino ap) + (0,7*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea)
18	KRT	Ke	KRT hyöty vasen	(Omapaino yp + Omapaino ap) + (0,7*Lumi vasen + 0,35*Lumi oikea)
19	KRT	Ke	KRT hyöty oikea	(Omapaino yp + Omapaino ap) + (0,35*Lumi vasen + 0,7*Lumi oikea)

STAATTINEN MALLI JA PUUMITOITUS



Puuosien laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Q <sub>d</sub> (N)	Q <sub>d</sub> (%)	M <sub>d</sub> (Nm)	N <sub>d</sub> (N)	M <sub>d</sub> & N <sub>d</sub> (%)
1	42x198	452	C30	-2 073	15	-97	191	2
2	42x198	480	C30	0	0	0	0	0
3	42x98	493	C30	486	10	129	-13 823	47
4	42x98	641	C30	615	9	383	-18 929	60
5	42x98	661	C30	-142	3	50	-5 981	14
6	42x98	1 069	C30	-688	10	145	-18 261	73
7	42x73	1 154	C30	14	0	-35	-5 360	36
8	42x73	1 210	C30	-95	2	67	17 830	51
9	42x98	1 286	C30	72	1	64	-11 974	70
10	42x98	1 365	C30	-446	7	-116	23 992	54
11	42x73	1 442	C30	-35	1	-27	7 920	23
12	42x73	1 605	C30	-37	1	31	8 557	25
13	42x98	1 699	C30	-1 076	16	-629	402	47
14	42x73	1 945	C30	-24	1	65	19 200	55
15	42x73	1 958	C30	113	2	-143	15 183	55
16	42x98	2 077	C30	-120	2	130	-4 828	82
17	42x73	2 141	C30	21	0	-24	5 361	16
18	42x123	2 540	C30	1 909	23	561	-25 689	65
19	42x123	2 540	C30	2 709	32	762	-25 068	77
20	42x123	3 155	C30	2 625	31	-991	-22 694	84
21	42x98	3 271	C30	-805	12	551	-16 152	75
22	42x98	4 173	C30	377	7	240	25 545	67
23	42x123	4 583	C30	-4 512	53	1 179	-20 674	91

Nurjahdus- ja kiepahdustuetut sauvat.

Sauva #	Koko (mm x mm)	Pituus (mm)	Lujuus luokka	Nurjahdus		Kiepahdus	Mallinnettu		
				(mm)	kpl	(mm)	(mm)	kpl	N <sub>cd,max</sub> (N)
3	42x98	493	C30	500					
18	42x123	2 540	C30				357		27 130
19	42x123	2 540	C30				357		26 134
20	42x123	3 155	C30				357		27 737
21	42x98	3 271	C30	725					
22	42x98	4 173	C30	500					
23	42x123	4 583	C30				357		26 899

