

Tapio Ojala

PIENTEOLLISUUSRAKENNUKSEN SUUNNITTELU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2013

PIENTEOLLISUUSRAKENNUKSEN SUUNNITTELU

Ojala, Tapio
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2013
Ohjaaja: Sandberg, Rauno
Sivumäärä: 39
Liitteitä: 16

Asiasanat: Arkkitehtisuunnittelu, rakennesuunnittelu, pienteollisuus

Tämän opinnäytetyön aiheena oli pienteollisuusrakennuksen suunnittelu. Tarkoituksena oli tehdä arkkitehtisuunnitelmat sekä rakennelaskelmat pilarin ja palkiston osalta. Rakennelaskelmat rajattiin pilariin ja palkkiin.

Opinnäytetyön aihe valittiin, koska oli tarve saada suunniteltua paikalla valmistettava pienteollisuusrakennus. Rakennus joka pystytäisiin rakentamaan ja toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaisesti sekä taloudellisesti. Lisäksi lähtökohtana oli että aikaan saadut suunnitelmat soveltuisivat käytettäviksi useilla paikkakunnilla Suomessa ilman muutoksia. Ja että samoja suunnitelmia voitaisiin markkinoida useille eri paikkakunnille Suomessa.

SMALLINDUSTRIAL BUILDING DESIGN

Ojala, Tapio

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering.

April 2013

Supervisor: Sandberg, Rauno

Number of pages: 39

Appendices: 16

Keywords: Architect planning, structure planning, small-scale industry

This thesis was to small industrial design of the building. The aim was to make the architectural plans and structural calculations and the pillar of the joists. Structure calculations were limited to the column and the beam.

The thesis topic was chosen because of the need for the planned location made small industrial building. Which is able to build and implement the highest possible simply and economically. In addition, the starting point was the time that the obtained plans suitable for use in a number of localities in Finland without any changes. And that the same plans could be marketed to several localities in Finland.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖNLÄHTÖKOHDAT	6
2.1	Tavoitteet	6
2.2	Toteutus	6
3	ARKKITEHTISUUNNITTELU	7
3.1	Pohja	8
3.2	Julkisivu	9
3.3	Rakenteet	9
3.3.1	Alapohja	11
3.3.2	Ulkoseinä.....	11
3.3.3	Yläpohja	12
3.3.4	Vesikatto.....	13
4	RAKENNESUUNNITTELU	13
4.1	Kuormat	13
4.1.1	Lumikuormat.....	14
4.1.2	Tuulikuormat.....	16
4.2	Palkki	17
4.3	Pilari	17
4.4	Rakennuksen rungon jäykistäminen	20
5	YHTEENVETO	21
	LÄHTEET.....	22
	LIITELUETTELO	23

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö sisältää pienteollisuusrakennuksen arkkitehtisuunnitelmat sekä rakennesuunnitelmat käytettävistä teräspilareista ja teräspalkeista. Rakennesuunnittelussa on käytetty eurokoodi-standardeja. Opinnäytetyön aihe lähti liikkeelle ajatuksesta saada aikaan paikalla rakennettavan pienteollisuusrakennuksen rakennussuunnitelmat, joita voidaan markkinoida suurelle osalle Suomen paikkakunnista samoilla suunnitelmillä. Rakennuksen rungon ja pilareiden materiaaliksi valittiin teräs. Kattorakenteet toteutetaan NR – ristikoilla. Rakennuksen rakenteiden lähtökohtaisena tarkoituksena oli aikaan saada sellainen rakenne joka olisi mahdollisimman yksinkertainen ja näin ollen helppo toteuttaa työmaaolosuhteissa. Ja saada näin rakenteiden konepajaesivalmistusta minimoitua ja kustannuksia edullisemmaksi. Arkkitehtuurisesti pyrittiin suunnittelemaan rakennus, joka sopisi muodoiltaan ja kooltaan hyvin erilaisiin sijoitus ja käyttötarkoitukset paikkoihin. Ovi ja ikkuna aukkojen sijainti on myös suunnittelussa huomioitu niin, että ne voidaan sijoittaa rakennuksen pohjaratkaisuun erittäin joustavasti. Tarkoitus oli myös että rakennuksen käyttötarkoituskohdeet olisivat mahdollisimman laajat. Rakennusta voitaisiin käyttää esimerkiksi teollisuus-, maatalous-, varasto-, tai harrastustoiminnassa yms. Rakennuksen pohjaratkaisu on sellainen, että sen muunneltavuus eri osastoihin eri käyttötarkoitusten mukaan on luontevaa. Esimerkiksi toimisto tai sosiaalityötilojen sijainti voidaan määrittää rakennuksen käyttäjän toiveiden mukaisesti. Rakennusratkaisujen osalta oleellista oli, myös niiden toimivuus erilaisissa käyttötilanteissa. Käytettävät materiaalit ovat laadukkaita, ja myös niiden hyvä saatavuus ja taloudellisuus on otettu huomioon. Rakennesuunnittelun osalta valittiin tarkasteltavaksi ainoastaan pilarit ja palkit. Runkorakenteet ovat yhdenmukaisia selkeitä rakennusratkaisuja, niiden valmistaminen työmaaolosuhteissa onnistuu luontevasti.

2 TYÖNLÄHTÖKOHDAT

2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli suunnitella kustannustehokkaasti paikalla rakennettava pienteollisuusrakennus. Rakenteiden mitoituksessa oli tarkoitus ottaa huomioon rakennuksen mahdollinen sijoittelu useammalle paikkakunnalle Suomessa ja arkkitehtuurisesti aikaansaada Suomen oloihin soveltuva rakennus rakenteellisesti ja maisemallisesti, joka sopii Suomessa usealle paikkakunnalle. Rakenteiden suunnittelussa pyrittiin aikaansaamaan mahdollisimman yksinkertaisia rakenneratkaisuja, joka ovat toteutettavissa rakennuspaikalla ilman konepajaesivalmisteluja. Materiaalien osalta kiinnitettiin myös huomiota niiden kestävyteen erilaisissa käyttöoloissa, käyttötarkoituksissa sekä sään kestävyteen.

2.2 Toteutus

Suunnittelu alkoi selvittämällä ja tutkimalla jo olemassa olevia rakennuksia sekä kartoittamalla käyttötarkoituksiin soveltuvia ratkaisuja. Tutkimalla eri yritysalojen tilantarpeita, käytettävien koneiden ja työlaitteiden mittoja, sekä niiden tarvitsemaa tilantarvetta ja niiden sijoittelun tarvitsemia käyttötilan vaatimuksia. Kun rakennuksen päämitat olivat selvillä, tehtiin arkkitehtisuunnittelu. Käytettävät ratkaisut pyrittiin tekemään huomioiden rakennukselle asetettu monipuolinen käyttövaatimus, sijaintivaatimus sekä taloudellisuus. Tämän jälkeen saatiin selvitettyä pilareiden ja palkkien sijainnit ja mitat. Sitten selvitettiin rakennusta kuormittavat voimat huomioiden rakennuksen sijaintivaatimus. Näiden perusteella saatujen mittojen ja kuormien perusteella aloitettiin pilarien ja palkkien laskenta.

3 ARKKITEHTISUUNNITTELU

Teräshallin arkkitehtisuunnitteluun pätevät samat periaatteelliset lähtökohdat kuin kaikkeen muuhunkin rakennussuunnitteluun. Hallirakennusten leimaa-antavin yhteinen piirre käyttötavasta riippumatta on suuri lattiapinta. Aivan aluksi suunnittelijan on tärkeää löytää ja jäsentää kohteen oikeat lähtötiedot. Toisaalta suunnittelijan tulee tuntea eri rakennejärjestelmien suomat tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet. Näiden tekijöiden optimaalinen yhteensovittaminen luo parhaat edellytykset onnistuneen kokonaisuuden aikaansaamiselle. /8, s.30./

Halliarkkitehtuurin tehtäviä ovat mm.:

- luoda toteutukseen järjestystä, selkeyttä ja toimivuutta: mm. tiukka moduulimitoitus, selkeät yhtenäiset tilasarjat ja rationaalinen rakennettavuus
- jäsennöidä rakennuskohde toimintojen mukaan: korkeat tilat kokonaisuutena, henkilötilat kootusti joko hallirungon ulkopuolelle tai erillisinä (kaksikerroksisina) rakenteina sisäpuolelle päätoimintoja väistäen
- antaa rakennukselle, rakennusryhmälle ja alueelle yhtenäinen ja huoliteltu leima
- sopeuttaa työympäristö – varsinkin sisämiljöö – ihmisen mittakaavaan: monipuolista puuverhoilua erityisesti henkilötiloihin
- luoda turvallisuutta ja viihtyvyyttä: mm. selkeät tilajärjestelyt, valaistus, akustiikka ja hallitut työskentelyolosuhteet
- ilmentää kohteen merkityssisältöä: tuotantoon, kauppaan, liikenteeseen jne. perustuva imago
- kuvastaa aikansa menetelmiä ja arvostuksia
- sopeuttaa koko kohde ympäristöönsä. /8, s.30./

Rakennuksen laatutaso on monen tekijän yhdistelmä. Tilojen toimivuuden ohella on kiinnitettävä huomiota myös pintamateriaalien valintoihin. Pinnoille asetettavia toi-

minnallisia vaatimuksia voivat olla esimerkiksi hyvä kulutuskestävyys, mekaaniset rasitukset, roiskeveden kestävyys, jne. Suuri osa laatutekijöistä on konkreettisia, mutta osa on myös aineettomia, henkisiä. Tällaisia ovat mm. viihtyisyys ja turvallisuuden tuntu.

