

Petteri Tiipiö

Puurakenteisen hallin kokonaisjäykistys

Excel-laskentapohja puurakenteisen hallin kokonaisjäykistykseen laskentaan

Opinnäytetyö

Syksy 2018

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Petteri Tiipiö

Työn nimi: Puurakenteisen hallin kokonaisjäykistys

Ohjaaja: Petri Koistinen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 118

Liitteiden lukumäärä: 8

Opinnäytetyössä käsitellään tolpparunkoisen puuelementtihadin kokonaisjäykistystä. Työn tavoitteena oli luoda Excel-pohjainen taulukkomitoitusohjelma, jolla pystyttäisiin mahdollisimman nopeasti ja tarkasti mitoittamaan rakennuksen jäykistys. Laskentaohjelmalla pyritään parantamaan yrityksen omaa suunnittelukapasiteettia.

Opinnäytetyössä käydään läpi puuelementtihadien jäykistyksen kannalta oleelliset kuormat ja kuormitustilanteet sekä käydään läpi kaavastot ja säännöt joiden mukaisesti rakennuksen kokonaisjäykistys voidaan mitoittaa.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli ohjelma, jolla voidaan mitoittaa ristikoiden tuenta ja vesikattotason jäykistys, yläpohjan jäykistys, seinien jäykistys ja jäykistävien seinien liitokset perustuksiin. Ohjelmasta löytyy eri variaatiot jäykisteiden toteuttamiseen sekä kylmään että eristettyyn rakennukseen.

Avainsanat: kattoristikko, seinät, yläpohja, kuorma, liitos

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Petteri Tiipiö

Title of thesis: Total bracing of a wooden building

Supervisor: Petri Koistinen

Year: 2018 Number of pages: 118 Number of appendices: 8

The thesis dealt with the total bracing of a post frame building. The main goal was to develop a spreadsheet computation programme for a fast and precise design. The spreadsheet computation programme would improve the design capacity of Veistämö M. Kortnesniemi Ky, a building unit manufacturer.

All relevant loads, loading situations, formulas and rules that concern the total bracing of a wooden prefabricated building are shown in the thesis.

The result of the thesis was a programme, which calculated the bracing for roof trusses and the total bracing for walls and roof. All necessary joints could be calculated with the programme. The programme contained formulas to calculate the capacity of bracing by using building slabs or board bracing.

Keywords: truss, walls, flat roof, load, joint

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	10
1 JOHDANTO.....	11
2 KUORMAT.....	13
2.1 Oma paino.....	13
2.2 Lumikuorma.....	14
2.3 Tuulikuorma.....	19
2.3.1 Maastoluokat.....	20
2.3.2 Puuskanopeuspaine.....	22
2.3.3 Kokonaistuulivoiman laskenta voimakertoimen avulla.....	23
2.4 Kuormakertoimet.....	25
2.4.1 Seuraamusluokat ja kuormakerroin K_{FI}	26
2.4.2 Käyttöiän vaikutus kuormiin.....	26
2.5 Kestävyyden mitoitusarvon kertoimet puurakenteissa.....	26
3 NR-KATTORAKENTEEN KOKONAISJÄYKISTYS.....	28
3.1 Kuormitukset.....	28
3.1.1 Tuulikuorma.....	28
3.1.2 Ristikoiden asennusvinoudesta aiheutuvat kuormat.....	29
3.2 Yläpaarretason jäykistys ja ristikoiden tuenta.....	30
3.3 Kattorakenteen kokonaisjäykistys jäykistys- ja pukkiristikoidilla.....	30
3.3.1 NR-jäykisteristikot.....	31
3.3.2 NR-pukkiristikot.....	32
3.4 Kattorakenteen kokonaisjäykistys vinolautajäykistein.....	36
3.4.1 Vesikattotason vinolautajäykistys.....	37
3.4.2 Vinolautajäykisteiden mitoitus leikkausvoimalle.....	38
3.4.3 Vinolautajäykisteiden naulaliitosten mitoitus.....	42
3.4.4 Rakennuksen kattoristikoiden tuentalinjat.....	44

3.5 Ristikon nurjahdukselle alttiiden uumasauvojen tuenta.....	47
4 YLÄPAARTEEN NURJAHDUSTUENTA	53
4.1 Yleistä	53
4.2 Kuormitus.....	53
4.3 Ruoteiden mitoitus nurjahdustuennaksi	56
4.4 Peltikatteen kiinnitys ruoteisiin ja mitoitus tuulen imukuormitukselle	58
4.5 Ruoteiden kiinnityksestä	59
4.6 Päätyjen jäykistekenttien tuentapisteisiin sijoitettavat lisäruoteet.....	61
5 RAKENNUKSEN YLÄPOHJATASON JÄYKISTYS	63
5.1 Yläpohjatasoon vaikuttavat kuormat	63
5.1.1 Kuormitukset kun tuuli kohti rakennuksen sivuseinää.....	63
5.1.2 Kuormitukset kun tuuli kohti rakennuksen päätyseinää	64
5.1.3 Rasitukset yläpohjatason jäykisteelle.....	66
5.2 Yläpohjan jäykistys rakennuslevyillä	67
5.2.1 Levyjäykisteen yleinen mitoitusmenetelmä	69
5.2.2 Levytyksen lommahdus ja paneelileikkauskestävyys.....	76
5.2.3 Levyjäykisteen mitoitus Gyprocin ohjeen mukaan	81
5.2.4 Yläpohjan levyjäykisteeseen liittyvien rakenteiden mitoitukset.....	85
5.3 Yläpohjan jäykistäminen vinolautajäykisteillä.....	88
5.4 Vetopaarteiden mitoitus	94
5.5 Kattoristikoiden liitokset kantavien ulkoseinien päälle.....	96
6 RAKENNUKSEN ULKOSEINIEN JÄYKISTYS	98
6.1 Seinien jäykistäminen rakennuslevyillä	99
6.1.1 Kuormitukset päätyseinien levyjäykisteille	103
6.1.2 Kuormitukset sivuseinien levyjäykisteille.....	104
6.2 Seinien jäykistäminen lautajäykistein	105
6.3 Seinien ankkurointi perustuksiin ja seinäelementtien liitos alasidepuuhun	109
6.4 Jäykistävien seinälohkojen reunimmaisten pystyjen ankkurointi perustuksiin.....	111
7 LOPPUSANAT	115
LÄHTEET	116
LIITTEET	118

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Ristikkolohkon asennus	11
Kuva 2. Kiskoankkuri	112
Kuvio 1. Lumikuormakartta	15
Kuvio 2. Tuulensuojaisuuskertoimet	16
Kuvio 3. Lumen muotokertoimen määrittäminen	17
Kuvio 4. Kinostuneen lumen muotokertoimen määrittäminen	19
Kuvio 5. Maastoluokat.....	21
Kuvio 6. Kaava puuskanopeuspaineen laskemiseen	22
Kuvio 7. Rakennekertoimen $c_s c_d$ -arvoja.....	24
Kuvio 9. Tehollinen hoikkuus	25
Kuvio 9. Kattorakenteen jäykisteet.....	31
Kuvio 10. Jäykistysristikon kiinnitys	32
Kuvio 11. Esimerkki ristikkokaaviosta.	33
Kuvio 12. Kuormitusyhdistelmät.....	34
Kuvio 13. Pukkiristikossa vaikuttava kuormat	34
Kuvio 14. Ylimääräiset uumasauvat pukkiristikoiden kohdalle.	35
Kuvio 15. Ristikoiden tuentalinja.	35
Kuvio 16. Kattorakenteen jäykistysperiaate.....	36
Kuvio 17. Kuormituskaavio jäykisteelle JK.....	38

Kuvio 18. Leikkausvoimakestävyyden määrittäminen.....	41
Kuvio 19. Tasokuva esimerkkinä olevan hallin yläpohjasta.....	44
Kuvio 20. Ristikoiden tuentalinjat TJ1-TJ3.....	45
Kuvio 21. Ristikoiden tuentalinja.....	45
Kuvio 22. Jäykistelinjojen kuormitusalueet.....	46
Kuvio 23. Sivuseinän päälle tuleva tuulijäykiste.....	47
Kuvio 24. Nurjahdustuentaohje ristikkosuunnitelmassa.....	48
Kuvio 25. Esimerkki uumasauvan nurjahdustuennasta.....	50
Kuvio 26. Yläpaarten kuormituskaavio.....	54
Kuvio 27. Ruoteiden limijatkos ja jatkoslauta.....	61
Kuvio 28. Lisäruoteet.....	62
Kuvio 29. Kuormitukset vesikattotasoon rakennuksen lyhyemmässä suunnassa.....	64
Kuvio 30. Kuormitukset vesikattotasoon rakennuksen pidemmässä suunnassa.....	66
Kuvio 31. Ote laskentaohjelman levy ja kiinnikevalikoista jäykistävässä levytyksissä.....	68
Kuvio 38. Kaksitukinen jäykistävä vaakarakenne.....	71
Kuvio 33. Levytyksen kiinnitystapakertoimet.....	73
Kuvio 40. Levytyksen kiinnitystapa yläpohjajäykisteessä.....	74
Kuvio 35. Vaakarakenteen leikkausvoiman aiheuttama siirtymä.....	75
Kuvio 36. Lomahduskerroin.....	77
Kuvio 37. Levykentät lomahdustarkastelussa.....	79

Kuvio 38. Gyprocin ohjeen mukaiset kiinnitystapakertoimet erikokoisille levyille ja kiinnikejaoille.....	82
Kuvio 39. γ ja β kerrointen laskenta Gyprocin ohjeen mukaan taulukosta poikkeavissa tapauksissa.	83
Kuvio 40. Levytyksen liittymät sivu- ja päätyseiniin.....	87
Kuvio 41. Yläpohjan vinolautajäkisteet.....	89
Kuvio 42. Yläpohjan vinolautajäkisteet päädyssä.....	90
Kuvio 43. Yläpohjan jäykistelaudojen liitokset päätyseinään.	93
Kuvio 44. Yläpohjan jäykistelaudan jatkoksen naulaus.....	94
Kuvio 45. Vetovoima elementin yläsidepuussa.....	96
Kuvio 46. Kuormien jakaantuminen rakennuksen runkoon	98
Kuvio 47. Kaksiosainen jäykistysseinä.....	100
Kuvio 48. Levytyks kahdessa kerroksessa ja vaakaleikkausvoimakestävyyden laskennassa huomioitavat levyt.	103
Kuvio 49. Tuulikuorman jakaantuminen päädyn levyjäykisteille.....	104
Kuvio 50. Seinien vinolautajäkisteitä.....	106
Kuvio 51. Vinolaudoituksen leikkauskestävyys.....	107
Kuvio 52. Seinien vinolautajäkisteiden liitoksia.	109
Kuvio 53. Kuormitukset jäykistävässä seinässä.....	111
Taulukko 1. Tuulensuojaisuus korotuskertoimet	16
Taulukko 2. Puuskanopeuspaineiden arvot	23
Taulukko 3. Voimakertoimen arvoja.....	25

Taulukko 4. Kmod-arvot.....	27
Taulukko 5. Puristussauvan nurjahduspituuksia	39

Käytetyt termit ja lyhenteet

NR-ristikko	Tehdasvalmisteinen kattoristikko, joka tehdään mitalliste- tuista lankuista. Lankut liitetään yhteen naulalevyillä.
Yläpaarre	Kattoristikon yläreunan lankku.
Alapaarre	Kattoristikon alareunan lankku.
Uumasauva	Kattoristikon sisäsauva.
Pukkiristikko	Tehdasvalmisteinen rakennetta jäykistävä ristikko. Asen- netaan kattoristikoiden väliin, jolloin se estää ristikoiden kaatumisen ja jäykistää kattorakennetta pituussuunnassa.
Vinolautajäykiste	Rakenneseosan tuki, joka estää rakenteen nurjahtamisen tai kaatumisen. Asennetaan vinottain tuettaviin sauvoihin nähdessä.
Jäykistekenttä	Rakennekokonaisuus, jolla vakautetaan jäykistettävä ra- kenne ja estetään sen muodon muutokset.
Vetopaarre	Lankku, jolla otetaan vastaan yläpohjan jäykistettä kuor- mittavan vaakavoiman aiheuttama vetorasitus kuorman vastakkaisella seinällä.
Ankkurointi	Liitos, jolla voidaan välittää rakenteessa tai rakenneseos- sa vaikuttava voima seuraavalle rakenteelle. Esimerkiksi jäykistävän seinän kiinnitys niin, että vaakavoimat siirtyvät seinästä liitoksen kautta perustuksille ja siitä edelleen maaperään.
Kiskoankkuri	Suuri kulmateräs, jonka välityksellä voidaan kiinnittää pys- tysauvoja pystysuuntaisille voimille perustuksiin. Mahdol- listaa suurten pystysuuntaisten kuormien ankkuroinnin pe- rustuksiin. Ei käytetä vaakavoimien ankkuroinnissa.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Excel-laskentaohjelmalla pohja puurakenteisen hallin kokonaisjäykistyksen laskentaa varten. Työn tilaajana oli Veistämö M. Kortnesniemi Ky, joka on Isojoella toimiva puuelementtirakenteisia rakennuksia valmistava yritys. Yrityksen tuotantoon kuuluvat pienrakennukset (jättekätköt ja varastot) sekä puuelementtirakenteiset hallirakennukset. Hallirakennuksia tehdään maatalouteen tuotantotiloiksi ja varastoiksi sekä muille yrityksille mm. tuotanto-, toimitila- ja varastorakennuksiksi.

Rakennusten seinien kantavana runkona toimii sahatavarasta valmistettu tolpparunko ja kattorakenteen kantavina osina ovat NR-kattoristikot. Seinät tehdään tehtaalla valmiiksi elementeiksi ja katto rakennetaan kivijalan päällä moduuleiksi, jotka nostetaan lohkoina seinien päälle (kuva 1).



Kuva 1. Ristikolohkon asennus
(Veistämö M.Kortnesniemi Ky, [viitattu 27.7.2018]).

Tehdyllä mitoitusohjelmalla pystytään laskemaan vesikattotason jäykistys käyttämällä vinolautajäykisteitä tai jäykistysristikoita sekä mitoittamaan ruoteet ristikon yläpaarteiden nurjahdustuennaksi. Ristikoiden tuenta voidaan mitoittaa käyttämällä ristikkopukkeja tai vinolautajäykisteitä, joilla kuormat tuodaan vesikattotasosta yläpohjan tasoon. Laskentapohjalla voidaan mitoittaa myös yläpohjan ja ulkoseini- en jäykistys käyttämällä jäykisteenä rakennuslevyjä tai vinolautajäykisteitä. Mahdollista on myös käyttää edellisten yhdistelmiä jäykistyksessä, jos esimerkiksi pelkän kipsilevytyksen jäykistyskapasiteetti ei riitä rakennuksen kokonaisjäykistykseen. Ohjelmasta saadaan myös kuormitukset seinien perustuksiin ankkurointia varten. Naula- ja ruuviliitosten mitoitus on merkittävässä osassa jäykistyksen laskentaa, joten ohjelmasta löytyy osiot erilaisten naula- ja ruuviliitosten mitoitukseen.

Tässä raportissa käydään läpi laskentaketju vaihe vaiheelta ja esitetään toimenpiteet, joilla saadaan aikaan rakenteiden stabiilius sekä viedään runkoon kohdistuvat ulkoiset vaakakuormat perustuksille. Rakennusaikaisiin kuormiin ja rakennuksen rakennusaikaiseen jäykistykseen ei tässä raportissa tarkemmin perehdytä. Jäykistysmitoituksen kulku on sama kuin kokonaisjäykistyksen laskennassa, mutta esimerkiksi osan kuormien kertoimet ovat erilaiset. Rakennusaikaisia kuormia tässä tapauksessa olisivat rakenneosien omapaino, tuulikuorma sekä mahdollisesti lumikuorma (riippuen rakennusajankohdasta). Rakentamisesta aiheutuvat kuormat jäävät niin pieniksi tämän tyyppisissä rakennuksissa, ettei niitä tarvitse huomioida.

Raportin lukijalla oletetaan olevan pohjatietoa eurokoodien mukaisesta kuormien ja puurakenteiden mitoituksesta.

2 KUORMAT

Kuormista käydään tässä läpi ne, joilla on vaikutusta yksikerroksisten hallimaisten rakennuksien kokonaisjäykistyksen laskentaan. Huomioituja kuormia ovat tuuli ulkoisena vaakakuormana sekä lumi ja rakenteiden omat painot, jotka aiheuttavat lisävaakakuormaa mm. ristikoiden asennusvinouden kautta. Hallirakennuksissa vaakakuormitusta voisi aiheuttaa myös siltanosturi esimerkiksi sen ajoliikkeiden kautta. Nämä dynaamiset kuormitukset on kuitenkin rajattu pois tästä tarkastelusta, koska yrityksen valmistamissa halleissa nostureille rakennetaan erikseen jäykistetyt nosturiradat.

Tilojen käytöstä aiheutuvat hyötykuormat on myös rajattu pois laskennasta. Laskennassa huomioitavaa hyötykuormaa voisivat olla esimerkiksi käyttöullakkoon varastoidut tavarat tai siellä liikkuvat ihmiset. (RIL 201-1-2017, 68.)

Tarkemmat selvitykset kuormista löytyvät suoraan eurokoodeista tai teoksista RIL 201-1-2017 ja RIL 205-1-2017, joita on tässä käytetty lähdeoteoksina.

2.1 Oma paino

Oma paino on pysyvien ja kiinteiden rakenteiden ja rakenneosien aiheuttamaa kuormitusta (RIL 201-1-2017, 63). Rakennusosille, kuten esimerkiksi runkotolpalle, oma paino lasketaan nimellismittojen ja tilavuuspainon ominaisarvojen mukaan. Nimellismittoina käytetään piirustuksissa ilmoitettuja mittoja. Tehdasvalmisteisille tuotteille, kuten kattoristikoidille, käytetään valmistajan ilmoittamaa omaa painoa. (RIL 201-1-2017, 67.)

Rakennuksen kokonaisjäykistyksen kannalta oleellista on jaotella kuormitukset eri rakennusosille. Hallin kattorakenteista kuormat on eritelty vesikatto-, yläpohja- sekä päätykolmiorakenteille.

Vesikattorakenteelle järkevää on käyttää valmiiksi määritettyjä ja yleisesti käytettyjä kuormia. Kuormat sisältävät kantavan rakenteen yläpuoliset osat eli vesikatemateriaan ja sen alusrakenteet, esim. ruoteet, aluskatteen, tuuletusriman tai alus-

laudoituksen. Peltikatteille käytetään kuormaa $0,15 \text{ kN/m}^2$, huopakatteelle $0,25 \text{ kN/m}^2$ ja tiilikatteelle $0,55 \text{ kN/m}^2$. (Pohri Oy, [viitattu 6.8.2018]).

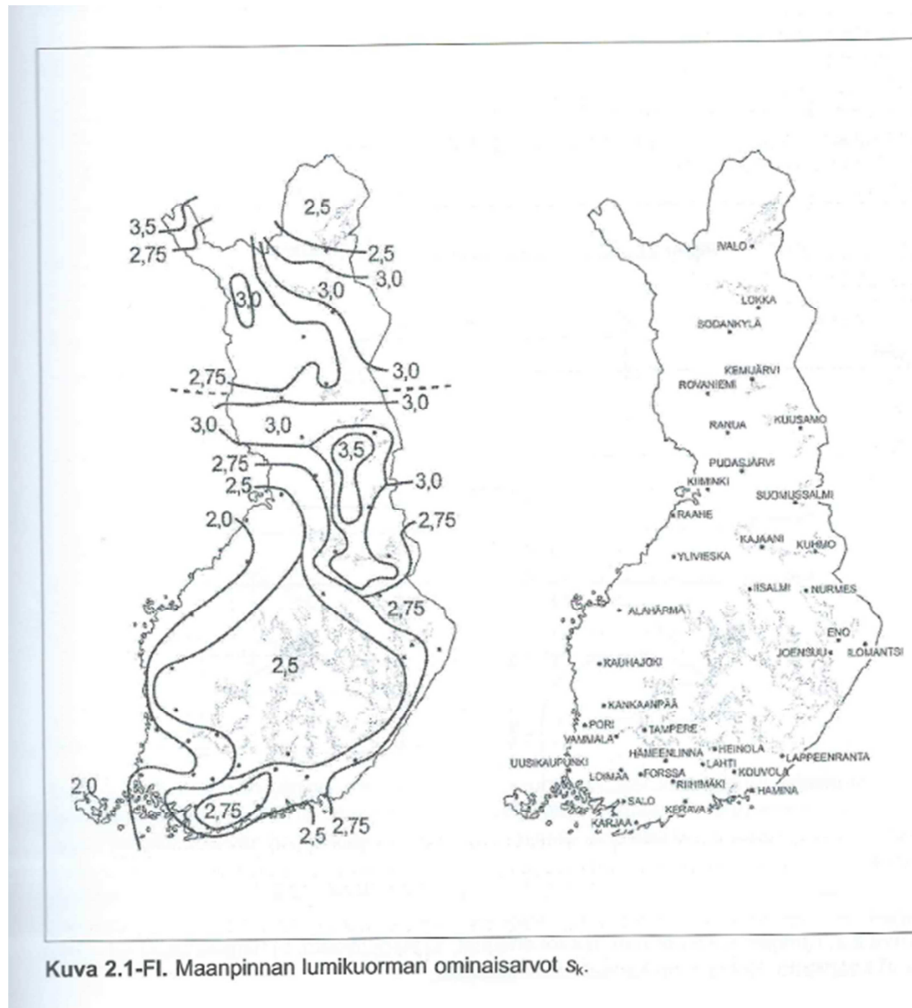
Yläpohjarakenteen painoon lasketaan mukaan yläpohjan jäykisteet, eristeet ja alakattorakenteet. Eristetylle yläpohjalle käytetään yleisesti arvoa $0,3 \text{ kN/m}^2$ (Pohri Oy, [viitattu 6.8.2018]). Tässä työssä kuitenkin laskentapohjaan on laskettu yläpohjan oma paino itse käyttämällä materiaalien tilavuuspainoja ja nimellismittoja. Yläpohjan omalle painolle oli saatava myös muita arvoja, koska halleja valmistetaan myös täysin kylminä rakennuksina, jolloin yläpohjan kuorma jää pienemmäksi. Kylmän hallin yläpohjakuormana on käytetty arvoa $0,05 \text{ kN/m}^2$. Ristikkorakenteiden oma paino tulee muistaa lisätä yläpohjan neliökuormaan, kun rakennuksen yläpohjan alapuolisten runko-osien laskennassa tarvitaan yläpohjan omaa painoa.

Päätykolmioiden painoon on sisällytetty päätymäinen ristikko, päädyn räystäärakenteet sekä päätykolmion verhousrakenteet. Päätyseinän päälle tulevaa pystykuormaa laskettaessa tulee huomioida myös päätyseinän osalla vaikuttavan vesikaton paino. Laskennassa käytettyjen päätykolmioiden ja seinärakenteiden painot on laskettu materiaalien tilavuuspainojen ja nimellismittojen mukaan.

2.2 Lumikuorma

Lumikuorma luokitellaan staattiseksi ja muuttuvaksi kiinteäksi kuormaksi, mikä tarkoittaa, että kuorma on tasapainossa ja se ei aiheuta rakenteelle kiihtyvyyttä. Kuorman suuruus vaihtelee ajan mukaan ja kuormalle voidaan yksiselitteisesti määrittää suuruus ja suunta koko rakenteen matkalla. (RIL 201-1-2017, 21, 96.)

Lumikuorman ominaisarvo määräytyy maassa olevan lumikuorman mukaan. Lumikuorma määritetään paikkakuntaakohtaisesti ja lumikuorman arvoja on esitetty erilaisissa taulukoissa ja kartoissa. Lumikuorman määritetty suuruus perustuu mittattuihin lumimääriin ja paikkakuntaakohtainen alaraja on määritetty siten, että kuorman todennäköinen toistumisväli on kerran 50 vuodessa. (RIL 201-1-2017, 98.)



Kuva 2.1-FI. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot s_k .

Kuvio 1. Lumikuormakartta (RIL 205-1-2017,37).

Katolla olevan lumikuorman määrä lasketaan kaavasta:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (1)$$

missä

μ_i , lumikuorman muotokerroin

s_k , maassa olevan lumikuorman ominaisarvo [kN/m^2]

C_e , tuulensuojaisuuskerroin

C_t , lämpökerroin, jonka arvo on tavallisesti 1,0

Tuulensuojaisuuskertoimella voidaan ottaa huomioon kattolapteen suojaisuus. Kerroin voidaan määrittää sen mukaan, onko mastotyyppi tuulinen, normaali vai

suojainen. Mikäli lyhemmän kattolapteen pituus on yli 50 m, on tuulensuojaisuuskertoimen oltava ≥ 1 . Tuulensuojaisuuskertoimen korotuskertoimet määritetään kattolapteen mittasuhteiden ja lyhemmän lappeen pituuden mukaan. (RIL 201-1-2017, 100.) Tuulensuojaisuuskertoimien arvot on esitetty kuviossa 2 ja taulukossa 1.

Taulukko 2 (kansallinen liite). Katon tuulensuojaisuuskertoimen arvot C_e .

Maastotyyppi	C_e
Tuulinen	0,8 ($\geq 1,0$, mikäli lyhyempi sivumitta > 50 m)
Normaali	1,0
Suojainen	1,2

Tuulinen maasto: laakea, esteetön, joka puolelle avoin alue, jolloin maasto, korkeat rakennuskohteet tai puut eivät suojaavat tai suojaavat vain vähän.

Normaali maasto: alue, jolla rakennuskohteeseen vaikuttava tuuli ei maaston, muiden rakennuskohteiden tai puiden takia huomattavasti poista lunta.

Suojainen maasto: alue, jolla tarkasteltava rakennuskohteeseen on huomattavasti alempana kuin ympäröivä maasto tai se on korkeiden puiden tai itseään korkeampien rakennuskohteiden ympäröimä.

Kuvio 2. Tuulensuojaisuuskertoimet

(RIL 201-1-2017, 100).

Taulukko 1. Tuulensuojaisuuskertoimet (RIL 201-1-2017, 101).

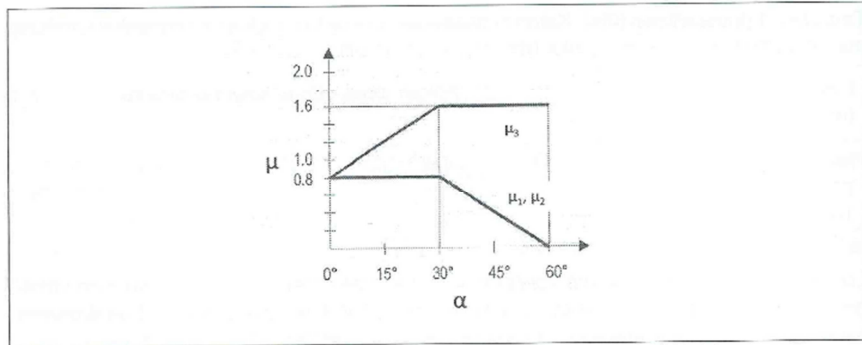
Taulukko 1 (kansallinen liite). Katon tuulensuojaisuuskertoimen korotuskertoimet lumikuormaa määritettäessä katolle, jonka lyhyemmän sivun pituus on yli 50 m.

Lyhyt sivu (m)	Pitkän sivun suhde lyhyeen sivuun	
	1	2
50	1,0	1,1
75	1,1	1,2
100	1,2	1,25

Mikäli kattorakenteen lämmöneristys on huono, voidaan lumikuormaan keventää lämpökertoimella. Lämpökertoimen käyttö vaatii tarkempaa selvitystä ja lumikuorman s_k tulee kuitenkin olla vähintään $0,5 \text{ kN/m}^2$. (RIL 201-1-2017, 101.) Liitteenä olevissa laskelmissa ei ole huomioitu edellä mainittuja kertoimia.

Katon muotokertoimella otetaan huomioon katon muoto sekä katon kaltevuus. Muotokerrointa määritettäessä tulee erityisesti ottaa huomioon kohdat, joissa lumi voi kinostua. Suuria lumikuormia voi muodostua etenkin kattojen sisätaitteisiin sekä korkeampaa rakennusta vasten oleville katoille. Nämä täytyy huomioida suu-

remmalla muotokertoimen arvolla. Loivilla katoilla (kattokulma $0^\circ - 30^\circ$) muotokerroin saa arvon 0,8 ja jyrkillä katoilla (kattokulma $30^\circ - 60^\circ$) muotokerroin pienenee lineaarisesti. Jos katolla on lumiesteet tai muu vastaava este, muotokerroin ei saa alittaa arvoa 0,8. (RIL 201-1-2017, 101-102.) Alla esitetty selventävät kuviot lumikuorman määrittämisestä.



Kuva 5.1S. Lumikuorman muotokertoimet.

Taulukko 5.2. Lumikuorman muotokertoimet (lunta ei estetä liukumasta).

Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1, μ_2	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_3	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	1,6

Jos katolla on lumieste tai muu vastaava $\mu_2 \geq 0,8$.

Kuvio 3. Lumen muotokertoimen määrittäminen (RIL 201-1-2017, 102).

Korkeamman rakennuskohteen vieressä olevalle katolle määritetään kinostuvalle lumelle korotettu muotokerroin kaavasta

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (2)$$

Kerroin μ_s ottaa huomioon ylemmältä katolta liukuvan lumen. Muotokerroin liukuvalla lumelle määritetään ylemmän katon kattokulman mukaan. Mikäli katon kaltevuus $\alpha \leq 15^\circ$, kerroin saa arvon nolla. Kaltevuuden ollessa yli 15° kerroin lasketaan kaavasta

$$\mu_s = \frac{\mu_1 * b_y}{l_s} \quad (3)$$

missä

μ_1	ylemmän katon muotokerroin
l_s	kinostumispuite, lasketaan kaavasta $l_s=2h$, h on kattojen välinen korkeusero. Kinostumispuitearvo oltava välillä $2 \text{ m} \leq l_s \leq 6 \text{ m}$.
b_y	vieressä olevan ylemmän kattolapteen pituus

(RIL 205-1-2017, 37.)

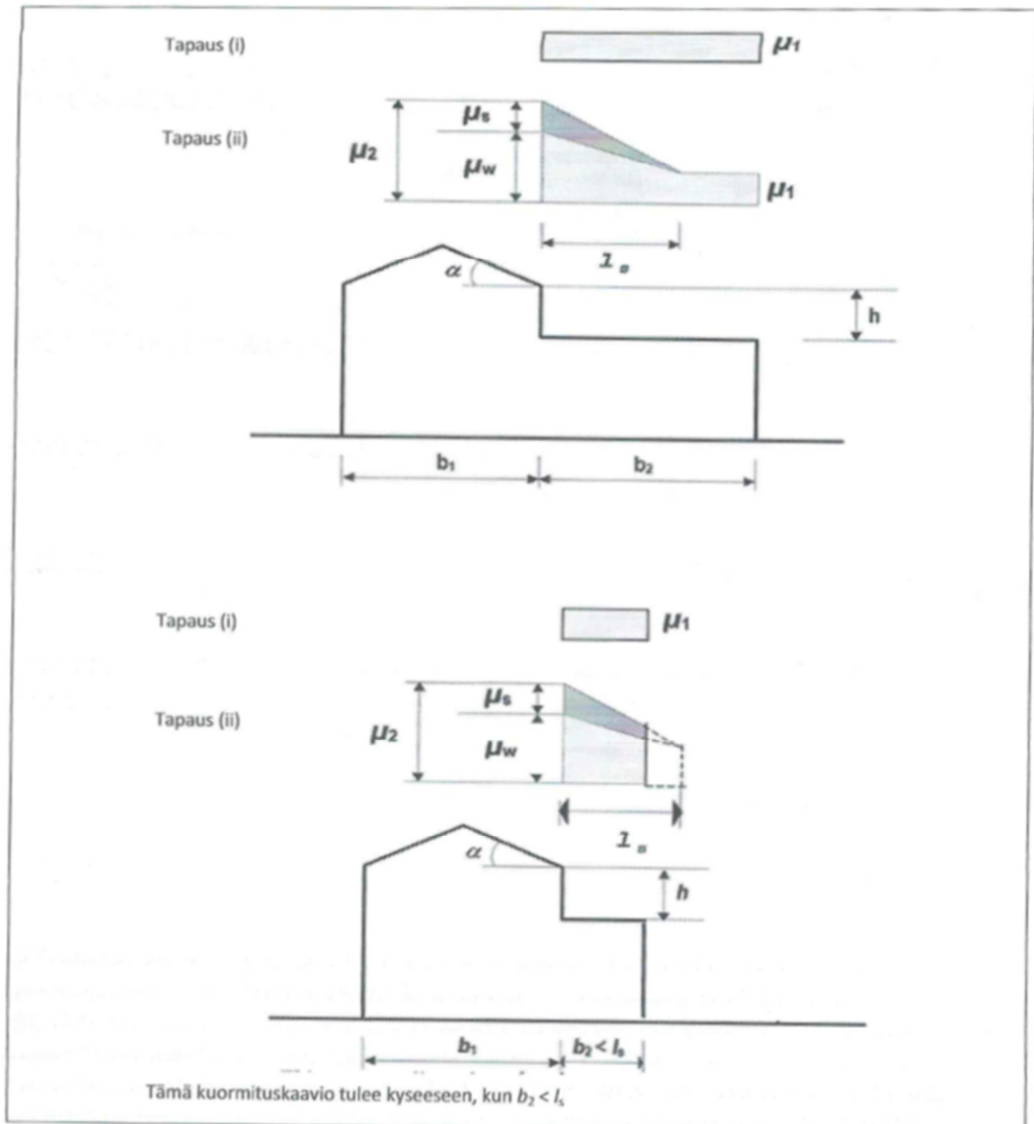
Kerroin μ_w ottaa huomioon tuulesta aiheutuvan kinostuman. Muotokerroin lasketaan kaavasta

$$\mu_w = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_1+b_2}{2h} \\ \frac{\gamma \cdot h}{s_k} \end{array} \right. \quad (4)$$

missä

b_1, b_2, h	mitat saadaan kuviosta 5
s_k	maassa olevan lumikuorman ominaisarvo [kN/m^2]
γ	lumen tilavuuspaino 2 kN/m^2

Kerrointa μ_w rajoitetaan kattolapteen koon mukaan. Katon ollessa yli 6 m^2 kerroin saa olla välillä $0,8 \leq \mu_w \leq 2,5$. 2 m^2 :n kokoisille katoille kerroin saa olla välillä $0,8 \leq \mu_w \leq 1,5$ ja jos katon koko on alle 1 m^2 , kerroin saa arvon 0,8. Katon koon ollessa välillä $6 - 2 \text{ m}^2$ kertoimen yläraja-arvo interpoloidaan lineaarisesti. (RIL 201-1-2017, 105.)



Kuva 2.4. Korkeamman rakennuskohteen viereen katolle kinostuvan lumikuorman muotokertoimet. Tapaus (i) = kinostumaton lumi, tapaus (ii) = kinostunut lumi.

Kuvio 4. Kinostuneen lumen muotokertoimen määrittystä (RIL 205-1-2017, 40).

2.3 Tuulikuorma

Tuulikuorma luokitellaan muuttuvaksi kiinteäksi kuormaksi. Kuorman suuruus vaihtelee ajan mukaan ja kuormalle voidaan yksiselitteisesti määrittää suuruus ja suunta koko rakenteen matkalla. Tuulikuorma määritetään tuulennopeuden tai no-

peuspaineen perusarvoista. Perusarvot on määritetty siten, että vastaava tuulennopeuden toistumisväli on 50 vuotta (RIL 201-1-2017, 127).

Rakennuksen kokonaistuulikuorma, jota myös rakennuksen kokonaisjäykistyksen laskennassa tarvitaan, voidaan laskea käyttämällä voimakertoimia kuormien laskentaan tai vaihtoehtoisesti käyttämällä pintapaineita ja painekertoimia (RIL 201-1-2017,139). Tässä käydään läpi rakennuksen kokonaistuulikuorman laskenta matalille rakennuksille käyttämällä voimakertoimia. Pintapaineiden käyttämiseen tuulikuormien selvittämiseksi palataan myöhempanä selvitettäessä vesikattoon kohdistuvaa nostetta.

2.3.1 Maastoluokat

Rakennukseen vaikuttava tuulen voimakkuus riippuu sitä ympäröivän maaston pinnan muodoista ja sen ympärillä olevista esteistä (muut rakennukset, metsät jne.). Eurokoodissa jaetaan maasto-olosuhteet pinnan rosoisuuden mukaan viiteen eri luokkaan. Erilaiset maastoluokat on kuvattu kuviossa 5. Rakennuksen sijaitessa alle 2 km etäisyydellä sileämmästä, luokkaan 0 kuuluvasta maastosta tai alle 1 km etäisyydellä sileämmästä, I-, II- tai III- luokkaan kuuluvasta alueesta, tulee käyttää sileämmän alueen tuuliparametreja. Muutosalueilla ei tarvitse huomioida muihin maastoluokkiin kuuluvia alueita, mikäli niiden koko on alle 10 % tarkastelualueen koosta. Esimerkiksi merialueilla ei oteta saarten aiheuttamaa suojavaiikutusta huomioon. Tarkempi menettely tulee kyseeseen Suomen rannikkokaupungeissa, joissa maastoluokka muuttuu suoraa luokasta 0 luokkaan IV. Tällöin sovelletaan teoksessa RIL 201-1-2017 sivulla 132 esitettyä kuvaa ja taulukkoa. (RIL 201-1-2017, 130-132.)



Kuvio 5. Maastoluokat
(RIL 201-1-2017,131).

Maastoluokittelu ei ota huomioon maanpinnan korkeusvaihteluita. Mäessä tai harjanteella sijaitsevaan rakennukseen kohdistuvaa tuulenpainetta tulee lisätä pinnan kaltevuudesta ja rakennuspaikasta riippuvalla kertoimella. Tämä on tarpeen jos

maaston kaltevuus on yli 0,05. (RIL 201-1-2017, 130-132.) Raportissa ei sen tarkemmin perehdytä maaston pinnanmuotojen vaikutukseen, koska niitä ei ole laskelmissa huomioitu.

2.3.2 Puuskanopeuspaine

Tuulikuorman laskennassa ominaisarvona käytetään tuulen nopeuspaineen ominaisarvoa, joka määräytyy maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaan. Rakennuksen korkeus lasketaan maanpinnalta rakennuksen ylimpään kohtaan eli esimerkiksi harjakattoisen rakennuksen korkeus määräytyy harjan korkeusaseman mukaan. (RIL 201-1-2017, 137.)

Puuskanopeuspaineelle löytyy taulukoista valmiiksi laskettuja arvoja eri maastoluokissa ja eri korkeuksilla, kuten taulukosta 2 Liitteen laskelmissa on kuitenkin laskettu arvot puuskanopeudelle käyttämällä kuvion 6 kaavaa.

$$q_{p0}(z) = \left. \begin{array}{l} 0,00893 \cdot \left[\ln \left(\frac{\max(1, z)}{0,003} \right) \right]^2 + 0,0625 \cdot \ln \left(\frac{\max(1, z)}{0,003} \right) \quad \text{maastoluokassa 0} \\ 0,00794 \cdot \left[\ln \left(\frac{\max(1, z)}{0,01} \right) \right]^2 + 0,0556 \cdot \ln \left(\frac{\max(1, z)}{0,01} \right) \quad \text{maastoluokassa I} \\ 0,00995 \cdot \left[\ln \left(\frac{\max(2, z)}{0,05} \right) \right]^2 + 0,0697 \cdot \ln \left(\frac{\max(2, z)}{0,05} \right) \quad \text{maastoluokassa II} \\ 0,01279 \cdot \left[\ln \left(\frac{\max(5, z)}{0,3} \right) \right]^2 + 0,0895 \cdot \ln \left(\frac{\max(5, z)}{0,3} \right) \quad \text{maastoluokassa III} \\ 0,01513 \cdot \left[\ln \left(\frac{\max(10, z)}{1,0} \right) \right]^2 + 0,1059 \cdot \ln \left(\frac{\max(10, z)}{1,0} \right) \quad \text{maastoluokassa IV} \end{array} \right\}$$

Kuvio 6. Kaava puuskanopeuspaineen laskemiseen (RIL 201-1-2017,188).

Taulukko 2. Puuskanopeuspaineiden arvot (RIL 201-1-2017, 137).

Taulukko 4.2S. Puuskanopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$ [kN/m²] eri maastoluokissa (= $q_p(z)$ tasaisessa maastossa, $c_0 = 1$ ja $\gamma_D = 1$).

z (m)	Maastoluokka				
	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50
30	1,33	0,95	0,85	0,68	0,54
35	1,37	0,98	0,88	0,72	0,57
40	1,40	1,01	0,91	0,74	0,60

2.3.3 Kokonaistuulivoiman laskenta voimakertoimen avulla

Rakennuksen korkeuden ollessa pienempi kuin sen leveys, voidaan olettaa, että tuulenpaine on joka korkeudella sama kuin rakennuksen harjakorkeudella vaikuttava arvo (RIL 201-1-2017, 141).

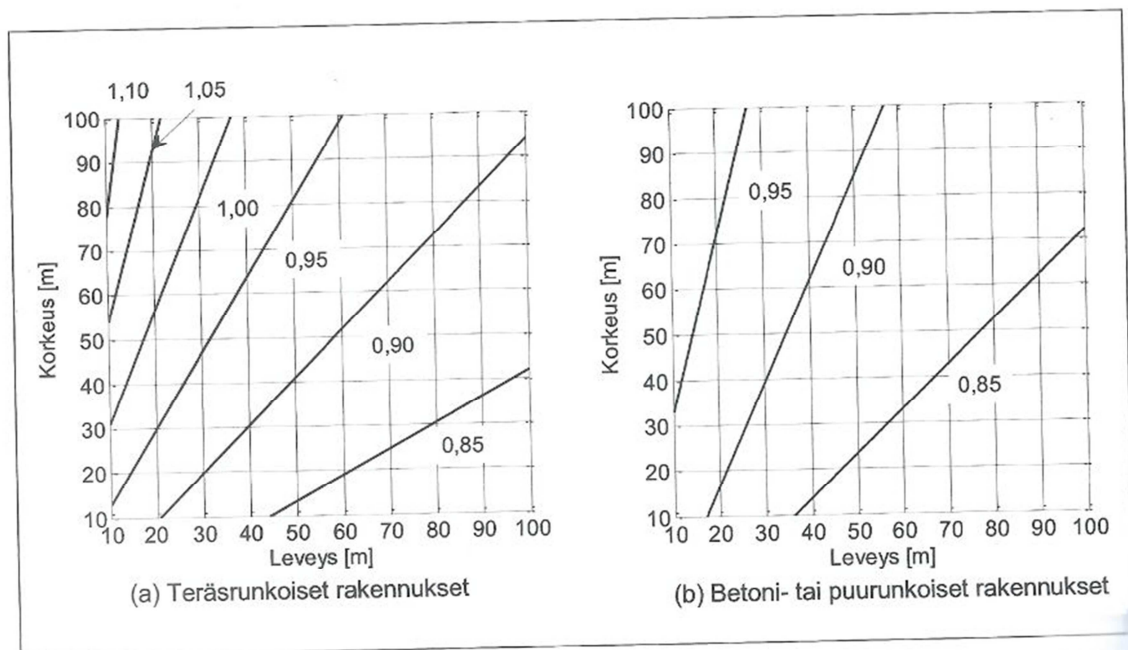
Rakennukseen vaikuttava kokonaistuulivoima voidaan laskea kaavalla

$$F_w = C_s C_d * C_f * q_p(h) * A_{ref} \quad (5)$$

missä

F_w	kokonaistuulivoima (kN)
$C_s C_d$	rakennekerroin
C_f	voimakerroin
$q_p(h)$	rakennuksen korkeuden mukaan määritetty nopeuspaine (kN/m ²)
A_{ref}	Tuulikuorman vaikutusala, rakennuksen tuulta vastaan oleva pinta-ala

Rakennekertoimelle $C_s C_d$ voidaan matalilla rakennuksilla käyttää arvoa 1, joka on varmallalla puolella oleva arvo (RIL 201-1-2017). Liitteen laskelmissa on käytetty rakennekertoimelle arvoa 1. Rakennuksen ollessa leveä voidaan käyttää kuviossa 7 esitettyjä arvoja, joilla on yleensä kokonaisvoimaa pienentävä vaikutus (RIL 201-1-2017, 140). Näin on menetelty teoksen RIL 201-1-2017 esimerkkilaskelmissa. Tämä mahdollisuus pienennyskerroimen käyttöön tuulikuorman laskennassa kannattaa hyödyntää, koska leveillä rakennuksilla jäykistävistä rakenteista tulee muutenkin järeitä.

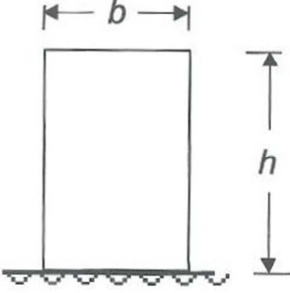


Kuva 5.3S. Rakennekertoimen $c_s c_d$ monikerroksisille rakennuksille, joiden pohja on suorakaide, ulkoseinät pystysuorat sekä jäykkyys ja massa säännöllisesti jakautuneet (EN 1991-1-4/Kuvat D.1 ja D.2).

Kuvio 7. Rakennekertoimen $c_s c_d$ -arvoja (RIL 201-1-2017, 142).

Voimakertoimelle C_f saadaan arvo taulukkomitoituksella. Voimakertoimen määrittämiseen rakenteen mittasuhteiden avulla. Arvoa määritettäessä huomioidaan tuulenpuoleisen sivun korkeuden suhde leveyteen (tehollinen hoikkuus) ja tuulen suuntaisen sivun pituuden suhde tuulen vastaisen sivun pituuteen (sivusuhte).

Taulukko 5.1S. Tehollinen hoikkuus λ suorakulmisen poikkileikkauksen omaaville matalille ja korkeille rakennuksille.

Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus λ
	<p>kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$</p> <p>Välialueella $15 \text{ m} < h < 50 \text{ m}$ sovelletaan interpolointia.</p> <p>Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$.</p>

Kuvio 8. Tehollinen hoikkuus (RIL 201-1-2017, 140).

Taulukko 3. Voimakertoimen arvoja (RIL 201-1-2017, 141).

Taulukko 5.2S. Voimakerroin c_f huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Sivusuhde b ja d on määritelty kuvassa 5.2S.

λ	Sivusuhte d/b								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
10	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

2.4 Kuormakertoimet

Murtorajatilan laskennassa käytetään kertoimia kuormien arvojen suurentamiseen tai pienentämiseen, että laskelmiin saadaan tarvittavaa varmuutta eli kuormat muutetaan mitoitusarvoiksi. Pysyvien kuormien (esim. rakennuksen omapaino) kertoimena on epäedullisten kuormien ollessa kyseessä 1,15 tai 1,35. Arvoa 1,35 käytetään, kun lauseke sisältää pelkkiä pysyviä kuormia. Mikäli pysyvän kuorman vaikutus lisää rakenteen kestävyyttä, käytetään kuorman kertoimena arvoa 0,9. (RIL 201-1-2017, 53; RIL 205-1-2017, 27.)

Muuttuvien kuormien kertoimena käytetään arvoa 1,5. Kun lausekkeessa on useampia muuttuvia kuormia, valitaan määräävä muuttuva kuorma ja muut muuttuvat

kuormat kerrotaan yhdistelykertoimilla ($\psi_{0,1}$). Kertoimet saadaan taulukosta. (RIL 205-1-2017, 27.)

2.4.1 Seuraamusluokat ja kuormakerroin K_{FI}

Kuorman arvoja voidaan korottaa tai pienentää murtorajatilalaskennassa kertoimella K_{FI} . Kerroin määräytyy rakennuksen seuraamusluokan mukaan eli sen mukaan, minkälaiset taloudelliset, inhimilliset, sosiaaliset tai ympäristölliset vahingot rakennuksen sortuma aiheuttaisi. Rakennukset jaetaan kolmeen luokkaan CC3 ($K_{FI} = 1,1$), CC2 ($K_{FI} = 1,0$) ja CC1 ($K_{FI} = 0,9$). Luokassa CC1 olevissa rakennuksissa ei oleskele pysyvästi ihmisiä ja rakennukset ovat kooltaan pieniä esim. pienet varastot ja pienet maatalouden tuotantorakennukset. Luokassa CC2 on tavanomaiset rakennukset ja luokassa CC3 rakennukset, joiden vahingoista voi aiheutua suuret inhimilliset tai taloudelliset menetykset esim. konserttisali tai yli 8-kerroksinen asuintalo. Tarkemmat määrittelyt esim. teoksen RIL 201-1-2017 taulukosta sivulta 26. (RIL 201-1-2017, 26.)

2.4.2 Käyttöiän vaikutus kuormiin

Rakennuksen käyttöiän ollessa yli 50 vuotta luonnonkuormien ominaisarvoja korotetaan 10 %. Jos rakennuksen suunniteltu käyttöikä ylittää 100 vuotta, tulee luonnonkuormien arvoja korottaa 20 %. (RIL 205-1-2017, 31.)

2.5 Kestävyyden mitoitusarvon kertoimet puurakenteissa

Puurakenteissa rakenneosan mitoitusarvot saadaan kertomalla ominaisarvot kertoimella K_{mod} ja jakamalla kertoimella γ_M .

Kerroin K_{mod} ottaa huomioon rakenteen materiaalin, kuorman ajallisen keston ja kosteusvaikutuksen. Ajallinen kesto otetaan huomioon kuorman aikaluokan kautta eli kauanko kuorma rasittaa rakenneosaa. Esimerkiksi omapaino on pysyväkuor-

ma; vaikutus kestää yli 10 vuotta ja lumikuorma taas vaikuttaa vain talvella eli noin 1 viikon – 6 kuukautta eli lumikuorma kuuluu aikaluokkaan keskipitkä.

Kosteus otetaan huomioon käyttöluokalla, joka määräytyy sen mukaan, missä kosteusolosuhteissa rakenneosa on. Käyttöluokka on 1, kun ollaan lämmitetyissä sisätiloissa. Käyttöluokka on 2, kun ollaan ulkoilmassa ja katetussa tilassa. Käyttöluokka on 3, kun rakenne on ulkona säälle alttiina ja kosteassa tilassa. (RIL 205-1-2017, 32-33.) Otetaan esimerkkinä talon katon yläpaarteen (sahatavaraa) mitoitus-tilanne, jossa vaikuttaviksi kuormiksi on valittu vesikatteen omapaino ja lumikuorma. Kertoimelle K_{mod} valitaan arvo, joka vastaa sitä kuorman aikaluokkaa ja käyttöluokkaa, missä rakenne on. Nyt käyttöluokaksi tulee 2, koska ollaan katetussa ulkoilmaan verrattavassa tilassa ja aikaluokaksi lumikuormaa vastaava keskipitkä eli k_{mod} saa taulukosta arvon 0,8. (RIL 205-1-2017, 32-33, 49.)

Taulukko 4. k_{mod} -arvot (RIL 205-1-2017, 49).

Taulukko 3.1. Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroimen k_{mod} arvot.

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

¹⁾ Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1.

Materiaalin lujuutta pienennetään laskennassa osavarmuuskertoimella γ_M . Kullekin puiselle rakennusmateriaalille on määritetty oma kertoimensa sen mukaan, kuinka todennäköisesti kukin kappale täyttää sille asetetut lujuusominaisuuksien ominaisarvot. Sahatavaran kerroin on 1,3 ja liimapuun 1,25. Liitoksissa käytetään aina huonomman puutavaran mukaista kerrointa. (Puuinfo Oy 2018, 15).

3 NR-KATTORAKENTEEN KOKONAISJÄYKISTYS

Yrityksen valmistamissa halleissa NR-rakenteinen kattorakenne jäykistetään pääsääntöisesti alle 15-17m leveissä halleissa lautajäykistein. Sitä leveämmissä rakennuksissa on käytetty yläpohjan jäykistämiseen jäykistys- ja pukkiristikoita.

3.1 Kuormitukset

Vesikattotason jäykisteet ja ristikoiden pystytuenta mitoitetaan rakennuksen pituussuunnassa vaikuttaville kuormille. Kattorakenteeseen kohdistuu vaakakuorma, joka muodostuu esimerkkihalleissa tuulikuormasta, yläpaarteiden nurjahdustuenasta aiheutuvasta stabiloivasta kuormituksesta sekä ristikoiden asennusvinoudesta aiheutuvasta kuormituksesta. (RIL 248-2013, 21.) Nurjahdustuennasta aiheutuva kuormitus käydään läpi kappaleessa ”4. Yläpaarteen nurjahdustuenta”.

3.1.1 Tuulikuorma

Kattorakenne jäykistetään yläpaarretasosta jäykistysristikoilla tai vinolautajäykisteillä. Vesikattotasoa kuormittaa puolet päätykolmioon kohdistuvasta vaakasuorasta tuulikuormasta. Toinen puoli päätykolmioon kohdistuvasta tuulikuormasta oletetaan siirtyvän suoraan alapaarretason jäykistysrakenteille. (RIL 248-2013, 21.)

Tuulen kattoon aiheuttama kitkavoima huomioidaan kokonaisuudessaan kattotasoon vaikuttavaa tuulikuormaa laskettaessa, kun katon lapetason ottama tuulikuorma lasketaan pinta-alojen suhteessa voimakerronmenetelmällä määritetystä koko rakennuksen tuulikuormasta. (RIL 248-2013, 21.) Vesikattotasoon vaikuttava tuulen aiheuttama kuorma voidaan laskea metrikuormaksi kaavalla

$$q_{w,k} = \frac{q_k(h)}{B} (c_f A_{yp} + c_{fr} A_{fr} \left(1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}}\right)) \quad (6)$$

missä

A_{ref} on rakennuksen tuulen vastaisen sivun pinta-ala

$q_k(h)$ on rakennuksen korkeutta vastaava tuulen nopeuspaine

c_f	on voimakerroin
A_{yp}	on pinta-ala, jolta tuulikuorma kohdistuu vesikattotasoon
A_{fr}	on katon kokonaispinta-ala
B	on rakennuksen tuulen vastaisen sivun leveys
c_{fr}	on vesikatteen kitkakerroin, joka saa huopakatteilla arvon 0,02 ja profiloituilla katteilla kuten, pelti- ja tiilikatteilla arvon 0,04

(RIL 248-2013,22).

3.1.2 Ristikoiden asennusvinoudesta aiheutuvat kuormat

Eurokoodeissa ei ole puurakenteille erillisohjeita rungon pystyrakenteiden asennusvinoudesta johtuvien kuormien huomioimiseen. Eurokoodien mukaisessa Betoni- ja teräsrakenteiden suunnittelussa asennusvinoudet huomioidaan, koska niistä aiheutuvat kuormat voivat olla merkittäviä suuresta omasta painosta johtuen. (RIL 248-2013, 24.) Asennusvinoudet on kuitenkin otettu tässä huomioon RIL 201-1-2017 lisävaakavoima menettelyn mukaan. Lisävaakavoimat otetaan laskennassa huomioon ulkoisena kuormana, joka siirretään jäykistävien rakenteiden kautta perustuksille ja sitä kautta maaperään (RIL 248-2013,24).

Ristikoiden asennusvinoudesta aiheutuvat vaakavoimat huomioidaan kaavalla

$$H_{L,d} = \frac{B}{L} * \frac{P_d}{150} \geq \frac{P_d}{250} \quad (7)$$

missä

$H_{L,d}$	on lisävaakavoima rakennuksen pituus suunnassa
P_d	on lisävaakavoiman aiheuttava pystykuorma, tässä tapauksessa vesikatteen omapaino ja lumikuorma
B	on rakennuksen leveys
L	on rakennuksen pituus

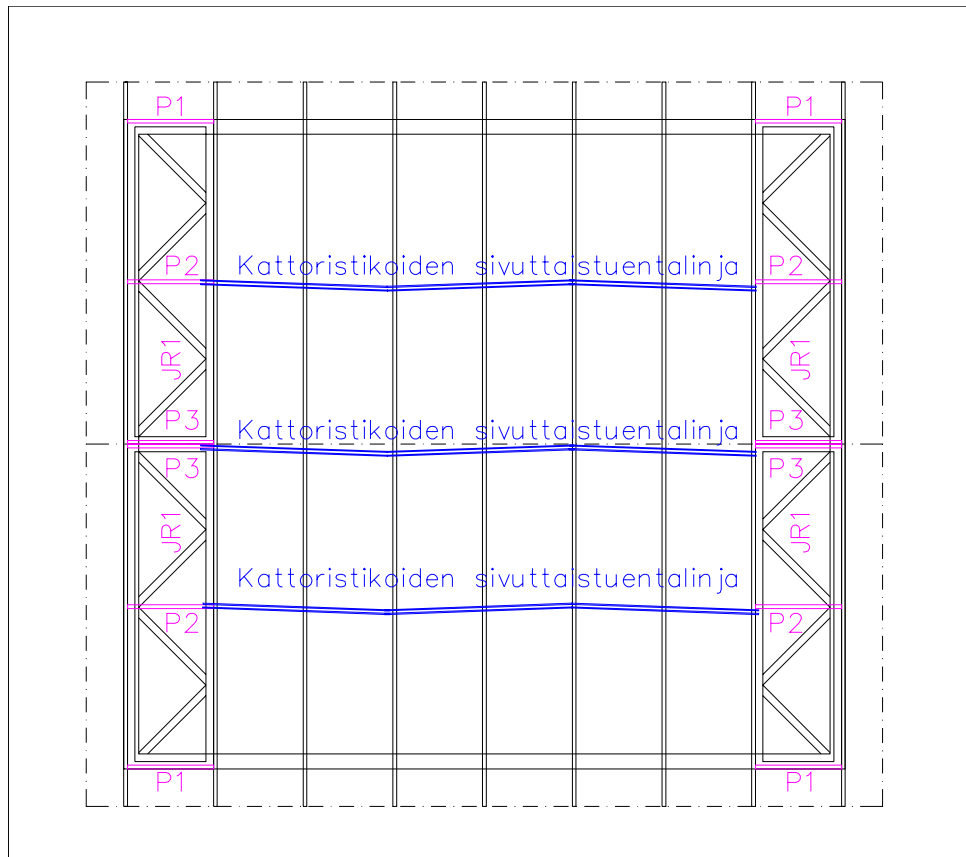
(RIL 248-2013,24).

3.2 Yläpaarretason jäykistys ja ristikoiden tuenta

Toteutetussa laskentaohjelmassa löytyy laskentaketjut yläpohjan jäykistämiseen käyttämällä yläpaarteiden välissä tehdasvalmisteisia jäykistysristikoita tai yläpaarreen alapuolelle sijoitettavia vinolautajäykisteitä. Jäykistysristikoiden yhteydessä käytetään pukkiristikoita, joilla kuormat tuodaan vesikattotasosta ristikon alapaarretason vaakajäykisteille. Vinolautajäykisteiden yhteydessä käytetään lautasoiroista tehtyjä pystytuentalinjoja, jotka naulataan ristikoiden uumasauvoihin. Näillä tuentalinjoilla tuodaan vastaavasti kuormat alapaarretasolle kuten pukkiristikoillakin. Laskentaketju on luotu siten, että jäykistyskentät tehdään aina rakennuksen molempiin päätyihin, koska seuraamusluokan CC2 ja CC3 rakennuksien suunnittelussa tulee ottaa huomioon onnettomuustilanne niin, että yhden kannattajan pettäminen ei aiheuta jatkuvaa sortumaa. Kahdella jäykistyskentällä voidaan estää rakennuksen jatkuva sortuma. (RIL 248-2013,26.)

3.3 Kattorakenteen kokonaisjäykistys jäykistys- ja pukkiristikoilla

Jäykistysristikot sijoitetaan rakennuksen molempiin päätyihin yläpaarteiden väliin ja paarteiden suuntaisesti. Jäykistysristikko tulee koko lappeen matkalle sivuseinälinjalta rakennuksen harjalle. Mitoitusohjelman laskentaketju on tehty siltä pohjalta, että jäykistysristikko tuetaan päistä ja puolivälistä lapetta. Eli käytännössä sivuseinälle, harjalle ja puoliväliin lapetta jäykistysristikon alapuolelle sijoitetaan pukkiristikot, jotka toimivat tukipisteinä ja ottavat vastaan jäykistysristikon tukireaktiot. Ristikoiden sijoittelua on kuvattu kuvion 9 tasokuvassa. Teoksessa RIL 248-2013 on esitetty rakennemalli ja esimerkkilaskelmat jäykistekentästä, jossa jäykistysristikko tuetaan vain molemmista päistä. Tämä rakennemalli ei kuitenkaan oikein toimi suurilla rakennuksilla, koska pukkiristikoiden määrä nousee suureksi ja pukkien viereiset ristikot eivät pysty ottamaan vastaan jäykistysristikon tuennan aiheuttamaa pistemäistä pystykuormaa. Tämän takia on järkevää sijoittaa pukkiristikoita myös keskelle lapetta.



Kuvio 9. Kattorakenteen jäykisteet.

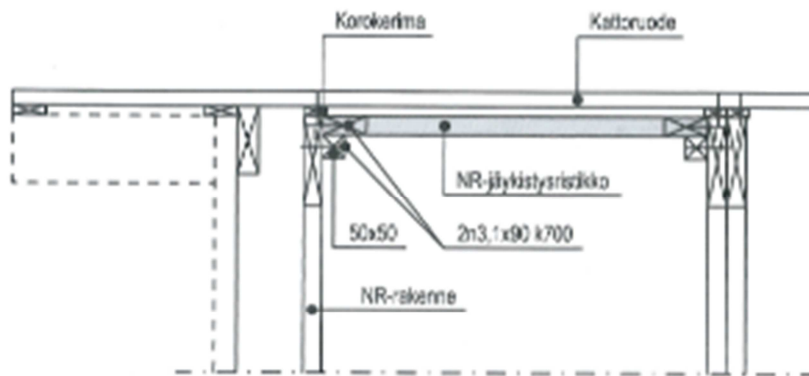
Käytettäessä tehdasvalmisteisia jäykiste- ja pukkiristikkoita ristikoiden mitoitukselta vastaa ristikkosuunnittelija. Päärakennesuunnittelijan tehtävä on laatija ristikko-kaaviot ja antaa kuormat ominaiskuormina. Ristikkosuunnittelijalle merkitään ristikkokaavioihin myös jäykisteiden murtorajatilan taipuman enimmäisarvoksi $L/500$. (Puuinfo Oy 2010, 111).

3.3.1 NR-jäykisteristikot

Jäykistysristikot ottavat vastaan siis yläpaarteiden nurjahdustuennan, lisävaakavoiman ja tuulen aiheuttamat vaakakuormitukset. Jäykistysristikolle tulevat kuormat oletetaan jatkuviksi kuormiksi ja pukkiristikot toimivat tukipisteinä eli tässä tapauksessa jäykistysristikko mitoitetaan jatkuvana kaksiaukkoisena palkkina. Yläpohjan kuormat jakaantuvat tasan molempien päätyjen jäykisteille eli yhden päädyn jäykisteet mitoitetaan puolelle katon kokonaiskuormasta (RIL 248-2013,48-

49). Edelleen, jos yhdessä kentässä on useampi jäykisteristikko peräkkäin, kuormitus jakaantuu niille tasan.

Kohteen rakennesuunnittelijan tehtäväksi jää jäykistysristikon kiinnityksen suunnittelu. Tämä on yleensä myös mainittu erikseen ristikkopiirustuksissa. Jäykistysristikon kiinnityksen kiinnikejako saa olla enintään jäykisteristikon paarteen heikomman suunnan nurjahdustuennan väli, joka löytyy ristikkosuunnitelmista. Kuviossa 10 on esitetty jäykistysristikon kiinnitys viereisiin kattoristikoihin apusoiron avulla.



Kuvio 10. Jäykistysristikon kiinnitys (RIL 248-2013, 53).

3.3.2 NR-pukkiristikot

Pukkiristikot voidaan mitoittaa ainoastaan ulkoisille kuormille eli tuulikuormalle ja lisävaakavoimille, kun yläpaarteen tuennasta aiheutuvat kuormat pidetään yläpaarretasossa. Pukkiristikoiden kohtaa sijoitetaan lisäruoteet, joilla palautetaan sisäisten jäykistävien voimien aiheuttamat reaktivoimat takaisin yläpaarretasoon. Ulkoiset voimat viedään pukkiristikoilla alapaarretason jäykisteille. (RIL 248-2013, 26.)

Kohteen rakennesuunnittelijan tehtävänä on antaa pukkiristikoista ristikkokaaviot ja lähtökuormat ristikkosuunnittelijalle kuten jäykistysristikoistakin. Lähtökuormina annetaan pukkiristikoiden yläpäähän aiheutuvat tukireaktivoimat tuulikuormasta

ja lisävaakavoimista. Jäykisteristikon rakennemallina on kaksiaukkoinen jatkuva palkki eli tukireaktiot saadaan kaavoista

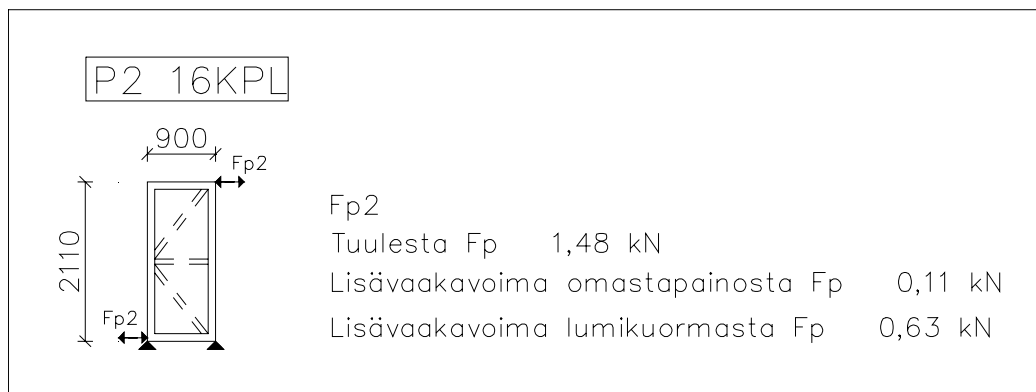
tukireaktio päätytuella

$$F = \frac{3}{16} * qL \quad (8)$$

ja tukireaktio välituella

$$F = \frac{5}{8} * qL \quad (9)$$

missä q on kuorman arvo [kN/m] ja L on jäykisteristikon pituus.



Kuvio 11. Esimerkki ristikkokaaviosta.

Kohteissa, joissa Kortesiemellä on käytetty NR-pukkeja ristikkosuunnitelmissa on ollut ilmoitettuna vastaavat F_p -kuormanarvot ominaiskuormina. Nämä kuormat voidaan syöttää luotuun laskentaohjelmaan lähtökuormiksi ja niille tehdään murto-rajatilan kuormitusyhdistelmät. Kuormitusyhdistelminä ohjelmassa on keskipitkän (omap. + lumi) ja hetkellisen (omap. + lumi + tuuli) aikaluokan kuormitusyhdistelmät kuten Puufon EC5 hallirakennuksen sovelluslaskemissakin. Hetkellisessä aikaluokassa täytyy tarkistaa molemmat vaihtoehdot eli lumi määräävänä muuttuvana kuormana ja tuuli määräävänä muuttuvana kuormana. Kuviossa 12 on esitetty laskentaohjelmassa huomioidut kuormitusyhdistelmät.

KT1. Omapaino + Lumi (keskipitkä)

$$P_{d,1} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k}$$

KT2. Omapaino + lumi (määrävä) + tuuli (hetkellinen)

$$P_{d,2} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{w,k}, \psi_0 = 0,6$$

KT3. Omapaino + lumi + tuuli (määrävä) (hetkellinen)

$$P_{d,3} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{H,k} + 1,5 * q_{w,k}, \psi_0 = 0,7$$

Kuvio 12. Kuormitusyhdistelmät.

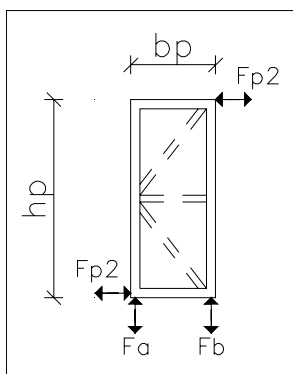
Mitoitusta jatketaan suurimmalla kuorman arvolla. Pukkiristikoiden yhteydessä tulee mitoittaa vielä pukkien kiinnitys kattoristikoihin. Pukkien ja kattoristikoiden välinen leikkausvoima saadaan kaavasta

$$F_a = F_b = F_p * \frac{h_p}{b_p} \quad (10)$$

missä

F_p	on vaikuttava vaakavoima
h_p	on pukkiristikon korkeus
b_p	on pukkiristikon leveys

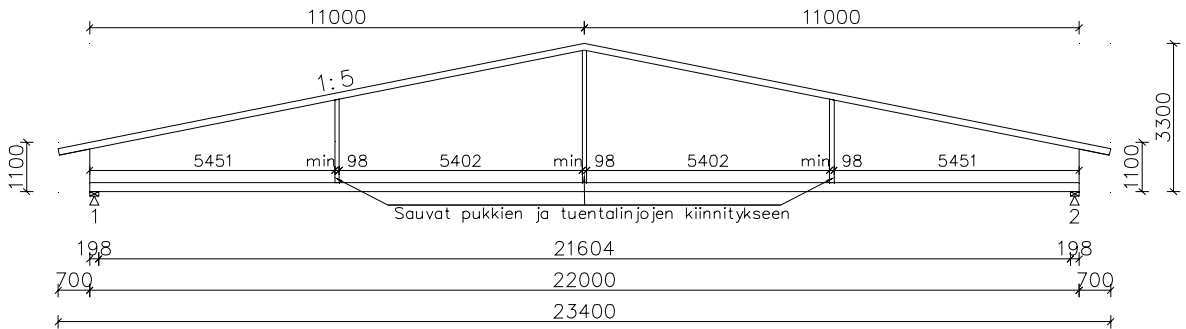
(RIL 248-2013, 54).



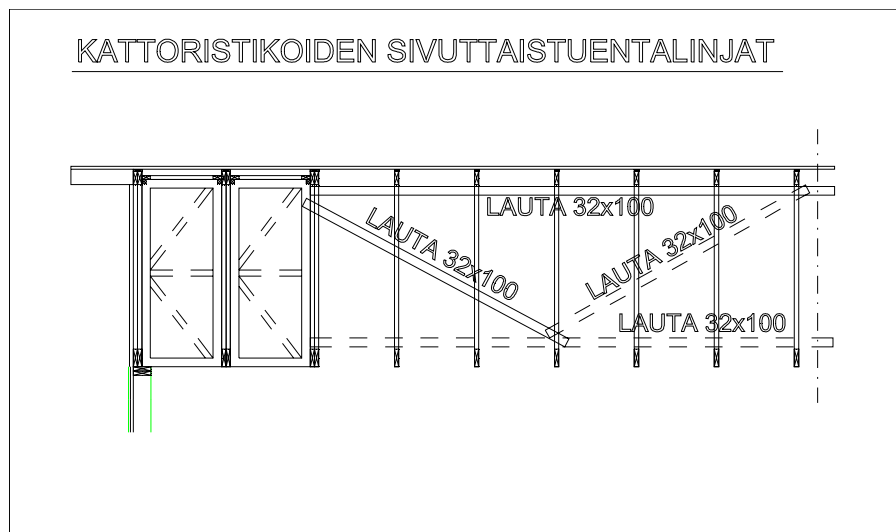
Kuvio 13. Pukkiristikossa vaikuttava kuormat

Kattoristikoihin määrätään harjalle ja puoliväliin lapetta uumasauva pukkiristikoiden kohdalle, johon pukki voidaan kiinnittää naula tai ruuviliitoksella. Liitos mitoite-

taan voimalle $F_{a,b}$. Ylimääräiset uumasauvat tehdään kaikkiin ristikoihin, jolloin voidaan suunnitella vain yksi ristikkotyyppi ja samaan sauvalinjaan saadaan tehtyä tuentalinja päätyjen välille. Tuentalinja toimii ristikkolohkojen asennusaikaisena tuentana sekä tasaa pukkiristikoilta tulevan kuorman alapaarretason jäykisteelle (Puuinfo Oy 2010, 118).



Kuvio 14. Ylimääräiset uumasauvat pukkiristikoiden kohdalle.



Kuvio 15. Ristikoiden tuentalinja.

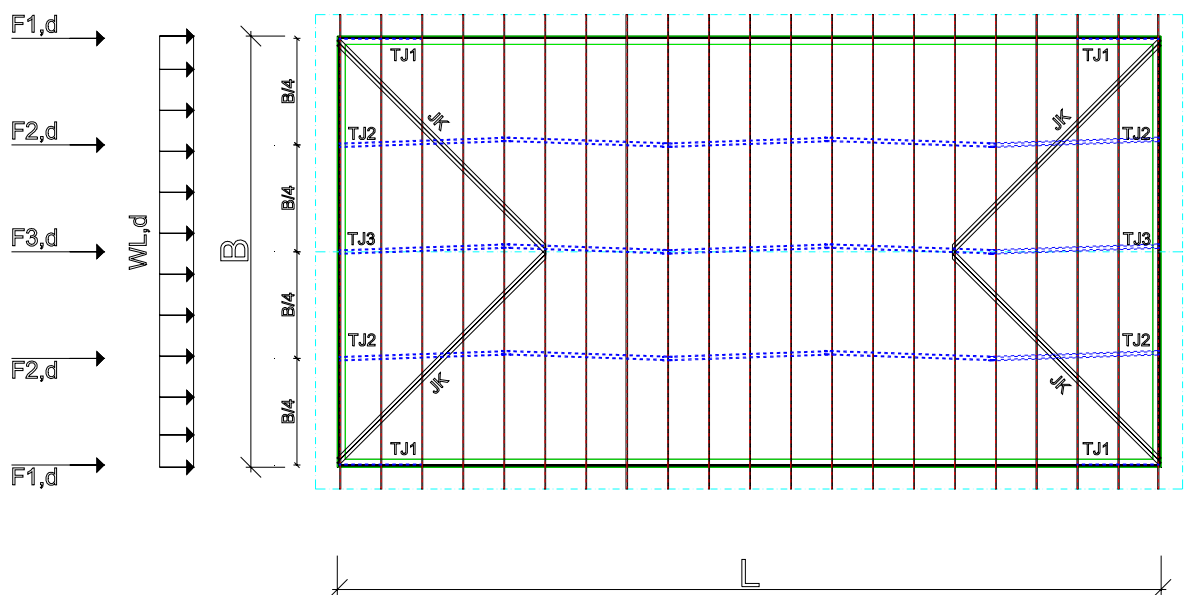
Sivuseinän päällä pukkiristikot ankkuroidaan suoraan kiinni seinään. Näiden ristikoiden liitosta kattoristikoihin ei tarvitse mitoittaa voimalle $F_{a,b}$. Pukin liitos sivuseinään mitoitetaan voimalle F_p . Pukin liitos esimerkkikohteessa on toteutettu kulma-raudalla ja mitoitus on tehty Simpson Strong Tie Connector Selector -ohjelmalla.

