

Jere Kalliosalmi

SAHATAVARAN VARASTOINTIKATOKSEN SUUNNITTELU

SAHATAVARAN VARASTOINTIKATOKSEN SUUNNITTELU

Jere Kalliosalmi
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Rakennetekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennetekniikka

Tekijä(t): Jere Kalliosalmi
Opinnäytetyön nimi: Sahatavaran varastointikatoksen suunnittelu
Työn ohjaaja(t): Pekka Kilpinen, DI
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: 57 + 11 liitettä

Varastointikatoksen merkitys sahapuutavaran varastoinnissa on suuri. Höylätyissä puutavaranipuissa muovit ovat nipun päällä suojana, mutta sahattu puutavara yleensä jatkokäsittellään, joten sen päälle ei laiteta käsittelyjen välissä suojamuovia. Puutavara ei voi jättää sateelta suojaamatta, joten se tarvitsee katoksen suojakseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella sahapuutavaran varastointikatos ja tuottaa suunnitelmista rakennuslupaan tarvittavat lupakuvat. Lisäksi tarkoituksena oli verrata kahden erilaisen vesikaton rakenneratkaisun kustannuksia ja työaikoja.

Varastointikatoksen suunnitelmissa huomioitiin Eurokoodien mukaiset määräykset. Laskelmissa käytettiin käsin laskennan lisäksi statiikkaohjelma Staad Pro QSE:tä sekä Finnwoodin puurakenteiden mitoitusohjelmaa. Lupakuvien tekemiseen käytettiin AutoCAD-suunnitteluohjelmaa. Työssä käytiin myös läpi rakennushankkeen kulkua tarveselvityksestä suunnitteluvaiheeseen asti.

Opinnäytetyössä saatiin mitoitettua varastointikatokselle kestävät rakenteet. Rakennukselle tehdystä kustannusarviosta havaittiin, että kantavalla poimulevypelillä tehdyllä vesikatteella kustannukset sekä työaika olivat pienemmät kuin nau-lalevyristikoilla tehty rakenne. Kustannuslaskelmien perusteella todettiin, että kantavalla poimulevypelillä toteutettu rakenne on kustannustehokkain ratkaisu vesikatteeksi tässä projektissa. Opinnäytetyön suunnitelmat hyödynnetään ke-sällä 2016, kun rakennus toteutetaan. Vesikateratkaisuna tullaan käyttämään kantavaa poimulevypeltiä.

Asiasanat: rakennesuunnittelu, rakennushanke, varasto, katos, liimapuu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural Engineering

Author(s): Jere Kalliosalmi

Title of thesis: Structure designing for sawn timbers storage shelter

Supervisor(s): Pekka Kilpinen, M.Sc.

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Pages: 57 + 11
appendices

The importance of the storage shelter for sawn timber storage is large. Planed-work timber bundles are protected by covering with plastic on top of the stack, but the sawn wood bundles are usually processed further, so they are not covered with protective plastic between the treatments. Clean wood can not be left without protection from the rain, so it needs shelter to protect it.

The aim of this Bachelor's thesis was to design a storage shelter of sawn timber plans and to produce the necessary building permit licensing images. In addition, as a purpose was to compare two different roof structure solution costs and the used working hours.

The requirements of the Eurocodes were taken into account in the design of storage shelter. Structural analysis program Staad Pro QSE and Finnwood's designing program for wooden structures was used for the calculations addition to manual calculation. AutoCAD design software was used to draw building permit designs. The thesis examines the proceeding of construction project from requirement analysis to the planning stage.

The structures of the storage shelters were planned to be durable in the thesis. In the cost estimate for the building it was found out that for roof structures produced by load-bearing sheets, the costs as well as working hours were smaller than using structures with roof trusses. On the basis of the cost calculations it turned out that for roof structures produced by load-bearing sheets was a cost-effective solution to roof structure on this project. The plans of this bachelor's thesis will be used next summer. Roofing solution will be used for load-bearing sheets.

Keywords: Structure design, storage, shelter, glued timber, building project

ALKULAUSE

Sahatavaran varastointikatoksen suunnittelu oli todella mielenkiitoinen ja opettavainen työ. Puurakenteiden suunnittelusta minulle on jonkin verran kokemusta jo kertynyt, mutta vastaavanlaista kohdetta ei ole tullut vielä vastaan aikaisemmin, joten haasteita ja opeteltavaa työssä riitti.

Haluan kiittää vaimoa ja perhettäni saamastani suuresta tuesta ja ymmärryksestä opinnäytetyötä tehdessäni.

Kiitokset kuuluvat myös opinnäytetyön tilaajalle ja ohjaavalle opettajalle hyvästä tuesta ja opastuksesta.

Oulussa 30.3.2016

Jere Kalliosalmi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 SAHATAVARAN VARASTOINTIKATOS	9
3 KATOKSEN SUUNNITTELUN PERUSTA	10
3.1 Rakennushanke	10
3.2 Tarveselvitys	10
3.3 Hankesuunnittelu	11
3.4 Rakennuksen suunnittelu	11
3.5 Kuormien määrittäminen	11
3.6 Kuormatyypit	12
3.6.1 Omapaino	13
3.6.2 Lumikuorma	13
3.6.3 Tuulikuorma	15
3.6.4 Kuormitusyhdistelmät	20
3.7 Materiaalien lujuusarvot	23
3.8 Rakennuksen jäykistäminen	23
3.9 Rakenteiden mitoitus	24
3.9.1 Perustusten mitoitus	24
3.9.2 Kantavan pystyrungon mitoitus (pilarit)	25
3.9.3 Kantavan vaakarungon mitoitus (palkit)	28
3.9.4 Vesikaton mitoitus	34
3.10 Määrä- ja kustannuslaskenta	34
4 SAHATAVARAN VARASTOINTIKATOKSEN SUUNNITELMAT	36
4.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu	38
4.2 Rakennesuunnittelu	39
4.2.1 Pilarin mitoitus	40
4.2.2 Palkin mitoitus	44
4.2.3 Vesikaton mitoitus	48

4.2.4 Perustusten mitoitus	49
4.3 Rakenteen jäykistäminen	51
4.4 Varastointikatoksen kustannusarvio	52
5 YHTEENVETO	54
LÄHTEET	55
LIITTEET	57

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan Tervolan Saha ja Höyläämö Oy:lle sahapuutavaran varastointikatos. Aluksi lähdetään liikkeelle hankesuunnittelulla, jossa määritellään esimerkiksi varastokatoksen sijainti ja koko. Työssä tehdään kohteen rakennesuunnittelu ja kustannusarvio sekä vertaillaan muutamia eri rakenneratkaisuja parhaan ja kustannustehokkaimman rakenteen löytämiseksi. Lisäksi tavoitteena on tuottaa tarvittavat rakennuslupapiirustukset kohteesta.

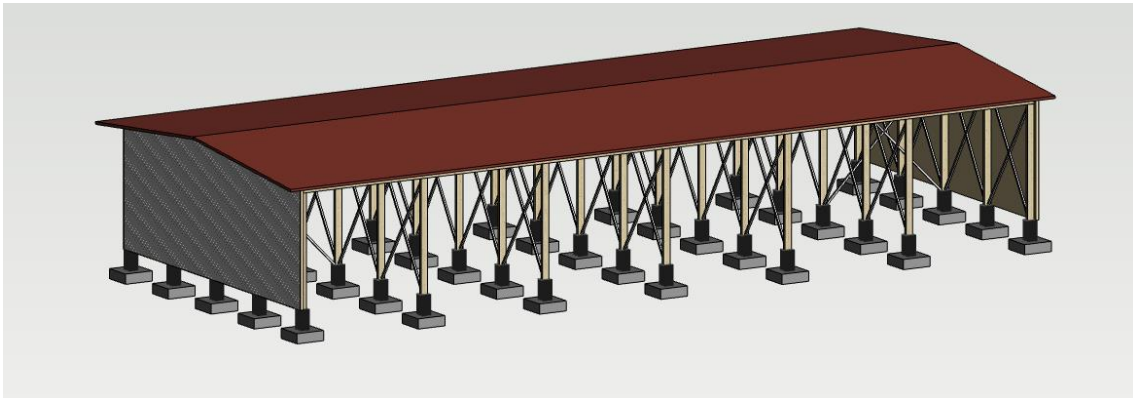
Tarvekartoituksen perusteella määritellään rakennukselle mitat ja sen jälkeen voidaan määrittellä rakenteiden kuormia ja mitoittaa rakenne. Kuormien määrittämisen ja mitoittamisen jälkeen voidaan tehdä työaika- ja määräluettelo, joista saadaan rakennukselle kokonaiskustannukset. Kustannuksista saadaan selville kustannustehokkain rakenneratkaisu. Työssä käydään läpi myös kokonaisvaltaisesti rakentamisen prosessia.

Työssä käytetään suunnittelun apuvälineinä laskenta- ja piirto-ohjelmia. Laskennassa käytetään statiikkaohjelmia rakenteen kuormien jakautumisen määrittelyssä eri rakenneosille. Kokonaislaskenta tehdään sekä käsin laskemalla että mitoitusohjelmilla.

Opinnäytetyön tilaajana on Rakennus ja Suunnittelu Jouni Vuokila Ky, joka urakoi tulevaisuudessa työssä suunnitellun varastointikatoksen. Yritys toimii Pohjois-Suomen alueella. Yrityksen toimenkuvana ovat monipuolisesti rakentamiseen ja suunnitteluun liittyvät tehtävät. Varastointikatos tulee höyläämö- ja sahayritykselle sahapuutavaran varastointiin.

2 SAHATAVARAN VARASTOINTIKATOS

Opinnäytetyössä suunnitellaan sahapuutavaran varastointikatokas. Rakennus rakennetaan kesällä 2016 Pohjois-Suomen lääniin, Tervolan kunnan alueelle. Havainnekuvana on Vertex BD 22 -suunnitteluohjelmistolla tehty 3D-malli opinnäytetyön kohteesta.



KUVA 1. Varastointikatoksen 3D-malli ilman maastoa

Varastointikatoksen avonaisen sivun pituus on 41 metriä, päätysivun pituus on 17 metriä. Korkeutta rakennuksella on räystäällä maanpinnasta 6,65 metriä. Katos on perustettu pilarianturoiden varaan ja runkomateriaalina toimii liimapuinen pilari-palkki runko.

3 KATOKSEN SUUNNITTELUN PERUSTA

3.1 Rakennushanke

Rakennushankkeen vaiheet ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, suunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto. Tässä työssä käydään läpi katoksen suunnittelun vaiheet. Hankkeen osapuolet ovat käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelija, rakentaja ja viranomainen. Riippuen hankkeen laajuudesta ja vaativuudesta, yksi henkilö voi hoitaa kaikki tehtävät pienessä hankkeessa, kun taas laajassa hankkeessa yhtä tehtävää voi hoitaa esimerkiksi työryhmä tai organisaatio. (1, s. 3.)

Rakennushankkeen tehtävät ovat todellisuudessa kokonaisuus ja työtehtäviä ei voida ajatella irrallisina, vaan kaikki vaiheet ovat kytköksissä keskenään. Eri osapuolten välinen sujuva yhteistyö tuottaa toimivan ratkaisun ja parantaa hankkeen läpivientiä. (1, s. 3.)

Taulukossa 1 on havainnollistavasti esitetty normaalin rakennushankkeen työvaiheet ja niissä mukana oleva osapuoli.

TAULUKKO 1. Rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet (2)

	Hankkeen osapuolet	K	R	S	U	V
Hankkeen vaiheet		Käyttäjä	Rakennuttaja	Suunnittelija	Rakentaja	Viranomainen
TS	Tarveselvitys					
HS	Hankesuunnittelu					
RS	Rakennussuunnittelu					
RA	Rakentaminen					
KO	Käyttöönotto					

3.2 Tarveselvitys

Tarveselvitys on rakennushankkeen ensimmäinen vaihe. Rakennushankkeen tilaaja tekee tarveselvityksen, jossa se miettii hankkeen tarpeellisuuden, edellytykset ja toteuttamismahdollisuudet. Tarveselvityksen pohjalta tilaaja tekee hankesuunnittelupäätöksen. Siitä selviää, aletaanko hanketta alustavasti suunnittelemaan. (1, s. 3.)

3.3 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa käydään yksityiskohtaisesti läpi hankkeen tarpeet, toteutettavuus sekä vaihtoehtoiset toteuttamistavat. Siinä arvioidaan ja selvitetään käyttäjän tarpeiden mukaan rakennuksen tilantarve, tilankäytön aiheuttamat vaatimukset ja varustelut. Suunnitelmassa asetetaan myös hankkeelle laajuus- ja laatutaso, jotka määrittävät hankkeen aikataulun ja kustannukset. Suunnitelman perusteella tehdään investointipäätös. (1, s. 3.)

Näiden tietojen pohjalta voidaan tehdä kohteen rakennussuunnittelu, eli arkkitehtonista suunnittelua. Kun arkkitehtoninen suunnittelu on edennyt pitkälle, voidaan luonnoksista alkaa määrittämään lähtötietoja rakennesuunnittelulle. Lisäksi tarvitaan lähtötiedoiksi rakennuspaikasta maanpinnan korkeusasemat, vieressä olevien rakennusten korkeusasemat sekä maaperätutkimustulokset. Rakennuspaikan maan kantokestävyys pitää olla selvitettyinä, jotta saadaan suunniteltua oikeanlainen perustamistapa rakennukselle. (3, s. 4.)

3.4 Rakennuksen suunnittelu

Suunnitteluvaihe sisältää hankkeen rakennus- ja rakennesuunnittelun. Suunnittelu perustuu hankesuunnitelmaan ja sen pohjalta suunnitellaan kohteen arkkitehtoniset- ja tekniset ratkaisut sekä toteuttamistapa. Osapuolina suunnittelussa ovat pääsuunnittelija, arkkitehti, rakennesuunnittelija, LVISA-suunnittelijat ja kustannussuunnittelija/määrälaskija. Pääsuunnittelija voi toimia useampanakin suunnittelijana, esimerkiksi rakennesuunnittelijana. Kaikissa kohteissa ei tarvita kaikkia suunnittelijoita, vaan tarvittavat suunnittelijat määräytyvät kohteen tarpeiden mukaan. (1, s. 13.)

3.5 Kuormien määrittäminen

Kuormien määrittämisen perustana toimivat standardit. Kuormien standardi on SFS-EN-1991, joka jakautuu vielä osiin eri kuormatyypeille. Ne määrittävät tarkasti yleiset kuormalajeille ja tyypeille ohjeelliset kuormat. Rakennukselle määritellään kuormat kahdelle eri rajatilalle, joita käytetään mitoituksessa. Rajatiloja ovat käyttörajatila ja murtorajatila. Käyttörajatilassa kuormat ovat ominaiskuor-

mia, eli ne ovat kuormien todellisia arvoja ilman osavarmuuskertoimia. Murtorajatilassa kuormat ovat mitoituskuormia, eli niille on asetettu osavarmuuskertoimet, jotka määräytyvät kuormatyypeistä ja kuorman vaikutusajasta. (4, s. 19–22.)

On myös sellaisia kuormia, mitä standardeissa ei ole, mutta ne ohjeistavat erikoiskuormien oikeanlaiseen huomioonottamiseen. Tällaisia ovat esimerkiksi teollisuusrakentamisessa yleiset isot laitteet. Niihin saadaan kuormat laitevalmistajilta. (4, s. 63, 70.)

3.6 Kuormatyypit

Kuormat luokitellaan viiteen eri luokkaan ajallisen vaihtelun mukaan. Kuormatyypit ovat pysyvät kuormat, muuttuvat kuormat ja onnettomuuskuormat. Aikaluokkia ovat pysyvä, pitkäaikainen, keskipitkä, lyhytaikainen ja hetkellinen. Tyypillisimmät kuormalajit ovat omapaino, lumikuorma, tuulikuorma ja hyötykuorma. (5, s. 10–15.)