Hallirakennuksia käytetään usein moneen eri tarkoitukseen, toisinaan jopa samanaikaisesti. Yleinen periaate on, että vapaa lattia-ala suunnitellaan yhtenäiseksi ja mahdollisimman vähän kiinteitä esteitä (pilarit, portaat tms.) sisältäväksi. Monikäyttöisyys asettaa vaatimuksia erityisesti

- tilojen jaettavuudelle ja yhdistettävyydelle
- ilmanvaihdolle
- palosuojaukselle
- osastoinnille sekä mahdollisesti
- valaistukselle ja
- akustiikalle.

Hallin elinkaaren kannalta on suuri merkitys sillä, miten vähillä muutoksilla käyttötarkoitusta voidaan muuttaa. Tärkeintä on, että päätökset elinkaaritavoitteista tehdään kustannustietoisesti ja toteutetaan myös suunnittelussa. On otettava huomioon monikäyttöisyydestä aiheutuvat vaikutukset mm.

- investointiin ja käyttökustannuksiin
- energiankulutukseen eri tilanteissa
- ratkaisujen pitkäaikaiskestävyyteen. /8, s.38./

3.1 Pohja

Pohjaratkaisultaan rakennuksesta tehdään mahdollisimman yksinkertainen ja helposti muunneltavissa oleva, jotta se soveltuisi mahdollisimman moneen käyttötarkoitukseen. Ja se olisi helppo jakaa kevytrakenteisilla väliseinillä erilaisiin osastoihin aina tarpeen mukaan. Ovi ja ikkuna aukkojen sijoittelussa on rakenteet huomioitu siten, että niiden sijaintia ja määrää voidaan tarvittaessa helposti muunnella käyttötarpeen mukaan. Liite 1.

Suosituin pohjamuoto hallirakennuksille on suorakaide. Se on koettu muotona yleispäteväksi ja turvalliseksi, sopii moneen käyttöön ja tarjoaa mahdollisuuden rationaaliseen rakentamiseen. Suorakaiteen muotoinen halli on helpoimmin laajennettavissa kaikkiin suuntiin. Poikkileikkaus samoin kuin kattomuoto ovat vapaasti valittavissa. /8, s.42/.

3.2 Julkisivu

Rakennuksen julkisivut ovat tyypillisen ja perinteisen hallirakennuksen tapaisia. Tällä varmistetaan hallirakennuksen soveltuvuus mahdollisimman hyvin maastoon useilla rakennuspaikoilla Suomen paikkakunnilla. Halli sopii kaupunki ja maatala rakennukseksi useilla paikoilla. Ovien ja ikkuna aukkojen joustava sijoittelu auttaa rakennuksen sijoittelussa tontille eikä näin ollen rajaa rakennuksen sijoittelu mahdollisuuksia. Liite 1.

3.3 Rakenteet

Rakennuksen runko on terästä, katon kantavat rakenteet puuta katemateriaali on peltiä. Julkisivu on pelti eriste pelti tyyppistä elementtiä. Rakenteet on valittu siten että rakennus soveltuu hyvin paikalla valmistettavaksi. Rakennuksen rakentaminen sujuu nopeasti sen selkeistä ja yksinkertaisista rakenteista johtuen. Seinä rakenteessa käytettävä elementti on nopea ja suhteellisen helppo asentaa. Liite 1.

Alla on lueteltu teräksen etuja ja haittoja rakentamisessa.

Teräksen etuja

- kevyt ja luja; lujuus-painosuhte hyvä
- pienet rakennemitat, keveät rakenteet
- liitokset ja kiinnitykset helppoja (hitsattavuus teräkselle ominainen)
- myöhemmät suurehkot muutokset helppoja
- homogeeninen materiaali

- voidaan valmistaa halutuilla ominaisuuksilla
- kosteuden vaihteluilla ei ole merkitystä
- palamaton aine
- hyvä kulutuskestävyys
- korroosio etenee yleensä suhteellisen hitaasti

Teräksen haittoja

- kallis
- teräksen lujuuden mahdollistamat hoikat rakenteet voivat johtaa stabiiliusongelmiin (rakennesuunnittelija ratkaisee)
- pehmenee korkeissa lämpötiloissa
- haurastuu kylmässä (tosin ei ole ongelma jos valitaan oikean iskutheyden omaava teräs)
- pinnan korroosio-ongelmat
- työstämistä työmaalla pyritään välttämään, joten suunnitelmamuutokset voivat olla vaikeita rakentamisen jo alettua

/9, s.28/.

Teräsrakentaminen on niin sanottu kuivarakennustapa, joka vähentää rakennusaikaisista kosteutta ja suojaustarpeita, eikä vuodenaika rajoita rakentamista. Teräsrakenne on muunneltava ja joustava. Aukotus on helppoa myös kantavassa julkisivussa. Runkojärjestelmiä ovat pilari-palkki-laatta-runko, pilari-laatta-runko ja liittorunko, sekä kehärakenteet ja kantavat teräsrakenteiset seinät. Kantavat pilarit ja palkit voidaan sijoittaa kantavien rakenteiden sisään, jolloin mitoitus on pienipiirteistä, sisätilojen muuntelutarve on vähäinen ja toteutustapa on usein paikalla rakentaminen. Toinen tapa on sijoittaa pilarit ja palkit systemaattiseen jakoon ja jättää tarvittaessa näkyviin. Tällä pyritään mm. moduulimittoihin ja sisätilojen suurempaan muunteluun. /9, s.66/.

Nämä edellä mainitut teräksen ominaisuudet vaikuttivat myös siihen, miksi päädyttiin käyttämään teräs tuotteita.

3.3.1 Alapohja

Rakennuspaikan maaperän riittävän kantavuuden varmistamisen jälkeen aloitetaan rakennustyö ja tehdään tarvittavat maanrakennustyöt. Kun rakennuksen pohjatyöt on saatu valmiiksi, aloitetaan varsinaisen rakennuksen rakentaminen. Asennetaan kapilaarikatko pohjatäytön ja rakenteiden väliin. Kapilaarikatko estää kosteuden kapilaarisen siirtymisen rakennuksen rakenteisiin /5, s.53/. Katkona >500mm paksuinen sorakerros karkeaa soraa josta on hienoaines seulottu pois. Tämän päälle asennetaan lämmön eriste styrox 100mm. Valetaan teräsbetoni laatta jonka vahvuus 100 mm lujuusluokka vähintään C20. Lattia pinnoitetaan käyttötarkoituksen vaatimusten mukaan esimerkiksi maalaamalla.

3.3.2 Ulkoseinä

Rakennuksen runkomateriaali on terästä teräsrunko putkipalkki K6000. Seinä materiaalina parockelementti pelti + eriste + pelti 150mm /7/. Elementin väri määräytyy rakennuksen sijainnin ja käyttäjän toiveiden mukaan. Väri vaihtoehtoja on useita.

Sandwich -elementti

Sandwich -kevytelementti koostuu mineraalivilla- tai polyuretaaniytimestä, jonka molemmin puolin on liimattu pintalevy. Elementit liittyvät toisiinsa uros-naaras-pontein.

Sandwich -kevytelementtejä käytetään julkisivuissa, osastoivissa rakenteissa, väliseinissä ja yläpohjissa. Levyjen maksimipituus on 12.000 mm, hyötyleveys 1200 mm, paksuudet 80, 100, 125, 150, 175 tai 200 mm. Tyypillinen julkisivun jänneväli on 5...8 m. Levyt voidaan asentaa pystyyn, vaakaan tai diagonaaliin. Liitokset runkoon tehdään ruuvein ja säädettävien metallisin välikkein, kattolevyt ladotaan palkiston päälle ja kaikki elementit kiinnitetään toisiinsa pikalukoin. Kulmiin asennetaan peltilistat tai erityinen kulmaelementti.



Sandwich - kevytelementti

/9, s.71/.

3.3.3 Yläpohja

Sisäkatot ovat 13mm Gyproc levyä, se on paloturvallista ja sitä voidaan käyttää hyödyksi kattorakenteiden jäykistyksessä. Ruoteet levyjen kiinnitystä varten puuta 22 * 100 K300. Höyrynsulkuna käytetään rakennusmuovia. Höyrysulun tarkoituksena on estää rakennuksen sisältäpäin tulevan kosteuden kulkeutuminen sen yläpuoleisiin rakenteisiin. Lämmöneristeenä käytetään 300mm puhallusvillaa. Puhallusvilla on hyvä lämmöneriste ja sen asentaminen käy helposti ja nopeasti yläpohjaan. Se on

helppo asentaa ahtaisiin ja vaikeisiin paikkoihin tasapaksuisesti jotta saavutetaan paras mahdollinen lopputulos. /5, s.57/.