Harjalla ja puolivälissä lapetta olevat pukit aiheuttavat kattoristikoille pistemäisen pystykuormituksen. Tämä pystykuormitus joudutaan isommissa rakennuksissa

ottamaan vastaan ylimääräisellä kattoristikolla eli pukkien viereen tulee 2kpl kattoristikkoita. (RIL 248-2013, 27.) Yleensä nämä kattoristikot määrätään ristikkosuunnitelmissa naulaamaan kiinni toisiinsa vähintään ylä- ja alapaarteista. Vastaavasti, jos jäykistysristikoiden tuentapisteissä tarvitaan 2kpl pukkiristikkoa, nämä naulaetaan myös yleensä ulkokehältä toisiinsa kiinni. Naulaustarpeen määrittää ristikkosuunnittelija.

3.4 Kattorakenteen kokonaisjäykistys vinolautajäykistein

Kattorakenteen vinolautajäykistys soveltuu paremmin hieman pienemmille rakennuksille. Seuraavassa esitellään periaate, jonka pohjalta mitoitusohjelmaan on luotu laskentaketju. Ristikot tuetaan pystysuunnassa vinolautajäykistein päädyn neljäsosa-pisteistä. Välit $B/4$ mitoitetaan yksiaukkoisina palkkeina, joiden tukina toimivat jäykistelinjat. Kattolape jäykistetään pystytenantalinjojen väliltä yläpaarteiden alapintaan n. 45° kulmaan naulattavilla vinosauvoilla. Vinolaudat mitoitetaan leikkausvoimalle V_d nurjahduskestävyyden ja liitosten naulauksen perusteella. Lautojen sijoittelu esitetty myös kuviossa 16.



Kuvio 16. Kattorakenteen jäykistysperiaate.

Kuormitukset muodostuvat vastaavasti kuten kappaleessa ”3.1 Kuormitukset” on esitetty.

3.4.1 Vesikattotason vinolautajäykistys

Vinositeet ottavat vastaan yläpaarteiden nurjahdustuennan, lisävaakavoimat ja puolet päätykolmiolle tulevasta tuulikuormasta. Vinositeillä jäykistetään vesikattotaso tuentalinjojen väliltä ja tasataan kuormitus tuentalinjoille. Vesikattotasoon vaikuttava kuorma jaetaan tasan päätyjen jäykisteiden kesken kuten jäykistysristikko-jakin käytettäessä. Näin ollen yhden päädyn jäykisteet mitoitetaan puolelle katon kokonaiskuormasta (RIL 248-2013,48-49).

Vesikattotasolle tuleva kuorma käsitellään laskennassa yläpaarteen suuntaisesti vaikuttavana viivakuormana, jonka yksikkö on kN/m. Kuormitusyhdistelminä ohjelmassa on keskipitkän (omap. + lumi) ja hetkellisen (omap. + lumi + tuuli) aikaluokan kuormitusyhdistelmät. Hetkellisessä aikaluokassa täytyy tarkistaa molemmat vaihtoehdot eli lumi määräävänä muuttuvana kuormana ja tuuli määräävänä muuttuvana kuormana.

KT1. omapaino + lumi (aikaluokka keskipitkä)

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,15 * (q_{g,k} + g_{H,k}) + 1,5 * (q_{q,k} + q_{H,k}))$$

KT2. omapaino + lumi (määräävä muuttuva kuorma) + tuuli (aikaluokka hetkellinen)

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,15 * (q_{g,k} + g_{H,k}) + 1,5 * (q_{q,k} + q_{H,k}) + 1,5 * \psi_0 * q_{w,k}), \psi_0 = 0,6$$

KT3. omapaino + lumi + tuuli (määräävä muuttuva kuorma) (aikaluokka hetkellinen)

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,15 * (q_{g,k} + g_{H,k}) + 1,5 * \psi_0 * (q_{q,k} + q_{H,k}) + 1,5 * q_{w,k}), \psi_0 = 0,7$$

missä

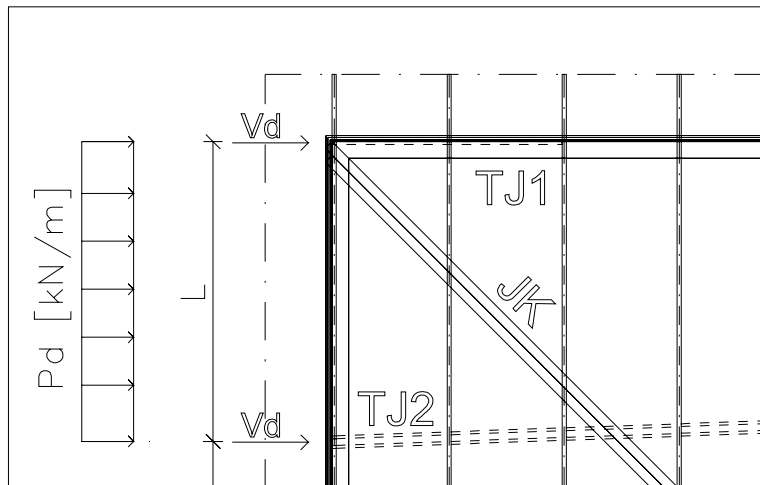
$q_{g,k}$ on sisäinen jäykistyskuorma yläpaarteen tasossa omasta painosta (laskukaava kappaleessa 4 Yläpaarteen nurjahdustuenta)

- $g_{H,k}$ on kattoristikoiden asennusvinouden aiheuttama lisävaakavoima omasta painosta
- $q_{q,k}$ on sisäinen jäykistyskuorma yläpaarteen tasossa lumikuormasta (laskukaava kappaleessa 4 Yläpaartein nurjahdustuenta)
- $q_{H,k}$ on kattoristikoiden asennusvinouden aiheuttama lisävaakavoima lumikuormasta
- $q_{w,k}$ on tuulikuorma vesikattotasoon eli puolet päätykolmion tuulikuormasta ja tuulen kitkakuorma vesikattoon

Vinolautaa kuormittaa tuentalinjojen välillä jatkuva kuorma P_d ja tuentalinjat toimivat tukipisteinä. Vinolaudan päässä vaikuttaa leikaava voima V_d , joka voidaan laskea kaavasta

$$V_d = \frac{P_d * L}{2} \quad (11)$$

missä P_d on kuorma [kN/m] ja L tukipisteiden välimatka yläpaartein suuntaisesti.



Kuvio 17. Kuormituskaavio jäykisteelle JK.

3.4.2 Vinolautajäykisteiden mitoitus leikkausvoimalle

Vinolaudoituksen kestävyys lasketaan puristus- ja nurjahduskestävyyden kautta leikkausvoimalle V_d . Lautojen vetokestävyys ei tule tässä tapauksessa mitoittavaksi rasiustilanteeksi. Liitokset mitoitetaan laudan suuntaiselle voimalle N_d ja leikkaa-

valle voimalle V_d . (Puuinfo Oy 2010, 122-124.) Vastaavaa mitoitusperiaatetta käytetään kaikkien vinolautajäkisteiden laskennassa tässä raportissa.

Mitoituksessa tarkistetaan ensin vinolautojen puristuskestävyys nurjahdus huomioiden. Esimerkkilaskentana olleen eristetyn hallin tapauksessa jäykisteeksi valittiin 3kp 32x100 mm lautaa. Lautojen puristuskestävyys saadaan kaavasta

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad (12)$$

missä

$k_{c,z}$	on nurjahduskerroin
$f_{c,0,d}$	on puristuslujuuden mitoitusarvo [N/mm ²]
A	on poikkileikkauksen pinta-ala

(Puuinfo Oy 2010, 122).

Nurjahduskertoimen laskennassa selvitetään ensin sauvan hoikkuusluku $\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z}$ (RIL 205-1-2017,79). Sauvan nurjahduspituus L_c riippuu sauvan päiden tuennasta. Tavallisissa tuentatapauksissa arvo saadaan taulukosta 5.

Taulukko 5. Puristussauvan nurjahduspituuksia (Puuinfo Oy 2018, 26).

Tuentatapa	Nurjahduspituus L_c
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta ja nivelellisesti toisesta päästään (esim. jäykkäkantainen hallin päädyn "tuulipilari")	0,85 L
Sauva on nivelöity molemmista päistään (normaali tapaus)	1,0 L
Sauva on poikittaistuettu nurjahduksen suunnassa välein a	1,0 a
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästään ja on vapaa toisesta päästään ("mastopilari")	2,5 L

Tässä tapauksessa sauvan molemmissa päissä on nivelelliset liitokset eli nurjahduspituus on $1,0 L$. i_z on poikkileikkauksen jäyhyyssäde z-akselin suhteen

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{bh^3}{12A}} \quad (13)$$

(RIL 205-1-2017, 79).

Nurjahduskertoimen laskennassa tarvittava muunnettu hoikkuusluku saadaan kaavasta

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (14)$$

missä

$f_{c,0,k}$ on puristuslujuuden ominaisarvo [N/mm^2], joka saadaan taulukosta. Esimerkkilaskennassa 32x100 lautajäykisteelle käytetty arvoa lujuusluokan C18 mukaan

$E_{0,05}$ on syysuuntaista kuormitusta vastaavan kimmokertoimen ominaisarvo

(RIL 205-1-2017,82).

Edelleen kerroin k_z määritetään kaavasta

$$0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (15)$$

missä kerroin

$$\beta_c \text{ saa arvon } \beta_c = \begin{cases} 0,2 \text{ sahatavaralla} \\ 0,1 \text{ liimapuulla ja LVL - sauvalla} \end{cases} \quad (16)$$

(RIL 205-1-2017,82).

Nurjahduskerroin $k_{c,z}$ lasketaan kaavasta

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad (17)$$

(RIL 205-1-2017,82).

Laudan puristuskestävyyden laskennassa tarvittava puristuskestävyyden mitoitusarvo voidaan laskea kaavasta

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} * k_{mod}}{\gamma_M} \quad (18)$$

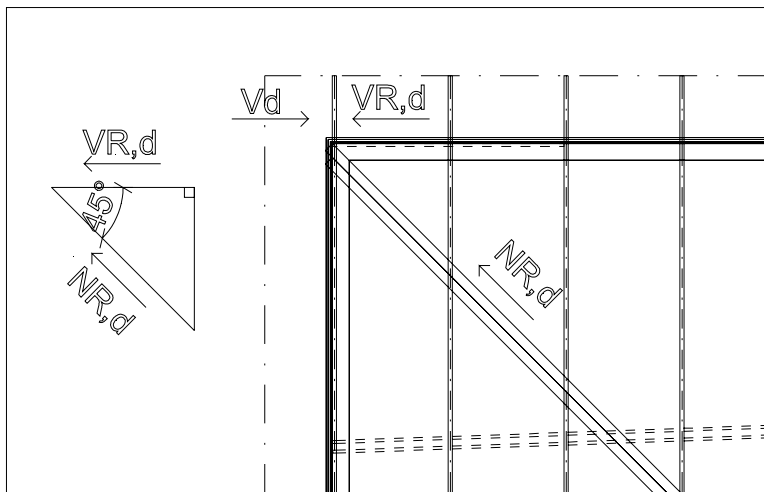
missä

k_{mod} on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin. Tässä tapauksessa mitoittava kuorma oli hetkellisen aika-
luokan kuorma ja jäykisteet ovat katetussa ulkotilassa eli k_{mod} saa arvon 1,1.

γ_M on kestävyysominaisuuksien osavarmuusluku ja sahatavara-
ralle kyseinen kerroin on 1,3

(Puuinfo Oy 2010, 122; RIL 205-1-2017, 47-49).

Vinolautojen kestävyys leikkausvoimalle saadaan nurjahdukkestävyyden perusteella oheisen kuvion 18 ja kaavan mukaan



Kuvio 18. Leikkausvoimakestävyyden määrittäminen.

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad (19)$$

(Puuinfo Oy 2010, 122).

Mitoitusehto leikkausvoimakestävyydelle $V_{R,d} \geq V_d$.

3.4.3 Vinolautajäkisteiden naulaliitosten mitoitus

Vinolautajäkisteyksen kiinnityksessä käytetään tässä tapauksessa sileää kokenaulaa 2,9x76. Naulan paksuus d on 2,9mm, kannanpuoleisen puun paksuus t_1 on 32mm ja tunkeuma ristikon yläpaarteeseen t_2 on 44mm. Naulan leikkauskestävyys saadaan kaavasta

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * k_\rho * \begin{cases} k_t \\ k_e \end{cases} * R_k \quad (20)$$

missä

k_{mod} on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin. Tässä tapauksessa mitoittava kuorma oli hetkellisen aikaluokan kuorma ja jäykisteet ovat katetussa ulkotilassa eli k_{mod} saa arvon 1,1.

γ_M on kestävyysominaisuuksien osavarmuusluku ja liitoksille kyseinen kerroin on 1,3

k_ρ huomioi puutavaran tiheyden vaikutusta liitoskestävyyteen. Ominais­tiheyden ollessa yli 350kg/m³ naulan leikkauskestävyyttä saa korottaa kertoimella $k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}}$. ρ_k arvona käytetään heikomman liitettävän kappaleen mukaista ominais­tiheyttä eli tässä tapauksessa 32x100 laudan, jonka lujuus­luokka C18 ja ominais­tiheys 320 Kg/m³. Eli korotuskerrointa ei huomioida laskennassa.

k_t ja k_e kertoimet huomioivat naulan tunkeuman. k_e on pienennys­kerroin ja k_t suurennuskerroin. Tässä tapauksessa $t_1 \geq 8d$ ja $t_2 \geq 12d$ eli käytetään suurennuskerrointa k_t , joka saa arvon kaavasta

$$k_t = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,3 * \frac{t_1 - 8d}{8d} \\ 1 + 0,3 * \frac{t_2 - 12d}{6d} \end{array} \right. \quad (21)$$

Sileillä pyöreillä nauloilla rajoituksena $k_t \leq 1,1$ eli tässä tapauksessa kerroin saa arvon 1,1.

R_k on naulan ominaisleikkauskestävyys, joka lasketaan esiporaamattomissa liitoksissa kaavasta $R_k = 120d^{1,7}$.

(RIL 205-1-2017, 111-112).

Kyseisessä vinolaudan ja ristikon yläpaarten välisessä liitoksessa saadaan nauhalle 2,9x76mm leikkauskestävyydeksi 680N.

Vinolaudoituksen liitosten kestävyys tulee mitoittaa laudan suunnassa vaikuttavalle voimalle N_d , joka lasketaan kaavasta

$$N_d = \frac{V_d}{n_L * \cos \alpha} \quad (22)$$

(Puuinfo Oy 2010, 124). Kaavassa n_L jäykistekentässä olevien lautojen määrä eli voima N_d lasketaan yhtä lautaa kohden. Tarvittava naulamäärä liitosta kohden saadaan kaavasta

$$n = \frac{N_d}{R_d} \quad (23)$$

(Puuinfo Oy 2010, 124). Lautojen päiden ja lautojen jatkosten liitokset mitoitetaan voimalle N_d .

Liitokset tulee mitoittaa päissä myös leikkaavalle voimalle V_d . Jäykisteen liitosten kestävyys leikkaavan voiman suunnassa voidaan laskea kaavasta

$$V_{Rd,JK} = n_L * n * R_d \quad (24)$$

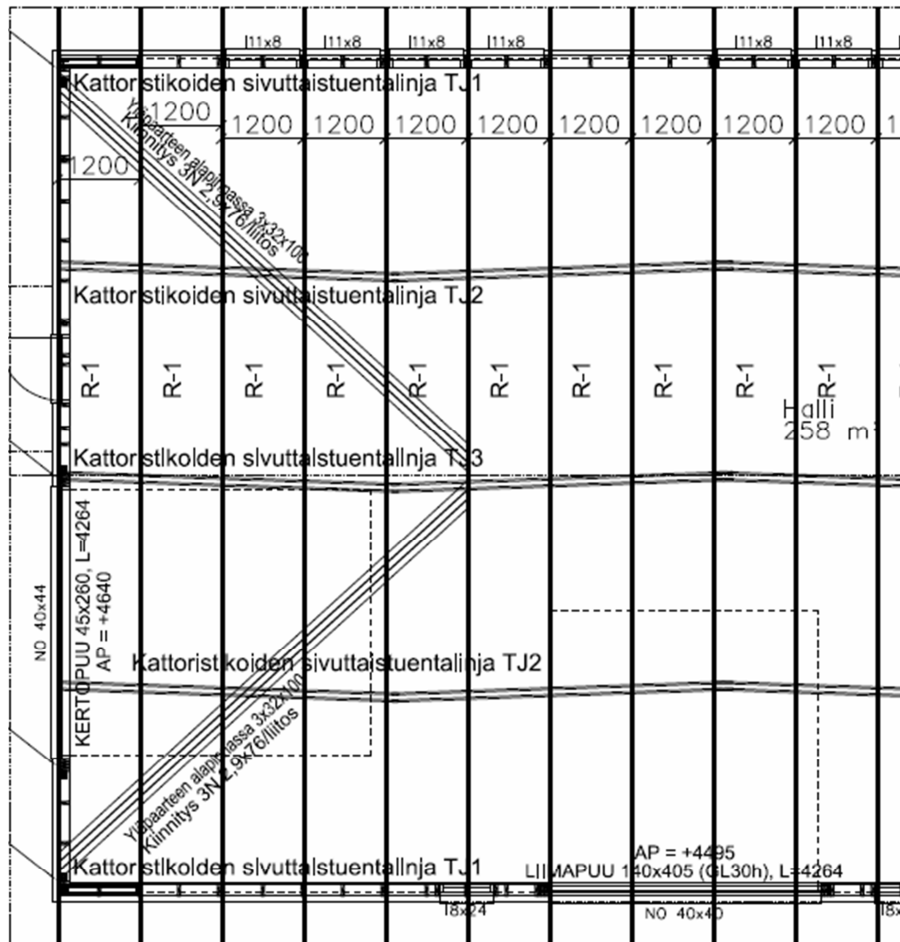
Eli kaavalla lasketaan koko jäykisteen yhdessä liitoksessa olevien naulojen leikkauskestävyys.

$$\text{Mitoitusehtona } \frac{V_d}{V_{Rd,JK}} \leq 1 \quad (25)$$

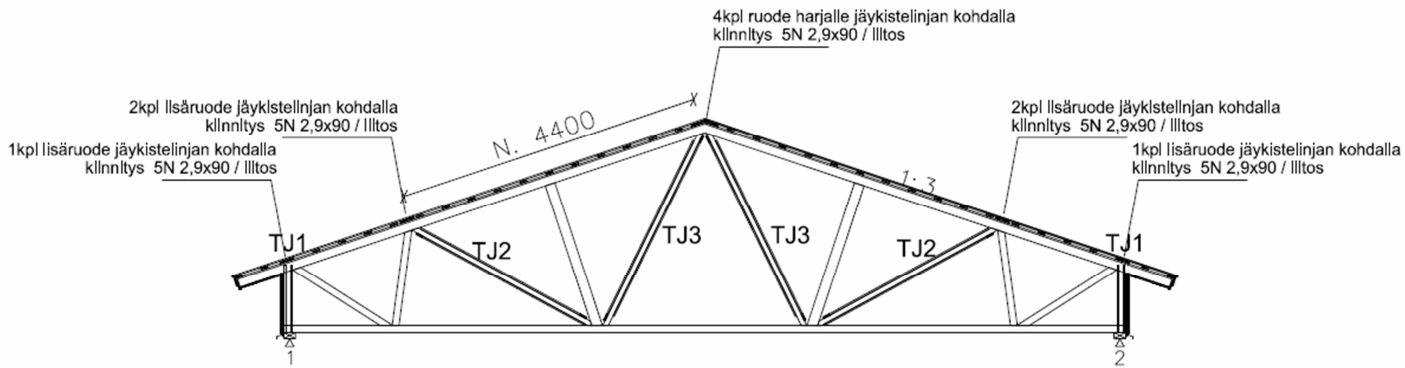
(Puuinfo Oy 2010, 124.)

3.4.4 Rakennuksen kattoristikoiden tuentalinjat

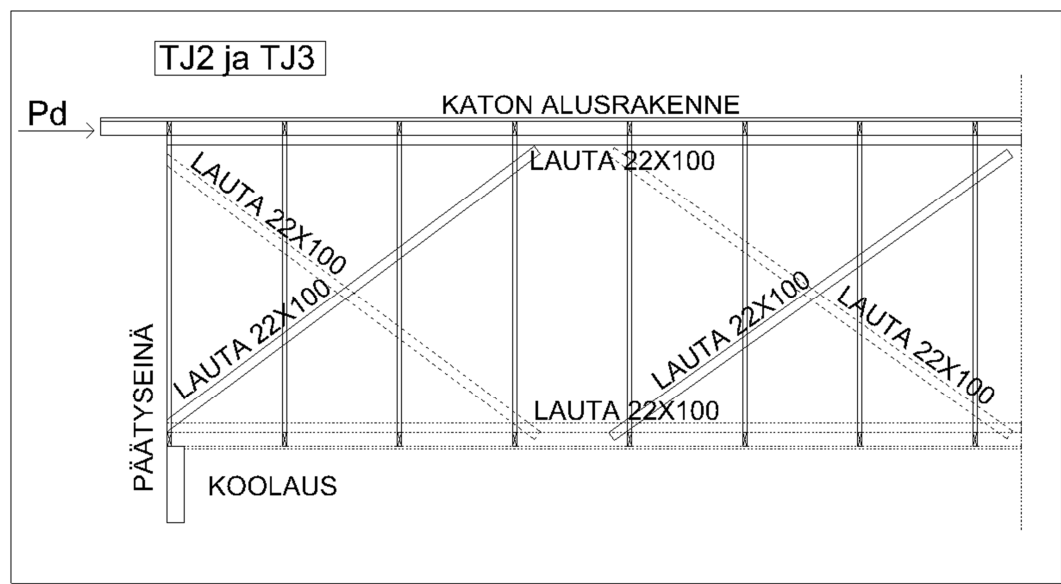
Kattoristikoiden tuulijäykistelinjat tehdään vinolaudoituksilla kattoristikoiden sisä-sauvojen kylkeen. Tuulijäykistelinjat tehdään sivuseinien välillä rakennuksen päästä päähän. Korttesniemellä kattorakenteet kasataan kivijalan päällä valmiiksi lohkoiksi, jolloin koko rakennuksen pituudelle tehtävä jäykistelinja toimii jo asennuksen ja lohkojen nostojen aikana väliaikaisena tuentana. Kuvioissa 19-21 on selvitetty kuvallisesti jäykistyslinjojen rakenteita.



Kuvio 19. Tasokuva esimerkkinä olevan hallin yläpohjasta.



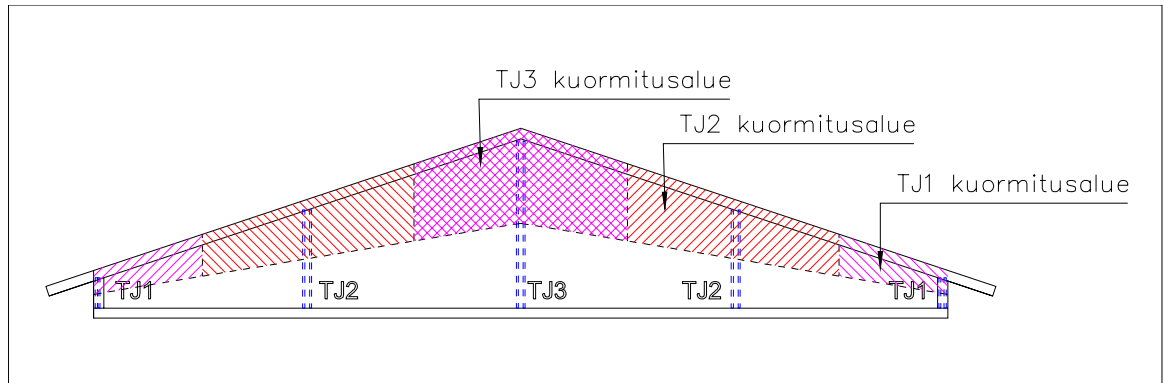
Kuvio 20. Ristikoiden tuentalinjat TJ1-TJ3.



Kuvio 21. Ristikoiden tuentalinja.

Yläpohjan ulkoiset vaakakuormat tuuli ja lisävaakavoimat siirretään tuulijäykisteillä alapaarretasolle. Sisäinen yläpaarteiden nurjahdustuennasta aiheutuva jäykistyskuorma pidetään yläpaarretasossa tuentalinjojen kohdalle sijoitettavilla lisäruoteilla. (RIL 248-2013, 26.) Laskentaohjelmassa yläpaarretasoon vaikuttava ulkoisten voimien viivakuorma on muutettu neliökuormaksi ja yhdelle jäykistelinjalle kertyvä kuorma määräytyy vaikutusalueen pinta-alan mukaisesti. Vaikutusalueen pinta-alan huomioidaan päätykolmion korkeudesta ylempi puolikas, koska puolet tuulikuormasta välittyy suoraan alapaarretason jäykisteelle. Kuviossa 22 on esitetty

päätykolmion kuormitusalat kullekin tuentalinjalle. Alapaarretasoon siirrettäville kuormille tehdään vastaavat mitoituskuorman kuormitusyhdistelmät kuin yläpaarretason jäykisteen mitoituksessa. Mitoitus suoritetaan suurimman kuorman arvon tuottavalle kuormitusyhdistelmälle.

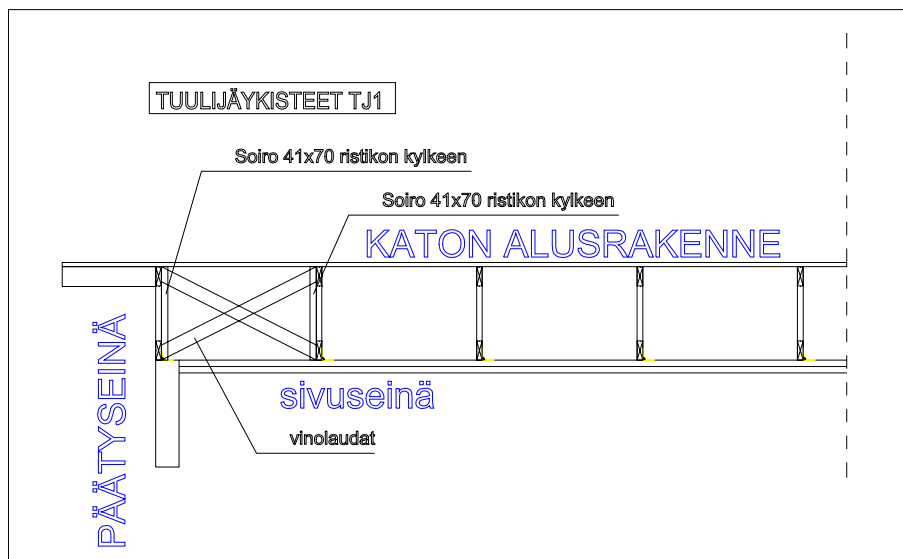


Kuvio 22. Jäykistelinjojen kuormitusalueet.

Tuulijäykistelinjoissa olevilla kolmen ristikkovälin levyisillä vinolautapareilla otetaan vastaan päätyyn tuleva vaakakuorma. Ristikon uumasauvan ylä- ja alareunaan naulattavilla vaakajuoksuilla yhdistetään vinolautaparit toimimaan yhdessä vaakakuormaa vastaan. Eli jäykistelinjan kokonaisjäykistyskapasiteetti saadaan kaikkien jäykistelinjassa olevien vinolautaparien summana. Vinolautojen kestävyys laskeaan puristus- ja nurjahduskestävyyden kautta leikkausvoimalle V_d . Eli mitoituksen kulku on vastaava kuin yläpaarretasoon naulatuilla vinolautoilla. Ensin selvitetään laudan nurjahduskestävyys ja tarkistetaan kentässä olevien vinolautojen kestävyys. Lautojen naulaliitokset mitoitetaan leikkaavalle voimalle sekä laudan suunnassa vaikuttavalle normaalivoimalle. Vinolautaparin molemmat laudat mitoitetaan puristettuina sauvoina. Lautojen vetokestävyys ei tule mitoittavaksi rasiustilanteeksi. Vaakasuuntaisia lautoja ei tarvitse erikseen mitoittaa, koska niiden puristuspituus on lyhyempi kuin vinottaisten lautojen.

Sivuseinien päälle tulevien jäykistelinjojen kuormat jäävät yleensä melko pieniksi, kun tuentalinjat tehdään leveyden neljäsosapisteisiin. Tällöin vinolautapareja riittää yleensä muutama. Ristikon tukikorkeuden ollessa matala naulataan ristikon kylkeen apusoivot, joihin vinolaudat saadaan kiinnitettyä. Näin laudat saadaan hie- man enemmän vinoon. Mitoituksen kulku tapahtuu aivan vastaavasti kuin muiden-

kin tuentalinjojen. Tuentalinjojen mitoitus esimerkki löytyy liitteenä olevista laskelmista.



Kuvio 23. Sivuseinän päälle tuleva tuulijäkiste

3.5 Ristikon nurjahdukselle alttiiden uumasauvojen tuenta

Kattoristikoiden puristettuna olevat uumasauvat suunnitellaan siten, että nurjahdusta ei pääse ikinä tapahtumaan rakenteen tason suunnassa. Rakenteen tasoa vasten kohtisuorassa suunnassa nurjahdustuenta voidaan joutua tekemään, mikäli sauva ei itsessään ole riittävän jäykkä. Nämä sauvat on merkitty ristikkosuunnitelmiin ja itse ristikoissa sauvat on merkitty esim. maalaamalla. (RIL 248-2013, 16.) Ristikkosuunnittelija siis määrittää, mitkä uumasauvat tulee erikseen tukea nurjahdusvaaran takia. Ristikkosuunnitelmissa on annettu ohjeet siitä kuinka uumasauvat tulee tukea, montako sauvaa saa tukea yhdellä vinolautaparilla ja kuinka liitokset tulee toteuttaa. Eli käytännössä ristikkosuunnittelija suunnittelee uumasauvan tuennan. Kuviossa 24 on esitetty ristikkosuunnitelman ohje uumasauvan nurjahdustuennan toteutukselle. Muutamissa Korttesniemellä toteutetuissa isommissa kohteissa, joissa on täytynyt teettää kolmannen osapuolen tarkistus kantaville rakenteille, on tarkastava osapuoli pyytänyt vastaavaa rakennesuunnittelijaa tarkistamaan uumasauvan nurjahdustuennan. Siksi laskentaohjelmaan on myös tuo uumasauvan nurjahdustuennan laskenta otettu mukaan.

RAK K59-942/1 R1
60 Kpl K-JAKO 900

Nautojen max.paksuus nurjahdus- ja jäykistystuentejen liitoksissa 3.4 mm.

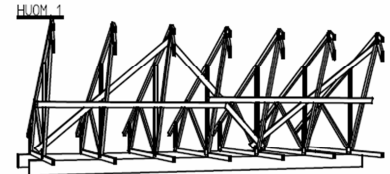
HUOM.1

Nurjahdustuenta esim. oheisen periaatekuvan mukaisesti: vaakalauta 22x100 + 3N 90x3.1 / liitos sekä sauvan toiselle puolelle vinolaudat. Yhdellä vinolautaparilla tuettavien sauvojen lukumäärä taulukossa (periaatekuvassa 4 kpl). Nurjahdustuetut sauvat on merkitty esim. maalaamalla. Rakenteen paino 296kg

PUUTAVARAN MITOITUS									
Kappale nro	bth lujuus luokka	Od	Od/Rd	side kpl	kc	Nd	Nd/Rd	Nd Md/Rd	Summa
Alapaarre:									
1	48x173 C30	1.14	.09	--	1.00	67.63	.79	284	.07
2	48x173 C30	.46	.05	--	1.00	70.60	.83	296	.07
3	48x173 C30	.46	.05	--	1.00	70.60	.83	296	.07
Yläpaarre:									
31	48x173 C30	3.55	.28	--	.95	-68.51	.66	1036	.21
32	48x173 C30	2.84	.22	--	.94	-72.19	.71	-769	.19
33	48x173 C30	2.77	.22	--	.97	-67.56	.64	-924	.23
Unosauvat:									
61	48x98 C30	-14	.02	0	.74	-5.57	.12	-67	.03
62	48x148 C30	.77	.02	0	.45	-38.13	.91	-298	.06
63	48x98 C30	.06	.01	0	1.00	31.44	.60	35	.02
64	48x125 C30	.20	.02	0	.30	-20.59	.90	-126	.04
65	48x73 C30	.02	0.00	0	1.00	15.00	.36	22	.03
66	48x98 C30	.09	.01	0	.22	-9.87	.73	-71	.03
67	48x73 C30	.04	.01	0	1.00	6.00	.14	-37	.04
68	48x73 C30	.01	0.00	0	.15	-4.62	.67	-15	.01
69	48x73 C30	.02	0.00	0	.09	-8.0	.20	11	.01
70	48x125 C30	.06	.01	1	.31	-8.63	.36	52	.02
71	48x73 C30	.01	0.00	0	.09	-3.60	.88	12	.01
72	48x98 C30	.07	.01	0	1.00	13.07	.25	89	.06

Nurjahdustuetut sauvot normaaliavoimamurtojännityksessä [kN] sekä yhdellä vinolautaparilla tuettavien sauvojen max lukumäärä.

Nro	Nd,max	Lkm	Aikalk
31	-68.5	--	Ke
32	-74.2	--	Ke
33	-68.5	--	Ke
34	-68.5	--	Ke
35	-74.2	--	Ke
36	-68.5	--	Ke
70	-8.6	7	Ke
75	-8.6	7	Ke



Kyseessä yksittäisen sauvojen nurjahdustuenta. Kokonaisjäykistys vastaavan rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan.

LITTIÖIDEN MITOITUS												
EC luokka	levy nro	Kappale nro	Fd,ed	Nd	Alfa	Beta	Ast	Avast	L	Nd,max	Nd,min	
W 60x150	61	1	1.59	0.00	90.00	90.00	3153	.36	61	.42	0.00	-5.57
		31	1.49	21.91	13.03	65.65	3297	.36	61	.42	.43	-68.51
		63	1.55	-36.51	19.51	70.49	4747	.28	98	.25	0.00	-5.57
W 240x250	62	1	14.59	-41.55	48.70	6.36	7872	.83	139	.99	0.00	-38.13
		1	15.96	870.06	45.99	45.99	37162	.31	237	.90	67.63	-0.00
		W 144x300	62	17.15	46.82	36.13	7.62	9721	.78	168	1.00	0.00
W 144x250	63	1	15.72	-8.60	48.78	.11	6927	.95	88	1.00	31.44	0.00
		31	24.27	-183.28	4.04	4.04	15529	.69	257	.99	.43	-68.51
		W 144x250	63	15.71	57.60	37.42	.06	6611	.97	109	1.00	31.44
W 144x200	64	1	8.91	-1.91	62.63	4.43	5906	.73	117	.94	0.00	-20.59
		1	16.65	-111.38	5.63	5.63	14580	.51	226	.96	67.63	-0.00
		W 144x200	64	9.17	23.98	50.22	5.54	6296	.66	130	.88	0.00
	65	1	7.50	7.80	52.62	.08	3374	.96	54	.96	15.00	0.00
		31	10.47	-8.15	5.95	5.95	11580	.41	134	.75	.43	-68.51

Kuvio 24. Nurjahdustuentaohje ristikkosuunnitelmassa.

Kun uumasauva tuetaan yhdestä pisteestä, tulee nurjahdustuki sijoittaa keskelle sauva. Kun tuentapisteitä tarvitaan useampia, tulee tuet sijoittaa tasavälein. Tukisauvat ovat yleensä lauttaa ja ne mitoitetaan yleensä vetovoimille, koska niiden dimensiot ovat niin pienet, että niitä ei voida mitoittaa puristettuina sauvoina. (RIL 248-2013, 16.) Suomessa otetaan sahatavarasauvan nurjahdustuella vakauttavaksi nurjahdustuentavoiman mitoitusarvoksi vähintään

$F_d = \frac{N_d}{50}$, missä N_d on sauvojen puristusvoiman mitoitusarvo, joka saadaan ristikkosuunnitelmasta. Kaava perustuu sahatavarasaavalle oletettuun alkukäyryteen $L/300$. Kun vierekkäisten ristikkoiden uumasauvat sidotaan toisiinsa kiinni, saadaan jäykistävän voiman vaakakomponentti kaavasta

$$F_{n,d} = nF_d. \quad (26)$$

Kaavassa n on yhdellä vinolautaparilla tuettujen sauvojen määrä. (RIL 248-2013, 16.)

Vaakasuurtaiset nurjahdustukilaudat ja jatkosliitokset mitoitetaan voimalle $(n-1)F_d$, kun tuettujen uumasauvojen tuentavoima otetaan suoraan vinositeellä. Vinosidonalla kuormitukset viedään NR-rakenteen ylä- ja alapaarretasolle. Tuettujen uumasauvojen päät tulee olla kytkettynä toisiinsa vaakasaavalla. Yhteen kytkettävänä sauvana voi toimia vesikaton ruodelaudoitusta tai alapaarretasossa esim.

yläpohjan levytyksen harvalaudoitus. Yleensä ruodelaudoituksen käyttöaste tulee jo korkeaksi muista kuormista ja sen kapasiteetti ei riitä ottamaan uumasauvan tuennasta aiheutuvaa nurjahdustukivoimaa $(n - 1)F_{n,d}$. Liitosten mitoituksessa tulisi siis huomioida vielä kyseinen kuorma. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös uumasauvojen päissä erillistä vaakasauvaa. Tämän vaakasauvan dimensiot ja liitoksen ovat vastaavat kuin varsinaisena nurjahdustukena olevalla laudalla. (RIL 248-2013, 17, 58.) Tämä ala- ja yläpaarten laudoitusten kestävyys uumasauvan nurjahdustuenta voimalle päärakennesuunnittelijan tulisi tarkistaa, koska ristikko-suunnittelija ei ota niiden mitoitukseen kantaa.

Vinosidelaudat ja niiden liitokset mitoitetaan vähintään voimalle

$$F_{n\alpha,d} = \frac{F_{n,d}}{\cos \alpha} \quad (27)$$

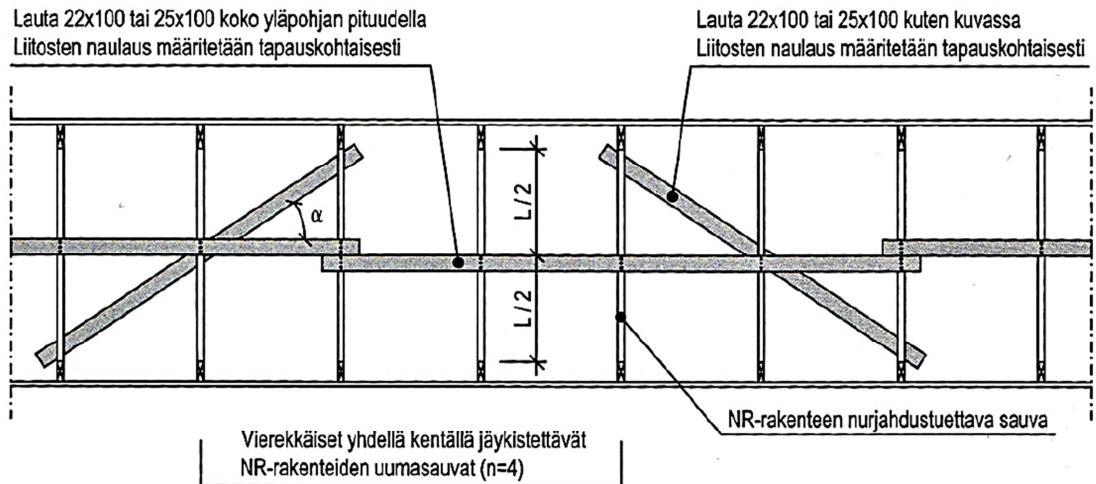
Kulma α on vinositeen ja vaakalaudan välinen kulma (RIL 248-2013, 17). Eurokoodi 5:n Suomen kansallisen liitteen mukaan jokaisen tuen jousijäykkyyden C tulee täyttää ehto

$$C \geq \left(2 + 2 \cos\left(\frac{180^\circ}{m}\right)\right) * \frac{N_d}{a} \quad (28)$$

missä

C	on nurjahdustuennan jäykkyys
m	on välein a tuettujen kenttien lukumäärä
N_d	uumasauvan puristusvoiman mitoitusarvo
a	uumasauvan tuentaväli eli vaakasuuntaisten tukilautojen väli

(RIL 248-2013, 17).



Kuvio 25. Esimerkki uumasauvan nurjahdustuennasta (RIL 248-2013, 16).

Nurjahdustuennan jäykkyys määritetään laskennallisten liitosliukumien perusteella. Käytetään esimerkkinä yllä olevaa kuvaa. Kun yhdellä jäykistyskentällä tuetaan 4 uumasauvaa ja vaakalaudat ovat vähintään kolmen ristikkovälin pituisia huomioidaan jäykkyyslaskennassa seuraavat liitosliikumukset:

- vaakasuuntaisen nurjahdustukilaudan ja uumasauvan liitoksen liukuma voimasta F_d
- vaakatukilaudan jatkosten eli laudan päiden ja uumasauvan liitoksen liukuma voimasta $2F_d$ (jatkos oletetaan pahimpaan paikkaan eli vinositeen viereiseen uumasauvaan)
- vaakatukilaudan ja vinosidotun uumasauvan liitoksen liukuma voimasta $3F_d$
- vinositeen päiden liitoksissa vaakasuuntainen liitosliukuma voimasta $F_{n\alpha,d}$. (RIL 248-2013,17).

F_d on vakauttava nurjahdustuentavoima ja $F_{n\alpha,d}$ on vinosidonnan liitoksissa vaikuttava voima.

Nurjahdustuennan jäykkyys voidaan näin ollen laskea kaavasta

$$C = \frac{F_d}{\delta} = \frac{F_d}{\frac{(1+2+3+3)Q_d+2Q_{\alpha,d}}{K_{u,fin}}} = \frac{K_{u,fin}}{9Q_d+2Q_{\alpha,d}} F_d \quad (29)$$

missä

- Q_d on kiinnikkeen leikkausvoima vaakalaudan ja uumasauvan välisessä liitoksessa voimasta F_d eli $Q_d = \frac{F_d}{n}$
- $Q_{\alpha,d}$ on kiinnikkeen leikkausvoiman vaakakomponentti vinositeen liitoksessa voimasta $F_{n,d}$ eli $Q_{\alpha,d} = \frac{F_{n,d}}{n}$
- $K_{u,fin}$ on kiinnikkeen murtorajatilan keskimääräinen lopputilan siirtymäkerroin.

$$K_{u,fin} = \frac{\frac{2}{3}K_{ser}}{(1+\psi_2)k_{def}} \quad (30)$$

missä

- k_{def} on tässä käyttöluokasta riippuva liitoksen virumaluku, kun liitin yhdistää kahta puuosaa, joiden ajasta riippuva toiminta on samanlainen, käytetään liitoksen virumaluvulle kaksinkertaista arvoa. Tässä tilanteessa yhdistetään toisiinsa sahatavaraa käyttöluokassa 2, jolloin virumaluku on $2 \cdot 0,8 = 1,6$.
- ψ_2 on yhdistelykerroin kuorman pitkäaikaisarvolle. Käytetään yhdistelykerrointa sille muuttuvalle kuormalle, joka aiheuttaa lujuuteen nähden suurimman jännityksen, tässä tapauksessa lumikuormalle eli $\psi_2 = 0,2$.
- K_{ser} on esiporaamattoman naula- ja ruuviliitoksen siirtymäkerroin $K_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{d^{0,8}}{30}$ [N/mm]. ρ_m on sahatavaran keskimääräinen tiheys [kg/m³] ja d liittimen halkaisijan nimellismitta [mm]. Sahatavaran keskimääräinen tiheys valitaan liitettävistä puutavaroista huonomman lujusluokan omaavan materiaalin mukaan.

(RIL 248-2013, 18, 58-59; RIL 205-1-2017, 29,46,50.)

Nurjahdustuntojen liitoksissa tulee ottaa huomioon, että kiinnikevälit, reuna- ja päätyetäisyydet ovat riittävät ja täyttävät vaaditut vähimmäisarvot sekä uumasauvan, että tukilaudan osalta. Päätyetäisyys vaatimusten takia laudat täytyy jatkoksissa limittää eli päittäisjatkoksia ei voi käyttää. (RIL 248-2013, 19.)

4 YLÄPAARTEEN NURJAHDUSTUENTA

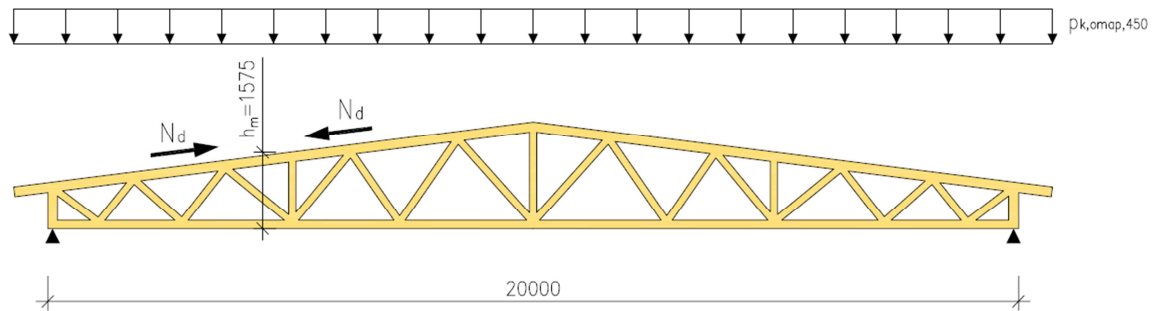
4.1 Yleistä

NR-rakenteiden puristetut paarteet tarvitsevat yleensä nurjahdustuennan rakenteen tasoa vasten kohtisuorassa suunnassa. Yläpaarteissa puristavaa voimaa aiheuttavat katon omapaino ja lumikuorma. Näille kuormille nurjahdustuenta myös mitoitetaan. Yläpaarteiden lisäksi muita tuettavia paarteita ovat esimerkiksi irtoharjallisen ristikon yläosassa oleva vaakapaarre sekä ulokkeellisen kannattajan tai keskeltä tuetun ristikon alapaarre, joka vaatii kiepahdustuennan. (RIL 248-2013, 19.)

4.2 Kuormitus

Yläpaarteiden sivuttaistuennasta aiheutuva vaakakuormitus on jäykistystason sisäinen kuorma. Eli sauvoihin kohdistuu tasapainoehtojen mukaisesti tuentavoimiin nähden yhtä suuri vastakkaissuuntainen voima. Tuentavoimat pyritään pitämään yläpaarretasossa. Käytännössä tuentavoimat palautetaan yläpaarretasoon päätyjen jäykistyskenttien tuentapisteisiin sijoitetuilla puristussauvoilla, tässä tapauksessa lisäruoteilla. Mikäli tuentavoimia ei eliminoida suljetulla systeemillä, voidaan tuentavoimat joutua siirtämään jopa perusrakenteiden kautta takaisin vesikattotasoon. (RIL 248-2013, 14-15.)

Yläpaarretason sisäisen jäykistyskuorman selvittämiseksi lasketaan ensin omapainon ja lumikuorman aiheuttama keskimääräinen puristusvoima.



Kuvio 26. Yläpaarteen kuormituskaavio
(Puuinfo Oy 2010, 108).

Kuvion 26 mukainen jatkuvan kuorman aiheuttama momentti ristikon tukipisteiden välillä

$$M_k = \frac{kP_kL^2}{8} \quad (31)$$

missä

k	kattoristikkojako
P_k	kuormitus (omapaino tai lumikuorma)
L	ristikon alapaarteen jänneväli

ja keskimääräinen puristusvoima

$$N_k = \frac{M_k}{a} \quad (32)$$

missä

a	kattoristikon keskimääräinen korkeus
---	--------------------------------------

(Puuinfo Oy 2010, 108).

Lumikuorman ja omapainon aiheuttama puristusvoima muutetaan murtorajatilan mitoituskuormaksi

$$N_d = 1,15 * g_k + 1,5 * q_k \quad (33)$$

(RIL 248-2013, 48). Kun liitteen mitoituksissa kattoruoteet mitoitetaan toimimaan sekä vedettyinä että puristettuina sauvoina ja peltikatteen kiinnitys mitoitetaan niin, että se pystyy siirtämään tuentapisteen kuormaa viereiselle ruoteelle. Vesikattota-

son jäykistys mitoitetaan tuulikuorman ja lisävaakavoimien lisäksi puristettujen yläpaarteiden aiheuttamalle stabiloivalle kuormitukselle, joka on ensimmäisen nurjahdusmuodon mukainen eli muodon, jossa paarteet kaartuvat yhteen suuntaan.

$$q_d = k_l \frac{nN_d}{50l} \quad (34)$$

missä

N_d on yläpaarteen keskimääräisen puristusvoiman mitoitusarvo

n on jäykistyskenttään sidottujen vierekkäisten ristikoiden lukumäärä

l on jäykistysjärjestelmän pisin mahdollinen nurjahdusaallon pituus eli lappeen pituus

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

ottaa huomioon sen, että yli 15m pitkillä paarteilla sivuttainen käyryys saa olla enintään 50mm. Lyhyemmillä paarteilla sallitaan $L/300$.

(RIL 248-2013, 44).

Mikäli ruoteet toimivat vain vedettyinä sauvoina ja peltikate ei pysty siirtämään voimia, tulee jäykistyskenttä tarkistaa myös paarteiden S-nurjahdusmuodolle. Jäykistysjärjestelmälle kohdistuu kuormitus

$$q_{np,d} = \frac{nkN_d}{100a} \quad (35)$$

missä k on NR-suunnitelmassa esitettyä ruodejakoa a vastaava paarteen nurjahdustuennan käyttöaste. Jäykistysjärjestelmän kuormana käytetään suuremman arvon saavaa kuormaa. (RIL 248-2013, 44.)

Yläpaarteen keskimääräinen puristusvoima voidaan myös määrittää riittävällä tarkkuudella kertomalla NR-suunnitelmassa esitetty keskipitkän aikaluokan puristusvoima kertoimella 0,85 (RIL 248-2013, 49).

4.3 Ruoteiden mitoitus nurjahdustuennaksi

Käytetään siis ruodelaudoitusta yläpaarteiden nurjahdustuentana. Ruoteiden tehtävä on kuljettaa paarteiden sivuttaistuennasta ja lisävaakavoimista aiheutuvat kuormitukset päädyissä oleville jäykistyskentille. Ruoteet kuljettavat myös tuulen vesikattoon aiheuttamat kitkavoimat jäykisteille ja tasoittavat päätyjen tuulikuormien väliset erot. (RIL 248-2013, 49.)

Ruoteiden mitoituksessa tulee tarkistaa ruoteiden kestävyys kuormituksille. Ruodetta kuormittaa keskipitkässä aikaluokassa tuentakuormituksesta ja lisävaakavoimasta aiheutuva normaalivoima sekä vesikatteenpainon ja lumikuorman aiheuttama taivutusmomentti. Kattoruode mitoitetaan jatkuvana palkkina, jonka jänneväli on 1,2m. Ruode mitoitetaan vedettynä tukimomentin kohdalla ja puristettuna kentässä. Ruoteen tulee kestää puristuksen ja taivutuksen yhteisvaikutus ja vedon ja taivutuksen yhteisvaikutus, jolloin ruode toimii systeemissä sekä vedettynä että puristettuna. (RIL 248-2013, 51-52.) Laskennassa käytettävät kaavat löytyvät liitteen laskelmista.

Liitoksista tulee mitoittaa ruoteen liitos ristikkoon ja tuuletusriman liitos ristikkoon. Ruoteiden jatkosten kiinnitykset ja liitokset jäykistäviin ristikoihin mitoitetaan vielä erikseen. (RIL 248-2013, 51-52.)

Ruoteiden liitokset tulee mitoittaa voimalle

$$F_{p,d} = k_n * \frac{N_{p,d}}{50} \quad (36)$$

missä

$N_{p,d}$ on paarteen keskimääräinen puristusvoima
 k_n on ristikkosuunnitelmassa käytettyä ruodeväliä vastaava paarteen sivusuunnan nurjahduksen käyttöaste ($\leq 1,0$)

(RIL 248-2013, 19).

Yleensä ristikkosuunnitelmissa nurjahdustuentaan käytetty ruodejako on suurempi kuin todellinen käytetty ruodejako. Tiheämpi ruodejako voidaan huomioida ruoteiden ja liitosten mitoituksessa (Puuinfo Oy 2010, 114). Tällöin edellinen kaava voidaan kirjoittaa muotoon

$$F_{p,d} = k_n * \frac{N_{p,d}}{50} * \frac{a}{a_{NR}} \quad (37)$$

missä

- a on todellinen ruodejako
 a_{NR} on ristikkosuunnitelmassa nurjahdustuentana käytetty ruodejako

Tuuletusriman kiinnikeväli tulee täyttää ehto

$$s \leq \frac{R_d * a}{F_{p,d}} \quad (38)$$

(RIL 248-2013, 35).

missä

- $F_{p,d}$ on edellä esitetty nurjahdustuentavoima
 a on ruodejako
 R_d on naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo.

Ruoteiden päätyliitokset mitoitetaan tuentavoimalla ottaen huomioon myös lisävaakavoima. Jatkosvoima lasketaan kaavasta

$$F_{np,d} + q_{hd}a = a(q_d + q_{H,d}) \geq F_{p,d} + q_{H,d}a \quad (39)$$

missä

- a on ruodejako
 q_d on ensimmäisen nurjahdusmuodon mukainen tuentavoima
 $q_{H,d}$ on lisävaakavoimavoiman mitotus arvo. HUOM! kuorma päätyä kohden. Lisävaakavoiman laskennasta tarkemmin vesikattotason jäykistyksen laskennassa.
 $F_{p,d}$ on yhdessä ruodeliitoksessa vaikuttava vaakavoima

(RIL 248-2013, 20,22 ja 51.)

Lisäksi tulee tarkistaa yläpaarteen nurjahdustuennan jousijäykkyys. Jokaisen ruoteen tulee täyttää jousijäykkyuden ehto

$$C \geq (2 + 2 \cos(\frac{180^\circ}{m})) * \frac{Nd}{a} \quad (40)$$

(RIL 205-1-2017, 170).

Jousijäykkyyden laskenta ketju löytyy liitteenä olevista laskemista.

4.4 Peltikatteen kiinnitys ruoteisiin ja mitoitus tuulen imukuormitukselle

Laskentaohjelmassa katon kokonaisjäykistyksen ja ruoteiden jatkosten mitoituksessa oletetaan, että peltikate ja sen kiinnitys pystyy estämään paarteiden Snurjahdusmuodon. Kate tulee kiinnittää joka ruoteeseen pituusyksikköä kohden vaikuttavalle voimalle $F_{p,d}/k$. Kaavassa k on ristikkojako. (RIL 248-2013, 51.)

Laskenta esitetty liitteen laskelmissa. Kaavan kautta saatava ruuvien määrä neliömetrille ei välttämättä ole riittävä kiinnitys tuulen imukuormitukselle. Kiinnitys imukuormitukselle täytyy tarkista erikseen. Ruoteiden kiinnitys on niin ikään tarkistettava tuulen imukuormitukselle. (RIL 248-2013,51.)

Vesikattoon aiheutuvat imukuormitukset on laskettu teoksen RIL 201-1-2017 ohjeiden mukaan pintoihin vaikuttavien painekertoimien avulla. Laskentaohjelmaan on luotu taulukkolaskenta ulkoisen paineen kertoimille eri katon vyöhykkeille. Lähtöarvoina käytetään kyseisessä teoksessa sivulla 156 esitettyjä suositusarvoja harjakatoille. Esimerkkilaskelmissa on käytetty arvoja katon kaltevuudella 15°, koska tuo kattokulma on valmiiksi annetuista arvojoukoista lähimpänä kyseisten rakennusten kattokulmaa.

Katto jaetaan vyöhykkeisiin F-I teoksen RIL 201-1-2017 sivun 155 kuvan mukaisesti. Räystään alapintaan vaikuttaa vastaava paine kuin ulkoseinään. Ohjelma laskee rakennuksen päämittojen mukaisesti vyöhykkeille pinta-alat. Räystäät huomioidaan mukaan katon mittoihin. Vyöhykkeen pinta-alojen mukaan määräytyy vyöhykkeelle ulkoisen paineen C_{pe} kerroin. Pinta-alan ollessa $\leq 1 \text{ m}^2$ määräytyy arvo taulukon arvon $C_{pe,1}$ mukaan ja pinta-alan ollessa $\geq 10 \text{ m}^2$ määräytyy arvo taulukon arvon $C_{pe,10}$ mukaan. Pinta-alan ollessa välillä 1 - 10 m^2 ohjelma laskee arvon seuraavan logaritmisen intepolaation mukaan

$$C_{pe} = C_{,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \log_{10} A \quad (41)$$

(RIL 201-1-2017, 147-148).

Sisäpuoliselle paineelle C_{pi} käytetään vaarallisemman vaikutuksen tuovaa arvoa +0,2 tai -0,3 (RIL 201-1-2017,163). Nyt kun mitoitetaan vesikattoon tulevaa imukuormitusta, käytetään arvoa 0,2.

Ohjelma laskee neliökuormat eri vyöhykkeille F-I. Kattoon vaikuttava imukuorma muodostuu ulko- ja sisäpuolisen paineen kuormaresultanttien vektorisummana

$$F_w = q_p(h) * (c_{pe} + c_{pi}) \quad (42)$$

(RIL 201-1-2017, 144). Tuulen nopeuspaineen ominaisarvona on käytetty harjan korkeudella vaikuttavaa arvoa.

Mitoituksessa käytetään suurinta vyöhykkeille muodostuvista kuorman arvoista. Laskennassa huomioidaan molemmat tuulen suunnat; tuuli kohti päätyseinää ja tuuli kohti sivuseinää. Laskennassa ruoteiden ja peltikatteen kiinnitys on tarkistettu tuulen imukuormitukselle ja imukuormituksen ja leikkauksen yhteisvaikutukselle. Kiinnikkeiden määrä mitoitetaan niin, että ulosvetokestävyys on suurempi kuin imukuorma ja että leikkaus- ja ulosvetokestävyys ovat riittäviä kuormien yhteisvaikutukselle. Kestävyys tarkistetaan ruodeliitoksessa sileäpartisten naulojen kaavalla

$$\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} + \frac{F_{v,d}}{R_{v,d}} \leq 1 \quad (43)$$

ja peltikatteen liitoksessa ruuviliitoksen kaavalla

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (44)$$

(RIL 205-1-2017, 120).

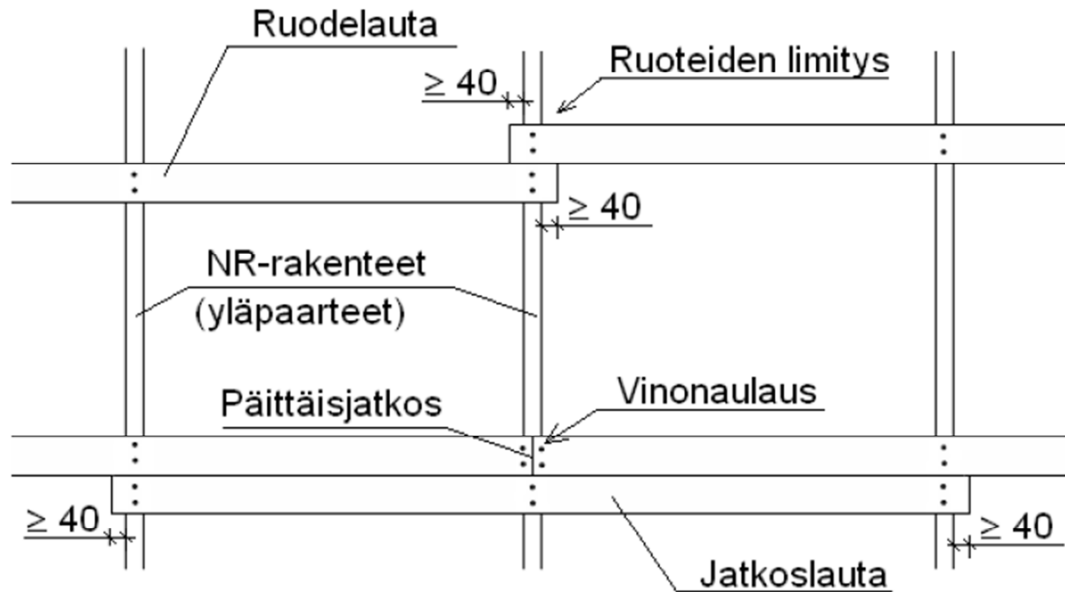
4.5 Ruoteiden kiinnityksestä

Ruoteiden kiinnityksissä on huomioitava käytettävien kiinnikkeiden paksuus. Riskosuunnitelmissa esitetään ruoteiden ja nurjahdustukien kiinnityksessä käytettä-

vien kiinnikkeiden suurin sallittu paksuus. Ristikoissa käytetään yleisesti 42mm paksua puutavaraa alle 15m jännevälille tuleville ristikoille. Suuremmilla paarrepi-tuuksilla puutavara muuttuu yleensä 48mm paksuksi. Ristikoissa, jotka on valmis-tettu 42mm puutavarasta, voidaan kiinnityksissä käyttää enintään 3mm paksuja nauloja. Tällöin käytetään 2,9mm konenauloja ja 48mm puutavarasta valmistetuil-la ristikoilla voidaan käyttää 3,1mm konenauloja. Tämä perustuu siihen, että Euro-koodi 5:n mukaan esiporaamattomien naulojen reunaetäisyys tulee olla vähintään 7d, kun naulan paksuus d on alle 5mm ja puutavaran lujuusluokka on enintään C40. (RIL 248-2013, 33.)

Aluskatteen yhteydessä käytetään ruoteen alla korotusrimaa, että peltikatteen ja aluskatteen väliin saadaan tuulettuva ilmatila. Korotusriman leveys tulee olla vä-hintään 48mm. 22-32mm paksuille rimoille suositeltava minimikiinnitys on naula 2,8x75 K400. (RIL 248-2013, 34.)

Ruoteiden jatkoksissa tulee huomioida riittävät päätyetäisyydet, mikäli liitos on voimaa välittävä. Esimerkki halleissa on korokerimana käytetty 22x50 puutavaraa ja sen päällä ei pystytä ruoteiden päittäisjatkoksia toteuttamaan, koska päätyetäi-syyden tulisi olla 15d eli esimerkiksi 2,9mm naulalla vähintään 43,5mm. Ruoteet täytyy siis jatkoksissa limittää ja viedä riittävästi yli ristikon, että päätyetäisyydet täytyvät. Toinen vaihtoehto on tehdä päittäisliitos ja käyttää vieressä jatkoslautaa, joka ulotetaan viereisille ristikoille. Molemmat tavat esitetty kuvassa. Voimaa välit-tämättömissä liitoksissa voidaan käyttää päittäisjatkoksi. Ristikkosuunnitelmissa esitetään yläpaarteen nurjahdustuentaväli ja jos käytetty ruodeväli on enintään puolet nurjahdustuentavälistä ja enintään 400mm, voidaan ruoteet jatkaa päittäis-liitoksella, kun vierekkäisiä jatkoksia ei tehdä samalle ristikolle. Eli joka toinen ruo-de toimii nurjahdustuentana ja tällöin väliin jäävän päittäisliitoksen ei tarvitse toimia voimaa välittävänä. (RIL 248-2013, 35.)



Kuvio 27. Ruoteiden limijatkos ja jatkoslauta (RIL 248-2013, 35).

4.6 Päätyjen jäykistekenttien tuentapisteisiin sijoitettavat lisäruoteet

Yläpaarteen nurjahdustuennasta aiheutuva osuus jäykistyskentän tukireaktioista palautetaan takaisin vesikattotasoon tuentapisteiden kohdalle sijoitetuilla lisäruoteilla (RIL 248-2013, 53). Tukipisteinä toimivat sivuseinä- ja harjalinjalle sekä lappeen puoliväliin sijoitetut tuentalinjat tai NR-pukit. Jäykistysristikoiden ja pukki- en tapauksessa tukireaktioiden arvot saadaan sivuseinille ja harjalle kaavasta

$$T_d = \frac{3}{16} q_d L \quad (45)$$

ja lappeen puoliväliin kaavasta

$$T_d = \frac{5}{8} q_d L \quad (46)$$

L:n ollessa jäykisteristikon pituus. Ruoteiden määrä lasketaan ruoteen puristuskestävyyden kautta

$$N_{c,d} = k_c * b * h * f_{0,d} \quad (47)$$

Nurjahdustuenta voimat aiheutuvat rakenteiden omasta painosta ja lumikuormasta, joten puristuskestävyyden mitoitusarvoa $f_{0,d}$ määritettäessä täytyy muistaa, että kyseessä on keskipitkän aikaluokan kuormitustilanne.

Tarvittava ruoteiden määrä tukipisteessä saadaan

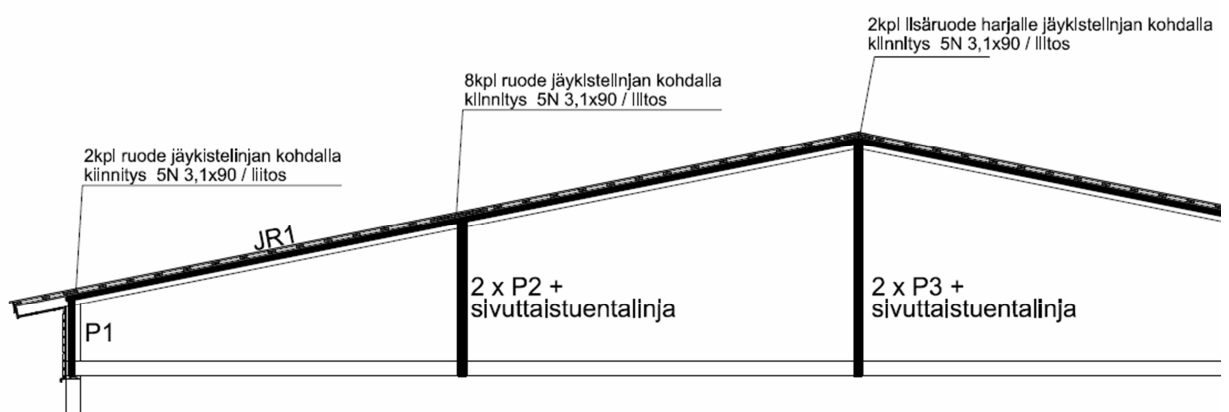
$$n_{ruode} = \frac{T_d}{N_{c,d}} \quad (48)$$

(RIL 248-2013, 53). Yleensä liitoksen naulamäärä mitoittaa kuitenkin tarvittavan ruoteiden määrän. Otetaan esimerkiksi liitteenä olevan kylmän hallin laskenta, jossa ruoteen puristuskestävyyden kannalta harjalla ja sivuseinällä tarvittaisiin 1kpl lisäruode ja puolivälissä lapetta 2kpl lisäruodetta. Liitosten mitoitus kasvattaa kuitenkin tarvittavaa ruodemäärää. Yhteen 32x100 ruoteen liitoksen saadaan mah-
tumaan

$\frac{h}{5d} - 1 = \frac{100}{5 \cdot 3,1} - 1 \approx 5$ naulaa (RIL 248-2013, 53). Yhden naulan leikkauskestävyy-

den ollessa 0,53kN saadaan laskettua kaavalla $n = \frac{T_d}{R_d}$, että yhdellä yläpaarten

liitoksella tarvitaan harjalla ja sivuseinällä 6kpl naulaa ja lappeen puolivälissä 39kpl naulaa. Kun yhdelle laudalle mahtuu 5kpl naulaa, saadaan tarvittavaksi lautamääräksi harjalle ja sivuseinälle 2 lautaa ja puoliväliin lapetta 8 lautaa. Harjalla on kuitenkin huomioitava, että lisäruoteita tulee molemmilta lappeilta 2kpl. Lisäruoteet asennetaan rinnakkain yhtenäiseksi kentäksi pukkiristikoiden kohdalle.



Kuvio 28. Lisäruoteet.

5 RAKENNUKSEN YLÄPOHJATASON JÄYKISTYS

Laskentaohjelmalla luotiin laskentaketjut, joilla voidaan mitoittaa yläpohjan eli risti-
kon alapaarretason jäykisteet käyttämällä levyjäykisteitä tai vinolaudoitusta jäykis-
teenä. Jäykän yläpohjataso tehtävänä on siirtää sille tulevat vaakakuormat edel-
leen jäykistäville seinille, joiden välityksellä kuormat siirretään perustuksille.

5.1 Yläpohjatasoon vaikuttavat kuormat

Lähes aina riittää, että rakennuksen stabiileetti tarkistetaan kahdelle tuulensuun-
nalle eli tuuli kohti rakennuksen päätyseinää ja tuuli kohti rakennuksen sivuseinää.
Rakennuksen epäsymmetrisestä jäykistyksestä syntyvät kiertävät voimat voidaan
myös jättää yleensä huomioimatta. (Gyproc 2016, 454.)

Rakennuksen yläpohjataso yläpuolella vaikuttavat vaakakuormat tulevat koko-
naisuudessaan rasittamaan yläpohjataso jäykistystä. Yläpohjataso ja sokkelin
väliseen alueeseen kohdistuvasta tuulikuormasta puolet välittyy suoraan sokkelille
ja puolet yläpohjan jäykisteelle. Yläpohjatasoon vaikuttava kokonaisvaakakuorma
saadaan laskemalla yhteen kattoon vaikuttavat vaakavoimat ja puolet seiniin vai-
kuttavista vaakavoimista. (Gyproc 2016, 454.)

5.1.1 Kuormitukset kun tuuli kohti rakennuksen sivuseinää

Kuormien laskennassa lasketaan kuormat yläpohjataso suunnassa vaikuttavana
viivakuormana. Tuulikuorman lisäksi huomioidaan lisävaakavoimat kattorakenteen
omasta painosta ja lumikuormasta. Lisävaakavoimat lasketaan kaavasta

$$q_{HB,k} = \frac{q_k * B}{150} \text{ [kN/m]} \quad (49)$$

missä

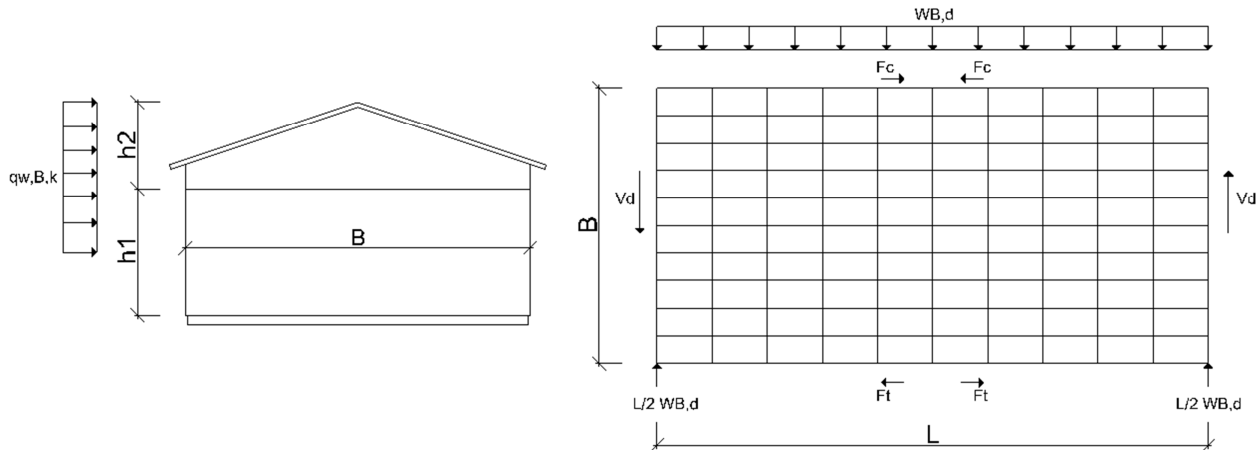
B on rakennuksen leveys

(RIL 248-2013, 60-61).

Tuulikuormitus sivuseinälle lasketaan kattoon kohdistuvan tuulikuorman ja puolen seinärakenteeseen kohdistuvan tuulikuorman summasta eli

$$q_{w,B,k} = q_{w,k} * (h_2 + \frac{h_1}{2}) \quad (50)$$

Missä tuulenpaine $q_{w,k} = c_f * q_k(h)$. (RIL 248-2013, 61).



Kuvio 29. Kuormitukset vesikattotasoon rakennuksen lyhyemmässä suunnassa.