Taulukossa 2 on esitetty kuormien jaottelu kolmen eri aikaluokan perusteella. Siinä on yhdistettynä pitkäaikainen pysyvään aikaluokkaan sekä lyhytaikainen keskipitkään aikaluokkaan. Tämä yhdistely on varmalla puolella, koska pysyvämmällä kuormalla on pienempi kerroin mitoituslujuusarvon laskentaa varten. (5, s. 14.)

Kuorman aikaluokka	Ominaiskuorman vaikutusajan suuruusluokka	Kuormitukset
Pysyvä	yli 6 kuukautta	Omapaino, koneet, laitteet, kevyet väliseinät, varastoitu tavara
Keskipitkä	10 minuuttia - 6 kuukautta	Lumi, hyötykuormat, kosteusrasitukset, asennuskuormat
Hetkellinen	alle 10 minuuttia	Tuuli, onnettomuuskuormat

TAULUKKO 2. Kuormien jaottelu aikaluokkiin (5, s. 15)

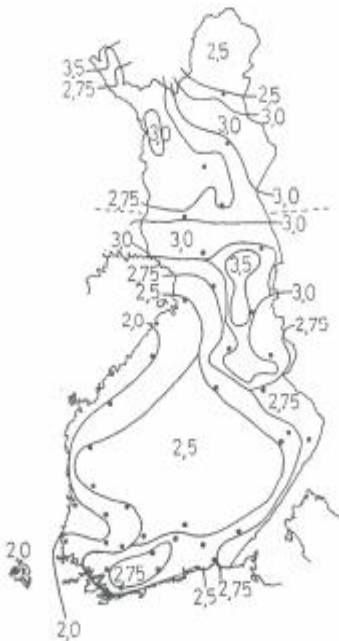
Riippuen rakennuskohteesta kuormia voivat olla myös esimerkiksi kone- ja laitekuormat, kosteusrasitukset sekä asennuskuormat. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että rakenne kestää asennusaikana rakentamisesta johtuvat kuormat. (5, s. 15.)

3.6.1 Omapaino

Omapaino luokitellaan pysyviin kuormiin. Niihin kuuluvat esimerkiksi rakenteiden ja kiinteiden laitteiden omapaino. Joskus rakenteiden omapaino voi olla massiivisista rakenteista (teräsbetoni) ja painavista laitteista johtuen merkittävästi suuri. Silloin pelkästään omapaino voi olla kuormien yhdistelyssä mitoittava tekijä. (5, s. 10.)

3.6.2 Lumikuorma

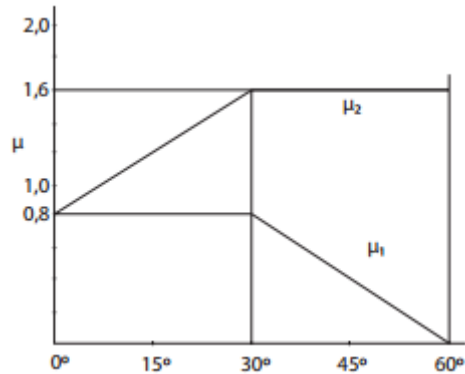
Lumikuorma on muuttuva kiinteä kuorma. Sen määrä vaihtelee Suomessa melko paljon ja sen takia lumen määrä on määritettävä rakennuspaikkakohtaisesti. Lumikuormalle löytyy Eurokoodista ja suunnitteluohjeesta kuvakartta (kuva 2), mistä voidaan lukea ominaislumikuorman arvon maassa (kN/m^2) kyseessä olevalle rakennuspaikalle Suomessa.



KUVA 2. Eurokoodin Suomen kansallisen liitteen mukainen peruslumikuorma maassa [kN/m^2] (6, s. 4)

Maassa oleva lumikuorma muutetaan muuntokerroimella katolla olevaksi lumikuormaksi, jota käytetään mitoituksessa. Muuntokerroin voidaan lukea kuvaa-

jasta katon kaltevuuden mukaan (kuva 3). Kartasta luettavat arvot ovat minimiarvoja ja sovittaessa voidaan käyttää suurempia arvoja mitoituksessa, jos katsotaan tarpeelliseksi. (4, s. 87–92.)



KUVA 3. Lumikuorman muotokerroin katon kaltevuuden mukaan (4, s. 95)

Lumikuorman määrittelyssä pitää ottaa huomioon lumen mahdollinen kinostuminen. Kinostumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi katon muoto, rakennuksesta tulevat lämpökuormat, katemateriaali, ympäröivä maasto ja viereiset rakennukset. (4, s. 94.)

Kuvien 2 ja 3 perusteella voidaan määrittää lumikuorma katolla kaavasta 1 (4, s. 94).

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

KAAVA 1

μ_i = muotokerroin

C_e = tuulensuojaisuuskerroin

C_t = lämpökerroin

s_k = peruslumikuorma maassa.

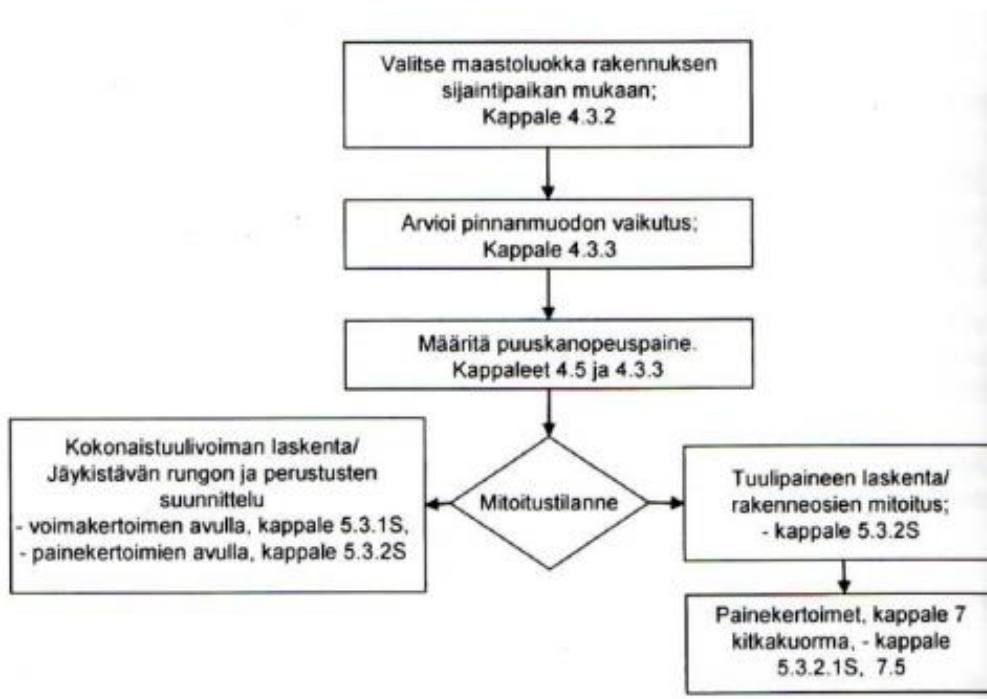
Kerroin C_e :n arvona Suomessa käytetään 1,0, paitsi tuulisilla, laakeilla ja esteettömillä aloilla katoilla, joiden lyhempi sivumitta on alle 50 metriä. Myös kertoimen C_t arvo on normaalisti 1,0. Tässä työssä on kyseessä kylmä varistorakennus teollisuusalueella, joten kaava 1 supistuu kaavan 2 mukaiseen muotoon. (4, s. 94.)

$$S = \mu_i * S_k$$

3.6.3 Tuulikuorma

Tuulikuorma luokitellaan muuttuvaksi kiinteäksi kuormaksi. Ne esitetään yksinkertaistettuna paineiden ja voimien joukkona, jotka vastaavat tuulenpuuskien suurimpia vaikutuksia. Tuulikuorman rasitukset voidaan laskea kokonaisvoimana koko rakennukselle tai tuulenpaineina yksittäisille rakennusosille. (4, s. 134.)

Kuvassa 4 esitetään hyvin tuulikuorman laskennan vaiheet. Kaavion lopussa on valintatilanne, jonka peruste määräytyy tarkasteltavasta tilanteesta. Kokonaisvoiman laskentaa käytetään rungon jäykistykseen ja perustusten mitoituksessa ja toista reittiä yksittäisten kappaleiden mitoituksessa.



KUVA 4. Tuulikuorman laskennan kulkukaavio (4, s. 124)

Maastoluokan valinta perustuu rakennuspaikan sijainnin ja sen ympäristön mukaan. Rakennuspaikan avoimuus, maaston pinnanmuoto ja ympärillä olevat rakennukset määräävät käytettävän maastoluokan. Taulukossa 3 on määritelty

kunkin maastoluokan kriteerit. Tässä työssä rakennuspaikan sijainnilla on tasainen maasto ja ympäristössä on tiheä korkea puusto ja ympärillä tuulelta suojaavia rakennuksia. Työssä on käytetty maastoluokkaa III.

TAULUKKO 3. Luokittelu eri maastoluokkien kriteereistä (7, s. 36)

Maastoluokka
0 Avomeri tai merelle avoin rannikko
I Järvet tai tasanko, jolla on enintään vähäistä kasvillisuutta eikä tuuliesteitä
II Alue, jolla on matalaa heinää tai siihen verrattavaa kasvillisuutta ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus
III Alueet, joilla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä tuuliesteitä, joiden keskinäinen etäisyys on enintään 20 kertaa esteen korkeus (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä)
IV Alueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennusten peitossa ja niiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m

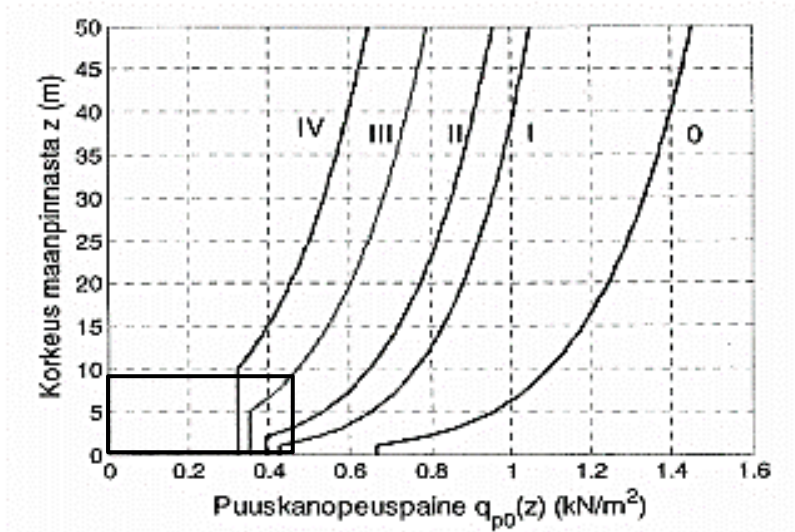
Maaston kaltevuutta ei tarvitse tässä työssä ottaa huomioon, koska maasto on rakennuspaikalla tasainen. Maaston kaltevuus tulee huomioida silloin, kun se ylittää arvon 0,05. (4, s. 129.)

Tuulikuorman laskennan lähtökohtana on tuulen nopeuspaineen ominaisarvo $q_{p0}(z)$. Se ei itsessään sisällä maaston paikallisia pinnanmuodon vaikutuksia vaan ne otetaan huomioon kaavassa 3. (4, s. 130.)

$$q_p(z) = \gamma_D q_{p0}(z)$$

KAAVA 3

Kaavassa 3 kerroin γ_D ottaa huomioon maaston pinnanmuodot. Jos maasto on tasainen, niin kerroin $\gamma_D = 1,0$. Tällöin $q_{p0}(z) = q_p(z)$. Nopeuspaineen arvo voidaan määrittää kaaviosta lukemalla (kuva 5) tai interpoloimalla arvo taulukosta rakennuksen korkeuden ja maastoluokan suhteen. (4, s. 130, 132.)



KUVA 5. Nopeuspaineen ominaisarvo eri maastoluokissa (4, s. 132)

Rakennuksen pintoihin vaikuttava tuulikuorma voidaan laskea kokonaistuulikuormana tai painekertoimien avulla. Tässä työssä käytetään painekertoimia, joilla voidaan mitoittaa rakenneosia sekä käyttää niitä kokonaisvoiman laskentaan. Päätyseinälle voidaan käyttää ulkopintoihin vaikuttavan paineen laskentaan kaavaa 4. (4, s. 134.)

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

KAAVA 4

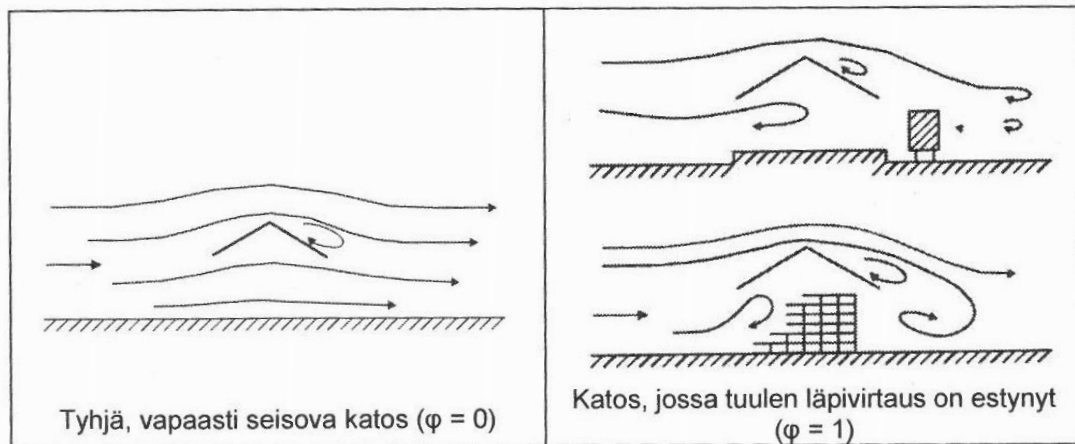
w_e on korkeudella z yksittäiseen pintaan vaikuttava ulkopuolinen paine

$zq_p(z_e)$ on puuskanopeuspaine

c_{pe} on ulkoisen paineen painekerroin

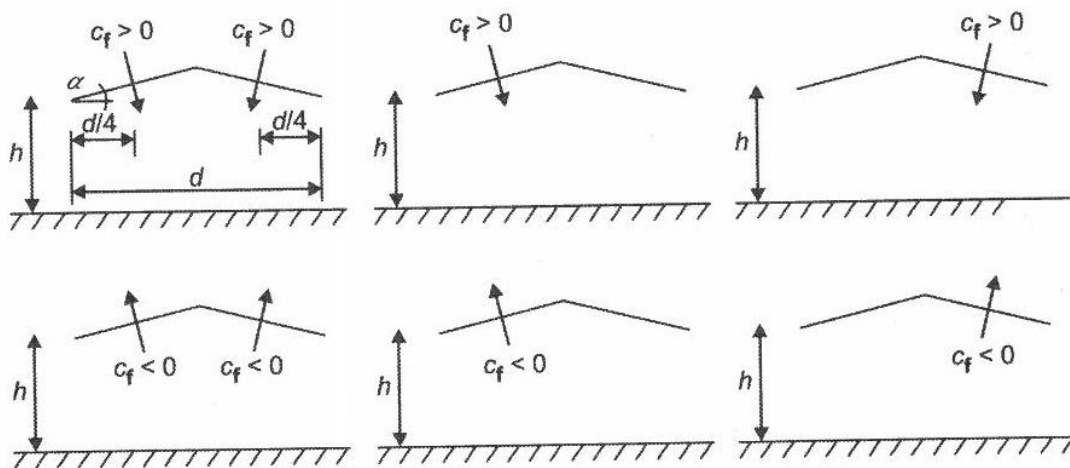
Tässä opinnäytetyössä kyseessä on katosrakennus, jossa rakennuksen pitkät sivut ovat auki ja lyhyet päätysivut ovat umpinaiset. Tuulikuorman laskentaan voidaan käyttää päätyseinien osalta yksinkertaistettua menetelmää kokonaistuulikuorman laskentaan, mutta pitkälle sivulle kohtisuoraan tulevan tuulikuorman laskenta pitää suorittaa osapainekertoimien avulla.