3.3.4 Vesikatto

Kattokaltevuus on 1:3. Kattorakenteiden kantavana rakenteena on NR – kattoristikot K900. Ristikoiden päälle asennetaan aluskate joka suojaa rakenteita peltikattojen saumojen yms. kohtien aiheuttamilta vuodoilta ja pelti katteen kondensiosta johtuvista kosteus haitoilta /5, s.57/. Ristikon ja aluskatteen päälle ristikoiden suuntaisesti asennetaan rima 30 * 50 K900 jolla saadaan aikaan aluskatteen ja peltikatteen väliin riittävä tuuletus /5, s57/. Näiden päälle asennetaan kattoruoteet 32 * 100 K450 (K – jako riippuu käytettävästä pellistä ja valmistajan ohjeista ja rakennesuunnitelmista) katemateriaalia varten. Katemateriaalina käytetään pinnoitettua profiilipeltiä.

Poimulevykate (vähimmäiskaltevuus 1:7) tehdään rullamuovatusta levystä, jonka korkeus on 18...45 mm ja leveys 900...1100 mm. Levyt asennetaan tiiviin aluskatteen päälle siten, että ilma kiertää rakenteen välissä. Levyt limitetään ja kiinnitetään aallonpohjasta erityisillä kateruuveilla. Vesikatteeseen kuuluvat tärkeinä osina myös aluskatteet, kiinnikkeet, harjatiivisteet, sadevesijärjestelmä, listat, kattosillat ja kattotikkaat. /9, s.66/.

4 RAKENNESUUNNITTELU

4.1 Kuormat

Rakennuksen kuormiin vaikuttavat asiat on otettava huomioon esimerkiksi rakennuspaikan sijainti vaikuttaa kuormiin. Koska tarkoituksena on että rakennussuunnitelmia voidaan käyttää useilla paikkakunnilla Suomessa. Valitaan lumi ja tuuli kuorma riittävän suureksi. Näin varmistetaan että rakenteiden kuormitukset ovat sellaiset,

että ne kattavat useita paikkakuntia. Jotta saavutetaan rakenteiden riittävä kestävyys, tulee selvittää että mitä voimia rakenteisiin kohdistuu. Tässä opinnäytetyössä keskitytään rakennelaskelmien osalta ainoastaan palkkeihin ja pilareihin. Tarkasteltavaksi valitaan sellaiset palkit ja pilarit jotka ovat kaikista suurimman rasituksen alaiset. Kaikki pilarit ja palkit joita käytetään rakennuksessa kantavina rakenteina, ovat täten yhdenmukaisia. Rakenteet on suunniteltu Eurokoodi standardin mukaisesti. Valitaan rakenteen seuraamus luokka CC2 tällöin kerroin $k_{fi} = 1.0$ /1, s.35 - 37/. Murtorajati-
lan selvittämiseksi tulee laskea kaksi epäedullista kuormitusyhdistelmää, joista vali-
taan epäedullisempi /1/. Epäedulliset $1.35 \cdot k_{fi} \cdot G$ tai $1.15 \cdot k_{fi} \cdot G + 1.5 \cdot k_{fi} \cdot Q$ edulliset $0.9 \cdot G$ /1/.

4.1.1 Lumikuormat

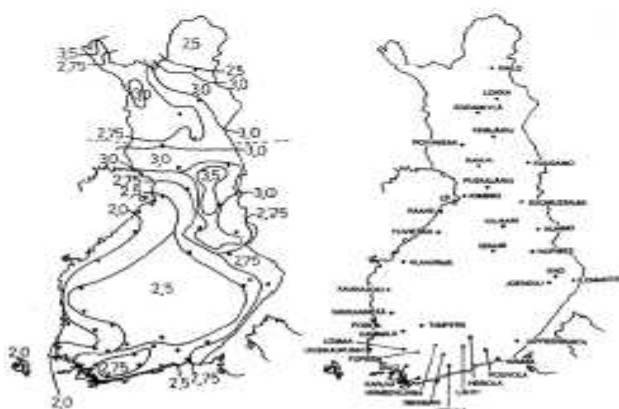
Lumikuorman suuruus vaihtelee alueittain. Lumikuormaksi valittiin $s_k = 2.5 \text{ kN/m}^2$.
Se saatiin taulukosta josta nähtiin eri alueiden lumikuormat ja valittiin sellainen
kuorma joka on riittävä tarpeeksi laajalla alueella. Lumikuorma katolla saadaan kaa-
vasta $q_s = u \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$. u on muotokerroin joka määräytyy katon kaltevuuden mukaan
tässä $u = 0.8$. Lumikuorma katolla on $q_s = 0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2.5 \text{ kN/m}^2$. /6, s. 11/.

Lumikuorma

Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot s_k on esitetty kuvassa 2.1. Kattojen ominaislumikuormat q_k saadaan kertomalla maanpinnan lumikuorma kuvien 2.2 ja 2.3 mukaan määritetyillä muotokertoimella μ :

$$q_k = \mu \cdot s_k \quad (2.9)$$

Katot tarkistetaan kuvassa 2.3 esitetyille lumen kuormitustapauksille. Lumikuorma on kiinteä muuttuva kuorma ts. lumikuorman "liikkuvuutta" ei tarkastella esim. moniaukkoisten kattoelementtien mitoituksessa.



Kuva 2.1 - Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot s_k .

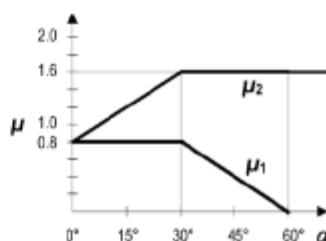
/6, s. 11/.

Luokka	Maaston rosoisuuden ja pinnanmuodon kuvaus.
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko.
I	Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.
II	Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta ja erillisiä puita tai rakennuksia, joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus. Esim. maatalousmaa.
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet ja kylät.
IV	Yhtenäiset laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15% on rakennettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m.

Taulukko 2.2 - Maastoluokat.

Kuvissa 2.2 ja 2.3 esitetyt muotokertoimien arvot ovat voimassa, kun lunta ei estetä liukumasta katolla. Jos katolla on lumieste tai muu liukumiseste tai jos katon alaräystäällä on kaide, niin lumikuorman muotokertoimelle käytetään vähintään arvoa 0,8.

Tuulen kinostama lumi on otettava huomioon katolla olevien tasoerojen, ulkonemien ja esteiden kohdalla. Monitasoisten kattojen ja korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevien kattojen yhteydessä on otettava huomioon myös ylempältä katolta liukuvan lumen kasautuminen (ks. RIL 201-1-2008 tai RIL 205-1-2009 kohta 2.3.1.4S).



Kuva 2.2 - Lumikuorman muotokertoimet.

/6, s.11/.

4.1.2 Tuulikuormat

Tuulikuorman määrittelyyn käytetään yksinkertaistettua menettelyä, menettely on esitetty Puuinfon ohjeessa; Eurokoodi 5 lyhennetty suunnitteluohje /6/. Yksinkertaista menettelyä voidaan käyttää tavanomaisten rakennuksien yhteydessä. Mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle erotetaan mitoitus tapaukset A ja B. Tapauksessa A rakennuksen tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitus lasketaan kokonaistuulikuormalle (rakennuksen kokonaisstabiliteetti). Tapauksessa B tarkastellaan rakennuksen tai rakenteen osapintojen ja niiden kiinnitysten mitoitusta paikalliselle tuulenpaineelle. Rakennus sijaitsee alueella, jonka maastoluokka on III. Maastoluokka III käsittää esikaupunki- tai teollisuusalueet, metsät, sekä matalat pientaloalueet ja kylät. Maastoluokka valitaan ”Eurokoodi 5; lyhennetty suunnitteluohje” taulukosta 2.2 /6, s.11/. Maastoluokka valittiin sen perusteella tässä tapauksessa että se sopisi mahdollisimman moneen kohteeseen. /6, s.11/.

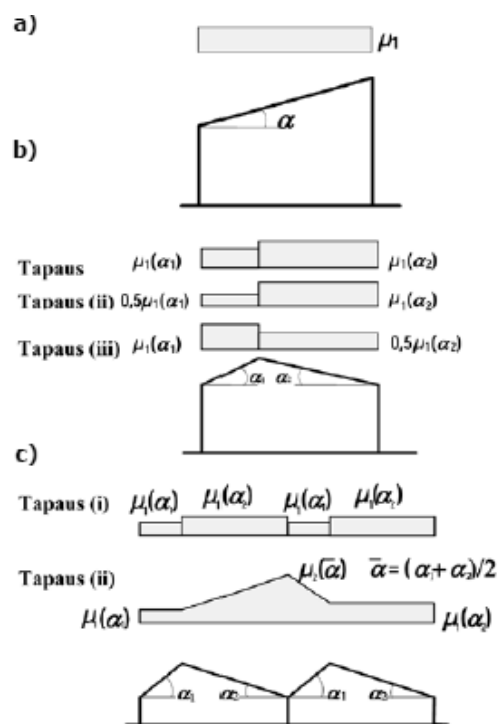
Tuulikuorma

Seuraavassa annetaan tuulikuorman laskemiseksi yksinkertaistettu menettely, jota voidaan käyttää tavanomaisten rakennusten yhteydessä. Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa taulukon 2.2 mukainen maastoluokka. Tasaista maastoa vastaava nopeuspaineen ominaisarvo $q_k(h)$ esitetään kuvassa 2.4. Rakennuksen kaikissa tuulikuormatarkasteluissa käytetään samaa nopeuspaineen ominaisarvoa, joka määritetään rakennuksen korkeuden h mukaan.