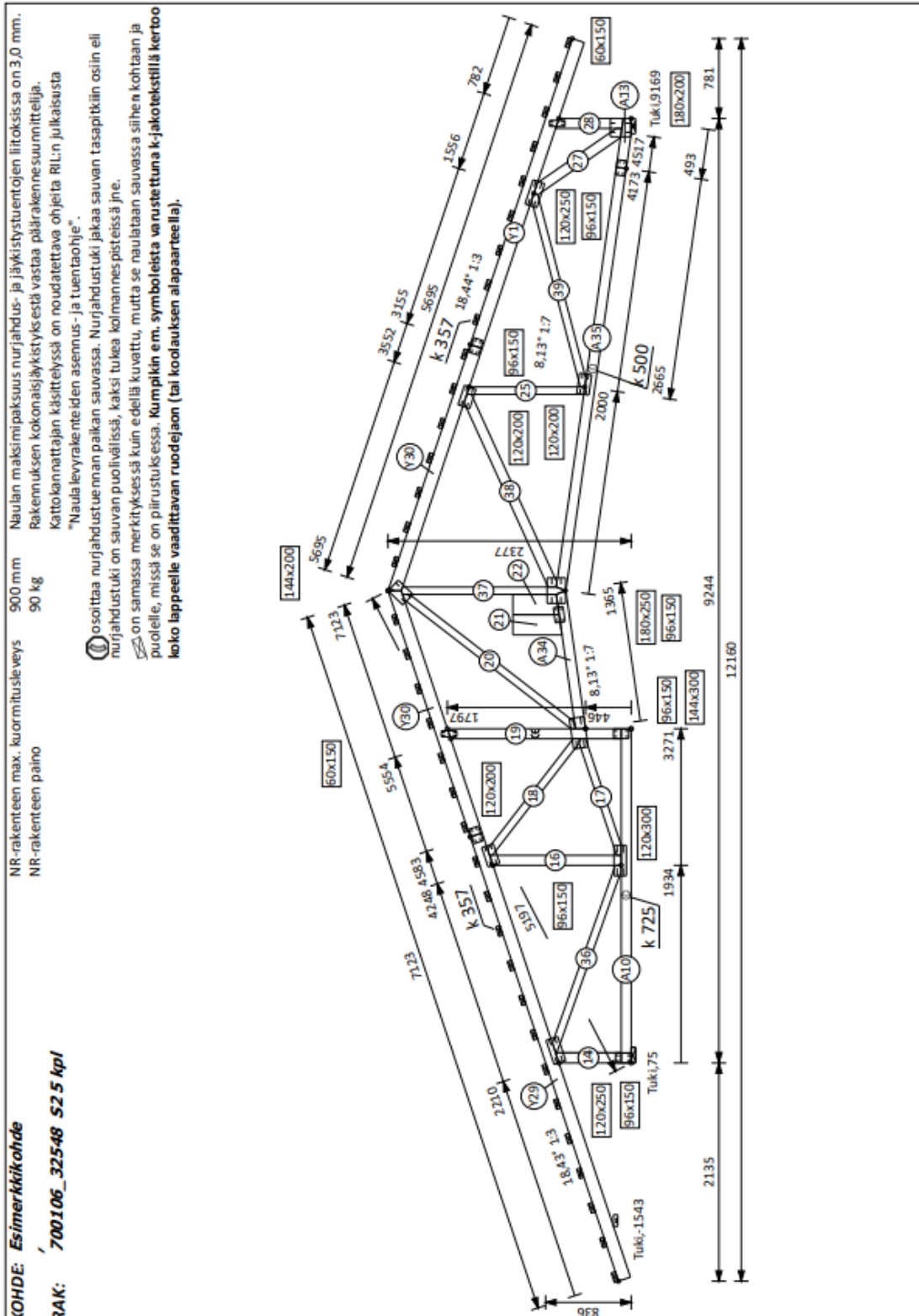
Rakennelaskelmat  
Esimerkkikohte, S2

### LIITOSMITOITUS, NAULALEVYT

Vasemmanpuoleisen sarakkeen numerointi viittaa edellisen sivun piirustuksen naulalevynumeroon. Myös puunumerot löytyvät edellisen sivun piirustuksessa. Käytetyt yksiköt näkyvät viivan yläpuolella suluissa. "Halkeama"-sarakeessa ilmoitetaan mahdollisen syitä vastaan kohtisuoran vedon käyttöaste ja "Kiinnitys"-sarakeessa levyn kiinnityspituuden käyttöaste.

Naulalevyjen laskentatulokset murtorajatilassa. Maksimiarvot kaikista kuormitustapauksista.