Katoksen tuulikuormien määrittämiseen osapainekertoimilla tarvitaan katoksen umpinaisuussuhde ϕ . $\phi=0$ tarkoittaa tyhjää katosta ja $\phi=1$ tarkoittaa täysin tukittua katosta, se ei tarkoita kuitenkaan suljettua rakennusta. Kuvassa 6 on hyvin havainnollistettu umpinaisuussuhdetta. (4, s. 159–160.)



KUVA 6. Ilman virtaukset katoksen ympärillä eri umpinaisuussuhteilla (4, s. 160)

Umpinaisuussuhteesta tulee käyttää pahinta mahdollista tapausta. Katoksen tulee kestää kuormat kuvan 7 mukaan. (4, s.160, 162.)



KUVA 7. Harjakatoksen kuormitusjärjestelyt (4, s. 162)

Katosten osapainekertoimista on taulukko RIL 201-1-2007-kirjassa, josta käyvät ilmi katon eri osa-alueille osapainekertoimet eri umpinaisuussuhteen sekä katon kaltevuuskulman arvoilla. Arvot on esitetty taulukossa 4. (4, s. 163.)

TAULUKKO 4. $c_{p,net}$ arvoja katon eri vyöhykkeille (4, s. 163)

Katon kulma α [°]	Tukkeuma φ	Kokonais-Kertoimet	Paikalliset kertoimet $c_{p,net}$			
			A	B	C	D
-20	Maksimi $\forall \varphi$	+0,7	+0,8	+1,6	+0,6	+1,7
	Minimi $\varphi = 0$	-0,7	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6
	Minimi $\varphi = 1$	-1,3	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
-15	Maksimi $\forall \varphi$	+0,5	+0,6	+1,5	+0,7	+1,4
	Minimi $\varphi = 0$	-0,6	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6
	Minimi $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-10	Maksimi $\forall \varphi$	+0,4	+0,6	+1,4	+0,8	+1,1
	Minimi $\varphi = 0$	-0,6	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6
	Minimi $\varphi = 1$	-1,4	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-5	Maksimi $\forall \varphi$	+0,3	+0,5	+1,5	+0,8	+0,8
	Minimi $\varphi = 0$	-0,5	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6
	Minimi $\varphi = 1$	-1,3	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
+5	Maksimi $\forall \varphi$	+0,3	+0,6	+0,8	+1,3	+0,4
	Minimi $\varphi = 0$	-0,6	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Minimi $\varphi = 1$	-1,4	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5

Kokonaistuulivoiman laskentaan käytetään kaavaa 5. Siinä oletetaan, että tuulenpaineella on kaikissa korkeusasemissa sama arvo kuin rakennuksen harjalla vallitseva arvo. Rakennukseen kohdistuva kokonaisvoima F_w voidaan tällöin laskea kaavalla 5. (4, s. 136.)

$$F_w = c_s c_d * c_f * q_p(h) * A_{ref}$$

KAAVA 5

F_w on kokonaisvoima [kN]

$c_s c_d$ on rakennekerroin, yleensä käytetään arvoa 1,0 ($h < 15m$)

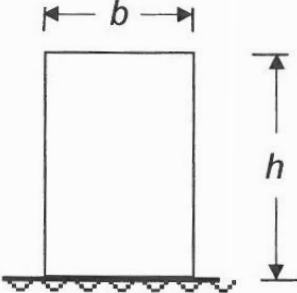
c_f on voimakerroin

$q_p(h)$ on tuulen nopeuspaine rakennuksen harjan korkeudella

A_{ref} on tuulikuorma vaikutusala

Voimakerrointa c_f määriteltäessä tulee määrittää rakennuksen suhteellinen hoikkuus λ , joka määräytyy rakennuksen korkeuden mukaan. Hoikkuuden ja sivusuhteen d/b (pituus/leveys) perusteella voidaan määrittää voimakerroin c_f taulukoista 5 ja 6. (4, s.136–137.)

TAULUKKO 5. Suhteellinen hoikkuus (4, s. 136)

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>

TAULUKKO 6. C_f :n määrittelyyn taulukko (4, s. 137)

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

3.6.4 Kuormitusyhdistelmät

Kuormitusyhdistelminä tulee käyttää tilanteesta riippuen aina suurimman rasituksen tuottanutta yhdistelmää. Tässä työssä käytetään käsin laskennassa neljää eri kuormitustapausta, joista kutakin käytetään eri tilanteissa mitoittavana yhdistelmänä. Tietokoneohjelmissa löytyy valmiiksi jo monia erilaisia kuormitustapauksia ja niillä saa helposti haettua määräävän yhdistelmän.

K_{FI} on tässä työssä 0,9, koska kyseessä on varastorakennus ja siinä on vähäiset seuraamukset ihmishenkien sekä taloudellisten menetysten takia. Seuraamusluokka on CC1. (10, s. 26.)

Rakenteen tasapaino ja kestävyys tarkastetaan laskemalla mitoituskuorma aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelmillä. Näistä yhdistelmistä mitoituksessa käytetään kaavoista 6-8 suurimman arvon tuottanutta kuormitusyhdistelmää (5, s. 9.)

Pysyvän aikaluokan kuormitusyhdistelmä saadaan kaavasta 6.

$$P_d = 1,35 * G_k \quad \text{KAAVA 6}$$

Keskipitkän aikaluokan kuormitusyhdistelmä lasketaan kaavalla 7.

$$1,15 * G_k + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,2} * Q_{k,2} \quad \text{KAAVA 7}$$

Hetkellisen aikaluokan suurin kuormitusyhdistelmä saadaan kaavalla 8.

$$\max \begin{cases} 1,15 * G_{k,j} + 1,5 * Q_{k,t} + 1,5 * \psi_{0,1} * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,2} * Q_{k,2} \\ 1,15 * G_{k,j} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,2} * Q_{k,2} + 1,5 * \psi_{0,t} * Q_{k,t} \end{cases} \quad \text{KAAVA 8}$$

$G_{k,j}$ on pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,1}$ on lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi

$Q_{k,2}$ on lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista pienempi

$Q_{k,t}$ on tuulikuorman ominaisarvo

ψ_0 on kyseessä olevan kuormaluokan yhdistelykerroin

Perustusten stabiiliteetin laskentaa varten on esitetty seuraavanlainen rakenteen kestävyuden kuormitusyhdistelmä kaavassa 9.

$$1,1 K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9 K_{FI} G_{kj,inf} + 1,5 K_{FI} \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{KAAVA 9}$$

$G_{kj,sup}$ on epäedullisen pysyvän kuorman ominaisarvo

$G_{kj,inf}$ on edullisen pysyvän kuorman ominaisarvo

$Q_{k,1}$ on määrävän muuttuvan kuorman ominaisarvo

$Q_{k,i}$ on muun muuttuvan kuorman ominaisarvo

K_{FI} on seuraamusluokan kuormakerroin

$\psi_{0,i}$ on muun muuttuvan kuorman yhdistelykerroin

Taulukossa 7 on esitetty eri kuormitustapauksia, jotka ovat katosrakennuksille merkitseviä tapauksia.

TAULUKKO 7. Kuormitustapaukset

Kuormitustapaus	KRT	MRT
KT1 omapaino+100 % lumi, aika- luokka keskipitkä	$P_k=g_k+q_{s,k}$	$P_d=K_{FI}^*[\gamma_G^*g_k+\gamma_Q^*q_{s,k}]$
KT2 omapaino+100 % lumi+60 % tuuli, aikaluokka hetkellinen	$P_k=g_k+q_{s,k}$	$P_d=K_{FI}^*[\gamma_G^*g_k+\gamma_Q^*q_{s,k}+$ $\gamma_Q^* \Psi_{0,2}^*q_{w,k}]$
KT3 omapaino+70 % lumi+100 % tuuli, aikaluokka hetkellinen	$P_k=g_k+q_{s,k}$	$P_d=K_{FI}^*[\gamma_G^*g_k+\gamma_Q^*$ $\Psi_{0,1}^*q_{s,k}+\gamma_Q^*q_{w,k}]$
KT4 omapaino+100 % tuuli, aika- luokka hetkellinen	$P_k=g_k+q_{s,k}$	$P_d=K_{FI}^*[\gamma_G^*g_k+\gamma_Q^*q_{w,k}]$

3.7 Materiaalien lujuusarvot

Tässä työssä tarvittavien aikaluokkien mukaisten materiaalien mitoituslujuudet lasketaan puurakenteille kaavojen 10–13 mukaan (5, s.15).

$$\text{Taivutuslujuus } f_{m,d} = k_h * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M \quad \text{KAAVA 10}$$

$$\text{Puristuslujuus } f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M \quad \text{KAAVA 11}$$

$$\text{Leikkauslujuus } f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M \quad \text{KAAVA 12}$$

$$\begin{aligned} \text{Poikittainen puristuslujuus } f_{c,90,d} \\ = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M \quad \text{KAAVA 13} \end{aligned}$$

k_h on poikkileikkauksen dimensioista riippuva kerroin

k_{mod} on aikaluokasta riippuva kerroin

$f_{x,k}$ on puutavaran ominaislujuus kyseiselle rasitustyypille

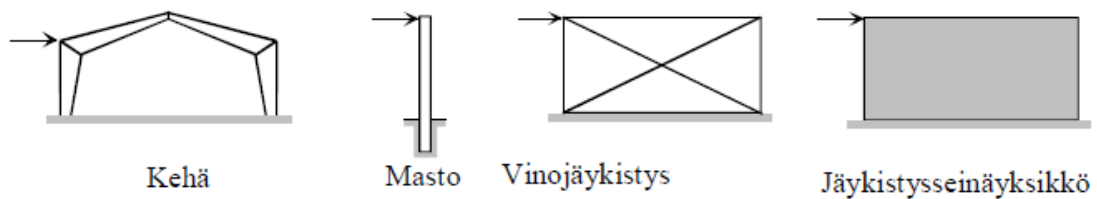
γ_M on materiaalin mukainen osavarmuuskerroin

3.8 Rakennuksen jäykistäminen

Jäykistämisen peruseriaatteena on siirtää vaakakuormat perustuksille. Kaikkien yksittäisten rakennusosien tulee kestää ulkoiset rasitukset. Jäykistäminen käsittää koko rakennuksen jäykistämisen sekä yksittäisten komponenttien stabiiliteetin. (17, s. 3.)

Jäykistysuunnitelmissa tulee esittää yksinkertaisesti, miten voimat siirtyvät rakennustasolla rakenteilta toisille ja aina perustuksille asti. Yksinkertainen lyhyt kuvaus ja selkeä piirustus auttavat kaikkia hankkeeseen osallistuvia ymmärtämään jäykistykseen periaatteet kyseisestä kohteesta. (17, s. 4–6.)

Esimerkkejä jäykistysrakenteista on kuvassa 8.



KUVA 8. Erilaisia jäykistysrakenteita esimerkkejä (17, s. 12)

3.9 Rakenteiden mitoitus

Mitoitettaessa rakennetta pitää mitoittaa kaikkien rakennusosien kestävyys ja ottaa huomioon niiden toimivuus yhdessä. Mitoitus tapahtuu standardeja ja määräyksiä noudattaen. Työssä kohteena oleva rakennus sijaitsee Suomessa, joten eurokoodeista pitää ottaa huomioon myös eurokoodin Suomen kansallinen liite. (4, s. 13, 23.)

3.9.1 Perustusten mitoitus

Perustusten suunnittelussa tarvitaan lähtötiedoiksi vähintään mitoitettu pohjapiirros, pohjatutkimusten tulokset ja rakenteelta perustuksille tulevat kuormat. Perustusten riittävä kantokestävyys saadaan, kun rakenteilta tuleva kuorma suhteutetaan maan geotekniseen kantavuuteen. Tuloksena saadaan perustuksille riittävät mitat. Yleensä geosuunnittelija määrittää pohjatutkimusten perusteella rakennuspaikan maaperälle sen geoteknisen kantavuuden ja rakennesuunnittelija määrittelee ja mitoittaa sen perusteella oikeanlaisen perustamisratkaisun. (8.)

Perustusten mitoituksen kaavan takana on maan geoteknisen kantavuuden laskennan kaavat ja perusta, mutta niitä ei käydä tässä työssä läpi, koska kohteeseen on tehty pohjatutkimukset ja sitä kautta on tiedossa maaperän jännitysparametrit.

Perustusten mitoitukseen käytetään kaavaa 14 (9).

$$V_d \leq R_d,$$

KAAVA 14

V_d on perustuksille tuleva pystysuuntainen kuorma

R_d on maan murtorajatilan kantokestävyys [kN/m²]

Tätä kaavaa soveltamalla kulloiseenkin tilanteeseen saadaan perustuksille vaadittavat dimensiot. Perustusten raudoitus pitää mitoittaa vielä erikseen taivutuksen ja leikkausrasitusten mukaan.

Perustusten raudoituksen ohjeet löytyvät Betoniyhdistyksen suunnitteluohjekirjasta BY211. Siinä on yksityiskohtaisesti selitetty perustuksen raudoituksen suunnittelu ja sieltä löytyvät myös hyvät esimerkit. Tässä työssä perustusratkaisuksi tulevat pilarianturat ja niiden raudoituksen mitoittamiseen käytetään SKOL-laskentapohjaa.

Perustuksille pitää tehdä myös tarkastelut perustusten stabiliteetin säilymiselle. Sen tarkasteluun käytetään rakenteen kestävyuden kuormitusyhdistelmää.

3.9.2 Kantavan pystyrungon mitoitus (pilarit)

Pilareiden mitoituksessa tulee käydä läpi pilariin kohdistuvat voimat eri kuormitusyhdistelmillä ja mitoittaa kyseiseen mitoituslaitteeseen pahimmalla mahdollisella yhdistelmällä. Rakenteen jäykistämisyhteisyydestä määräytyy pilareille kiinnitystapa perustuksiin ja sitä kautta pilarin mitoittamiseen esimerkiksi nurjahduspituus. Pilari mitoitetaan pystykuorman ja momentin yhteisvaikutukselle. (10, s. 65–75.)

Mitoituksen lähtötiedoiksi tarvitaan pilarin pituus sekä käytettävä materiaali sekä sen lujuusluokka. Kuormitusyhdistelmistä määräytyy mitoituksessa käytettävä aikaluokka sekä sitä kautta tarvittavat materiaalin lujuusarvot.

Mitoituksen aluksi käsin laskennassa arvioidaan pilarin poikkileikkauksen dimensiot ja kokeilemalla saadaan selville, pitääkö niitä muuttaa vai kestävätkö ne rasitukset. Laskentaohjelmilla saadaan rasitusten kautta sopivat dimensiot ja ohjelmilla voidaan vaivattomammin kokeilla erilaisia ratkaisuja.

Käsin laskennassa lasketaan poikkileikkauksen dimensioista tarvittavat arvot, kuten poikkileikkauksen pinta-ala, taivutusvastus ja neliömomentti. Kaavat näiden suureiden laskentaan on esitetty kaavoissa 15–17.