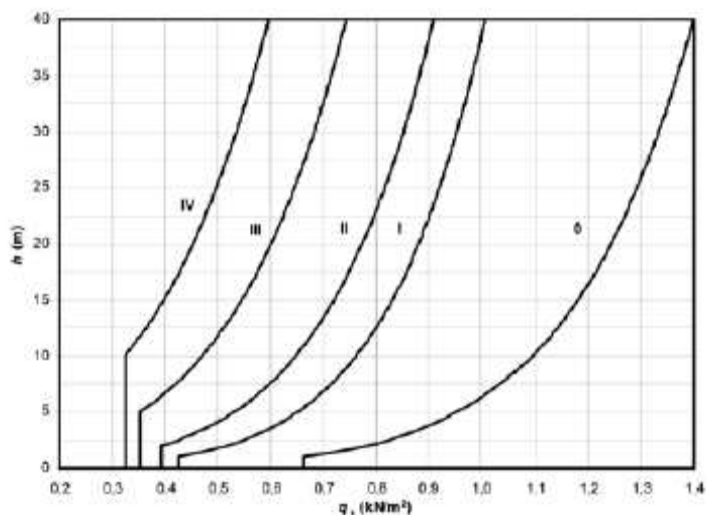
Mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle erotetaan mitoitus tapaukset A ja B:

- A) rakennuksen tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitus kokonaistuulikuormalle (rakennuksen kokonaisstabiliteetti)
- B) rakennuksen tai rakenteen osapintojen ja niiden kiinnitysten mitoitus paikalliselle tuulenpaineelle.

/6, s.12/.



Kuva 2.3 - Kattojen lumikuorman muotokertoimet: a) pulpetti-, b) harja- ja c) sahakatto.



Kuva 2.4 - Nopeuspaineen ominaisarvot $q_k(h)$ eri maastoluokissa.

/6, s.13/.

4.2 Palkki

Rakennuksen kaikki palkit ovat yhdenmukaisia. Mitoitus suoritettiin kaikista suurimmalle rasitukselle joutuvalla palkilla. Palkin jännevälinä käytetään laskennassa 6000mm. Taipuma raja on

$\frac{L}{300}$ joka saadaan taulukosta /2, s.35/. Palkit mitoitetaan yksiaukkoisina palkkeina.

Kuormat voidaan laskea tasaisena kuormana koska palkille kattoristikoiden välityksellä tulevat kuormat ovat tasaisina väleinä ja näin voidaan olettaa, että kuorma jakautuu tasaisesti. Rakenteiden omapainona käytetään arvoa 0,8 kN/m². Käytettävän teräksen laatu on S355 /3, s.212/. Laskelmien perusteella saatiin palkiksi HEA240. Palkin laskelmat on esitetty liitteessä 2.

4.3 Pilari

Pilari on tässä tapauksessa niveltuellinen rakenne. Pilarin pituutena laskelmissa on käytetty $L = 5000\text{mm}$. Pilarille tulevia kuormia laskettaessa $K/K = 6000\text{mm}$. Rakenteen omapainona on käytetty arvoa 0,8kN/m². Lumikuormaksi katolla on laskuissa saatu 2,0kN/m². Käytettävät kuormitus yhdistelyt. /1/.

Kuormitus yhdistelyt:

1. $1,35 \cdot N_g$

2. $1,15 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_{q1}$

Yhtä aikaa 3. $1,15 \cdot N_g + 1,5 \cdot 0,7 \cdot N_{q1}$
 $1,5 \cdot q_{wt}$

Yhtä aikaa 4. $1,15 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_{q1}$
 $1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{wt}$

/4/.

Yhteisvaikutustekijä kyy saatiin alla esitetyn taulukon mukaisesti.

Yhteisvaikutustekijät	Poikkileikkaustyyppi	Suunnitteluoletukset	
		Kimoteorian mukaiset poikkileikkausominaisuudet, poikkileikkausluokat 3 ja 4	Plastisuusteorian mukaiset poikkileikkausominaisuudet, poikkileikkausluokat 1 ja 2
k_{yy}	I-profiilit	$C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	Suorakaideputket	$\leq C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$\leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
k_{yz}	I-profiilit	k_{zz}	$0,6 k_{zz}$
	Suorakaideputket		
k_{zy}	I-profiilit	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
	Suorakaideputket		
k_{zz}	I-profiilit	$C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	Suorakaideputket		$C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$

I- ja H- poikkileikkauksille ja suorakaiteen muotoisille rakenneputkille, joihin kohdistuu aksiaalinen puristus ja taivutus $M_{y,Ed}$ yhden akselin suhteen, tekijälle k_{zy} voidaan valita arvo $k_{zy} = 0$.

Yhteisvaikutus kaavat /2, s.86/.

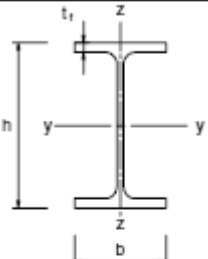
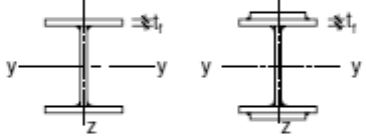

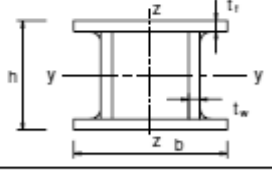
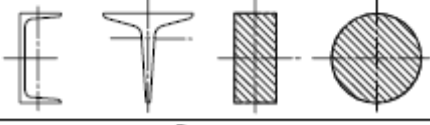

Kyseeseen tuleva nurjahdusluokka on C, $\alpha = 0.49$ nämä arvot saatiin alla olevista taulukoista. /2/

Taulukko 6.1: Nurjahduskäyrien epätarkkuustekijät

Nurjahduskäyrä	a_0	a	b	c	d
Epätarkkuustekijä α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

/2, s.62/.

Taulukko 6.2: Nurjahduskäyrän valinta poikkileikkauksesta riippuen

Poikkileikkaus	Rajat	Nurjahdus ko. akselin suhteen	Nurjahduskäyrä		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
Valssatut profiilit 	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	a a ₀	
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c	
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c	a a
		$t_f > 100$ mm	y-y z-z	d d	c c
Hissatut I _p -profiilit 	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b c	b c	
	$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c d	c d	
Rakennusputket 	Kuumamuovattu	Kaikki	a	a ₀	
	Kylmämuovattu	Kaikki	c	c	
Hissatut koteloprofiilit 	Yleensä (poikkeus, ks. alla)	Kaikki	b	b	
	Paksut hitsit: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	Kaikki	c	c	
U-, T- ja umpiprofiilit 		Kaikki	c	c	
L-eräkset 		Kaikki	b	b	

/2, s.63/.

Laskelmien perusteella pilariksi valittiin putkipilari 180 * 180 * 5. Laskelmat on esitetty liitteessä 3.

Pilarityypin valintaan vaikutti monet seikat ja yksi tärkeimmistä oli työmaatekniikka. Koska kyseessä on paikalla valmistettava rakenne, siitä on pyrittävä tekemään mahdollisimman yksinkertainen, jotta se pystyttäisiin toteuttamaan työmaaolosuhteissa. Pilarin kiinnitystapa rajasi mastojäykisteisen pilarin käytön pois tässä tapauksessa. Koska se olisi aiheuttanut kappaleiden esivalmistukseen lisää työtä ja vaikeusastetta. Pilarin asennusta helpottaa myös se että pilari ei ole kovin hoikka. Pilarin koon pienennys ei oleellisesti muuta kyseisen rakenteen hintaa, koska pilareita on suhteellisen vähän ja niiden materiaalin painon vähenemisestä aiheutunut säästö on vähäistä ottaen huomioon kokonaiskustannukset.

4.4 Rakennuksen rungon jäykistäminen

Rakennuksen rungon jäykistäminen on tärkeä osa rakennuksen rakenteiden riittävän kestävyuden aikaansaamiseksi. Rakennuksen jäykistäminen tulee aina huomioida ja toteuttaa rakennesuunnitelmien mukaisesti. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan, sen tarkemmin käsitellä eikä perehdytä tarkemmin rakennuksen jäykistämistä käsitteleviin asioihin. Asiaa käsitellään kuitenkin tässä vähän yleistasolla.