Laskennassa tarvitaan jatkossa näiden kuormien murtorajatilan sekä käyttörajatilan kuormitusyhdistelmiä. Murtorajatilan kuormitusyhdistelmäksi esimerkkilaskentojen halleissa tuli hetkellisen aikaluokan kuormitusyhdistelmä, tuuli määräävänä muuttuvana kuormana eli

$$W_{B,d} = 1,15 * g_{HB,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{HB,k} + 1,5 * q_{w,B,k}, \psi_0 = 0,7 \quad (51)$$

Pienehköissä puurakenteisissa rakennuksissa tämä tulee käytännössä aina määrääväksi kuormitusyhdistelmäksi, koska lisävaakavoimat jäävät hyvin vaatimattomiksi. Käyttörajatilan kuormitusyhdistelmässä kuormat lasketaan yhteen ilman kertoimia eli

$$W_{B,k} = g_{HB,k} + q_{HB,k} + q_{w,B,k} \quad (52)$$

5.1.2 Kuormitukset kun tuuli kohti rakennuksen päätyseinää

Tilanteessa, missä tuuli on kohti päätyseinää, kuormat huomioidaan seuraavasti. Ristikon yläparretasossa vaikuttavat voimat tuodaan yläpohjatasoon laskentaohjelmassa joko pukkiristikoiden tai pystytuentalinjojen avulla. Yläparretasosta tuo-

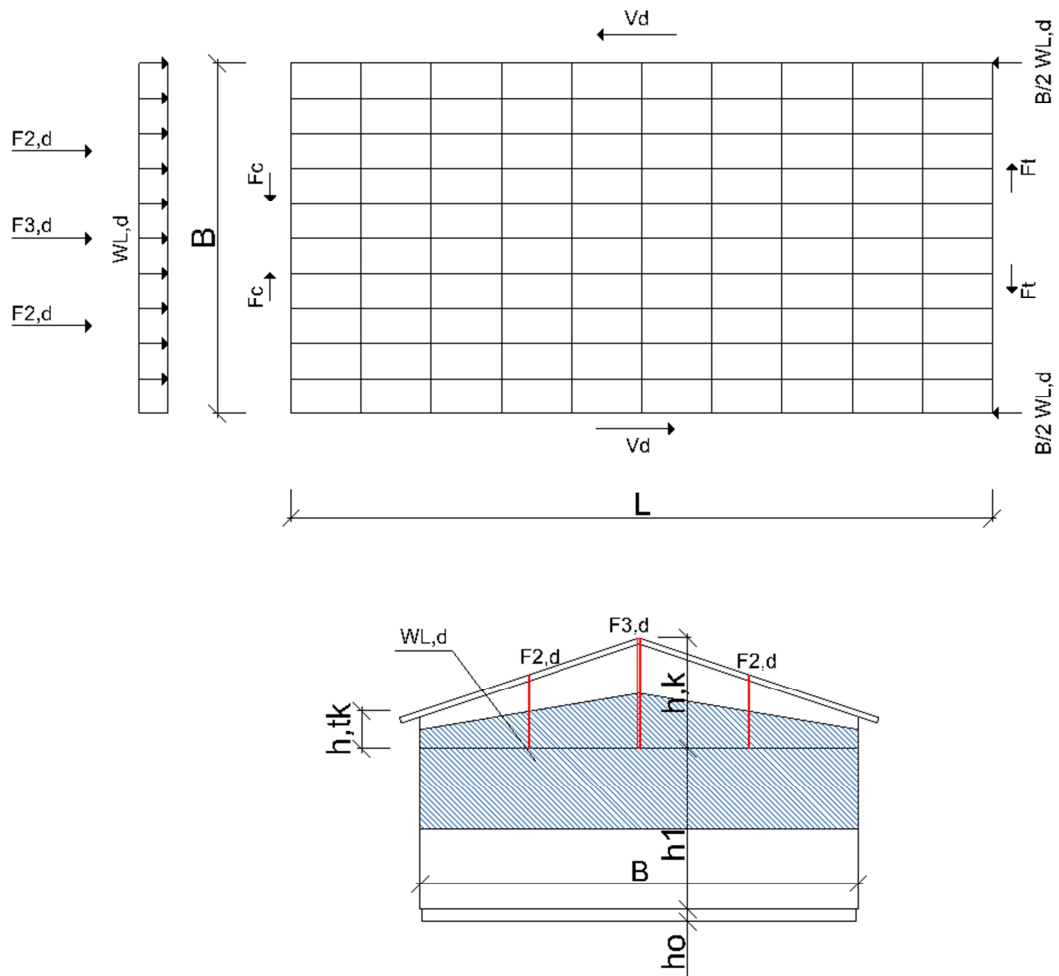
daan tuulikuormat sekä lisävaakavoimat alas yläpohjatasoon. Laskennassa kuormat huomioidaan pistekuormina jäykisteiden kohdalla. Sivuseinän kohdalla kuormat ankkuroidaan jäykisteeltä seinän yläpään eli niitä ei huomioida yläpohjan jäykistykseen laskennassa. (Puuinfo Oy 2010, 120.) Pukkiristikoilta ja jäykistelinjoilta tulevat kuormat käydään läpi kappaleissa 3.3.2 ja 3.4.4. Harjalinjalla täytyy muistaa huomioida, että kuormitusta kertyy molemmilta lappeilta.

Lisäksi osa päätyyn tulevasta tuulikuormasta tulee suoraan rasittamaan yläpohjan jäykisteitä. Yläpohjan jäykistettä rasittaa puolet seinärakenteeseen kohdistuvasta tuulivoimasta sekä puolet päätykolmioon kohdistuvasta tuulivoimasta. (RIL 248-2013, 61.) Yläpohjatasoon suoraan vaikuttava tuulikuorma voidaan laskea kaavasta

$$W_{L,d} = 1,5 * q_{w,k} * \left(\frac{h_{tk} + h_k}{2} + \frac{h_1}{2} \right) \quad (53)$$

missä

h_{tk}	on ristikon tukikorkeus
h_k	on ristikon harjakorkeus
h_1	on seinän korkeus



Kuvio 30. Kuormitukset vesikattotasoon rakennuksen pidemmässä suunnassa.

5.1.3 Rasiukset yläpohjatason jäykisteelle

Yläpohjan jäykisteen ajatellaan toimivan tässä tapauksessa päistään nivelellisesti tuettuna yksiaukkoisena palkkina (katso kuvat 29 ja 30). Suurimmat leikkausvoimat syntyvät päihin tukina toimivien seinälinjojen kohdalle ja suurin momentti vaikuttaa puolivälissä jänneväliä. Tuulen puoleiselle sivulle syntyy puristusta ja vastaavasti vastakaiselle sivulle syntyy vetoa. Kuormituksesta aiheutuvat leikkausvoimat otetaan vastaan jäykisteillä ja niiden liitoksilla. Voiman vastaisen sivun seinän yläpuu liitoksineen mitoitetaan aiheutuvalla vetävällä voimalla, koska puun puristuslujuus on suurempi kuin vetolujuus ei puristuskestävyyttä tarvitse tarkistaa. Paarteen ollessa puristettuna ei nurjahdusvaaraa synny, koska paarre on käytännössä jatkuvasti tuettu. (Leskelä & Gyproc 2017, 4.)

Kun tuuli vaikuttaa kohti sivuseinää, saadaan päätyseinien kohdalla vaikuttava jäykistyskentän suurin leikkausvoiman arvo kaavasta

$$V_d = \frac{W_{B,d} * L}{2} \quad (54)$$

Tuulen vaikuttaessa kohti päätyseinää huomioidaan myös jäykistelinjojen kohdilla vaikuttavat pistekuormat. Esimerkkilaskennoissa tuentalinjat sijaitsevat harjalinjalla sekä kattolappeiden puolivälissä. Tässä tapauksessa sivuseinälinjoilla vaikuttava jäykistyskentän suurin leikkausvoiman arvo saadaan kaavasta

$$V_d = \frac{W_{L,d} * B}{2} + F_{2,d} + \frac{2 * F_{3,d}}{2} \quad (55)$$

Rasitustilanteissa voiman vastaiselle sivulle syntyvä vetävän voiman laskentaan tarvitaan kentän maksimi momentti. Edellä mainitun mukaisesti tuulen vaikuttaessa sivuseinälle kentän maksimi momentti voidaan laskea kaavasta

$$M_{B,d} = \frac{W_{B,d} * L^2}{8} \quad (56)$$

Tuulen vaikuttaessa kohti päätyseinää maksimi momentti voidaan laskea kaavasta

$$M_{L,d} = \frac{W_{L,d} * B^2}{8} + \frac{F_{2,d} * B}{4} + \frac{2 * F_{3,d} * B}{4} \quad (57)$$

Tuulen vaikuttaessa kohti sivuseinää vetoparre mitoitetaan voimalle

$$F_{t,d} = \frac{M_{B,d}}{B} \quad (58)$$

ja tuulen vaikuttaessa kohti päätyseinää voimalle

$$F_{t,d} = \frac{M_{L,d}}{L} \quad (59)$$

5.2 Yläpohjan jäykistys rakennuslevyillä

Laskentaohjelmassa yläpohjan levyjäykistys voidaan mitoitaa käyttämällä RIL 205-1-2017 esitettyä levyjäykisteiden yleisen mitoitusmenetelmän kaavoja tai kipsilevyjäykisteiden yhteydessä Gyprocin jäykistysertifikaatin laskentaohjeiden mu-

kaista laskentatapaa. Levyjen asennuksessa noudatetaan edellä mainittujen teosten ohjeistuksia ja käytetään niissä levytyypeille määrättyjä kiinnikkeitä.

Laskentapohjaan on koottu yläpohjan levytykseen käytettävät vaneri- ja kipsilevyt taulukkoon ja luotu niistä alavetovalikot. Valittaessa käytettäväksi levyksi esimerkiksi havuvaneri 12mm ohjelma poimii automaattisesti sille tarkoitetun kiinnikkeen ja tuo laskentaan tarvittavat levyn liuku- ja kimmomoduulit sekä kiinnikkeen leikkauskestävyyden arvon kaavoihin.

(vanerien arvot Metsäwood DOP = MW/PW/421-001/CPR/DOP)					
(kipsilevyjen arvot saatu suunnitteluarvoiksi /1,3)					
Levyt	E_i [N/mm ²]	G_{mean} [n/mm ²]	G_i [N/mm ²]	paksuus	
Spruce Flex 9mm	6425	350	245	9	
Spruceflex 12mm	5766	350	245	12	
Havuvaneri 9mm	6425	350	245	9	
Havuvaneri 12mm	5766	350	245	12	
GEK13	2538	690	530	13	
GN13	1615	670	515	13	

Kiinnike	R_d	K_{ser}		Käytettävä levy	GN13
Naula 2.5x50 (vaneeri 9mm)	366	593		Levyn paksuus	13 mm
Naula 2.5x50 (vaneeri 12mm)	415	593		E_i	1615 N/mm ²
Ruuvi 4.2x30 (vaneeri 9mm)	340	1561		G_{mean}	670 N/mm ²
Ruuvi 4.2x30 (vaneeri 12mm)	330	1561		G_i	515 N/mm ²
Ruuvi 3.9x32 (Gek13)	550	1300		Käytettävä kiinnike	Ruuvi 3.9x32 (GN13)
Ruuvi 3.9x32 (GN13)	338	800		R_d	338 N
				K_{ser}	800 N/mm
				$R_{r,d}$	405,6 N

Kuvio 31. Ote laskentaohjelman levy ja kiinnikevalikoista jäykistävässä levytyksissä.

Vanerien arvot ohjelmaan on poimittu Metsäwoodin suoritusasoilmoituksista Metsä Wood 2018a Metsä Wood 2018b. Kipsilevyjen ja niiden kiinnikkeiden arvot on saatu Gyprocin tuotesertifikaatista Nro VTT-C-11904-17 ja arvot on muutettu suunnitteluarvoiksi jakamalla materiaalin osavarmuuskertoimella 1,3 (Leskelä & Gyproc 2017, 9). Vanerilevyjen kiinnikkeiden leikkauskestävyyesarvot on laskettu RIL 205-1-2017 naulatun puulevyn liitosten ohjeen mukaisesti.

Vanerilevyjen kiinnityksessä voidaan käyttää standardin EN 14592 mukaisia nautoja ja ruuveja (RIL 205-1-2017, 155). Levyn reunoilla olevien kiinnikkeiden leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvoa voidaan suurentaa kertoimella 1,2. Vanerien ja kipsilevyjen kiinnityksessä jäykistäviin ylä- ja välipohjiin liittimien jako rajataan niin, että suurin liitinväli saa reunoilla olla 150mm ja muualla 300mm. Levyn keskialueella kiinnikeväli saa olla 2x suurempi kuin levyn reunoilla, mutta suurimmat liitin-

välin arvot eivät saa ylittyä. (RIL 205-1-2017, 155; Leskelä & Gyproc 2017, 10.) Lisäksi lasikuitumattovahvisteisilla ja kartonkipintaisilla kipsilevyillä pienin mahdollinen kiinnikeväli on K 70mm (Leskelä & Gyproc 2017, 9). Vanerilevyjä kiinnitettäessä pienin mahdollinen kiinnikeväli määräytyy RIL naulaliitosten ohjeiden mukaisesti. Syysuuntainen kiinnikeväli runkotolpassa määrää kiinnikejaon. Puulevyn ja puutavaran esiporaamattomissa liitoksissa kiinnikevälejä saa pienentää kertoimella 0,85. Eli pienin mahdollinen kiinnikejako on $0,85 \cdot 10d$, missä d on kiinnikkeen paksuus. Naulan paksuus saa olla vanerissa enintään $0,5 \cdot$ levyn paksuus. (RIL 205-1-2017, 115-116.)

Jäykistelevyt kiinnitetään katossa K400 jaolla olevaan koolauslaudoitukseen ja levyjen päissä käytetään koolausvälin levyisiä 22x100 lautoja, joihin levyt saadaan kiinnitettyä määrättyllä liitinjaoilla (RIL 248-2013, 63). Levyt pyritään asentamaan siten, että levyjako menisi ristikkojaolla, jolloin koolauslaudat saadaan kiinnitettyä myös ristikkoon.

5.2.1 Levyjäykisteen yleinen mitoitusmenetelmä

Yleisessä mitoitusmenetelmässä määritetään levykentän yksittäiselle levyille kohdistuva vaakavoima ja verrataan sitä levyn leikkausvoimakkestävyyteen. Yksittäiseen levyyn kohdistuva vaakavoima lasketaan levyjen jäykkyykskertoimien avulla. Yleisellä mitoitusmenetelmällä pystytään huomioimaan myös levyn kiinnitystavan merkitys levyn jäykistävyyteen (RIL 205-1-2017, 159).

Yksittäisen levyn jäykkyyserroin määritetään kaavasta

$$C_{i,v} = \frac{1}{\beta_i \cdot \frac{s_i \cdot h_i^2}{K_{ser,i} \cdot b_i^3} + \frac{h_i}{b_i \cdot G_{mean,i} \cdot t_i}} \quad (60)$$

missä

β_i	on kiinnitystapakerroin, arvo saadaan taulukosta
s_i	on liitinjako
h_i	on levyn korkeus
b_i	on levyn leveys
t_i	on levyn paksuus

$G_{mean,i}$ on levyn liukumoduuli, arvo saadaan taulukosta

$K_{ser,i}$ on liittimen siirtymäkerroin

(RIL 205-1-2017, 159).

Liittimen siirtymäkertoimelle on kipsilevyillä poimittu arvot Gyprocin jäykistyssertifi-
kaatista. Vanerijäykisteille siirtymäkertoimet on laskettu naulakiinnikkeille kaavalla

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1,5} d^{0,8}}{30} \quad (61)$$

Missä

ρ_m on puuosien keskimääräinen tiheys ja nyt kun tiheydet
ovat eri suuret niin $\rho_m = \sqrt{\rho_{,1}\rho_{m,2}}$

d on kiinnikkeen paksuus

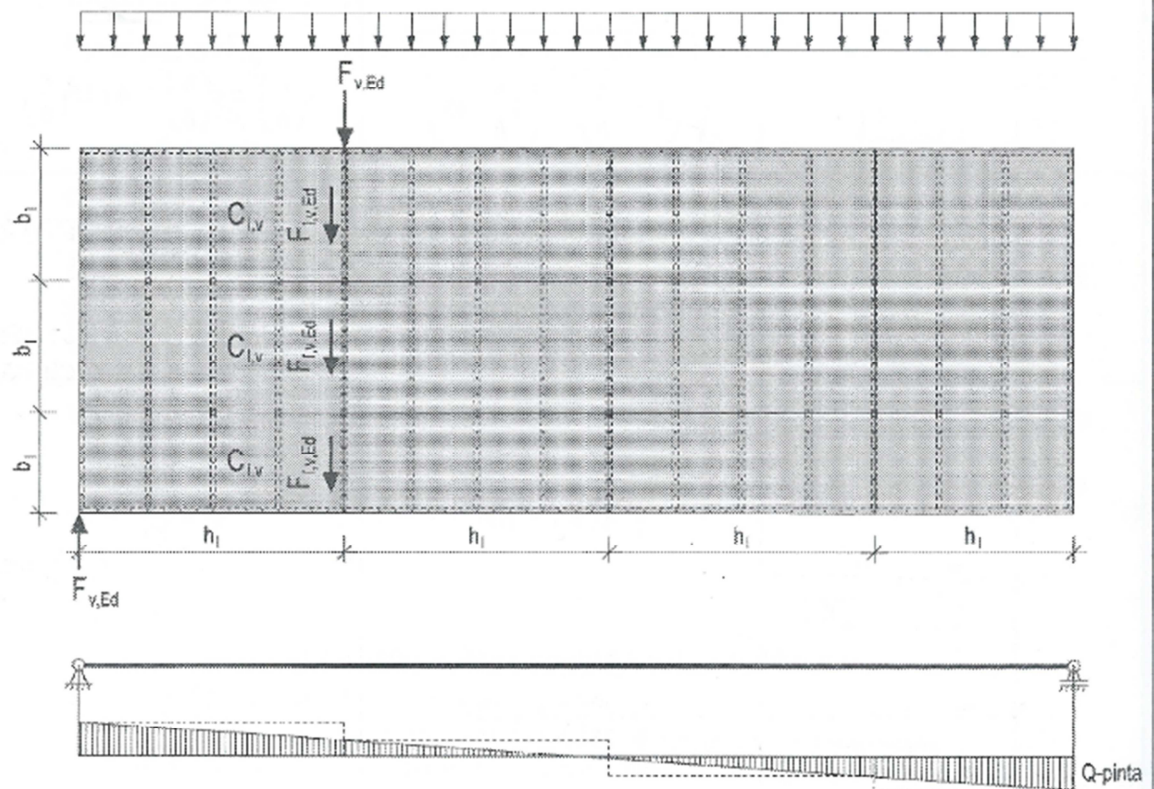
(RIL 205-1-2017, 97).

Ruuveilla siirtymäkerroin lasketaan kaavasta

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1,5} d}{23} \quad (62)$$

(RIL 205-1-2017, 97).

KAKSITUKINEN JÄYKISTÄVÄ VAAKARAKENNE¹⁾



Kuvio 32. Kaksitukinen jäykistävä vaakarakenne (RIL 205-1-2017, 162).

Kaikille levykentän erikokoisille levyille määritetään oma jäykkyyskerroin. Jäykistyskenttään vaikuttava vaakavoima jakaantuu levyille niiden jäykkyyksien suhteessa eli yksittäisen levyyn vaikuttava vaakavoima saadaan laskettua jäykkyyksien suhteen avulla. Mitoituksen yksinkertaistamiseksi levyjen päätysaumat ajatellaan samaan kohtaan, kuten yllä olevassa kuvassa. Rakennusvaiheessa levyt tulee kuitenkin asentaa siten, että vierekkäisten levyjen päätysaumat limitetään. (RIL 205-1-2017, 162.)

Yksittäisen levyn vaakavoima määritetään kaavalla

$$F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * F_{v,Ed} \quad (63)$$

missä

$F_{v,Ed}$ on levyjonoa kuormittava vaakavoima

$C_{i,v}$ on yksittäisen levyn jäykkyyserroin
 $\sum C_{i,v}$ on levyjonossa olevien levyjen jäykkyyserrointen summa

(RIL 205-1-2017, 160).

Yksittäisen levyn vaakavoima määritetään erikseen levykentän eri kokoisille levyille. Yksittäisen levyn vaakavoimaa vastaava leikkausvoimakestävyys määritetään kaavasta

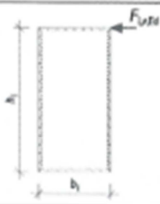

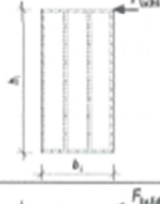
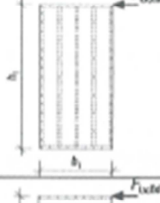
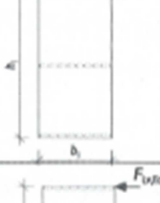
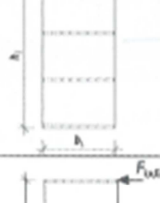
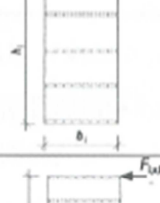
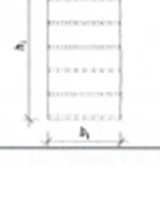
$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} * b_i}{\gamma_i * s_i} \quad (64)$$

missä

$F_{f,Rd,i}$ on levyn kiinnikkeen leikkausvoimakestävyys
 b_i on levyn leveys
 γ_i on kiinnitystapakerroin, arvo saadaan taulukosta
 s_i on kiinnikejako

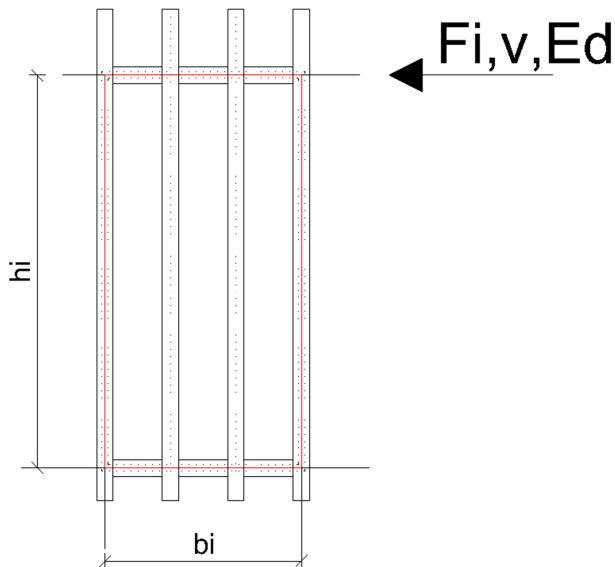
(RIL 205-1-2017, 160).

Kiinnitystapakerroimilla β_i ja γ_i huomioidaan levyn kiinnitystapa eli se, millaiseen runkoon levy kiinnitetään. Seuraavassa kuvassa esitetään kaavastot levyn kiinnitystapakerrointen laskentaa.

Nro	Kiinnitystapa	γ -kerroin	β -kerroin
1		$\sqrt{\frac{9}{\left(3+\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{9}{\left(\frac{b}{h}+3\right)^2}}$	$\frac{6}{3\left(\frac{h}{b}\right)^2 + \left(\frac{h}{b}\right)^3} + \frac{6}{1+3\left(\frac{h}{b}\right)}$
2		$\sqrt{\frac{4}{\left(2+\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{9}{\left(\frac{b}{h}+3\right)^2}}$	$\frac{4}{2\left(\frac{h}{b}\right)^2 + \left(\frac{h}{b}\right)^3} + \frac{6}{1+3\left(\frac{h}{b}\right)}$
3		$\sqrt{\frac{9}{\left(3+2\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{81}{\left(3\frac{b}{h}+10\right)^2}}$	$\frac{6}{3\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 2\left(\frac{h}{b}\right)^3} + \frac{18}{3+10\left(\frac{h}{b}\right)}$
4		$\sqrt{\frac{36}{\left(6+5\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{144}{\left(4\frac{b}{h}+15\right)^2}}$	$\frac{12}{6\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 5\left(\frac{h}{b}\right)^3} + \frac{24}{4+15\left(\frac{h}{b}\right)}$
5		$\sqrt{4\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 1}$	$\frac{2}{\left(\frac{h}{b}\right)^2} + 4$
6		$\sqrt{\frac{9}{4}\left(\frac{h}{b}\right)^2 + \frac{81}{100}}$	$\frac{9}{5\left(\frac{h}{b}\right)^2} + 3$
7		$\sqrt{\frac{36}{25}\left(\frac{h}{b}\right)^2 + \frac{16}{25}}$	$\frac{8}{5\left(\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{12}{5}$
8		$\sqrt{\frac{36}{49}\left(\frac{h}{b}\right)^2 + \frac{81}{196}}$	$\frac{9}{7\left(\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{12}{7}$

Kuvio 33. Levytyksen kiinnitystapakertoimet (RIL 205-1-2017, 161).

Yläpohjan levyjäykisteen kiinnitysrunkona toimii 22x100 K400 koolaus, joka on naulattu ristikon alapaarteiden alapintaan. Levyjen päiden alla on myös tuenta. Vaakakuorman vaikuttaessa päätyseinien suuntaisesti tilanne jäykistyslevyissä on seuraavan kaltainen



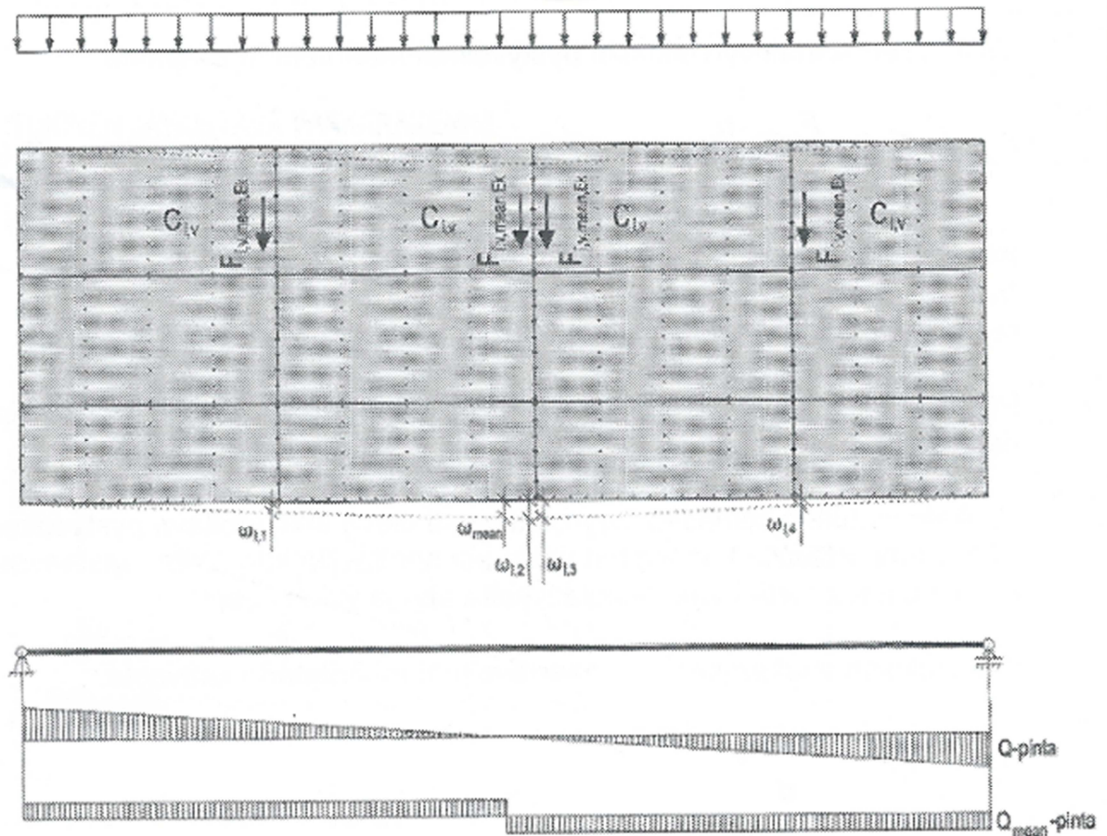
Kuvio 34. Levytyksen kiinnitystapa yläpohjajäykisteessä.

eli vastaava kiinnitystapa kuin kiinnitystapakerroin kuvan kohdassa nro 3 eli tuulen ollessa päätyseinän suuntaisesti käytetään laskennassa kohdan nro 3 kaavoja. Vastaavasti kun vaakakuorma vaikuttaa sivuseinän suuntaisesti eli 22x100 koolauksen suuntaisesti vastaa tilanne kohdan nro 6 tilannetta ja käytetään laskennassa tilanteen mukaisia kaavoja.

Jäykistyslevykentässä olevien erikokoisten levyjen tulee kaikkien täyttää mitoitusehto $F_{i,v,Ed} \leq F_{i,v,Rd}$.

RIL 205-1-2017 mukaan hallirakennusten vaakasiirtymää ei tarvitse tarkistaa, jos siitä ei ole haittaa (RIL 205-1-2017, 98). Laskentaohjelmaan on kuitenkin luotu laskentaketjut rakennuksen siirtymän tarkistamiseksi.

KAKSITUKINEN JÄYKISTÄVÄ VAAKARAKENNE



Kuvio 35. Vaakarakenteen leikkausvoiman aiheuttama siirtymä (RIL 205-1-2017, 164).

Päistään tuetun vaakarakenteen siirtymä määritetään kuvan mukaan keskimääräisen leikkausvoiman Q_{mean} aiheuttaman siirtymän mukaan. Tarvittaessa huomioidaan myös momentin aiheuttama siirtymä. Laskettua siirtymää verrataan raja-arvoon, joka on $H/300$ missä H on korkeus tarkasteltavassa kohdassa rakennusta. Tässä tapauksessa siis yläpohjan tasossa. (RIL 205-1-2017, 163-164, 98.)

Kaksitukisessa vaakarakenteessa yksittäistä levyä kuormittava käyttörajatilan vaakavoima muodostuu seuraavasti $F_{i,v,Ek} = F_{i,v,mean,Ek} = Q_{mean}$ (RIL 205-1-2017, 163). Eli, koska leikkausvoima tukien välillä muuttuu lineaarisesti, käytetään leikkaavana voimana keskimääräistä leikkaavaa voimaa, jolloin voidaan käyttää levyjonon kaikissa levyissä samaa leikkaavan voiman arvoa. Levyä kuormittava vaakavoima voidaan laskea kaavasta

$$F_{i,v,Ek} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * \frac{F_{v,Ek}}{2} \quad (65)$$

Yksittäisen levyn leikkausvoiman aiheuttama siirtymä määritetään kaavasta

$$\omega_i = \frac{F_{i,v,Ek}}{C_{i,v}} \quad (66)$$

Jännevälin keskellä oleva suurin siirtymä saadaan summaamalla perättäisten levyjen siirtymät ja jakamalla saatu summa puoliksi eli siirtymä voidaan esittää kaavamuodossa

$$\omega_{mean} = \frac{\omega_{i,1} + \omega_{i,2} + \omega_{i,3} \dots \omega_{i,n}}{2} \quad (67)$$

.(RIL 205-1-2017, 160.)

Momentin aiheuttama siirtymä saadaan kaavasta

$$\omega_m = \frac{5 * M_{k,max} * L^2}{24 * d^2 * A_p * E_p} \quad (68)$$

missä

$M_{k,max}$	on vaakarakenteen maksimimomentti käyttörajatilassa
L	on vaakarakenteen jänneväli
d	on vaakarakenteen paarteiden etäisyys toisistaan
A_p	on paarteen poikkileikkauksen pinta-ala
E_p	on paarteen kimmomoduuli

(RIL 205-1-2017, 163).

Siirtymän mitoitusehto voidaan esittää kaavamuodossa

$$\omega_v + \omega_m \leq H/300 \quad (69)$$

5.2.2 Levytyksen lommahdus ja paneelileikkauskestävyys

Lommahduksella tarkoitetaan puristuksessa olevan levymäisen rakenteen nurjahdusta niin, että se menettää stabiilitteettinsä. Käytettäessä kipsilevyä jäykistävänä rakenteena ei lommahdusta tarvitse tarkistaa, kun noudatetaan Gyprocin antamia

suunnitteluarvoja ja asennusohjeita ja runkojako on alle 600mm (Leskelä & Gyp-
roc 2017, 10).

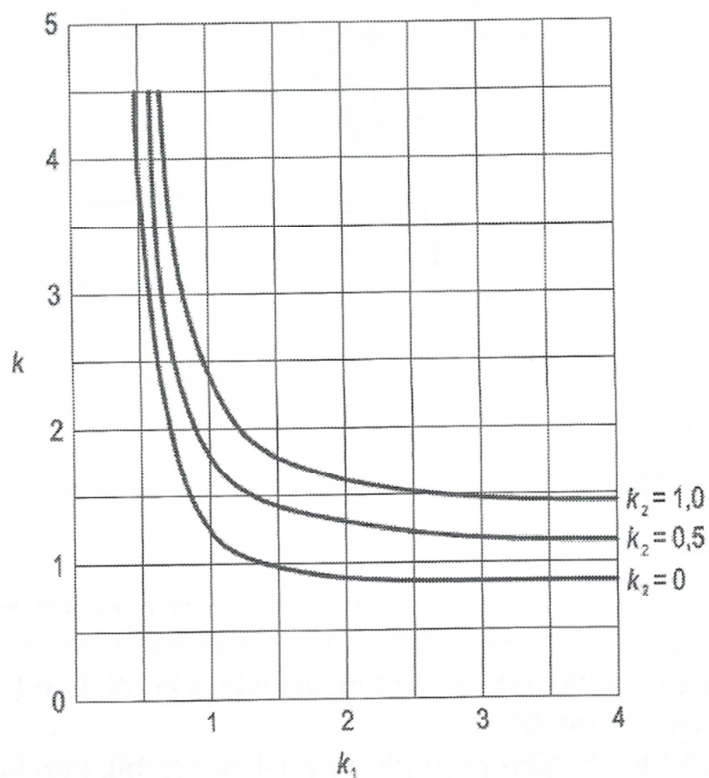
Levyn taivutusjäykkyyden ollessa samanlainen z-akselin ja x-akselin suhteen voi-
daan levyn kriittinen leikkausjännitys lommahduksen suhteen laskea kaavasta

$$f_{v,crit} = 3,3 * k * E_i * \left(\frac{t_i}{a_i}\right)^2 \quad (70)$$

missä

E_i	on levyn taivutuskimmoduulin ominaisarvo (taulukko- arvo)
t_i	on levyn paksuus
a_i	on levyn takana olevan kiinnitysrungon k-jako
k	on levyn lommahduskerroin, joka määritetään kuviosta 42

(RIL 205-1-2017, 167).



Kuvio 36. Lommahduskerroin
(RIL 205-1-2017, 166).

Lommahduskertoimen määrittämisessä tarvittavat arvot k_1 ja k_2 voidaan laskea seuraavista kaavoista, kun taivutusjäykkyys on samanlainen z- ja x-akselin suhteen.

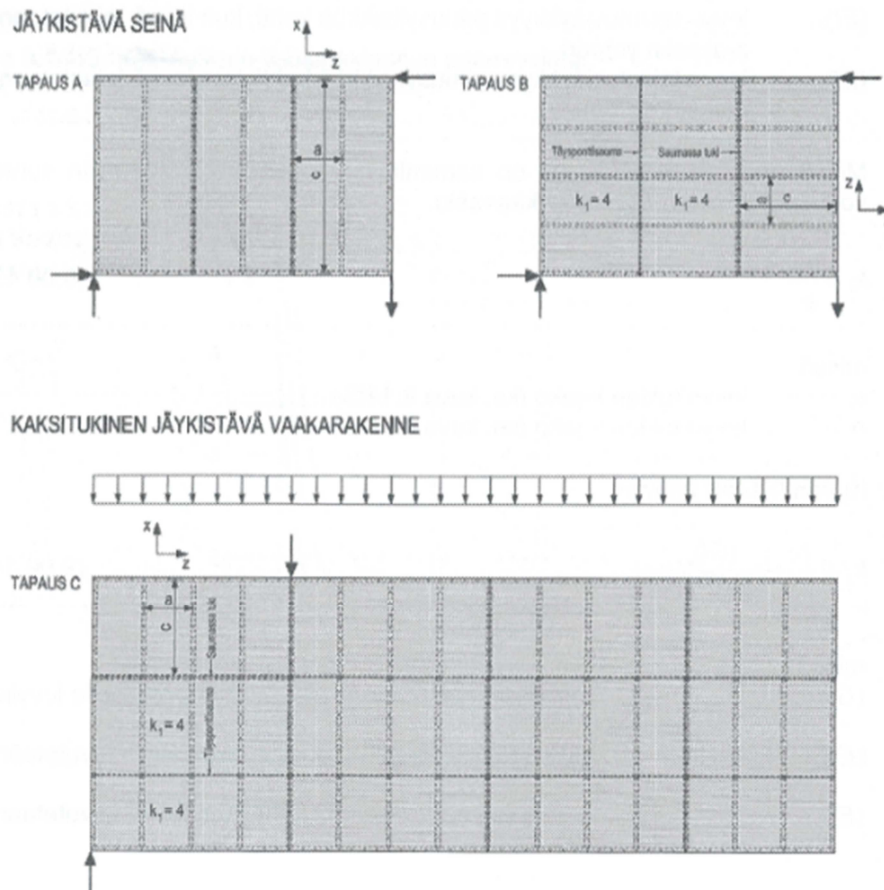
$$k_1 = \frac{c_i}{a_i} \quad (71)$$

missä

c_i on tuennan k-jako, joka määritetään kuvasta levynkentät lommahdustarkastelussa, tässä tapauksessa uuman pituus on levyn pituus

a_i on tuennan k-jako, joka määritetään kuvasta levynkentät lommahdustarkastelussa, tässä tapauksessa uuman leveys on alakaton koolausjako

(RIL 248-2013, 64.)



Kuvio 37. Levykentät lommahdustarkastelussa (RIL 205-1-2017, 168).

Mitoitusehtona levyn leikkausjännityksen lommahduksen suhteen on täytettävä ehto $f_{v,crit} > f_{v,k}$, missä $f_{v,k}$ on paneelileikkauslujuuden ominaisarvo (RIL 248-2013, 64).

Levyn paneelileikkauskestävyyttä tarkasteltaessa verrataan levyyn kohdistuvaa leikkausjännitystä levyn paneelileikkaus lujuteen. Mitoitusehtona on $\sigma_{v,d} < f_{v,d}$. (RIL 248-2013, 64.)

Levyn kohdistuva leikkausjännitys voidaan laskea kaavasta

$$\sigma_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{B*t} \quad (72)$$

missä

V_d on levykentän suurin leikkausvoima
 B on levykentän pituus leikkausvoiman suunnassa

t on levyn paksuus

(RIL 248-2013, 64).

Levyn paneelileikkauslujuus saadaan kaavasta

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{v,k} \quad (73)$$

(RIL 248-2013, 64).

5.2.3 Levyjäykisteen mitoitus Gyprocin ohjeen mukaan

Yläpohjan jäykisteen ollessa kipsilevy laskentaohjelmaan on luotu kaavastot uusimman A-insinöörien ja Gyprocin yhteistyössä laatiman suunnitteluohjeen mukaisesti.

Ohjeessa levykentän kuormituskestävyys levykentän leikkausvoimalle voidaan laskea seuraavasta kaavasta, kun kuormitus on levyn lyhyemmän sivun suuntaisesti

$$R_d = \frac{2nR_{vd}}{\gamma HL} \quad (74)$$

missä

n	on levyjen lukumäärä kuorman suunnassa
R_{vd}	on levyn kiinnikkeen laskentaleikkauskestävyys
H	on levyn pituus
L	on yläpohjan pituus
γ	on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin, joka saadaan Gyproc suunnitteluohjeen taulukosta

(Leskelä & Gyproc 2017, 5).


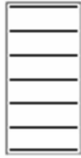




Vastaavasti levykentän kuormituskestävyys levykentän leikkausvoimalle voidaan laskea seuraavasta kaavasta, kun kuormitus on levyn pidemmän sivun suuntaisesti

$$R_d = \frac{2nR_{vd}}{\gamma BL} \quad (75)$$

missä

B	on levyn leveys
-----	-----------------

(Leskelä & Gyproc 2017, 5).

Ruuvaus- kaavio	Levykoko	1200mm*2400mm		1200mm*2700mm		1200mm*3000mm	
		Ruuviväli	Kerroin γ [*10 ⁻⁵ /mm]	Kerroin β [*10 ⁻⁸ /mm ²]	Kerroin γ [*10 ⁻⁵ /mm]	Kerroin β [*10 ⁻⁸ /mm ²]	Kerroin γ [*10 ⁻⁵ /mm]
1) 	100mm	7,07	13,1	6,98	12,7	6,91	12,4
	150mm	9,63	17,9	9,48	17,3	9,37	16,8
	200mm	11,7	21,8	11,5	21,0	11,4	20,4
2) 	100mm	5,14	9,57	5,05	9,21	4,99	8,95
	150mm	7,01	13,1	6,88	12,5	6,78	12,2
	200mm	8,56	15,9	8,37	15,3	8,24	14,8
3) 	100mm	4,54	8,12	3,86	6,78	3,36	5,82
	150mm	6,56	11,8	5,62	9,91	4,91	8,54
	200mm	8,44	15,3	7,27	12,9	6,38	11,1
4) 	100mm	3,78	6,92	3,25	5,83	2,85	5,04
	150mm	5,49	10,1	4,74	8,53	4,18	7,40
	200mm	7,09	13,0	6,16	11,1	5,44	9,65
5) 	100mm	3,46	6,43	3,06	5,57	2,75	4,92
	150mm	5,19	9,64	4,60	8,35	4,13	7,37
	200mm	6,91	12,8	6,13	11,1	5,50	9,82
6) 	100mm	3,13	5,82	2,77	5,04	2,48	4,44
	150mm	4,71	8,76	4,16	7,57	3,73	6,67
	200mm	6,30	11,7	5,56	10,1	4,98	8,91

Kuvio 38. Gyprocin ohjeen mukaiset kiinnitystapakertoimet erikokoisille levyille ja kiinnikejaoille (Leskelä & Gyproc 2017, 7).

A-insinöörien laatimassa suunnitteluohjeessa on taulukkoon annettu valmiiksi kiinnitystapakertoimia muutamille vakiokokoisille levyille eri kiinnikejaoilla. Lisäksi ohjeesta löytyy kaavat, joilla voidaan laskea γ ja β kertoimet muissa tapauksissa.

Muissa tapauksissa kertoimet γ ja β voidaan laskea seuraavasti:

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{x_{max}}{\sum_{i=1}^n x_i^2}\right)^2 + \left(\frac{y_{max}}{\sum_{i=1}^n y_i^2}\right)^2}$$

$$\beta = \frac{1}{\sum_{i=1}^n x_i^2} + \frac{1}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

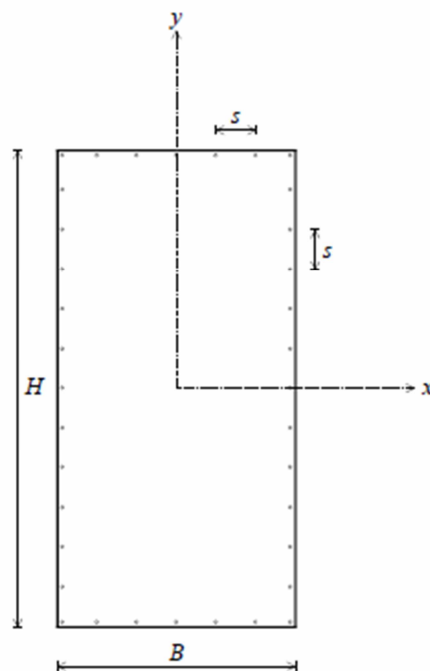
missä

x_{max} on yksittäisen kiinnikkeen x -koordinaatti ($B/2$) levyn nurkassa [mm]

y_{max} on yksittäisen kiinnikkeen y -koordinaatti ($H/2$) levyn nurkassa [mm]

$\sum_{i=1}^n x_i^2$ on n kpl kiinnikkeen x -koordinaattien neliöiden summa [mm²]

$\sum_{i=1}^n y_i^2$ on n kpl kiinnikkeen y -koordinaattien neliöiden summa [mm²]



Kuva 5: Jäykistävä rakenneyksikkö

Kuvio 39. γ ja β kerrointen laskenta Gyprocin ohjeen mukaan taulukosta poikkeavissa tapauksissa (Leskelä & Gyproc 2017, 8).

Tämän Gyprocin ohjeen mukaan pystytään nopeasti tarkastamaan levykentän kapasiteetti jäykistyksessä. Ongelmana on, että jäykistyksessä jo 10mm muutos kiinnikejakoon vaikuttaa merkittävästi mitoituskestävyyteen. Eli valmiilla taulukkoarvoilla ei pystytä vielä täysin optimoimaan levytyksen kiinnikejakoa. Lisäksi suurissa rakennuksissa yläpohjan levytyksen jäykistyskapasiteetti alkaa olemaan rajallinen ja saattaa olla, että joudutaan menemään tiheämpään kiinnikejakoon kuin K 100mm. Gyprocin ohjeessa annettu vaihtoehtoinen laskentatapa γ ja β kertoimille koettiin erittäin työlääksi, joten sitä ei päädytty käyttämään. Gyprocin ohjeissa annetaan kuitenkin lupa käyttää myös RIL Puurakenteiden suunnitteluohjeen gamma- ja beeta-kertoimia (Leskelä & Gyproc 2017, 7). Näin ollen myös kipsilevytykset voidaan mitoittaa käyttämällä levyjäykistyksen yleistä mitoitusmenetelmää, koska nyt jäykkyyskertoimet voidaan laskea kipsilevyille. Laskentatapojen tuloksia verrattiin muutamilla eri kokoisilla levykentillä, kuorman arvoilla ja erilaisilla kiinnikejaoilla. Levytyksen jäykistyskapasiteetti oli aina prosentin sisällä toisistaan eri laskentakaavoilla.

Ohjeessa levykentän kuormituskestävyys levykentän leikkausvoimalle voidaan laskea seuraavasta kaavasta, kun kuormitus on levyn lyhyemmän sivun suuntaisesti

$$R_d = \frac{2nR_{v,d}}{\gamma HL} \quad (76)$$

Kuormituksen ollessa levyn lyhyemmän reunan suuntaisesti voidaan kentän keskikohdan vaakasuuntainen siirtymä laskea kaavasta

$$u = \left(\frac{\beta H^2}{K} + \frac{H}{BtG} \right) \frac{mLw_k}{8n} \quad (77)$$

ja kuormituksen ollessa levyn pidemmän sivun suuntaisesti kaavasta

$$u = \left(\frac{\beta B^2}{K} + \frac{B}{HtG} \right) \frac{mLw_k}{8n} \quad (78)$$

kaavoissa

$R_{v,d}$	on käytettävän kiinnikkeen laskentaleikkauskestävyys
γ	on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin
β	on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin
H	on levyn korkeus

K	on käytetyn kiinnikkeen siirtymäkerroin (arvo Gyproc taulukosta)
B	on levyn leveys
G	on levyn liukumoduuli (arvo Gyproc taulukosta)
t	on levyn paksuus
m	on levyjen lukumäärä kuormaa kohtisuorassa suunnassa
n	on levyjen lukumäärä kuorman suunnassa
L	on levykentän pituus
w_k	on levykentän pituudelle kohdistuva ominaiskuorma

(Leskelä & Gyproc 2017, 5.)

5.2.4 Yläpohjan levyjäykisteeseen liittyvien rakenteiden mitoitukset

Yläpohjan levytykset kiinnitetään kattoristikoihin 22x100 K400 koolauksen välityksellä. RIL 248-2013 NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen teoksen jäykistyksen laskentaesimerkissä koolauksen kiinnitys on mitoitettu yläpohjan painolle. Eli niin, että koolausten naulaliitosten tartuntavoimakestävyys riittää kannattelemaan yläpohjan eristeiden, höyrynsulkukalvon, koolauksen ja levytyksen painon. Rakenteiden paino lasketaan aina tapauskohtaisesti, mutta normaalitilanteessa ominaiskuorma on n. 0,3 kN/m². Kuorma muutetaan mitoituskuormaksi kertoimella 1,35. Koolauspuun liitokseen kohdistuva voima lasketaan kaavasta

$$F_{k,d} = k * k_k * g_{k,d} \quad (79)$$

missä

k	on ristikoiden keskeltä keskelle -jako
k_k	on koolauksen keskeltä keskelle -jako
$g_{k,d}$	on yläpohjarakenteen paino murtorajatilassa

Liitokseen tarvittava naulamäärä saadaan vertaamalla koolauspuuhun kohdistuvaa voimaa liittimen tartuntakestävyyteen

$$n = \frac{F_{k,d}}{R_d} \quad (80)$$

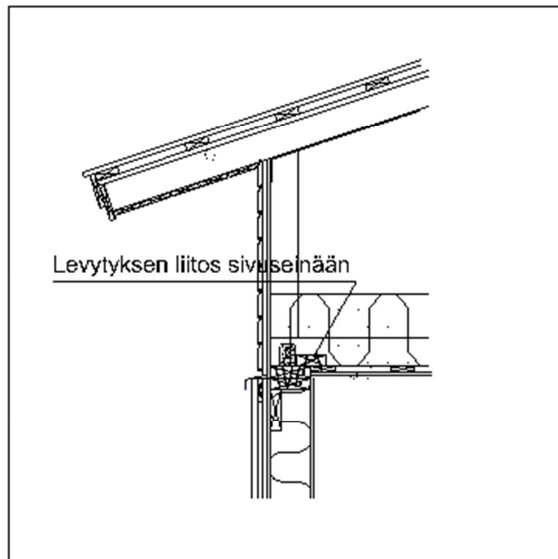
missä

R_d on naulan tartuntavoimakkestävyys. Laskentaohjelmassa käytetään RIL 205-1-2017 taulukon 8.2bS arvoja

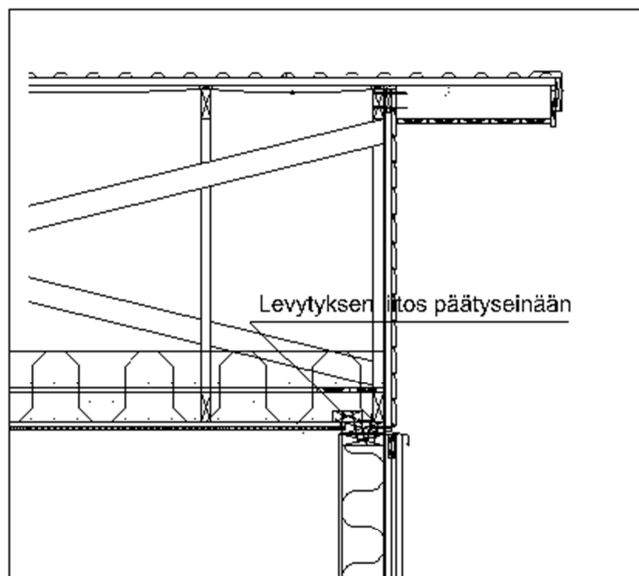
(RIL 248-2013, 65-66.)

Katon koolauksia tehtäessä täytyy kiinnikkeenä käyttää profiloituja nauloja, koska sileävirtista naulaa ei saa käyttää kun kiinnikkeeseen kohdistuu pysyvien tai pitkäaikaisten kuormien ulosvetorasitusta (RIL 205-1-2017, 118).

Yläpohjan levyjäykistys tulee myös ankkuroida kiinni seinien yläpäähän vaakasuuntaisia voimia vastaan, että kuormat saadaan luotettavasti välitettyä pystyrakenteille (Leskelä & Gyproc 2017, 2). Kuviossa 40 on esitetty yläpohjan liittymän toteutus sivu- ja päätyseinälle.



Sivuräystäs



Päätäräystäs

Kuvio 40. Levytyksen liittymät sivu- ja päätyseiniin.

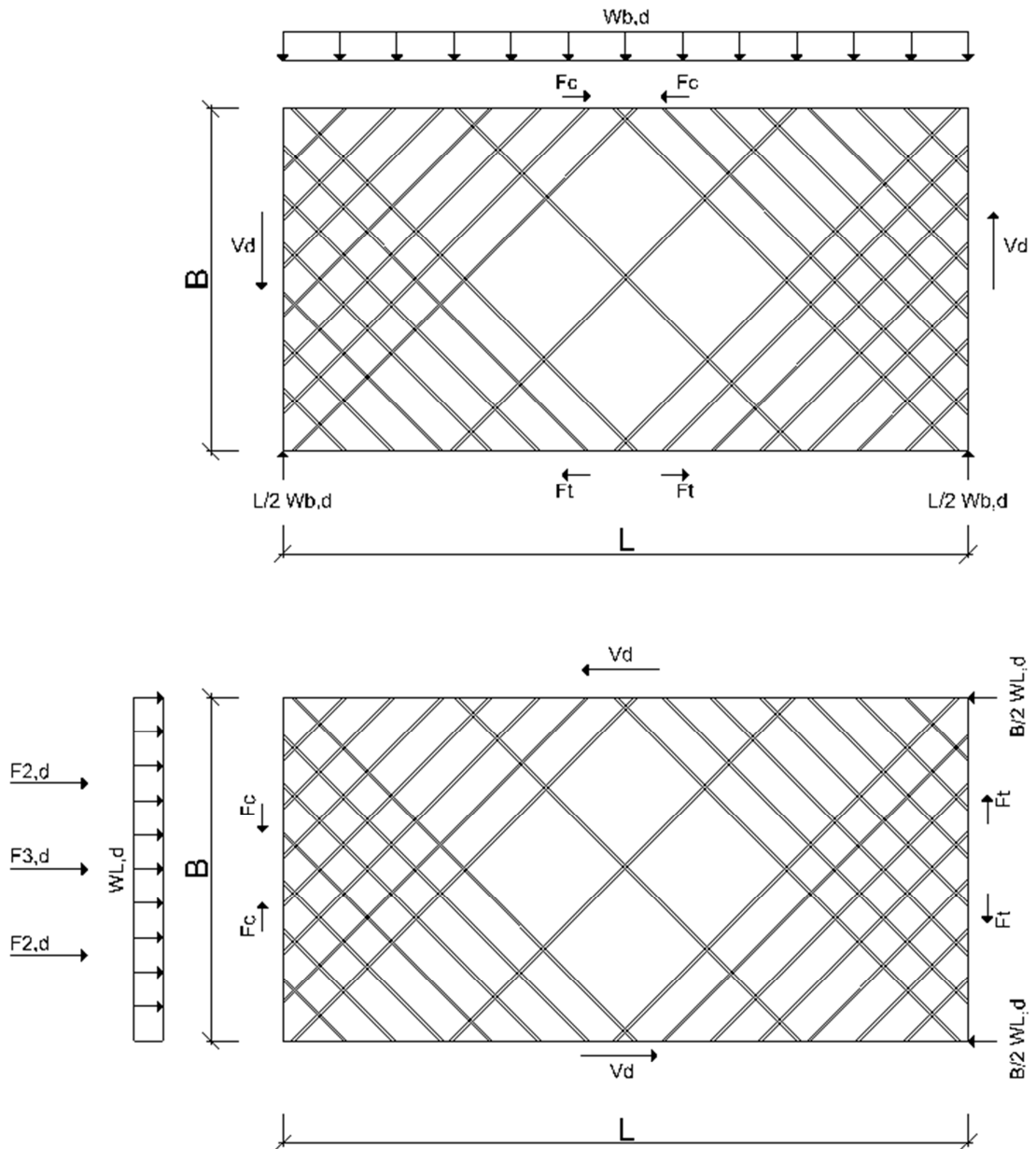
Levytyksen koolaukset kiinnitetään liitoslankun välityksellä pääty- ja sivuseinien yläpäähän. Päätyseinällä liitoslankku voidaan tehdä yksimittaisena, mutta sivuseinillä lankut asennetaan ristikkojen väliin. Lankkujen naulaliitokset mitoitetaan seinän suuntaiselle leikkaavalle voimalle ja seinää vasten kohtisuoralle viivakuormalle. Liitoslankkujen leveydessä on huomioitava, että liitoksiin saadaan riittävät reunaetäisyydet. Laskentaesimerkki löytyy liitteen eristetyn hallin laskelmista.

5.3 Yläpohjan jäykistäminen vinolautajäykisteillä

Vinolaudoituksen kestävyys lasketaan puristus- ja nurjahduskestävyyden kautta kentän suurimmalle leikkausvoimalle V_d . Lautojen vetokestävyys ei tule tässä tapauksessa mitoittavaksi rasiustilanteeksi. Liitokset mitoitetaan laudan suuntaiselle voimalle N_d ja leikaavalle voimalle V_d . (Puuinfo Oy 2010, 122-124.) Eli käytettävä laskentaketju on käytännössä sama kuin kohdassa 3.4 Kattorakenteen kokonaisjäykistys vinolautajäykistein. Kaavoja ei käydä tässä sen tarkemmin läpi, koska ne on esitetty jo aiemmin ja löytyvät myös liitteen esimerkkilaskelmista.

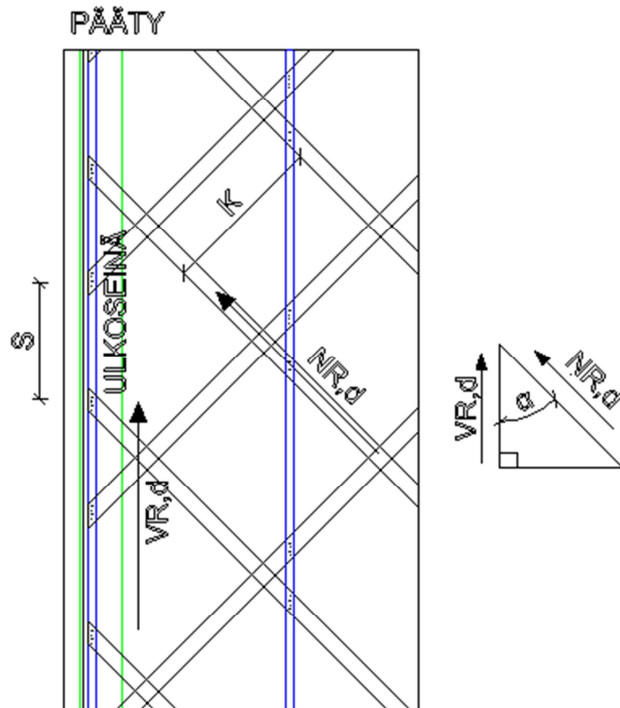
Vinolautajäykisteet mitoitetaan kentän suurimmalle leikkausvoimalle V_d . Laskentaohjelmaan luodun laskentaketjun pohjana on rakennemalli, jossa yläpohjan tasossa olevat vinolautajäykisteet jäykistävät kentän levymäiseksi rakenteeksi. Rakenne toimii rasiustilanteessa kuten päistään vapaasti tuettu palkki. Näin ollen suurimmat leikkausvoimat muodostuvat aina vaakakuorman suuntaisesti olevien ulkoseinien kohtaan. Mitoituksessa käytännössä siis mitoitetaan kuormituksen suunnasta riippuen ulkoseinän kohdalle riittävä määrä vinolautoja joko laudan nurjahduskestävyyden tai liitosten perusteella. Yleensä naulaliitokset lopullisesti mitoittava tarvittavan lautamäärän.

Lautakentät on muodostettava niin, että voimat saadaan välitettyä koko yläpohjan alueelta luotettavasti ulkoseinille. Esimerkkinä olevassa kylmässä hallirakennuksessa suurin leikkausvoima muodostuu päätyseinille, joka mitoittaa yläpohjan vinolautajäykistykseen. Vinolaudat sijoitetaan 45 asteen kulmaan rakennukseen nähdessä. Tarvittava lautamäärä oli esimerkkihallissa sen verran suuri, että vinolaudoitukset tehdään ristiin koko päädyn leveydeltä. Toiseen suuntaan menevät laudat sijoitetaan ristikon alapaarten yläpuolelle ja toisen suunnan laudat paarten alapuolelle, jolloin ei pääse muodostumaan lautojen risteämiskohtia ja lautojen alla ei tarvitse käyttää erikseen koolauskapulointia.



Kuvio 41. Yläpohjan vinolautajäkisteet.

Lakentaohjelmassa rasitukset yläpohjalle määräytyvät kohdan 5.1.3 mukaisesti. Laskentaohjelmaan määritetään käytettävän vinolaudoituksen dimensiot, keskeltä keskelle -jako sekä määritetään tarvittavat käytettävän materiaalin materiaaliominaisuudet. Annettujen arvojen mukaan ohjelma laskee puristuskestävyyden nurjahdus huomioiden vinojäykistesauvalle.



Kuvio 42. Yläpohjan vinolautajäkisteet päädyssä.

Kun laudoitus tulee päädyn tuplana, laudat ovat 45°:n kulmassa rakennukseen nähden ja kun laudoitusjako on K , saadaan päädyn suuntainen jako s laudoitukselle kaavalla $\cos\alpha * K$. Näin ollen koko päädyn lautojen kapasiteetti leikkaavalle voimalle saadaan kaavasta

$$V_{R,d,seinä} = \frac{B}{s} * V_{R,d} \quad (81)$$

missä

- B on päädyn leveys
- s on laudoituksen jako päädyn suunnassa
- $V_{R,d}$ on yhden sauvan kestävyys leikkausvoimalle

$$(V_{R,d} = N_{R,d} * \cos\alpha)$$

(Puuinfo Oy 2010, 122).

Vastaavasti sivuseinällä lautaliitoksia tulee puolet vähemmän kuin päädyssä eli jako s on $2x$ lautajako päädyssä. Sivuseinän kapasiteetti lasketaan kaavasta

$$V_{R,d,seinä} = \frac{L}{s} * V_{R,d} \quad (82)$$

(Puuinfo Oy 2010, 122).

Kapasiteetin tulee olla riittävä molemmilla seinillä. Päätyseinällä leikkausvoimakestävyyttä verrataan leikkausvoimaan, joka aiheutuu päätyseinän suuntaisista vaakakuormista ja sivuseinän mitoituksessa päinvastoin.

Naulaliitosten kapasiteetti tulee vastaavasti tarkistaa sekä päädyn että sivuseinän leikkaavalle voimalle ja laudan suuntaiselle normaalivoimalle. Koko seinän kapasiteetti leikkaavalle voimalle naulaliitosten mukaan saadaan laskettua kaavasta

$$V_{R,d,päätty} = \frac{B}{s} * n * R_d \quad (83)$$

missä

B	on päädyn leveys
s	on laudoituksen jako päädyn suunnassa
n	on naulamäärä yhdessä laudan liitoksessa päätyseinään
R_d	on yhden naulaliitoksen leikkauskestävyys

(Puuinfo Oy 2010, 124). Leikkausvoimakestävyyden on oltava suurempi kuin leikkaavan voiman.

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa tarkistetaan laudassa vaikuttavalle normaalivoimalle N_d . Laudassa vaikuttava normaalivoima lasketaan kaavasta

$$N_d = \frac{V_d * s}{B * \cos \alpha} \quad (84)$$

(Puuinfo Oy 2010, 124).

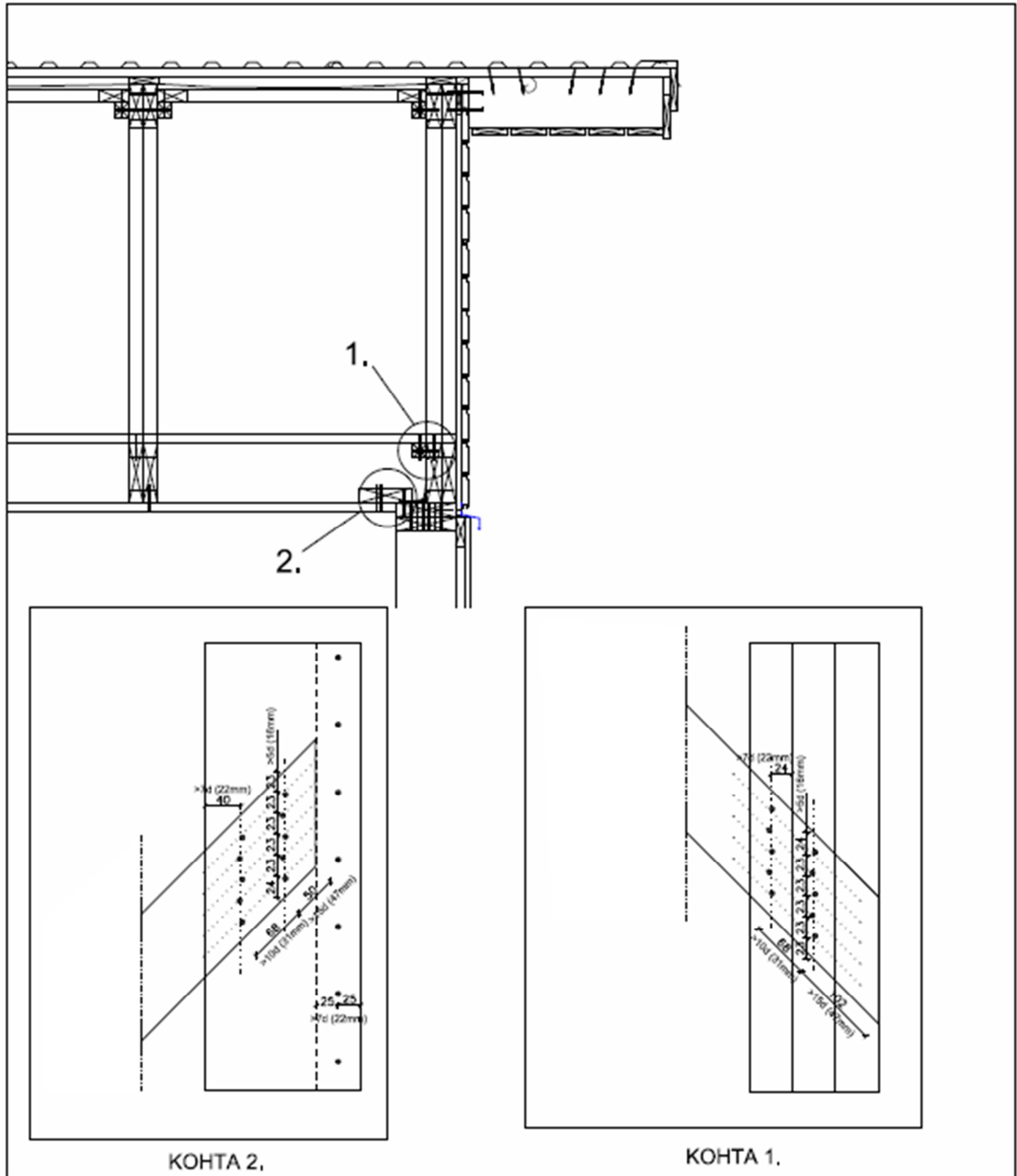
Naulauksen mitoitusehto normaalivoimakestävyydelle on

$$\frac{N_d}{n * R_d} \leq 1 \quad (85)$$

(Puuinfo Oy 2010, 124).

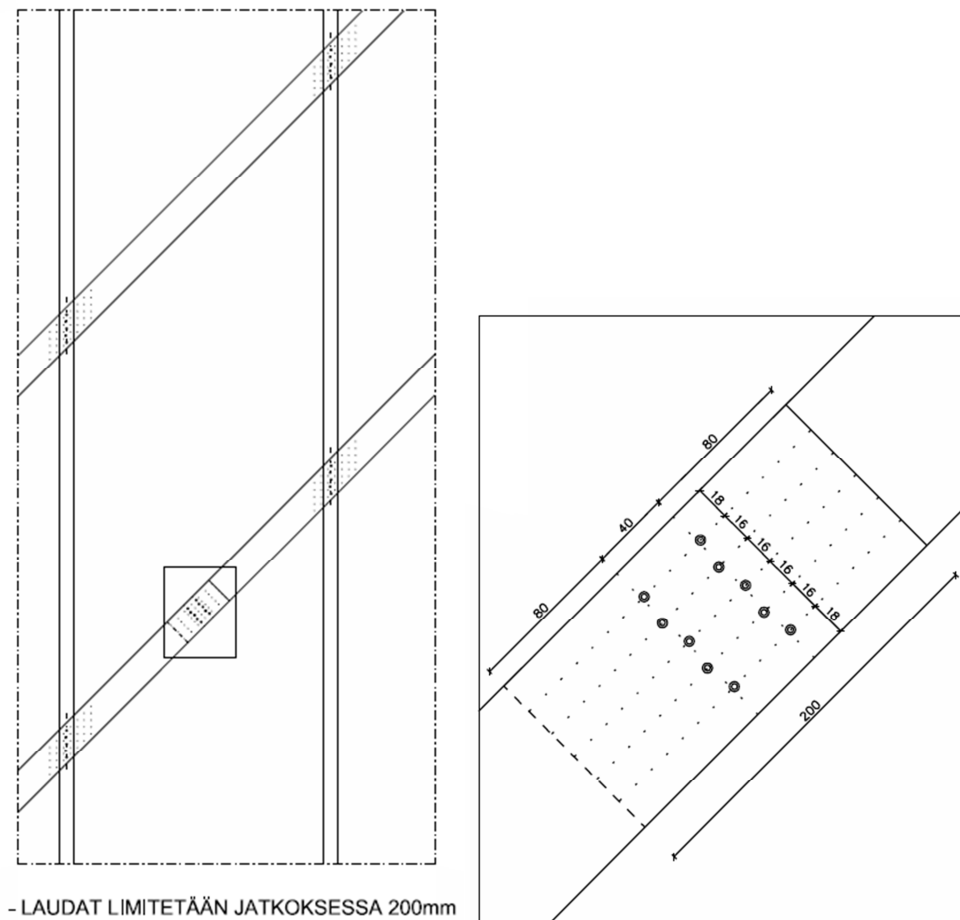
Myös vinolaudoitusten jatkokset tulee naulata niin, että ne pystyvät välittämään laudassa vaikuttavan normaalivoiman eteenpäin eli jatkosten naulaukset mitoite-
taan myös voimalle N_d (Puuinfo Oy 2010, 124).

Esimerkkinä olleessa kylmässä ratsastusmaneesissa laudoitusjaoksi mitoitettiin K1000mm, ja jaon mukaisella lautamäärällä laudan suuntaiselle voimalle tarvitaan liitokseen 10kpl 3,1x90 konenaulaa. 10kpl naulaliitokset tarvitaan siis laudoituksen liitokseen päätyseinään sekä lautojen jatkosliitoksiin. Kun huomioidaan riittävät naulavälit ja reunaetäisyydet voidaan 32x100 lautaan sijoittaa 5 naulaa rinnakkain eli naulat on sijoitettava kahteen riviin. Tämä on huomioitava sekä laudoituksen liitoksessa päätyseinään että lautojen jatkoksissa. Lautoja ei voida suoraan jatkaa rinnakkain ristikon paarteiden kohdalla, koska laudan ja ristikon alapaarteiden liitokseen ei saada mahtumaan 10 naulaa. Lautojen jatkos toteutetaan paarteiden vä-
lissä limittämällä laudat ja kiinnittämällä toisiinsa 10 naulalla. Seuraavassa esitetty kyseiset liitokset.



Päätyräystäsleikkaus

Kuvio 43. Yläpohjan jäykistelautojen liitokset päätyseinään.



Kuvio 44. Yläpohjan jäykistelaudan jatkoksen naulaus.

5.4 Vetopaarteiden mitoitus

Yläpohjan jäykistetty taso toimii kuten korkea levyumainen palkki, joten vaakavoimaa vastaan kohtisuorille sivuille aiheutuu normaalivoimat. Voiman puoleiselle sivulle aiheutuu puristusta ja voiman vastaiselle sivulle aiheutuu vetoa. Yläpohjan mitoituksessa mitoitetaan näihin normaalivoiman vaikutuskohtiin sauvat vetovoimalle. Laskentaohjelmassa kuorman vaikuttaessa päätyseinien suuntaisesti sivuseinille vetopaarteiksi mitoitetaan seinän yläpäässä olevat yläsidepuut. Voiman vaikuttaessa sivuseinien suuntaisesti vetopaarteeksi mitoitetaan koolausten tai jäykistyslaudoituksen kiinnityslankku. Vetopaarteen vetokestävyys saadaan lasketua kaavasta

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * f_{t,0,k}}{\gamma_M} \quad (86)$$

missä

k_h on kerroin, joka huomioi sauvan koon taivutus ja vetolujuuteen. Huomioidaan, kun vedetyn sauvan suurempi sivumitta on alle 150mm. Lasketaan kaavasta $k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3$.

(RIL 205-1-2017, 50.)

Vetopaarteessa vaikuttava voima lasketaan jakamalla kentän maksimimomentti jäykistävän kentän korkeudella. Kun voima vaikuttaa päätyseinän suuntaisesti saadaan paarteen vetojännitys laskettua kaavoilla paarteen vetovoima

$$F_d = \frac{M_d}{B} \quad (87)$$

paarteen vetojännitys

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A} \quad (88)$$

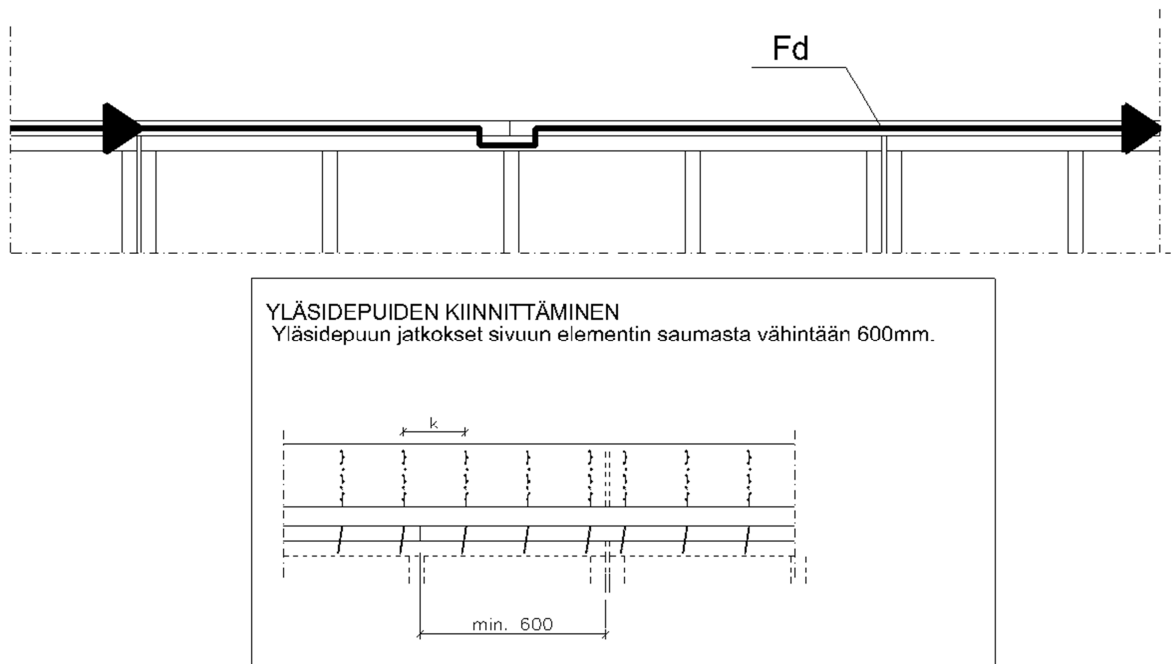
missä

A on vetopaarteen poikkipinta-ala.