Pinta-ala A voidaan laskea kaavasta 15.

$$A=bh$$

KAAVA 15

Taivutusvastus W lasketaan kaavalla 16.

$$W=bh^2/6$$

KAAVA 16

Neliömomentti I lasketaan kaavalla 17.

$$I=bh^3/12$$

KAAVA 17

b on leveys

h on korkeus [mm]

Pilarin mitoituksessa kiinnitystapa perustuksiin ja pilarin yläpään tuenta määrittää sen nurjahduspituuden. Taulukossa 8 on esitetty pilarin tuentatavasta johdettu nurjahduspituuden kerroin.

TAULUKKO 8. Puristetun sauvan nurjahduspituuksia L_c , kun sauvan pituus on L (5, s. 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

Pilarin mitoituksen kulkuun tarvitaan kaavat 18–20 (10, s. 72–76). Jäyhyysäde i lasketaan kaavalla 18 ja hoikkuus $\lambda_{rel,m}$ lasketaan kaavalla 20. Sen laskemiseen tarvitaan kaavasta 19 saatavaan λ :n arvoa.

$$i = \sqrt{I/A}$$

KAAVA 18

$$\lambda = \frac{L_c}{i} \quad \text{KAAVA 19}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{KAAVA 20}$$

$E_{0,05}$ on materiaalin kimmomoduuli

Nurjahduskerroin k_c :n laskemiseen tarvitaan kaavasta 21 saatavaa k :n arvoa ja kerroin k_c :n laskemiseen käytetään kaavaa 22.

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] \quad \text{KAAVA 21}$$

β_c on 0,1 (liimapuulle)

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \quad \text{KAAVA 22}$$

Puristus- ja taivutusrasitusten yhteisvaikutus tarkastellaan kaavalla 23. Kaava ottaa huomioon normaalivoiman sekä taivutuksen aiheuttaman yhteisrasituksen.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{N_d/A}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{M_d/A}{f_{m,d}} \quad \text{KAAVA 23}$$

$\sigma_{c,0,d}$ on puristusjännitys

k_c on nurjahduskerroin

$f_{c,0,d}$ on materiaalin mitoituspuristuslujuus

$\sigma_{m,d}$ on taivutusjännitys

$f_{m,d}$ on materiaalin mitoitustaivutuslujuus

N_d on puristusvoiman mitoitusarvo

M_d on taivutusrasituksen mitoitusarvo

A on poikkileikkauksen pinta-ala

Pilarille pitää tehdä myös leikkausmitoitustarkastelu. Mitoitusehto leikkauskestävyydelle määräytyy kaavan 24 perusteella.

$$\frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{3}{2} * \frac{V_d/A}{f_{v,d}} \leq 1$$

KAAVA 24

$\sigma_{v,d}$ on leikkausjännitys

$f_{v,d}$ on materiaalin mitoitusleikkauslujuus

V_d on leikkausrasituksen mitoitusarvo

A on poikkileikkauksen pinta-ala

Jos edellä mainitut kaavat täyttävät ehdot, niin poikkileikkaus kestää pilarille tulevat rasitukset.

3.9.3 Kantavan vaakarungon mitoitus (palkit)

Palkin mitoituksessa on tarkasteltava murtorajatilassa sen taivutus-, leikkaus-, kiepahdus- ja tukipainekestävyys. Käyttörajatilassa on tarkastettava palkin taipumat, että ne ovat sallituissa rajoissa (10, s. 65–70, 89–90).

Tässä työssä kantavat palkit ovat kaksiaukkoisia, eli jokainen palkki tukeutuu yhteensä kolmeen pilariin ja palkilla on kaksi jänneväliä. Tällöin suurimmat rasitukset kohdistuvat palkin keskituen kohdalle.

Taivutuskestävyys

Mitoitusehtona taivutuskestävyyden tarkastelussa on kaava 25 (10, s. 68).

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{m,d}$$

KAAVA 25

$\sigma_{m,d}$ on taivutusjännitys [N/mm²]

M_d on mitoitusmomentti [Nmm]

W on poikkileikkauksen taivutusvastus [mm³]

$f_{m,d}$ on materiaalin taivutusmitoituslujuus [N/mm²]

Leikkauskestävyys

Leikkauskestävyyden tarkastelussa mitoitusehtona on kaava 26 (10, s. 69)

$$\tau_d \leq f_{v,d} = \frac{V_d}{A} \leq f_{v,d} \quad \text{KAAVA 26}$$

τ_d on leikkausjännitys [N/mm²]

V_d on mitoittava leikkausvoima [N]

A on poikkileikkauksen pinta-ala [mm²]

$f_{v,d}$ on materiaalin leikkausmitoituslujuus [N/mm²]

Kiepahduskestävyys

Kiepahdustarkastelun mitoitusehtona tapauksessa, jossa ainoastaan taivutusmomentti vaikuttaa palkin vahvemmassa suunnassa, tulee täyttää seuraava ehto kaavan 27 mukaan (10, s. 76).

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} * f_{m,d} \quad \text{KAAVA 27}$$

$\sigma_{m,d}$ on taivutusjännitys [N/mm²]

k_{crit} on kiepahdusriskin kerroin, jolla huomioidaan pienentynyt taivutuskestävyys

$f_{m,d}$ on materiaalin taivutusmitoituslujuus [N/mm²]

Kiepahduskestävyyden mitoitusehtoon tarvitaan kaavat 28–30. Suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys saadaan kaavasta 28 (10, s. 78).

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c \times b^2}{h \times l_{ef}} \times E_{0,05} \quad \text{KAAVA 28}$$

c on materiaalista riippuva kerroin, liimapuulle 0,71

b on palkin leveys

h on palkin korkeus

l_{ef} on palkin tehollinen pituus, joka riippuu tuentaehdoista ja kuorman jakautumisesta

$E_{0,05}$ on materiaalin kimmokerroin

Taulukossa 9 on esitetty jännevälin l_{ef} ja todellisen jännevälin l suhde tapauksissa, joissa palkki ei pääse tuillaan kiertymään pituusakselinsa ympäri ja kuormitus vaikuttaa palkin painopisteen korkeudella. Jos kuormitus vaikuttaa palkin puristetulla yläreunalla, tehollisen pituuden arvoa suurennetaan $2h$ mitan verran. Mitta h on palkin korkeus. Eli jos on tasainen kuorma ja se vaikuttaa palkin yläreunassa, l_{ef} arvoksi tulee $0,9 \cdot L + 2 \cdot h$. Jos palkki taas on kiepahdustuettu välistä, kaava on muuten sama mutta pituuden L tilalla käytetään kiepahdustukien välistä etäisyyttä a . (10, s. 78.)

TAULUKKO 9. Tehollisen pituuden suhde jänneväliin (10, s. 78)

Palkin tuenta	Kuormituksen tyyppi	l_{ef} / l
Vapaasti tuettu	Vakiomomentti	1,0
	Tasaisesti jakautunut kuorma	0,9
	Pistekuorma jänteen keskellä	0,8
Uloke	Tasaisesti jakautunut kuorma	0,5
	Pistekuorma vapaassa päässä	0,8

Palkin suhteellinen hoikkuus saadaan kaavasta 29 (10, s. 77).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

KAAVA 29

$f_{m,k}$ on materiaalin ominaistavutuslujuus

$\sigma_{m,crit}$ on kriittinen taivutusjännitys

Kerroin k_{crit} määräytyy kaavasta 30 (10, s. 79).

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad \text{KAAVA 30}$$

Näiden kaavojen perusteella voidaan tarkastaa mitoitusehto, josta määräytyy onko palkin kiepahduskestävyys riittävä.

Tukipainekestävyys

Syysuuntaan vastaan kohtisuora puristus tarkastellaan puurakenteelle, jotta rakennetta tukevan kappaleen liitoksen pinta-ala on riittävä. Tukipainekestävyyttä tarkasteltaessa käytetään kaavaa 31 (10, s. 66).

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 31}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_d}{b \cdot l}$$

$k_{c,\perp}$ on tukipainekerroin

$\sigma_{c,90,d}$ on kosketuspinnalla vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo [N/mm²]

N_d on normaalivoiman mitoitusarvo [N]

b on tuen leveys [mm]

l on tuen pituus [mm]

$f_{c,90,d}$ on puristuslujuuden mitoitusarvo syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa [N/mm²]

Kerroin $k_{c,\perp}$ saadaan kaavasta 32 (5, s. 24). Kaavassa 32 tarvittava tehollisen kosketuspinnan pituus voidaan määrittää kaavasta 33 (10, s. 66–67).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} \quad \text{KAAVA 32}$$

$l_{c,90,ef}$ on tehollinen kosketuspinnan pituus

l on kosketuspinnan pituus puun syiden suunnassa

$k_{c,90}$ on kerroin (havupuiselle liimapuulle käytetään arvoa 1,5)

$$l_{c,ef,90} = \begin{cases} l & \text{kun } a = 0 \text{ (päätytuki)} \\ l + 2 * 30\text{mm} & \text{kuitenkin enintään } a \text{ tai } l \end{cases} \quad \text{KAAVA 33}$$

Näillä ehdoilla voidaan tarkastaa tukipinnan riittävyys syysuuntaa vastaan kohtisuorassa puristuksessa. Jos ehdot eivät täyty, pitää laskea vaadittava tuen leveys ja vahvistaa liitosta esimerkiksi leveämmällä teräsosalla.

Taipuma

Taipuman tarkastelussa lasketaan yksikkökuorman q_{ref} aiheuttama taipuma w_{ref} palkille käyttörajatilassa. Sen perusteella lasketaan hetkellinen taipuma todellisten kuormien perusteella ja sen jälkeen lopputaipuma, jossa on mukana myös viruman vaikutus taipumaan. Taipumia vertaillaan sallittuihin taipumiin, jotka ovat luokiteltu kyseessä olevan rakenneosan sijainnin ja rakenteellisen tehtävän perusteella (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Taulukossa on esitetty sallittuja taipumia eri rakenteille eri käyttökohteissa (11, s. 47)

	Muuttuva kuorma	Kokonaiskuorma (tavallinen arvo)
Kattopalkit		
Teollisuus	1/200	1/150
Koulut, kaupat jne.	1/250	1/200
Lattiapalkit¹⁾		
Tavallisesti	1/500	1/300
Varastot ja muut tilat, joihin ei yleistä pääsyä	1/200	1/150
Ristikot		
Tarkka laskenta	1/250	1/200
Likimääräinen laskenta	1/500	1/400
Ulokkeet	1/250	1/200
Katto-orret		
Ilman sisäkattoa	1/250	1/200
Sisäkatoilla	1/150	1/100

Kuvan 9 kaavan ja taulukon 11 perusteella voidaan laskea kaksiaukkoisen palkin taipumat. Yksikkökuorman aiheuttama taipuma kaksiaukkoiselle palkille saadaan kaavasta 34 (11, s. 79).

Taulukkojen kerrointa k käytetään:

Momentti $M = k \cdot ql^2$

Tukireaktio $R = k \cdot ql$

Taipuma $w = k \cdot ql^4/100EI ; x = k \cdot l$

KUVA 9. Taulukon 11 käyttöohje (11, s. 79)

TAULUKKO 11. Kaksiaukkoisen palkin laskentaan käytettäviä kertoimia (11, s. 79)

	Momentti			Tukireaktio			Taipuma	
	M_{AB}	M_B	M_{BC}	R_A	R_B	R_C	w	x
	0,070	-0,125	0,070	0,375	1,250	0,375	0,540	0,42

$$w_{ref} = k * \frac{q_{ref} * L^4}{100 * E_{0,mean} * I}$$

KAAVA 34

q_{ref} on yksikkökuorma 1N/mm

L on palkin jännevälin mitta

$E_{0,mean}$ on kimmomoduuli

I on neliömomentti

Hetkellinen taipuma w_{inst} muodostuu kaavasta 37, joka saadaan, kun lasketaan yhteen oman painon aiheuttama taipuma ja muuttuvien kuormien aiheuttama taipuma (kaavat 35 ja 36) (12, s. 28). Tulosta verrataan taulukosta 10 saatuun sallitun taipuman arvoon.

$$w_{inst,g} = w_{ref} * p_g$$

KAAVA 35

$$w_{inst,q} = w_{ref} * p_q$$

KAAVA 36

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q}$$

KAAVA 37

Lopputaipuma $w_{net,fin}$ saadaan kaavasta 40, joka on summa kaavoista 38 ja 39 (12,s. 29).

$$w_{fin,g} = w_{inst,g} * (1 + k_{def}) \quad \text{KAAVA 38}$$

$$w_{fin,q} = w_{inst,q} * (1 + \psi_2 * k_{def}) \quad \text{KAAVA 39}$$

$$w_{net,fin} = w_{fin,g} + w_{fin,q} \quad \text{KAAVA 40}$$

3.9.4 Vesikaton mitoitus

Vesikattoja on todella monta erilaista rakennetta. Tässä työssä käydään läpi kaksi eri vaihtoehtoa ja vertaillaan niiden kustannuksia, niin materiaalillisesti kuin asennusajallisestikin.

Ensimmäinen vaihtoehto on itsekantava profiilipelti, joka asennettaisiin poikki-suuntaan harjaa vastaan. Se on yksinkertainen rakenne, joka toimii yksistään vesikatteena. Itsekantavia profiilipeltejä valmistaa esimerkiksi Ruukki Group, jolta löytyy Poimu-mitoitusohjelma kyseiselle rakenteelle. Mitoitusohjelmaan syötetään kuormat ja jännevälit ja ohjelma mitoittaa sopivan profiilin kyseisille rasiuksille. (13.)

Toinen työssä läpikäytävä rakenne on kantavana rakenteena naulalevyristikot. Ristikoista pitää tehdä ristikkokaavio, josta käy ilmi ristikon pituus, harjan korkeus, katon kaltevuus, räystäiden pituudet, tukien sijainnit ja leveydet. Kaavioon lisätään tiedot ristikkojaosta, ruodejaosta sekä kuormista ja se lähetetään ristikkotehtaalle, jossa se mitoitetaan. Ristikkotehtaalta saadaan myös ohjeet ristikoiden tuentaa ja jäykistystä varten. (14.)

3.10 Määrä- ja kustannuslaskenta

Määrä- ja kustannuslaskennassa on monia tapoja tuottaa kyseiset laskelmat, mutta yleinen ja selkeä tapa varsinkin määrälaskennan pohjana on käyttää Talo-nimikkeistöä, jossa on eriteltyinä kaikki rakennusosat ja tilat nimikkeistöksi. Tällöin tulee käytyä varmasti läpi kaikki rakennuksen osat ja alueet sekä se toimii tiedonvaihdon perustana hankkeen kaikkien osapuolten kesken. (14.)

Määrälaskennassa voidaan käyttää RT-korttia Rakennustöiden menekit 2015 (Ratu KI-6026), josta saadaan työaikamenekit kaikille työvaiheille ja materiaalihukat tietyille vaiheille. Materiaalimenekit pitää laskea kokonaisneliömääränä ja katsoa, minkä verran tai montako kappaletta materiaalia menee neliötä kohti. Materiaalimenekit neliötä kohden selviää tuotteiden valmistajalta. Hinnat materiaaleille voidaan kysellä tarjousten perusteella tai selvittää internetistä valmistajien tai jälleen myyjien kotisivuilta.

Työaikalaskennassa menekkirjasta voidaan katsoa työaikamenekki T3 tehollinen työaika, joka kerrotaan työsuoritemäärän kertoimella. Kokonaisaika T4 saadaan, kun kerrotaan T3 aika työvaiheen lisäajalla TL3. Kokonaisaika T4 käytetään laskennan perustana. Kuvassa 10 on esitetty havainnollisesti työajan aikamääreet. (15, s. 8.)