Rakennuksen jäykistäminen on tässä kohteessa tarkoitus toteuttaa seuraavanlaisella tavalla. Esimerkiksi runko jäykistetään erillisillä teräspalkki vinotuilla ja lisäksi kattorakenteiden Gyproc-levyjä jäykisteenä käyttäen saadaan rakennus jäykistettyä. Kattoristikoiden jäykistäminen toteutetaan kiinnittämällä ristikoihin ristikkorakenteita ja vinotuntoja. Käytettävät ratkaisut ovat tavanomaisia ratkaisuja tämän tyyppisissä rakenteissa. Liite 1.

Rungon jäykistyksen tehtävänä on siirtää runkoon kohdistuvat vaakavoimat perustuksille. Tällaisia vaakavoimia ovat tyypillisesti tuulikuormat ja esimerkiksi nosturiradan jarruvoimista aiheutuvat kuormat. Runko jäykistetään erikseen sen pituus ja poikittaissuunnassa. Vaakavoimat johdetaan suoraan mastopilareilla perustuksille tai siirretään ensin tasossa toimiville ristikko- tai levyrakenteille, josta kuormitus siirretään edelleen jäykistävälle pystyrakenteelle, joka on tyypillisesti tuuliristikko tai levyrakenne (esimerkiksi vanerista). Hallin jäykistyksessä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi muita runkoon liittyviä betonirakenteita. Tällaisia ovat tyypillisesti betoni-

rakenteiset välipohjat ja väliseinät sekä väestönsuojat. Jäykistyksen suunnittelussa on aina otettava huomioon myös rungon asennusaikainen jäykistys. Rungon jäykisteet tulisi sijoittaa rungon asennussuunnassa alkupäähän, jotta niillä voisi korvata ainakin osan asennusaikaisesta tuennasta. Asennusaikaisesta tuennasta laaditaan erillinen suunnitelma. Kannattajien nurjahdus- ja kiepahdustuentavoimat tarkistetaan erikseen; näitä voimia ei viedä rakennuksen pystyjäykistykselle. Nurjahdus- ja kiepahdustuentavoimat määrittää kannattajan suunnittelija, tuentasysteemin suunnittelemisesta vastaa päärakennesuunnittelija. /10, s.38/.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheen valinta oli mielestäni onnistunut valinta. Siitä on minulle hyötyä tulevaisuudessa. Työ oli haastava toteuttaa ja se sisälsi paljon asiaan perehtymistä. Lisäksi oli huomioitava se että kyseessä oleva rakennus on tarkoitettu paikalla valmistettavaksi, ja että teräsosien esivalmistuksessa päästään mahdollisimman vähäisillä toimenpiteillä. Rakennuksen mahdollinen sijoittaminen usealle paikkakunnalle Suomessa antoi lisää haastetta työhön.

Rajasin työn laajuuden heti alkuvaiheessa tiettyihin osa-alueisiin. Koska työtä oli tässäkin melkoisesti ja tarkoitus ei ollut laatia täydellisiä suunnitelmia kaikista rakennuksen osa-alueista. Ja tarkoitus oli saada aikaan rakennus joka on pienillä muunnoksilla käyttökelpoinen moneen kohteeseen.

Työn tarkoitus oli myös saada aikaan valmis paketti, jota voidaan tarjota asiakkaille perusmallina ja näin asiakas saa heti oikean käsityksen millaisesta rakennus projektista on kyse.

Työ oli mielestäni opettava ja perehdytti teräsrakentamisen osa-alueisiin, ja se tarjosi näkemyksiä teräsrakentamisen mahdollisuuksista.

LÄHTEET

1. *Kaitila, Olli, 2010, Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus eurocode 3 – op-pikirja. Teräsrakenneyhdistys ry.*
2. *SFS-EN 1993-1-1. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1 – 1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen Standardisoimisliitto.*
3. *2008, Rakentajain kalenteri 2008. Rakennustieto Oy*
4. *Sandberg, Rauno, 2010 – 2012, oppimateriaali. SAMK muistiinpanot.*
5. *Siikanen, Unto, 1996, Rakennusfysiikka Perusteet ja sovellukset. Rakennustieto Oy.*
6. *Kevarinmäki, Ari, 2010, Puurakenteiden suunnittelu Lyhennetty suunniteluohje, toinen painos. Puiinfo Oy.*
7. *Paroc panel system OY AB. www.paroc.fi*
8. *Salonen, Kari, 2009, Puuhallin suunnittelu Esisuunnittelu ja arkkitehtoniset valinnat, pdf-julkaisu helmikuu 2009. Puiinfo Oy.*
9. *Väisänen, Päivi, 2007, Teräs Perustietoa arkkitehtipiskelijälle, TKK Arkkitehtiosasto Rakennusoppi. Vammalan kirjapaino Oy.*
10. *Keronen, Asko, 2009, Puuhallin Rakenteet Esisuunnittelu ja valintaperusteet, pdf-painos helmikuu 2009. Puiinfo Oy.*