(RIL 248-2013, 64.)

Mitoitusehto paarteen poikkileikkauksen vetokestävyydelle on $\sigma_{t,d} < f_{t,0,d}$ (RIL 248-2013, 64).

Vetopaarteen jatkosten naulaus täytyy mitoittaa myös normaalivoimalle eli kiinnityksen täytyy pystyä välittämään normaalivoima viereiselle lankulle. Yläsidepuut ja koolausten kiinnityspuut asennetaan seinäelementtien päälle 4800mm pitkinä lankkuina. Lankkujen molempien päiden liitos mitoitetaan vaikuttavalle vetovoimalle. Tarvittava kiinnikemäärä jaetaan tasaisesti lankun pituudelle. Yhden pään liitoksessa tarvittava naulamäärä saadaan kaavasta $n = \frac{F_d}{R_d}$, missä R_d yhden naulaliitoksen leikkauskestävyys (RIL 248-2013, 64). Tarvittava naulamäärä koko lankulle saadaan kertomalla yhden pään liitoksessa tarvittava naulamäärä kahdella.



Kuvio 45. Vetovoima elementin yläsidepuussa.

5.5 Kattoristikoiden liitokset kantavien ulkoseinien päälle

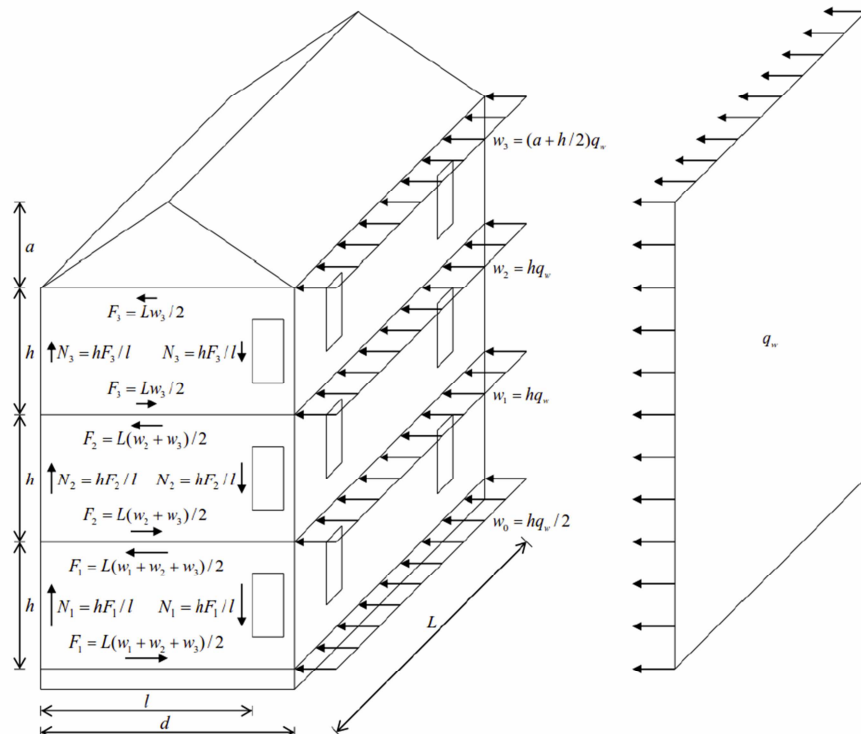
Käytetyistä lähdeveksistä ja opinnäytetyötä varten läpikäydyistä aineistoista ei löytynyt mitoitusohjeita ristikoiden kulmalevykiinnitykseen kantavien ulkoseinien päälle. Käydyissä teoksissa todetaan, että liitokset tulee toteuttaa kohteen rakennesuunnitelmien mukaisesti. Ristikkovalmistaja Sepa Oy:n ristikoiden asennusohjeen mukaan kiinnitys voidaan toteuttaa kulmaraudan kampanaulauksella 4+4 N 4x40, kun kyseessä on normaalit alle 12m alapaarrepituudella olevat ristikot. Kattoristikoissa on usein kulmalevyn kiinnityskohdassa naulauslevy. Tämä ei kuitenkaan estä liitoksen tekemistä, vaan naulat voidaan naulata naulalevyn läpi. (Sepa Oy.)

Rakennuksen jäykistystä mitoitettaessa tehdyllä ohjelmalla ristikoiden liitosten ulkoseiniin ei tarvitse välittää vaakavoimia, koska voimat yläpohjatason vaakajäykisteeltä siirretään ulkoseinille erillisillä liitoslankuilla. Ristikoiden liitokset on mitoitettu vesikattotasoon tuulivoiman aiheuttamalle nosteelle, koska sitä ei ole muille rakenteille mitoitettu. Tuulen aiheuttaman nostevoiman laskenta on käyty läpi kohdassa

4.4 Peltikatteen kiinnitys ruoteisiin ja mitoitus tuulen imukuormitukselle käytiin läpi sivuilla 59 ja 60, joten tässä ei siihen enää perehdytä. Välialueen ristikot ja päätymäinen ristikko mitoitetaan eri kuormille. Välialueen ristikoille määräytyy kuormitus tuulen neliökuorman ja ristikoiden keskeltä keskelle jaon mukaan. Tämä kuorma puolitetaan ristikon molempien päiden liitoksille. Nostavasta voimasta kompensoidaan pois katon omapaino. Mitoituskuorma omalle painolle saadaan kaavalla $0,9 * G_k$. Ristikon kulmalevyllä ankkuroitava voima saadaan kaavasta $\frac{F_d - 0,9 * G_k}{2}$. Ohjelmasta saadaan siis ulos ankkuroitava voima. Ohjelmaan ei ole laadittu kaavastoja kulmalevyliitosten mitoitusta varten. Kulmalevy voidaan mitoittaa esimerkiksi Simpson Strong Tie Connector Selector -ohjelmalla. Mitoitusesimerkki löytyy liitteen esimerkkihallien laskennoista.

6 RAKENNUKSEN ULKOSEINIEN JÄYKISTYS

Yläpohjatasoon tulevat vaakasuuntaiset voimat siirretään sen tukina toimiville pääty- ja sivuseinille. Yläpohjan tulee olla ankkuroituna seinien yläpäähän niin, että liitokset pystyvät välittämään kuormitukset seinille. Tämä ankkurointi on käyty läpi kappaleessa 5 Rakennuksen yläpohjataso jäykistys. Yläpohjatasosta vaakakuorma jakaantuu aina tuulen suuntaisille jäykistäville seinille. Jäykistysseinien tulee kestää vaakasuuntainen kuormitus sekä siitä aiheutuvat pystysuuntaiset voimat. Seinän alareunassa vaikuttaa vastaavan suuruinen vaakavoima kuin seinän yläreunassakin. Seinän alapää tulee ankkuroida perustuksiin tälle vaakasuuntaiselle leikkaavalle voimalle. Jäykistävien seinälohkojen reunoihin aiheutuu myös pystysuuntaiset kuormitukset. Seinälohkon reunimmaisista pystytolpat ankkuroidaan perustuksiin näille pystysuuntaisille kuormille jäykin liittimin. Eli seinän kiertyminen tason suunnassa estetään nurkkien ankkuroinnilla. Seinien ja yläpuolisten rakenteiden omat painot voidaan huomioida tilanteessa edullisina, kompensoivina voimina. (RIL 205-1-2017, 156,158; Leskelä & Gyproc 2017, 3.)



Kuvio 46. Kuormien jakaantuminen rakennuksen runkoon (Leskelä & Gyproc 2017, 3).

Seinien, joiden on tarkoitus kestää sille kertyvät vaakaleikkausvoimat tulee jäykistää tason suunnassa rakennuslevyillä, vinojäykisteillä tai momenttiliitoksilla (RIL 205-1-2017, 156). Laskentaohjelmaan on luotu laskentaketjut, joilla voidaan mitoittaa jäykistävien seinien jäykistyskyky käyttämällä rakennuslevyjä tai vinojäykisteitä. Jäykistyksessä voidaan käyttää myös edellä mainittujen jäykisteiden yhdistelmää.

6.1 Seinien jäykistäminen rakennuslevyillä

Laskentaohjelmassa jäykistysseinät mitoitetaan RIL 205-1-2017 jäykistysseinien yksinkertaistetun analyysin mukaisesti. Samaa laskentamenetelmää voidaan käyttää myös kipsilevyille. Yksinkertaistettua analyysiä käytettäessä tulee joko jäykistyslohkon päissä olevat pystysauvat ankkuroida perustuksiin tai seinän alajuoksu ankkuroidaan perustuksiin tasavälein siten, että vähintään yksi kiinnityspiste tulee jokaisen jäykistävän levyn kohdalle (RIL 205-1-2017, 156).

Yksinkertaistetulla menetelmällä määritettäessä seinän vaakaleikkausvoimakestävyyttä jäykistävä seinä voi koostua useammasta lohkoista. Koko seinän vaakaleikkausvoimakestävyys lasketaan jäykistävien lohkojen leikkauskestävyyksien summana eli $F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$. Ehtoina mitoitukselle on, että liitinväli on sama levyn kaikilla reunoilla ja jokaisen jäykistykseen mukaan huomioitavan levyn leveyden tulee olla vähintään $H/4$. (RIL 205-1-2017, 156-157.)

Yksittäisen seinälohkon eli levyn vaakaleikkausvoimakestävyys voidaan laskea kaavasta

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,R,d} b_i c_i}{s} \quad (89)$$

missä

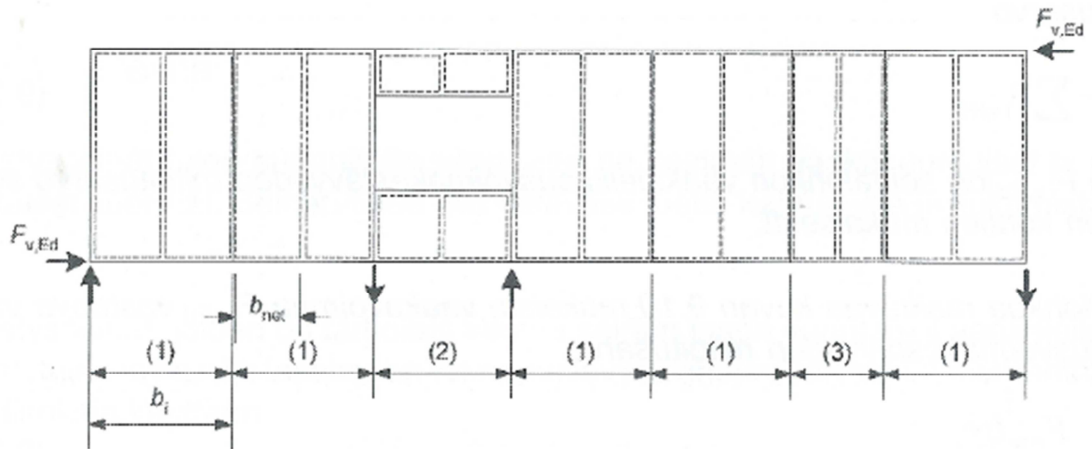
$F_{f,R,d}$ on yksittäisen kiinnikkeen leikkausvoimakestävyys

b_i on seinälohkon eli levyn leveys

s on kiinnikejako

$$c_i = \begin{cases} 1, & \text{kun } b_i \geq \frac{h}{2} \\ \frac{2b_i}{h}, & \text{kun } b_i < \frac{h}{2} \end{cases}$$

missä h on seinän eli levyn korkeus (RIL 205-1-2017, 157).



- (1) Normaali levyinen seinälohko (jäykistävät seinälohkot)
- (2) Ikkunallinen seinälohko (ei huomioida jäykistävänä rakenneosana)
- (3) Kapea seinälohko (jäykistyskestävyyden saa laskea mukaan)

Kuvio 47. Kaksiosainen jäykistysseinä (RIL 205-1-2017, 158).

Jäykistyslevytyksiä suunniteltaessa tulee muistaa, että levytyksiä asennettaessa käytetään levytykseen soveltuva kiinnikettä ja että asennuksessa noudatetaan levytyypin mukaisia ohjeita.

Laskentaohjelmaan luotiin taulukkomainen laskentapohja, johon valmiiksi alasvetovalikkoihin sijoitettiin eri levyvaihtoehtoja sekä levytyypin mukaiset kiinnikkeet ja niiden leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvot. Kipsilevykiinnikkeiden arvot on saatu Gyprocin tuotesertifikaatista Nro VTT-C-11904-17 ja arvot on muutettu suunnitteluarvoiksi jakamalla materiaalin osavarmuuskertoimella 1,3 (Leskelä & Gyproc 2017, 9). Vanerilevyjen kiinnikkeiden leikkauskestävyysarvot on laskettu RIL 205-1-2017 naulatun puulevyn liitosten ohjeen mukaisesti.

Myös yksinkertaistetussa laskentamenetelmässä voidaan levyn reunoilla olevien liitinten leikkauskestävyyttä kasvattaa kertoimella 1,2. Vanerien ja kipsilevyjen kiinnityksessä suurin sallittu kiinnikeväli levyn reunoilla on nauloilla 150mm ja ruuveilla 200mm. Levyn keskialueella kiinnikeväli saa olla 2x suurempi kuin levyn reunoilla, mutta kuitenkin enintään 300mm. (RIL 205-1-2017, 155; Leskelä & Gyproc

2017, 10.) Lisäksi lasikuitumattovahvisteisilla ja kartonkipintaisilla kipsilevyillä pienin mahdollinen kiinnikeväli on K 70mm (Leskelä & Gyproc 2017, 9). Vanerilevyjä kiinnitettäessä pienin mahdollinen kiinnikeväli määräytyy RIL naulaliitosten ohjeiden mukaisesti. Syysuuntainen kiinnikeväli runkotolpassa määrää kiinnikejaon. Puulevyn ja puutavaran esiporaamattomissa liitoksissa kiinnikevälejä saa pienentää kertoimella 0,85. Eli pienin mahdollinen kiinnikejako on $0,85 \cdot 10d$, missä d on kiinnikkeen paksuus. Naulan paksuus saa olla vanerissa enintään $0,5 \times$ levyn paksuus. (RIL 205-1-2017, 115-116.)

Seinissä, joissa huomioidaan molempien puolien levytys, eli ulkopuolen tuulensuojalevy ja sisäverhouslevy, jäykistyksessä, noudatetaan seuraavia sääntöjä:

- Seinän vaakaleikkausvoimakestävyys lasketaan molempien levytysten summana, mikäli levyt ja liittimet ovat tyypiltään ja mitoiltaan samanlaiset.
- Käytettäessä erityyppisiä levyjä mutta siirtymäkertoimeltaan samanlaisia kiinnikkeitä voidaan huomomman puolen vaakaleikkausvoimakestävydestä huomioida 75 %.
- Muissa tapauksissa heikomman puolen levytyksen vaakaleikkausvoimakestävydestä voidaan huomioida enintään 50 %. (RIL 205-1-2017, 158; Leskelä & Gyproc 2017, 10.)

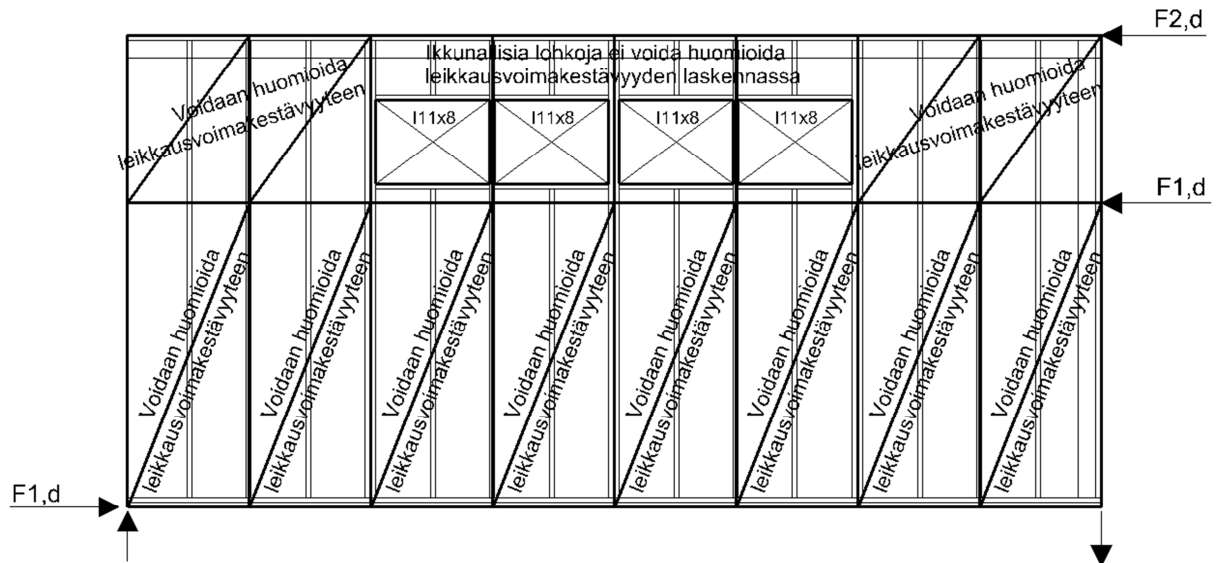
Molempien puolien levytyksessä menetellään samalla tavalla sekä puulevyjen että kipsilevyjen kanssa.

Käytettäessä vanerilevyjä jäykisteenä voidaan levyn leikkauslommahdus jättää huomioimatta, kun $b_{net}/t \leq 100$, kun b_{net} on levytyksen kiinnitysrungon vapaa väli ja t on levyn paksuus (RIL 205-1-2017, 159). Käytettäessä rungon jäykisteenä kipsilevyjä voidaan leikkauslommahdus jättää huomioimatta, mikäli noudatetaan Gyprocin antamia suunnitteluarvoja ja asennusohjeita ja seinän runkojako on enintään K600mm (Leskelä & Gyproc 2017, 10).

Ovi- tai ikkuna-aukollisia seinälohkoja ei voida huomioida vaakaleikkausvoimakestävyden laskennassa, jos levyn leveys aukon kohdalla jää alle $H/4$ tai levy katkeaa kokonaan, kuten kuviossa 48. kaksiosainen jäykistysseinä. Ovi- tai ikkuna-

aukollisilla seinälohkoilla voidaan kuitenkin siirtää ulkoisia voimia jäykistyslohkojen välillä eli ne toimivat liittävänä rakenteena. (RIL 205-1-2017, 158-159.)

Rakennukset, joissa seinäkorkeus on suurempi kuin käytettävien rakennuslevyjen pituus, voidaan jäykistyslevytys toteuttaa kahdella levyllä jatkamalla. Levyjen jatkoksissa päätysauman takana tulee olla tuki, joka siirtää jäykistävien levyjen kuormat runkotalpille. Päätysaumojen takana olevan kapuloinnin tulee liittyä tiiviisti pystyrunkoon. Kapulointi esim. lovetaan pystyrunkoon. (Leskelä & Gyproc 2017, 11.) Mitoituksessa jatkettavat levytykset huomioidaan niin kuin rakennuksessa olisi kaksi kerrosta. Eli ylempänä olevalle levyriville määritetään oma kuormituksensa, jolle levytyksen leikkausvoimakestävyys lasketaan. Alemman kerroksen jäykistyslevytystä rasittaa siihen kohdistuva tuulivoima sekä ylemmästä kerroksesta kertyvät kuormat. Alemmalle levytykselle kertyy siis suurempi kuorma, jolle alemman levykentän leikkausvoimakestävyys pitää olla riittävä. Kuormitukset kertyvät siis jatkettussa levytyksessä kuten kuviossa 52. Kuormien jakaantuminen rakennuksen runkoon. Mikäli jatkettussa levytyksessä on esimerkiksi ikkuna-aukko ylemmässä levykerroksessa niin kyseistä seinälohkoa ei huomioida ylemmän kerroksen leikkausvoimakestävyteen. Ikkuna-aukon alapuolella oleva levy voidaan kuitenkin huomioida alemman kerroksen leikkausvoimakestävyyslaskennassa.



Kuvio 48. Levytys kahdessa kerroksessa ja vaakaleikkauvoimakestävyden laskennassa huomioitavat levyt.

6.1.1 Kuormitukset päätyseinien levyjäykisteille

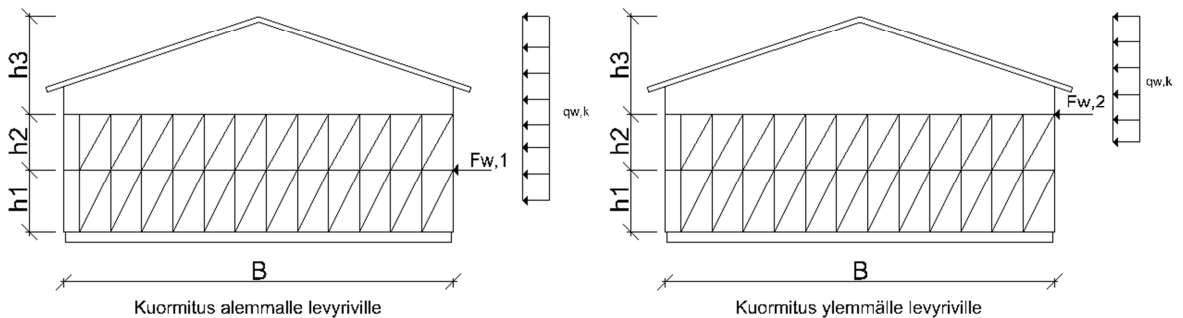
Päätyseinien levyjäykisteitä kuormittaa päätyseinien suuntainen tuulikuorma sekä lisävaakavoimat kattorakenteen omasta painosta ja lumikuormasta. Lisävaakavoimat lasketaan kaavasta $q_{HB,k} = \frac{q_k \cdot B}{150}$ [kN/m], missä B on rakennuksen leveys (RIL 248-2013, 60-61).

Levyjäykisteen mitoitusta varten on selvitettävä levyn yläreunan korkeudella vaikuttava leikkaava voima, jolle levytys mitoitetaan. Esimerkkinä olevassa rakennuslevyillä jäykistetyssä hallissa ulkoseinät ovat korkeampia kuin rakennuslevyjen pituus, jolloin levytys koostuu kahdesta päällekkäisestä levystä. Molemmille levykerroksille selvitetään levykerroksen yläreunan korkeudella vaikuttava leikkauvoiman arvo. Ylempää levykerrosta kuormittaa vesikattotasoon vaikuttava tuulikuorma sekä puolet ylempään levykerrokseen kohdistuvasta tuulikuormasta. Toinen puoli kuormituksesta ohjautuu suoraan alemmalle levykentälle. Kaavamudossa kuormitus voidaan esittää kuvion 50 mukaan

$$F_{w,2} = q_{w,k} * \left(h_3 + \frac{h_2}{2} \right) \quad (90)$$

Alempaa levykerrosta kuormittaa vesikattotason ja ylemmän levykerroksen tuulikuorma sekä puolet alemman levyn tuulikuormasta. Toinen puoli suoraan alempaan levyyn kohdistuvasta tuulikuormasta välittyy suoraan perustuksiin. Kaavamuodossa alemman levyn kuormitus voidaan esittää kaavalla

$F_{w,1} = q_{w,k} * (h_3 + h_2 + \frac{h_1}{2})$. Kaavoissa $q_{w,k}$ on neliökuorma (kN/m^2) eli kuormitus on rakennuksen sivuseinään kohtisuoraan vaikuttava viivakuorma kyseisen levyn korkeudella. Lasketut lisävaakavoimat ovat niin ikään kuormituksina kN/m .



Kuvio 49. Tuulikuorman jakaantuminen päädyn levyjäykisteille.

Lopuksi muodostetaan mitoituskuorma päätyjen levyjäykisteille, joka tässä tapauksessa on hetkellisen aikaluokan mitoituskuorma tuulen ollessa määräävä muuttuva kuorma eli

$$W_{B,d} = 1,15 * g_{HB,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{HB,k} + 1,5 * F_{w,k}, \psi_0 = 0,7.$$

Yhden päädyn jäykisteitä kuormittaa puolet sivuseinään kohtisuoraan kohdistuvasta kuormituksesta eli

$$F_{B,d} = \frac{W_{B,d} * L}{2} \quad (91)$$

6.1.2 Kuormitukset sivuseinien levyjäykisteille

Sivuseinien levyjäykisteitä kuormittaa sivuseinien suuntaisesti vaikuttava tuulikuorma sekä lisävaakavoimat kattorakenteen omasta painosta ja lumikuormasta. Lisävaakavoima rakennuksen sivuseinän suunnassa lasketaan kaavasta

$$H_{L,d} = \frac{B}{L} * \frac{P_d}{150} \geq \frac{P_d}{250} \quad (92)$$

missä

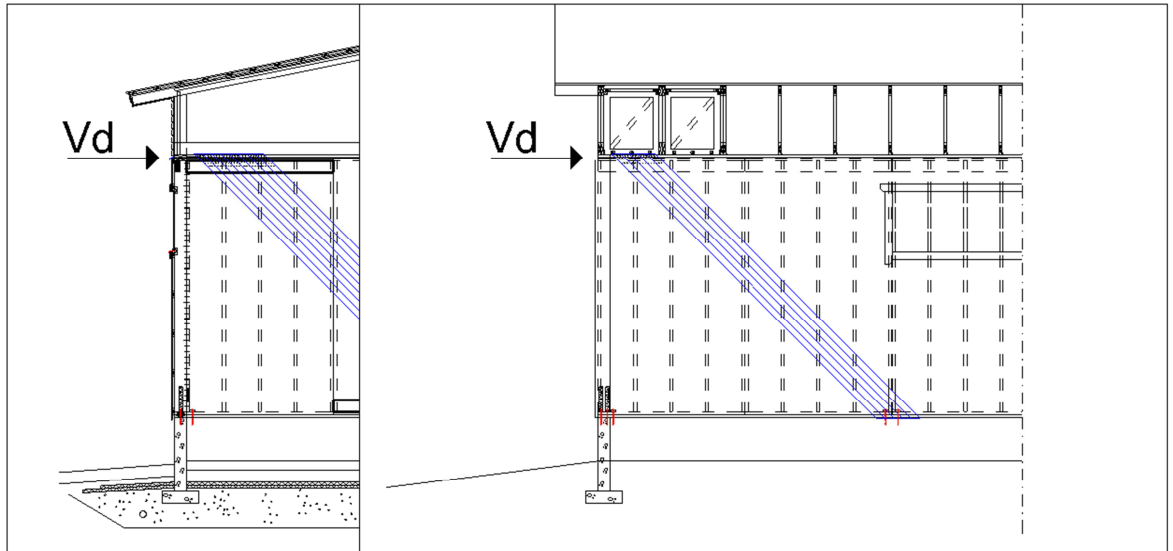
$H_{L,d}$	on lisävaakavoima rakennuksen pituus suunnassa
P_d	on lisävaakavoiman aiheuttava pystykuorma, tässä tapauksessa vesikatteen omapaino ja lumikuorma
B	on rakennuksen leveys
L	on rakennuksen pituus

(RIL 248-2013,24).

Muuten kuormitukset muodostetaan aivan vastaavasti kuin päätyseinien levyjäykisteiden leikkauskuorman laskennassa.

6.2 Seinien jäykistäminen lautajäykistein

Seinien vinolautajäykisteet mitoitetaan seinän yläpäässä vaikuttavalle leikkaavalle vaakavoimalle. Vaakavoiman aiheuttavat oman painon ja lumikuorman aiheuttamat lisävaakavoimat sekä tuulikuorma. Tuulikuormasta huomioidaan vesikattoon vaikuttava tuulikuorma sekä puolet seinärakenteeseen kohdistuvasta tuulikuormasta. Puolet seinärakenteeseen kohdistuvasta tuulikuormasta välittyy suoraan perustuksille. Kuormitus kertyy siis samalta alueelta kuin yläpohjatason jäykisteelle eli seinien jäykisteet mitoitetaan suoraan yläpohjatason reunoilla vaikuttavalle leikkaavalle voimalle.



Kuvio 50. Seinien vinolautajäkisteitä.

Vinolaudoituksen kestävyys lasketaan puristus- ja nurjahduskestävyyden kautta seinän yläpääntasossa vaikuttavalle leikkaavalle voimalle V_d . Lautojen vetokestävyys ei tule tässä tapauksessa mitoittavaksi rasitustilanteeksi. Laudan puristuskestävyyden laskentaa nurjahduksen kannalta ei käydä tässä kohtaa sen tarkemmin läpi, koska se on esitetty jo aiemmin ja löytyy myös liitteen esimerkkilaskelmista. Liitokset mitoitetaan laudan suuntaiselle voimalle N_d ja leikkaavalle voimalle V_d . (Puuinfo Oy 2010, 122-124.)

Laskennassa selvitetään riittävä lautamäärä, jolla saadaan seinä jäykistettyä leikkaavalle voimalle V_d . Mitoituksessa lautamäärä tarkistetaan sekä laudan kestävyden kannalta että liitosten kestävyden kannalta. Yhden laudan leikkauskestävyys saadaan laskettua kaavasta

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad (93)$$

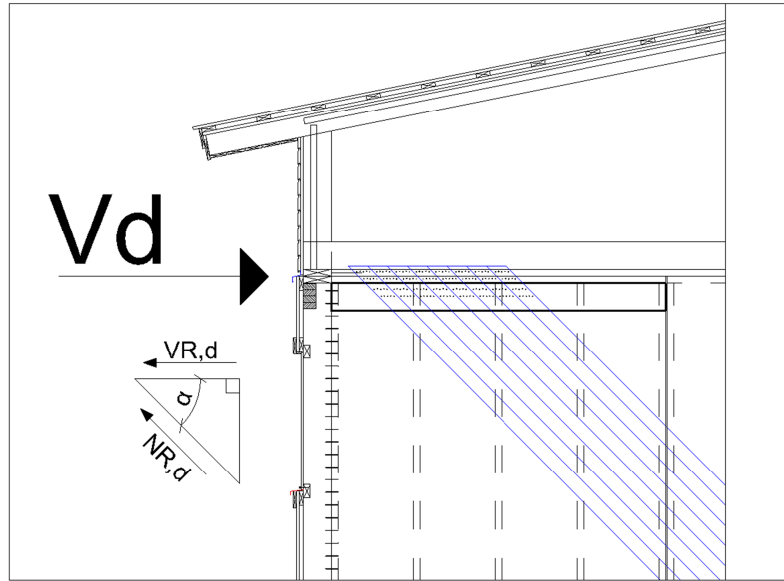
Missä

$$N_{R,d} \quad \text{on laudan puristuskestävyys nurjahdus huomioiden}$$

(Puuinfo Oy 2010, 122).

Tarvittava lautamäärä laudan leikkauskestävyyden kannalta saadaan laskettua kaavasta

$$n_l = \frac{V_d}{V_{R,d}} \quad (94)$$



Kuvio 51. Vinolaudoituksen leikkauskestävyys.

Seuraavaksi mitoitetaan laudan päiden ja jatkosten liitokset laudan suuntaiselle voimalle N_d . Yhteen vinolautaan kohdistuva normaalivoima lasketaan kaavasta

$$N_d = \frac{V_d}{n_l \cdot \cos \alpha} \quad (95)$$

(Puuinfo Oy 2010, 124).

Tarvittava naulamäärä laudan päässä ja jatkoksessa saadaan kaavasta

$$n = \frac{N_d}{R_d} \quad (96)$$

missä R_d on naulan leikkausvoimakestävyys.

Laudan päiden liitosten naulamäärä tarkistetaan leikkaavalle voimalle. Koko seinän liitosten kapasiteetti lasketaan kaavasta

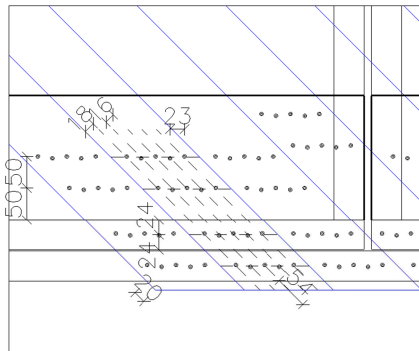
$$V_{R,d,seinä} = n_l * n * R_d \quad (97)$$

Mitoitusehto $\frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1$.

Mitoituksessa saadaan laskettua siis koko seinän jäykistämiseen tarvittava lautamäärä. Lautamäärä voidaan jakaa tasaisesti koko seinän matkalle tai sijoittaa vähintään 2 kenttään seinän molempiin päihin symmetrisesti. Vinolaudat asennetaan

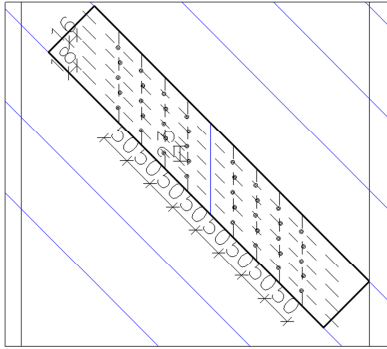
30-60° kulmaan ja niin, että laudan yläpää on kiinni seinän yläsidepuussa ja alapää seinän alasidepuussa.

Vinolautajäkisteissä yleensä kriittisin mitoitus on liitosten mitoitus laudan suuntaiselle voimalle. Halleissa rakennuksen kapeammalle päätyseinälle on yleensä sijoitettuna isoja oviaukkoja ja päädyissä tarvittava jäykistyskapasiteetti on yleensä suuri. Tämä johtaa siihen, että vinolautojen määrää ei pystytä kasvattamaan kovinkaan suureksi, jotta lautakentät saadaan seinälle mahtumaan. Tästä syystä naulamäärät päiden ja jatkosten liitoksissa nousevat suuriksi ja niitä ei millään saada mahtumaan pelkästään seinän alaohjauspuuhun. Seinän pystyihin voidaan loveta lankku syrjälleen, jolloin naulausala saadaan huomattavasti lisättyä päissä. Laudan jatkokset sijoitetaan aina puoleenväliin runkopystyjä ja lautojen takana käytetään erillistä jatkoslautaa. Molemmat laudat naulataan jatkoslautaan liitoksessa tarvittavalla naulamäärällä. Alla muutama kuva esimerkkilaskennassa olleen hallin vinojäykistelautojen naulaliitosten toteutuksesta.



Päiden liitos

Lautojen päiden kiinnitys 4x5N 3,1x90



KOHTA C 1:10

Jäykistelautojen jatkaminen:

Lautojen taakse 32x100 jatkospala.

Jäykistelautojen kiinnitys jatkoksessa 2x4x5N 3,1x90

Ei vierekkäisiä jatkoksia sammalle tolppavälille

Kuvio 52. Seinien vinolautajäkisteiden liitoksia.

6.3 Seinien ankkurointi perustuksiin ja seinäelementtien liitos alasidepuuhun

Puuelementtirakenteisessa hallissa sokkelin päälle asennetaan ensiksi lankku alasidepuuksi, johon elementit saadaan helposti kiinnitettyä. Alasidepuu kiinnitetään sokkeliin joko betonikiinnikkeillä alasidepuun läpi tai perustuksissa olevilla harjaterästartunnoilla, jotka tuodaan alasidepuun läpi ja taitetaan alasidepuun päälle lekalla lyömällä. Puuelementit kiinnitetään alasidepuuhun joko ruuveilla tai nauloilla. Nämä liitokset tulee mitoittaa vaakasuuntaiselle leikkaavalle voimalle, joka on yhtä suuri kuin seinän yläreunassa vaikuttava leikkaava voima (Leskelä & Gyproc 2017, 3). Sekä alasidepuun ja elementin liitoksessa tarvittava kiinnikejako voidaan laskea kaavasta

$$s_{max} = \frac{R_d * B}{V_d} \quad (98)$$

missä

R_d on käytettävän kiinnikkeen leikkausvoimakestävyys

B on liittyvän seinän pituus

V_d on leikkausvoiman mitoitusarvo

(RIL 248-2013, 68).

Kiinnikejaot tulee tarkistaa jokaiselle seinälle erikseen, koska kiinnikejakoon vaikuttaa kuormituksen suuruus ja liittyvien seinien pituus.

Alasidepuun liitoksissa sokkeliin käytettäville harjateräksille leikkausvoimakestävyys oletetaan samaksi kuin teräslevyllisille tappivaarnaliitoksille sekä teräksen ja puun välisille pulttiliitoksille (RIL 248-2013, 67). Samoilla kaavoilla voidaan siis selvittää liitosten kestävyys kiila-ankkureille ja betoniruuveille. Seuraavilla kaavoilla on laskettu ohjelmaan valmiiksi erikokoisille harjateräksille, betoniruuveille ja kiila-ankkureille alasidepuun ja perustusten välisen liitoksen leikkausvoimakestävyys.

Pultin tai vaarnan myötömomentti

$$M_y = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} \quad (99)$$

missä

d on kiinnikkeen paksuus [mm]
 $f_{u,k}$ on kiinnikkeen vetomurtolujuuden ominaisarvo, betoniruuveille ja kiila-ankkureille arvot poimittiin Sormatin tuotetiedoista

Puun reunapuristuslujuus syiden suunnassa

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k, \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (100)$$

missä

ρ_k on käytetyn puutavaran ominaistiheys

Pultin tai vaarnan leikkausvoimakestävyys

$$R_k = \min \left\{ \begin{array}{l} f_h * t * d \\ 1,3 * f_h * t * d * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * M_y}{f_h * d * t^2}} - 1 \right] \\ 3 * \sqrt{M_y * f_h * d} \end{array} \right. \quad (101)$$

missä

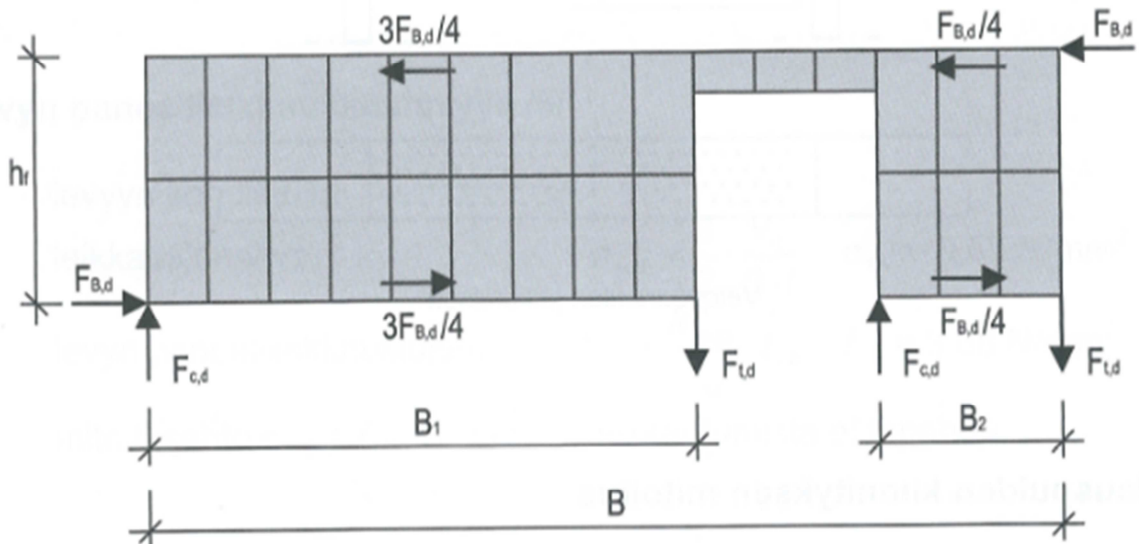
f_h on puun reunapuristuslujuuden ominaisarvo
 t on puun paksuus
 d on kiinnikkeen paksuus [mm]
 M_y on pultin myötömomentti

(RIL 205-1-2017, 122-125.)

Betoniruuvi- ja kiila-ankkurien tapauksessa tarkistettiin vielä, että lasketut leikkausvoimakkestävyydet eivät ylitä Sormatin kiinnikkeilleen antamia kestävyysarvoja.

6.4 Jäykistävien seinälohkojen reunimmaisten pystyjen ankkurointi perustuksiin

Jäykistävien seinien reunoille aiheutuu vaakakuormituksesta alla olevan kuvan mukaisesti pystysuuntaisia voimia. Kukaan jäykistävä seinälohko tulee ankkuroida reunoistaan perustuksiin näille pystyvoimille. Esimerkkilaskennoissa hallien seinät on jaoteltu jäykistyslohkoihin kuten alla olevassa kuvassa, eli isot oviaukot katkaisevat seinät lohkoihin.



Kuvio 53. Kuormitukset jäykistävässä seinässä (RIL 248-2013, 66).

Pystysuuntaiset vetovoimat seinien reunoilla voidaan laskea kaavasta

$$F_{t,d} = \left(\frac{B_1}{B_1 + B_2} \right) * \left(\frac{F_{B,d} * h_f}{B_1} \right) \quad (102)$$

Missä

B_1 ja B_2 ovat seinälohkojen pituudet

h_f on jäykistysseinän korkeus

$F_{B,d}$ on leikaava vaakavoima

(RIL 248-2013, 68).

Pystyvoimista voidaan vähentää pysyvistä kuormista aiheutuvat vastakkaissuuntaiset voimat (RIL 205-1-2017, 158). Esimerkkihalleissa huomioitavia kuormia olivat seinien ja kattorakenteen omat painot. Tilanteessa edulliset kuormat otetaan murtorajatilan kuormitustarkastelussa huomioon kaavalla

$$F_d = 0,9 * G_k \quad (103)$$

(RIL 205-1-2017, 158).

Mikäli rakenteiden paino on suurempi kuin ylöspäin suuntautuva voima, seiniä ei tarvitse ankkuroida pystyvoimille. Muussa tapauksessa jäljelle jäävät voimat ankkuroidaan perustuksiin. Esimerkkinä olleissa hallirakennuksissa pystyvoimat ankkuroitiin Simpson Strong Tien kiskoankkureilla ja mitoituksessa noudatettiin kyseisen valmistajan ohjeita.



Kuva 2. Kiskoankkuri
(Simpson Strong Tie b [viitattu 23.11.2018]).

Esimerkkinä olleen kylmän hallin pystyankkuroinnissa käytettiin kiskoankkuria HD420M20G. Kyseiselle ankkurille puu-betoni-liitoksen vetokestävyyden ominaisarvo lasketaan kaavasta

$$R_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} n * R_{lat,k} \\ \frac{26,6}{k_{mod}} \end{array} \right. \quad (104)$$

missä

$R_{lat,k}$ on yhden puuhun tulevan kiinnikkeen poikittaiskestävyyden ominaisarvo

n on kiinnikemäärä puuhun

k_{mod} on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin, saa tässä arvon 1,1

(Simpson Strong Tie a).

Kestävyys muutetaan mitoitusarvoksi kaavalla

$$R_{1,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_{1,k} \quad (105)$$

Missä

k_{mod} on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin, saa tässä arvon 1,1

γ_M on materiaalin osavarmuuskerroin ja saa tässä arvon 1,4 valmistajan ohjeen mukaisesti

(Simpson Strong Tie a).

Kiskoankkurin betoniin liittävän kiinnityspultin kestävyys tulee olla

$$F_{1,d} * \text{"pulttikerroin"} \quad (106)$$

Missä

$F_{1,d}$ on kiskoankkuria kuormittava vetovoima

"*pulttikerroin*" on valmistajan määrittämä taulukkoarvo, joka käytetylle kiskoankkurille oli 1,78

(Simpson Strong Tie a).

Kiskoankkurin betoniin kiinnityksessä käytettiin Sormatin kiila-ankkuria S-KAK 20/130 KZN. Kiila-ankkurille saadaan vetokestävyuden kuormitusarvo Sormatin taulukosta ja kyseisen kuormitusarvon tulee olla suurempi kuin

$F_{1,d} * "pulttikerroin"$.

Suurien rakennusten päädyissä pystysuuntaiset kuormitukset saattavat nousta melko suuriksi, jolloin ankkuroinnin suunnittelu on melko haastavaa. Yhdelle runkotolpalle ei ole kiskoankkureilla välttämättä mahdollista saada riittävää ankkurointia. Esimerkiksi liitteenä olevassa kylmässä hallissa tilanne ratkaistiin niin, että nurkissa kiskoankkurit kiinnitettiin myös nurkassa olevan sivuseinän elementin reunimmaiseen pystyyn ja nurkkaelementit ankkuroitiin toisiinsa kiinni päädyssä vaikuttaville pystyvoimille, jolloin kuormitusta pystyttiin jakamaan myös toiselle pystytolpalle. Jäykistyskentän toisessa reunassa kiskoankkurit sijoitettiin useammalle pystylle, jotka sijoituivat jäykistävän lautakentän alapään kohdalle. Liitteistä löytyy laskelmat molempien hallien pystyankkuroinnista sekä asennusdetaljit.

7 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön liitteenä on eristetystä ja kylmästä hallista tehdyt mitoitusrakennuksen kokonaisjäykistyksistä. Laskelmissa käydään vaihe vaiheelta läpi koko mitoitusketju peruskuormien määrittämisestä alkaen ja päättyen siihen, että vaakuormitukset on saatu vietyä perustuksille asti. Eristetyn hallin laskennassa on ristikoiden ja vesikattotason tuenta toteutettu vinolautajäykisteillä ja yläpohjan sekä seinien jäykistys levyjäykistein. Kylmän hallin laskennassa on ristikoiden ja vesikattotason jäykistys toteutettu jäykistys- ja pukkiristikoilla. Seinien ja yläpohjantaso on jäykistetty vinolautajäykisteillä. Liitteenä on myös Cads-ohjelmistolla tuotetut rakennepiirustukset molemmista kohteista.

Ohjelmalla pystytään mitoittamaan tällä hetkellä rakennusten kokonaisjäykistys, kun rakennuksessa on symmetrinen harjakatto ja rakennus on malliltaan suorakaitteen muotoinen. Tällä hetkellä ohjelmalla pystytään huomioimaan jäykistykseen ainoastaan rakennuksen ulkoseinät. Tarkoitus on kuitenkin jatkaa laskentapohjan kehittämistä ja luoda laskentaketjut, joilla pystytään mm. väliseiniä huomioimaan jäykistyksessä.

Opinnäytetyö tarjosi kiitettävästi haastetta. Työn jälkeen on helppo todeta, että rakennuksen kokonaisjäykistyslaskenta on erittäin haastava tehtävä ja vaatii paljon työtä, kun jäykistys mitoitetaan alusta loppuun kunnolla. Suurehkoissa puurakenteisissa halleissa jäykistyslaskenta muodostaa mielestäni olennaisimman osan rakennuksen mitoituksesta, jos halutaan varmistaa rakennuksen kestävyys ja vakaus.

Suomenkielisiä lähdeaineistoja aiheesta löytyy vähän ja haastavinta työssä oli osakokonaisuuksien sovittaminen toisiinsa. Lisäksi jokaisesta rakennusosan jäykistysvaiheesta ei välttämättä teoksista löytynyt yrityksen käyttämälle toteutustavalle suoraan esimerkkitapauksia. Esimerkiksi ristikoiden tuentaan ei löytynyt lähdeaineistoa, jossa olisi esitetty laskentaketju ristikoidentuentaan vinolautajäykisteillä. Näissä tilanteissa pyrittiin soveltamaan ristiin käytettävissä olleita RIL:in ja Puuinfon esimerkkilaskelmia.

LÄHTEET

- Gyproc. 2016. Gyproc Käsikirja Kevytrakennejärjestelmät. [Verkkojulkaisu]. Kirkkonummi: Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy / Gyproc. [Viitattu 6.10.2018].
 Saatavana:
http://www.gyproc.fi/Download/24828/Gyproc_jaykistysertifikaatti_suunnitteluohjeet_012017.pdf
- Leskelä, J. & Gyproc. 24.1.2017. Kipsilevyjäykisteiden suunnitteluohje. [Verkkojulkaisu]. Kirkkonummi: Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy / Gyproc. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana:
http://www.gyproc.fi/Download/24828/Gyproc_jaykistysertifikaatti_suunnitteluohjeet_012017.pdf
- Metsä Wood. 11.7.2018a. Suoritustasoilmoitus NRO. MW/PW/421-001/CRP/DOP. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Metsä Wood. [Viitattu 9.10.2018]. Saatavana:
https://www.metsawood.com/global/Tools/DoP/DOPOpenDocuments/DoP_Mets%C3%A4Wood_Spruce_Plywood_2018-07-11_fi.pdf
- Metsä Wood. 11.7.2018b. Suoritustasoilmoitus NRO. MW/PW/421-005/CRP/DOP. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Metsä Wood. [Viitattu 9.10.2018]. Saatavana:
https://www.metsawood.com/global/Tools/DoP/DOPOpenDocuments/DoP_Mets%C3%A4Wood_Spruce_Flex_Plywood_2018-07-11_fi.pdf
- Pohri Oy. Ei päiväystä. Kattoristikon mittojen ja kuormien määrittäminen. [Verkkosivu]. Evijärvi: Pohri Oy. [Viitattu 6.8.2018]. Saatavana: <https://www.pohri.fi/10>
- Puuinfo Oy. 15.7.2010. EC5 Sovelluslaskelmat Hallirakennus 2.painos. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Puuinfo Oy. [Viitattu 16.9.2018]. Saatavana:
<https://www.puuinfo.fi/ec5-sovelluslaskelmat-hallirakennus>
- Puuinfo Oy. 31.8.2018. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje 4.painos. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Puuinfo Oy. [Viitattu 15.9.2018]. Saatavana:
<https://www.puuinfo.fi/eurokoodi-5-lyhennetty-suunnitteluohje>
- RIL 201-1-2017. 2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- RIL 205-1-2017. 2017. Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- RIL 248-2013. 2013. NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu ja toteuttaminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Sepa Oy. Ei päiväystä. NR-Rakenteiden asennus- ja käsittelyohjeet. [Verkojulkaisu]. Keitele: Sepa Oy. [Viitattu 12.11.2018]. Saatavana:
http://www.sepa.fi/uploads/pdf/ply_nrohjeet_uusi.pdf

Simpson Strong Tie. Ei päiväystä a. Kiskoankkuri. [Verkkosivu]. Simpson Strong tie. [Viitattu 18.2.2018]. Saatavissa
<https://www.strongtie.de/products/zuganker/554/technische-daten/4>

Simpson Strong Tie. Ei päiväystä b. Kiskoankkuri. [Verkkosivu]. Simpson Strong tie. [Viitattu 23.11.2018]. Saatavissa
<https://www.strongtie.fi/products/detail/kiskoankkuri/554>

Veistämö M.Kortesniemi Ky. Ei päiväystä. Kattolohkojen nosto. Isojoki: Veistämö M. Kortesniemi Ky. [Viitattu 25.3.2018]. Saatavana:
<http://ryhtihalli.com/kuvat.asp>

VTT Expert Services Oy. 27.1.2017. Sertifikaatti Nro VTT-C-11904-17. Espoo: VTT Expert Services Oy. [Viitattu 9.10.2018]. Saatavana:
http://www.gyproc.fi/Download/24829/VTT-C-11904-17_Gyproc_27.1.2017_signed.pdf

LIITTEET

Liite 1. Eristetyn rakennuksen kokonaisjäykistyksen laskenta

Liite 2. Pääpiirustukset halli eristetty

Liite 3. Rakennepiirustukset halli eristetty

Liite 4. Liittymäleikkaukset halli eristetty

Liite 5. Kylmän rakennuksen kokonaisjäykistyksen laskenta

Liite 6. Pääpiirustukset kylmä halli

Liite 7. Rakennepiirustukset kylmä halli

Liite 8. Liittymäleikkaukset kylmä halli

LIITE 1. Eristetyn rakennuksen kokonaisjäykistyksen laskenta

PUURAKENTEISEN ELEMENTTIHALLIN JÄYKISTYS

JÄYKISTYKSEN TARKOITUKSENA ON SAADA RAKENNUS JA YKSITTÄISET OSAKOKONAISUUDET KESTÄMÄÄN ULKOISTEN VAAKAKUORMIEN JA ULKOISISTA PYSTYKUORMISTA AIHEUTUVIEN VAAKAKUORMIEN RASITUKSET.

VAAKAKUORMAT:

ULKOINEN VAAKAKUORMA ON RAKENNUKSEEN VAIKUTTAVA TUULIKUORMA.

YLÄPOHJAN- JA VESIKATTORAKENTEEN OMASTA PAINOSTA SEKÄ LUMIKUORMASTA TULEVAT PYSTYKUORMAT AIHEUTTAVAT VAAKAKUORMIA PURISTETTujen YLÄPAAARTEIDEN POIKITTAISSUUNTAISEN NURJAHDUSTUENNAN KAUTTA. MYÖS KATTORISTIKOIDEN ASENNUSVINOUDEN AIHEUTTAVAT VAAKAKUORMIA.

PERIAATE VAAKAKUORMAN SIIRTYMISESTÄ PERUSTUKSILLE:

SIVUSEINÄLLE JA KATTOLAPPELLE VAIKUTTAVA VAAKAKUORMA

1. RAKENNUKSEN SIVUSEINÄÄN VAIKUTTAVASTA TUULIKUORMASTA PUOLET SIIRRETÄÄN SEINÄN ALAREUNAN KAUTTA PERUSTUKSILLE
2. PUOLET SIVUSEINÄÄN VAIKUTTAVASTA KUORMASTA JA KOKO KATTOON VAIKUTTAVA KUORMA SIIRRETÄÄN VAAKATASOSSA OLEVALLA YLÄPOHJAN JÄYKISTYSRAKENTEELLE
3. YLÄPOHJAN JÄYKKÄ VAAKATASO SIIRTÄÄ KUORMAT PÄÄTYSEINIEN YLÄREUNAAN
4. PÄÄTYSEINIEN YLÄREUNASTA KUORMA SIIRTYY PÄÄTYJEN JÄYKISTYSRAKENTEIDEN KAUTTA PERUSTUKSILLE
5. PÄÄTYSEINIEN YLÄREUNAAN SIIRRETYJEN KUORMIEN PYRKIMYS KIERTÄÄ JÄYKISTYSSEINIÄ KULMANSÄ YMPÄRI ESTETÄÄN SEINIEN PYSTYKUORMIEN PÄINVASTAISELLA VAIKUTUKSELLA JA SEINIEN ANKKUROIMISELLA PERUSTUKSIIN.

PÄÄTYYN VAIKUTTAVA VAAKAKUORMA

1. YLÄPOHJATASON ALAPUOLELLE TULEVASTA TUULIKUORMASTA PUOLET SIIRRETÄÄN SEINÄN ALAREUNAN KAUTTA PERUSTUKSILLE
2. PUOLET YLÄPOHJATASON ALAPUOLELLE JÄÄVÄSTÄ KUORMASTA JA KAIKKI YLÄPOHJATASON YLÄPUOLELLE JÄÄVÄT KUORMAT SIIRRETÄÄN YLÄPOHJAN JÄYKISTYSRAKENTEeseen
3. YLÄPOHJAN VAAKATASOSSA OLEVA JÄYKISTYSRAKENNE SIIRTÄÄ KUORMAT SIVUSEINIEN YLÄOSAAN
4. SIVUSEINIEN YLÄREUNASTA KUORMA SIIRTYY SIVUSEINEN JÄYKISTYSRAKENTEIDEN KAUTTA PERUSTUKSILLE
5. SIVUSEINIEN YLÄREUNAAN SIIRRETYJEN KUORMIEN PYRKIMYS KIERTÄÄ JÄYKISTYSSEINIÄ KULMANSÄ YMPÄRI ESTETÄÄN SEINIEN PYSTYKUORMIEN PÄINVASTAISELLA VAIKUTUKSELLA JA SEINIEN ANKKUROIMISELLA PERUSTUKSIIN.

KOHTEEN TIEDOT

Tilaaaja:	Opinnäytetyön mallihalli, eristetty
Puhelin:	
Sähköposti:	
Lähiosoite:	
Postinro / Toimipaikka:	Heinävesi
Tonttitiedot:	

Rakennuksen käyttötarkoitus: Puutarhatuotteiden myymälähalli

RAKENNUKSEN MITAT

Leveys B (runko)	12,33 m
Pituus L (runko)	23,99 m
Seinän korkeus h1	4,7 m
Ristikön tukikorkeus htk	1 m
Ristikön harjakorkeus hk	3,06 m
Räystään pituus sivulla r1	0,7 m
Räystään pituus pääty r2	0,7 m
Sokkelin korkeus h0	0,3 m
Katon ala	367 m ²
Päädyn tuulikuorma osuus Ayp	13 m ²
Katon kaltevuus 1/X	1/3
	18,435 °

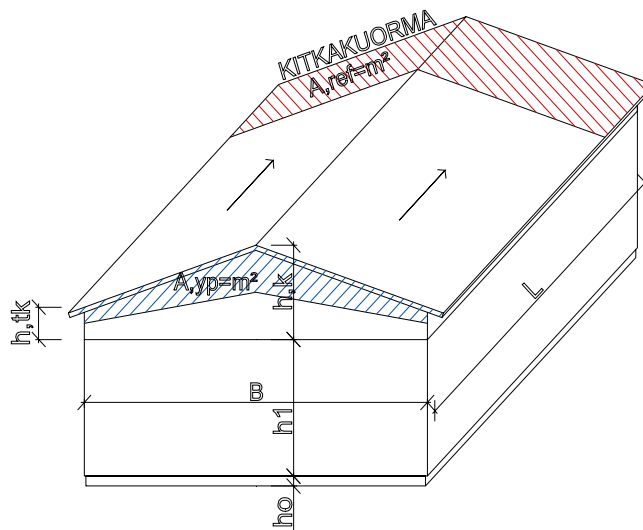
RAKENNUKSEN OMATPAINOT

Ulkoseinä	gus,k	0,45 kN/m ²
Yläpohja	gyp,k	0,25 kN/m ²
Vesikatto	gvk,k	0,15 kN/m ²
Päätykolmio	gpk,k	0,25 kN/m ²
Väliseinä	gvs,k	kN/m ²
Välipohja	gvp,k	kN/m ²
Ristikko	gR,k	0,1 kN/m ²

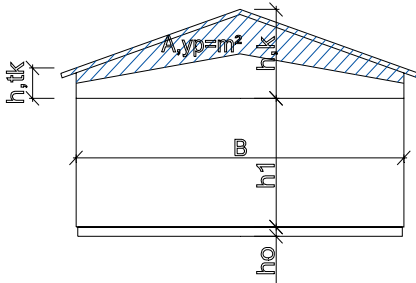
Maastoluokka	3
Rakennuksen korkeus maanpinnasta	8,06 m
Rakennuksen laskentakorkeus	8,06 m

Tuulen nopeuspaine $q_p(h) = 0,43$ kN/m²
 HUOM! Rajoite $q_p(z) \geq 0,32$

Lumikuorma maassa	Sk	2,5 kN/m ²
Katon muotokerroin	μ_1	0,8
Lumikuorma katolla	qL,k	2 kN/m ²



*Tuulen voimakertoimelle C_f voidaan tavanomaisissa rakennuksissa käyttää arvoa 1.3, kun rakennus on umpinainen, tai arvoa 1.6, jos rakennus on osittain avoin ja tuulen puoleisen seinän aukkojen pinta-ala on enintään 30% rakennuksen ulkoseinän kokonaispinta-alasta



Tuulen voimakerroin	C_f	1,3
Vesikaton kitkakerroin	C_{fr}	0,04
(Pelti- ja tiilikate 0,04 ja huopakate 0,02)		
Tuulen vaikutusalue	A_{yp}	13 m ²
Katon pinta-ala	A_{fr}	367 m ²
Päädyn pinta-ala	A_{ref}	83 m ²
	qp(h) =	0,43 kN/m ²
	B	12,33 m

Vesikattotason kuorma $q_{w,k}$ tuulen vaikutusalueesta ja tuulen kitkavoimasta vesikattoon

$$q_{w,k} = \frac{q_n(h)}{B} (C_f * A_{yp} + C_{fr} * A_{fr} * (1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}})) = 1,02 \text{ kN/m}$$

Yläohja- ja vesikattorakenteen omanpainon ja lumikuorman aiheuttamien puristettujen yläpaarteiden nurjaldustuennan aiheuttamat vaakakuormat F_k

Ristikkojako	K	1,2 m
Omapaino	g_k	0,5 kN/m ²
Lumikuorma	q_k	2 kN/m ²
Ristikon jänneväli	L	12,33 m
Ristikon keskimääräinen korkeus	a	2,03 m

Puristava voima omasta painosta

$$*N_g = \frac{k * g_k * L^2}{8} / a = 5,62 \text{ kN}$$

Puristava voima lumikuormasta

$$*N_q = \frac{k * q_k * L^2}{8} / a = 22,47 \text{ kN}$$

* Kaava johdettu Maksimi Momentti $M = (K * g * L^2) / 8$
Yläpaarteen puristusvoima $N = M / a$

Sisäinen jäykistyskuorma yläpaarteen tasossa omasta painosta

$$q_{g,k} = K_{lp} * \frac{n * N_g}{50 * L_p} = 0,36 \text{ kN/m}$$

Sisäinen jäykistyskuorma yläpaarteen tasossa lumesta

$$q_{q,k} = K_{lp} * \frac{n * N_q}{50 * L_p} = 1,45 \text{ kN/m}$$

Ristikoiden määrä n 21 kpl
Yläpaarteen pituus L_p 6,5 m

Lisäristikot 0 kpl

Kerroin $K_{lp} = \min \left(1; \sqrt{\frac{15}{L_p}} \right)$

K_{lp} 1

Kattoristikoiden vinouden aiheuttama lisävaakakuorma
Omasta painosta

$$g_{H,k} = \frac{B_1}{L_1} * \frac{L_1 * g_k}{150} \geq \frac{L_1 * g_k}{250} = 0,05 \geq 0,05$$

0,05 kN/m Tee valinta!

Lumesta

$$q_{H,k} = \frac{B_1}{L_1} * \frac{L_1 * q_k}{150} \geq \frac{L_1 * q_k}{250} = 0,18 \geq 0,20 \text{ Kn/m}$$

Tee valinta!

$$B1 = B + 2 * r1 = 13,73 \text{ m} \quad L1 = L + 2 * r2 = 25,39 \text{ m}$$

Kuormien yhteisvaikutus vesikattotasoon päädyn jäykisteille eri kuormitustapauksissa.

HUOM! Yhden päädyn jäykisteille.

KT1. omapaino + lumi (aikaluokka keskipitkä)

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,15 * (q_{g,k} + g_{H,k}) + 1,5 * (q_{q,k} + q_{H,k}))$$

Pd = 1,48 kN/m

KT2. omapaino + lumi (määrävä muuttuva kuorma) + tuuli (aikaluokka hetkellinen)

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,15 * (q_{g,k} + g_{H,k}) + 1,5 * (q_{q,k} + q_{H,k}) + 1,5 * \psi_0 * q_{w,k}), \psi_0 = 0,6$$

Pd = 1,94 kN/m MITOITTAVA KUORMA

KT3. omapaino + lumi + tuuli (määrävä muuttuva kuorma) (aikaluokka hetkellinen)

$$P_d = \frac{1}{2} * (1,15 * (q_{g,k} + g_{H,k}) + 1,5 * \psi_0 * (q_{q,k} + q_{H,k}) + 1,5 * q_{w,k}), \psi_0 = 0,7$$

Pd = 1,87 kN/m

YLÄPAARTEIDEN NURJAHDUSTUENTA JA RUOTEIDEN MITOITUS**HUOM! RUOTEIDEN MITOITUS KESKIPITKÄSSÄ AIKALUOKASSA!** (aikaluokka keskipitkä, $1,15 * N_g + 1,5 * N_q$)

Yläpaarteen keskimääräinen puristusvoima	Np,d	40,16 kN
Yläpaarteen nurjadhustuentaväli a _{NR} [mm]		740 (NR-suunnitelmasta)
Käyttöaste, kn		1 (NR-suunnitelmasta)
Ruodejako, a [mm]		400

Jos puristuksvoimaksi otetaan NR-suunnitelmassa esitetty keskipitkän aikaluokan puristusvoima N_{max,d} voidaan se muuttaa keskimääräiseksi puristusvoimaksi kertoimella 0,85.

Sivuttaistuennasta aiheutuva vaakakuormitus yhdelle ruoteelle (todellisen ruodejaon mukaan)

$$F_{p,d} = \frac{k_n * N_d}{50} * \frac{a}{a_{NR}} = 434 \text{ N}$$

korokerima 22x50 ja kiinnitys N. 2.9x75 **Rd = 410 N**

* Kannanpuoleisen puun minimi paksuus 7d

* Naulan tunkeuma vähintään 8d

* Naulan reunaetäisyys 7d

$$s = \frac{a * R_d}{F_{p,d}} = 378 \text{ mm}$$

Ruoteen 32x100 kiinnitys n. 2,9x90 **Rd = 475 N**Tarvittava naulamäärä n=F_{pd}/R_d **1 kpl**

Ruoteiden päätyliitokset

Mitoitetaan tuentavoimalle ottaen huomioon myös lisävaakavoima.

$$F_{p,d} + q_{H,d}a = a(q_d + q_{H,d}) \geq F_{p,d} + q_{H,d} * a \quad 1,18 \geq 0,58$$

1,18 kN **TEE VALINTA!**

$$q_d = 1,15 * q_{g,k} + 1,5 * q_{q,k} \quad 2,59 \text{ kN/m}$$

$$q_{H,d} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} \quad 0,36 \text{ kN/m}$$

Tarvittava naulamäärä n 3 kpl

Ruoteiden kiinnitys 3 N/liitos
Korokeriman kiinnitys, K 350 mm

Peltikatteen kiinnitys ruoteisiin

(pystyykö peltikate estämään, paarteiden s-nurjahdusmuodon)

Vaikuttava voima $F_{p,d}/k$ 0,36 kN/m

Käytetään itseporautuvia kateruuveja 4.8x25

Ruuvien mitoituskestävyys ohuessa teräslevyssä Rd 0,35 kN (RIL 248-2013)

Ruuvi väli joka ruoteeseen s 967 mm

Ruuvia/m² 2,6

TARKISTETAVA VIELÄ TUULEN IMUKUORMITUKSELLE!**Ruoteiden kestävyys**

Ruoteita kuormittaa keskipitkässä aikaluokassa ristikoiden tuentakuormituksesta aiheutuva normaalivoima, sekä katteen painon ja lumikuormituksen aiheuttama taivutusmomentti. Kattoruoteet mitoitetaan jatkuvana palkkina, jonka tukien väli on kattotuoli jako. Tarkistetaan puristetun ruoteen kestävyys kentässä ja vedetyn ruoteen kestävyys tukimomentin kohdalla.

Ruoteen puristusvoima $F_{p,d} + q_{H,d}a$ 1,18 kN

Ruode 32 x 100 3200 A [mm²]

Normaalijännitys (veto tai puristus) $\sigma_{c,t,d}$ 0,37 N/mm²

Katteen ja ruoteiden omapaino gk 0,09 kN/m²

Lumikuorma katolla qk 2 kN/m²

Kuorma yhdelle ruoteelle pd 1,24 kN/m

Taivutusmomentti reunakentän aukossa (3-aukkoinen)

$$M_{1,d} = 0,080 * p_d * L^2 \quad 0,14 \text{ kNm}$$

Taivutusjännitys reunakentässä

$$\sigma_{m1,d} = \frac{6 * M_{1,d}}{b * h^2} \quad 8,38 \text{ N/mm}^2$$

taivutusmomentti tuella (2-aukkoinen)

$$M_{2,d} = 0,125 * p_d * L^2 \quad 0,22 \text{ kNm}$$

Taivutusjännitys tuella

$$\sigma_{m2,d} = \frac{6 * M_{2,d}}{b * h^2} \quad 13,09 \text{ N/mm}^2$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo (syysuuntaan)

k _{mod}	0,8	$F_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * F_{c,0,k}}{\gamma_M}$	11,08 N/mm ²
γ _M	1,3		
F _{c,0,k}	18 N/mm ² (C18)		
E _{0,05}	6000 N/mm ²		

Taivutuslujuuden mitoitus arvo

$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}$	1,36	$F_{m,d} = \frac{k_{mod} * k_h * F_{m,k}}{\gamma_M}$	14,4 N/mm ²
K _h ≤	1,3		
	1,30		
F _{m,k}	18 N/mm ² (C18)		

Vetolujuuden mitoitusarvo

		$F_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * F_{t,0,k}}{\gamma_M}$	8,0 N/mm ²
F _{t,0,k}	10 N/mm ² (C18)		

Hoikkuusluku

$$L_c = 1,0 * L \quad 1200 \text{ mm}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad 273066,7 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_c}{i} \quad 129,9$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 2,265 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

K-kerroin

Alkukäyrästä riippuva kerroin sahatavaralle	β _c	0,2
	$K = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$	3,26

Nurjahduskerroin k_c

$$k_c = \frac{1}{K + \sqrt{K^2 - \lambda_{rel}^2}} \leq 1 \quad 0,178$$

Yhdistetty puristus ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_c * F_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m1,d}}{F_{m,d}} \leq 1 \quad 0,77 \text{ OK!}$$

Yhdistetty veto ja taivutus

$$\frac{\sigma_{t,d}}{F_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m2,d}}{F_{m,d}} \leq 1 \quad 0,96 \text{ OK!}$$

Ruoteet toimivat siis sekä vedettyinä, että puristettuina sauvoina!

YLÄPAARTEEN NURJAHDUSTUENNAN JOUSIJÄYKKYYS (RUOTEET)

$$\text{Vaatus jousijäykkyydelle} \quad C \geq (2 + 2 * \cos(\frac{180}{m})) * \frac{N_d}{a}$$

Yläpaarteen puristusvoima	Nd	40,16 kN
Ruodejako jota käytetty kattoristikon mitoituksessa	a	740 mm
a:n pituisten kenttien lukumäärä	m	9

$$\text{Jäykisteet molemmissa päädyissä joten vaatimus} \quad C \geq 210,5 \text{ N/mm}$$

$$C \geq 105,2685 \text{ N/mm}$$

Siirtymäkerroin yhdelle naulalle

ρ_m	380 kg/m ³	(C18)
d	2,9 mm	

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} * \frac{d^{0,8}}{30} = 579 \text{ N/mm}$$

Siirtymäkerroin ruodeliitokselle

Kattoristikko mitoitettu ruodejaolla	740 mm
Todellinen ruodejako	400 mm

Kaikki ruodelaudat hyödynnetty nurjahdustuennassa.

Tuentaan osallistuu käytännössä nauvoja nliitin 5,55

$$3212 \text{ N/mm}$$

Ruoteiden jatkokset välein 4,8 m

Lappeen pituus/2 12,695 m

Ruoteiden jatkoksia njatkos 6 kpl

$$K_{ser,liitos} = n_{liitin} * k_{ser} = 535,32 \text{ N/mm}$$

Nurjahdustuennan jäykkyys ylittää vaatimuksen 5,1 kertaisesti

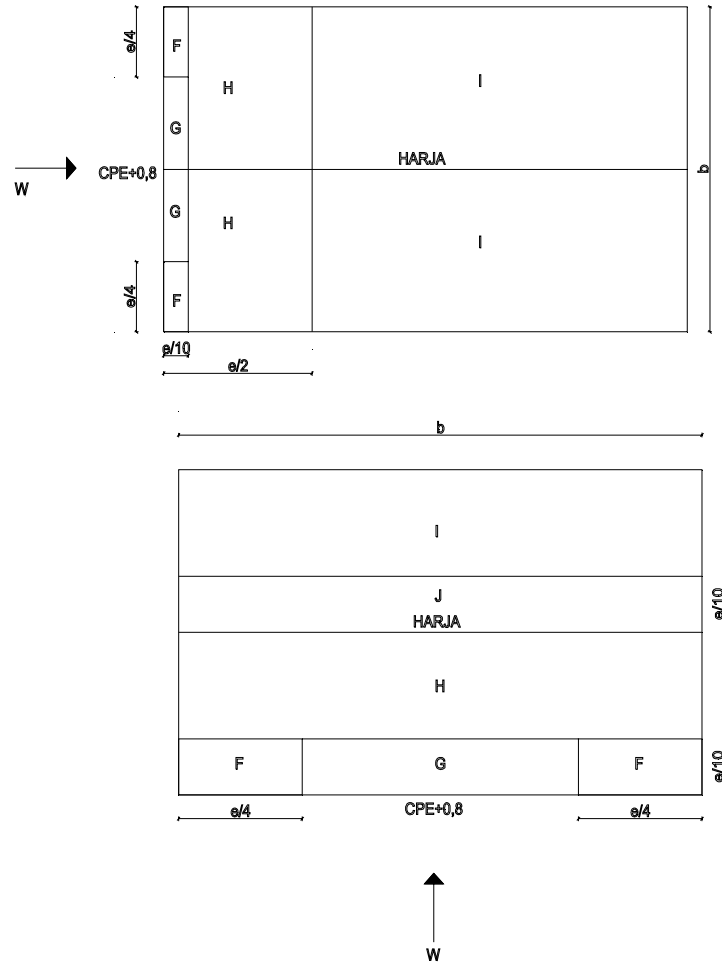
Ruoteiden ja peltikatteen kiinnitys tuulen imukuormitukselle

Rakennuksen kattokulma 18,4 °

Tuulen imukuormat vesikattoon

TUULI KOHTI SIVUSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$						
$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	16,12	$q_p(h)$	0,43	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	Cpe,10	Cpe,1	Cpe	cpi	[kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	17,773	0,8	1	0,8		0,35
F	6,50	-0,9	-2	-1,11	-0,2	0,57
G	27,94	-0,8	-1,5	-0,8	-0,2	0,43
H	133,37	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,22
I	133,37	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,26
J	40,93	-1	-1,5	-1	-0,2	0,52

TUULI KOHTI PÄÄTYSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$						
$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	12,33	$q_p(h)$	0,43	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe}	c _{pi}	q _{w,k} [kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	9,611	0,8	1	0,80		0,35
F	3,80	-0,9	-2	-1,36	-0,2	0,68
G	4,66	-0,8	-1,5	-1,03	-0,2	0,53
H	33,86	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,22
I	131,98	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,26



mitoitettava arvo $q_{w,k}$ 0,68 kN/m²
 $q_{w,d} = 1,5 * q_{w,k}$ 1,0 kN/m²

Ruoteiden liitokset

Kiinnitys naula 2,9x90	Rd	244 N	
	Nauloja /liitos	3 kpl	
	Nauloja /m ²	6,3 kpl	
	Rd/m ²	1,525 kN/m ²	
	K.a	66,5 %	OK!