Perusaika T1	Menetelmän lisäaika TL1	Työvuoron lisäaika TL2 Alle 1,0 tunnin keskeytykset	Pelivarat TL3-aika
Menetelmäaika T2			
Tehollinen aika (työvuoroaika) T3		Pienet erilliset työvaiheet (T3p) ja työehtosopimuksen mukaiset tauot	
Kokonaisaika (työnvaiheaika) T4			

KUVA 10. Työaikamenekin selitteet (15, s. 8)

Työajan kustannukset saadaan, kun kerrotaan työvaiheen työaikamenekki tuntiansiolla sisältäen sosiaalikulut. Kun kerrotaan tuntipalkka 1,6-kertaisena, saadaan sosiaalikulut huomioitua mukaan. Tämä osuus on oman työn kustannukset, mutta urakkatarjoukseen tulee lisäksi yrityksen kate sekä työnjohto- ja suunnittelukustannukset.

4 SAHATAVARAN VARASTOINTIKATOKSEN SUUNNITELMAT

Opinnäytetyön suunnittelukohde oli varastokatos, jossa on vähäinen mahdollisuus materiaalisille ja ihmishenkien menettämisestä aiheutuville kustannuksille. Siitä johtuen rakennus kuuluu seuraamusluokkaa CC1, jolloin kertoimen K_{FI} arvoksi tulee 0,9. Puurakenteet ovat ulkona sateelta suojassa, mistä johtuen runkorakenteiden käyttöluokka on 2.

Kattokaltevuus kantavalla poimulevyllä (vaihtoehto 1) toteutetulla katolla on $5,7^\circ$ ja ristikkorakenteella (vaihtoehto 2) toteutetulla katolla $11,3^\circ$.

Rakennuksen rungolle tulevia kuormituksia ovat rakenteiden omapaino, lumi-kuorma sekä tuulikuorma. Kattorakenteiden omapaino on itsekantavalla profiilipellillä (vaihtoehto 1) $0,1 \text{ kN/m}^2$ ja ristikkorakenteella (sis. vesikatteen tarvikkeineen) (vaihtoehto 2) $0,28 \text{ kN/m}^2$.

Tuulikuormat rakennukselle on esitetty taulukossa 12. Rakennuksen maastoluokka on maastoluokka III.

TAULUKKO 12. Tuulikuorman arvoja rakennukselle

Nopeuspaineen perusarvo $q_p(z)$		0,45 kN/m^2	
Painekerroin c_f (seinälle)		0,936	
$F_{w,k}$	$= 1,0 \cdot 0,936 \cdot 0,45 \cdot A$	0,446 kN/m^2	
Painekerroin $C_{p,net}$ katolla		min	max
Vyöhyke A		-1,3	0,6
Vyöhyke B		-2,0	1,8
Vyöhyke C		-1,8	1,3
Vyöhyke D		-1,5	0,4

Rakennukseen kohdistuvat lumikuormat voidaan laskea kaavan 2 (sivulla 14) avulla. Lumen ominaisarvo maassa rakennuspaikalla on 3,0 kN/m². Kaavan 2 avulla se voidaan muuntaa katolla olevan lumikuorman ominaisarvoksi, joka on 2,4 kN/m².

Taulukossa 13 on esitetty työssä käytettävien kuormitustapausten yhdistelmät sekä niistä tulevia arvoja. Kuormitustapauksissa 2-5 arvot vaihtelevat katon eri osa-alueilla sekä seinillä, joten niiden arvoja ei ole taulukossa vaan tapaukset on esitetty liitteessä 1.

TAULUKKO 13. Kuormitustapaukset

Kuormitustapaus	KRT		MRT	
	1.	2.	1.	2.
Kattorakennevaihtoehdot				
KT1 omapaino+100 % lumi, aikaluokka keskipitkä=>k _{mod} =0,8	P _k =g _k +q _{s,k}		P _d =K _{FI} *[γ _G *g _k +γ _Q *q _{s,k}]	
	2,5 kN/m ²	2,68 kN/m ²	3,34 kN/m ²	3,53 kN/m ²
KT2 omapaino+100 % lumi+60 % tuuli, aikaluokka hetkellinen=>k _{mod} =0,8	P _k =g _k +q _{s,k}		P _d =K _{FI} *[γ _G *g _k +γ _Q *q _{s,k} + γ _Q * Ψ _{0,2} *q _{w,k}]	

<p>KT3</p> <p>omapaino+70 % lumi+100 % tuuli, aikaluokka hetkellinen=>k_{mod}=0,8</p>	$P_k = g_k + q_{s,k}$	$P_d = K_{FI} * [\gamma_G * g_k + \gamma_Q * \Psi_{0,1} * q_{s,k} + \gamma_Q * q_{w,k}]$
<p>KT4</p> <p>omapaino+100 % tuuli, aikaluokka hetkellinen=>k_{mod}=0,8</p>	$P_k = g_k$	$P_d = K_{FI} * [\gamma_G * g_k + \gamma_Q * q_{w,k}]$
<p>KT5 (perustusten stabiilitetti)</p> <p>1,1*epäedullinen omapaino+0,9*edullinen oma- paino+1,5*määrävä muuttuva kuorma</p>	$P_k = g_k + q_{w,k}$	$P_d = K_{FI} * [\gamma_G * g_k + \gamma_Q * q_{w,k}]$

4.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Opinnäytetyöksi tilattiin varastointikatoksen suunnittelu sahatulle puutavaralle. Työssä oltiin mukana rakennushankkeen selvitys- ja suunnitteluvaiheissa. Rakennusvaihe ja käyttöönotto ovat ajankohtaisia myöhemmin kesällä 2016.

Tervolan Saha ja Höyläämö Oy:n varastointitilan tarve on kasvanut merkittävästi, minkä vuoksi alettiin tekemään rakennushankkeen tarveselvitystä. Tarveselvityksen tietojen pohjalta lähdettiin tekemään hankesuunnitelmaa.

Hankesuunnitelman lähtötietoina oli suunniteltu jo rakennuksen mahdollinen sijoituspaikka. Tilaajalla oli myös tiedossa, monelleko puutavaranipulle olisi va-

rastoinnintarve. Sillä perusteella alettiin suunnittelemaan rakennukselle tilantarpeen vaatimia mittoja. Perusteena oli yleiskoko puutavaraniipusta ja lastaustyökoneen mahdollisesta nostokorkeudesta.

Tilaaajan mukaan sahalta tulevan puutavaraniipun yleiskoko välipuineen oli seuraavanlainen: leveys 1 100 mm, pituus 6 000 mm ja korkeus 1 200 mm. Yrityksen käytössä olevan nostokoneen nostokykykapasiteetti oli nostaa viisi nippua päällekkäin. Näin tilan vapaan korkeuden vähimmäismitaksi tuli 6 000 mm. Siihen lisättiin vielä pohjapuut (200 mm), jotka nostivat niput irti maanpinnasta, sekä varotilaa nippujen viemiseen katokseen. Aukon yläreunan korkeudeksi maanpinnasta päätettiin 6 500 mm ja pilarivälin leveydeksi 6 800 mm. Rakennuksen pituudeksi suunniteltiin kuusi pilariväliä eli (6 kpl*6,8 m) 40,8 m. Syvyys-suunnassa toiveena oli 12 nipun verran tilantarvetta ja se on nimellismittana (12 kpl*1,1 m) 13,2 m. Rakennuksen leveydeksi päätettiin 17 m. Koko varaston varastokapasiteetiksi tuli siis (12 kpl *6 kpl *5 kpl) 360 puutavaraniippua.

Varastointirakennuksen toteutuksesta päätettiin alustavasti, että rakennuksen runkona on pilari-palkkirunko ja vesikattona on itsekantava profiilipelti. Tässä työssä toisena vaihtoehtona kattorakenteelle oli ristikkorakenne ja vertailuna näiden vaihtoehtojen kesken ovat kustannukset ja työaika. Lopullinen rakenne tehdään kustannustehokkaimman vaihtoehdon mukaan.

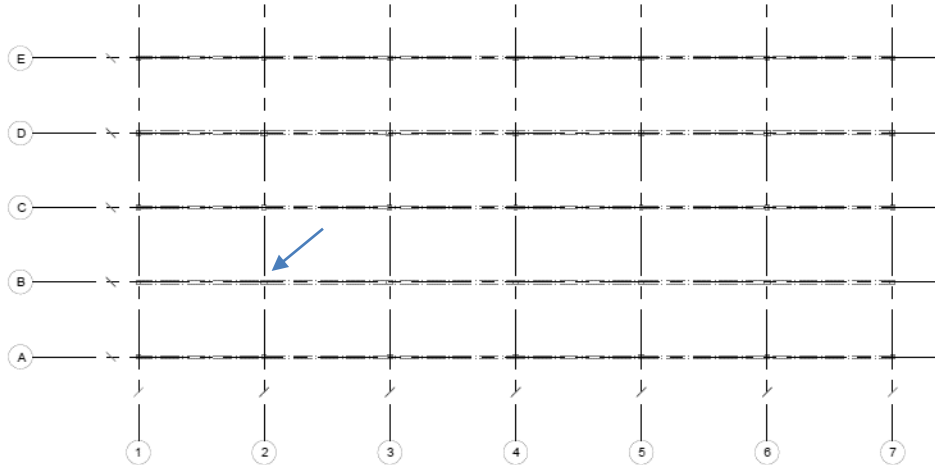
Rakennuspaikalla on asfaltoitu kenttä, josta asfaltointi poistetaan rakennuksen alalta ja rakennus perustetaan pilarianturoiden varaan. Lopulliseksi maanpinnan materiaaliksi tulee uusi asfaltti.

4.2 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelun apuna käytettiin käsin laskennan lisäksi mitoitusohjelmia, kuten Finnwoodin puurakenteiden mitoitusohjelmaa sekä statiikkaohjelma Staad Qse:tä. Pilarit ja palkit mitoitettiin Finnwoodin mitoitusohjelmalla sekä laskettiin käsin. Kantavat profiilipellit mitoitettiin Ruukki Group Oy:n Poimu-mitoitusohjelmalla ja perustusten kestävyudet tarkasteltiin SKOL-laskentapohjalla.

4.2.1 Pilarin mitoitus

Luvussa 4.2.1 esitetään esimerkkilaskelma rakennuksen rasiitetuimmasta pilarista. Laskelmat on tehty käsin laskemalla ja pilarin sijainti on merkitty nuolella kuvassa 11.



KUVA 11. Katoksen pohjakuva, joka piirrettiin AutoCAD-ohjelmalla

Pilarille tulevat pystykuormat laskettiin kuormitustapauksittain Staadin QSE-ohjelmistolla. Pilarin mitoituksessa hallin lyhemmän sivun suuntaan pilarin kiinnitys perustuksiin on nivelkiinnitys ja yläpäältä se on sivusiirtymätön, joten pilarin nurjahduskerroin on tässä suunnassa $1,0 \cdot L$. Kun pilari on nivelkiinnityksellä liitetty perustuksiin, se ei aiheuta taivutusmomenttia pilarille.

Pilarin mitoituksen alkuarvoiksi arvioitiin pilarin dimensioiksi seuraavanlaiset arvot: leveys 360 mm, korkeus 215 mm sekä pituus 6 100 mm, joista saadaan seuraavat mitoituksessa tarvittavat arvot. Pinta-ala, taivutusvastus sekä neliömomentti lasketaan kaavoilla 15–17 (sivulla 26).

$$A=77\,400\text{ mm}^2$$

$$W_y=2\,773\,500\text{ mm}^3$$

$$I_y=298,2 \cdot 10^6\text{ mm}^4$$

Kuormitukset kuormitustapauksilta 1-3, joissa pilareille tulee ainoastaan normaalivoimaa.

KT1: $N_{Ed} = 129,3$ kN (keskipitkä)

KT2: $N_{Ed} = 137,21$ kN (hetkellinen)

KT3: $N_{Ed} = 105,83$ kN (hetkellinen)

Pilarin materiaali on liimapuuta ja sen lujuusluokka on GL30c. Materiaalin kimmo kerroin $E_{0,05}$ on $11\,100$ N/mm².

Hetkellisen aikaluokan mukaiset mitoituslujuudet lasketaan kaavoilla 10–12 (sivulla 23).

$$\text{Taivutuslujuus } f_{m,d} = 1,052 * 1,1 * 30 / 1,2 = 28,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Puristuslujuus } f_{c,0,d} = 1,1 * 25 / 1,2 = 22,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Leikkauslujuus } f_{v,d} = 1,1 * 3,5 / 1,2 = 3,21 \text{ N/mm}^2$$

Keskipitkän aikaluokan mukaiset mitoituslujuudet lasketaan kaavoilla 10–12 (sivulla 23).

$$\text{Taivutuslujuus } f_{m,d} = 1,052 * 0,8 * 30 / 1,2 = 21,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Puristuslujuus } f_{c,0,d} = 0,8 * 25 / 1,2 = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Leikkauslujuus } f_{v,d} = 0,8 * 3,5 / 1,2 = 2,33 \text{ N/mm}^2$$

Mitoituksessa tarvitaan parametrit i , λ , λ_{rel} , k ja k_c . Ne lasketaan kaavoilla 18–22, jotka on esitetty sivulla 27.

$$i = 62,07 \text{ mm}$$

$$\lambda = 98,28$$

$$\lambda_{rel} = 1,485$$

$$k = 1,66$$

$$k_c = 0,257$$

Yhteisvaikutuskaava (keskipitkä) lasketaan kaavan 23 (sivulla 27) mukaan.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{N_d/A}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{M_d/A}{f_{m,d}} = \frac{129\,300\,N}{77\,400\,mm^2} + 0 = 0,390 \leq 1$$

Yhteisvaikutuskaava (hetkellinen) lasketaan kaavan 23 (sivulla 27) mukaan.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{N_d/A}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{M_d/A}{f_{m,d}} = \frac{137\,210\,N}{77\,400\,mm^2} + 0 = 0,301 \leq 1$$

Pilarin nurjahduskestävyyden mitoitusehto täyttyy kaavan 23 perusteella, joten voidaan todeta, että rakenne kestää siihen kohdistuvat rasitukset. Mitoittavan kuormitusyhdistelmän aikaluokka oli keskipitkä.

Pilarin mitoitus hallin pitkän sivun suunnassa pilarin kiinnitys perustuksiin on momenttijäykkä, eli liitos ottaa pilariin vaakatasossa kohdistuvat kuormitukset vastaan. Pilarin yläpää on vapaasti siirtyvä pitkän sivun suunnassa, eli se toimii mastopilarina. Nurjahduspituus on tällöin $2,5 * L$.

Poikkileikkaussuureet ovat samat kuin edellä, lukuun ottamatta taivutusvastusta sekä neliömomenttia, jotka eroavat palkin tarkasteltavan suunnan vaihtumisen myötä. Näiden laskentaan tarvittavat kaavat ovat 16 ja 17 (sivulla 26).

$$W_x = 4\,644\,000\,mm^3$$

$$I_x = 835,92 * 10^6\,mm^4$$

Kuormitukset kuormitustapauksilta 1–3 on esitetty taulukossa 14. Aikaluokka ja sen mukaiset mitoituslujuudet ovat samat kuin edellä. Mitoituksessa tarvittavat parametrit lasketaan kaavoilla 18–22 (sivulla 27).