LIITELUETTELO

LIITE 1 Rakennuksen lupakuvat

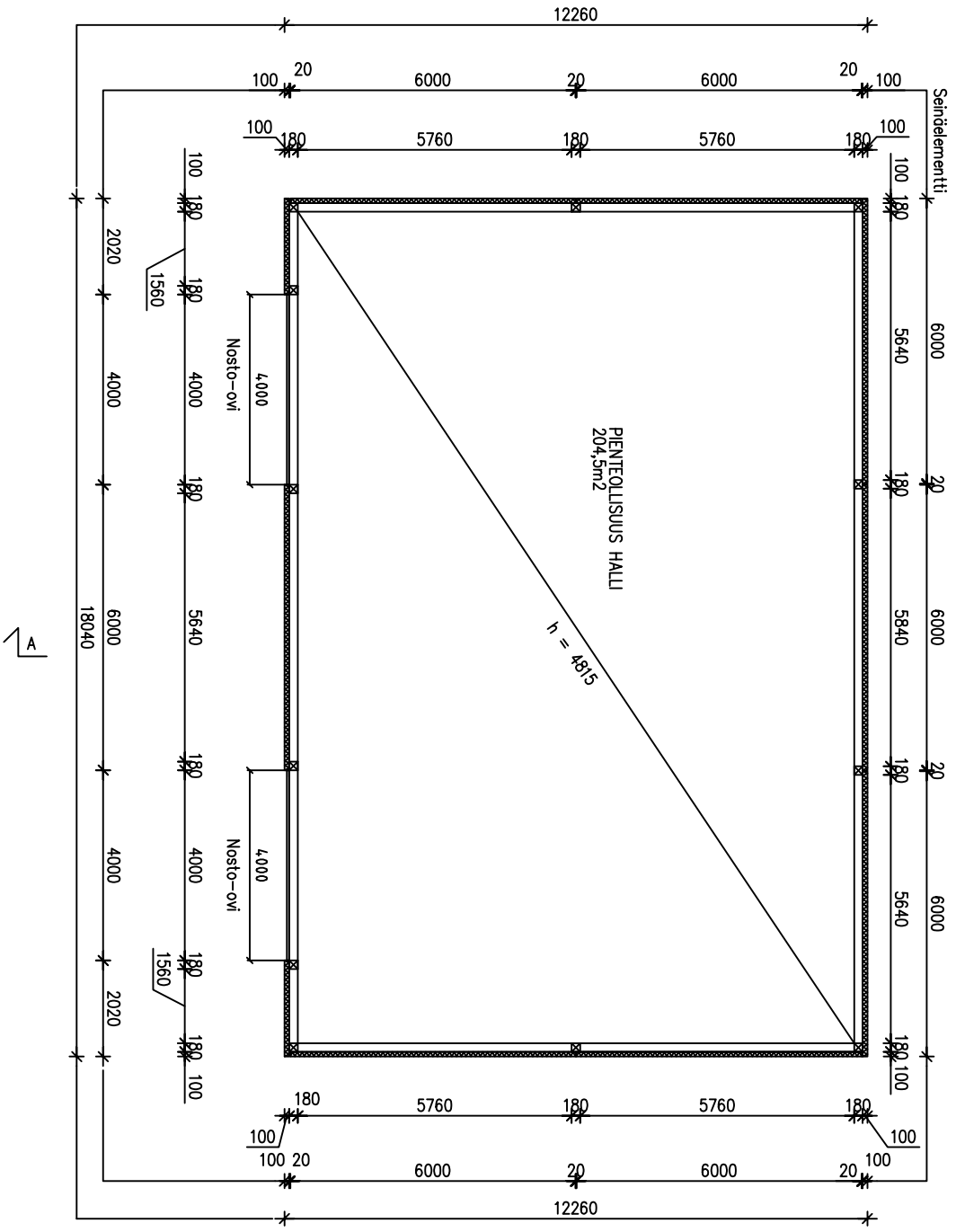
LIITE 2 Palkin rakenne laskelmat

LIITE 3 Pilarin rakenne laskelmat

LIITE 4 Paroc elementti. Nurkka. Kiinnitys pilariin

LIITE 5 Paroc elementti. Elementin kiinnitys lattiaan

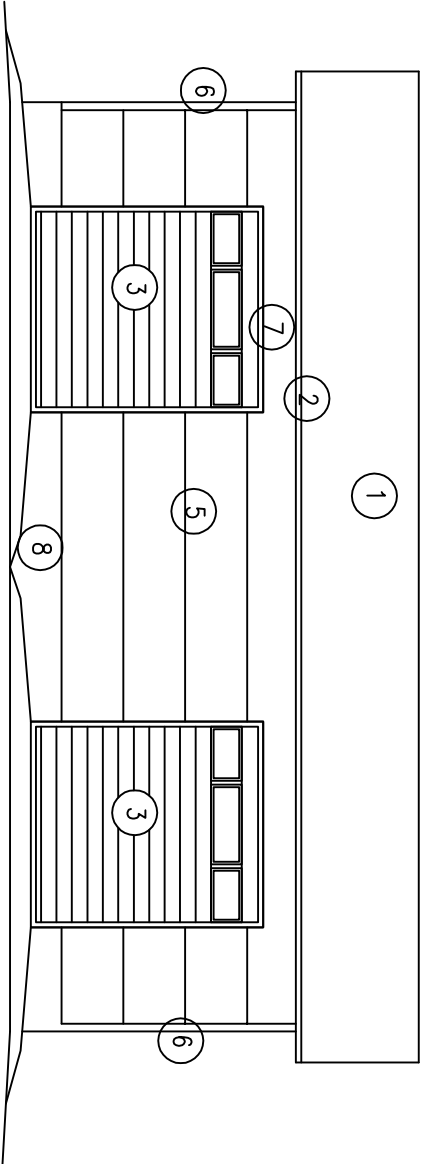
RAKENNUKSEN RUNKO TERÄKSESTÄ
 TERÄSPALKKI HEA 240 S355
 TERÄSPILARI KORKEUS 4515mm 180*180*5 (RSPU) S355



Elementtien kiinnitys ja osennus valmistajan ohjeen mukaisesti

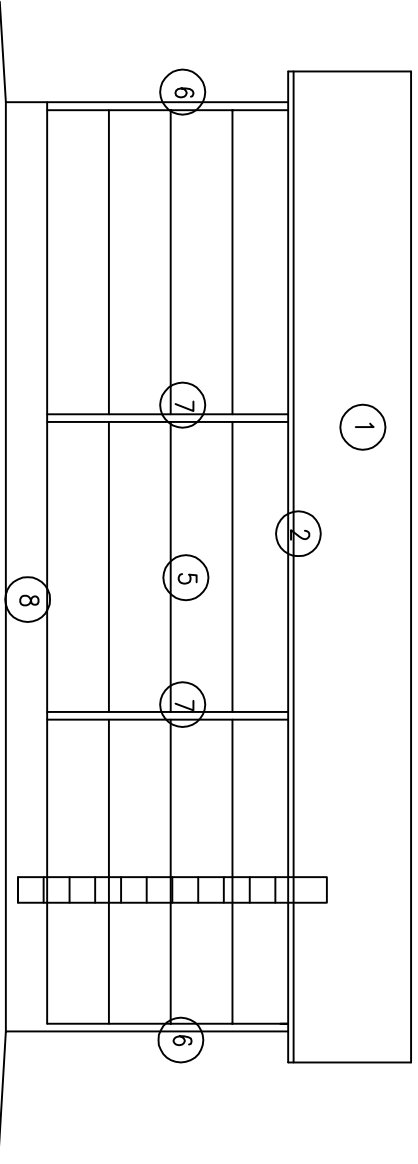
	UUDISRAKENNUS
KERROSALA	221 m ²
TILAVUUS	1150 m ³
HYÖTYALA	204,5 m ²

MITAT JA KORKEUDET TARKISTETTAVA RAKENNUSPAIKALLA

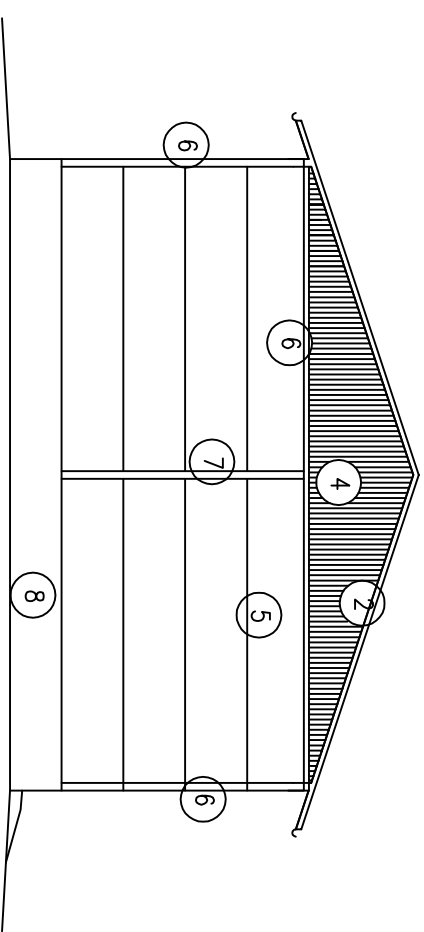


JULKISIVU LÄNTEEN

- 1 Kate ruskea pelti
- 2 Puu, valkoinen
- 3 Ovi
- 4 Paneeli, punainen
- 5 Pelti, punainen paroc-elementti
- 6 Pelti-lista, Valkoinen
- 7 Pelti-lista punainen
- 8 Betoni, harmaa

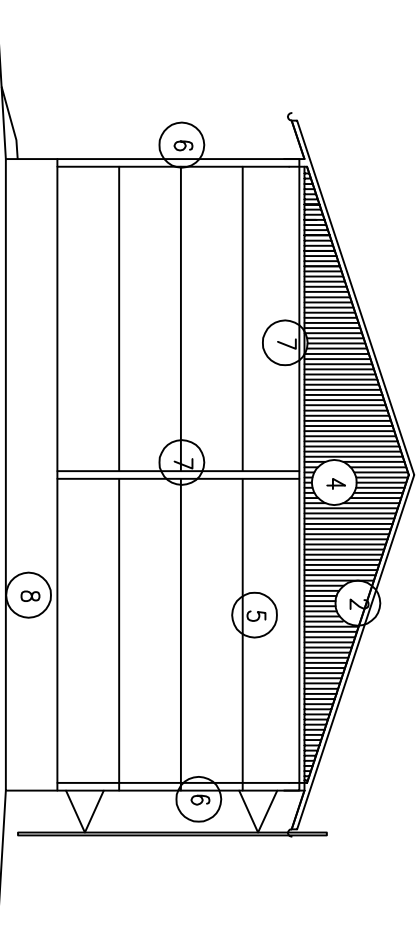


JULKISIVU ITÄÄN



JULKISIVU POUHUISEEN

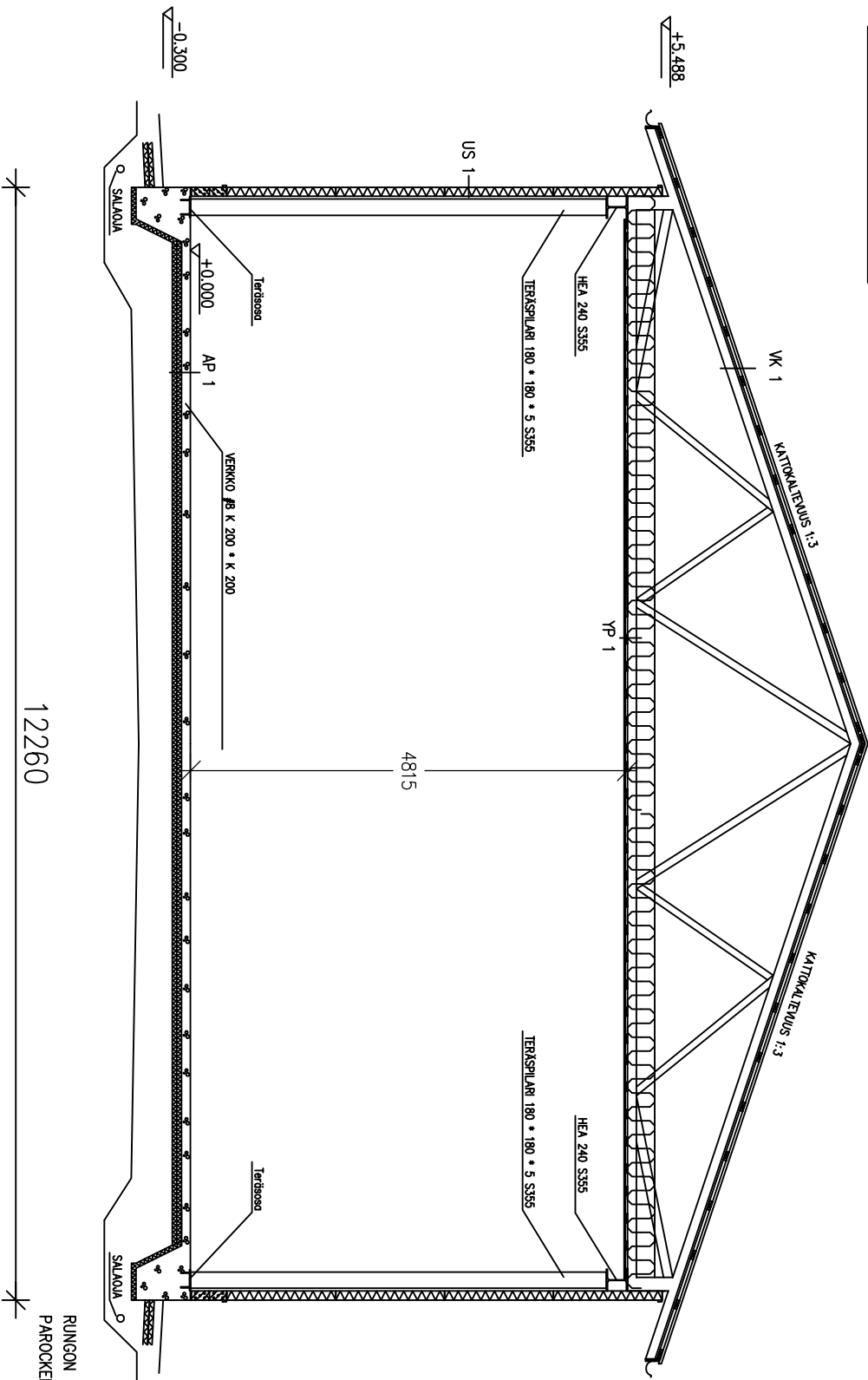
- 1 Kate ruskea pelti
- 2 Puu, valkoinen
- 3 Ovi
- 4 Paneeli, punainen
- 5 Pelti, punainen paroc-elementti
- 6 Pelti-lista, valkoinen
- 7 Pelti-lista punainen
- 8 Betoni, harmaa