Yhteisvaikutus

$$\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} + \frac{F_{v,d}}{R_{v,d}} \leq 1 \quad 0,97 \text{ OK!}$$

Peltikatteen kiinnitys

Kiinnitys ruuvi 4.8x25	Rd	775 N
1 ruuvi /m ²	k.a	1,31

Yhteisvaikutus (n määrä ruuvia)

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{n * R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{n * R_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad 0,93 \text{ OK!}$$

Ruuvien määrä n 3 kpl/m²

KATON JÄYKISTYS LAUTAJÄYKISTEIN

Ristikot pystytetään vinolautajäykistein (TJ) päädyn neljäsosa pisteistä.
 Välit $n \cdot B/4$ mitoitetaan yksiaukkoisina palkkeina, jonka tukina toimivat jäykistelinjat.
 Ristikoiden yläpaarteiden nurjahduksen S-muoto estetään ruoteilla ja peltikaton kiinnityksellä ruoteisiin.
 Välit $B/4$ jäykistetään yläpaarteiden alapintaan naulattavilla vinolautoilla.
 Vinolaudat mitoitetaan leikkausvoimalle V_d nurjahduskestävyyden ja liitosten naulauksen perusteella.

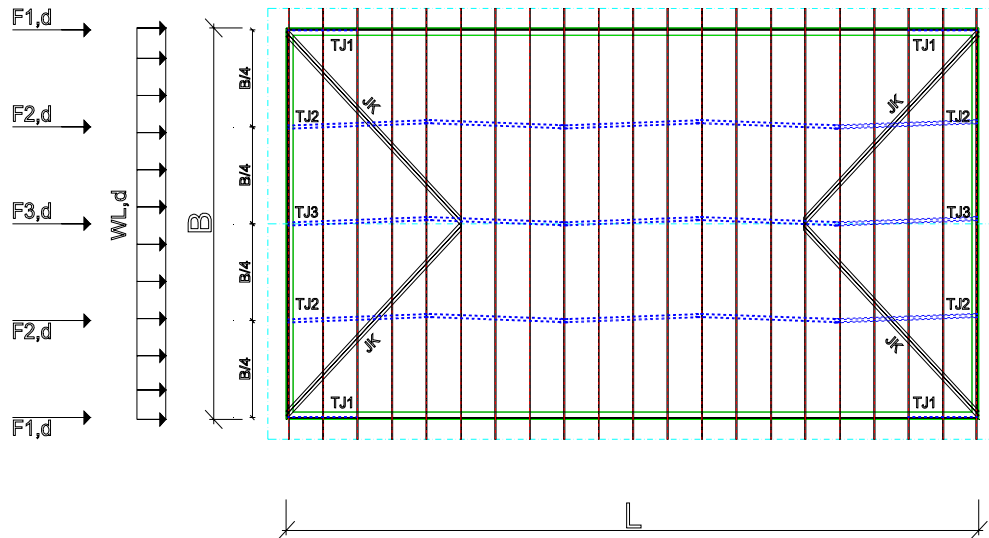
Viivakuorma vesikattotasoon $w_{k,d}$ 1,94 kN/m

Kuormat ja rasitukset vesikaton jäykisteelle JK

$n \cdot B/4$ (piirustuksista) 4,4 m

$$M_d = \frac{w_{k,d} * \left(\frac{B}{4}\right)^2}{8} \quad 4,68 \text{ kNm}$$

$$V_d = \frac{w_{k,d} * \frac{B}{4}}{2} \quad 4,26 \text{ kN}$$



VINOLAUDOITUKSEN PURISTUSKESTÄVYYS

Yläpaarteen alapintaan tehdään jäykiste JK vinolaudoin

Lauta 32 x 100 C18
Lauta määrä nL 3 kpl

Laudat naulataan ristikoiden yläpaarteen alapuolelle 45 asteen kulmaan.

Lähtötietoja:

b	100 mm
h	32 mm
A	3200 mm ²
F _{c,0,k}	18 N/mm ²
E _{0,05}	6000 N/mm ²
k _{mod}	1,1
γ _M	1,3
α	45 °
rad	0,785
L	1697 mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L = 1697 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} = 273066,7 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} = 183,7$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 3,203 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

Kz-kerroin

$$\text{Alkukäyrydestä riippuva kerroin sahatavaralle } \beta_c = 0,2$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 5,92$$

Nurjahduskerroin k_{c,z}

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 = 0,092$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A = 4,47 \text{ kN}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen nurjahduskestävyyden perusteella

$$\text{Vinolautojen määrä} = 3 \text{ kpl}$$

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha = 3,16 \text{ kN}$$

$$V_{R,d,JK} = n_L * V_{R,d} = 9,5 \text{ kN}$$

$$\text{Leikkausvoima } V_d = 4,3 \text{ kN}$$

$$\text{Käyttöaste} = 44,9 \% \quad \text{OK!}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen naulauksen perusteella

Vinolaudoituksen kiinnitys Naula 2,9x76 R_d 0,564 kN

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d}{n_L * \cos \alpha} \quad 2,01 \text{ kN}$$

Naulamäärä n 4 kpl

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1 \quad 0,89 \text{ OK!}$$

HUOM! Vinolautojen jatkokset mitoitetaan voimalle N_d !

Mitoitus leikkaavalle voimalle päissä

Naulamäärä n 4 kpl

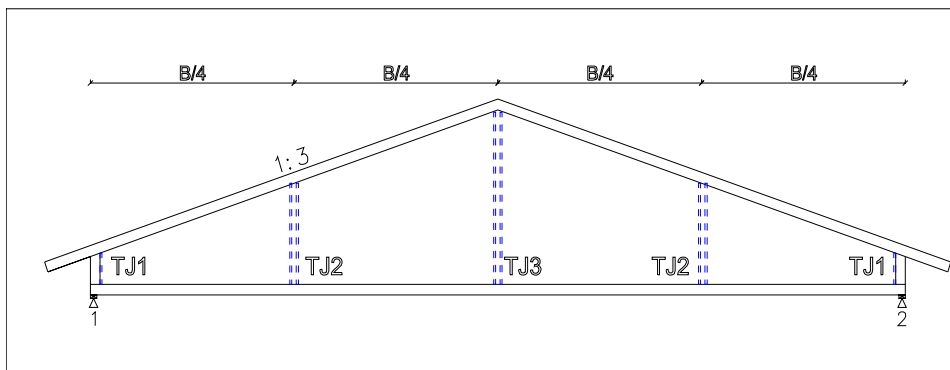
$$V_{R,d,JK} = n_L * n * R_d \quad 6,8 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{V_d}{V_{R,d,JK}} \leq 1 \quad 0,63 \text{ OK!}$$

RISTIKOIDEN TUULIJÄYKISTELINJOJEN MITOITUS

Yläpohjan ulkoiset vaakakuormat, tuuli ja lisävaakavoimat, siirretään tuulijäkisteillä alapaarretasolle. Sisäinen jäykistyskuorma pidetään yläpaarretasossa lisäruoteiden avulla.

Jäkistelinjat tehdään 3 ristikkovälin vinolautapareilla. Vaakalaudoilla yhdistetään vinolautaparit toimimaan yhdessä päätyyn tulevaa tuulikuormaa vastaan.



Ulkoisten kuormien kuormitusyhdistelmät

Kuormat yhden päädyn jäykisteille

Lisävaakavoima omasta painosta	$g_{H,k}$	0,05 kN/m
Lisävaakavoima lumikuormasta	$q_{H,k}$	0,20 kN/m
Tuulikuorma	$q_{w,k}$	1,02 kN/m

KT1. Omapaino + Lumi (keskipitkä)

$$P_{d,1} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} \quad 0,36 \text{ kN/m} \quad 0,35 \text{ kN/m}^2$$

KT2. Omapino + lumi (määrävä) + tuuli (hetkellinen)

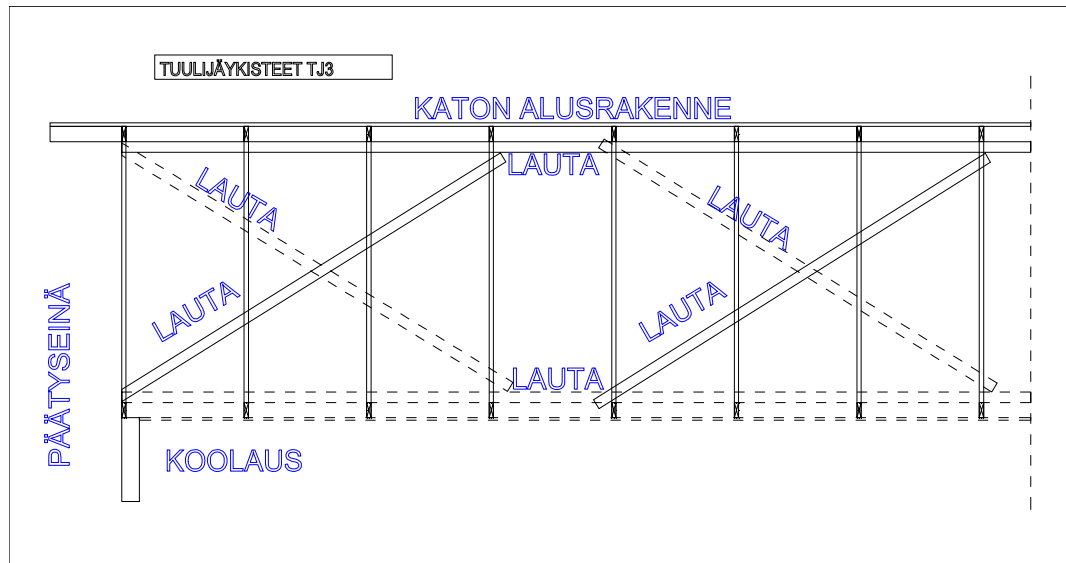
$$P_{d,2} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{w,k}, \psi_0 = 0,6 \quad 1,28 \text{ kN/m} \quad 1,24 \text{ kN/m}^2$$

KT3. Omapino + lumi + tuuli (määrävä) (hetkellinen)

$$P_{d,3} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{H,k} + 1,5 * q_{w,k}, \psi_0 = 0,7 \quad 1,80 \text{ kN/m} \quad 1,75 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ITOITTAVA KUORMA}$$

Käytettävä kuorma 1,75 kN/m²

Kuormitusalat		Kuormitukset
TJ1	1 m ²	1,8 kN
TJ2	2,5 m ²	4,4 kN
TJ3	5,7 m ²	10,0 kN



TUULIJÄYKISTEET TJ

Vinolautajäkisteet 3 ristikkövälän jäykisteet

Jäykistysysteemi TJ3

Lauta	22	x	100 C18
Lauta määrä (vinolautapari)	nL	4	kpl

Lähtötietoja:

b	100 mm
h	22 mm
A	2200 mm ²
F _{c,0,k}	18 N/mm ²
E _{0,05}	6000 N/mm ²
k _{mod}	1,1
γ _M	1,3
Yhden kentän korkeus	2800 mm
Yhden kentän leveys	3600 mm
Vinolaudat kulmassa	0,661 rad
	37,9 °
Vinolautaparien määrä jäykistysyhteissä	2,5

Laudan pituus L 1520 mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L \quad 1520 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} \quad 88733,3 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad 6,35 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} \quad 239,4$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 4,173 > 0,3, \text{ nurjhdus huomioitava!}$$

Kz-kerroin

$$\text{Alkukäyrästä riippuva kerroin sahatavaralle} \quad \beta_c \quad 0,2$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad 9,60$$

Nurjhduskerroin $k_{c,z}$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad 0,055$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad 1,84 \text{ kN}$$

Jäykistysjärjestelmän kestävyys vinolaudituksen nurjhduskestävyyden perusteellaVinolautojen määrä n_L 10 kpl

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad 1,45 \text{ kN}$$

$$V_{R,d,TJ} = n_L * V_{R,d} \quad 14,5 \text{ kN}$$

Leikkausvoima V_d 10,0 kN

Käyttöaste 68,8 % OK!

Jäykistysjärjestelmän kestävyys vinolaudoituksen naulauksen perusteella

Vinolaudoituksen kiinnitys Naula 2,9x76 Rd 0,564 kN

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d}{n_L * \cos \alpha} \quad 1,26 \text{ kN}$$

Naulamäärä/liitos n 3 kpl

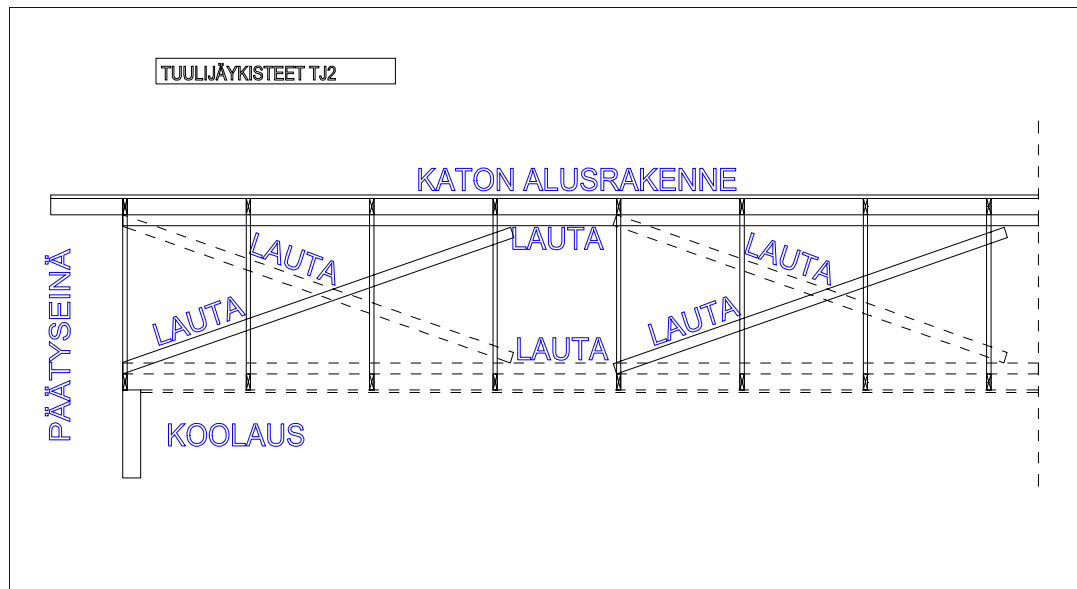
$$\text{Mitoitusehto } \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1 \quad 0,75 \text{ OK!}$$

Mitoitus leikkaavalle voimalle päissä

Naulamäärä n 3 kpl

$$V_{R,d,TJ} = n_L * n * R_d \quad 16,9 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto } \frac{V_d}{V_{R,d,JK}} \leq 1 \quad 0,59 \text{ OK!}$$



Vinolautajäykisteet 3 ristikkövälillä jäykisteet

Jäykistysjärjestelmä TJ2

Lauta 22 x 100 C18
Lauta määrä (vinolautapari) nL 2 kpl

Lähtötietoja:

b 100 mm
h 22 mm
A 2200 mm²
F_{c,0,k} 18 N/mm²
E_{0,05} 6000 N/mm²
k_{mod} 1,1

γ_M	1,3
Yhden kentän korkeus	2600 mm
Yhden kentän leveys	3600 mm
Vinolaudat kulmassa	0,625 rad
	35,8 °
Vinolautaparien määrä jäykistyssysteemissä	2,5
Laudan pituus L	1480 mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L \quad 1480 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} \quad 88733,3 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad 6,35 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} \quad 233,1$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 4,064 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

Kz-kerroin

$$\text{Alkukäyrydestä riippuva kerroin sahatavaralle} \quad \beta_c \quad 0,2$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad 9,13$$

Nurjahduskerroin $k_{c,z}$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad 0,058$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad 1,94 \text{ kN}$$

Jäykistyssysteemin kestävyys vinolautoituksen nurjahduskestävyyden perusteella

$$\text{Vinolautojen määrä} \quad n_L \quad 5,00 \text{ kpl}$$

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad 1,57 \text{ kN}$$

$$V_{R,d,TJ} = n_L * V_{R,d} \quad 7,8 \text{ kN}$$

Leikkausvoima	V_d	4,4 kN	
Käyttöaste		55,8 %	OK!

Jäykistysjärjestelmän kestävyys vinolaudoituksen naulauksen perusteella

Vinolaudoituksen kiinnitys	Naula	2,9x76	R_d	0,564 kN
----------------------------	-------	--------	-------	----------

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d}{n_L * \cos \alpha} \quad 1,08 \text{ kN}$$

Naulamäärä/liitos	n	3 kpl
-------------------	---	-------

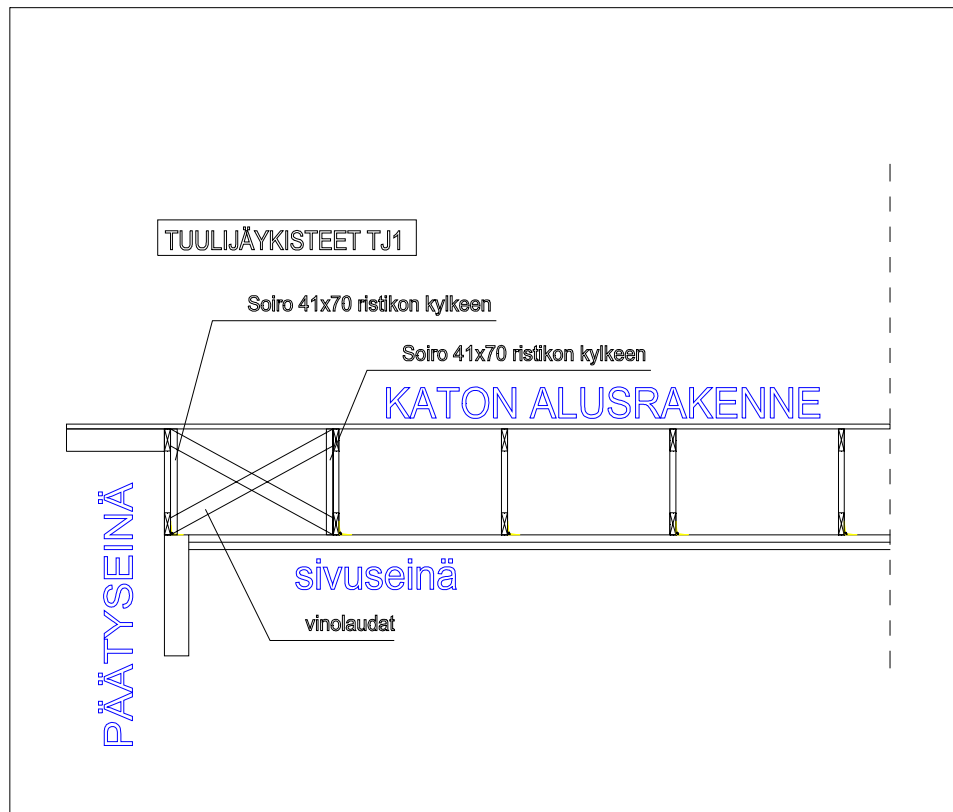
$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1 \quad 0,64 \text{ OK!}$$

Mitoitus leikkaavalle voimalle päissä

Naulamäärä	n	3 kpl
------------	---	-------

$$V_{R,d,TJ} = n_L * n * R_d \quad 8,5 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{V_d}{V_{R,d,TJ}} \leq 1 \quad 0,52 \text{ OK!}$$



Jäykistysysteemi TJ1

Ristikoiden kylkeen naulataan 41x70 kiinnityspuut vinolautoille ensimmäiseen ristikkoväliin. Yläpuolen ruoteet toimivat kuormaa välittävänä rakenteena (laudat toimivat yhdessä).

Lauta	22	x	100	C18
Lauta määrä (vinolautapari)	nL		2	kpl

Lähtötietoja:

b	100	mm
h	22	mm
A	2200	mm ²
F _{c,0,k}	18	N/mm ²
E _{0,05}	6000	N/mm ²
k _{mod}	1,1	
γ _M	1,3	
Yhden kentän korkeus	600	mm
Yhden kentän leveys	1200	mm
Vinolaudat kulmassa	0,464	rad
	26,6	°
Vinolautaparien määrä	1,0	
jäykistysyhteisissä		
Laudan pituus L	1342	mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L = 1342 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} = 88733,3 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 6,35 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} = 211,3$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 3,683 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

Kz-kerroin

Alkukäyrästä riippuva kerroin sahatavaralle $\beta_c = 0,2$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 7,62$$

Nurjahduskerroin k_{c,z}

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 = 0,070$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad 2,34 \text{ kN}$$

Jäykistysjärjestelmän kestävyys vinolaudoituksen nurjahduskestävyyden perusteella

Vinolaudojen määrä n_L 2 kpl

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad 2,10 \text{ kN}$$

$$V_{R,d,TJ} = n_L * V_{R,d} \quad 4,2 \text{ kN}$$

Leikkausvoima V_d 1,8 kN

Käyttöaste 41,7 % OK!

Jäykistysjärjestelmän kestävyys vinolaudoituksen naulauksen perusteella

Vinolaudoituksen kiinnitys Naula 2,9x76 Rd 0,564 kN

Vinolaudoituksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d}{n_L * \cos \alpha} \quad 0,98 \text{ kN}$$

Naulamäärä/liitos n 3 kpl

Mitoitusehto $\frac{N_d}{n * R_d} \leq 1$ 0,58 OK!

Mitoitus leikkaavalle voimalle päissä

Naulamäärä n 3 kpl

$$V_{R,d,TJ} = n_L * n * R_d \quad 3,4 \text{ kN}$$

Mitoitusehto $\frac{V_d}{V_{R,d,JK}} \leq 1$ 0,52 OK!

Lisäruoteiden mitoitus

Välit B/4 mitoitetaan yksiaukkoisina palkkeina, jonka tukina toimivat jäykistelinjat.

Yläpaarten nurjahdustentavoimista aiheutuva kuormanosuus palautetaan takaisin kattotasoon jäykistyslinjojen kohdille sijoitetuilla lisäruoteilla.

Kuorma nurjahdustuennasta

$$q_d = 1,15 * q_{g,k} + 1,5 * q_{q,k} \quad 1,30 \text{ kN/m}$$

Kuormien jakaantuminen tuille.

Tukireaktio sivuseinällä:

Kuorma pituudelta

$$L = n * \frac{B}{8} / \cos \alpha \quad \text{Pituuden mitattu piirustuksista.}$$

$$1,04 \text{ m}$$

Kuorma 1,35 kN

Tukireaktio puolivälissä lapetta	$L = n \cdot \frac{B}{4} / \cos \alpha$	3,23 m
	Kuorma	4,19 kN
Tukireaktio harjalla	$L = n \cdot \frac{B}{4} / \cos \alpha$	4,40 kN
	Kuorma	5,71 kN

Ruoteen puristuskestävyys

Lähtötietoja:

b	100 mm
h	32 mm
A	3200 mm ²
$f_{c,0,k}$	18 N/mm ²
$E_{0,05}$	6000 N/mm ²
k_{mod}	0,8
γ_M	1,3
Laudan pituus L	1200 mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L = 1200 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} = 273066,7 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} = 129,9$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,265 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

Kz-kerroin

Alkukäyrästä riippuva kerroin sahatavarelle $\beta_c = 0,2$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 3,26$$

Nurjahduskerroin $k_{c,z}$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 = 0,178$$

Puristuslujuus

$$N_{c,d} = K_c * b * h * f_{c,0,d}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A = 6,32 \text{ kN}$$

Ruoteen puristuskestävyyden kannalta

Lisäruode harjalla	1 kpl
Lisäruode räystäällä	1 kpl
Lisäruode puolivälissä lapetta	1 kpl

Ruoteen kiinnitykseen mahtuu enintään

$$\frac{h}{5d} - 1 = 5 \text{ naulaa}$$

Kiinnitys naula

2,9 x

90

Naulan leikkauskestävyys R_d	0,47 kN
Naulojen lukumäärä harjalla, n	13 kpl
Naulojen lukumäärä räystäällä, n	3 kpl
Naulojen lukumäärä puolivälissä lapetta, n	9 kpl
Ruoteiden lukumäärä harjalla, nr	3 kpl
Ruoteiden lukumäärä räystäällä, nr	1 kpl
Ruoteiden lukumäärä puolivälissä lapetta, nr	2 kpl

YLÄPOHJAN JÄYKISTYS LEVYJÄYKISTEELLÄ

KUORMAT RAKENNUKSEN LYHYEMMÄSSÄ SUUNNASSA

Lisävaakavoima kattorakenteen omasta painosta

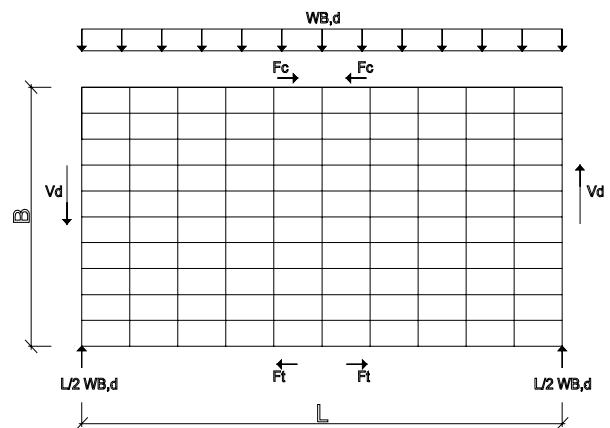
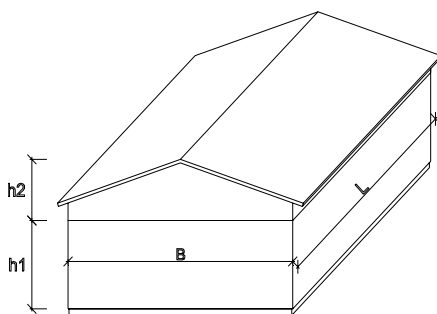
$$g_{HB,k} = \frac{g_k * B}{150} = 0,04 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima lumikuormasta

$$q_{HB,k} = \frac{q_k * B}{150} = 0,16 \text{ kN/m}$$

Tuulikuorma

$$q_{w,B,k} = q_{w,k} * \left(h_2 + \frac{h_1}{2}\right) = 3,05 \text{ kN/m}$$



Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

KT. Rakennuksen omapaino + lumikuorma + tuulikuorma (määräävä) (hetkellinen)

$$W_{B,2,d} = 1,15 * g_{HB,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{HB,k} + 1,5 * q_{w,B,2,k}, \psi_0 = 0,7 \quad 4,79 \text{ kN/m}$$

$$\text{Päädyissä vaikuttava voima} \quad F_{B,2,d} = \frac{w_{B,2,d} * L}{2} \quad 344,5 \text{ kNm}$$

ALEMMAN LEVYN YLÄREUNAAN KOHDISTUVA VAAKAKUORMA

$$\text{Tuulikuorma} \quad q_{w,B,1,k} = q_{w,k} * (h_3 + h_2 + \frac{h_1}{2}) \quad 57,4 \text{ kN}$$

Kuormitusyhdistelmä käyttörajatilassa

KT. Rakennuksen omapaino + lumikuorma + tuulikuorma (määräävä) (hetkellinen)

$$W_{B,k} = g_{HB,k} + q_{HB,k} + q_{w,B,k} \quad 3,25 \text{ kN/m}$$

Levykentän kuormat ja rasitukset

$$\text{Levykentän suurin momentti} \quad M_k = \frac{w_{b,d} * L^2}{8} \quad 233,9 \text{ kNm}$$

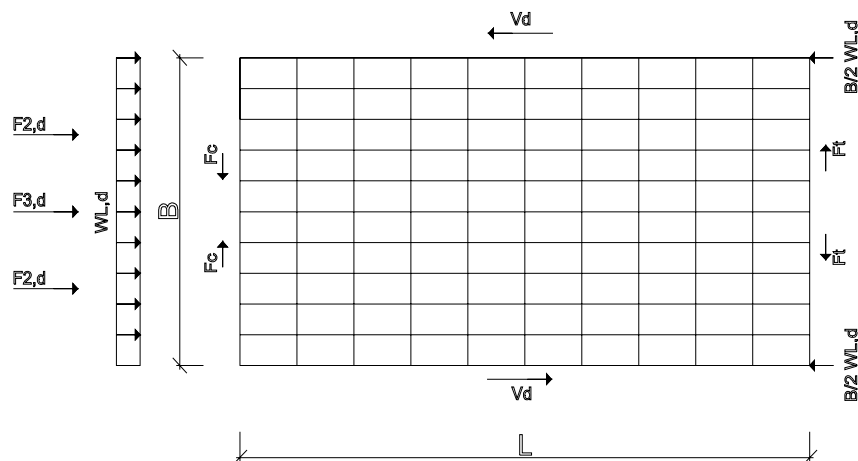
$$\text{Levykentän suurin leikkausvoima} \quad V_k = \frac{w_{b,d} * L}{2} \quad 39,0 \text{ kN}$$

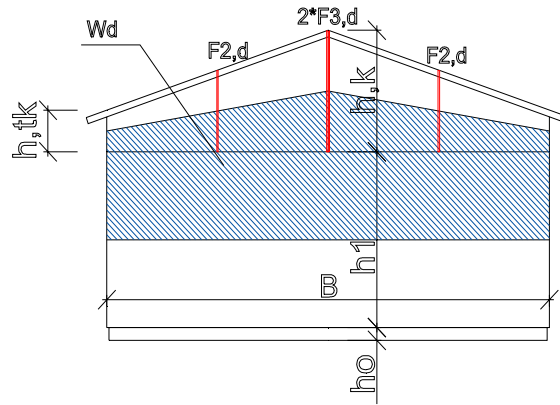
KUORMAT RAKENNUKSEN PIDEMMÄSSÄ SUUNNASSA (MRT)

$$\text{Kuorma tuentalinjoilta TJ2 puolivälissä lapetta} \quad F_{2,d} \quad 4,4 \text{ kN}$$

$$\text{Kuorma tuentalinjalta TJ3 harjalla} \quad F_{3,d} \quad 10,0 \text{ kN}$$

$$\text{Tuulikuorma päätyyn} \quad w_{L,d} = 1,5 * q_{w,k} * (\frac{ht_k + h_k}{2} + \frac{h_1}{2}) \quad 3,70 \text{ kN/m}$$





Levykentän kuormat ja rasitukset

Rakennuksen leveys, B **12,33** m

Levykentän suurin momentti $M_d = \frac{w_{L,d} * B^2}{8} + \frac{F_{2,d} * B}{4} + \frac{F_{3,d} * B}{4}$ **114,52** kNm

Levykentän suurin leikkausvoima $V_d = \frac{w_{L,d} * B}{2} + F_{2,d} + \frac{F_{3,d}}{2}$ **32,16** kN

KUORMAT RAKENNUKSEN PIDEMMÄSSÄ SUUNNASSA (KRT)

Kuormat NR-pukeilta puolivälissä lapetta $F_{2,k}$ **2,9** kN

Kuormat NR-pukeilta harjalla $F_{3,k}$ **6,7** kN

Tuulikuorma päätyyn $w_{L,k} = q_{w,k} * \left(\frac{ht_k + h_k}{2} + \frac{h_1}{2} \right)$ **2,47** kN/m

Levykentän kuormat ja rasitukset

Levykentän suurin momentti $M_k = \frac{w_{L,k} * B^2}{8} + \frac{F_{2,k} * B}{4} + \frac{F_{3,k} * B}{4}$ **76,35** kNm

Levykentän suurin leikkausvoima $V_k = \frac{w_{L,k} * B}{2} + F_{2,k} + \frac{F_{3,k}}{2}$ **21,44** kN

Levytyksen lähtötiedot

Rakennuksen runkovahvuus 173 mm

	B		L
Levykentän koko	12150	x	23810
Jäykistyslevyn koko	1200	x	2400
Rinnakaiset täydet levyt, n1	10	kpl	
Viimeisen rivin levyn leveys, n2	150	mm	
Peräkkäiset täydet levyt, m1	9	kpl	
Viimeisen rivin levyn pituus m2	2210	mm	

Käytettävä levy	GN13
Levyn paksuus	13 mm
E_i	1615 N/mm ²
G mean	670 N/mm ²
G_i	515 N/mm ²

Käytettävä kiinnike	Ruuvi 3.9x32 (GN13)	
R_d	338 N	* Mitoitusarvo laskettu arvoilla $k_{mod}=1,1$ ja $\gamma_M=1,3$
K_{ser}	800 N/mm	* Arvo laskettu Vanerin ja C18 puutavaran tiheyksillä
$R_{r,d}$	405,6 N	* Jäykistysmitoituksessa liittimen kestävyyttä voidaan korottaa kertoimella 1,2

Käytettävä liitin jako s 90 mm

LEVYJEN MITOITUS RAKENNUKSEN LYHYEMMÄSSÄ SUUNNASSA

Kiinnitystapakertoimet

Levykoko 1200x2400

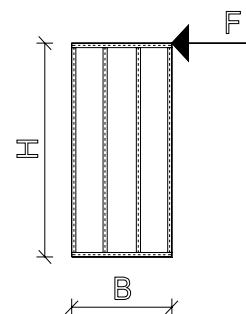
$$\gamma\text{-kerroin} = \sqrt{\frac{9}{\left(3 + 2\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{81}{\left(3\frac{b}{h} + 10\right)^2}} = 0,892$$

$$\beta\text{-kerroin} = \frac{6}{3\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 2\left(\frac{h}{b}\right)^3} + \frac{18}{3 + 10\left(\frac{h}{b}\right)} = 1,00$$

Levykoko 1200x2200

$$\gamma\text{-kerroin} = \sqrt{\frac{9}{\left(3 + 2\frac{h}{b}\right)^2} + \frac{81}{\left(3\frac{b}{h} + 10\right)^2}} = 0,895$$

$$\beta\text{-kerroin} = \frac{6}{3\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 2\left(\frac{h}{b}\right)^3} + \frac{18}{3 + 10\left(\frac{h}{b}\right)} = 1,11$$



Yksittäisen levyn jäykkyskerroin

Levykoko 1200x2400

$$C_{i,v} = \frac{1}{\beta * \frac{s * h^2}{K_{ser} * b^3} + \frac{h}{b * G_{mean} * t}} = 1657,1$$

Levykoko 1200x2200

$$C_{i,v} = \frac{1}{\beta * \frac{s * h^2}{K_{ser} * b^3} + \frac{h}{b * G_{mean} * t}} \quad 1776,7$$

Yksittäisen levyn vaakavoima

$$\text{Levykoko 1200x2400} \quad F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * F_{v,Ed} \quad 5187 \text{ N}$$

$$\text{Levykoko 1200x2200} \quad F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * F_{v,Ed} \quad 5562 \text{ N}$$

Fi,v,Ed voimaa vastaava leikkausvoimakestävyys

$$\text{Levykoko 1200x2400} \quad F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} * b}{\gamma * s} \quad 6061 \text{ N}$$

Mitoitusehto

$$F_{i,v,Ed} \leq F_{i,v,Rd} \quad \text{Käyttöaste} \quad 85,6 \% \quad \text{OK!}$$

$$\text{Levykoko 1200x2200} \quad F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} * b}{\gamma * s} \quad 6045 \text{ N}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad F_{i,v,Ed} \leq F_{i,v,Rd} \quad \text{Käyttöaste} \quad 92,0 \% \quad \text{OK!}$$

Kipsilevyn lommahdusta ei tarvitse tarkistaa kun noudatetaan Gyproc ohjeita ja rankajako <600mm.

Yläpohjan siirtymä (Siirtymää ei tarvitsisi tarkistaa hallirakennuksissa)

Kaksitukisen vaakarakenteen siirtymää määritettäessä

$$F_{i,v,Ek} = F_{i,v,mean,Ek} = Q_{mean} = \frac{Q_{max}}{2}$$

Yksittäisen levyn vaakavoima

$$\text{Levykoko 1200x2400} \quad F_{i,v,Ek} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * \frac{F_{v,Ek}}{2} \quad 1761,1 \text{ N}$$

$$\text{Levykoko 1200x2200} \quad F_{i,v,Ek} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * \frac{F_{v,Ek}}{2} \quad 1888,1 \text{ N}$$

Yksittäisen levyn leikkausvoiman aiheuttama siirtymä

$$\text{Levykoko 1200x2400} \quad \omega_i = \frac{F_{i,v,Ek}}{C_{i,v}} \quad 1,06 \text{ mm}$$

Levykoko 1200x2200 $\omega_i = \frac{F_{i,v,Ek}}{C_{i,v}}$ 1,06 mm

$$\omega_{mean} = \omega_{i,1} + \omega_{i,2} + \omega_{i,3} \dots + \omega_{i,n} \quad 10,6 \text{ mm}$$

Momentista aiheutuva siirtymä

$$\omega_m = \frac{5 * M_{k,max} * L^2}{24 * d^2 * A_p * E_p} \quad 3,05 \text{ mm}$$

Vaakarakenteen jänneväli	L	23810 mm
Vaakarakenteen paarteiden välinen etäisyys	d	12150 mm
Veto- ja puristuspaarre	A _p	8304 mm ²
	48	x 173
Paarteiden kimmomoduuli	E _p	7400 N/mm ² (C24)

Siirtymä yhteensä leikkausvoimasta ja momentista

$\omega_m + \omega_v$	13,67 mm
Sallittu siirtymä h/300	17 mm
Käyttöaste	82,0 %

OK!

LEVYJEN MITOITUS RAKENNUKSEN PIDEMMÄSSÄ SUUNNASSA

Kiinnitystapakertoimet

Levykoko 1200x2400

$$\gamma\text{-kerroin} = \sqrt{\frac{9}{4} * \left(\frac{h}{b}\right)^2 + \frac{81}{100}} \quad 1,17$$

$$\beta\text{-kerroin} = \frac{9}{5\left(\frac{h}{b}\right)^2} + 3 \quad 10,2$$

Levykoko 1200x2200

$$\gamma\text{-kerroin} = \sqrt{\frac{9}{4} * \left(\frac{h}{b}\right)^2 + \frac{81}{100}} \quad 1,21$$

$$\beta\text{-kerroin} = \frac{9}{5\left(\frac{h}{b}\right)^2} + 3 \quad 9,105125$$

Yksittäisen levyn jäykkyskerroin

Levykoko 1200x2400 $C_{i,v} = \frac{1}{\beta * \frac{s * h^2}{K_{ser} * b^3} + \frac{h}{b * G_{mean} * t}}$ 5651,74

Levykoko 1200x2200 $C_{i,v} = \frac{1}{\beta * \frac{s * h^2}{K_{ser} * b^3} + \frac{h}{b * G_{mean} * t}}$ 4641,93

Yksittäisen levyn vaakavoima

Levykoko 1200x2400 $F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}}\right) * F_{v,Ed}$ 3274,997 N

Levykoko 1200x2200
$$F_{i,v,Ed} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * F_{v,Ed} \quad 2689,844 \text{ N}$$

$F_{i,v,Ed}$ voimaa vastaava leikkausvoimakestävyys, levykoko 1200x2400

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} * b}{\gamma * s} \quad 9232,3 \text{ N}$$

Mitoitusehto $F_{i,v,Ed} \leq F_{i,v,Rd}$ Käyttöaste 35,5 % OK!

$F_{i,v,Ed}$ voimaa vastaava leikkausvoimakestävyys, levykoko 1200x2200

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd,i} * b}{\gamma * s} \quad 8910,7 \text{ N}$$

Mitoitusehto $F_{i,v,Ed} \leq F_{i,v,Rd}$ Käyttöaste 30,2 % OK!

Yläpohjan siirtymä (Siirtymää ei tarvitsisi tarkistaa hallirakennuksissa)

Kaksitukisen vaakarakenteen siirtymää määritettäessä

$$F_{i,v,Ek} = F_{i,v,mean,Ek} = Q_{mean} = \frac{Q_{max}}{2}$$

Yksittäisen levyn vaakavoima

Levykoko 1200x2400
$$F_{i,v,Ek} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * \frac{F_{v,Ek}}{2} \quad 990,8 \text{ N}$$

Levykoko 1200x2200
$$F_{i,v,Ek} = \left(\frac{C_{i,v}}{\sum C_{i,v}} \right) * \frac{F_{v,Ek}}{2} \quad 813,8 \text{ N}$$

Yksittäisen levyn leikkausvoiman aiheuttama siirtymä

Levykoko 1200x2400
$$\omega_i = \frac{F_{i,v,Ek}}{C_{i,v}} \quad 0,18 \text{ mm}$$

Levykoko 1200x2200
$$\omega_i = \frac{F_{i,v,Ek}}{C_{i,v}} \quad 0,18 \text{ mm}$$

$$\omega_{mean} = \omega_{i,1} + \omega_{i,2} + \omega_{i,3} \dots + \omega_{i,n} \quad 1,9 \text{ mm}$$

Momentista aiheutuva siirtymä

$$\omega_m = \frac{5 * M_{k,max} * L^2}{24 * d^2 * A_p * E_p} \quad 0,09 \text{ mm}$$

Vaarakenteen jänneväli	L	12150 mm
Vaarakenteen paarteiden välinen etäisyys	d	23810 mm
Veto- ja puristuspaarre	A _p	5904 mm ²
	48 x	123
Paarteiden kimmomoduuli	E _p	7400 N/mm ² (C24)

Siirtymä yhteensä leikkausvoimasta ja momentista

$$\omega_m + \omega_v \quad 2,02 \text{ mm}$$

Sallittu siirtymä $h/300$ 17 mm

Käyttöaste 12,1 % OK!

KOOLAUSPUIDEN KIINNITYKSEN MITOITUS

Alakaton koolaus	22	x	100	K	0,4 m
Kiinnitys	Naula	2,9x76			
Alakatto	gk	0,13 kN/m ²			
	Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa	1,35 * g _k		0,18 kN/m ²	
Ristikkoja	K	1,2 m			
	Aiheutuva voima	$F_{k,d} = k * k_k * g_d$		84,24 N	
	Naulan ulosvetokestävyys	R _d	122 N		
	Liitoksen naulamäärä	$n = \frac{F_{k,d}}{R_d}$		1 kpl	

VETOPAARTEIDEN MITOITUS

Levykentän vetopaarteena käytetään rakennuksen pidemmän seinän suunnassa

Yläsidepuuta	48	x	173	C24
Paarteen poikkileikkaus ala	A	8304 mm ²		
	Paarrepuun vetolujuus			
Missä				
ft,0,k	14,5 N/mm ²	$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * f_{t,0,k}}{\gamma_M}$		12,27 N/mm ²
k _{mod}	1,1			
γ _M	1,3			

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3, \text{ kun sahatavaralla } h < 150$$

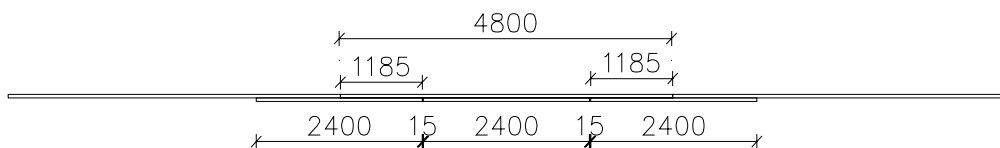
0,972

Valinta k_h 1

$$\text{Paarteen vetovoima } F_d = \frac{M_d}{B} \quad 27,94 \text{ kN}$$

$$\text{Paarteen vetojännitys } \sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A} \quad 3,36 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste 27,4 % OK!



VETOPAARTEEN JATKOSTEN MITOITUS

Elementin yläpuut toimivat vetopaarteiden jatkoksina.

Jatkoksessa tarvittava naulamäärä jaetaan tasan elementin yläsidepuun pituudelle 4800 mm

Vetopaarteen naulaus naula 3,1x90 R_d 764 N

$$\text{Liitoksen naulamäärä } n = \frac{F_d}{R_d} \quad 37 \text{ kpl}$$

Nauloja/ 4,8m lankku 2*n 74 kpl

Nauloja rinnan 5 kpl K 318 mm

Levykentän vetopaarteena käytetään rakennuksen lyhemmän seinän suunnassa

Koolauksen kiinnityspuuta 48 x 123 C24
Paarteen poikkileikkaus ala A 5904 mm²

Missä $f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * f_{t,0,k}}{\gamma_M}$ 12,76 N/mm²
ft,0,k 14,5 N/mm²
kmod 1,1
γM 1,3

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3, \text{ kun sahatavaralla } h < 150$$

1,040

Valinta kh 1,04

Paarteen vetovoima $F_d = \frac{M_d}{L}$ 4,77 kN

Paarteen vetojännitys $\sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A}$ 0,81 N/mm²

Käyttöaste 6,3 % OK!

VETOPAARTEEN JATKOSTEN MITOITUS

Elementin yläpuut toimivat vetopaarteiden jatkoksina.

Jatkoksessa tarvittava naulamäärä jaetaan tasan kiinnityspuun pituudelle L= 4800 mm

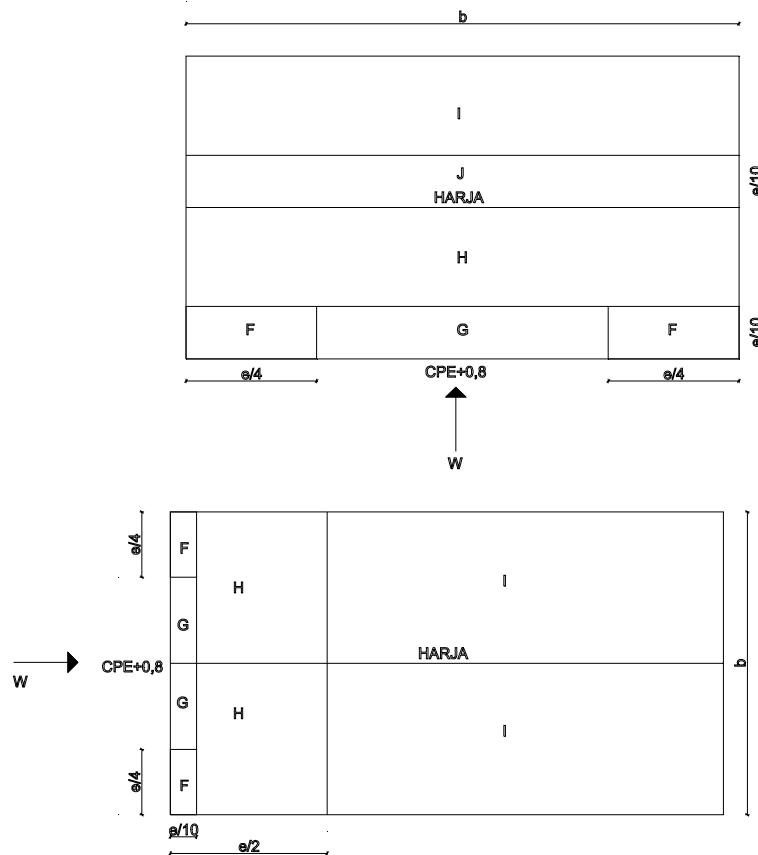
Vetopaarteen naulaus naula 3,1x90 Rd 764 N

Liitoksen naulamäärä $n = \frac{F_d}{R_d}$ 7,00 kpl

Nauloja/ 4,8m lankku 2*n 14 kpl

Naulausjako k 336 mm

RISTIKOIDEN KIINNITYS SIVUSEINILLÄ JA PÄÄTYSEINILLÄ



Kuva. Tuulen vaikutusalueet harjakattoisessa rakennuksessa

Rakennuksen kattokulma 18,4°

Tuulen imukuormat vesikattoon

TUULI KOHTI SIVUSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$

$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	16,12	$q_p(h)$	0,43	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	Cpe,10	Cpe,1	Cpe	cpi	qw,k [kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	17,773	0,8	1	0,8		0,35
F	6,50	-0,9	-2	-1,11	-0,2	0,57
G	27,94	-0,8	-1,5	-0,8	-0,2	0,43
H	133,37	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,22
I	133,37	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,26
J	40,93	-1	-1,5	-1	-0,2	0,52

	Ristikot K	1,2 m
Noste yhdelle ristikon kiinnitykselle (mitoituskuormia, kerroin 1,5)		
Alue F,H, räystään ap.	F _{d, noste}	3,85 kN
Alue G,H, räystään ap.	F _{d, noste}	3,47 kN
Alue I,J	F _{d, noste}	3,64 kN
	Mitoittava F _{d, noste}	3,85 kN
Kompensoiva katon omapaino	0,9 * G _k	3,71 kN
Ankkuroitava voima	F _d	0,15 kN

TUULI KOHTI PÄÄTYSEINÄÄ, käytetty arvoja α=15°

$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	12,33	q _p (h)	0,43	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe}	c _{pi}	q _{w,k} [kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	9,611	0,8	1	0,80		0,35
F	3,80	-0,9	-2	-1,36	-0,2	0,68
G	4,66	-0,8	-1,5	-1,03188	-0,2	0,53
H	33,86	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,22
I	131,98	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,26

	Ristikot K	1,2 m
Noste yhdelle ristikon kiinnitykselle		
Alue F,G	F _{d, noste}	7,39 kN
Alue H	F _{d, noste}	2,68 kN
Alue I	F _{d, noste}	3,21 kN

Jätetään huomioimatta välialueen ristikoiden kiinnityksessä Alue F,G, koska kuormitalueella ainoastaan päätyymäinen ristikko (TARKISTA). Päätyymäisen ristikon kiinnitys erikseen.

	Mitoittava F _{d, noste}	3,21 kN
Kompensoiva katon omapaino	0,9 * G _k	3,71 kN
Ankkuroitava voima	F _d	-0,50 kN

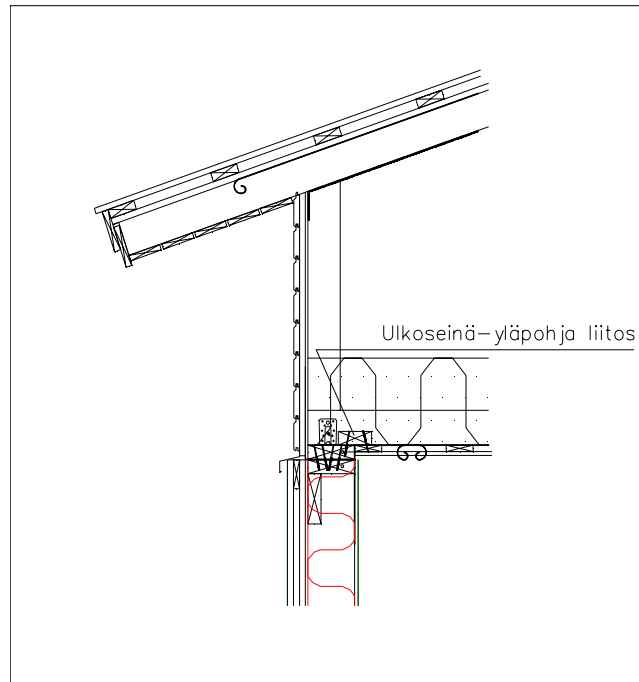
VÄLIALUEEN RISTIKOIDEN KIINNITYS SIVUSEINÄLLÄ

Tuuli sivuseinälle	Ankkuroitava voima	F _d	0,15 kN
Tuuli päätyyn	Ankkuroitava voima	F _d	-0,50 kN

Tuuli sivuseinälle mitoitaa

Kulmien mitoitus Simpson Connector selector ohjelmalla

1kpl kulma ABR90 Naulaus 6+4



Sivuseinän ja katon liitosta rasittavat vaakakuormat otetaan vastaan erillisellä kiinnityspuulla.

Koolauksen kiinnityspuu	48	x	123 (C24)
Kiinnitysnaula elementtiin 3,1x90	Rd		0,76 kN
Koolauksen kiinnitys 2,9x76	Rd		0,52 kN

Kuorma sivuseinän suunnassa	Fd	32,16 N
Naulajako 3,1x90 koolauspuussa		567 mm
Naulajako 2,9x76 laudassa		388 mm

Kuorma sivuseinää vastaan (otetaan huomioon molempien sivuseinien liitos)

$$F_d = \frac{W_d}{2} \quad 2,39 \quad \text{kN/m}$$

Naulajako 3,1x90 koolauspuussa	317	mm
Naulajako 2,9x76 laudassa	217	mm

Päätymmäisen ristikon kiinnitys

Tuuli sivuseinälle

Ankkuroitava voima	Fd	0,08 kN
Päätystikkoon kulmalevyt	K	1 m
Ankkuroitava voima/kulma	Fd	0,006 kN

Tuuli päätyseinälle

Ankkuroitava voima	Fd	0,60 kN/m
Päätystikkoon kulmalevyt	K	1 m

Kulmien mitoitus Simpson Connector selector ohjelmalla

kulma ABR90

Naulaus 6+4

VÄLIKATON KOOLAUKSEN KIINNITYSPUUN KIINNITYS PÄÄTYSEINÄÄN

Koolauksen kiinnityspuu	48	x	123	(C24)
Kiinnitysnaula 3,1x90		Rd	764	N
22x100 koolauslaudan kiinnitys 2.9x76		Rd	520	N
Vaakakuorma		Vd	57,4	kN
Naulajako koolauspuussa 2n/liitos		s	328	mm
22x100 koolauslaudan kiinnitys 2.9x76 4n K400		k.a	89,6	%

Yläsidepuun kiinnitys seinäelementtiin päätyseinällä

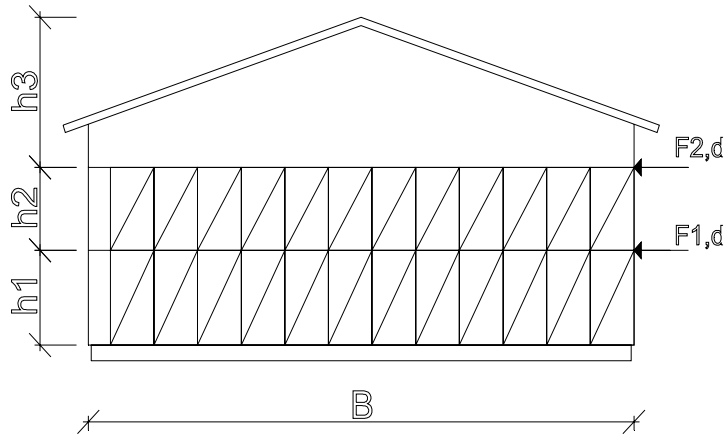
Yläsidepuu	48	x	173	(C24)
Kiinnitysnaula 3,1x90		Rd	764	N
Vaakakuorma		Vd	57,4	kN
Naularyhmä		n	5	kpl

$$s_{max} = \frac{B}{\frac{V_d}{n * R_d}} = 820 \text{ mm}$$

SEINIEN LEVYJÄYKISTYS

MITTOJA

Ulkoseinän korkeus	h	4,7 m
Alemman levyn kork	h1	3 m
Ylemmän levyn kork	h2	1,65 m



PÄÄTYSEINIIN KOHDISTUVAT VAAKAKUORMAT

YLEMMÄN LEVYN YLÄREUNAAN KOHDISTUVA VAAKAKUORMA

Lisävaakavoima kattorakenteen omasta painosta $g_{HB,k} = \frac{g_k * B}{150}$ 0,04 kN/m

Lisävaakavoima lumikuormasta $q_{HB,k} = \frac{q_k * B}{150}$ 0,16 kN/m

Tuulikuorma $q_{w,B,2,k} = q_{w,k} * (h_3 + \frac{h_2}{2})$ 2,19 kN/m

Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

KT. Rakennuksen omapaino + lumikuorma + tuulikuorma (määräävä) (hetkellinen)

$$W_{B,2,d} = 1,15 * g_{HB,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{HB,k} + 1,5 * q_{w,B,2,k}, \psi_0 = 0,7 \quad 3,50 \text{ kN/m}$$

Päädäyissä vaikuttava voima $F_{B,2,d} = \frac{W_{B,2,d} * L}{2}$ 41,99 kN

ALEMMAN LEVYN YLÄREUNAAN KOHDISTUVA VAAKAKUORMA

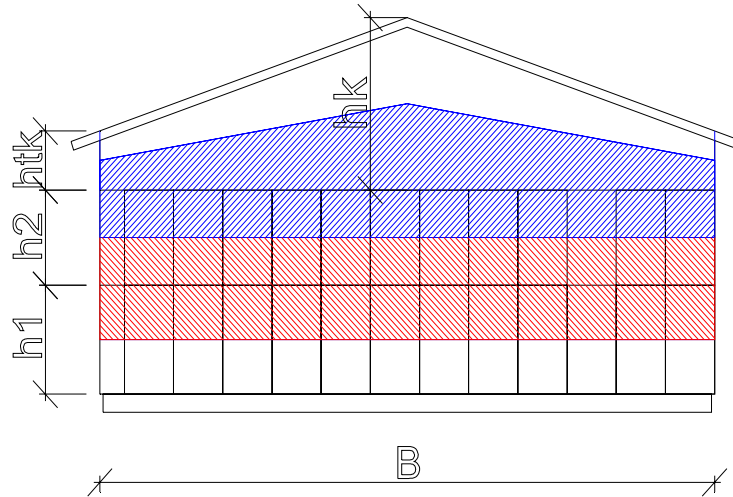
Tuulikuorma $q_{w,B,1,k} = q_{w,k} * (h_3 + h_2 + \frac{h_1}{2})$ 3,50 kN/m

Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

KT. Rakennuksen omapaino + lumikuorma + tuulikuorma (määräävä) (hetkellinen)

$$W_{B,1,d} = 1,15 * g_{HB,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{HB,k} + 1,5 * q_{w,B,1,k}, \psi_0 = 0,7 \quad 5,46 \text{ kN/m}$$

Päädyissä vaikuttava voima $F_{B,1,d} = \frac{W_{B,1,d} * L}{2} \quad 65,54 \text{ kN}$

SIVUSEINIIN KOHDISTUVAT VAAKAKUORMAT

Vesikattotasoon kohdistuvat kuormat tuodaan alas ristikoiden tuulijäkistelinjoilla.

Vesikattotasosta tuleva kuorma sivuseinä $F_d \quad 11,11 \text{ kN}$

Tuulikuorma ylemmälle levyllä

$$F_{w,2,d} = 1,5 * \left(\frac{h_2}{2} + \frac{h_{tk} + h_k}{2} \right) * q_{w,k} * \frac{B}{2} \quad 14,9 \text{ kN}$$

Kuorma sivuseinälle ylemmälle levyllä $F_{L,2,d} \quad 25,98 \text{ kN}$

Tuulikuorma alemmalle levyllä

$$F_{w,1,d} = 1,5 * q_{w,k} * \left(\frac{h_2}{2} + \frac{h_1}{2} \right) * \frac{B}{2} \quad 12,10 \text{ kN}$$

Kuorma sivuseinälle alemmalle levyllä $F_{L,1,d} = F_{w,1,d} + F_{L,2,d} \quad 38,08 \text{ kN}$

HUOMIOITA LEVYTYKSEN SUUNNITTELUUN!

Liittimen leikkauskestävyyden mitoitusarvoja saa suurentaa kertoimella 1,2

Levyjen leveyden oltava vähintään $h/4$.

Ovi tai ikkuna-aukolliset lohkot eivät lisää kestävyyttä.

Molemminpuolinen levytys:

Jos molemmin puolin levyt ja liittimet tyypiltään ja mitoiltaan samanlaiset lasketaan kestävyys molempien levyjen summana.

Jos käytetään erilaisia levyjä, mutta siirtymäkertoimelta samanlaisia liittimiä huomioidaan 75% huonomman puolen kestävydestä.

Muissa tapauksissa huomioidaan 50% huonomman puolen kestävydestä.

Nauloilla liitinväli reunoilla min. 150mm ja keskellä puolet suurempi tai 300mm, sen mukaan kumpi pienempi.

Ruuveilla reunaetäisyys min. 200mm.

Pienin sallittu kiinnikeväli saa olla kartonkipintaisilla ja lasikuitumattovahvistetuilla kipsilevyillä **k 70 mm**.

PÄÄTY OIKEA**YLEMPI LEVYKERROS**

Käytettävä kiinnike **Tslevyruuvi 4,2x32 (GTS)**

Rd **380 N**

Kser **1300 N/mm**

$R_{r,d} = 1,2 * R_d$ **456 N**

Liitin jako s **100 mm**

Huonomman levykerroksen kerroin k **0,75**

Käytetyt kaavat

$$F_{v,Rd} = k * \frac{R_{r,d} * b * c}{s}$$

$$c = \begin{cases} 1, & \text{kun } b \geq \frac{h}{2} \\ \frac{2b}{h}, & \text{kun } b < \frac{h}{2} \end{cases}$$

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	1650	OK	1,00	4104,0	6	24624,0
Levy 2.	GTS 9	820	1650	OK	0,99	2787,4	1	2787,4

Käytettävä kiinnike **Ruuvi 3.9x32 (Gek13)**

Rd **550 N**

Kser **1300 N/mm**

$R_{r,d} = 1,2 * R_d$ **660 N**

Liitin jako s **100 mm**

Huonomman levykerroksen kerroin k **1**

SISÄPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	1650	OK	1,00	7920,0	6	47520,0
Levy 2.	GEK13	640	1650	OK	0,78	3276,8	1	3276,8

$\Sigma F_{v,Rd}$ **78,21 kN**

$F_{B,2,d}$ **41,99 kN**

Käyttöaste **54 %**

ALEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike Tslevyruuvi 4,2x32 (GTS)
 Rd 380 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 456 N

Liitin jako s 70 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 0,75

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	3000	OK	0,80	4690,3	5	23451,4
Levy 2.	GTS 9	820	3000	OK	0,55	2190,1	1	2190,1

Käytettävä kiinnike Ruuvi 3.9x32 (Gek13)
 Rd 550 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 660 N

Liitin jako s 70 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

KIPSILEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	3000	OK	0,80	9051,4	5	45257,1

$\Sigma F_{v,Rd}$ 70,90 kN
 $F_{B,2,d}$ 65,54 kN
 Käyttöaste 92 %

PÄÄTY VASEN
YLEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike Tslevyruuvi 4,2x32 (GTS)
 Rd 380 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 456 N

Liitin jako s 100 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 0,75

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	1650	OK	1,00	4104,0	6	24624,0
Levy 2.	GTS 9	820	1650	OK	0,99	2787,4	1	2787,4

Käytettävä kiinnike Ruuvi 3.9x32 (Gek13)
 Rd 550 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 660 N

Liitin jako s 100 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

KIPSILEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	1650	OK	1,00	7920,0	6	47520,0
Levy 2.	GEK13	640	1650	OK	0,78	3276,8	1	3276,8

$\Sigma F_{v,Rd}$ 78,21 kN
 $F_{B,2,d}$ 41,99 kN
 Käyttöaste 54 %

ALEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike **Tslevyruuvi 4,2x32 (GTS)**
 Rd 380 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 456 N

Liitin jako s 70 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 0,75

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	3000	OK	0,80	4690,3	5	23451,4
Levy 2.	GTS 9	820	3000	OK	0,55	2190,1	1	2190,1

Käytettävä kiinnike **Ruuvi 3.9x32 (Gek13)**
 Rd 550 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 660 N

Liitin jako s 70 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

KIPSILEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	3000	OK	0,80	9051,4	5	45257,1

$\Sigma F_{v,Rd}$ 70,90 kN
 $F_{B,2,d}$ 65,54 kN
 Käyttöaste 92 %

SIVUSEINÄ YLÖSPÄIN
YLEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike **Huopanaula DPN 3.1x32 (GTS)**
 Rd 338 N
 Kser 800 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 405,6 N

Liitin jako s 150 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 0,5

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	1650	OK	1,00	1622,4	12	19468,8

Käytettävä kiinnike **Ruuvi 3.9x32 (Gek13)**
 Rd 550 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 660 N

Liitin jako s 200 mm
 Huonomman levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

KIPSILEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	1650	OK	1,00	3960,0	10	39600,0
Levy 2.	GEK13	1020	1650	OK	1,00	3366,0	2	6732,0

$\Sigma F_{v,Rd}$ 65,80 kN
 $F_{B,2,d}$ 25,98 kN
 Käyttöaste 39 %

ALEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike Huopanaula DPN 3.1x32 (GTS)
 Rd 338 N
 Kser 800 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 405,6 N

Liitin jako s 150 mm
 Huononnan levykerroksen kerroin k 0,5

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	3000	OK	0,80	1297,9	20	25958,4

Käytettävä kiinnike Ruuvi 3.9x32 (Gek13)
 Rd 550 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 660 N

Liitin jako s 200 mm
 Huononnan levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

KIPSILEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	3000	OK	0,80	3168,0	18	57024,0
Levy 2.	GEK13	1020	3000	OK	0,68	2288,9	18	41199,8

$\Sigma F_{v,Rd}$ 124,18 kN
 $F_{B,2,d}$ 38,08 kN
 Käyttöaste 31 %

SIVUSEINÄ 2.

YLEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike Huopanaula DPN 3.1x32 (GTS)
 Rd 338 N
 Kser 800 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 405,6 N

Liitin jako s 150 mm
 Huononnan levykerroksen kerroin k 0,5

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	1650	OK	1,00	1622,4	7	11356,8
Levy 2.	GTS 9	790	1650	OK	0,96	1022,8	6	6136,6
Levy 3.	GTS 9	420	1650	OK	0,51	289,1	1	289,1

Käytettävä kiinnike Ruuvi 3.9x32 (Gek13)
 Rd 550 N
 Kser 1300 N/mm
 $R_{r,d} = 1,2 * R_d$ 660 N

Liitin jako s 200 mm
 Huononnan levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

KIPSILEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GEK13	1200	1650	OK	1,00	3960,0	7	27720,0
Levy 2.	GEK13	790	1650	OK	0,96	2496,4	6	14978,4

$\Sigma F_{v,Rd}$ 60,48 kN
 $F_{B,2,d}$ 25,98 kN
 Käyttöaste 43 %

ALEMPI LEVYKERROS

Käytettävä kiinnike Huopanaula DPN 3.1x32 (GTS)

Rd 338 N

Kser 800 N/mm

$$R_{r,d} = 1,2 * R_d = 405,6 \text{ N}$$

Liitin jako s 150 mm

Huonomman levykerroksen kerroin k 0,5

ULKOPUOLEN LEVYT

PUU LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
Levy 1.	GTS 9	1200	3000	OK	0,80	1297,9	6	7787,5
Levy 2.	GTS 9	790	3000	OK	0,53	562,5	6	3375,1

Käytettävä kiinnike Ruuvi 3.9x32 (Gek13)

Rd 550 N

Kser 1300 N/mm

$$R_{r,d} = 1,2 * R_d = 660 \text{ N}$$

Liitin jako s 150 mm

Huonomman levykerroksen kerroin k 1

SISÄPUOLEN LEVYT

SISÄPUOLEN LEVYT	Levyn tyyppi	Levyn leveys b [mm]	Levyn korkeus h [mm]	$b \geq \frac{h}{4}$	c	$F_{v,Rd}$ [N]	Levymäärä [kpl]	$\Sigma F_{v,Rd}$ [N]
KIPSILEVYT								
Levy 1.	GEK13	1200	3000	OK	0,80	4224,0	4	16896,0
Levy 2.	GEK13	1020	3000	OK	0,68	2288,9	2	4577,8
Levy 3.	GEK13	790	3000	OK	0,53	1373,0	6	8238,1

 $\Sigma F_{v,Rd}$ 40,87 kN $F_{B,2,d}$ 38,08 kN

Käyttöaste 93 %

LEVYN LEIKKAUSLOMMAHDUS

Pystyrungon vapaa v bnet 537 mm

Levyn paksuus t 13 mm

Levyn leikkauslommahdus voidaan jättää huomioimatta, jos $\frac{b_{net}}{t} \leq 100$ 41,31 OK

SEINIEN ANKKUROINTI PERUSTUKSIIN JA SEINÄELEMENTIN LIITOS ALASIDEPUUHUN

PÄÄTY 1.

Leikkaava vaakavoima $F_{B,1,d}$ 65539 N

Perustuksiin/alasidepuuhun liittyvää seinää B 7310 mm

ALASIDEPUUN KIINNITYS

Kiinnike Ruuvi 6x100

Rd 1549 N

Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli $s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}}$ 172,8 mm

S 150 mm

ALASIDEPUUN KIINNITYS SOKKELIIN

Kiinnike Betoniruuvi 8x120

Rd 4,44 kN

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 0,495 \text{ m}$$

s 450 mm

HUOM! Harjaterästangoille oletettu sama leikkauskestävyys kuin teräslevylliselle tappivaarnaliitokselle. Arvoihin käytetty kaavat

$$\text{Tappivaarnan myötömomentti } M_y = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$\text{Puun reunapuristuslujuus (C24) } f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k, \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\text{Pultin leikkausvoimakkestävyys } R_k = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_h * t * d}{1,3 * f_h * t * d * \left[2 + \frac{4 * M_y}{f_h * d * t^2} - 1 \right]} \\ 3 * \sqrt{M_y * f_h * d} \end{array} \right.$$

$$\text{Tappivaarnaliitoksen mitoituskestävyys } R_d = 0,8 * \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_k$$

Betoniruuveille ja kiila-ankkureille käytetty samaa laskenta kaavaa ja tarkistettu ettei Sormat taulukkoarvot ylity. Käytetyt arvot betoniruuveille ja kiila-ankkureille Sormat taulukoista.

PÄÄTY 2.

Leikkaava vaakavoima FB,1,d 65539 N

Perustuksiin/alasidepuuhun liittyvää seinää B 7310 mm

ALASIDEPUUN KIINNITYS

Kiinnike Ruuvi 6x100

Rd 1549 N

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 172,8 \text{ mm}$$

s 150 mm

ALASIDEPUUN KIINNITYS SOKKELIIN

Kiinnike Betoniruuvi 8x120

Rd 4,44 kN

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 0,495 \text{ m}$$

s 450 mm

SIVUSEINÄ KUVASSA YLÖSPÄIN

Leikkaava vaakavoima	FL,1,d	38080 N
Perustuksiin/alasidepuuhun liittyvää seinää	L	23988 mm

ALASIDEPUUN KIIINNITYS

Kiinnike	Ruuvi 6x100
Rd	1549 N

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 975,8 \text{ mm}$$

S 600 mm

ALASIDEPUUN KIIINNITYS SOKKELIIN

Kiinnike	Betoniruuvi 8x120
Rd	4,44 kN

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 2,797 \text{ m}$$

s 1200 m

SIVUSEINÄ KUVASSA ALASPÄIN

Leikkaava vaakavoima	FL,1,d	38080 N
Perustuksiin/alasidepuuhun liittyvää seinää	L	14968 mm

ALASIDEPUUN KIIINNITYS

Kiinnike	Ruuvi 6x100
Rd	1549 N

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 608,9 \text{ mm}$$

S 600 mm

ALASIDEPUUN KIIINNITYS SOKKELIIN

Kiinnike	Betoniruuvi 8x120
Rd	4,44 kN

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{F_{B,1,d}} = 1,745 \text{ m}$$

s 1200 m

JÄYKISTYSSEINIEN ANKKUROINTI PERUSTUKSIIN PYSTYVOIMILLE

PÄÄDYT

Vaakavoima pääty	F_d	57,44 kN
Jäykistävät seinän osat	B_1	1,84 m
	B_2	5,12 m
Jäykistävän seinän korkeus	H_f	4,7 m

Pystysuuntaiset vetovoimat seinien päissä

$$F_{t,d} = \left(\frac{B_1}{B_1 + B_2} \right) * \left(\frac{F_d * H_f}{B_1} \right) = 38,79 \text{ kN}$$

Seinä- ja kattorakenteiden omastapainosta aiheutuva pystyvoima seinän päissä

Seinä rakenne	$g_{s,k}$	0,45 kN/m ²	(Sisältää päätykolmion verhouk rakenteet, päätyräystään, ristikon ja vesikattorakenteen)
Yläpohja	$g_{y,k}$	0,88 kN/m	
$F_{g,1,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{B_1}{2}$			2,48 kN
$F_{g,2,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{B_2}{2}$			6,90 kN

Ankkuroitavaksi jäävät pystyvoimat

$$F_{t,1,d} = F_{t,d} - F_{g,1,d} = 36,31 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,d} = F_{t,d} - F_{g,2,d} = 31,89 \text{ kN}$$

Tuotenumero	Mitat [mm]							Ø 5mm:n reikien määrä
	A	B	C	D	E	t	Pultin reikä Ø	
HD340M12G	340	182	40	15	27	2	13,5	24
HD400M16G	400	123	40	15	28	3	17,5	29
HD420M16G	420	222	60	20	37	2	17,5	50
HD420M20G	420	102	60	20	37	2	21,5	50
HD480M20G	480	123	60	20	37,5	2,5	21,5	57

E = porausetäisyys seinästä

Kestävyyden ominaisarvot

Tuotenumero	Kestävyyden ominaisarvot [kN]	
	$R_{t,k}$	Pulttikerroin
HD340M12G	min. (n x R _{lat,k} : 17,7/kmod)	1.19
HD400M16G	min. (n x R _{lat,k} : 26,6/kmod)	1.31
HD420M16G	min. (n x R _{lat,k} : 26,6/kmod)	1.22
HD420M20G	min. (n x R _{lat,k} : 26,6/kmod)	1.78
HD480M20G	min. (n x R _{lat,k} : 33,2/kmod)	1.47

$n = n_{eff}$ Eurokoodin 5:n mukaisesti (8.3.1.1)

$R_{lat,k}$ = yhden liitoskiinnikkeen poikittaiskestävyyden ominaisarvo

Pultin tulee kestävyyden tulee olla $F_{t,d} \times$ "pulttikerroin".