TAULUKKO 14. Kuormitustapausten 1–3 mukaiset rasitukset pilarille

Kuormitustapaukset	N_{Ed} [Kn]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]
KT1 (keskipitkä)	129,3	5,64	5,55
KT2 (hetkellinen)	137,21	33,01	16,18

KT3 (hetkellinen)	105,83	49,74	15,3
-------------------	--------	-------	------

$$i=103,9 \text{ mm}$$

$$\lambda=146,72$$

$$\lambda_{rel}=2,217$$

$$k=3,053$$

$$k_c=0,146$$

Yhteisvaikutuksen mitoitusehto lasketaan kaavalla 23 (sivulla 27). Seuraavassa on esitetty kuormitustapausten 1-3 arvoilla tehdyt tarkastelut:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{N_d/A}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{M_d/A}{f_{m,d}} = \frac{129\,300 \text{ N}}{77\,400 \text{ mm}^2} + \frac{5\,640\,000 \text{ Nmm}}{4\,644\,000 \text{ mm}^3} \\ = 0,167 + 0,121 = 0,288 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{N_d/A}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{M_d/A}{f_{m,d}} = \frac{137\,210 \text{ N}}{77\,400 \text{ mm}^2} + \frac{33\,010\,000 \text{ Nmm}}{4\,644\,000 \text{ mm}^3} \\ = 0,177 + 0,246 = 0,423 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{N_d/A}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{M_d/A}{f_{m,d}} = \frac{105\,830 \text{ N}}{77\,400 \text{ mm}^2} + \frac{49\,743\,000 \text{ Nmm}}{4\,644\,000 \text{ mm}^3} \\ = 0,137 + 0,370 = 0,507 \leq 1$$

Mitoitusehdot täyttyvät ja rakenne kestää siihen kohdistuvat rasitukset.

$$\frac{\sigma_{v,d}}{f_{v,d}} = \frac{3}{2} * \frac{V_d/A}{f_{v,d}} = \frac{3}{2} * \frac{16\,180 \text{ N}}{3,21 \text{ N/mm}^2} = 0,098 \leq 1$$

Poikkileikkaus kestää myös kaavalla 24 (sivulla 28) lasketun leikkausrasituksen. Liitteessä 3 on esitetty Finnwoodin ohjelmalla tehtyjä laskelmia pilareista.

4.2.2 Palkin mitoitus

Mitoituksen alkuarvoiksi arvioitiin palkin dimensioiksi seuraavanlaiset arvot: leveys 165 mm, korkeus 450 mm ja pituus 13 600 mm.

Taivutuskestävyys

Taivutuskestävyyden tarkastelussa käytetään suurinta mitoitusmomenttia, mitä palkille tulee. Hetkellisen aikaluokan mukaisilla kaavoilla M_{Ed} on 118,5 kNm ja keskipitkässä aikaluokassa M_{Ed} on 93,3 kNm. Taivutuskestävyyden tarkastelussa mitoitusena käytetään kaavaa 25 (sivulla 29).

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{m,d}$$

Rasitetuimmat palkit sijaitsevat lappeen keskilinjalla. Mitoittavan kuormitustapausten KT1 aikaluokka on keskipitkä. Palkki on kaksiaukkoinen ja sen keskitali sijaitsee palkin keskellä. Suurin momentti sijaitsee keskituen kohdalla. Mitoituksessa tarvittavat arvot dimensioista saadaan laskemalla kaavasta 16 (sivulla 26).

$$W_y = 5\,568\,750 \text{ mm}^3$$

Hetkellinen aikaluokka:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{118,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{5\,568\,750 \text{ mm}^3} = 21,549 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d} = 28,93 \text{ N/mm}^2 \quad (73,4 \%)$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{93,3 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{5\,568\,750 \text{ mm}^3} = 16,75 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d} = 21,04 \text{ N/mm}^2 \quad (79,6 \%)$$

Taivutuskestävyys on riittävä. Palkki kestää taivutusrasitukset ja täyttää kaavan 25 mitoitusohjeen.

Leikkauskestävyys

Palkille tuleva suurin leikkausvoima V_{Ed} on 87,17 kN. Leikkausrasitukset ovat suurimmat tukien kohdalla. Suurin leikkausvoima on keskituen kohdalla. Mitoituksessa tarvittavat arvot dimensioista saadaan laskemalla kaavasta 15 (sivulla 26).

$$A = 74\,250 \text{ mm}^2$$

Leikkauskestävyyden tarkastelussa mitoitusehtona on kaava 26 (sivulla 29).

$$\tau_d = \frac{V_d}{A} = \frac{87\,170 \text{ N}}{74\,250 \text{ mm}^2} = 1,174 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 3,21 \text{ N/mm}^2 \quad (36,6 \%)$$

Leikkauskestävyys on riittävä. Palkki kestää leikkausrasitukset ilman pienennyskaavaakin.

Kiepahduskestävyys

Kiepahdustarkastelun mitoitusehtona tässä tapauksessa, jossa ainoastaan taivutusmomentti vaikuttaa palkin vahvemmassa suunnassa, tulee täyttää kaavan 27 (sivulla 29) mitoitusehto.

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} * f_{m,d}$$

Suorakaidepalkin kriittinen taivutusjännitys saadaan kaavasta 28 (sivulla 30). Kaavassa käytettävä c:n arvo on liimapuulle 0,71 ja l_{ef} kaavana on tasaisen kuormituksen ja palkin yläreunassa sijaitsevan kuormituksen takia $0,9 * l + 2 * h$.

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c * b^2}{h * l_{ef}} * E_{0,05} = \frac{0,71 * (165 \text{ mm})^2}{450 \text{ mm} * (0,9 * 6\,800 \text{ mm} + 2 * 450 \text{ mm})} * 10\,800 \text{ N/mm}^2 = 66,08 \text{ N/mm}^2$$

Suhteellinen hoikkuus saadaan kaavasta 29 (sivulla 31) ja kerroin k_{crit} saadaan kaavasta 30 (sivulla 31).

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{30 \text{ N/mm}^2}{66,08 \text{ N/mm}^2}} = 0,674$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

Koska $\lambda_{rel,m}$ on alle 0,75, niin kertoimen k_{crit} arvona käytetään arvoa 1. Tässä tapauksessa kiepahdus ei ole mitoittava tekijä palkin taivutuskestävyydelle.

Tukipainekestävyys

Tukipainekestävyyden tarkastelussa tarkastellaan palkin tuilla tukireaktion aiheuttamaa kuormitusta palkille. Suurin tukireaktio on palkin keskituen kohdalla ja siinä vaikuttaa voima N_{Ed} on 137,21 kN.

Tuen riittävyys tarkasteltiin jokaisen tuen kohdalla. Tässä tapauksessa suurin poikittainen puristusvoima on keskituen kohdalla, mutta sen kohdalla myös pilarin tukipinta on suurin. Mitoituksessa tarvittava tehollinen tuen pituus saadaan laskemalla kaavasta 33 (sivulla 32). Tuen leveys l keskituen kohdalla on 360 mm.

$$l_{c,ef,90} = \begin{cases} l & \text{kun } a = 0 \text{ (päätytuki)} \\ l + 2 * 30 \text{ mm} & \text{kuitenkin enintään } a \text{ tai } l \end{cases}$$

Kerroin $k_{c,\perp}$ saadaan kaavasta 32 (sivulla 32). Tukipainekestävyyden mitoitus-ehto tarkastellaan kaavasta 31 (sivulla 31).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} = \frac{360 \text{ mm} + 2 * 30 \text{ mm}}{360} * 1,5 = 1,75$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} f_{c,90,d}$$

$$\frac{N_{Ed}}{b * l} = \frac{137 \text{ 210 N}}{165 \text{ mm} * 360 \text{ mm}} = 2,31 \leq 1,75 * 2,75 = 4,8125$$

Palkki kestää poikittaisen puristuksen rasitukset, joten pelkkä pilari riittää tukipinnaksi.

Päätytuelle mitoituksessa tuleva normaalivoima N_{Ed} on 52,3 kN. Tuen leveys l on 155 mm. Tuen tehollinen leveys voidaan laskea kaavasta 33 (sivulla 32).

$$l_{c,ef,90} = \begin{cases} l & \text{kun } a = 0 \text{ (päätytuki)} \\ l + 2 * 30\text{mm} & \text{kuitenkin enintään } a \text{ tai } l \end{cases}$$

Kerroin $k_{c,90}$ saadaan kaavasta 32 (sivulla 32). Tukipainekestävyyden mitoitus-
ehto on kaava 31 (sivulla 31).

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90} = \frac{155 \text{ mm}}{155 \text{ mm}} * 1,5 = 1,5$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d}$$

$$\frac{N_{Ed}}{b * l} = \frac{52\,300 \text{ N}}{165 \text{ mm} * 155 \text{ mm}} = 2,045 \leq 1,5 * 2,75 = 4,8125$$

Mitoittavin poikittainen puristus oli keskituen kohdalla.

Taipuma

Kaksiaukkoisessa palkissa kuorma aiheuttaa taipuman kenttään. Taipumaa tarkasteltiin käyttörajatilassa todellisilla kuormilla ilman varmuuskertoimia. Kyseessä on kaksiaukkoinen palkki ja tasainen kuormitus, josta muodostuu kertoimen k arvoksi 0,54.

Palkin jännevälin mitta L on 6 800 mm. Taipuman tarkastelussa lasketaan yksikkökuorman $q_{ref} = 1 \text{ N/mm}^2$ vaikutus palkin taipumaan. Tarkastelussa tarvitaan taulukossa 15 esitettyjä suureita.

TAULUKKO 15. Taipuman tarkastelussa tarvittavat suureet ja kuormitukset

E_{mean}	13 000 N/mm ²	
I	1 252 968 750 mm ⁴	
k_{def}	0,8	
p_g	0,443 kN/m	
p_q	10,644 kN/m+0,7*6,54 kN/m	15,222 kN/m

Yksikkökuorman aiheuttama taipuma lasketaan kaavan 34 (sivulla 34).

$$w_{ref} = k * \frac{q_{ref} * L^4}{100 * E_{mean} * I}$$

$$w_{ref} = 0,54 * \frac{1 \text{ N/mm}^2 * (6\,800 \text{ mm})^4}{100 * 13\,000 \text{ N/mm}^2 * 1\,252\,968\,750 \text{ mm}^4} = 0,7088$$

Hetkellinen taipuma w_{inst} saadaan kaavasta 37, joka on summa kaavoista 35 ja 36, jotka ovat esitetty sivulla 34.

$$w_{inst,g} = w_{ref} * p_g = 0,7088 * 0,443 = 0,314 \text{ mm}$$

$$w_{inst,q} = w_{ref} * p_q = 0,7088 * 15,222 = 10,8 \text{ mm}$$

$$W_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,q} = 11,114 \text{ mm}$$

Sallittu hetkellinen taipuma pääkannattajilla on $L/400 = 6\,800/400 = 17 \text{ mm}$.

Palkki ei taivu liikaa hetkellisestä taipumasta.

Lopputaipuma $w_{net,fin}$ saadaan kaavasta 40, joka on summa kaavoista 38 ja 39.

Kaavat ovat esitetty sivulla 34.

$$w_{fin,g} = w_{inst,g} * (1 + k_{def}) = 0,314 * (1 + 0,8) = 0,565 \text{ mm}$$

$$w_{fin,q} = w_{inst,q} * (1 + \psi_2 * k_{def}) = 10,8 * (1 + 0,2 * 0,8) = 12,528 \text{ mm}$$

$$W_{net,fin} = w_{fin,g} + w_{fin,q} = 13,093 \text{ mm}$$

Sallittu lopputaipuma pääkannattajilla on $L/300 = 6\,800/300 = 22,7 \text{ mm}$. Palkki ei taivu liikaa pitkäaikaisesta rasituksesta. Taipuma on melko pieni, joten ei tarvita esikorotuksia ja kaksiaukkoisella palkilla ei suositella tehtäväksi esikorotuksia.

4.2.3 Vesikaton mitoitus

Työssä vertailtiin kahta erilaista vesikaton rakenneratkaisua. Itsekantavan profiilipellin mitoitus tehtiin Ruukki Groupin Poimu-ohjelmalla, jolla voidaan mitoittaa kantavat profiilipellit. Laskennasta löytyy tuloste liitteessä 2. Pellin rakennetyyppi on kaksiaukkoisen, jossa toisessa päässä on uloke räystästä varten.

Poimu-ohjelma mitoittaa katteen kiinnikkeet, johon käytettiin KT3-kuormitustapausta. Tapauksessa on kyseessä pelkästään rakenteen omapaino sekä tuulikuorma. Tuulikuormasta mitoittava arvo tulee tuulen nosteesta, joka mitoittaa kiinnikkeet. Poimulevyn profiiliksi mitoittelun seurauksena saatiin Ruukin mallistosta profiili T130M-75L-930.

Toinen vaihtoehto oli ristikkorakenne. Ristikot tulisivat 900 mm:n jaolla ja tukipisteet olisivat ristikon päissä sekä keskellä. Ristikkotehtaalle lähetetyn ristikkokaavion perusteella saatiin arvioitu tarjous, jolla voitiin laskea kustannukset. Kustannuksia tulee noin 10 €/ristikon alapaarremetri. Lisäksi siihen pitää tehdä vesikate, joka olisi muovipinnoitettu ohutlevypelti. Vesikaterakenteeseen tulee myös pellin vaatimuksista ruoteet, joita valmistajan ohjeen perusteella pitää laittaa 300 mm:n välein. Pelti ei yksinään riitä vesikatteeksi, vaan lisäksi pitää laittaa aluskate sekä tuuletusrimat. Ristikon jäykistyksestä tulee ohje ristikoiden tilauksen yhteydessä, mutta perusidean jäykistykselle antoi urakoitsija kokemuksensa kautta. Urakoitsijan laskelmien mukaan arvioitiin tarvittavien ruoteiden määrä ja niistä tulevat kustannukset. Ristikkokaaviopiirustus on esitetty liitteessä 8.

4.2.4 Perustusten mitoitus

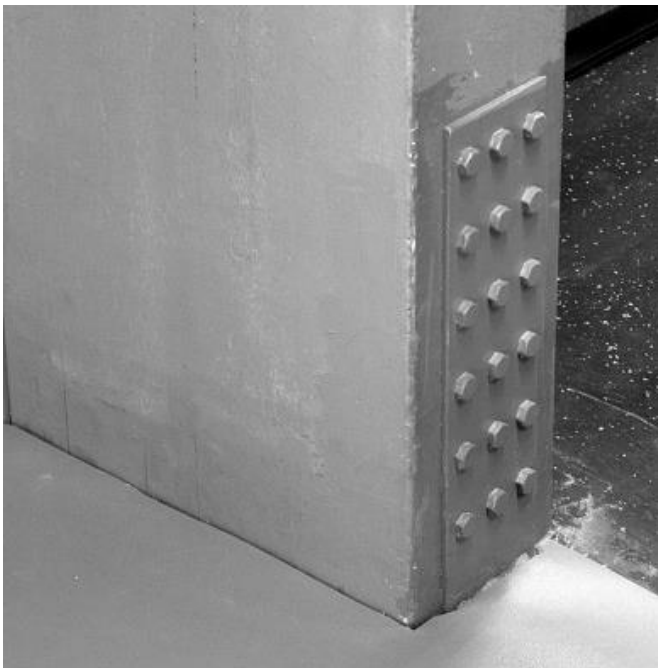
Pilarianturoiden mitoitus tehtiin SKOL maanvarainen antura -laskentapohjalla. Laskennasta löytyy tuloste liitteessä 5. Anturoiden mitoiksi saatiin laskennan perusteella $1\ 300 \times 1\ 300 \times 500\ \text{mm}^3$. Raudoitteet määräytyivät vähimmäisrautamäärän mukaan. Anturan raudoitukseksi tuli T12-K150 molempiin suuntiin ja peruspilarin raudoiksi 3 kpl halkaisijaltaan 12 mm harjaterästankoa joka sivulle. Hakaraudoitus on T8-k150 ja yläreunassa tihennettynä k50 200 mm:n matkalla. Raudoitusten suojaetäisyydet ovat maata vasten valettaessa 50 mm ja muualla 35 mm.