JULKISIVU ETELÄÄN

LEIKKAUS A - A

±7.765 HARJAN KORKEUS



VK 1
PINOITETTU PROFILIPELTI
KATTORUOTEET n. 32x100 k 450
RMA 30 * 50 / TUULEUSRAKO
ALUSKATE
NR- KATTORISTIKOT k 900

YP 1, U-orvo 0,15
PUHALUSVILLA 300
HÖYRSYILKIU
RUOTEET 22x100 k 300
GIPROC 13 mm

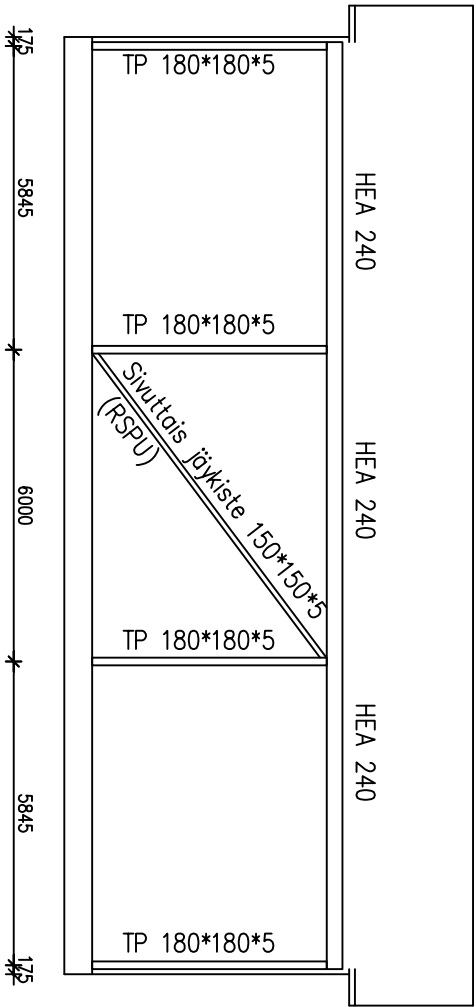
US 1, U-orvo 0,35
PAROKELEMENTTI PELTI + ERISTE + PELTI (100mm)
TERÄSPILARIRUNKO 180 * 180 * 5 K6000

AP 1, U-orvo 0,37
LATTIAPINNOITE
TERÄSBETONI n.100 mm C20
LÄMMÖNERISTE STYROX 100 mm
KAPILAARI KATKO TIIVISTETTY KARKKEA SORA >500

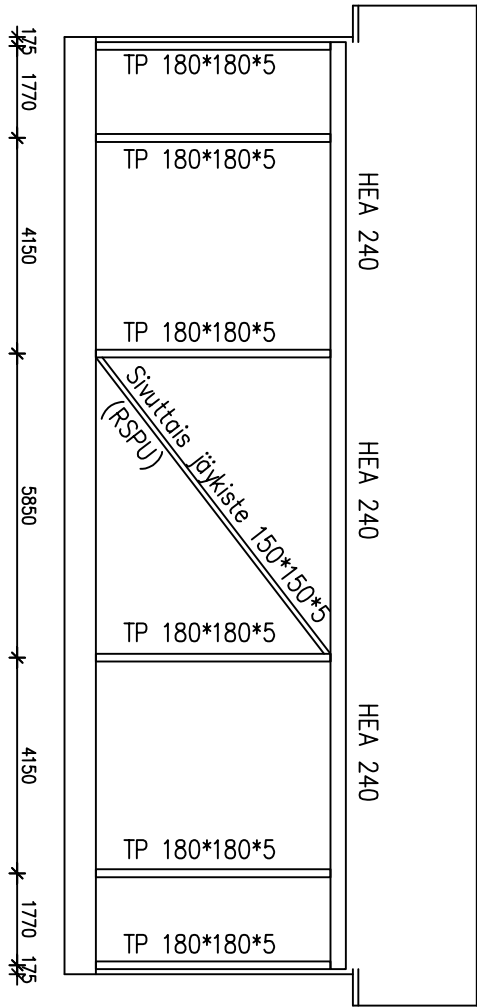
RUNGON JÄYKISTYS VINOITUENNOLILLA + KATON JÄYKISTYS GYROOLEVYLLÄ
PAROKELEMENTTIEN KIINNITYS JA ASENNUS VALMISTAJAN OHJEIDEN MUKAISESTI

MITAT JA KORKEUDET TARKISTETTAVA RAKENNUSPAIKALLA

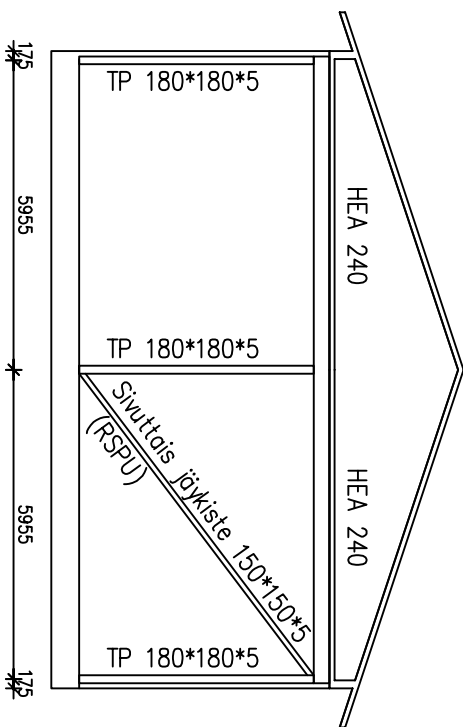
JULKISIVU ITÄÄN



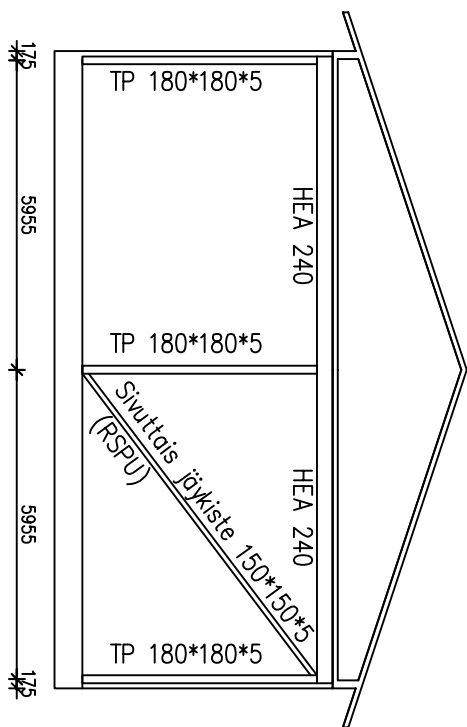
JULKISIVU LÄNTEEN



JULKISIVU ETELÄÄN



JULKISIVU POHJOISEEN



s, 1

PALKKI RAKENNE LASKELMAT

$$Pd = 1,15 \cdot k_{fi} \cdot G + 1,5 \cdot k_{fi} \cdot Q$$

Seuraamus luokka CC2 (tsm s.37 taul. 2.9)

$$k_{fi} = 1,0 \quad (\text{tsm. s.35})$$

Rakenteen omapaino 0,8kN/m²

Omapaino

$$g_k = 6\text{m} \cdot 0,8\text{kN/m}^2 = 4,8\text{kN/m}$$

Lumi

$$\text{Lumi maassa } 2,5\text{kN/m}^2 \quad \text{lumi katolla} = 0,8 \cdot 2,5\text{kN/m}^2 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_l = 2,0\text{kN/m}^2 \cdot 6\text{m} = 12\text{kN/m}$$

$$Pd = 1,15 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_l = 1,15 \cdot 4,8\text{kN/m} + 1,5 \cdot 12\text{kN/m} = 23,52\text{kN/m}$$

$$M_{ed} = \frac{Pd \times L^2}{8} = \frac{23,52 \cdot 6^2 \text{ m}^2}{8} = 105,84\text{kNm}$$

s, 2

$$V_{ed} = \frac{Pd \times L}{2} = \frac{23,52 * 6m}{2} = 70,56kN$$

Käytettävä teräs laatu (tsm s.26/27 taul 3.1)