Käytetään nurkissa ankkuroinnissa kiskoankkuri HD420M20G

Kiinnitys ankkurinaula 4x40	$R_{lat,k}$	1,15 kN
Naulamäärä	n	12 kpl

$$R_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} n * R_{lat,k} \quad 13,8 \text{ kN} \\ \frac{26,6}{k_{mod}} \quad 24,2 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Valinta	$R_{1,k}$	13,8 kN
---------	-----------	---------

$$R_{1,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_{1,k} \quad 10,8 \text{ kN}$$

k_{mod}	1,1
γ_M	1,4

Tarvittavat kulmamäärät/nurkka

Seinän osalla B1	n	4 kpl
Seinän osalla B2	n	3 kpl

Pulttien kestävyys tulee olla

Pulttikerroin	1,78
---------------	------

Seinän osalla B1 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"} \quad 16,2 \text{ kN}$

Seinän osalla B2 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"} \quad 18,9 \text{ kN}$

Käytettävä pultti Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN

Suorituskyky

Kiinnitysalusta	Kuormituksen tyyppi	Asennussyvyys (h_{nom})	Kuormituksen suunta	Kuormitusarvo
Halkeilematon betoni C20/25	N_{Rec}	125 mm		19.8 kN
Halkeilematon betoni C20/25	V_{Rec}	125 mm		26.0 kN

Kiila-ankkurien käyttöaste

Seinän osalla B1	R_d	19,8 kN
	Käyttöaste	82 %

Seinän osalla B2	R_d	19,8 kN
	Käyttöaste	96 %

Käytetään ovipieliissä ankkuroinnissa lisäksi naulalevy 100x400x2

NP20/100/140	100	140	2	32	Ø5	min(n x R _{lat,k} ; 44.6/k _{mod})
--------------	-----	-----	---	----	----	--

Kiinnitys puuhun ankkurinaula 4x40
 Naulamäärä

R_{lat,k} 1,15 kN
 n 18 kpl

$$R_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} n * R_{lat,k} \quad 20,7 \text{ kN} \\ \frac{44,6}{k_{mod}} \quad 40,5 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Valinta R_{1,k} 20,7 kN

$$R_{1,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_{1,k} \quad 16,3 \text{ kN}$$

k_{mod} 1,1
 γ_M 1,4

Kiinnitys betoniin betoniruuvi Sormat S-CSA HEX 5x40 /5 ZN

Suorituskyky

Kiinnitysalusta	ETA	Kuormituksen tyyppi	Asennussyvyys (h _{nom})	Kuormituksen suunta	Kuormitusarvo
Halkeilematon betoni C20/25	EI	N _{Rec}	35 mm		1.5 kN
Halkeilematon betoni C20/25	EI	V _{Rec}	35 mm		1.8 kN

Kestävyys 1,8 kN
 Tarvittava määrä vastaamaan naulakiinnitystä 10 kpl

Seinä B1
 Puuttuvaksi jäävä kiinnitysvoima 20,04 kN

Seinä B2
 Puuttuvaksi jäävä kiinnitysvoima 15,62 kN

Lopun voiman ankkurointi kiskoankkuri HD420M20G

Kiinnitys ankkurinaula 4x40
 Naulamäärä

R_{lat,k} 1,15 kN
 n 12 kpl

$$R_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} n * R_{lat,k} \quad 13,8 \text{ kN} \\ \frac{26,6}{k_{mod}} \quad 24,2 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Valinta R_{1,k} 13,8 kN

$$R_{1,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_{1,k} \quad 10,8 \text{ kN}$$

k_{mod} 1,1
 γ_M 1,4

Käytetään kiskoankk n 2 kpl
 Seinän osalla B1 Käyttöaste 92 %
 Seinän osalla B2 Käyttöaste 72 %

Pulttien kestävyden tulee olla



Pulttikerroin 1,78

Seinän osalla B1 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"}$ 17,8 kN

Seinän osalla B2 13,9 kN

Käytettävä pultti Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN

Suorituskyky

Kiinnitysala	Kuormituksen tyyppi	Asennussyvyys (h_{nom})	Kuormituksen suunta	Kuormitusarvo
Halkeilematon betoni C20/25	N_{Rec}	125 mm		19.8 kN
Halkeilematon betoni C20/25	V_{Rec}	125 mm		26.0 kN

Kiila-ankkurien käyttöaste

Seinän osalla B1 R_d 19,8 kN
 Käyttöaste 90 %

Seinän osalla B2 R_d 19,8 kN
 Käyttöaste 70 %

Sivuseinä

Vaakavoima sivuseinä F_d 32,16 kN
 Jäykistävät seinän osat L_1 23,988 m
 L_2 m
 Jäykistävän seinän korkeus H_f 4,7 m

Pystysuuntaiset vetovoimat seinien päissä

$$F_{t,d} = \left(\frac{L_1}{L_1 + L_2} \right) * \left(\frac{F_d * H_f}{L_1} \right) 6,30 \text{ kN}$$

Seinä- ja kattorakenteiden omastapainosta aiheutuva pystyvoima seinän päissä

Seinä rakenne $g_{s,k}$ 0,45 kN/m²
 Yläpohja $g_{y,k}$ 3,08 kN/m

$$F_{g,1,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{L_1}{2} = 56,08 \text{ kN}$$

$$F_{g,2,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{L_2}{2} = 0,00 \text{ kN}$$

Ankkuroitavaksi jäävät pystyvoimat

$$F_{t,1,d} = F_{t,d} - F_{g,1,d} = -49,78 \text{ kN}$$

EI TARVETTA ANKKUROINNILLE!

Sivuseinä

Vaakavoima sivuseinä	F_d	32,16 kN
Jäykistävät seinän osat	L_1	7,2 m
	L_2	6,42 m
Jäykistävän seinän korkeus	H_f	4,7 m

Pystysuuntaiset vetovoimat seinien päissä

$$F_{t,d} = \left(\frac{L_1}{L_1 + L_2} \right) * \left(\frac{F_d * H_f}{L_1} \right) = 11,10 \text{ kN}$$

Seinä- ja kattorakenteiden omastapainosta aiheutuva pystyvoima seinän päissä

Seinä rakenne	$g_{s,k}$	0,45 kN/m ²
Yläpohja	$g_{y,k}$	3,08 kN/m

$$F_{g,1,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{L_1}{2} = 16,83 \text{ kN}$$

$$F_{g,2,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{L_2}{2} = 15,01 \text{ kN}$$


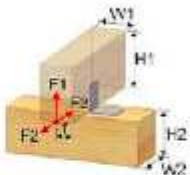
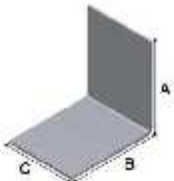
Ankkuroitavaksi jäävät pystyvoimat

$$F_{t,1,d} = F_{t,d} - F_{g,1,d} = -5,73 \text{ kN}$$


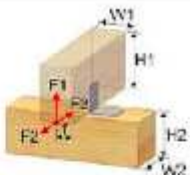
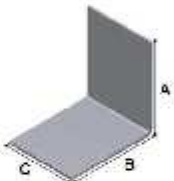
$$F_{t,2,d} = F_{t,d} - F_{g,2,d} = -3,91 \text{ kN}$$

EI TARVETTA ANKKUROINNILLE!

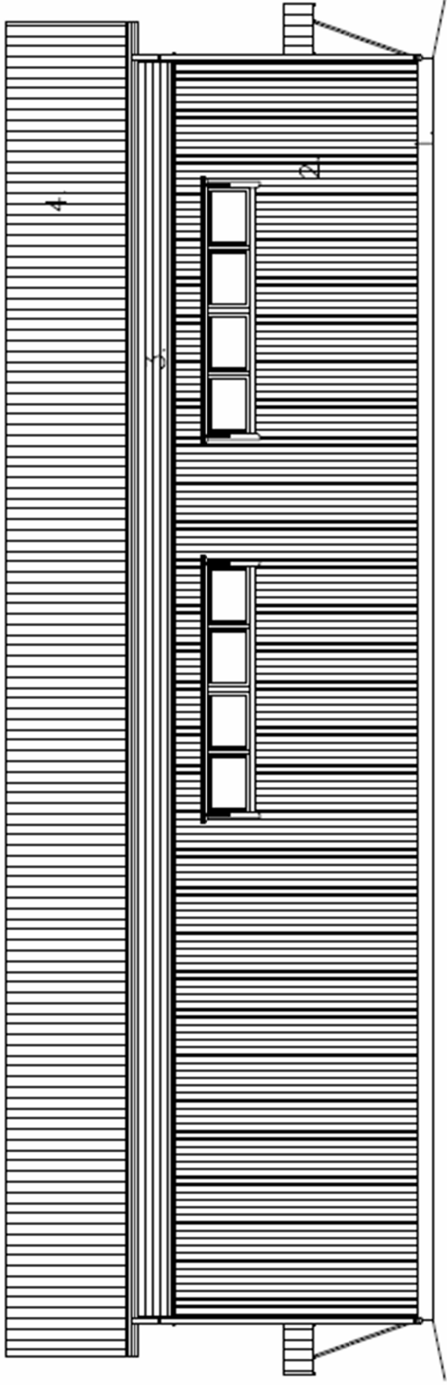
Ristikoiden kiinnityskulmien mitoitus

Select - Connect - suunnitteluarvot							
Suunnittelijan nimi:		Pvm:					
Suunnittelijan		Tel.:					
Projektin nimi:		Fax:					
Projektin osoite:		E-mail:					
Projektin numero:							
Valikotmatieto: Kiinniketyyppi: Kulma ID: Sovellus: Palkki/palkki - 1 kulma Puulavaran laatu: C24							
W1	42 mm	W2	173 mm	W3	0 mm		
H1	200 mm	H2	96 mm				
Soveltuvat maksimikuormat:		F1	0,15 kN	Eiäisyys f 21 mm			
		F2	0,00 kN				
		F3	0,00 kN				
Kiinnikedetailit:		Kiinnikkeen pinnotekäsittely: GalvanizedZ275					
Art. Nr	ABR90	A	90 mm			C	65 mm
		B	90 mm				
Kiinnikkeet:	Tyyppi	Määrä	ϕ			Pituus	
	Pystysivu	CNA	4	4,00	x 40		
	Vaakasivu	CNA	6	4,00	x 40		
Kiinnikkeen suunnitteluarvo: (Teknisen hyväksynnän mukaan ETA-06/0106) Gamma m (määrittelyn käyttömaan mukaisesti) sekä määrittelyn Kuorman aikaluokan, kiinnikkeen suunnitteluarvo on seuraava:							
R1	1,09 kN	Kuorman aikaluokka:	Hetkellinen				
R2	2,21 kN	k_{mod}	1,10				
R3	2,21 kN	Materiaalikerroin:	g_m 1,40				
Mitoituksen tarkistus:							
F1	Valittavat kuormitukset	0,15	<	Suunnittelukestävyys	1,09 Näinlieni OK		
F2	Valittavat kuormitukset	0,00	<	Suunnittelukestävyys	2,21 Näinlieni OK		
F3	Valittavat kuormitukset	0,00	<	Suunnittelukestävyys	2,21 Näinlieni OK		
Yhdistetyt kuormitukset ovat OK teknisen määrittelyn mukaisesti. $(F1/R1)^2 + (F3/R3)^2 < 1$ tai $(F2/R2)^2 + (F3/R3)^2 < 1$							
Vaadittu Käyttöluokka				1			
Kiinnike soveltuu Käyttöluokkaan				2	Näinlieni OK		
Asennusedetailit:		http://www.strongtie.co.uk/connector_selector/InstDetails/ABR90.pdf					
Muistiinpanoja: <ol style="list-style-type: none"> Nämä lastentietävät soveltuvat ainoastaan mainituille Simpson Strong-Tie -kiinnikkeille, eikä ohjelmaa pidä käyttää muille kiinnikkeille. Tämä ohjelma ei tarkista liitoksen liittyvien rakennedaten suunnittelua, vaan se kuuluu vastavalle suunnittelijalle, senon kuin koko rakenteen stabiiliteetti. Vastavien rakennesuunnittelijan tulee myös tarkistaa suorien kuormien vaikutukset puurakenteeseen Eurokoodin 5 mukaisesti. Tuotteet tulee asentaa tarkasti asennusohjeiden mukaisesti. Simpson Strong-Tie'n tuotevalikoima kehittää jatkuvasti, ja siksi on tärkeää päivittää ohjelmisto usein niin että käytössä on usein ohjelmaversio. On varmistettava siitä että kaikki kiinnittimet (naulat, ruuvit) ovat kiinnitetty pohjaan saakka ja ovat kiinni kaikilla osin. 							
EUCS - ADESOUT Version: 4.14.0.0 Issue Date: March 2012 www.simpson.eu							

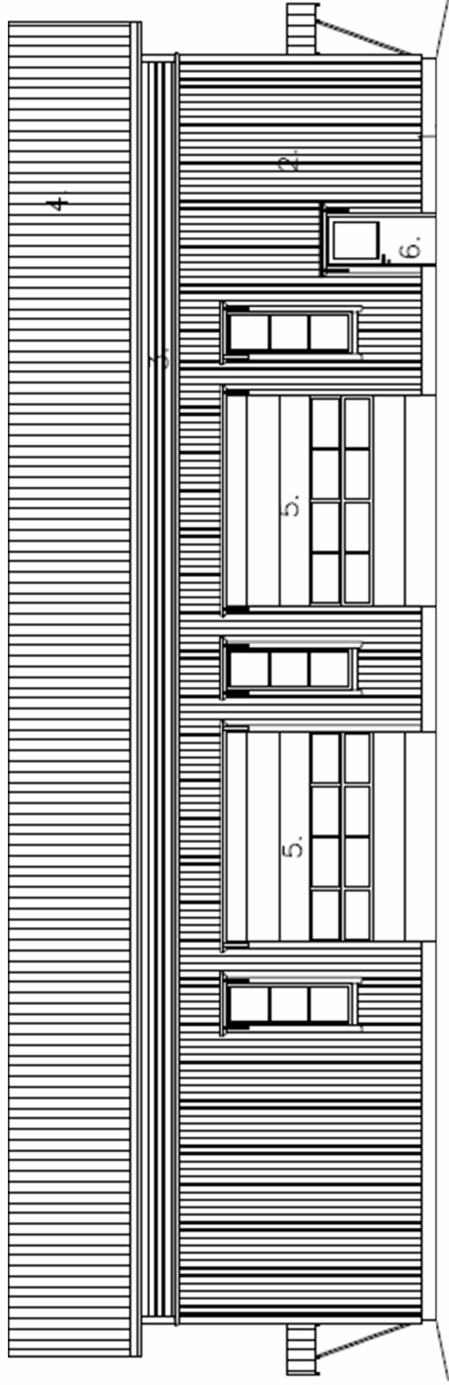
Päätyristikon kiinnityskulmien mitoitus

Select - Connect - suunnitteluarvot							
Suunnittelijan nimi:			Pvm:				
Suunnittelijan			Tel.:				
Projektin nimi:			Fax:				
Projektin osoite:			E-mail:				
Projektin numero:							
Vaikoimatieto: Kiinniketyyppi: Kulma ID: Sovellus: Palkki/palkki - 1 kulma Puutavaran laatu: C24							
W1	42 mm	W2	131 mm	W3	0 mm		
H1	150 mm	H2	96 mm				
Soveltuvat maksimikuormat:			F1	0,60 kN	Eiäisyys f 21 mm		
			F2	0,00 kN			
			F3	0,00 kN			
Kiinnikedetailit:			Kiinnikkeen pinnotekäsittely: GalvanizedZ275				
Art. Nr	ABR90	A	90 mm	C	65 mm		
		B	90 mm				
Kiinnikkeet:		Tyyppi	Määrä	ϕ	Pituus		
	Pystysivu	CNA	4	4,00	x 40		
	Vaakasivu	CNA	6	4,00	x 40		
							
Kiinnikkeen suunnitteluarvo:			(Teknisen hyväksynnän mukaan ETA-06/0106)				
Gamma m (määritelyn käyttömaan mukaisesti) sekä määritelyn Kuorman aikaluokan, kiinnikkeen suunnitteluarvo on seuraava:							
R1	1,09 kN	Kuorman aikaluokka:		Hetkellinen			
R2	2,21 kN	k_{mod}		1,10			
R3	2,21 kN	Materiaalikerroin:		g_m 1,40			
Mitoituksen tarkistus:							
F1	Vaikuttavat kuormitukset	0,60	<	Suunnittelukestävyys	1,09	Näinliin OK	
F2	Vaikuttavat kuormitukset	0,00	<	Suunnittelukestävyys	2,21	Näinliin OK	
F3	Vaikuttavat kuormitukset	0,00	<	Suunnittelukestävyys	2,21	Näinliin OK	
Yhdistetyt kuormitukset ovat OK teknisen määrittelyn mukaisesti. $(F1/R1)^2 + (F3/R3)^2 < 1$ tai $(F2/R2)^2 + (F3/R3)^2 < 1$							
Vaadittu Käyttöluokka					1		
Kiinnike soveltuu Käyttöluokkaan					2	Näinliin OK	
Asennusedetailit:			http://www.strongtie.co.uk/connector_selector/InstDetails/ABR90.pdf				
Muistiinpanoja: <ol style="list-style-type: none"> Nämä lastentilavuudet soveltuvat ainoastaan mainituille Simpson Strong-Tie -kiinnikkeille, eikä ohjelmaa pidä käyttää muille kiinnikkeille. Tämä ohjelma ei tarkista liitoksen liittyvien rakennedetailien suunnittelua, vaan se kuuluu vastavalle suunnittelijalle, senon kuin koko rakenteen stabiiliteetti. Vastavain rakennesuunnittelijan tulee myös tarkistaa suorien kuormien vaikutukset puurakenteeseen Eurokoodin 5 mukaisesti. Tuotteet tulee asentaa tarkasti asennusohjeiden mukaisesti. Simpson Strong-Tie'n tuotevalikoima kehittää jatkuvasti, ja siksi on tärkeää päivittää ohjelmisto usein niin että käytössä on usein ohjelmaversio. On varmistettava siitä että kaikki kiinnittimet (naulat, ruuvit) ovat kiinnitetty pohjaan saakka ja ovat kiinni kaikilla osin. 							
						EUCS - ADESOUT Version: 4.14.0.0 Issue Date: March 2012 www.simpson.eu	

JULKISIVUT

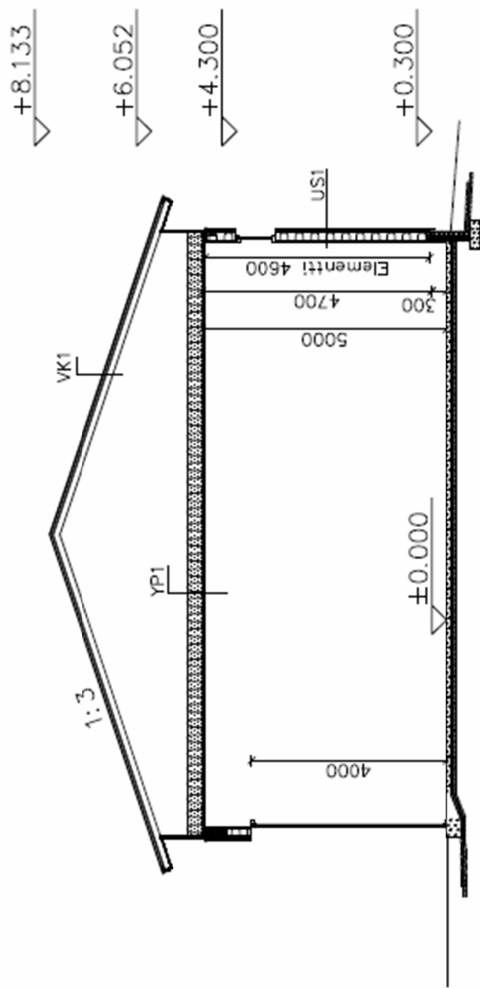


TAKAA

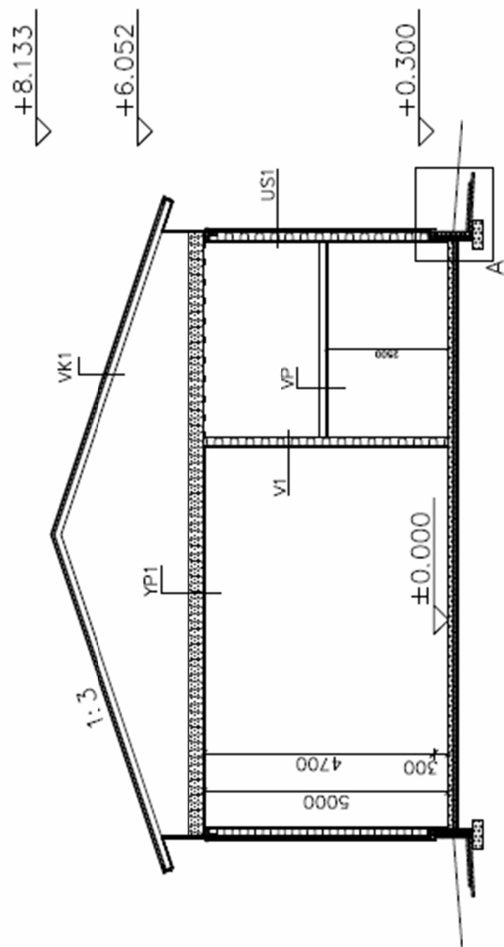


EDESTÄ

LEIKKAUKSET



B - B



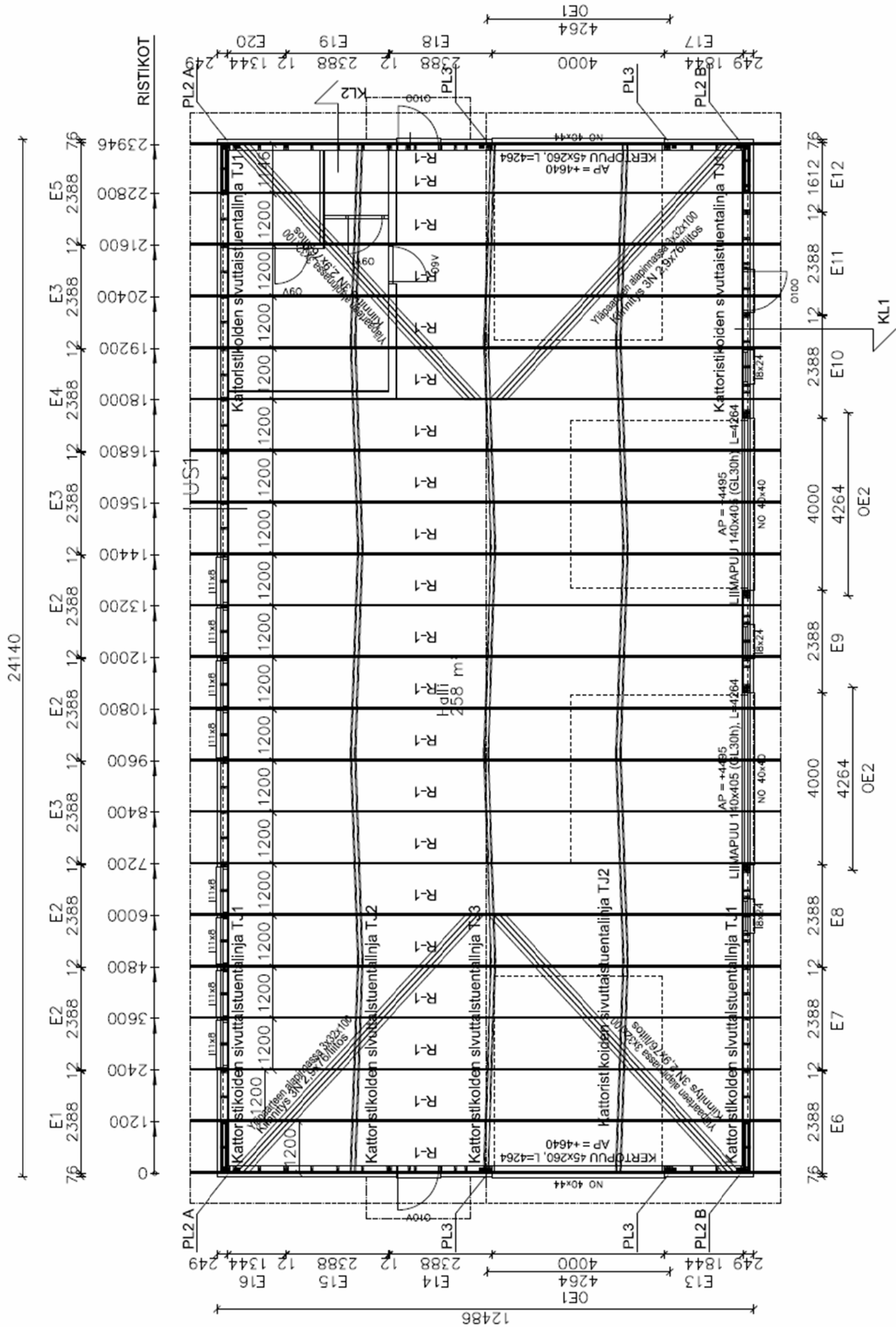
A - A

Perustus- ja alapohjarakenteet erillisen suunnitelman mukaisesti

LIITE 3. Rakennepiirustukset halli eristetty

<p>KUORMITUS: Lumi =2,50KN/m²(Maassa) Tuuli =0,6KN/m² Vesikatto =0,15 KN/m² Yläpohja =0,25 KN/m²</p> <p>VESIKATTO: Kate =Aluskate Peltikate Alusrakenne =Ruoteet 32x100 Naulaus =90x2,9</p> <p>KATTORAKENNE: NR-ristikot =k1200 US-runkoon kulmalevyllä / ankkurinauloilla leikkauskuvien mukaan</p> <p>LUJUUSLUOKAT: Puutavara = C18 JOS EI TOISIN MAINITA Palkit = C24 LP-Palkit = GL 30h LP-Pilarit = C30 KERTOPALKIT = KERTO S</p>	<p>ULKOSEINÄELEMENTTI Yläjuoksu = 48x173 C24 Alajuoksu =48x173 C24 Tolpat = 48x173 C24 Alasidepuu = 48x123 C24 Naulaus runkotolppiin = 6N 90x3,1</p>
	<p>RAKENNUKSEN JÄYKISTYS: ULKOSEINISSÄ GTS-KIPSI Sisäpinnassa GEK-Kipsi 13 mm KATSO KIINNITYSOHJEET KATOSSA GN KIPSILEVITYS OHJEEN MUKAAN KTS.erillinen kuva</p>

POHJAPIIRUSTUS



RAKENNUKSEN JÄYKISTYS:**ULKOSEINÄT:**

Ulkopinnassa GTS 9 levypituudet 3000mm + 1650mm

Sisäpinnassa GEK 13 levypituudet 3000mm + 1650mm

ASENNUKSESSA NOUDATETTAVA GYPROC OHJEITA.**KIINNITYS:****Takaseinä elementit E1 - E5:**

GTS 9 kiinnitys huopanaula 3,1x32 reunat ympäri K150 ja keskellä levyä K300.

GEK 13 kiinnitys kipsilevyruuvi 3,9x32 reunat ympäri K200 ja keskellä levyä K300.

Etuseinän elementit E6 - E12 ja OE2:

GTS 9 kiinnitys huopanaula 3,1x32 reunat ympäri K150 ja keskellä levyä K300.

GEK 13 kiinnitys kipsilevyruuvi 3,9x32 reunat ympäri K150 ja keskellä levyä K300.

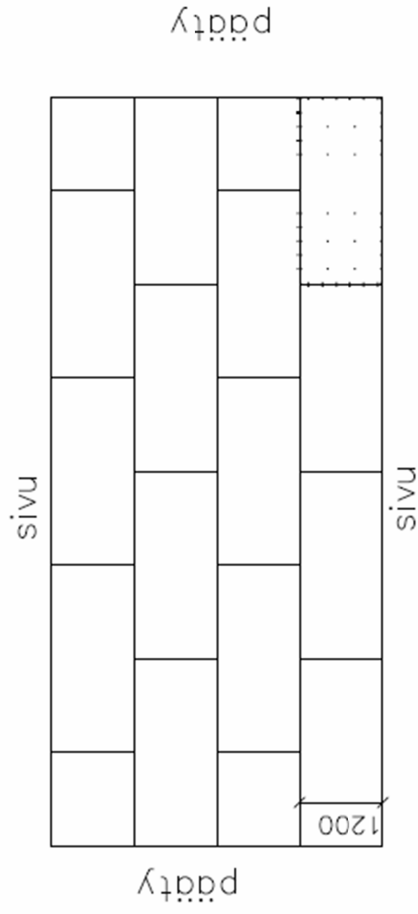
Päätyjen elementit E13 - E20 ja OE1:

GTS 9 kiinnitys tslevyruuvi 4,2x32 reunat ympäri K70 ja keskellä levyä K140.

GEK 13 kiinnitys kipsilevyruuvi 3,9x32 reunat ympäri K70 ja keskellä levyä K140.

YLÄPOHJAN LEVYJÄYKISTYS:

Kattolevytyksen asennustapa



Levytyksen koolaus 22x100 K400
 Kiinnitys N 2,9x76 2kpl / liitos

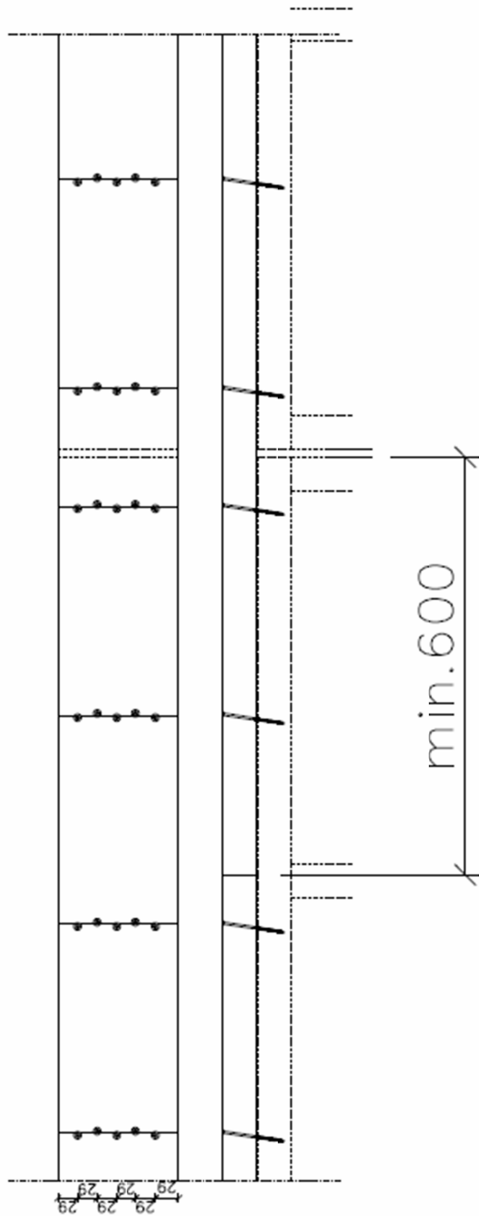
Levytyks GN13
 Kiinnitys kipsilevyruuvi 3,9x32 reunat ympäri K90 ja keskellä levyä K180.

YLÄSIDEPUIDEN KIINNITTÄMINEN 1:10

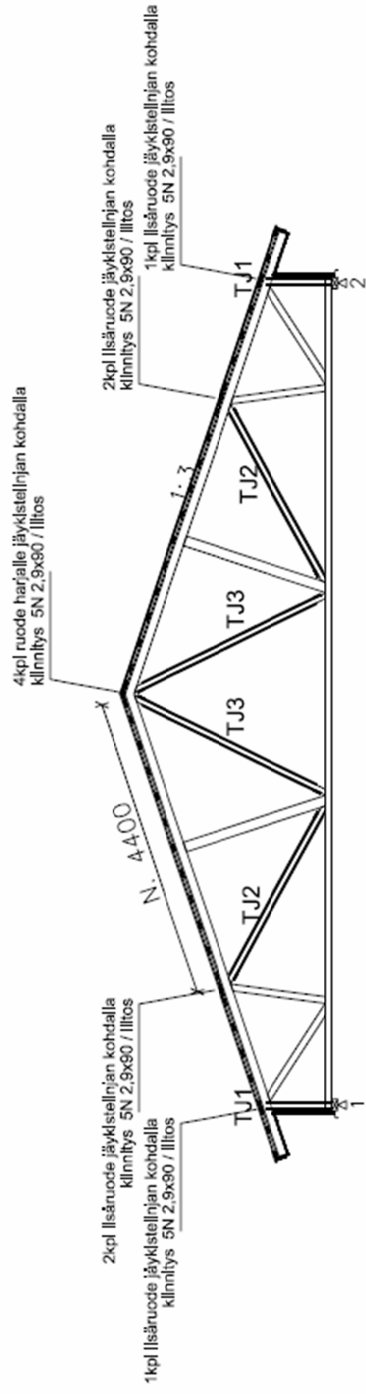
Yläsidepuun jatkokset sivuun elementin saumasta vähintään 600mm.

Sivuseinillä kiinnitys 5N 3,1x90 K300 (74 kpl / lankku)

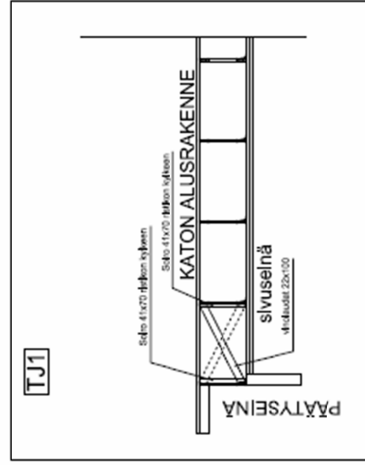
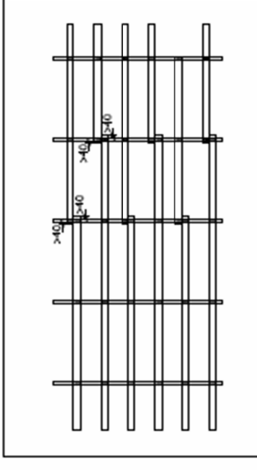
Päädyissä kiinnitys 5N 3,1x90 K800.



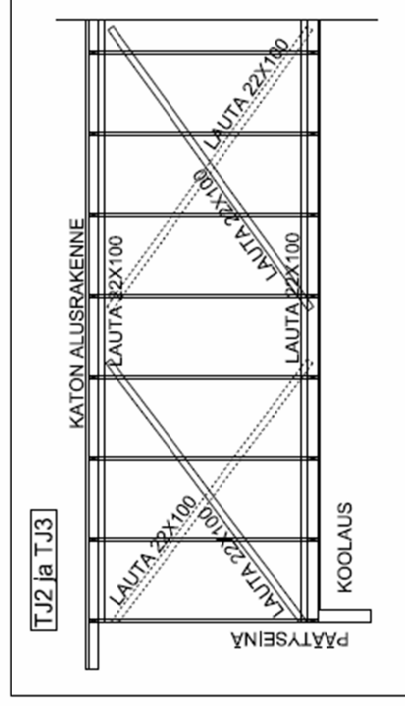
RISTIKOIDEN SIVUTTAISTUENTA LINJAT



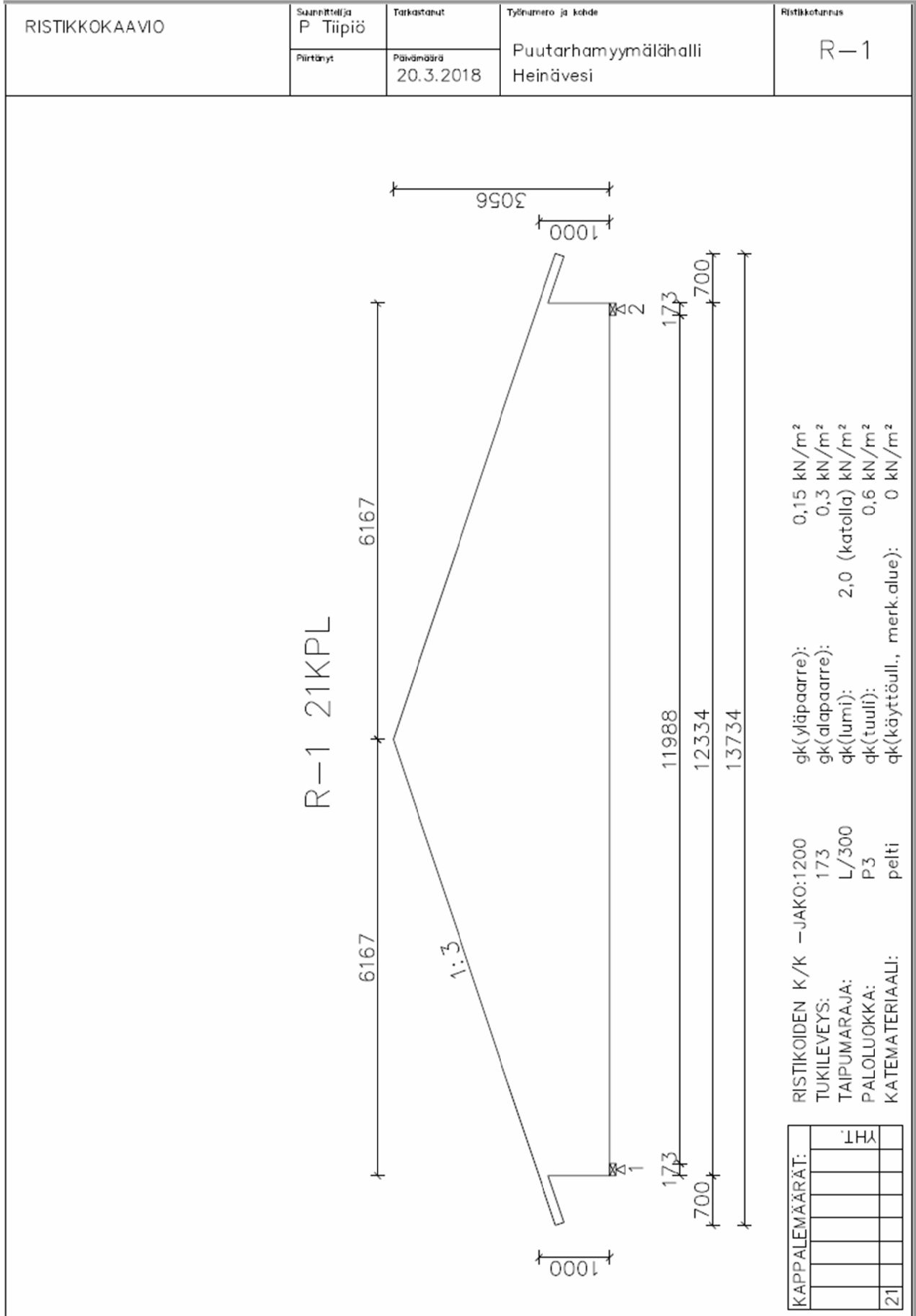
RUOTEIDEN JATKAMINEN



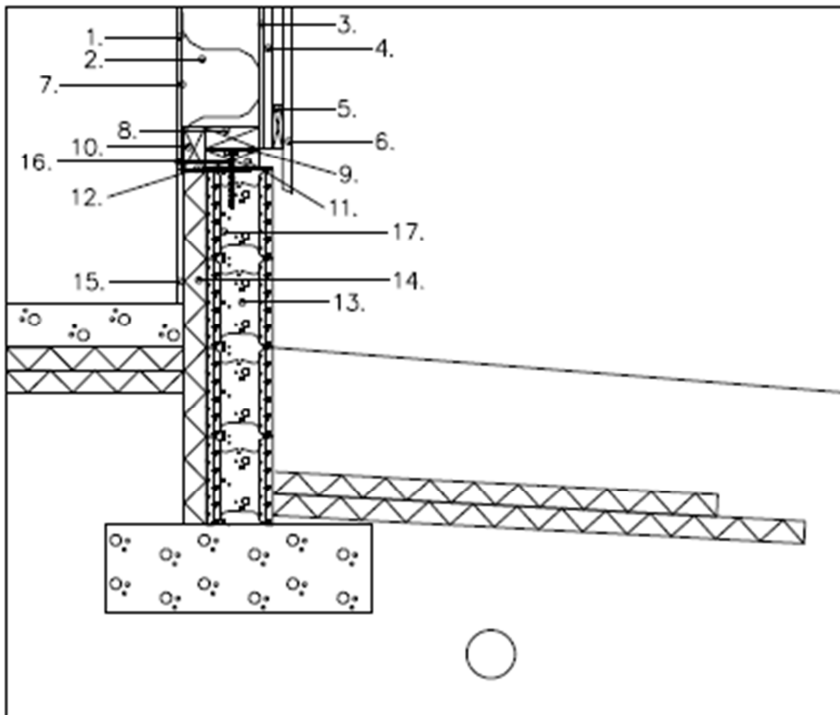
TJ1 sivuttaistuennat molempiin pätyihin kuvan mukaan
41x70 soivot ristikoitten kylkeen, kiinnitys 4N 2,9x90 /pää
Vholautojen kiinnitys 3N 2,9x76 / pää



TJ2 ja TJ3 sivuttaistuennatkin kuvien mukaan
Kiinnitys 3N 2,9x76 / liittos



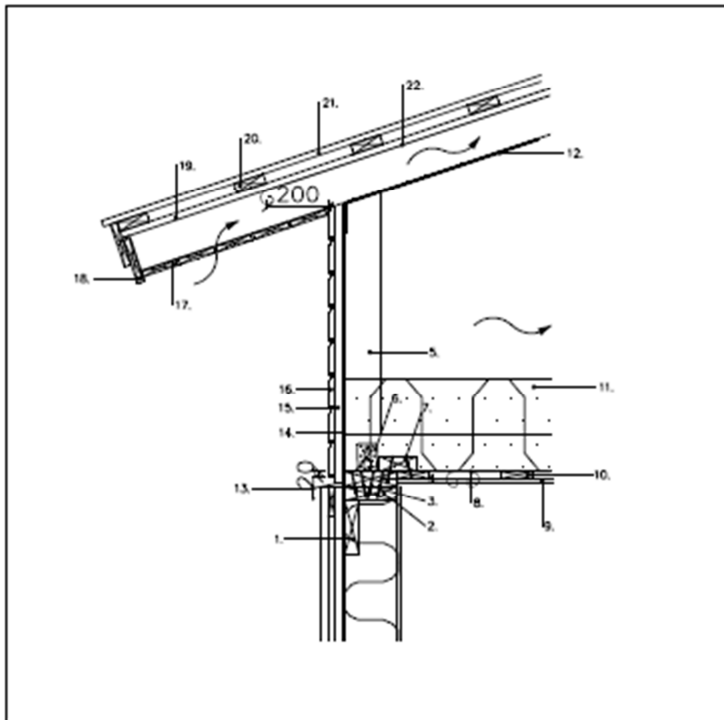
LIITE 4. Liittymäleikkaukset halli eristetty



PL1

Ulkoseinän ja sokkelin liitos 1:15

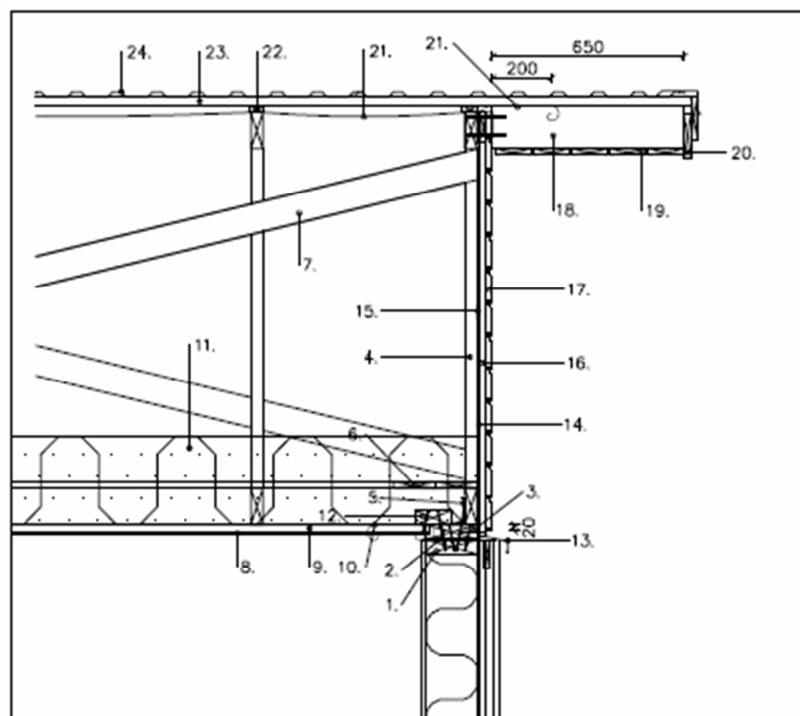
1. Sisäverhouslevy EK kipsilevy 13mm
2. Pystyrunko 48x173 K600 + mineraalivilla
3. Tuulensuoja, 9mm tuulensuoja kipsilevy
4. Tuuletusrako ja rimat 22mm
5. Ulkoverhouksen naulauspuut 22x100 K600
6. Ulkoverhous, paneeli UTV 20x120
7. Höyrinsulkukalvo
8. Elementin alapuu 48x123
9. Irrotuskaista elementin ja alasidepuun väliin
10. Elementin kiinnityspuu 48x98
11. Alasidepuu 48x123
12. Sokkelikaista
13. Sokkeli
14. Sokkelin eriste
15. Sokkelin sisäpinnan verhous
16. Elementin kiinnittäminen alasidepuuhun yleisruuvi UK 6x100
 - Päädyissä K150
 - Sivuseinillä K600
17. Alasidepuun kiinnitys sokkeliin betoniruuvi 8x120
 - Päädyissä K450
 - Sivuseinillä K1200



KL1

Sivuräystäs 1:20

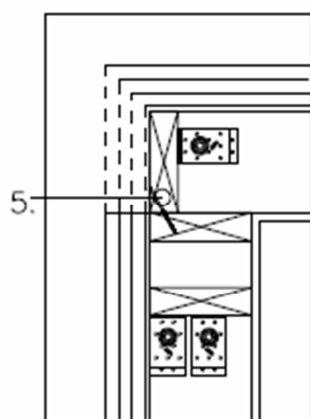
1. Elementin syrjälankku 48x173
2. Elementin yläpuu 48x173
3. Irrotuskaista elementin ja yläpuun väliin
4. Yläsidepuu 48x173
 - Kiinnitys sivuseinillä 5N 3.1x90 K300 (74 naulaa / lankku)
 - Jatkos sivuun elementin saumasta >600mm
5. NR-kattoristikko
6. 1kpl Kulmalevy vahv. 65x90x90x2,5 / ristikko
 - Kiinnitys ankkurinaula 4x40 6+4 kpl
7. Yläpohjan liitos seinäelementtiin 48x123 lankku ristikoiden välissä
 - Kiinnitys elementtiin N. 3.1x90 k300
 - Laudan kiinnitys N. 2,9x76 K200
8. Seinäelementin ja yläpohjan höyrynsulut limitettävä vähintään 150mm ja teipattava huolellisesti
9. Yläpohjan sisäverhous 13mm kipsilevy
10. Koolaus 22x100 K400
 - Kiinnitys naula 2.9x76 2kpl/liitos
11. Puhallusvilla 300mm
12. Tuulenhjain ristikon yläpaarten alapintaan
13. Peltilista
 - Asennetaan naulauspuun päälle
 - Peltilistan yläreuna yläsidepuun yläreunan tasalle
14. 9mm tuulensuojakipsilevy
15. Naulauspuu 22x100 ristikon päihin sekä tuulensuojalevyn jatkoksiin
16. Ulkoverhous, vaakapaneelitus UTV 23x145
 - Alin paneeli 20mm yli ristikon alapään
17. Räystääsaluslaudoitus HSP 20x120
18. naamalaudat 2kpl HSP 23x145
19. Tuuletusrakorima 22x50
 - Kiinnitys N 2,9x90 K350
20. Ruoteet 32x100 K400
 - Kiinnitys 3N. 2,9x90 / liitos
21. 20mm Profillipeltikate
 - Kiinnitys valmistajan ohjeiden mukaan
22. Aluskate
 - Räystäällä aluskate vähintään 200mm yli seinän ulkopinnan



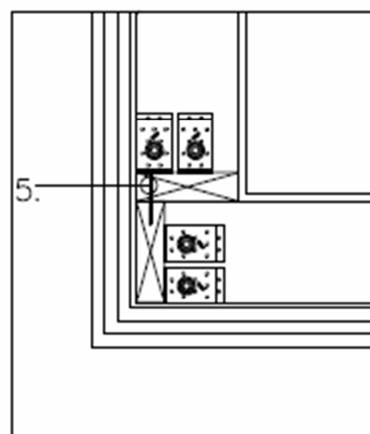
KL2

Päätyräystä 1:20

1. Elementin yläpuu 48x173
2. Irrotuskaista elementin ja yläpuun väliin
3. Yläsidepuu 48x173
 - Kiinnitys päädyissä 5N 3,1x90 K800
 - Jatkos sivuun elementin saumasta >600mm
4. NR-kattoristikko
5. Kulmalevy vahv. 65x90x90x2,5 K1000
 - Kiinnitys ankkurinaula 4x40 6+4kpl / kulma
6. Asennusaikainen Tuulisidonta 22x100
7. Ristikoiden sivuttaistuenta 22x100
8. Yläpohjan sisäverhous 13mm kipsilevy
9. Koolaus 22x100 K400
 - Kiinnitys päätyseinään naula 2.9x76 4kpl/liitos
10. Seinäelementin ja yläpohjan höyrnsulut limitettävä vähintään 150mm ja teipattava huolellisesti
11. Puhallusvilla 300mm
12. Koolauslaudoituksen kiinnityspuu 48x123
 - Kiinnitys N. 3,1x90 K300
13. Peltistä
 - Asennetaan naulauspuun päälle
 - Peltistän yläreuna yläsidepuun yläreunan tasalle
14. 600mm tulensuojalevykaista ristikoiden alareunaan
15. Paneelauksen naulauspuiden alle kiilat. Kiilan vahvuus sama kuin tulensuojalevyn
16. Naulauspuu 22x100 K~700-900
17. Ulkoverhous, vaakapaneelauus UTV 23x145
 - Alin paneeli 20mm yli ristikon alapään
18. Apukattokannattaja H=ristikon yläpaarre + 22mm, jako K800
 - Kiinnitys kattoristikoon yleisruuvi 3kpl 6x160
 - Kiinnitys ruoteeseen 5n 3.1x90
19. Räystääsaluslaudointi HSP 20x120
20. Naamalaudat 2kpl HSP 23x145
21. Aluskate
 - Aluskate yli ulkoseinän pinnan vähintään 200mm
22. Tuuletusrakorima 22x50
 - Kiinnitys N 2,9x90 K350
23. Ruoteet 32x100 K400
 - Kiinnitys 3N. 2,9x90 / liitos
24. 20mm profiilipeltikate
 - Kiinnitys valmistajan ohjeiden mukaan



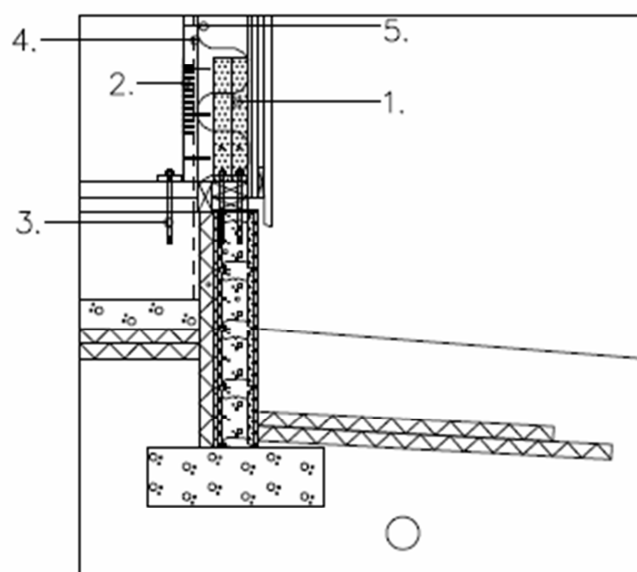
KOHTA PL2 A 1:10



KOHTA PL2 B 1:10

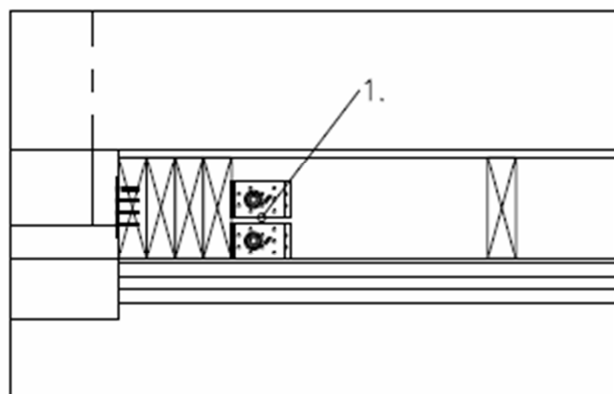
PL2 A

PL2 B



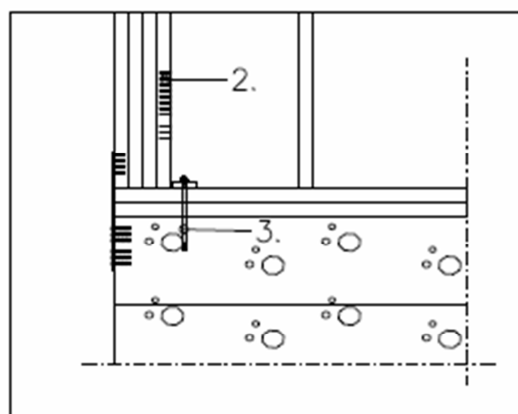
Nurkkapystyjen ankkurointi 1:20

1. Kiskoankkurit nurkissa Simpson and Strongtie HD420M20G
 - Nurkka PL2 A 3kpl kulmaa
 - Nurkka PL2 B 4kpl kulmaa
2. Kiinnitys puuhun ank.naula 4.0x40 12kpl
3. Kiinnitys betoniin Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN
4. Nurkissa kipsilevyjen asennus työmaalla vasta pystyjen ankkuroinnin jälkeen
5. Nurkkaelementtien kiinnitys toisiinsa N.3.1x90 K150

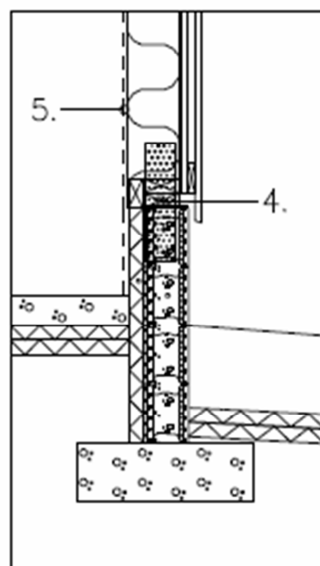


KOHTA PL3 1:10

PL3



Ovieliien pystyjen ankkurointi 1:20



Ovieliien naulalevyt 1:20

1. Ovielissä 2kpl kiskoankkuri Simpson and Strongtie HD420M20G
2. Kiinnitys puuhun ank.naula 4.0x40 12kpl
3. Kiinnitys betoniin Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN
4. Oviaukolla naulauslevy 100x400x2
- Kiinnitys puuhun ank.naula 4.0x40 12kpl
- Kiinnitys betoniin 10kpl betoniruuvi Sormat S-CSA HEX 5x40
5. Ovielissä kipsilevyjen asennus työmaalla vasta pystyjen ankkuroinnin jälkeen

KOHTEEN TIEDOT

Tilaaaja:	Opinnäytetyö mallihalli, kylmä
Puhelin:	
sähköposti:	
öähiosoite:	Tampere
mipaikka:	
ttitiedot:	
rtarkoitus:	Ratsastusmaneesi

RAKENNUKSEN MITAT

Leveys B (runko)	22 m
Pituus L (runko)	43,584 m
Seinän korkeus h_1	4,3 m
Ristikön tukikorkeus h_{tk}	1,1 m
Ristikön harjakorkeus h_k	3,3 m
Räystään pituus sivulla r_1	0,7 m
Räystään pituus päätä r_2	0,66 m
Sokkelin korkeus h_0	0,7 m
Katon ala	1072 m ²
Päädyn tuulikuorma osuus A_{yp}	24 m ²
Katon kaltevuus 1/X	1/5
	11,310 °

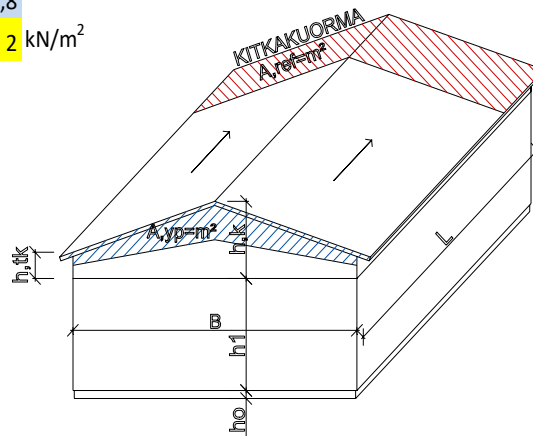
RAKENNUKSEN OMATPAINOT

Ulkoseinä	$g_{us,k}$	0,21 kN/m ²
Yläpohja	$g_{yp,k}$	0,05 kN/m ²
Vesikatto	$g_{vk,k}$	0,15 kN/m ²
Päätykolmio	$g_{pk,k}$	0,21 kN/m ²
Väliseinä	$g_{vs,k}$	kN/m ²
Välipohja	$g_{vp,k}$	kN/m ²
Ristikko	$g_{R,k}$	0,15 kN/m ²

Maastoluokka	2
Rakennuksen korkeus maanpinnasta	8,3 m
Rakennuksen laskentakorkeus	8,3 m

Tuulen nopeuspaine $q_p(h) = 0,62$ kN/m²

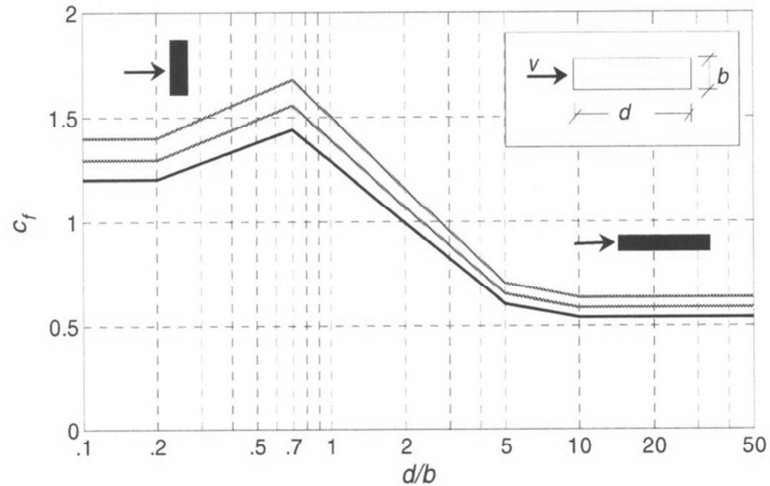
Lumikuorma maassa	s_k	2,5 kN/m ²
Katon muotokerroin	μ_1	0,8
Lumikuorma katolla	$q_{l,k}$	2 kN/m ²



Voimakerroin c_f

Voimakerroin c_f saadaan viereisestä kuvasta (tai ao. taulukosta)

- Ylin käyrä edustaa hoikkuutta $\lambda = 10$, keskimäinen käyrä hoikkuutta $\lambda = 3$ ja alin käyrä hoikkuutta $\lambda \leq 1$



Yo. Kuvan käyrät numeerisessa muodossa.

λ	Sivusuhte d/b								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
10	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

29.8.2013

Runkojärjestelmät ja rakennesuunnittelun perusteet

31

VOIMAKERTOIMEN LASKENTA

TUULI KOHTI SIVUSEINÄÄ

Kun $h < 15\text{m}$ $\lambda = 2 * \frac{h}{b}$ **0,38**

Kun $h \geq 50\text{m}$ $\lambda = 1,4 * \frac{h}{b}$ **0,27**

Sivusuhte d/b **0,50**

TUULI KOHTI PÄÄTYSEINÄÄ

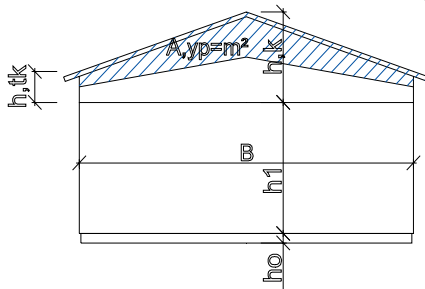
Kun $h < 15\text{m}$ $\lambda = 2 * \frac{h}{b}$ **0,75**

Kun $h \geq 50\text{m}$ $\lambda = 1,4 * \frac{h}{b}$ **0,53**

Sivusuhte d/b **1,98**

Välialueella $15\text{m} < h < 50\text{m}$ sovelletaan interpolointia.

Ei koske hoikkia rakennuksia, joilla $\lambda > 10$.



Tuulen voimakerroin päätyseinä	C_f	1
Tuulen voimakerroin sivuseinä	C_f	1,37
Vesikaton kitkakerroin	C_{fr}	0,04
(Pelti- ja tiilikate 0,04 ja huopakate 0,02)		
Tuulen vaikutusalue	A_{yp}	24 m ²
Katon pinta-ala	A_{fr}	1072 m ²
Päädyn pinta-ala	A_{ref}	143 m ²
	$q_p(h) =$	0,62 kN/m ²
	B	22,00 m

Vesikattotason kuorma $q_{w,k}$ tuulen vaikutusalueesta ja tuulen kitkavoimasta vesikattoon

$$q_{w,k} = \frac{q_p(h)}{B} (C_f * A_{yp} + C_{fr} * A_{fr} * (1 - \frac{A_{yp}}{A_{ref}})) = 1,68 \text{ kN/m}$$

Yläpohja- ja vesikattorakenteen omanpainon ja lumikuorman aiheuttamien puristettujen yläpaarteiden nurjahdustuennan aiheuttamat vaakakuormat F_k

Ristikkojako	K	0,9 m
Omapaino	g_k	0,35 kN/m ²
Lumikuorma	q_k	2 kN/m ²
Ristikön jänneväli	L	22,00 m
Ristikön keskimääräinen korkeus	a	2,2 m

Puristava voima omasta painosta

$$*N_g = \frac{k * g_k * L^2}{8} / a = 8,66 \text{ kN}$$

Puristava voima lumikuormasta

$$*N_q = \left(\frac{k * q_k * L^2}{8} / a \right) = 49,50 \text{ kN}$$

* Kaava johdettu Maksimi Momentti $M = (K * g * L^2) / 8$
Yläpaarteen puristusvoima $N = M / a$

Sisäinen jäykistyskuorma yläpaarteen tasossa omasta painosta

$$q_{g,k} = K_{LP} * \frac{n * Ng}{50 * L_p} = 0,76 \text{ kN/m}$$

Sisäinen jäykistyskuorma yläpaarteen tasossa lumesta

$$q_{q,k} = K_{LP} * \frac{n * Nq}{50 * L_p} = 4,36 \text{ kN/m}$$

Ristikoiden määrä n 49 kpl
Yläpaarteen pituus: L_p 11,2 m

Lisäristikot kpl

Kerroin $K_{LP} = \min \left(1; \sqrt{\frac{15}{L_p}} \right)$

K_{LP} 1

NR-Suunnitelmassa esitetty keskipitkän aikaluokan puristusvoima

$$N_{\max,d} = 74,2 \text{ kN}$$

$$\text{Keskimääräinen puristusvoima yläpaarteessa} = 0,85 * N_{\max,d} = 63,07 \text{ kN}$$

Kerroin $0,85$ * RIL 248-2013, jos puristusvoimaksi otetaan NR-suunnitelmassa esitetty keskipitkän aikaluokan puristusvoima $N_{\max,d}$

Poikittaistuennan aiheuttama jäykistysjärjestelmän kuormitus koko katossa

$$q_d = K_{lp} * \frac{n * N_d}{50 * L_p} = 5,56 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ristikoiden määrä} \quad n = 49 \text{ kpl}$$

$$\text{Yläpaarteen pituus:} \quad L_p = 11,2 \text{ m}$$

$$\text{Kerroin} \quad K_{lp} = \min \left(1; \sqrt{\frac{15}{L_p}} \right) \quad K_{LP} = 1$$

Kattoristikoiden vinouden aiheuttama lisävaakakuorma

Omasta painosta

$$g_{H,k} = \frac{B_1}{L_1} * \frac{L_1 * g_k}{150} \geq \frac{L_1 * g_k}{250} = 0,05 \geq 0,06 \text{ Kn/m} \quad \text{Tee valinta!}$$

Lumesta

$$q_{H,k} = \frac{B_1}{L_1} * \frac{L_1 * q_k}{150} \geq \frac{L_1 * q_k}{250} = 0,31 \geq 0,36 \text{ Kn/m} \quad \text{Tee valinta!}$$

$$B_1 = B + 2 * r_1 = 23,4 \text{ m} \quad L_1 = L + 2 * r_2 = 44,904 \text{ m}$$

Murtorajatilan laskentakuorma

$$q_{H,d} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} = 0,61 \text{ kN/m}$$

Kuormien yhteisvaikutus vesikattotasoon päädyn jäykisteille eri kuormitustapauksissa.

HUOM! Yhden päädyn jäykisteille.

KT1. omapaino + lumi (aikaluokka keskipitkä)

$$P_d = \frac{1}{2} * (q_d + q_{H,d})$$

$$P_d = 3,08 \text{ kN/m}$$

KT2. omapaino + lumi (määrävä muuttuva kuorma) + tuuli (aikaluokka hetkellinen)

$$P_d = \frac{1}{2} * (q_d + q_{H,d} + 1,5 * \psi_0 * q_{w,k}), \psi_0 = 0,6$$

$$P_d = 3,84 \text{ kN/m} \quad \text{MITOITTAVA KUORMA}$$

YLÄPAARTEIDEN NURJAHDUSTUENTA JA RUOTEIDEN MITOITUS

HUOM! RUOTEIDEN MITOITUS KESKIPITKÄSSÄ AIKALUOKASSA!

Yläpaarteen keskimääräinen puristusvoima	$N_{p,d}$	63,07 kN
Yläpaarteen nurjahdustuentaväli a_{NR} [mm]		700 (NR-suunnitelmasta)
Käyttöaste, k_n		1 (NR-suunnitelmasta)
Ruodejako, a [mm]		400

Sivuttaistuennasta aiheutuva vaakakuormitus yhdelle ruoteelle (todellisen ruodejaon mukaan)

$$F_{p,d} = \frac{k_n \cdot N d}{50} * \frac{a}{a_{NR}} = 721 \text{ N}$$

korokerima 22x50 ja kiinnitys N. 2.9x75 R_d 410 N

$$s = \frac{a * R_d}{F_{p,d}} = 228 \text{ mm}$$

Ruoteen 32x100 kiinnitys n. 3,1x90 R_d 532 N

Tarvittava naulamäärä $n = F_{p,d} / R_d$ 2 kpl

Ruoteiden päätyliitokset ja kiinnitys jäykistäviin ristikoihin

Mitoitetaan tuentavoimalle ottaen huomioon myös lisävaakavoima.

$$F_{p,d} + q_{H,d} a = a(q_d + q_{H,d}) \geq F_{p,d} + q_{H,d} * a \quad 1,23 \geq 0,84$$

1,23 kN **TEE VALINTA!**

Yhdelle päädylle q_d 2,78 kN/m

Yhdelle päädylle $q_{H,d}$ 0,30 kN/m

Tarvittava naulamäärä n 3 kpl

Ruoteiden kiinnitys 3 N/liitos **TEE VALINTA!**
 Korokeriman kiinnitys, K 200 mm **TEE VALINTA!**

Peltikatteen kiinnitys ruoteisiin

(pystyykö peltikate estämään, paarteiden s-nurjahdusmuodon)

Vaikuttava voima $F_{p,d}/k$ 0,80 kN/m

Käytetään kateruuveja 4.8x25

Ruuvien mitoituskestävyys ohuessa teräslevyssä R_d 0,35 kN (RIL 248-2013)

Ruuviväli joka ruoteeseen s 437 mm

Ruuvia/m² 5,7

TARKISTETAVA VIELÄ TUULEN IMUKUORMITUKSELLE!

Ruoteiden kestävyys

Ruoteita kuormittaa keskipitkässä aikaluokassa ristikoiden tuentakuormituksesta aiheutuva normaalivoima, sekä katteen painon ja lumikuormituksen aiheuttama taivutusmomentti. Kattoruoteet mitoitetaan jatkuvana palkkina, jonka tukien väli on kattotuoli jako. Tarkistetaan puristetun ruoteen kestävyys kentässä ja vedetyn ruoteen kestävyys tukimomentin kohdalla.

Ruoteen puristusvoima	$F_{p,d} + q_{H,d}a$	1,23 kN
Ruode	32 x 100	3200 A [mm ²]
Normaalijännitys (veto tai puristus)	$\sigma_{c/t,d}$	0,38 N/mm ²
Katteen ja ruoteiden omapaino	g_k	0,15 kN/m ²
Lumikuorma katolla	q_k	2 kN/m ²
Kuorma yhdelle ruoteelle	p_d	1,27 kN/m
Taivutusmomentti reunakentän aukossa (3-aukkoinen)		
	$M_{1,d} = 0,080 * p_d * L^2$	0,08 kNm
Taivutusjännitys reunakentässä		
	$\sigma_{m1,d} = \frac{6 * M_{1,d}}{b * h^2}$	4,82 N/mm ²
taivutusmomentti tuella (2-aukkoinen)		
	$M_{2,d} = 0,125 * p_d * L^2$	0,13 kNm
Taivutusjännitys tuella		
	$\sigma_{m2,d} = \frac{6 * M_{2,d}}{b * h^2}$	7,53 N/mm ²
Puristuslujuuden mitoitusarvo (syysuuntaan)		
k_{mod}	0,8	
γ_M	1,3	
$F_{c,0,k}$	18 N/mm ² (C18)	
$E_{0,05}$	6000 N/mm ²	
	$F_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * F_{c,0,k}}{\gamma_M}$	11,08 N/mm ²
Taivutuslujuuden mitoitus arvo		
$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}$	1,36	
$K_h \leq$	1,3	
	1,30	
$F_{m,k}$	18 N/mm ² (C18)	
Vetolujuuden mitoitusarvo		
	$F_{m,d} = \frac{k_{mod} * k_h * F_{m,k}}{\gamma_M}$	14,4 N/mm ²
	$F_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * F_{t,0,k}}{\gamma_M}$	8,0 N/mm ²
$F_{t,0,k}$	10 N/mm ² (C18)	

Hoikkuusluku

$$L_c = 1,0 * L \quad 900 \text{ mm}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad 273066,7 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_c}{i} \quad 97,4$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 1,699 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

K-kerroin

Alkukäyrystä riippuva kerroin sahatavaralle β_c 0,2

$$K = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) \quad 2,08$$

Nurjahduskerroin k_c

$$k_c = \frac{1}{K + \sqrt{K^2 - \lambda_{rel}^2}} \leq 1 \quad 0,304$$

Yhdistetty puristus ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_c * F_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m1,d}}{F_{m,d}} \leq 1 \quad 0,45 \text{ OK!}$$

Yhdistetty veto ja taivutus

$$\frac{\sigma_{c,d}}{F_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m2,d}}{F_{m,d}} \leq 1 \quad 0,57 \text{ OK!}$$

Ruoteet toimivat siis sekä vedettyinä, että puristettuina sauvoina!

YLÄPAARTEEN NURJHDUSTUENNAN JOUSIJÄYKKYYS (RUOTEET)

Vaatus jousijäykkyydelle $C \geq (2 + 2 * \cos(\frac{180}{m})) * \frac{N_d}{a}$ ast 180

Yläpaarteen puristusvoima N_d 63,07 kN
 Ruodejako jota käytetty kattoristikon mitoituksessa a 700 mm
 a :n pituisten kenttien lukumäärä m 17

Jäykisteet molemmissa päädyissä joten vaatimus $C \geq 357,3$ N/mm
 $C \geq 178,666$ N/mm

Siirtymäkerroin yhdelle naulalle

ρ_m 380 kg/m³ (C18)
 d 2,9 mm

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} * \frac{d^{0,8}}{30} \quad 579 \text{ N/mm}$$

Siirtymäkerroin ruodeliitokselle

Kattoristikko mitoitettu ruodejaolla 700 mm
 Todellinen ruodejako 400 mm

Kaikki ruodelaudat hyödynnetty nurjhdustuennassa.