Rakennuspaikalla on olemassa rakennettu asfaltoitu kenttä, johon on tehty pohjatutkimukset aikanaan. Tutkimuksen tuloksista saatiin pohjan kantokestävyyden arvo R_d , jonka arvo oli $280\ \text{kN/m}^2$. Perustamissyvyydeksi oli määrätty 1,0 metriä.

Asfalttikenttä tullaan avaamaan tulevan rakennuksen alalta ja siihen tehdään maanvaihto kauttaaltaan perustamissyvyyden verran (1,0 m) sekä syvennettyinä (1 m+0,4 m) pilarianturoiden ja routaeristeen alta. Rakennuksen routaeristys mitoitettiin Finnfoamin mitoitustaulukolla, johon laitettiin tiedot vuoden keskilämpötilasta, vuoden pakkasmäärästä, asennussyvyydestä ja routimattomasta kerroksesta eristeen alla. Eristevahvuudeksi tuli 200 mm routaeristettä alalle, joka ulottuu 600 mm perustusten ulkopuolelle. Sen ulkopuolelle tulee 600 mm:n alalle 180 mm eristettä ja sen ulkopuolelle 600 mm:n alalle 160 mm eristettä. Mitoituksesta on mitoituslaskentatulokset liitteessä 6. Eristeet näkyvät havainnollisesti myös leikkauspiirustuksesta, joka on esitetty liitteessä 11.

Rakennuksen pohjalle tulevan uuden asfaltin alapuolelle muotoillaan kallistukset, jotka ohjaavat mahdolliset vedet pois rakennuksen sisältä. Vanhassa asfalttikentässä on valmiiksi kallistukset, jotka ohjaavat vedet pois rakennuspaikalta.

Perustusten ja pilareiden välinen liitos tehdään toiseen suuntaan momenttijäykänä liitoksena. Peruspilarin yläpäähän laitetaan valuun pohjalevy, johon hitsataan konepajalta tilatut rei'itetyt lattateräkset pilarin momenttijäykässä suunnassa. Liitoksesta on esimerkki kuvassa 12.



KUVA 12. Esimerkki pilarin liitoksesta perustuksiin (16, s.22)

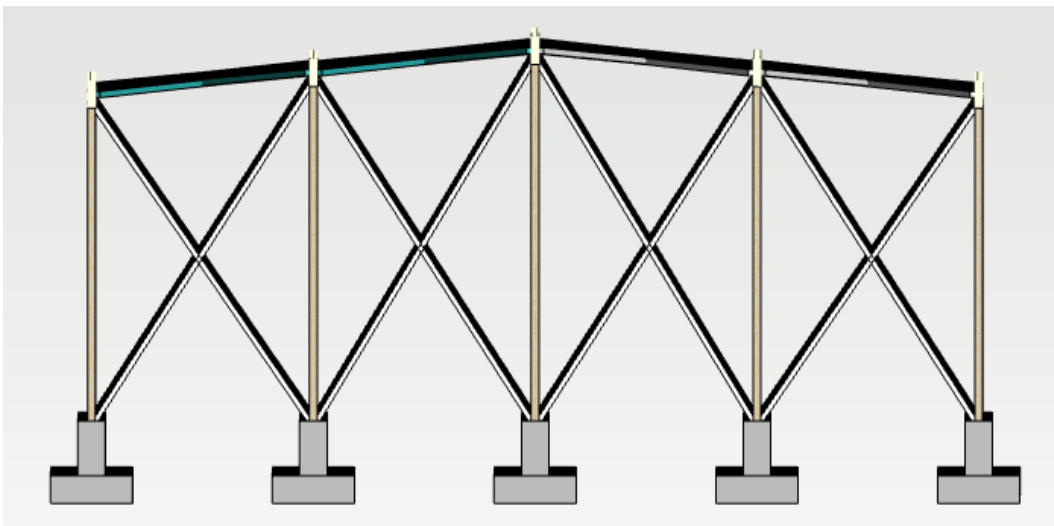
4.3 Rakenteen jäykistäminen

Varastointikatoksen jäykistäminen suunniteltiin jäykistyssääntöjen mukaisesti. Pitkän sivun jäykistykseenä ovat rakennuksen harjalinjalla pituussuunnassa vinositeet pilarien välissä (kuva 13). Muut pilarilinjat mitoitettiin pituussuunnassa mastopilareiksi.



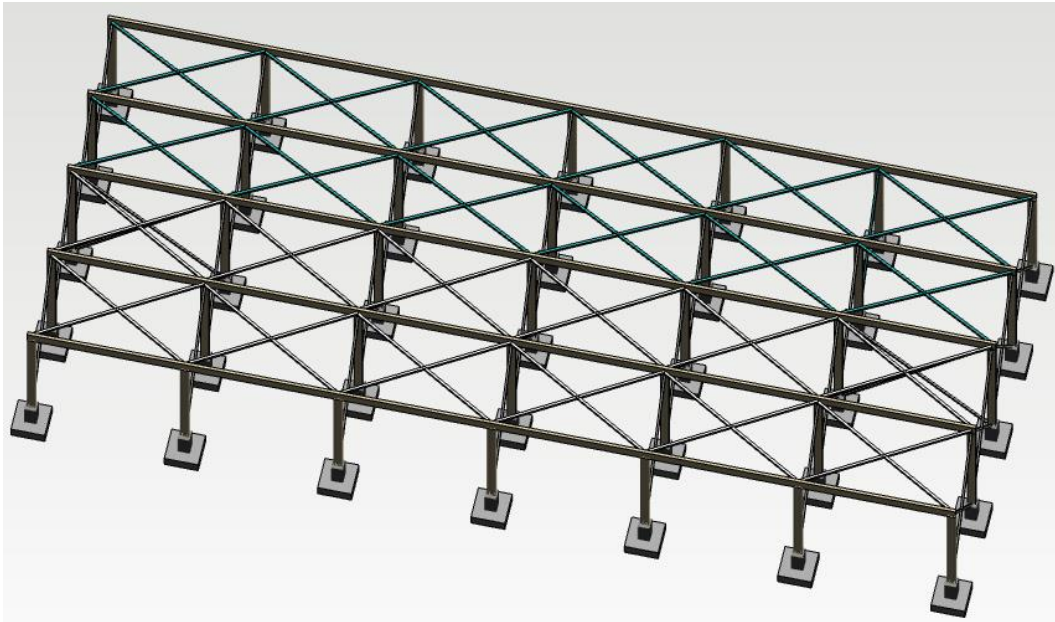
KUVA 13. Pituussuunnan jäykistyksestä, joka tehtiin Vertex BD 22 -suunniteluohjelmalla

Katoksen lyhemässä suunnassa pilarit mitoitettiin nivelpilareina. Ne tuetaan vinositeillä (kuva 14) palkkilinjojen välillä sekä päätyseinissä on suunniteltu vinolaudoitus jäykistämään rakennetta.



KUVA 14. Lyhemmän suunnan jäykistykseen periaate, joka tehtiin Vertex BD 22 -suunniteluohjelmalla

Vesikattorakenne jäykistetään siten, että se välittää kuormat sivuseinien yläpintaan, josta ne kulkeutuvat perustuksille. Yläpohjarakenne suunniteltiin jäykistettäväksi vesikatteena toimivan kantavan poimulevypellin alle tulevilla vinositeillä (kuva 15).



KUVA 15. Yläpohjan jäykistysperiaate, joka tehtiin Vertex BD 22 -suunniteluohjelmalla

4.4 Varastointikatoksen kustannusarvio

Tässä työssä tehtiin oma Excel-laskentapohja määrä- ja tarvikeluettelolle, koska kyseessä on yksinkertainen rakennus ja siinä on melko vähän erilaisia rakennusosia. Myöskään muita toimijoita ei ole urakassa mukana kuin rakennusurakoitsija, koska katokseen ei tule LVISA-järjestelmiä. Työaikojen määrittämiseen käytettiin Rakennustöiden menekit 2015 -kirjaa sekä urakoitsijan kanssa määriteltäisiin kokemukseen perustuneita työaikamenekkejä. Tarvikkeille hinnat määriteltiin urakoitsijan pyytämien tarjousten sekä valmistajien ja jälleen myyjien kotisivuilta saatuihin hintatietoihin perustuen.

Kustannusarviosta nähtiin, että halvemmaksi rakenteeksi tulee eri vesikattorakenteista itsekantavalla profiilipellillä tehty rakenne. Omakustannehinta tällä rakenteella toteutettuna tuli 105 100 € (alv. 0 %), kun taas kattoristikoidilla tehdyllä rakenteelle, jossa on päällä ohutlevypeltikate, tuli hinnaksi 109 550 € (alv. 0 %).

Hintaero ei ole kovin iso, mutta työajallisesti itsekantavalla profiilipellillä toteutettu katto oli paljon nopeampi toteuttaa. Arvioitu toteutukseen käytettävä työaika on 470 tuntia, kun taas ristikkorakenteella se olisi 730 tuntia.

Kustannustehokkain ratkaisu oli siis itsekantavalla profiilipellillä toteutettu ratkaisu. Kustannuslaskelma on esitetty liitteessä 7.

5 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin Tervolan Saha ja Höyläämö Oy:lle sahapuutavaran varastointikatos. Rakennukselle tehtiin kustannusarvio ja tarvittavat kuvat rakennuslupaa varten. Suunnitelmat tehtiin monipuolisesti ja niistä saatiin kattavaa tietoa myös tulevaisuuden rakennuskohteita varten. Varastointikatoksen rakenne saatiin mitoitettua kestämään eurokoodien mukaiset rasitukset ja vaatimukset. Rakennuslupaan vaadittavat lupakuvat toteutettiin AutoCAD-ohjelmistolla, lukuun ottamatta asemapiirrosta, jonka rakennusurakoitsija teki itse. Kuvat löytyvät liitteistä 9–11. Rakennusurakoitsijalla oli alueesta valmis asemapiirustus, johon urakoitsija piirsi omalla ohjelmistollaan rakennuksen sijainnin piirustuksen sisällyksen vaatimusten mukaan.

Työssä tehtiin varastointikatoksen rakentamisen oman työn osuudesta kustannusarvio, jossa vertailtiin vesikaton vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja kustannustehokkaimman rakenneratkaisun saamiseksi. Vaihtoehtoina rakenteille oli joko itsekantava profiilipelti, joka yksistään toimii vesikatteenä tai naulalevyristikko, johon tulee vesikatteenä muovipinnoitettu ohutlevypelti. Laskelmissa kävi ilmi, että ristikkoratkaisussa säästetään kaksi pilari- ja palkkilinjaa, joista tulee säästöä, mutta vesikaterakenteena se on huomattavasti aikaa vievämpi ja kalliimpi ratkaisu. Perustuksissa säästetään myös 10 pilarianturaa, mutta vastaavasti muut pilarit ottavat enemmän kuormaa vastaan ja pilarien, palkkien sekä perustusten koot kasvavat. Pilarien koko ristikkorakenteella valikoitui GL30c, leveys 215 mm ja korkeus 450 mm. Palkkien mitat pysyivät räystäslinjoilla samana, mutta keskilinjalla mitoiksi muodostui leveys 215 mm ja korkeus 585 mm. Pilarianturoiden mitoiksi tuli $2\,000 \times 2\,000 \times 500 \text{ mm}^3$. Kustannuksiltaan mittojen muutokset tulivat melkein yhtä kalliiksi, vaikka materiaalissa säästettiin kappalemäärissä. Vesikatteenä tulevalle rakenteelle valikoitiin kustannustehokkaimpana rakenteena kantava poimulevypelti.

Työssä riitti haastetta tuulikuormien määrittelyn kanssa, koska niiden määrittely avonaisessa rakennuksessa eroaa jonkin verran umpinaisen rakennuksen tuulikuorman mitoituksesta. Työn tulokset ja suunnitelmat tulevat käyttöön, kun rakennusta aletaan rakentamaan kesällä 2016.

LÄHTEET

1. RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy.
Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_180.html.stx
(vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 10.3.2016.
2. Rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet. 2015. Arkit data verkkosivusto.
Saatavissa: http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/rakennushankkeen_vaiheet.htm.
Hakupäivä 10.3.2016.
3. RT 10-10577. 1995. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <http://www.iisalmi.fi/loader.aspx?id=b3dfbd8b-70c5-460f-8bfc-c417341cd3e6>. Hakupäivä 18.3.2016.
4. RIL 201-1-2011. 2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Eurokoodi.
5. Eurokoodi 5 Lyhennetty ohje - Puurakenteiden suunnittelu. 2011. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/eurokoodit/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu>. Hakupäivä 18.3.2016.
6. Makkonen, Lasse 2011. Rakentajan kalenterin artikkeli; Lumen ja jään kertymiseen liittyvät kuormitukset. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110303.pdf>. Hakupäivä 21.3.2016.
7. SFS-EN-1991-1-4+AC+A1. 2002. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1. Saatavissa: <https://online.sfs.fi>. Vaatii käyttäjätunnuksen. Hakupäivä 24.3.2016.
8. Röpelin, Jyrki 2011. Pohjanrakennuksen opetusmateriaali. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/~jyrkir/l%25uenn0t0809%25/pohjarakennus/POHPE-POHTUTKIMUKSET.doc>. Hakupäivä 30.3.2016.
9. Kallio, Vesa 2012. T530204 Pohjanrakennuksen perusteet 4op. Opintojakson luentomateriaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö. Hakupäivä 30.3.2016.

10. RIL 205-1-2007. 2007. Puurakenteiden suunnitteluohje. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Eurokoodi EN 1995-1-1.
11. Liimapuukäsikirja. 2002. Wood focus. Saatavissa: www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/liimapuukasikirja/liimapuukasikirja.pdf. Hakupäivä 2.4.2016.
12. Ruukki Groupin -verkkosivusto. Saatavissa: <http://www1.ruukki.fi/Rakentaminen/Kantavat-poimulevyt>. Hakupäivä 5.4.2016.
13. Sepa Groupin -verkkosivusto. Saatavissa: www.sepa.fi/kattoristikot. Hakupäivä 5.4.2016.
14. Rakennustietokauppa, TALO 2000-nimikkeistökirjan yleisseloste. Saatavissa: <https://www.rakennustietokauppa.fi/talo-2000-nimikkeisto-yleisseloste/100637/dp>. Hakupäivä 6.4.2016.
15. Ratu KI-6026. 2014. Rakennustöiden menekit 2015. Rakennustieto Oy.
16. Laine, Perttu 2012. Liimapuurunkoisen mastokehähallin liitostekniikka. Opinäytetyö. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan osasto.
17. Puurakenteiden jäykistysuunnittelun ohje. 2006. VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/jaykistys_2006.pdf. Hakupäivä 19.3.2016.