#	Naulalevy	Sauva	Tartunta-ala				Määräva liitossauma				Kiin- Nitys (%)	
			A (mm <sup>2</sup> )	F <sub>A,td</sub> (N)	M <sub>A,td</sub> (Nm)	Halkeama (%)	l (mm)	F <sub>Ed</sub> (N)	M <sub>Ed</sub> (Nm)	(%)		
1	LL13 96x150	21	6 740	4 900	-21	4	55	89	4 753	18	62	49
		4	3 377	4 840				89	4 752	-18	62	85
2	LL13 120x250	23	9 235	10 883		12	50	243	10 883	-477	51	93
		4	4 407	6 791	102		84	66	3 099	-4	57	70
		14	5 493	9 603	-37		74	101	8 669	15	69	46
3	LL13 120x300	21	11 134	8 188	-138	8	31	293	8 188	-64	25	94
		9	4 858	5 964	11		76	63	1 752	-1	32	67
		14	4 874	9 595	-14		82	57	5 921	-16	68	51
		8	4 397	8 915	16		84	44	3 728	5	60	56
4	LL13 120x200	23	7 330	4 128	132	10	27	193	4 128	-231	31	94
		9	4 412	3 822	-31		43	96	2 932	26	39	69
		11	4 046	3 967	-15		42	64	3 053	7	36	59
5	LL13 96x150	18	5 358	4 493	-4		36	89	5 040	29	71	62
		23	5 355	4 190	63		39	89	5 040	-29	71	62
6	LL13 96x150	13	5 117	867	-6		13	89	867	37	20	62
		21	5 179	867	69	5	23	89	867	-37	20	62
7	LL13 60x150	13	3 134	1 204	-5		19	56	1 179	-12	41	63
		18	3 257	1 203	-20	7	27	56	1 178	6	32	66
8	LL13 144x300	13	12 178	2 395	-173	4	18	138	2 170	33	19	49
		17	2 504	2 680	-2		45	67	1 849	-5	22	85
		10	8 435	11 993	57	1	59	99	4 853	-78	68	41
		8	4 461	8 918	-17		83	44	2 845	9	67	55
		11	3 406	3 960	19		50	66	2 430	-1	29	68
9	LL13 96x150	2	2 211	12	1		1	68	20	0	1	99
		1	1 979	1 137	8	44	44	68	638	4	10	99
		10	5 148	1 136	46	2	13	143	1 136	-20	8	97
10	LL13 144x200	19	5 987	6 080	-113		56	120	4 045	15	51	65
		18	7 909	6 886	64	16	40	119	3 694	7	42	51
		17	2 334	2 694	4		48	68	1 460	-1	27	90
		12	3 406	4 291	-4		53	92	2 051	15	31	68
11	LL13 180x250	12	7 939	4 277	-16		34	98	1 192	1	15	33
		1	6 088	1 139	-43	33	33	81	665	2	8	49
		22	6 736	12 819	21	2	79	90	8 711	-57	75	48
		10	6 677	10 893	-72	3	70	91	7 884	60	72	48
		16	5 890	2 424	-36		20	47	1 280	2	28	57
12	LL13 120x200	19	7 316	2 020	-48	14	19	193	1 597	51	14	94
		7	2 946	1 522	8		26	70	999	-5	17	72
		16	6 119	1 929	-49		19	85	1 481	9	19	55
13	LL13 120x200	7	3 134	2 680	27		50	67	2 164	-16	45	70
		15	5 944	7 592	72		56	78	4 942	-4	54	43
		22	7 333	7 368	43	13	42	193	7 368	134	36	94
14	LL13 96x150	20	5 356	4 673	66		43	89	4 981	-31	71	62
		19	5 358	4 673	-1		39	89	4 981	31	71	62
15	LL13 120x250	20	9 234	13 710	234	6	63	243	13 710	95	51	94
		15	5 317	7 596	37		61	72	4 998	-4	57	47
		6	6 105	8 488	5		63	41	2 943	2	79	56
16	LL13 96x150	22	5 115	5 449	17		45	89	1 421	-26	29	62
		3	5 115	5 449	-35		46	89	1 421	26	29	62
17	LL13 180x200	5	8 986	1 548	22	2	8	92	857	4	12	39
		6	5 678	7 115	64		68	55	3 837	9	75	54
		3	12 301	8 283	373	6	51	175	8 283	-77	58	57
18	LL13 60x150	20	3 262	1 715	11	8	35	56	1 561	13	51	66
		5	3 129	1 716	18		28	56	1 716	2	39	63



**LIITOSDETALJIT 1:20 Esimerkkikohde RAK: 700106-S2**

**Naulalevyjen kohdistuksesta ja suunnasta:** Vastakkaisilta sivuilta lähtevät viivanpätkät osoittavat naulalevyn pääsuunnan eli piikkien työstösuunnan. Musta neliö levyn kohdistuspisteessä (keskipiste, kulmat tai sivujen keskipisteet) tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä pisteestä neliön kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai sahauksen keskipisteeseen.



Harmaa suorakaide levyn reunalla tai kulmassa tarkoittaa, että levy on sidottu kyseisestä kohdasta suorakaiteen kohdalla olevaan sauvan kulmaan tai reunaan. Suorakaiteen pidemmän sivun suunta osoittaa, mihin suuntaan levy on sidottu. Yhdessä levyssä voi olla useampi suorakaide sitomassa levyn paikka yksikäsitteisesti. Jos levyä ei voi sitoa yksikäsitteisesti, puuttuva suunta tai suunnat ilmoitetaan mittaluvuin.



**Naulalevyn sijoitustoleranssi on 7 mm.**