Tuentaan osallistuu käytännössä nauvoja n_{liitin} 6 mm

$$K_{ser,liitos} = n_{liitin} * k_{ser} \quad 3472 \text{ N/mm}$$

Ruoteiden jatkokset välein 4,8 m

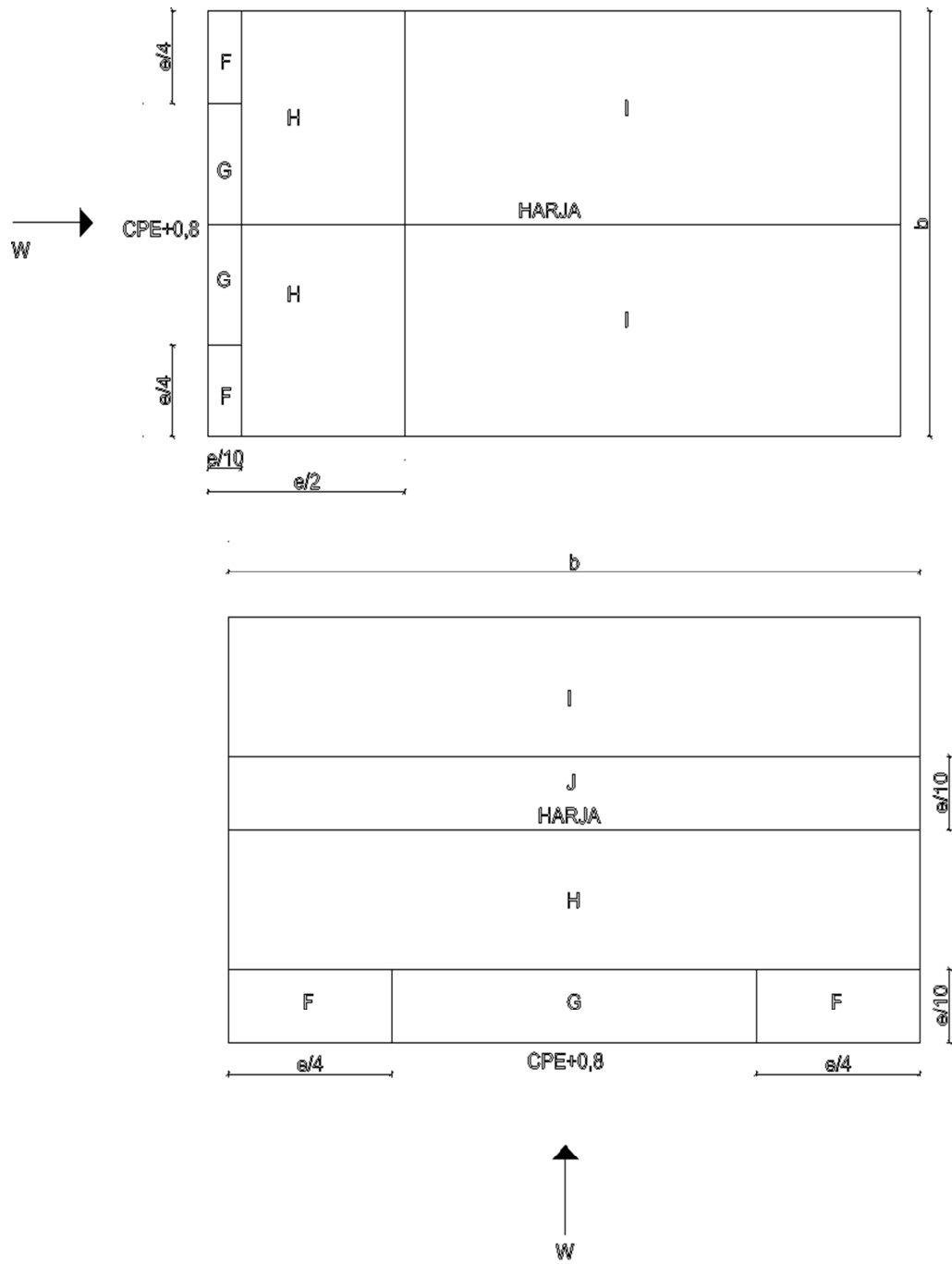
Lapteen pituus/2 22,452 m

Ruoteiden jatkoksia n_{jatkos} 10 kpl

$$C = \frac{K_{ser,liitos}}{n_{jatkos}} \quad 347,24 \text{ N/mm}$$

Nurjhdustuennan jäykkyys ylittää vaatimuksen 1,9 kertaisesti

Ruoteiden ja peltikatteen kiinnitys tuulen imukuormitukselle



Rakennuksen kattokulma 11,3°

Tuulen imukuormat vesikattoon

TUULI KOHTI SIVUSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$

$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	16,6	$q_p(h)$	0,62	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	Cpe,10	Cpe,1	Cpe	cpi	[kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	31,4328	0,8	1	0,8		0,49
F	6,89	-0,9	-2	-1,08	-0,2	0,79
G	60,76	-0,8	-1,5	-0,8	-0,2	0,62
H	450,84	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,31
I	450,84	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,37
J	74,54	-1	-1,5	-1	-0,2	0,74

TUULI KOHTI PÄÄTYSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$

$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	16,6	$q_p(h)$	0,62	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	Cpe,10	Cpe,1	Cpe	cpi	qw,k [kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	15,444	0,8	1	0,80		0,49
F	6,89	-0,9	-2	-1,08	-0,2	0,79
G	12,53	-0,8	-1,5	-0,80	-0,2	0,62
H	77,69	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,31
I	428,27	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,37

$$\text{mitoittava arvo } q_{w,k} = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{w,d} = 1,5 * q_{w,k} = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Ruoteiden liitokset

Kiinnitys naula 3,1x90	Rd	345 N	
Nauloja /liitos		3 kpl	
Nauloja /m ²		8,3 kpl	
Rd/m ²		2,875 kN/m ²	
K.a		41,1 %	OK!

Yhteisvaikutus

$$\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} + \frac{F_{v,d}}{R_{v,d}} \leq 1 \quad 0,9 \text{ OK!}$$

Peltikatteen kiinnitys

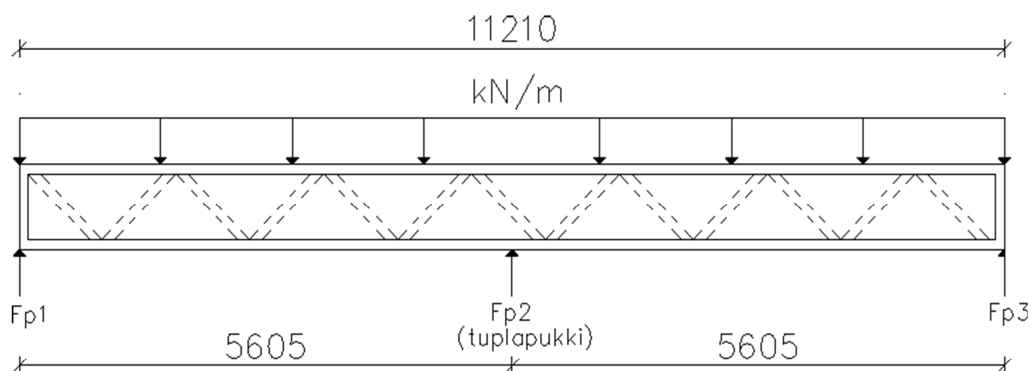
Kiinnitys ruuvi 4.8x25	Rd	775 N
1 ruuvi /m ²	k.a	1,52

Yhteisvaikutus (n määrä ruuvia)

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{n * R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{n * R_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad 0,97 \text{ OK!}$$

Ruuvien määrä n 6

KATON JÄYKISTYS JÄYKISTYSRISTIKOILLA JA PUKKIRISTIKOILLA



KUORMAT RISTIKOKAAVIOON JÄYKISTYSRISTIKON SUUNNITTELUA VARTEN

Peräkkäisiä jäykistyssesteemejä / pääty **2**

KUORMITUKSET/PÄÄTY

Sisäinen jäykistyskuorma omastapainosta	Kuorma/JR
$q_{g,k}$ 0,76 kN/m	0,38 kN/m
Sisäinen jäykistyskuorma lumikuormasta	
$q_{q,k}$ 4,36 kN/m	2,18 kN/m
Lisävaakavoima omasta painosta	
$g_{H,k}$ 0,06 kN/m	0,03 kN/m
Lisävaakavoima lumikuormasta	
$q_{H,k}$ 0,36 kN/m	0,18 kN/m
Tuulikuorma päätykolmiolta ja katon kitkasta	
$q_{w,k,j}$ 0,84 kN/m	0,42 kN/m

Jäykistysristikon pituus $l = \frac{0,5 * B}{\cos \alpha}$ **11,218 m**

	l	b
JR	11210	900

Jäykistysristikon murtorajatilan taipuma saa olla enintään L/500

KUORMAT RISTIKKOKAAVIOON PUKKIRISTIKON SUUNNITTELUA VARTEN

Yläpohjan ulkoiset vaakakuormat, tuuli ja lisävaakavoimat, siirretään jäykisteristikoilta NR-pukeilla alapaarretasolle.

Kuormat pukkiristikoille

Räystäällä P₁

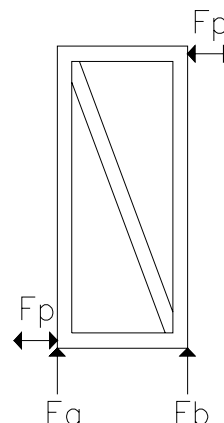
Kuorma F_p

Tuulesta	$F_{p,w,k} = \frac{3}{16} * q_{w,k} * l$	0,88 kN
Manpainon lisävaakavoimasta	$F_{p,g,k} = \frac{3}{16} * g_{H,k} * l$	0,06 kN
Imikuorman lisävaakavoimasta	$F_{p,q,k} = \frac{3}{16} * q_{H,k} * l$	0,38 kN

Pukin ja ristikon välinen leikkausvoima

$$F_a = F_b = F_p * \frac{h_p}{b_p}$$

F _{a,w,k}	1,01 kN
F _{a,g,k}	0,07 kN
F _{a,q,k}	0,43 kN



Lappeen puolivälissä P₂

Kuorma F_p

Tuulesta	$F_{p,w,k} = \frac{5}{8} * q_{w,k} * l$	2,95 kN
Manpainon lisävaakavoimasta	$F_{p,g,k} = \frac{5}{8} * g_{H,k} * l$	0,21 kN
Imikuorman lisävaakavoimasta	$F_{p,q,k} = \frac{5}{8} * q_{H,k} * l$	1,26 kN

Pukin ja ristikon välinen leikkausvoima

$$F_a = F_b = F_p * \frac{h_p}{b_p}$$

F _{a,w,k}	6,97 kN
F _{a,g,k}	0,50 kN
F _{a,q,k}	2,99 kN

Harjalla P₃Kuorma F_p

$$\text{Tuulesta} \quad F_{p,w,k} = \frac{3}{16} * q_{w,k} * l \quad 0,88 \text{ kN}$$

$$\text{Omanpainon lisävaakavoimasta} \quad F_{p,g,k} = \frac{3}{16} * g_{H,k} \quad 0,06 \text{ kN}$$

$$\text{lumikuorman lisävaakavoimasta} \quad F_{p,q,k} = \frac{3}{16} * q_{H,k} \quad 0,38 \text{ kN}$$

Pukin ja ristikon välinen leikkausvoima

$$F_a = F_b = F_p * \frac{h_p}{b_p}$$

$$F_{a,w,k} \quad 3,16 \text{ kN}$$

$$F_{a,g,k} \quad 0,23 \text{ kN}$$

$$F_{a,q,k} \quad 1,35 \text{ kN}$$

NR-PUKIT

Pukki	Korkeus h _p [mm]	Leveys b _p [mm]	F _{p,w,k} [kN]	F _{p,g,k} [kN]	F _{p,q,k} [kN]	F _{a,w,k} [kN]	F _{a,g,k} [kN]	F _{a,q,k} [kN]
P ₁	1030	900	0,88	0,06	0,38	1,01	0,07	0,43
P ₂	2130	900	2,95	0,21	1,26	6,97	0,50	2,99
P ₃	3220	900	0,88	0,06	0,38	3,16	0,23	1,35

LOPPU MITOITUS OPINNÄYTETYÖHÖN ILMAN RISTIKOSUUNNITELMIA

Mitoitettava kuormitusyhdistelmä

KT2. omapaino + lumi (määrävä muuttuva kuorma) + tuuli (aikaluokka hetkellinen)

$$P_d \quad 3,84 \text{ kN/m}$$

Peräkkäisiä jäykistyssysteemejä / pääty 2

$$\text{Kuorma /JR} \quad P_d \quad 1,92 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jäykistysristikon pituus} \quad l = \frac{0,5 * B}{\cos \alpha} \quad 11,218 \text{ m}$$

Tukireaktiot

Jäykistysristikko kaksiaukkoisena palkkina (harjalla, puolivälissä ja päissä pukit)

$$\text{Tukireaktio sivuseinällä} \quad T_{1,d} = \frac{3}{16} * P_d * l \quad 4,04 \text{ kN}$$

$$\text{Tukireaktio puolivälissä lapetta} \quad T_{2,d} = \frac{5}{8} * P_d * l \quad 13,46 \text{ kN}$$

$$\text{Tukireaktio harjalla} \quad T_{3,d} = \frac{3}{16} * P_d * l \quad 4,04 \text{ kN}$$

Jäykistysristikon kiinnitys yläpaarteeseen

Tuentaväli ristikkosuunnitelmasta 1200 mm Kiinnitys 2n 3,1x90 K 1200

Lisäruoteiden mitoitus

Yläpaarteen nurjahdustuentavoimista aiheutuva osuus jäykistysristikoiden tukireaktioista palautetaan kattotasoon pukkien kohdalle sijoitetuilla lisäruoteilla.

Nurjahdustuentavoimista aiheutuvat tukireaktiot

Kuorma nurjahdustuennasta

$$q_d = 1,39 \text{ kN/m}$$

Tukireaktio sivuseinällä $T_{q,1,d} = \frac{3}{16} * q_d * l = 2,92 \text{ kN}$

Tukireaktio puolivälissä lapetta $T_{q,2,d} = \frac{5}{8} * q_d * l = 20,49 \text{ kN}$

Tukireaktio harjalla $T_{q,3,d} = \frac{3}{16} * q_d * l = 2,92 \text{ kN}$

Ruoteen puristuskestävyys

$$N_{c,d} = K_c * b * h * f_{c,0d} = 10,78 \text{ kN}$$

Ruode 32 x 100

nurjahduskerroin $k_c = 0,304$ (kuva 6.9 s.79, RIL 205-1-2017)

$F_{c,0,k} = 18 \text{ N/mm}^2$ $F_{c,0,d} = 11,08 \text{ N/mm}^2$

$k_{mod} = 0,8$

$\gamma_M = 1,3$

Ruoteen puristuskestävyyden kannalta

Lisäruode harjalla 1 kpl

Lisäruode räystäällä 1 kpl

Lisäruode puolivälissä lapetta 2 kpl

Ruoteen kiinnitykseen mahtuu enintään

$$\frac{h}{5d} - 1 = 5 \text{ naulaa}$$

Kiinnitys naula

3,1 x 90

Naulan leikkauskestävyys $R_d = 0,532 \text{ kN}$

Naulojen lukumäärä harjalla, $n = 6 \text{ kpl}$

Naulojen lukumäärä räystäällä, $n = 6 \text{ kpl}$

Naulojen lukumäärä puolivälissä lapetta, $n = 39 \text{ kpl}$

Ruoteiden lukumäärä harjalla, $n_r = 2 \text{ kpl}$

Ruoteiden lukumäärä räystäällä, $n_r = 2 \text{ kpl}$

Ruoteiden lukumäärä puolivälissä lapetta, $n_r = 8 \text{ kpl}$

NR-PUKKIEN MITOITUS

Ulkoisten kuormien kuormitusyhdistelmät

Kuormat yhden päädyn jäykisteille

Lisävaakavoima omasta painosta	$g_{H,k}$	0,03 kN/m
Lisävaakavoima lumikuormasta	$q_{H,k}$	0,18 kN/m
Tuulikuorma	$q_{w,k}$	0,84 kN/m

KT1. Omapaino + Lumi (keskipitkä)

$$P_{d,1} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} = 0,30 \text{ kN/m} \quad \text{EPÄTOSI}$$

KT2. Omapaino + lumi (määrävä) + tuuli (hetkellinen)

$$P_{d,2} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * q_{H,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{w,k}, \psi_0 = 0,6 = 1,06 \text{ kN/m} \quad \text{EPÄTOSI}$$

KT3. Omapaino + lumi + tuuli (määrävä) (hetkellinen)

$$P_{d,3} = 1,15 * g_{H,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{H,k} + 1,5 * q_{w,k}, \psi_0 = 0,7 = 1,48 \text{ kN/m} \quad \text{MITOITAVA KUORMA}$$

Käytettävä kuorma $P_d = 1,48 \text{ kN/m}$

$$\text{Räystäällä } P_1 \quad F_p = \frac{3}{16} * P_d * l = 3,11 \text{ kN}$$

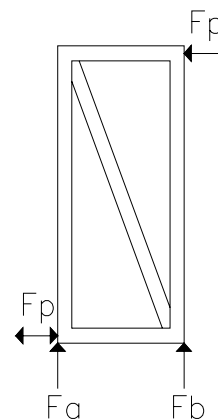
$$\text{Keskellä lapetta } P_2 \quad F_p = \frac{5}{8} * P_d * l = 10,38 \text{ kN}$$

$$\text{Harjalla} \quad F_p = \frac{3}{16} * P_d * l = 3,11 \text{ kN}$$

NR-PUKIT

Pukki	Korkeus h_p [mm]	Leveys b_p [mm]	F_p [kN]	$F_a = F_b$ [kN]	
P ₁	1030	900	3,11	3,56	/1kpl pukki
P ₂	2130	900	5,19	12,28	/2kpl pukkia rinnan
P ₃	3220	900	3,11	11,14	/1kpl pukki

$F_a = F_b = F_p * \frac{h_p}{b_p}$



NR- pukki kiinnitetään NR ristikkoon pukin kohdassa olevaan uumasauvaan.
Kiinnitys ristikon puolelta naula 3,1x90.

Naula 3,1x90	R_d	0,76 kN		
P1 ruuvia/ liitos		5 kpl	Jako K	150 mm
P2 ruuvia/ liitos		17 kpl	Jako K	100 mm
P3 ruuvia/ liitos		15 kpl	Jako K	200 mm

P2 ja P3 pukkiin alapäässä vaikuttava voima F_p jaetaan/tasataan alapohjatason jäykisteelle pukkiryhmien välillä tehtävällä jäykistelinjalla.

P1 pukkiin alapäässä vaikuttava voima F_p ankkuroidaan kiinnityskulmin suoraan sivuseinän yläpäähän.

P1 PUKKIEN KIINNITYS ULKOSEINÄN PÄÄLLE

Vaikuttava voima F_p 3,11 kN

Kulmien mitoitus Simpson Connector selector ohjelmalla

Kiinnitys kulmalevy ABR70 1kpl/liitos R_d 1,3 kN

Kulmalevyjä/pukki 3 kpl

Kiinnitys n. 4.0x40 4+4

Uumasauvan nurjahdustuennan tarkastus

Nurjahdustuettavan sauvan puristusvoima NR-suunnitelmasta

N_d 8,63 kN

Nurjahdustuentalaudat

22 x 100

Yhdellä vedetyllä vinosauvalla jäykistettävien sauvojen lkm

n 6 kpl

Vakauttava nurjahdustuentavoima

$$F_d = N_d / 50 \quad 0,1726 \text{ kN}$$

$$F_{n,d} = n * F_d \quad 1,0356 \text{ kN}$$

Vaakasuntaisen laudan kiinnitys

Reunaetäisyys $7d$ 20,3 mm

Käytettävä naula 2,9 x 76

(HUOM! k_{mod} 0,8)

R_d 410 N

Liitosvoima vinositeen kohdalla $F_{n-1,d}$ 863 N

Tarvittava naulamäärä n 3 kpl

Vedettynä sauvana toimiva vinosidonta ja sen liitokset mitoitetaan voimalle:

/inosidonna kulma vaakatasoon nähden

α 30°

rad 0,524

$$F_{n,d} = n * F_d \quad 1,04 \text{ kN}$$

$$F_{n,\alpha,d} = \frac{F_{n,d}}{\cos \alpha} \quad 1195,81 \text{ N}$$

Liitokseen tarvittava naulamäärä

$$n = \frac{F_{n,\alpha,d}}{R_d} \quad 3 \text{ kpl}$$

Liitoksissa käytettävä naula Naulamäärä

2,9

x

76

n

3

kpl

Kuormitukset viedään vinosidonna avulla NR-rakenteen ylä- ja /tai

alapaarteen tasolle, jossa täytyy olla uumasauvat yhteenkytkävä vaakasauva.

Yhteenkytkevänä sauvana voi toimia ruodelautoitus ja alakaton koolauslaudoitus.

Yleensä ruodelautoitus on jo tiukkaan mitoitettu, jolloin ylä ja/tai alareunassa

sauvat kytketään toisiinsa laudalla. Kiinnitys kuten varsinaisen nurjahdustukena toimivan

vaakalaudan kiinnitys.

Tuennan jäykkyys

Uumasauvan nurjahdustuennalla on oltava vähintään jäykkyys (jousivakio) C_{vaad} .

Uumasauvan nurjahdustuenta väli	$a = L/2$	1500 mm
a:n pituisten kenttien lukumäärä	m	2 kpl
	N_d	8630,00 N

$$C_{vaad} = (2 + 2 \cos(\frac{180^\circ}{m})) * \frac{N_d}{a} = 11,5 \text{ N/mm}$$

Arvioidaan nurjahdustuennan jäykkyys liitossiirtymien avulla. Otetaan mukaan seuraavien liitosten siirtymät; vaaka-asennossa olevan nurjahdustukilaudan liitos uumasauvaan sen jatkosliitokset sekä kiinnitys vinosidottuun uumasauvaan ja vedettyn vinositeen liitosliukumat kahdessa liitoksessa (kts. Ohje RIL 248-2013 s.18)

Nurjahdustuennan jäykkyys

Puun keskimääräinen tiheys	ρ_m	380 Kg/m ²
Naulan paksuus	d	2,9 mm
Yhdistelykerroin (lumikuorma)	ψ_2	0,2
Liitoksen virumaluku (sahatavara, ktl. 2)		

$$k_{def} = 2 * 0,8 = 1,6$$

Naulan leikkausvoima vaakatuessa

$$Q_d = F_d/n = 58 \text{ N}$$

Naulan leikkausvoiman vaakakomponentti vinositeessä

$$Q_{\alpha,d} = \frac{F_{n,d}}{n} = 345 \text{ N}$$

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} * \frac{d^{0,8}}{30} = 579 \text{ N/mm}$$

$$K_{u,fin} = \frac{\frac{2}{3} * K_{ser}}{1 + \psi_2 * k_{def}} = 292 \text{ N/mm}$$

$$C = \frac{F_d}{\delta} = \frac{K_{u,fin}}{9Q_d + 2Q_{\alpha,d}} * F_d = 41,8 \text{ N/mm}$$

Nurjahdustuennan jäykkyys ylittää vaatimustason 3,6 kertaisesti

YLÄPOHJAN JÄYKISTYS VINOLAUDOITUKSELLA

KUORMAT RAKENNUKSEN LYHYEMMÄSSÄ SUUNNASSA

Lisävaakavoima kattorakenteen omasta painosta

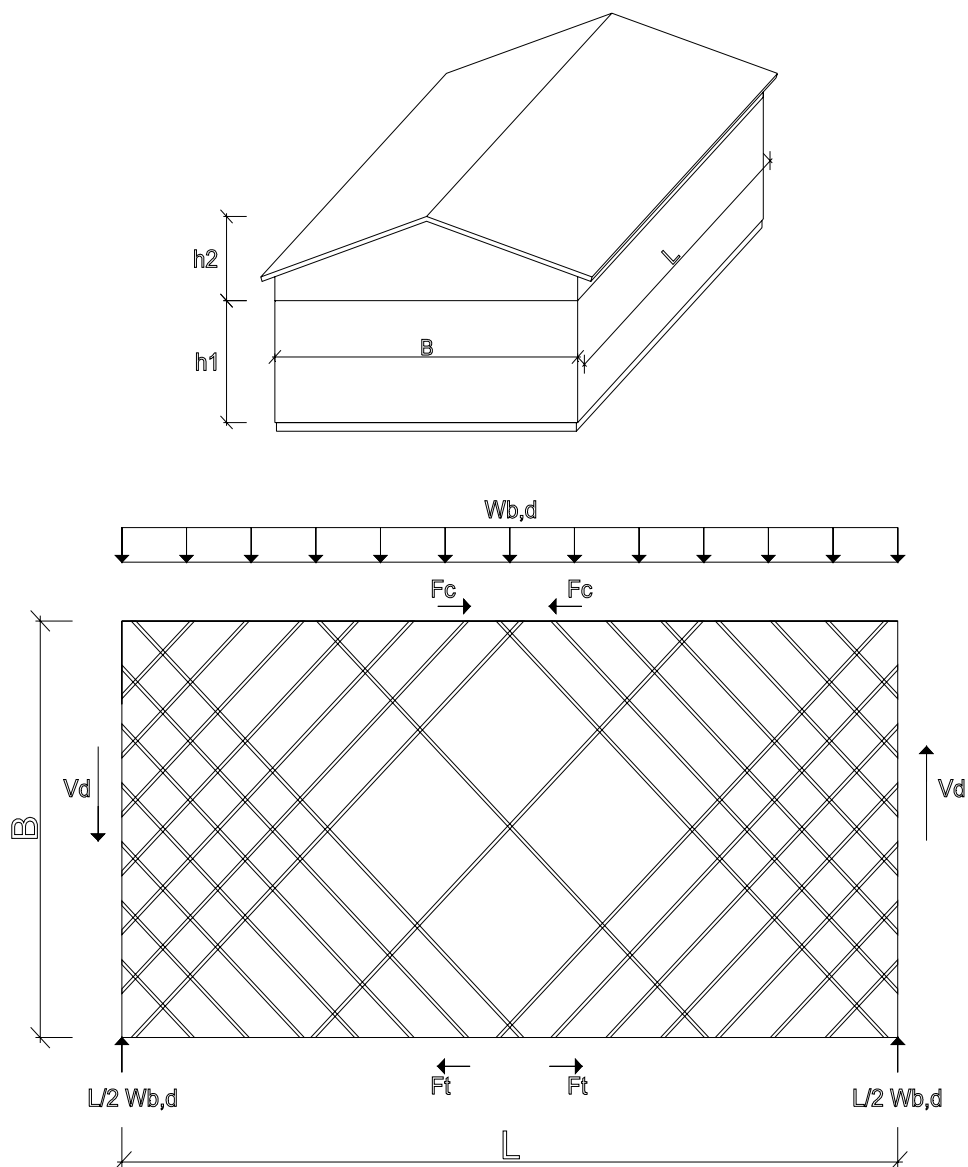
$$g_{HB,k} = \frac{g_k * B}{150} \quad 0,05 \text{ kN/m}$$

Lisävaakavoima lumikuormasta

$$q_{HB,k} = \frac{q_k * B}{150} \quad 0,29 \text{ kN/m}$$

Tuulikuorma

$$q_{w,B,k} = q_{w,k} * \left(h_2 + \frac{h_1}{2}\right) \quad 4,60 \text{ kN/m}$$



Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa

KT. Rakennuksen omapaino + lumikuorma + tuulikuorma (määrävä) (hetkellinen)

$$W_{B,d} = 1,15 * g_{HB,k} + 1,5 * \psi_0 * q_{HB,k} + 1,5 * q_{w,B,k}, \psi_0 = 0,7 \quad 7,27 \text{ kN/m}$$

Yläpohjan kuormat ja rasitukset

kentän suurin momentti $M_d = \frac{w_{B,d} * L^2}{8} \quad 1726,2 \text{ kNm}$

kentän suurin leikkausvoima $V_d = \frac{w_{B,d} * L}{2} \quad 158,4 \text{ kN}$

Kuormitusyhdistelmä käyttörajatilassa

KT. Rakennuksen omapaino + lumikuorma + tuulikuorma (määrävä) (hetkellinen)

$$W_{B,k} = g_{HB,k} + q_{HB,k} + q_{w,B,k} \quad 4,95 \text{ kN/m}$$

Yläpohjan kuormat ja rasitukset

kentän suurin momentti $M_k = \frac{w_{b,d} * L^2}{8} \quad 1174,5 \text{ kNm}$

kentän suurin leikkausvoima $V_k = \frac{w_{b,d} * L}{2} \quad 107,8 \text{ kN}$

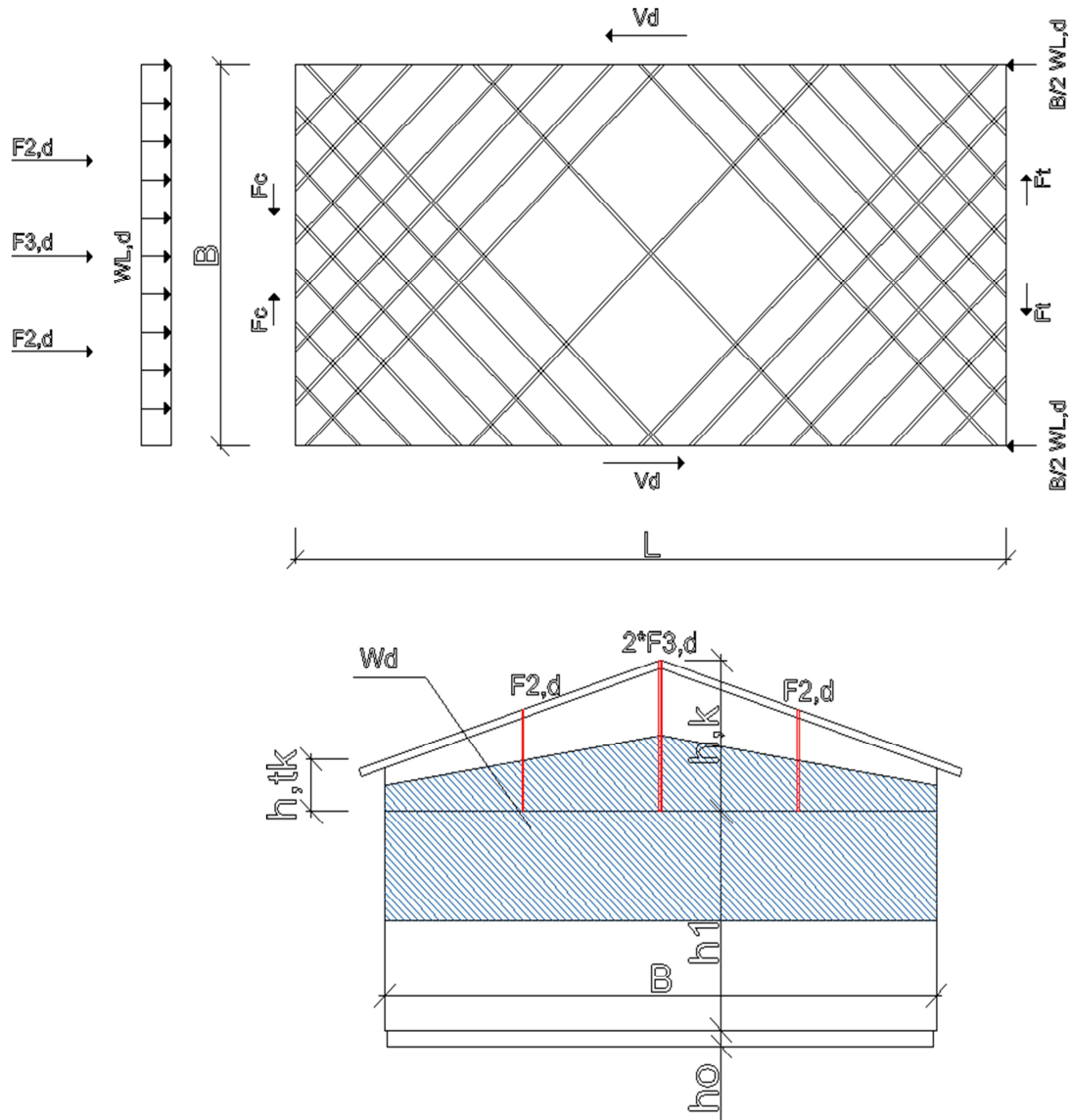
KUORMAT RAKENNUKSEN PIDEMMÄSSÄ SUUNNASSA (MRT)**HUOM!**

Huomioi pukkien määrä pystyjäykiste linjoilla, pukkien laskennassa annettu kuorma F_p on yhtä pukkia kohden!

Kuormat NR-pukeilta puolivälissä lapetta $F_{2,d} = 2 * 2 * F_{2,p} \quad 20,75 \text{ kN}$

Kuormat NR-pukeilta harjalla $F_{3,d} = 2 * 2 * F_{3,p} \quad 12,45 \text{ kN}$

Tuulikuorma päätyyn $w_{L,d} = 1,5 * q_{w,k} * \left(\frac{ht_k + h_k}{2} + \frac{h_1}{2} \right) \quad 4,02 \text{ kN/m}$



KUORMAT RAKENNUKSEN PIDEMMÄSSÄ SUUNNASSA (MRT)

HUOM!

Huomioi pukkien määrä pystyjäykiste linjoilla, pukkien laskennassa annettu kuorma F_p on yhtä pukkia kohden!

Kuormat NR-pukeilta puolivälissä lapetta $F_{2,d} = 2 * 2 * F_{2,p}$ 20,75 kN

Kuormat NR-pukeilta harjalla $F_{3,d} = 2 * 2 * F_{3,p}$ 12,45 kN

Tuulikuorma päätyyn $w_{L,d} = 1,5 * q_{w,k} * \left(\frac{ht_k + h_k}{2} + \frac{h_1}{2} \right)$ 4,02 kN/m

Yläpohjan kuormat ja rasitukset

Rakennuksen leveys, B 22 m

kentän suurin momentti $M_d = \frac{w_{L,d} * B^2}{8} + \frac{F_{2,d} * B}{4} + \frac{F_{3,d} * B}{4}$ 425,93 kNm

kentän suurin leikkausvoima $V_d = \frac{w_{L,d} * B}{2} + F_{2,d} + \frac{F_{3,d}}{2}$ 71,22 kN

KUORMAT RAKENNUKSEN PIDEMMÄSSÄ SUUNNASSA (KRT)

Kuormat NR-pukeilta puolivälissä lapetta $F_{2,k} = 2 * F_{2,p}$ 8,84 kN

Kuormat NR-pukeilta harjalla $F_{3,k} = 2 * 2 * F_{3,p}$ 5,30 kN

Tuulikuorma päätyyn $w_{L,k} = q_{w,k} * \left(\frac{ht_k + h_k}{2} + \frac{h_1}{2} \right)$ 3,67 kN/m

Yläpohjan kuormat ja rasitukset

kentän suurin momentti $M_k = \frac{w_{L,k} * B^2}{8} + \frac{F_{2,k} * B}{4} + \frac{F_{3,k} * B}{4}$ 299,99 kNm

kentän suurin leikkausvoima $V_k = \frac{w_{L,k} * B}{2} + F_{2,k} + \frac{F_{3,k}}{2}$ 51,89 kN

VINOLAUDOITUKSEN PURISTUSKESTÄVYYS

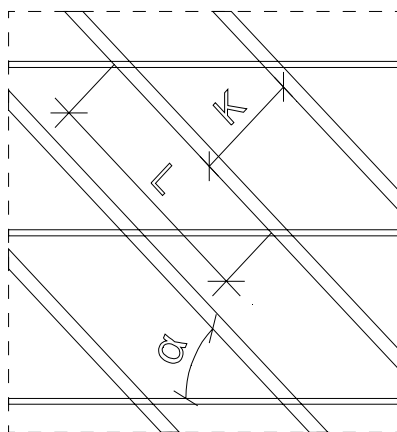
Alapaarteen alapintaan tehdään vinolaudoitus 32 x 100 C18

Laudoitus jako K 1000

Laudat naulataan ristikoiden alapaarteen ala- ja yläpuolelle 45 asteen kulmaan siten, että vinolaudoitus on symmetrinen katon harjalinjaan suhteen.

Lähtötietoja:

b	100 mm
h	32 mm
A	3200 mm ²
$F_{c,0,k}$	18 N/mm ²
$E_{0,05}$	6000 N/mm ²
k_{mod}	1,1
γ_M	1,3
α	45 °
rad	0,785
L	1273 mm



Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L \quad 1273 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} \quad 273066,7 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} \quad 137,8$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 2,402 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

K_z-kerroin

Alkukäyrydestä riippuva kerroin sahatavarelle β_c 0,2

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad 3,60$$

Nurjahduskerroin k_{c,z}

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad 0,159$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad 7,77 \text{ kN}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen nurjahduskestävyyden perusteella

Tuuli päätyseinän suuntaisesti

Vinolaudoituksen k-jako	k	1000 mm
Vinolaudoituksen k-jako ulkoseinän suunnassa	s	707 mm
Päätyseinän pituus	B	22000 mm

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad 5,50 \text{ kN}$$

$$V_{R,d,seinä} = \frac{B}{s} * V_{R,d} \quad 171,0 \text{ kN}$$

$$\text{Leikkausvoima } V_d \quad 158,4 \text{ kN}$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 92,6 \%$$

OK!

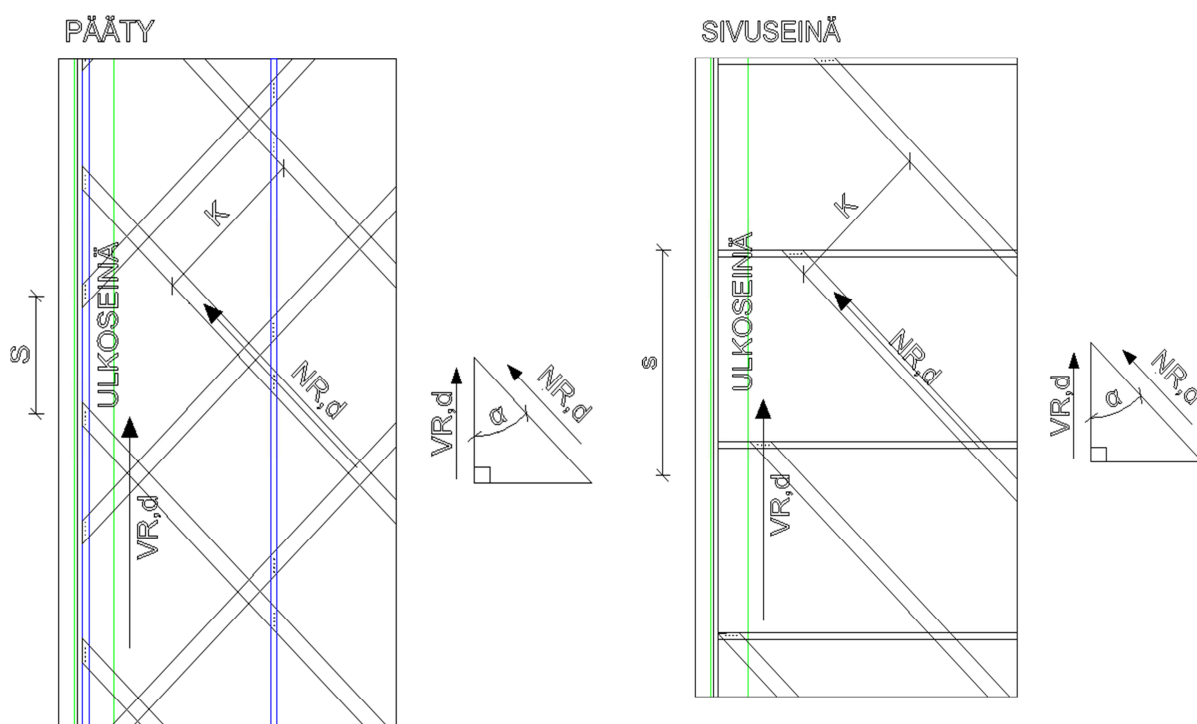
Tuuli sivuseinän suuntaisesti

Vinolaudoituksen k-jako	k	1000 mm
Vinolaudoituksen k-jako ulkoseinän suunnassa	s	1414 mm
Sivuseinän pituus	L	43584 mm

$$V_{R,d,seinä} = \frac{L}{S} * V_{R,d} \quad 169,3746 \text{ kN}$$

$$\text{Leikkausvoima} \quad V_d \quad 71,22 \text{ kN}$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 42,0 \% \quad \text{OK!}$$

**Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen naulauksen perusteella**

Vinolaudoituksen kiinnitys	Naula	3,1x90	Rd	0,73 kN
----------------------------	-------	--------	----	---------

Tuuli päätyseinän suuntaisesti

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d * s}{B * \cos \alpha} \quad 7,20 \text{ kN}$$

$$\text{Naulamäärä} \quad n \quad 10 \text{ kpl}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1 \quad 0,99 \text{ OK!}$$

HUOM! Vinolautojen jatkokset mitoitetaan myös voimalle N_d !

Mitoitus päädyn leikkaavalle voimalle

Naulamäärä n 10 kpl

$$V_{R,d,seinä} = \frac{B}{s} * n * R_d \quad 227,1 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto } \frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1 \quad 0,70 \text{ OK!}$$

Tuuli sivuseinän suuntaisesti

$$N_d = \frac{V_d * s}{L * \cos \alpha} \quad 3,27 \text{ kN}$$

Naulamäärä n 10 kpl

$$\text{Mitoitusehto } \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1 \quad 0,45 \text{ OK!}$$

Mitoitus sivuseinän leikkaavalle voimalle

Naulamäärä n 10 kpl

$$V_{R,d,seinä} = \frac{L}{s} * n * R_d \quad 225,0 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto } \frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1 \quad 0,32 \text{ OK!}$$

VETOPAARTEIDEN MITOITUS

Kentän vetopaarteena käytetään rakennuksen pidemmän seinän suunnassa

Yläsidepuuta 48 x 198 C24

Paarteen poikkileikkaus ala A 9504 mm²

Paarrepuun vetolujuus

Missä

$f_{t,0,k}$ 14,5 N/mm²

k_{mod} 1,1

γ_M 1,3

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * f_{t,0,k}}{\gamma_M} \quad 11,66 \text{ N/mm}^2$$

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3, \text{ kun sahatavaralla } h < 150$$

0,946

Valinta k_h 0,95

$$\text{Paarteen vetovoima } F_d = \frac{M_d}{B} \quad 78,46 \text{ kN}$$

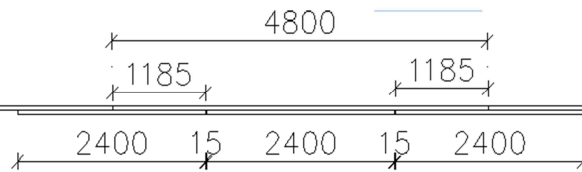
$$\text{Paarteen vetojännitys } \sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A} \quad 8,26 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste 70,8 % OK!

VETOPAARTEEN JATKOSTEN MITOITUS

Elementin yläpuut toimivat vetopaarteiden jatkoksina.

Jatkoksessa tarvittava naulamäärä jaetaan tasan elementin yläsidepuun pituudelle 4800 mm

**VETOPAARTEEN JATKOSTEN MITOITUS**

Elementin yläpuut toimivat vetopaarteiden jatkoksina.

Jatkoksessa tarvittava naulamäärä jaetaan tasan elementin yläsidepuun pituudelle 4800 mm

Vetopaarteen naulaus naula	3,1x90	R_d	750,5 N
Liitoksen naulamäärä	$n = \frac{F_d}{R_d}$		105 kpl
Nauloja/ 4,8m lankku	$2*n$		210 kpl
Nauloja rinnan	9 kpl	K	201 mm

kentän vetopaarteena käytetään rakennuksen lyhemmän seinän suunnassa

Koolauksen kiinnityspuuta 48 x 148 C24
 Paarteen poikkileikkaus ala A 7104 mm²

Missä $f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * k_h * f_{t,0,k}}{\gamma_M}$ 12,27 N/mm²
 $f_{t,0,k}$ 14,5 N/mm²
 k_{mod} 1,1
 γ_M 1,3

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3, \text{ kun sahatavaralla } h < 150$$

Valinta k_h 1,003
 Valinta k_h 1

$$\text{Paarteen vetovoima } F_d = \frac{M_d}{L} \quad 9,77 \text{ kN}$$

$$\text{Paarteen vetojännitys } \sigma_{t,d} = \frac{F_d}{A} \quad 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste 11,2 % OK!

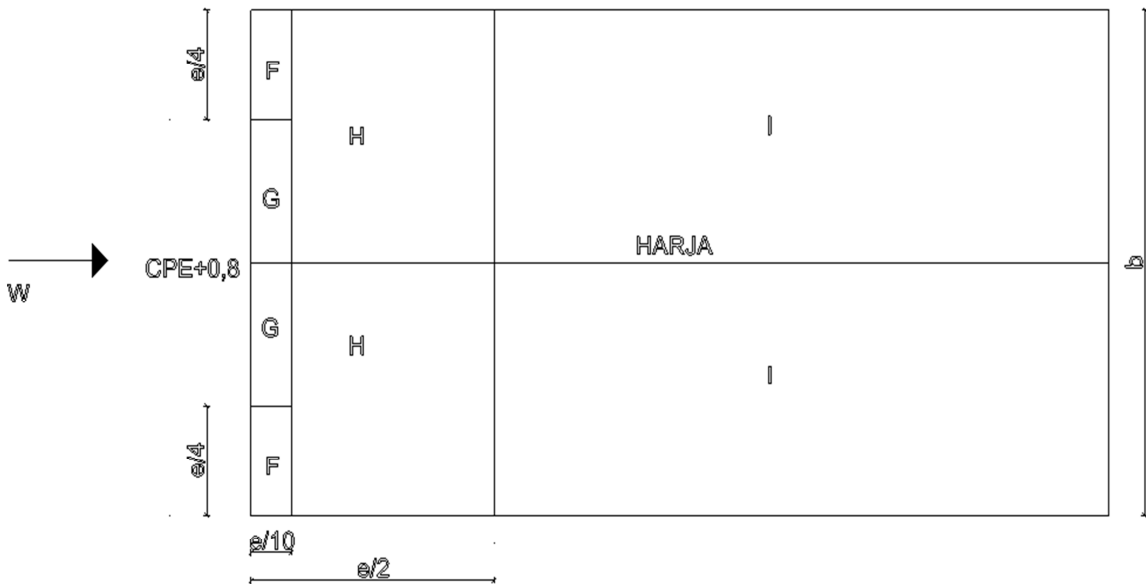
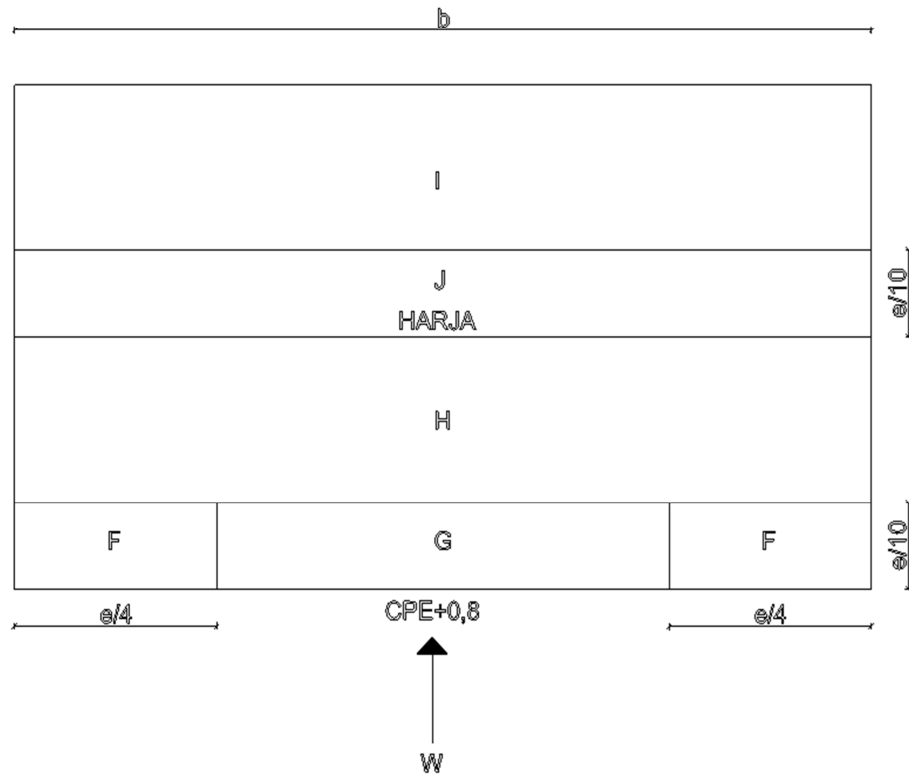
VETOPAARTEEN JATKOSTEN MITOITUS

Elementin yläpuut toimivat vetopaarteiden jatkoksina.

Jatkoksessa tarvittava naulamäärä jaetaan tasan kiinnityspuun pituudelle L= 4800 mm

Vetopaarteen naulaus naula	3,1x90	R_d	750,5 N
Liitoksen naulamäärä	$n = \frac{F_d}{R_d}$		14,00 kpl
Nauloja/ 4,8m lankku	$2*n$		28 kpl
Naulausjako	k		168 mm

RISTIKOIDEN KIINNITYS SIVUSEINILLÄ JA PÄÄTYSEINILLÄ



Rakennuksen kattokulma 11,3 °

Tuulen imukuormat vesikattoon

TUULI KOHTI SIVUSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$

$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	16,6	$q_p(h)$	0,62	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe}	cpi	q _{w,k} [kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	31,4328	0,8	1	0,8		0,49
F	6,89	-0,9	-2	-1,08	-0,2	0,79
G	60,76	-0,8	-1,5	-0,8	-0,2	0,62
H	450,84	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,31
I	450,84	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,37
J	74,54	-1	-1,5	-1	-0,2	0,74

Ristikot K 0,9 m

Noste yhdelle ristikon kiinnitykselle (mitoituskuormia, kerroin 1,5)

Alue F,H, räystään ap.

$F_{d, noste}$ 6,12 kN

Alue G,H, räystään ap.

$F_{d, noste}$ 5,73 kN

Alue I,J

$F_{d, noste}$ 6,32 kN

Mitoittava $F_{d, noste}$ 6,32 kN

Kompensoiva katon omapaino $0,9 * G_k$ 3,32 kN

Ankkuroitava voima F_d 3,00 kN

TUULI KOHTI PÄÄTYSEINÄÄ, käytetty arvoja $\alpha=15^\circ$

$e = \min\left\{\frac{b}{2h}\right\}$	16,6	$q_p(h)$	0,62	[kN/m ²]		
ALUE	m ²	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe}	cpi	q _{w,k} [kN/m ²]
RÄYSTÄÄN ALAPINTA	15,444	0,8	1	0,80		0,49
F	6,89	-0,9	-2	-1,08	-0,2	0,79
G	12,53	-0,8	-1,5	-0,8	-0,2	0,62
H	77,69	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	0,31
I	428,27	-0,4	-0,4	-0,4	-0,2	0,37

Ristikot K 0,9 m

Noste yhdelle ristikon kiinnitykselle

Alue F,G

$F_{d, noste}$ 10,69 kN

Alue H

$F_{d, noste}$ 4,87 kN

Alue I

$F_{d, noste}$ 5,84 kN

Jätetään huomioimatta välialueen ristikoiden kiinnityksessä Alue F,G, koska kuormitalueella ainoastaan päätyymäinen ristikko (**TARKISTA**). Päätyymäisen ristikon kiinnitys erikseen.

Mitoittava $F_{d,noste}$	5,84 kN
Kompensoiva katon omapaino $0,9 * G_k$	3,32 kN
Ankkuroitava voima F_d	2,52 kN

VÄLIALUEEN RISTIKOIDEN KIINNITYS SIVUSEINÄLLÄ

Tuuli sivuseinälle

Ankkuroitava voima F_d	3,00 kN
--------------------------	---------

Tuuli päätyyn

Ankkuroitava voima F_d	2,52 kN
--------------------------	---------

Kulmien mitoitus Simpson Connector selector ohjelmalla

2kpl kulma ABR90	Naulaus	6+4
------------------	---------	-----

Päätyymäisen ristikon kiinnitys

Tuuli sivuseinälle

Ankkuroitava voima F_d	1,38 kN
Päätyristikkoon kulmalevyt K	1 m
Ankkuroitava voima/kulma F_d	0,06 kN

Tuuli päätyseinälle

Ankkuroitava voima F_d	10,34 kN
Päätyristikkoon kulmalevyt K	1 m
Ankkuroitava voima/kulma F_d	0,47 kN

Kulmien mitoitus Simpson Connector selector ohjelmalla

kulma ABR90	Naulaus	6+4
-------------	---------	-----

KOOLAUKSEN KIINNITYSPUUN KIINNITYS PÄÄTYSEINÄÄN

Koolauksen kiinnityspuu	48	x	148	(C24)
Kiinnitysnaula 3,1x90		R_d	764	N
Vaakakuorma		V_d	158,4	kN
Naulajako koolauspuussa 1n/liitos		s	212	mm

Yläsidepuun kiinnitys seinäelementtiin päätyseinällä

Yläsidepuu	48	x	198	(C24)
Kiinnitysnaula 3,1x90		R_d	764	N
Vaakakuorma		V_d	158,4	kN
Naularyhmä		n	6	kpl

$$s_{max} = \frac{B}{\frac{V_d}{n * R_d}} = 637 \text{ mm}$$

SEINIEN VINOLAUTAJÄYKISTYS

KUORMAT JÄYKISTÄVIEN SEINIEN YLÄREUNAAN

Kuorma päätyseinille V_d 158,42 kN

Kuorma sivuseinille V_d 71,22 kN

PÄÄTYSEINIEN VINOLAUTAJÄYKISTYS

Seinärunkojen sisäpintaan tehdään vinolautajäkiste kentät.

Vinolautajäkiste 32 x 100 C18

Lähtötietoja:

b	100 mm
h	32 mm
A	3200 mm ²
$F_{c,0,k}$	18 N/mm ²
$E_{0,05}$	6000 N/mm ²
k_{mod}	1,1
γ_M	1,3
α	45
rad	0,785398
Runkojako K	600 mm
L	849 mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L \quad 849 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} \quad 273067 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} \quad 91,9$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 1,60 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

K_z -kerroin

Alkukäyrydestä riippuva kerroin sahatavaralle β_c 0,2

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad 1,91$$

Nurjahduskerroin $k_{c,z}$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad 0,338$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad 16,48 \text{ kN}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen nurjahduskestävyyden perusteella

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad 11,65 \text{ kN}$$

$$\text{Lautojen määrä /päätty} \quad n_l \quad 16 \text{ kpl}$$

$$V_{R,d,seinä} = n_l * V_{R,d} \quad 186,42 \text{ kN}$$

$$\text{Kuorma} \quad V_d \quad 158,42 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 84,98 \% \quad \text{OK!}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen naulauksen perusteella

$$\text{Vinolaudoituksen kiinnitys} \quad \text{Naula} \quad 3,1 \times 90 \quad R_d \quad 0,76 \text{ kN}$$

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d}{n_l * \cos \alpha} \quad 14,00 \text{ kN}$$

$$\text{Naulamäärä} \quad n \quad 20$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 92,12 \% \quad \text{OK!}$$

HUOM! Vinolautojen jatkokset mitoitetaan voimalle N_d !

Mitoitus päädyn leikkaavalle voimalle

$$V_{R,d,seinä} = n_l * n * R_d \quad 243,2 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 65,14 \% \quad \text{OK!}$$

SIVUSEINIEN VINOLAUTAJÄYKISTYS

Seinärunkojen sisäpintaan tehdään vinolautajäkiste kentät.

Vinolautajäkiste 32 x 100 C18

Lähtötietoja:

b	100 mm
h	32 mm
A	3200 mm ²
F _{c,0,k}	18 N/mm ²
E _{0,05}	6000 N/mm ²
k _{mod}	1,1
γ _M	1,3
α	45
rad	0,785398
Runkojako K	600 mm
L	849 mm

Hoikkuusluku

$$L_{c,y} = 1,0 * L \quad 849 \text{ mm}$$

$$I_z = \frac{b * h^3}{12} \quad 273067 \text{ mm}^4$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} \quad 9,24 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{c,y}}{i_z} \quad 91,9$$

Muunnettu hoikkuusluku

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 1,60 > 0,3, \text{ nurjahdus huomioitava!}$$

K_z-kerroin

Alkukäyrydestä riippuva kerroin sahatavaralle β_c 0,2

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad 1,91$$

Nurjahduskerroin k_{c,z}

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \leq 1 \quad 0,338$$

Puristuslujuus

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad 15,23 \text{ N/mm}^2$$

Puristuskestävyys

$$N_{Rd} = k_{c,z} * f_{c,0,d} * A \quad 16,48 \text{ kN}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen nurjahduskestävyyden perusteella

$$V_{R,d} = N_{R,d} * \cos \alpha \quad 11,65 \text{ kN}$$

$$\text{Lautojen määrä /sivuseinä} \quad n_l \quad 10 \text{ kpl}$$

$$V_{R,d,seinä} = n_l * V_{R,d} \quad 116,51 \text{ kN}$$

$$\text{Kuorma} \quad V_d \quad 71,22 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 61,12 \% \quad \text{OK!}$$

Vinolaudoituksen kestävyys leikkausvoimalle V_d vinolaudoituksen naulauksen perusteella

$$\text{Vinolaudoituksen kiinnitys} \quad \text{Naula} \quad 3,1 \times 90 \quad R_d \quad 0,76 \text{ kN}$$

Vinolaudan naulauksen kestävyys laudan suunnassa

$$N_d = \frac{V_d}{n_l * \cos \alpha} \quad 10,07 \text{ kN}$$

$$\text{Naulamäärä} \quad n \quad 15$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{N_d}{n * R_d} \leq 1$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 88,35 \% \quad \text{OK!}$$

HUOM! Vinolautojen jatkokset mitoitetaan voimalle N_d !

Mitoitus sivuseinän leikkaavalle voimalle

$$V_{R,d,seinä} = n_l * n * R_d \quad 114 \text{ kN}$$

$$\text{Mitoitusehto} \quad \frac{V_d}{V_{R,d,seinä}} \leq 1$$

$$\text{Käyttöaste} \quad 62,47 \% \quad \text{OK!}$$

SEINIEN ANKKUROINTI PERUSTUKSIIN JA SEINÄELEMENTIN LIITOS ALASIDEPUUHUN

PÄÄDYT

Leikkaava vaakavoima	V_d	158421 N
Perustuksiin/alasidepuuhun liittyvää seinää	B	16180 mm

ALASIDEPUUN KIINNITYS

Kiinnike	Konenaula 3,1x90
Rd	764 N

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{V_d} = 78,0 \text{ mm}$$

$s = 70 \text{ mm}$

ALASIDEPUUN KIINNITYS SOKKELIIN

Kiinnike	T10 A500 HW
Rd	6 kN

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * B}{V_d} = 0,613 \text{ m}$$

$s = 600 \text{ m}$

HUOM! Harjaterästangoille oletettu sama leikkauskestävyys kuin teräslevylliselle tappivaarnaliitokselle. Arvoihin käytetty kaavat

$$\text{Tappivaarnan myötömomentti } M_y = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$\text{Puun reunapuristuslujuus (C24) } f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k, \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\text{Pultin leikkausvoimakestävyys } R_k = \min \left\{ \begin{array}{l} f_h * t * d \\ 1,3 * f_h * t * d * \left[2 + \frac{4 * M_y}{f_h * d * t^2} - 1 \right] \\ 3 * \sqrt{M_y * f_h * d} \end{array} \right.$$

$$\text{Tappivaarnaliitoksen mitoituskestävyys } R_d = 0,8 * \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_k$$

Betoniruuveille ja kiila-ankkureille käytetty samaa laskenta kaavaa ja tarkistettu ettei Sormat taulukkoarvot ylitä. Käytetyt arvot betoniruuveille ja kiila-ankkureille Sormat taulukoista.

SIVUSEINÄT

Leikkaava vaakavoima	V_d	71216 N
Perustuksiin/alasidepuuhun liittyvää seinää	L	43180 mm

ALASIDEPUUN KIINNITYS

Kiinnike	Konenaula 3,1x90
Rd	764 N

$$\text{Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli } s_{max} = \frac{R_d * L}{V_d} = 463,2 \text{ mm}$$

$s = 450 \text{ mm}$

ALASIDEPUUN KIINNITYS SOKKELIIN

Kiinnike T10 A500 HW

Rd 6 kN

Leikkausvoima ankkuroinnin suurin liitin väli $s_{max} = \frac{R_d * L}{V_d}$ 3,638 m

s 1200 m

JÄYKISTYSSEINIEN ANKKUROINTI PERUSTUKSIIN PYSTYVOIMILLE

PÄÄDYT

Vaakavoima pääty	F_d	158,42 kN
Jäykistävät seinän osat	B_1	8,6 m
	B_2	8,6 m
Jäykistävän seinän korkeus	H_f	4,3 m

Pystysuuntaiset vetovoimat seinien päissä

$$F_{t,d} = \left(\frac{B_1}{B_1 + B_2} \right) * \left(\frac{F_d * H_f}{B_1} \right) 39,61 \text{ kN}$$

Seinä- ja kattorakenteiden omastapainosta aiheutuva pystyvoima seinän päissä

Seinä rakenne	$g_{s,k}$	0,21 kN/m ²
Yläpohja	$g_{y,k}$	0,94 kN/m

$$F_{g,1,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{B_1}{2} 7,13 \text{ kN}$$

$$F_{g,2,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{B_2}{2} 7,13 \text{ kN}$$

Ankkuroitavaksi jäävät pystyvoimat

$$F_{t,1,d} = F_{t,d} - F_{g,1,d} 32,47 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,d} = F_{t,d} - F_{g,2,d} 32,47 \text{ kN}$$

Tuotenumro	Mitat [mm]							Ø 5mm:n reikien määrä
	A	B	C	D	E	t	Pultin reikä Ø	
HD340M12G	340	182	40	15	27	2	13,5	24
HD400M16G	400	123	40	15	28	3	17,5	29
HD420M16G	420	222	60	20	37	2	17,5	50
HD420M20G	420	102	60	20	37	2	21,5	50
HD480M20G	480	123	60	20	37,5	2,5	21,5	57

E = porausetäisyys seinästä

Kestävyyden ominaisarvot

Tuotenumro	Kestävyyden ominaisarvot [kN]	
	R _{1,k}	Pulttikerroin
HD340M12G	min. (n x R _{lat,k} ; 17,7/kmod)	1.19
HD400M16G	min. (n x R _{lat,k} ; 26,6/kmod)	1.31
HD420M16G	min. (n x R _{lat,k} ; 26,6/kmod)	1.22
HD420M20G	min. (n x R _{lat,k} ; 26,6/kmod)	1.78
HD480M20G	min. (n x R _{lat,k} ; 33,2/kmod)	1.47

n = n_{eff} Eurokoodin 5:n mukaisesti (8.3.1.1)

R_{lat,k} = yhden liitoskiinnikkeen poikittaiskestävyyden ominaisarvo

Pultin tulee kestävyyden tulee olla F_{1,d} x "pulttikerroin".

Käytetään ankkuroinnissa kiskoankkuri HD420M20G

Kiinnitys ankkurinaula 4x40 R_{lat,k} 1,15 kN
 Naulamäärä n 12 kpl

$$R_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} n * R_{lat,k} \quad 13,8 \text{ kN} \\ \frac{26,6}{k_{mod}} \quad 24,2 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Valinta R_{1,k} 13,8 kN

$$R_{1,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_{1,k} \quad 10,8 \text{ kN}$$

k_{mod} 1,1
 γ_M 1,4

Tarvittavat kulmamäärät/nurkka

Seinän osalla B1 n 3 kpl
 Seinän osalla B2 n 3 kpl



Pulttien kestävyyden tulee olla

Pulttikerroin 1,78

Seinän osalla B1 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"}$ 19,3 kN

Seinän osalla B2 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"}$ 19,3 kN

Suorituskyky

Kiinnitysalusta	Kuormituksen tyyppi	Asennussyvyys (h_{nom})	Kuormituksen suunta	Kuormitusarvo
Halkeilematon betoni C20/25	N_{Rec}	125 mm		19.8 kN
Halkeilematon betoni C20/25	V_{Rec}	125 mm		26.0 kN

Kiila-ankkurien käyttöaste

Seinän osalla B1 R_d 19,8 kN
Käyttöaste 97 %

Seinän osalla B2 R_d 19,8 kN
Käyttöaste 97 %

SIVUSEINÄT

Vaakavoima sivuseinä F_d 71,22 kN
Jäykistävät seinän osat L_1 4,85 m
 L_2 4,85 m
Jäykistävän seinän korkeus H_f 4,3 m

Pystysuuntaiset vetovoimat seinien päissä

$$F_{t,d} = \left(\frac{L_1}{L_1 + L_2} \right) * \left(\frac{F_d * H_f}{L_1} \right) = 31,57 \text{ kN}$$

Seinä- ja kattorakenteiden omastapainosta aiheutuva pystyvoima seinän päissä

Seinä rakenne $g_{s,k}$ 0,21 kN/m²
Yläpohja $g_{y,k}$ 4,13 kN/m

$$F_{g,1,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{L_1}{2} = 10,98 \text{ kN}$$

$$F_{g,2,d} = 0,9 * (g_{s,k} * H_f + g_{y,k}) * \frac{L_2}{2} = 10,98 \text{ kN}$$

Ankkuroitavaksi jäävät pystyvoimat

$$F_{t,1,d} = F_{t,d} - F_{g,1,d} = 20,59 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,d} = F_{t,d} - F_{g,2,d} = 20,59 \text{ kN}$$

Tuotenro	Mitat [mm]							Ø 5mm:n reikien määrä
	A	B	C	D	E	t	Pultin reikä Ø	
HD340M12G	340	182	40	15	27	2	13,5	24
HD400M16G	400	123	40	15	28	3	17,5	29
HD420M16G	420	222	60	20	37	2	17,5	50
HD420M20G	420	102	60	20	37	2	21,5	50
HD480M20G	480	123	60	20	37,5	2,5	21,5	57

E = porausetäisyys seinästä

Kestävyyden ominaisarvot

Tuotenro	Kestävyyden ominaisarvot [kN]	
	R _{1,k}	Pulttikerroin
HD340M12G	min. (n x R _{lat,k} ; 17,7/kmod)	1,19
HD400M16G	min. (n x R _{lat,k} ; 26,6/kmod)	1,31
HD420M16G	min. (n x R _{lat,k} ; 26,6/kmod)	1,22
HD420M20G	min. (n x R _{lat,k} ; 26,6/kmod)	1,78
HD480M20G	min. (n x R _{lat,k} ; 33,2/kmod)	1,47

n = n_{eff} Eurokoodin 5:n mukaisesti (8.3.1.1)

R_{lat,k} = yhden liitoskiinnikkeen poikittaiskestävyyden ominaisarvo

Pultin tulee kestävyyden tulee olla F_{1,d} x "pulttikerroin".

Käytetään ankkuroinnissa kiskoankkuri HD420M20G

Kiinnitys ankkurinaula 4x40 R_{lat,k} 1,15 kN
 Naulamäärä n 12 kpl

$$R_{1,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} n * R_{lat,k} \quad 13,8 \text{ kN} \\ 26,6 \\ k_{mod} \quad 24,2 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Valinta R_{1,k} 13,8 kN

$$R_{1,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * R_{1,k} \quad 10,8 \text{ kN}$$

k_{mod} 1,1
 γ_M 1,4

Tarvittavat kulmamäärät/nurkka

Seinän osalla B1 n 2 kpl

Seinän osalla B2 n 2 kpl

Pulttien kestävyyden tulee olla

Pulttikerroin 1,78

Seinän osalla B1 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"}$ 18,3 kN

Seinän osalla B2 $\frac{F_{1,d}}{n} * \text{"pulttikerroin"}$ 18,3 kN

Suorituskyky

Kiinnitysalusta	Kuormituksen tyyppi	Asennussyvyys (h_{nom})	Kuormituksen suunta	Kuormitusarvo
Halkeilematon betoni C20/25	N_{Rec}	125 mm		19.8 kN
Halkeilematon betoni C20/25	V_{Rec}	125 mm		26.0 kN

Kiila-ankkurien käyttöaste

Seinän osalla B1 R_d 19,8 kN
Käyttöaste 93 %

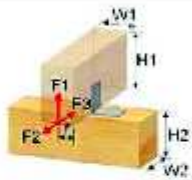
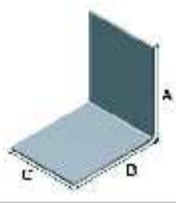
Seinän osalla B2 R_d 19,8 kN
Käyttöaste 93 %

Nurkissa huomioidaan ankuroinnissa molempien seinien nurkkaelementtien kiskoankkurit. Nurkkaelementtien liitoksella siirretään voimat molemmille elementeille.