Teräs S355

$$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \text{ N/mm}^2}{1} = 355 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M0} = 1 \quad (\text{normit s.48})$$

$$\frac{\alpha d}{f_y / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})} \leq 1 \quad (\text{normit s.55 6.19})$$

$$\alpha d = \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \text{ N/mm}^2 = 205 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = \frac{M}{W} \Rightarrow W = \frac{M}{\delta}$$

$$W = \frac{N_{ed}}{f_{yd}} = \frac{105,88 * 10^6 \text{ Nmm} * \text{mm}^2}{355n} = 298 * 10^3 \text{ mm}^3$$

HEA 220 (Taulukosta poikki leikkaustiedot)

s, 3

$$W = 515 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{V * S}{I * t} \quad \text{I ja H (profiilit normit s. 55)}$$

$$\frac{Af}{AW} = \frac{220 * 11 \text{ mm}^2}{(210 - 2 * 11) * 7 \text{ mm}^2} = \frac{2420}{1316} = 1,8 \geq 0,6 \quad \text{OK}$$

$$A_{w1} = 1393 \quad (\text{taulukosta s.7 poikkilei.arv.})$$

$$\tau_{ed} = \frac{V_{ed}}{A_{w1}} = \frac{70560 \text{ N}}{1393 \text{ mm}^2} = 51 \text{ N / mm}^2$$

$$\tau_{ed} = 51 \text{ N / mm}^2 < \tau_d = 205 \text{ N / mm}^2 \quad \text{OK}$$

TAIPUMA

$$g_k = 4,8 \text{ kN/m}$$

$$q_l = 12 \text{ kN/m}$$

s, 4

Ominaisyhdistelmä (tsm s.36)

$$P = g_k + q_l = 4,8\text{kN/m} + 12\text{kN/m} = 16,8 \text{ kN/m}$$

Pääkannattajat

Vesikatoissa ja katoksissa (s.35 taul 2.7)

$$\frac{L}{300}$$

$$\frac{L}{300} = \frac{6000\text{mm}}{3000} = 20\text{mm}$$

HEA 220

$$I = 5410 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$E = 210000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$L = 6000\text{mm}$$

$$P = 16,8\text{kN} / \text{m}$$

$$f = \frac{5 * P * L^4}{384 * I * E} = \frac{5 * 16,8\text{N} * 6000^4 \text{ mm}^4}{384 * 5410 * 10^4 \text{ mm}^4 * 210000\text{N}} = 25\text{mm} \geq 20\text{mm} \text{ EHTO EI}$$

TÄYTY !!!!

KASVATETAAN PALKIN KOKOA

$$\text{HEA 240} \quad I = 7763 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$f = \frac{5410 * 10^4 \text{ mm}^4}{7763 * 10^4 \text{ mm}^4} * 25 \text{ mm} = 17,5 \text{ mm} \quad \geq 20 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

LOPPUTULOS HEA 240 OK

s, 1

PILARI RAKENNE LASKELMAT

Putkiprofiili 180 * 180 * 5 (rakent.kal. 2008 s.203)

$$W = 1765 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A = 3470 \text{ mm}^2$$

$$i = 71,3 \text{ mm}$$

K/K = 6000mm

L = 5000mm

Tuuli

(1,1 yli 10m²)

$$q_t = 0,6 \text{ kN/m}^2 * 1,3 * 1,1 = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wt} = 6 \text{ m} * 0,9 \text{ kN/m}^2 = 5,4 \text{ kN/m}$$

Lumi

maassa 2,5kN/m²

0,8 = katon muodosta johtuva kerroin

$$\text{katolla } 2,5 \text{ kN/m}^2 * 0,8 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{q1} = 2,0 \text{ kN/m}^2 * 6,0 \text{ m} * 6,7 \text{ m} = 80,4 \text{ kN}$$

Omapaino

Rakenteiden neliö kuorma 0,8kN/m²

s, 2

$$N_g = 0,8 \text{ kN/m}^2 * 6,0 \text{ m} * 6,7 \text{ m} = 32,2 \text{ kN}$$

Kuormitus yhdistelyt

1. $1,35 * N_g$

2. $1,15 * N_g + 1,5 * N_{q1}$

Yhtä aikaa 3. $1,15 * N_g + 1,5 * 0,7 * N_{q1} + 1,5 * q_{wt}$ $0,7 = \gamma_0$ kerroin

Yhtä aikaa 4. $1,15 * N_g + 1,5 * N_{q1} + 1,5 * 0,6 * q_{wt}$ $0,6 = \gamma_0$ kerroin

Otetaan kuormitus tapaus 3

$$N_{ed} = 1,15 * 32,2 \text{ kN} + 1,5 * 0,7 * 80,4 \text{ kN} = 121,5 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = \frac{1,5 * 5,4 \text{ kN/m} * 5^2 \text{ m}^2}{8} = 25,4 \text{ kNm}$$

tsm s.24

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y N_{rd}} + K_{yy} * \frac{M_{y,ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

(s.86 taul B.1)

$$K_{yy} = C_{my} * \left(1 + 0,6 \frac{N_{ed}}{\lambda_{yy} * N_{rk} / \gamma_{m1}}\right)$$

(s.87 taul B.3)

M_s = Kenttämomentti

M_h = Tukimomentti

$M_h = 0$, koska on nivel tuki

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{M_s} = 0$$

$$0 \leq \alpha_h \leq 1 \Rightarrow \quad (\text{normit tai tms s.53})$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 * \alpha_h = 0,95$$

$$M_{y,Rd} = \frac{W * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{176500 \text{mm}^3 * 355 \text{N/mm}^2}{1} = 62,7 \text{kNm}$$

$$N_{rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3470 \text{mm}^2 * 355 \text{N/mm}^2}{1} = 1232 \text{kN}$$

$$L_{cr} = K * L = 1 * 5 \text{m} = 5 \text{m}$$

$$E = 210000 \text{N/mm}^2 \quad (\text{taulukosta})$$

s, 4

$$\lambda = \pi * \sqrt{\frac{E}{fy}} = \pi * \sqrt{\frac{210000N/mm^2}{355N/mm^2}} = 76,4 \quad (\text{tsm s.54})$$

$$\tilde{\lambda} = \frac{Lcr * 1}{i * \lambda_1} = \frac{5000mm * 1}{71,3mm * 76,4} = 0,918$$

Nurjahdusluokka C

$$\alpha = 49 \quad (\text{tsm s.54/55 ja normit s.62})$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\tilde{\lambda} - 0,2) + \tilde{\lambda}^2] = 0,5 * [1 + 0,49(0,918 - 0,2) + 0,918^2] = 1,1$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \tilde{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

$$\chi = \frac{1}{1,1 + \sqrt{1,1^2 - 0,918^2}} = 0,586 \quad \text{OK}$$

$$\gamma_{M1} = 1 \quad (\text{normit s.48 6.1})$$

$$Nb, Rd = \frac{\chi * A * fy}{1} = \frac{0,586 * 3470mm^2 * 355N/mm^2}{1} = 722kN$$

$$\frac{Ned}{Nb, Rd} = \frac{121,5kN}{722kN} = 0,17 \leq 1 \quad \text{OK}$$

s, 5

$$K_{yy} = C_{my} * \left(1 + 0,6\lambda \frac{N_{ed}}{\chi_y * N_{rd} / \gamma_{M1}} \right) = 0,95 * \left(1 + 0,6 * 0,98 * \frac{121,5kN}{0,586 * \frac{1232kN}{1}} \right) = 1,038$$

$$C_{my} * \left(1 + 0,6 \frac{N_{ed}}{\chi_y * N_{rd} / \gamma_{M1}} \right) = 0,95 * \left(1 + 0,6 * \frac{121,5kN}{0,586 * \frac{1232kN}{1}} \right) = 1,046$$

$$K_{yy} \leq C_{my} \quad \text{OK} \quad (\text{normit})$$

Ehto

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y N_{rd}} + K_{yy} * \frac{M_{y,ed}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

(normit s.86)

$$\frac{121,5kN}{0,586 * 1232kN} + 1,038 * \frac{25,4kNm}{62,7kNm} = 0,59 \leq 1 \quad \text{OK}$$

LOPPUTULOS PUTKIPIILARI 180 * 180 * 5 OK