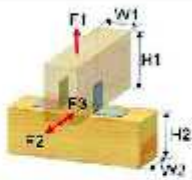

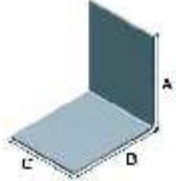



Liitoksen otettava leikkaava voima 10,82 kN
Kiinnitys N. 3,1x90 R_d 0,76 kN
Kiinnike jako s 269,0 mm
Kiinnitys N. 3,1x90 K 90 mm

Päädyn pysty 2kpl kiskoankkuri
Mitoitetaan liitos 1/3 päädyn nosteelle


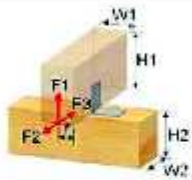

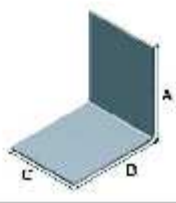



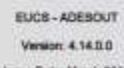
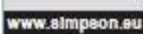
P1 pukin kiinnitys seinän päälle, kulmarautojen mitoitus

Select - Connect - suunnitteluarvot				SIMPSON Strong-Tie	
Suunnittelijan nimi: Suunnittelijan		Pvm:			
Projektin nimi:		Tel.:			
Projektin osoite:		Fax:			
Projektin numero:		E-mail:			
Valkoimatieto:					
Kiinniketyyppi:	Kulma	ID:			
Sovellus:	Palkki/palkki - 1 kulma				
Puutavaran laatu:	C24				
W1	42 mm	W2	200 mm		
H1	96 mm	H2	96 mm	W3	0 mm
Soveltuvat maksimikuormat:		F1	0,00 kN	Etäisyys f 20 mm	
		F2	1,30 kN		
		F3	1,30 kN		
					
Kiinnikedetailit:		Kiinnikkeen pinnoitus:		GalvanizedZ275	
Art. Nr	ABR70	A	70 mm	C	55 mm
		B	70 mm		
Kiinnikkeet:		Tyyppi	Määrä	Pituus	
	Pystysivu	CNA	4	4,00 x 40	
	Vaakasivu	CNA	4	4,00 x 40	
					
Kiinnikkeen suunnitteluarvo:		(Teknisen hyväksynnän mukaan ETA-06/0106)			
Gamma m (määrittelyyn käytömaan mukaisesti) sekä määritetyn Kuorman alkuuokan, kiinnikkeen suunnitteluarvo on seuraava:					
R1	0,73 kN	Kuorman alkuuokka:	Hetkellinen		
R2	1,93 kN	k_{mod}	1,10		
R3	1,93 kN	Materiaalikerroin:	γ_m 1,40		
Mitoituksen tarkistus:					
F1	Valkuttavat kuormitukset	0,00	Suunnittelukestävyys	0,73	Näinliien OK
F2	Valkuttavat kuormitukset	1,30	Suunnittelukestävyys	1,93	Näinliien OK
F3	Valkuttavat kuormitukset	1,30	Suunnittelukestävyys	1,93	Näinliien OK
Yhdistetyt kuormitukset ovat OK teknisen määrittelyn mukaisesti. $(F1/R1)^2 + (F3/R3)^2 < 1$ tai $(F2/R2)^2 + (F3/R3)^2 < 1$					
Vaadittu Käyttöluokka		2			
Kiinnike soveltuu Käyttöluokkaan		2 Näinliien OK			
Asennusedetailit:		http://www.strongtie.co.uk/connector_selector/InstDetails/ABR70.pdf			
Muistutuksia:					
1. Nämä tekniset arvot soveltuvat ainoastaan merkittävälle Simpson Strong-Tie -kiinnikkeille, eikä ohjelmaa pidä käyttää muille kiinnikkeille.					
2. Tämä ohjelma ei tarkista liitoksen liittyvien rakenteiden suunnittelua, vaan se kuuluu vastavalle suunnittelijalle, samoin kuin koko rakenteen stabiiliteetti.					
3. Vastavien rakennesuunnittelijan tulee myös tarkastaa suurien kuormien vaikutukset puurakenteeseen Eurokoodin 5 mukaisesti.					
4. Tuotteet tulee asentaa tarkasti asennusohjeiden mukaisesti.					
5. Simpson Strong-Tie:n tuotevalikoimaa kehitetään jatkuvasti, ja siksi on tärkeää päivittää ohjelmisto usein niin että käyttöä on usein ohjelmaveriosin.					
6. On varmistettava että kaikki kiinnittimet (ruuvit, ruuvit) ovat kiinnitetty poljavan saakka ja ovat kiinni kaikilla osin.					
<p style="text-align: right;">EUCS - ADEBOUT Version: 4.14.0.0 Issue Date: March 2012 www.simpson.eu</p>					

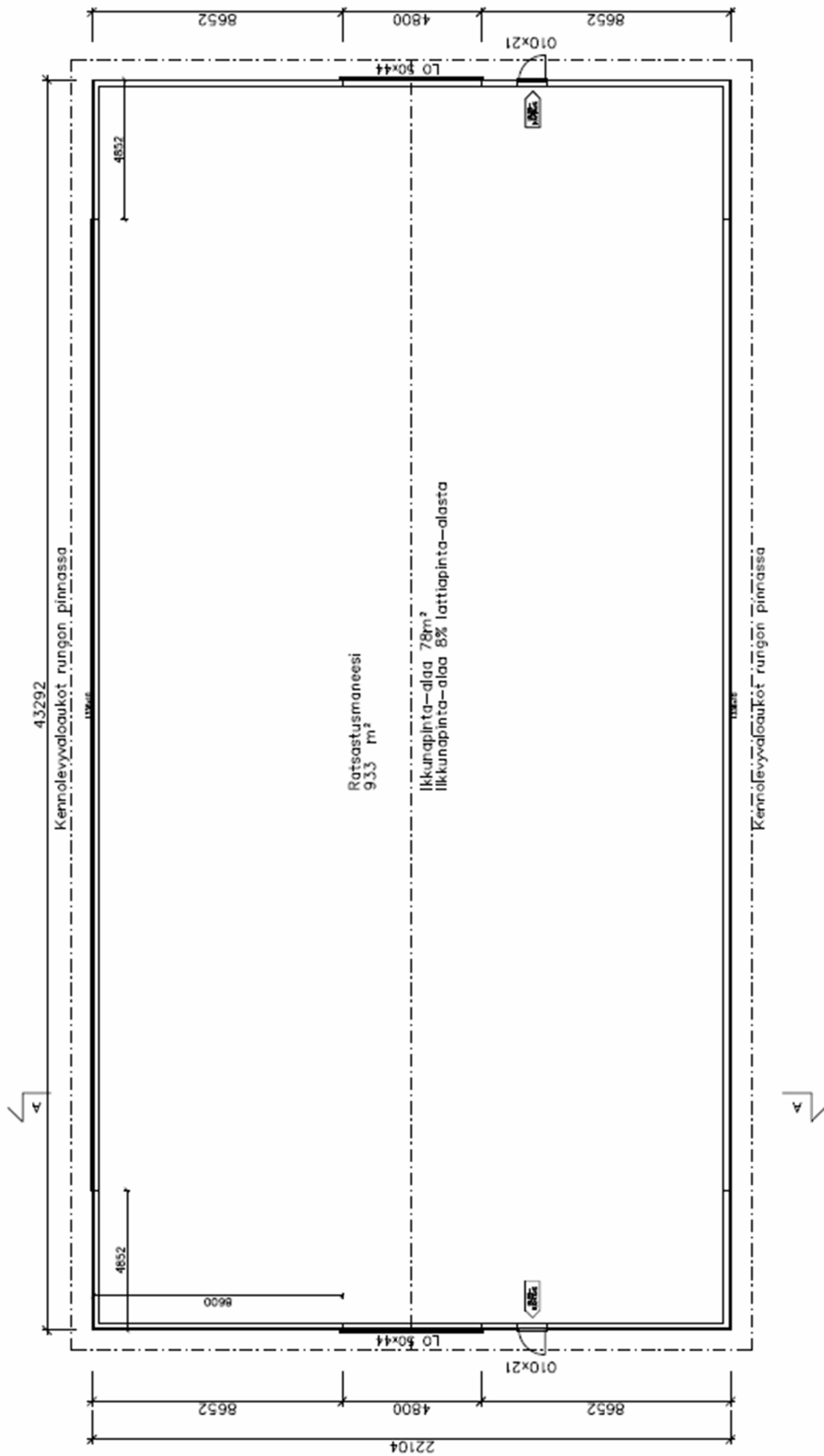
Ristikoiden kiinnityskulmien mitoitus

Select - Connect - suunnittelu-arvot					
Suunnittelijan nimi:		Pvm:			
Suunnittelijan		Tel.:			
Projektin nimi:		Fax:			
Projektin osoite:		E-mail:			
Projektin numero:					
Valkoimatieto:					
Kiinniketyyppi:		Kulma		ID:	
Sovellus:		Palkki/palkki - 2 kulmaa			
Puutavaran laatu:		C24			
W1	48 mm	W2	198 mm		
H1	198 mm	H2	96 mm	W3	0 mm
					
Soveltuvat maksimikuormat:		F1	3,00 kN	Etäisyys f -	
		F2	0,00 kN		
		F3	0,00 kN		
Kiinnikedetailit:		Kiinnikkeen pinnoituskäsittely:		GalvanizedZ275	
Art. Nr	ABR90	A	90 mm	C 65 mm	
		B	90 mm		
Kiinnikkeet:		Tyyppi	Määrä		Pituus
Pystysivu		CNA	4	4,00	x 35
Vaakasivu		CNA	6	4,00	x 35
					
Kiinnikkeen suunnittelu-arvo:		(Teknisen hyväksynnän mukaan ETA-06/0106)			
Gamma m (määritellyn käyttömaan mukaisesti) sekä määritelyn Kuorman alkuluokan, kiinnikkeen suunnittelu-arvo on seuraava:					
R1	3,50 kN	Kuorman alkuluokka:	Helkellinen		
R2	0,00 kN	k_{mod}	1,10		
R3	0,00 kN	Materiaalikerroin:	γ_m 1,40		
Mitoituksen tarkistus:					
F1	Vaikuttavat kuormitukset	3,00		Suunnittelukestävyys	3,50 Näinollen OK
F2	Vaikuttavat kuormitukset	0,00		Suunnittelukestävyys	0,00 Näinollen OK
F3	Vaikuttavat kuormitukset	0,00		Suunnittelukestävyys	0,00 Näinollen OK
Yhdistetyt kuormitukset ovat OK teknisen määrittelyn mukaisesti. $(F1/R1)^2 + (F3/R3)^2 < 1$ tai $(F2/R2)^2 + (F3/R3)^2 < 1$					
Vaadittu Käyttöluokka		2			
Kiinnike soveltuu Käyttöluokkaan		2		Näinollen OK	
Asennusdetallit:		http://www.strongtie.co.uk/connector_selector/InstDetails/ABR90.pdf			
Muistutuksia: <ol style="list-style-type: none"> Nämä laskenta-arvot soveltuvat ainoastaan mainituille Simpson Strong-Tie -kiinnikkeille, eikä ohjelmaa pidä käyttää muille kiinnikkeille. Tämä ohjelma ei tarkista liitoksen liittyvien rakenteiden suunnittelua, vaan se kuuluu vastavale suunnittelijalle, samoin kuin koko rakenteen stabiiliteetti. Vastavain rakennesuunnittelijan tulee myös tarkistaa suurien kuormien vaikutukset puurakenteeseen Eurokoodin 5 mukaisesti. Tuotteet tulee asentaa tarkasti asennusohjeiden mukaisesti. Simpson Strong-Tie'n tuotetietoa on kehitetty jatkuvasti, ja siksi on tärkeää päivittää ohjelmisto usein niin että käytössä on usein ohjelmaversio. On varoitettava siitä että kaikki kiinnittimet (naulat, ruuvit) ovat kiinnitettävä pohjaan saakka ja ovat kiinni kalissa sein. 					
EUCB - ADESOUT Version: 4.14.0.0 Issue Date: March 2012 www.simpson.eu					

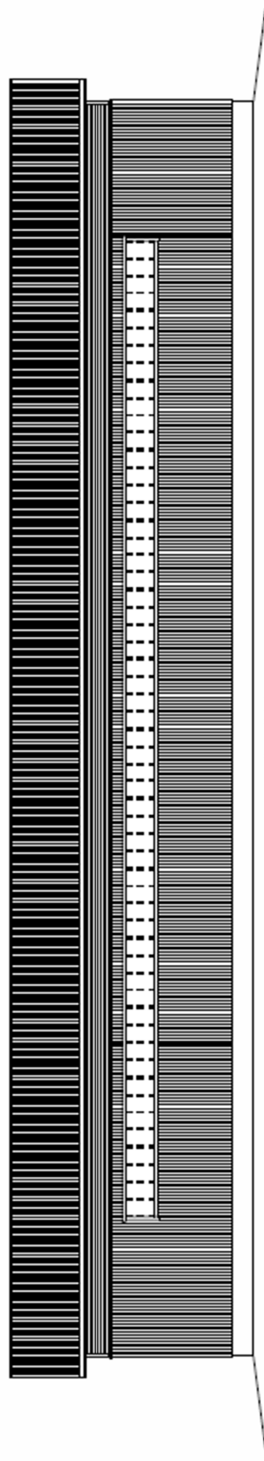
Päätyristikoiden kiinnityskulmien mitoitus

Select - Connect - suunnitteluarvot					
Suunnittelijan nimi:		Pvm:			
Suunnittelijan		Tel.:			
Projektin nimi:		Fax:			
Projektin osoite:		E-mail:			
Projektin numero:					
Valikoimatieto:					
Kiinniketyyppi:	Kulma	ID:			
Sovellus:	Palkki/palkki - 1 kulma				
Puutavaran laatu:	C24				
W1	48 mm	W2	150 mm		
H1	198 mm	H2	96 mm	W3	0 mm
Sovelluvat maksimikuormat:		F1	0,47 kN	Etäisyys f 24 mm	
		F2	0,00 kN		
		F3	0,00 kN		
Kiinnikedetailit:					
Kiinnikkeen pinnoitus:		Galvanized Z275			
Art. Nr	ABR90	A	90 mm	C	65 mm
		B	90 mm		
Kiinnikkeet:	Tyyppi	Määrä		Pituus	
	Pystysivu	CNA	4	4,00	x 40
	Vaakasivu	CNA	6	4,00	x 40
					
Kiinnikkeen suunnitteluarvo: (Teknisen hyväksynnän mukaan ETA-06/0106)					
Gamma m (määrittelyyn käytömaan mukaisesti) sekä määritetyn Kuorman alaluokan, kiinnikkeen suunnitteluarvo on seuraava:					
R1	1,05 kN	Kuorman alaluokka:	Hetkellinen		
R2	2,21 kN	k_{mod}	1,10		
R3	2,21 kN	Materiaalikerroin:	γ_m 1,40		
Mitoituksen tarkistus:					
F1	Valkuttavat kuormitukset	0,47		Suunnittelukestävyys	1,05 Näin ollen OK
F2	Valkuttavat kuormitukset	0,00		Suunnittelukestävyys	2,21 Näin ollen OK
F3	Valkuttavat kuormitukset	0,00		Suunnittelukestävyys	2,21 Näin ollen OK
Yhdistetyt kuormitukset ovat OK teknisen määrittelyn mukaisesti. $(F1/R1)^2 + (F3/R3)^2 < 1$ tai $(F2/R2)^2 + (F3/R3)^2 < 1$					
Vaadittu Käyttöluokka				2	
Kiinnike soveltuu Käyttöluokkaan				2 Näin ollen OK	
Asennusedetailit: http://www.strongtie.co.uk/connector_selector/InstDetails/ABR90.pdf					
Muistutuksia:					
1. Nämä tekniset arvot soveltuvat ainoastaan mainituille Simpson Strong-Tie -kiinnikkeille, eikä ohjelmaa pidä käyttää muille kiinnikkeille.					
2. Tämä ohjelma ei tarkista liitoksen liittyvien rakenteiden suunnittelua, vaan se kuuluu vastavalle suunnittelijalle, samoin kuin koko rakenteen stabiiliteetti.					
3. Vastavain rakennesuunnittelijan tulee myös tarkistaa suurien kuormien vaikutukset puurakenteeseen Eurokoodin 5 mukaisesti.					
4. Tuotteet tulee asentaa tarkasti asennusohjeiden mukaisesti.					
5. Simpson Strong-Tie:n tuotevalikoimaa kehitetään jatkuvasti, ja siksi on tärkeää päivittää ohjelmisto usein niin että käyttöä on usein ohjelmaveriosin.					
6. On varmistettava siitä että kaikki kiinnittimet (naulat, ruuvit) ovat kiinnitetty poljavan saakka ja ovat kiinni kaikilla osin.					
					
					

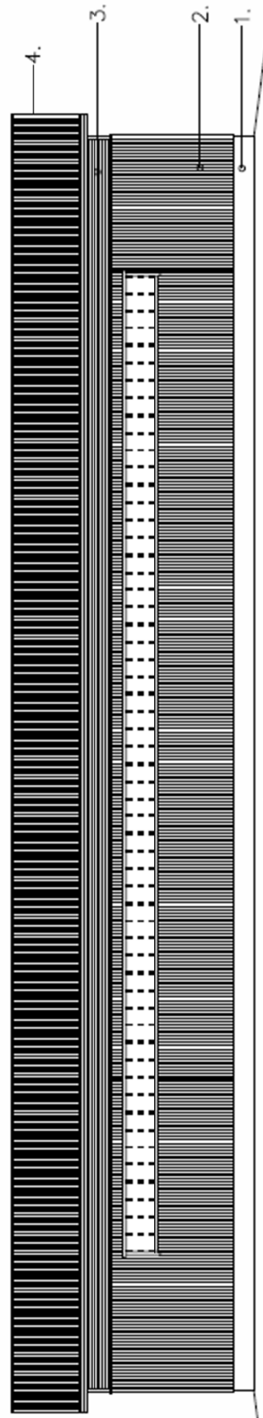
LIITE 6. Pääpiirustukset kylmä halli



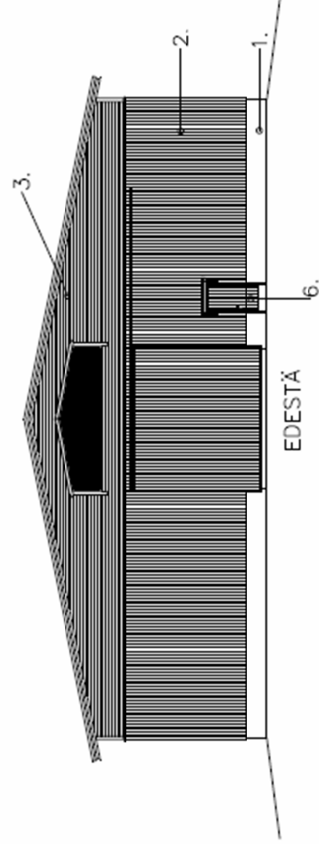
JULKISIVUPIIRUSTUKSET



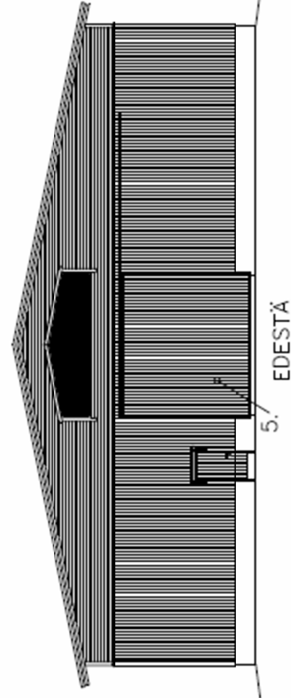
SIVULTA



SIVULTA



EDESTÄ

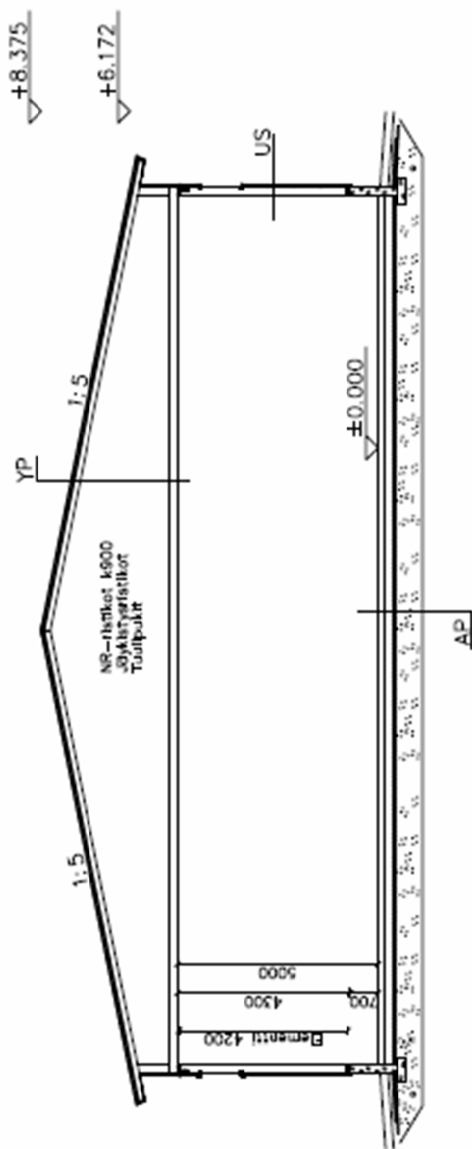


EDESTÄ

JULKISIVUMATERIAALIT JA -VÄRIT:

1. Betoni, harmaa
2. Pystypaneeli, väri punainen
— vuorilistat, nurkka- ja jakolistat valkoiset
3. Vaakapaneeli, väri punainen
4. Proffilipeltikate K20 polyester, väri: RR23 tumma harmaa
— pääty- ja harjalistat väri: RR23, tumma harmaa
5. Liukuovet, väri: RR23 tumma harmaa
6. Käyntiovet, väri: valkoiset

A - A LEIKKAUS



Rakennetyypit:

US
 Puurunko 48x198 k600
 Vaakakoulu 32x100 k600
 Ulkoverhoisuus UTV 20x120
 Kokonaispaksuus : 250 mm

YP

Kattoristikot k900 + tuulijäkisteet 32x100
 päädtyissä jäykisteristikot + tuulipukit
 Aluskate kondenssisuojattu
 Tuuletusrimat 22x50 k900
 Ruodelaudat 32x100 k400
 Peltikate K-20

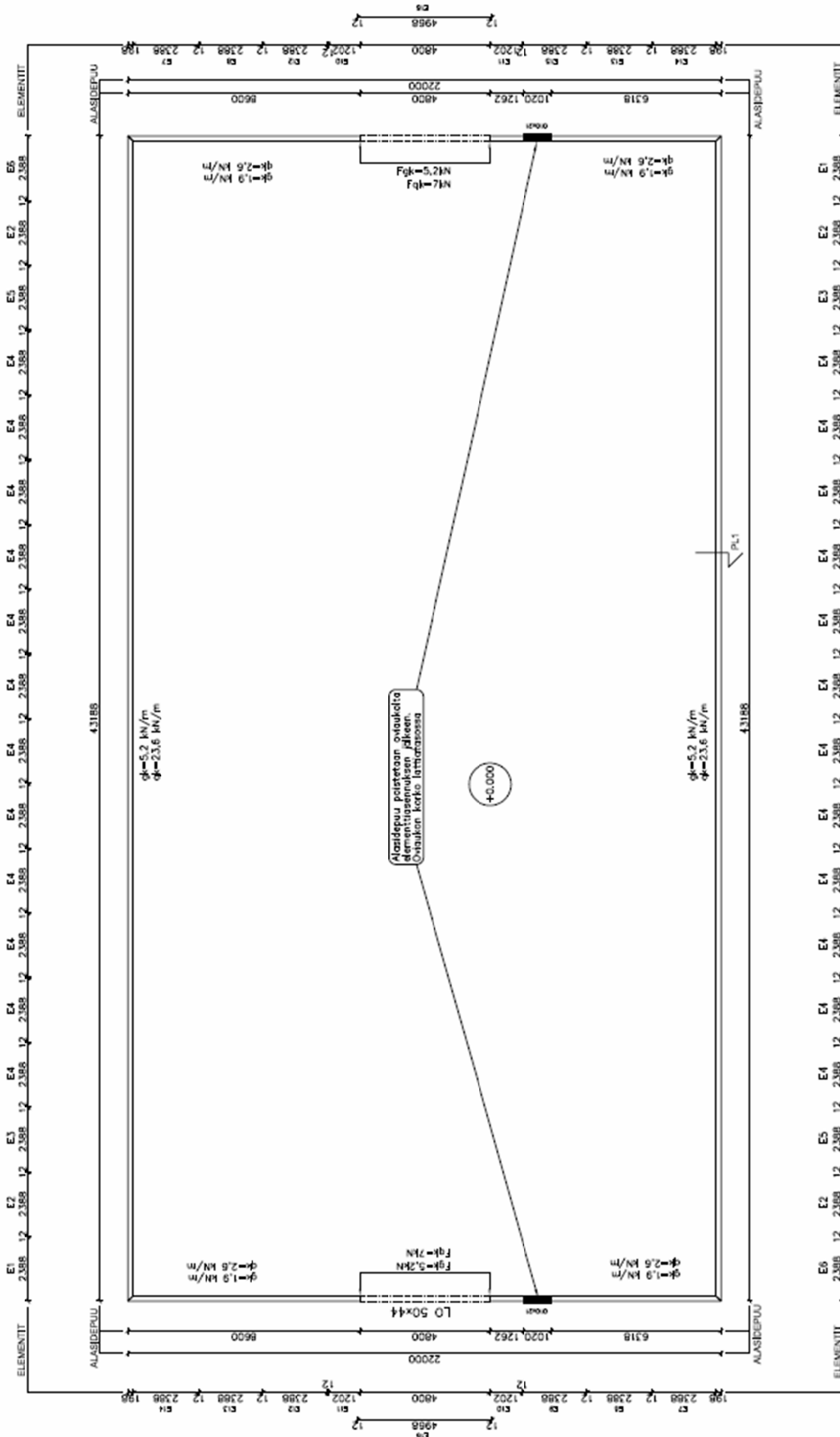
AP

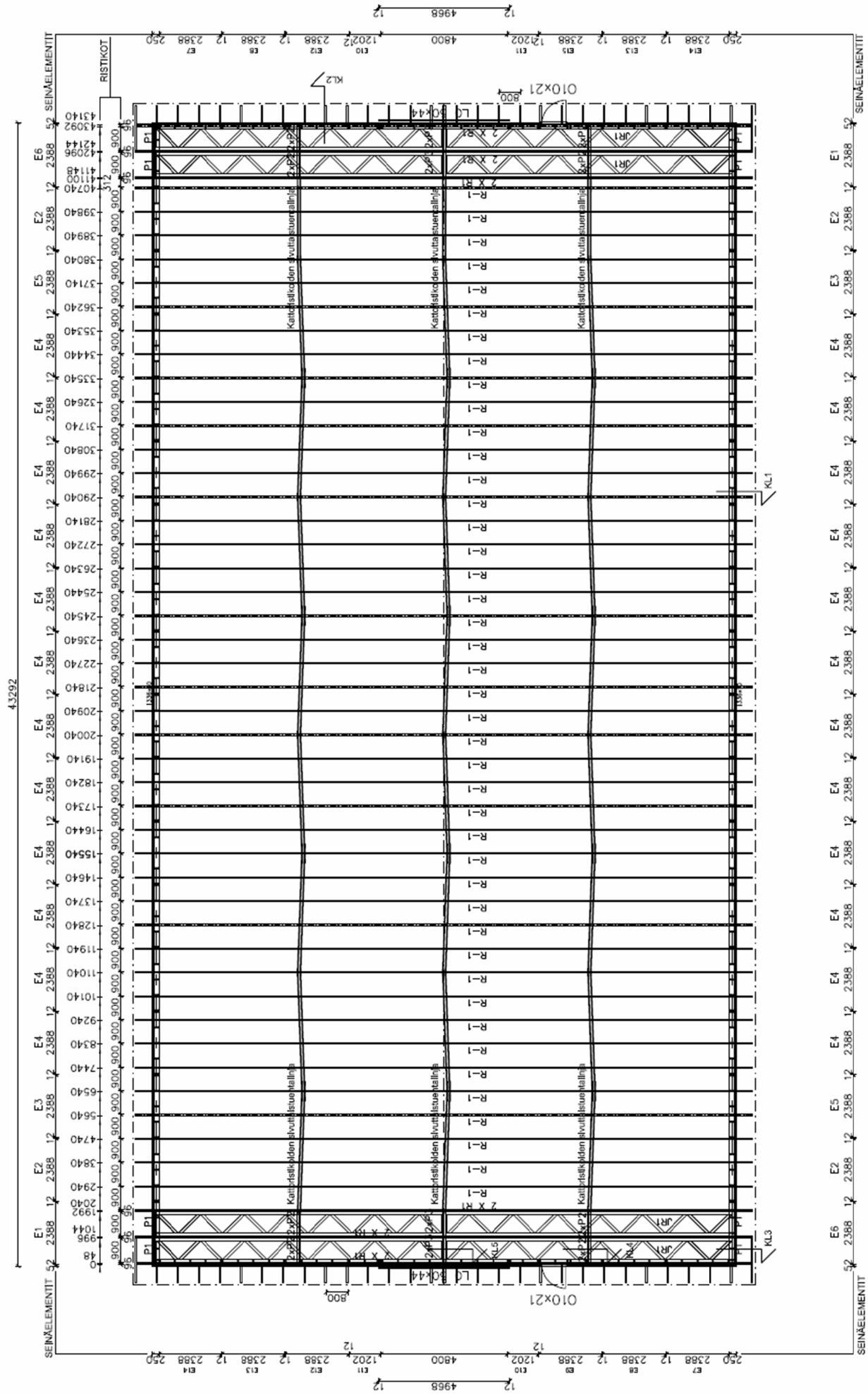
Ratsastuskentän pintamateriaali (hiekkä tms.)
 Kantava sora >400 mm

Perustus ja routasuojaus erillisen suunnitelman mukaisesti

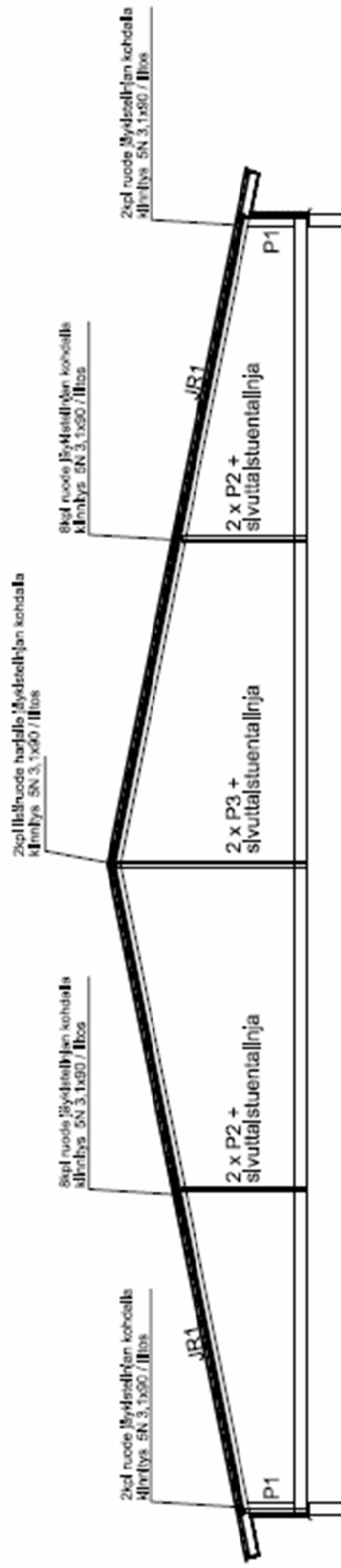
LIITE 7. Rakennepiirustukset kylmä halli

Alasidempuun 48x198 mittapiirros

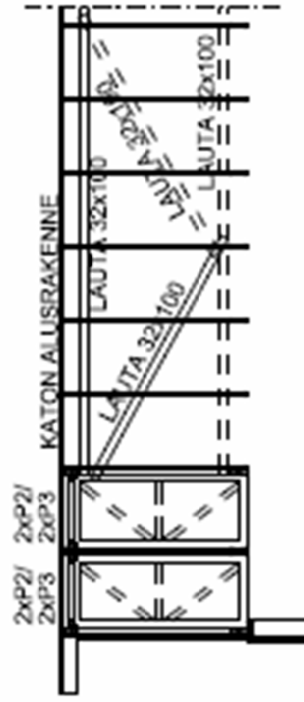




RISTIKOIDEN SIVUTTAISTUENTAJINJAT



KATTORISTIKOIDEN SIVUTTAISTUENTAJINJAT

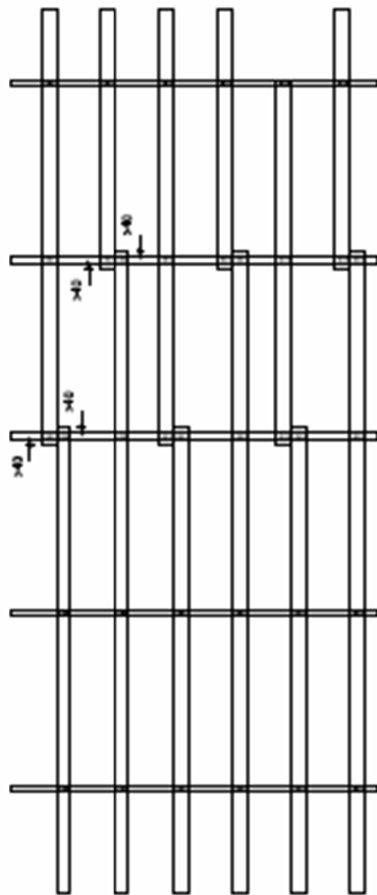


Sivuttaistuentialijat kuvien mukaan
Kiinnitys 3N 3,1x90 / liitos

Ristikon Uumasauvojen nurjahdustuenta



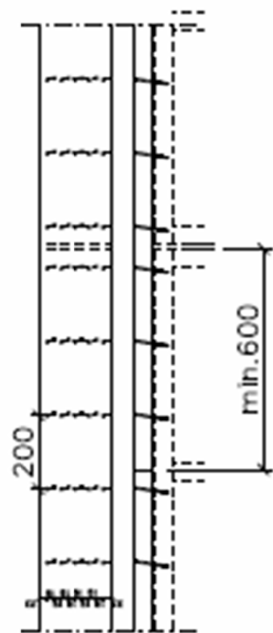
Nurjahdustettävien sauvojen tuenta kuvan mukaan.
Vaaklaudat 22x100 ja vinolaudat toisella puolella
sauvaa 22x100. Tuentaltojen kiinnitys 3N 2,9x76 / liitos.

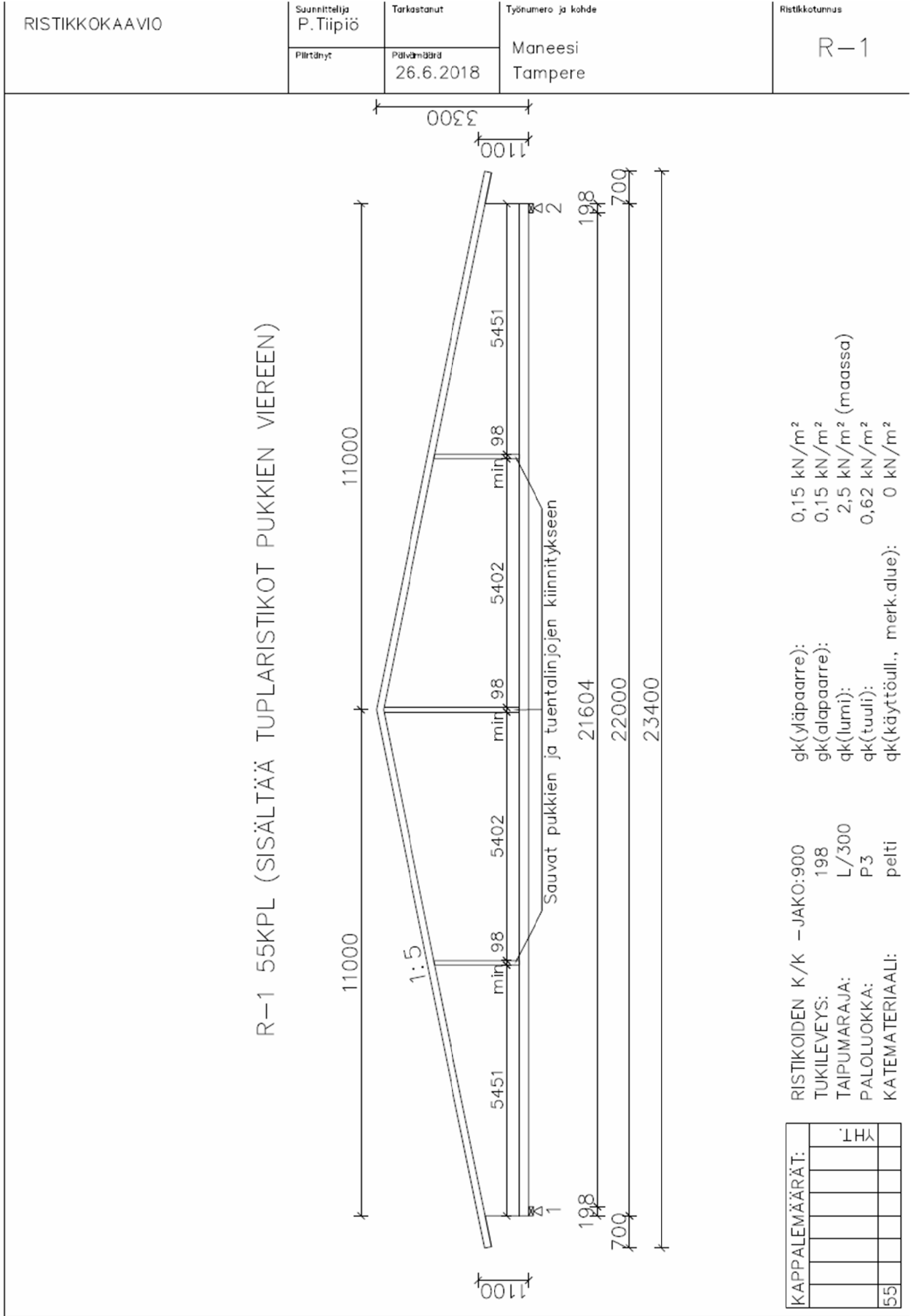
RUOTEIDEN JATKAMINENYLÄSIDEPUIDEN KIINNITTÄMINEN 1:20

Yläsidepuun jatkokset silvuun elementin saumasta vähintään 600mm.

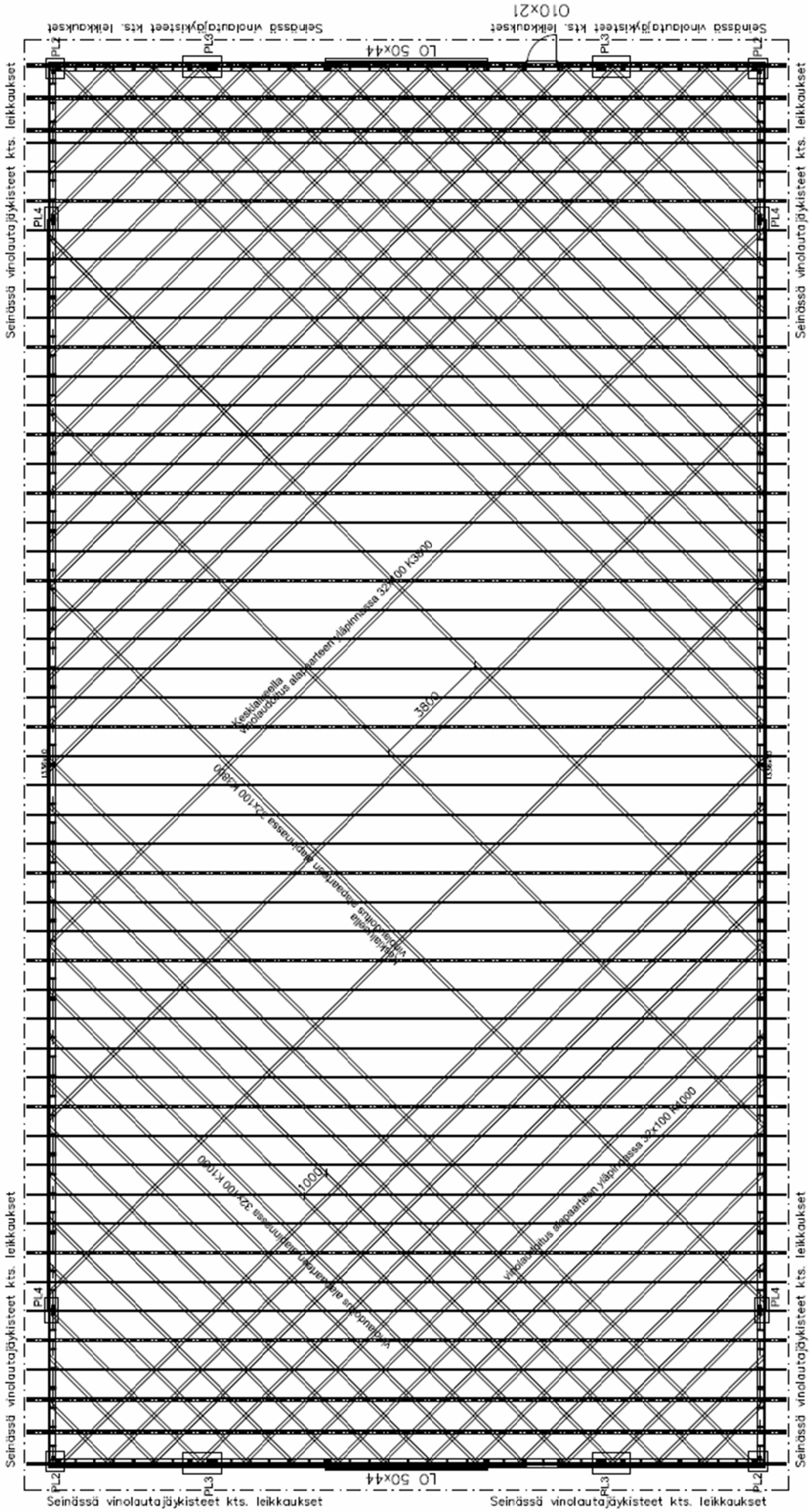
Silvuseinällä kiinnitys 9N 3,1x90 K200 (210 kpl / lankku)

Päädyissä kiinnitys 6N 3,1x90 K600.





RISTIKON ALAPAARTEEN VINOLAUDOITUKSET



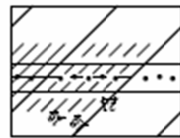
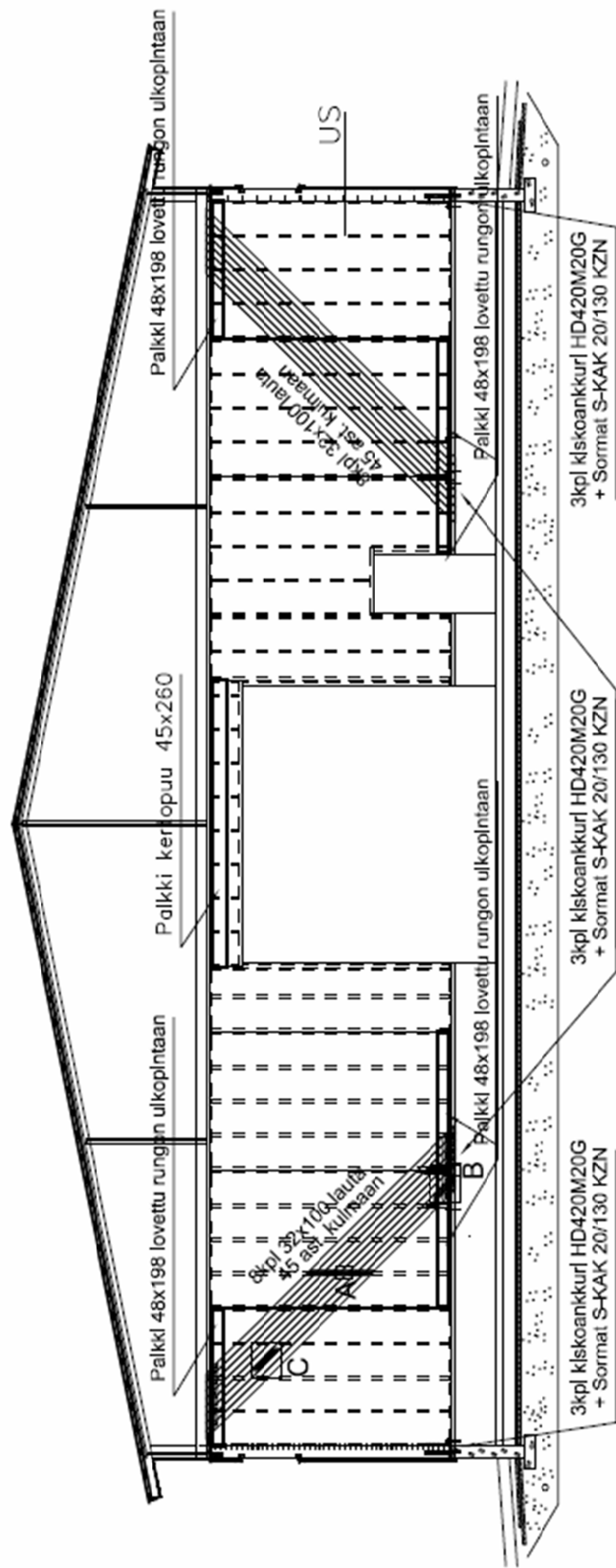
ALAPAARTEEN VINOLAUDOITUKSET:

- Vinolaudoitus sekä alapaarteeseen ylä- että alapuolelle, Tolosen suunnan laudat yläpuolella parirettä ja Tolosen suunnan alapuolella parirettä.
- Laudoitukset kuvan mukaisesti.
- Laudoitukset 45 ast. kulmassa.

Kilnitys:

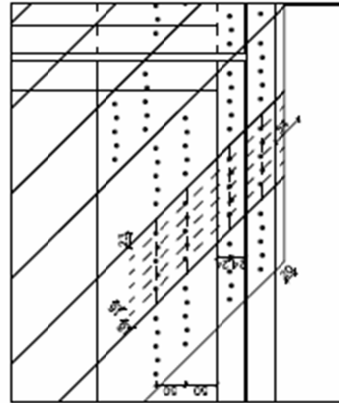
- Kilnitys ristikon alapaarteeseen SN 3,1x60 / illois.
- Kilnitys seinille TON 3,1x60 / illois (katso liittymäleikkaukset).
- Lautojen jatkokset TON 3,1x60 (katso liittymäleikkaukset).
- Keskiälueen tuentalaudat K3800 kilnitys SN 3,1x90.

SEINIEN JÄYKISTEET PÄÄDYISSÄ 1:100



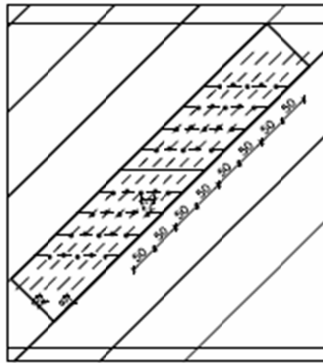
KOHTA A 1:10

Vinolautojen liitos pystyrunkoon 5N 3,1x90



KOHTA B 1:10

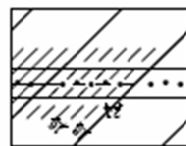
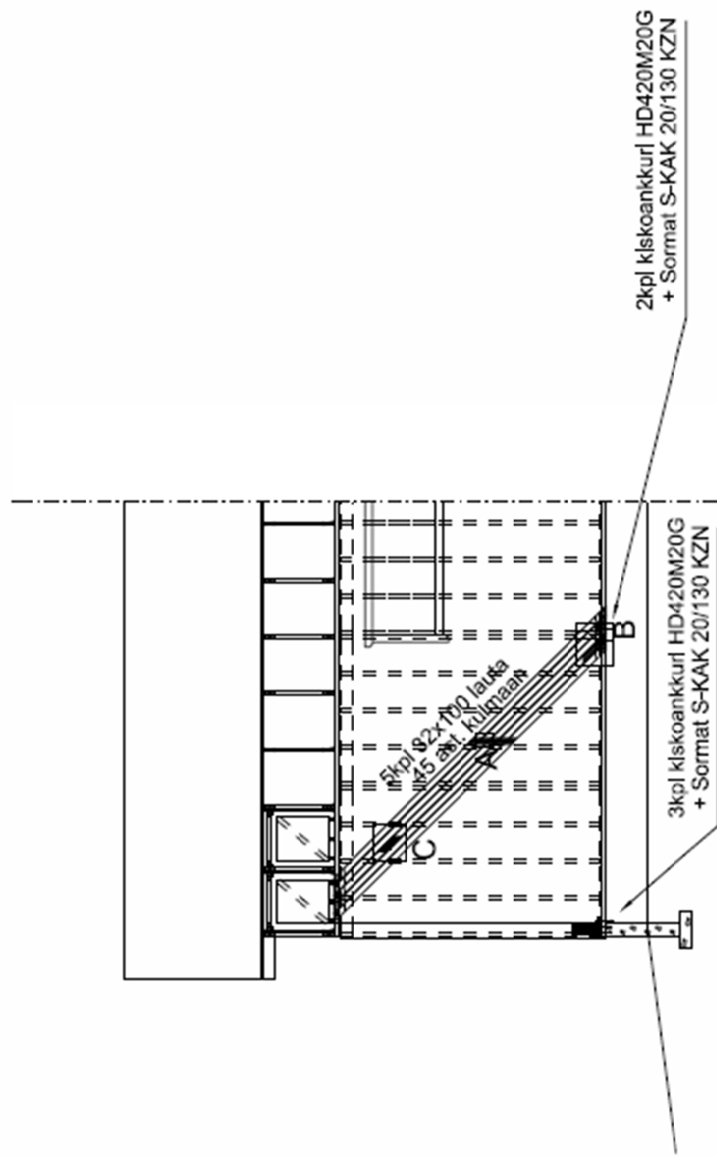
Lautojen päiden kiinnitys 4x5N 3,1x90



KOHTA C 1:10

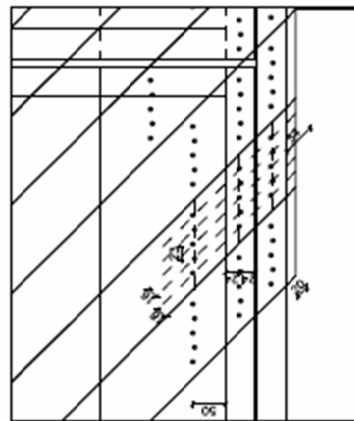
Jäykistelautojen jatkaminen:
Lautojen taakse 32x100 jatkoosalla.
Jäykistelautojen kiinnitys jatkokassa 2x4x5N 3,1x90
Ei vierekkäisiä jatkoksia samalle tolppavälille

SEINIEN JÄYKISTEET SIVUSEINIEN PÄISSÄ 1:100



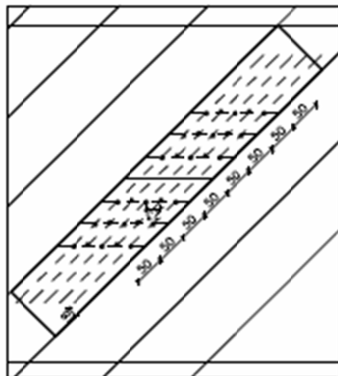
KOHTA A 1:10

Vinolautojen liitos pystyrunkoon 5N 3,1x90



KOHTA B 1:10

Lautojen päiden kiinnitys 3x5N 3,1x90

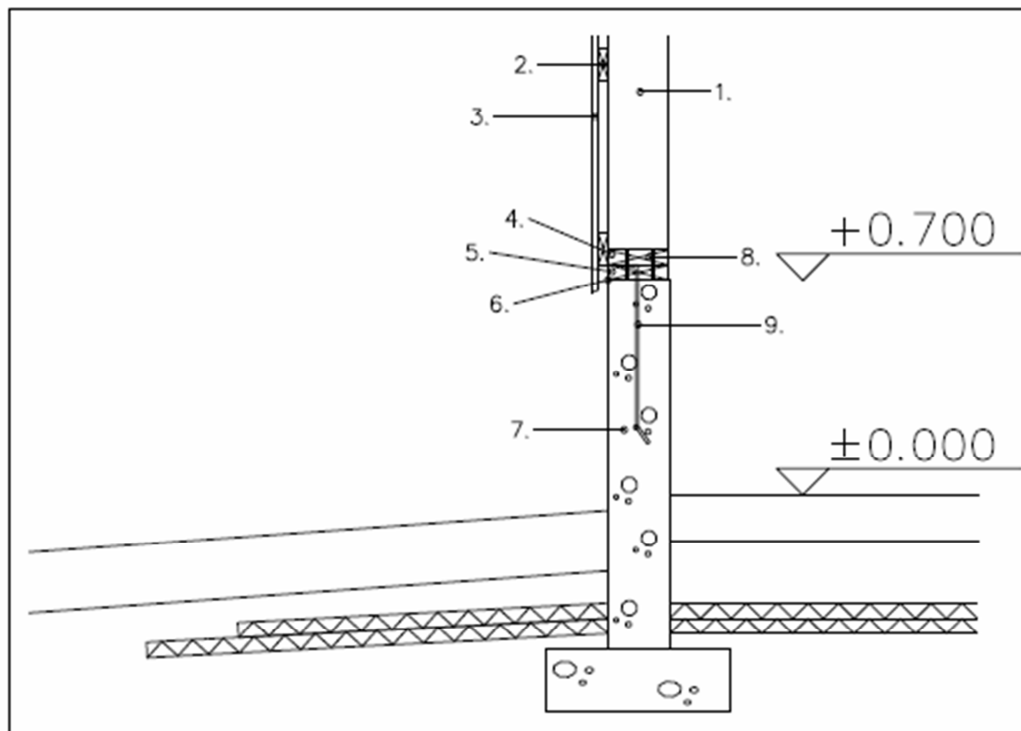


KOHTA C 1:10

Jäykistelautojen jatkaminen:
Lautojen taakse 32x100 jatkoapala.
Jäykistelautojen kiinnitys jatkokassa 2x3x5N 3,1x90
Ei vierekkäisiä jatkoksia samalle tolppavälille

LIITE 8. Liittymäleikkaukset kylmä halli

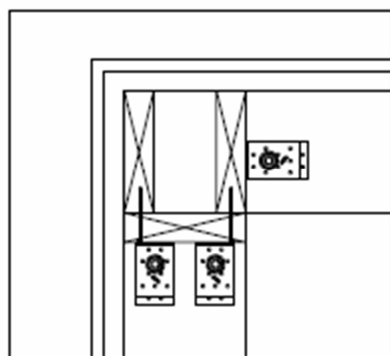
PL1



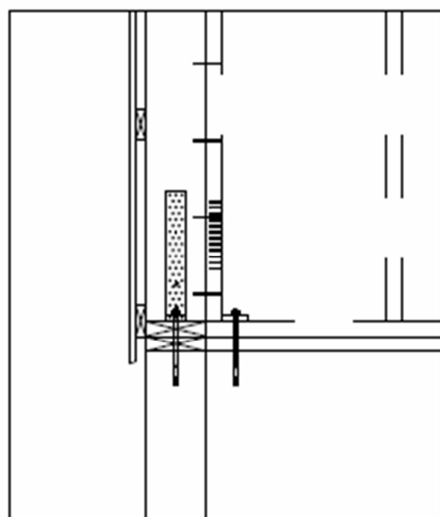
Sokkeliin liittymä 1:20

1. Pystyrunko 48x198 K600
2. Ulkoverhouksen naulauspuut 32x100 K600
3. Ulkoverhouspaneeli UTV 20x120
4. Elementin alapuu 48x198
5. Alasidepuu 48x198
6. Sokkelikaista
7. Sokkeli
8. Elementin kiinnittäminen N. 3.1x90
Päädysssä jako K70 sik-sak
Sivuseinällä jako K 450 sik-sak
9. Alasidepuun tartunta sokkelista T10
Päädysssä jako K600
Sivuseinällä jako K1200

PL2



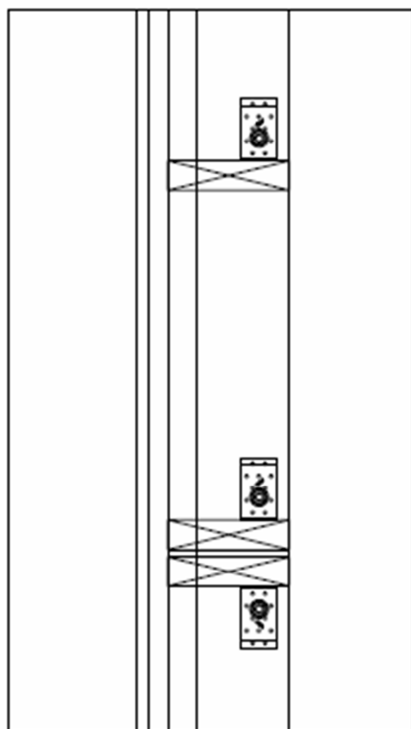
KOHTA PL2 1:10



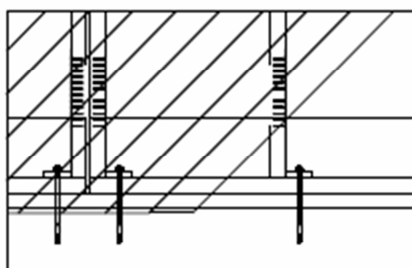
Nurkkapystytien ankkurointi 1:20

1. 3kpl kiskoankkurit nurkissa Simpson and Strongtie HD420M20G
2. Kiinnitys puuhun ank.naula 4.0x40 12kpl
3. Kiinnitys betoniin Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN
4. Nurkkaelementtien kiinnitys toisiinsa N.3.1x90 K250

PL3



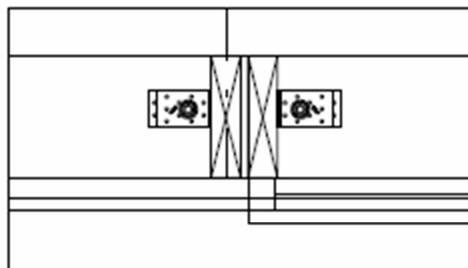
KOHTA PL3 1:10



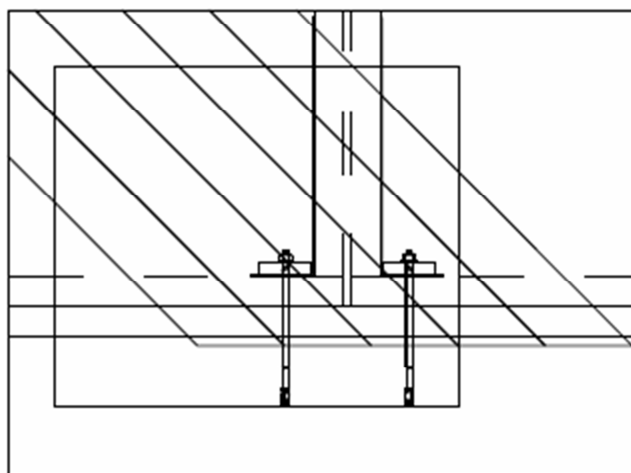
Pystyjen ankkurointi päätyseinällä 1:20

1. 3kpl kiskoankkurit Simpson and Strongtie HD420M20G
2. Kiinnitys puuhun ank.naula 4.0x40 12kpl
3. Kiinnitys betoniin Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN

PL4



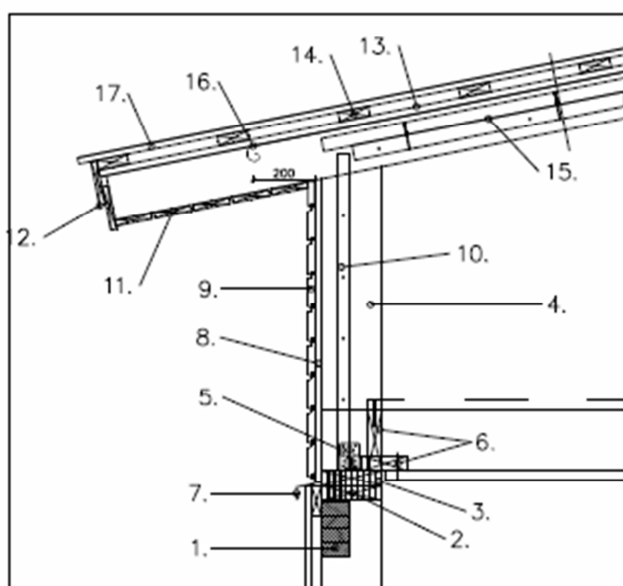
KOHTA PL4 1:10



Pystyjen ankkurointi sivuseinään 1:10

1. 2kpl kiskoankkurit Simpson and Strongtie HD420M20G
2. Kiinnitys puuhun ank.naula 4.0x40 12kpl
3. Kiinnitys betoniin Sormat kiila-ankkuri S-KAK 20/130 KZN

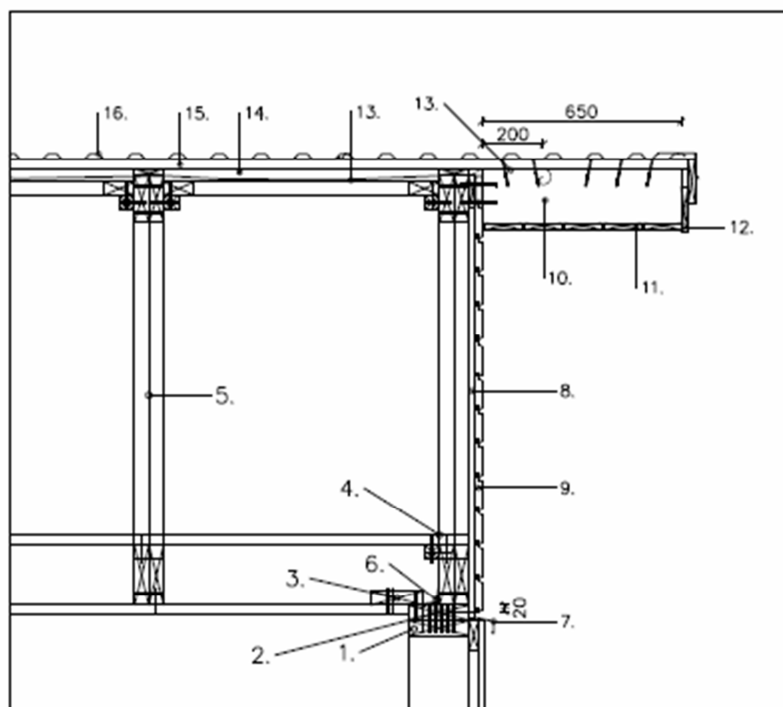
KL1



Sivuräystäselkkaus 1:20

1. Elementin LP-palkki 90x180
2. Elementin yläpuu 48x198
3. Yläsidepuu 48x198, jatkos sivuun >600mm elementin saumasta
– Kiinnitys sivuseinillä 9N 3.1x90 K200 (210 naulaa / lankku)
4. NR-kattoristikko
5. Kulmalevy 60x90x90x2,5 vahv. molemmin puolin ristikkoo
– Kiinnitys naula 4.0x40 6+4kpl / kulma
6. Alapaarteen alapinnan jäykistyslautojen kiinnitys sivuseinään
48x148 lankku ristikoiden välissä
– Kiinnitys elementtiin N. 3.1x90 k150
– Laudan kiinnitys 5N 3,1x90
- Alapaarteen yläpinnan jäykistelautojen kiinnitys
48x198 lanku syrjällä ristikoiden välissä, kiinnikkeet kuten edellä
7. Peltilista
– Asennetaan naulauspuun päälle
– Peltilistan yläreuna yläsidepuun yläreunan tasalle
8. Naulauspuu 22x100 ristikon päihin
9. Ulkoverhous, vaakapaneelauus UTV 20x120
– Alin paneeli 20mm yli ristikon alapään
10. P1 pukit sivuseinien päällä
– Kiinnitys seinän yläpään 3kpl kulmalevy 70x70x55x2 vahv./ pukki
Naulaus ankkurinaula 4x40 4+4kpl
– Kiinnitys ristikoihin 4kpl 5x100 ruuvi / reuna
11. Räystääslaudoitus HSP 20x120
12. naamalaudat 2kpl HSP 23x145
13. Tuuletusrakorima 22x50
– Kiinnitys N. 3,1x90 K200
14. Ruoteet 32x100 K400
– Kiinnitys 3N. 3,1x90 / liitos
15. Jäykistysristikot kattotuolien välissä
– Kiinnitys rima 48x48 alapuolelle
– Naulaus ristikkoon ja jäykistysristikkoon N. 3,1x90 K500
16. Aluskate
– Räystäällä aluskate vähintään 200mm yli seinän ulkopinnan
17. 20mm profiilipeltikate
– Kiinnitys kateruuvi 4,8x25 vähintään 6 ruuvia / m²
– Katevalmistajan ohjeet huomioitava

KL2

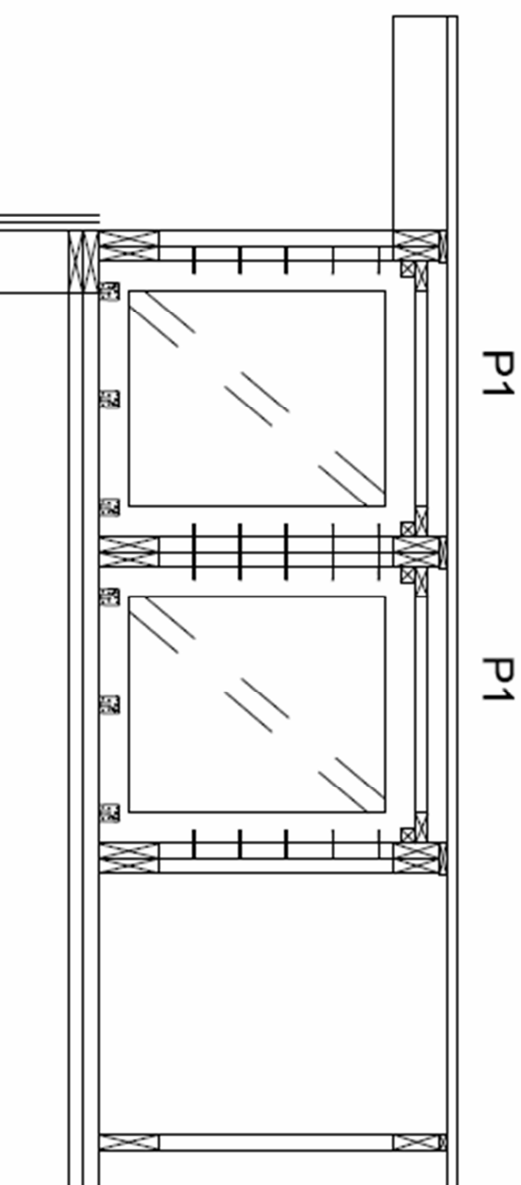


Päätyräystäisleikkaus 1:20

1. Elementin yläpuu 48x198
2. Yläsidepuu 48x198
 - Kiinnitys päädyissä 6N 3,1x90 K600
 - Jatkos sivuun elementin saumasta >600mm
3. Alapaarteen alapinnan 32x100 laudoituksen liitos päätyseinään 48x148 lankulla
 - Laudan kiinnitys 10N 3,1x90
 - 48x148 lankun kiinnitys N. 3,1x90 K130
4. Alapaarteen yläpinnan 32x100 laudoituksen liitos päätyseinään 48x48 rimaan ja ristikon alapaarteeseen
 - Laudan kiinnitys 10N 3,1x90
 - 48x48 riman kiinnitys N. 3,1x90 K260
5. 2kpl NR-kattoristikkoo jäykistys järjestelmän molemmin puolin
 - Paarteet naulataan yhteen N.3,1x90 K200 sik-sak
6. Kulmalevy vahv. 65x90x90x2,5 K1000
 - Kiinnitys ankkurinaula 4x40 6+4kpl / kulma
7. Peltilista
 - Asennetaan naulauspuun päälle
 - Peltilistan yläreuna yläsidepuun yläreunan tasalle
8. Naulauspuu 22x100 K600
9. Ulkoverhous vaakapaneelauus UTV 20x120
 - Alin paneeli 20mm yli ristikon alapään
10. Apukattokannattaja K800, korkeus ristikon yläpaarre +25mm
 - Kiinnitys kyljestä vinottain kattoristikkoon 2kpl ruuvi 6x160
 - Kiinnitys ruoteeseen 5n 3,1x90
11. Räystääsaluslaudoitus HSP 20x120
12. Naamalaudoit 2kpl HSP 23x145
13. Jäykistysristikot kattotuolien välissä
 - Kiinnitys rima 48x48 alapuolelle
 - Naulaus ristikkoon ja jäykistysristikkoon N. 3,1x90 K500
14. Aluskate
 - Aluskate yli ulkoseinän pinnan vähintään 200mm
15. Tuuletusrakorima 22x50
 - Kiinnitys N. 3,1x90 K200
16. Ruoteet 32x100 K400
 - Kiinnitys 3N. 3,1x90 / liitos
17. 20mm profillipeltikate
 - Kiinnitys kateruuvi 4,8x25 vähintään 6 ruuvia / m²
 - Katevalmistajan ohjeet huomioitava

P1 PUKKIEN KIINNITYS 1:20

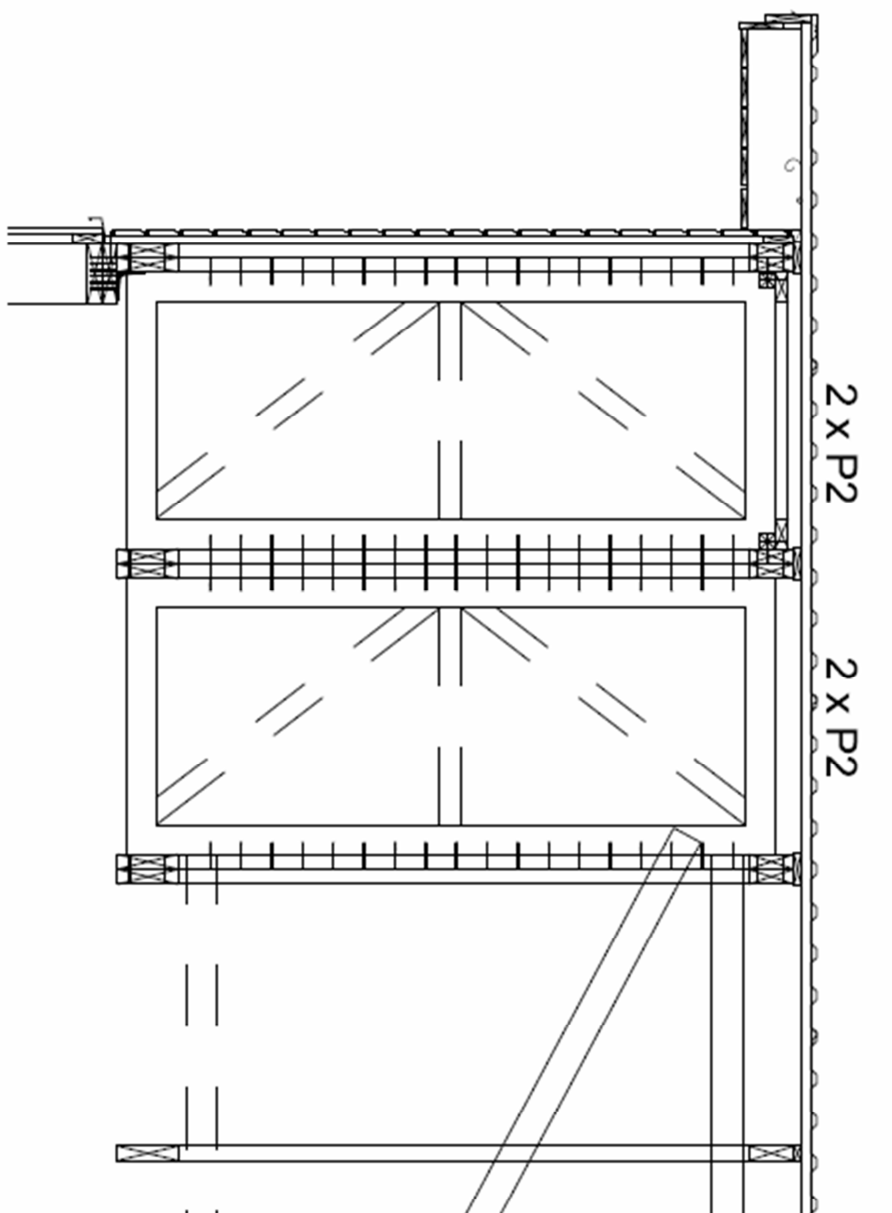
KL3



P1 pukkien kiinnitys sivuseinien päälle
 3kpl kulmalevy 70x70x55x2m vahv./ pukka
 Naulaus ankkurinoula 4x40 4+4kpl
 Kiinnitys ristikoihin 5N 3,1x90
 jäykistysrytymät kasataan erikseen ja
 liitetään sen jälkeen toisiinsa
 (yhden ristikkovälin puki ja jäykisteristikot
 sekä 2kpl kattoristikkoa)

P2 PUKKIEN KIINNITYS 1:20

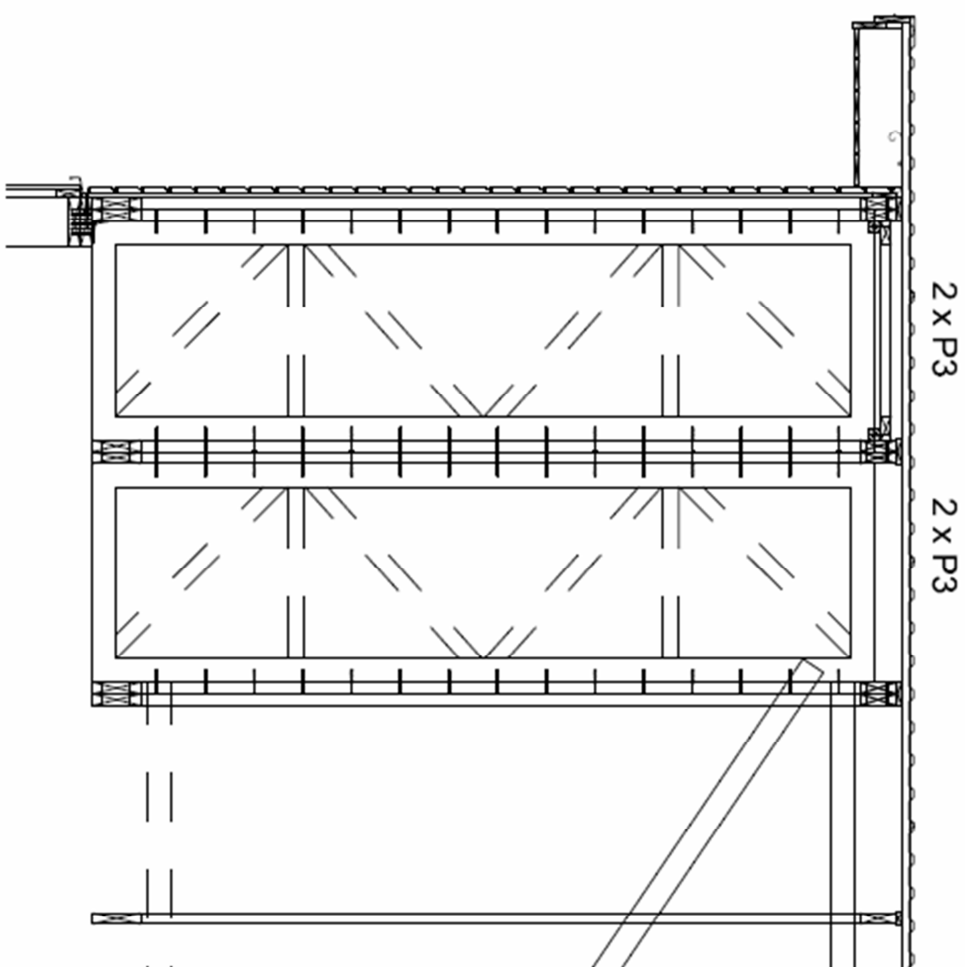
KL4



P2 pukkien kiinnitys vierakkaisista ristikoista 17N 3,1x90 (K100)
 Tuplapuikit kiinnitetään toisiinsa nauhadinnalla ulkokehät yhtein N. 3,1x90 K200 sil-sdk
 jäykistysysteemit kasataan erikseen ja liitetään sen jälkeen toisiinsa
 (yhden ristikköälin puikit ja jäykistestitkot sekä 2kpl kattoristikkoa)

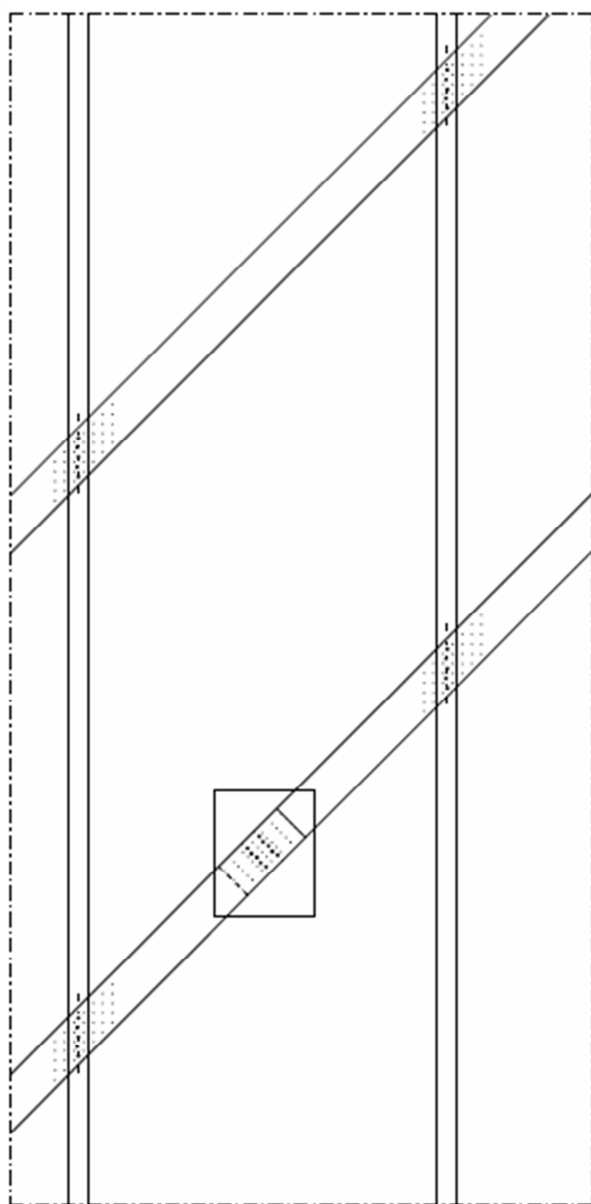
P3 PUKKIEN KIINNITYS 1:25

KL5

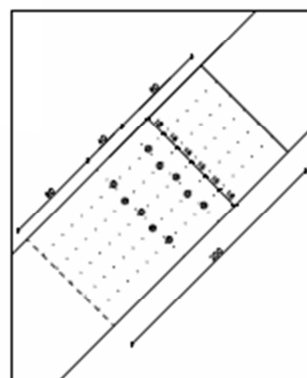


P3 pukkien kiinnitys verkkäisistä ristikoista 15N 3,1x90 (K200) 3,1x90 K200 silk-sok
 Tuplapuolit kiinnitetään toisiinsa noudamalla ulkokehät yhteen N. 3,1x90 K200 silk-sok
 väkijäätysjärjestelmät kasataan erikseen ja liitetään sen jälkeen toisiinsa
 (yhden ristikkövälin puolit ja yksieristykset sekä 2kpl kattoristikkoa)

Yläpohjan vinolaudoitusten jatkosliitos 1:15



- LAUDAT LIMITETÄÄN JATKOKSESSA 200mm



JATKOS 1:5