LIITTEET

Liite 1 Kuormitustapaukset ja tukireaktiot

Liite 2 Kantavan poimulevypellin laskentatulokset

Liite 3 Palkkien laskentatulokset

Liite 4 Pilarien laskentatulokset

Liite 5 Poimulevy- sekä ristikkorakenneratkaisun perustukset

Liite 6 Routaeristeen mitoitus

Liite 7 Kustannuslaskelmat

Liite 8 Ristikkokaavio

Liite 9 Pohjakuva

Liite 10 Julkisivut

Liite 11 Leikkaus A-A

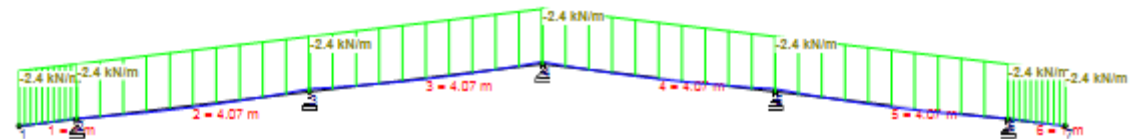
Kantavalle poimulevypellille tulevien kuormien aiheuttamat tukireaktiot viiva-
kuormaksi palkille

1. Tuuli KRT 2. Lumi KRT 3. Omapaino KRT

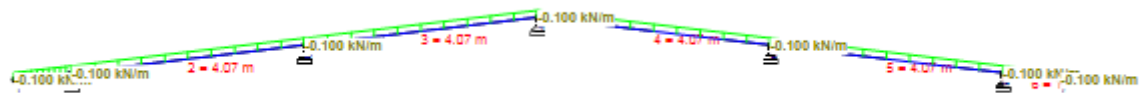
1



2



3



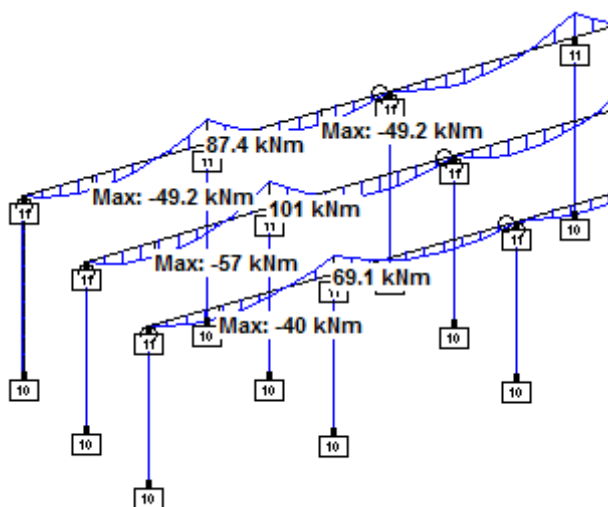
Tukireaktiot

Ominaiskuormat DL1=Tuuli, DL2=Lumi, DL3=Omapaino

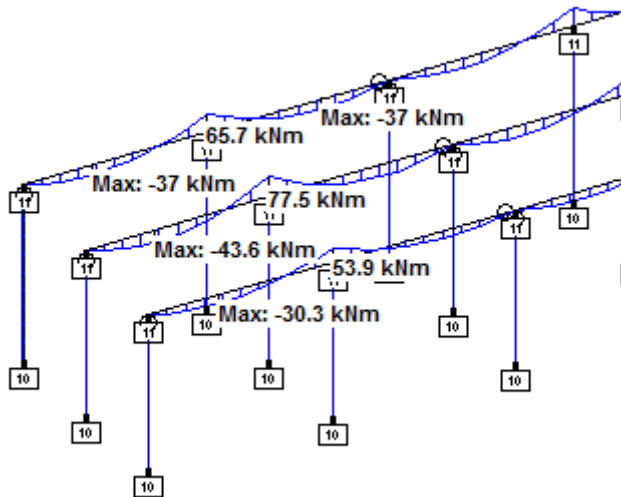
Reactions

Node	L/C	Horizontal		Vertical	Moment		
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
2	DL1	-0.134	0.000	1.353	0.000	0.000	0.000
	DL2	0.065	0.000	6.638	0.000	-0.000	0.000
	DL3	0.003	0.000	0.277	0.000	-0.000	0.000
3	DL1	-0.113	0.000	1.148	0.000	0.000	0.000
	DL2	-0.087	0.000	10.644	0.000	0.000	0.000
	DL3	-0.004	0.000	0.443	0.000	-0.000	0.000
4	DL1	0.000	0.000	0.748	0.000	0.000	0.000
	DL2	-0.000	0.000	9.329	0.000	-0.000	0.000
	DL3	-0.000	0.000	0.389	0.000	0.000	0.000
5	DL1	0.114	0.000	1.152	0.000	0.000	0.000
	DL2	0.087	0.000	10.644	0.000	0.000	0.000
	DL3	0.004	0.000	0.443	0.000	0.000	0.000
6	DL1	0.133	0.000	1.342	0.000	0.000	0.000
	DL2	-0.065	0.000	6.638	0.000	0.000	0.000
	DL3	-0.003	0.000	0.277	0.000	0.000	0.000

Kantavalla poimulevyllä toteutetun rakenteen malli yhdeltä lappelta

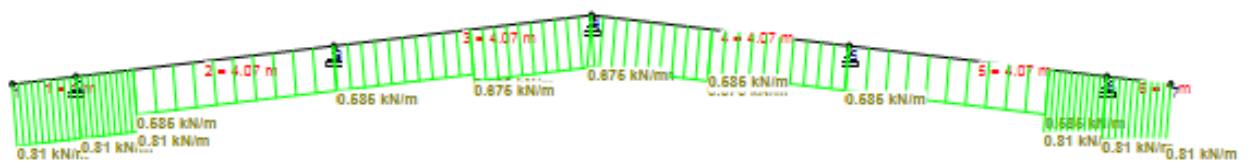


KT2 MRT momentit (lähimpänä räystäslinja ja kauimpana harjalinjan palkki) pitää sivua vastaan kohtisuoraan tulevalla tuulikuormituksella.



KT3 MRT momentit (lähimpänä räystäslinja ja kauimpana harjalinjan palkki) pit-
 kää sivua vastaan kohtisuoraan tulevalla tuulikuormituksella.

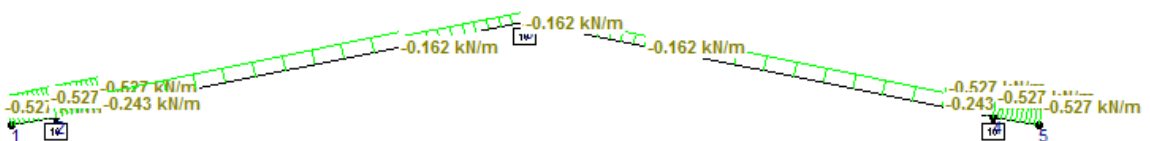
Nosteen aiheuttamat voimat kattopellille käyttörajatilassa



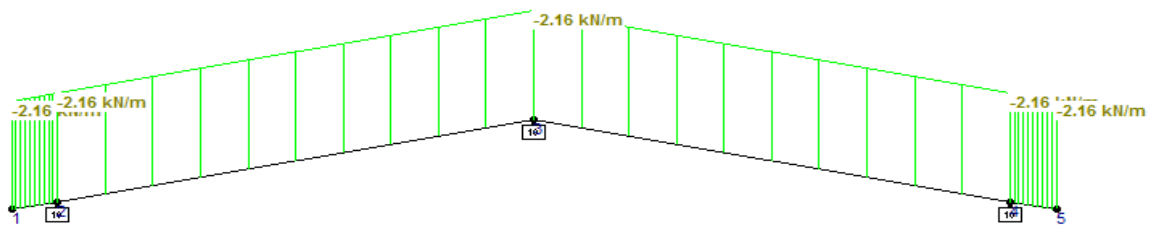
Ristikolle tulevien kuormien aiheuttamat tukireaktiot ristikkoa kohden (pistekuor-
 maksi palkille k900)

1. Tuuli KRT 2. Lumi KRT 3. Omapaino KRT

1



2



3



Tukireaktiot

C1 =KT1 MRT keskipitkä,

C2=KT2 MRT hetkellinen,

C3=KT3 MRT hetkellinen

Reactions

Node	L/C	Horizontal		Vertical	Moment		
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
2	DL1	-0.285	0.000	1.425	0.000	-0.000	0.000
	DL2	0.409	0.000	8.747	0.000	-0.000	0.000
	DL3	0.053	0.000	1.134	0.000	0.000	0.000
	C1	0.675	0.000	14.424	0.000	-0.000	0.000
	C2	0.419	0.000	15.706	0.000	-0.000	0.000
	C3	0.063	0.000	12.625	0.000	-0.000	0.000
3	DL1	0.000	0.000	2.137	0.000	0.000	0.000
	DL2	-0.000	0.000	22.157	0.000	-0.000	0.000
	DL3	-0.000	0.000	2.872	0.000	0.000	0.000
	C1	-0.000	0.000	36.538	0.000	-0.000	0.000
	C2	0.000	0.000	38.461	0.000	-0.000	0.000
	C3	0.000	0.000	29.773	0.000	-0.000	0.000
4	DL1	0.285	0.000	1.425	0.000	0.000	0.000
	DL2	-0.409	0.000	8.747	0.000	0.000	0.000
	DL3	-0.053	0.000	1.134	0.000	0.000	0.000
	C1	-0.675	0.000	14.424	0.000	0.000	0.000
	C2	-0.419	0.000	15.706	0.000	0.000	0.000
	C3	-0.064	0.000	12.625	0.000	0.000	0.000



Tiedostonimi:

C:\Ruukki\Poimu\WorkDir\NoName.pmu

Mitoitusnormi: EN 1993-1-3:2006+AC:2009, Euronormi EC3

*** RAKENTEEN YLEISTIEDOT ***

Rakenteen tiedot

Varmuusluokka: RC2
 Käyttörajatilan yhdistelytyyppi: Harvinainen yhdistely
 Rakennetyyppi: Katto (kantava levy vesieristeenä)
 Taipumaraja: L/200
 Katon kaltevuus: 5.7°
 Tuet kiertyvät poimulevyn mukana

Poimulevy: **T130M-75L-930**
 - materiaali: Rakenneteräs
 - sinkitys: Zn275
 - kimmokerroin: 210000 N/mm²
 - profiilin reiitys: Ei reiitystä

Tuet ja jatkokset

- tukipalkkien materiaali: Levy kiinnitetään teräspalkkiin
 Tuen teräksen myötöraja: 355 N/mm²
 Tuen seinämävahvuus: 3 mm

Tuki	Tukileveys	Jatkostyyppi	Tukipala
A	165	Jatkuva, sama levy	Ei
B	165	Jatkuva, sama levy	Ei
C	85	Reunatuki	Ei

Vasen reunatuki: Nivel tuki
 Oikea reunatuki: Nivel tuki

Valitut poimulevyt

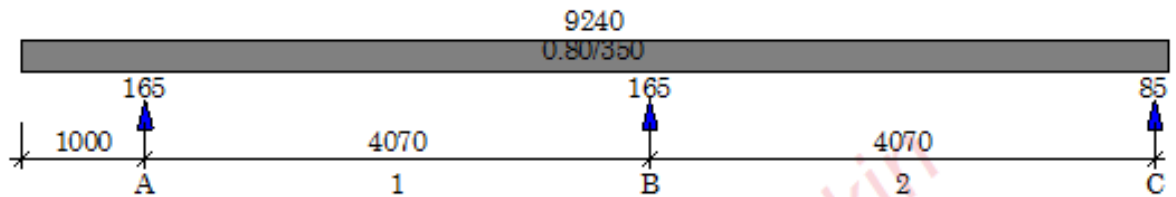
T130M-75L-930 Leveä laippa tukea vasten

N:o	Paksuus/Lujuus [mm]/[N/mm ²]	Limitys* [Poimua kpl]	Pituus [mm]	Paino [kg/kpl]
1	0.80/350	0	9240	87.04

Poimulevyjen kokonaispaino: 10.13 kg/m²

*Sivuttaishimitys

- Valitut levyt täyttävät mitoitus ehdot Suurin käyttöaste: 94.9 %
 - Valitut liittimet täyttävät mitoitus ehdot Suurin käyttöaste: 71.3 %

Rakennemalli***** KUORMATIEDOT *****

Pysyvät kuormat - ei kuormia

Lumikuormat

Peruslumikuorma maassa

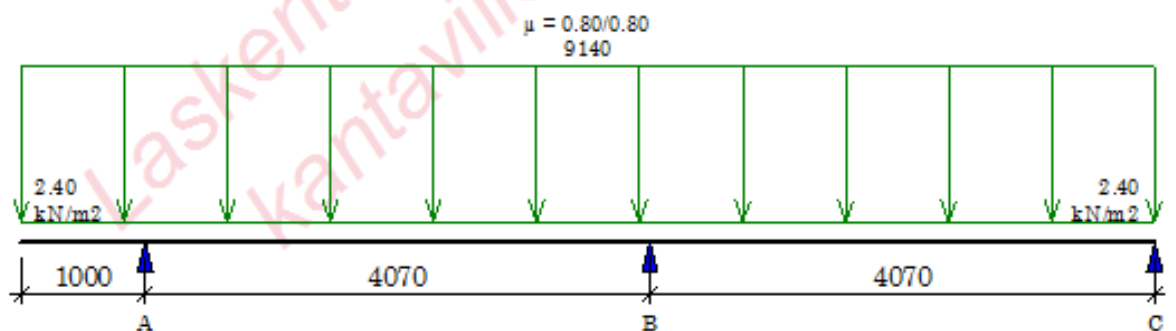
3.00 kN/m²

Liikkuvuus

0.00 %

Tapaus: 1

- Muotokertoimet



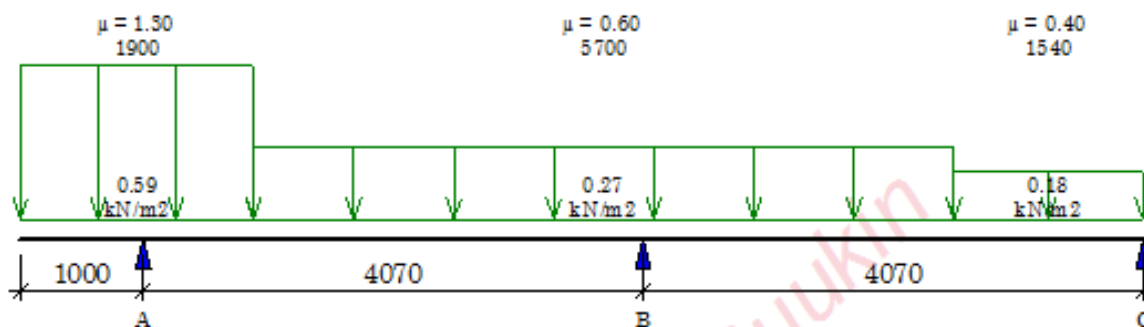


Tuulikuormat

Tuulikuorman perusarvo 0.45 kN/m²

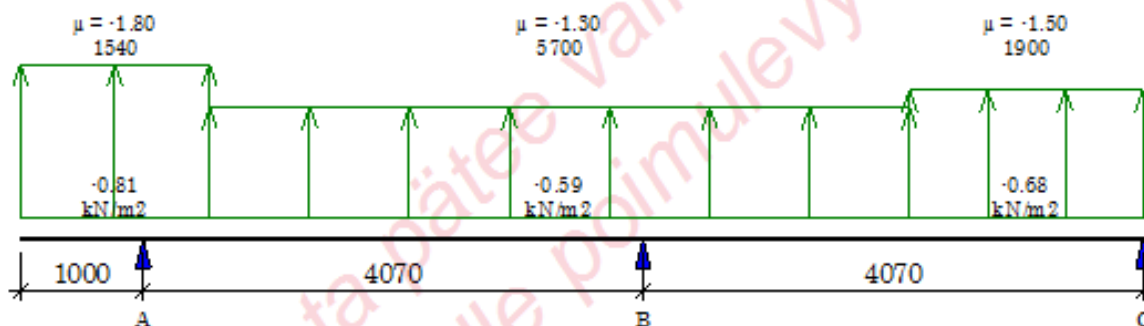
Tapaus: 1

- Painekeeritimet



Tapaus: 2

- Painekeeritimet



Hyötykuormat - ei kuormia

Kuormaosavarmuuskertoimet:	Murtorajatila			Käyttörajatila		
	Maks	Min	Yhd. ker	Maks	Min	Yhd. ker
Pysyvät kuormat:	1.35	1.00		1.00	1.00	
Lumikuormat:	1.50	0.00	0.70	1.00	0.00	0.70
Tuulikuormat:	1.50	0.00	0.60	1.00	0.00	0.60
Hyötykuormat:	1.50	0.00	0.70	1.00	0.00	0.70



DAMK, Jere

POIMU Poimulevyjen mitoitusohjelma

(Ver 5.40.0.0)

Sivu 4

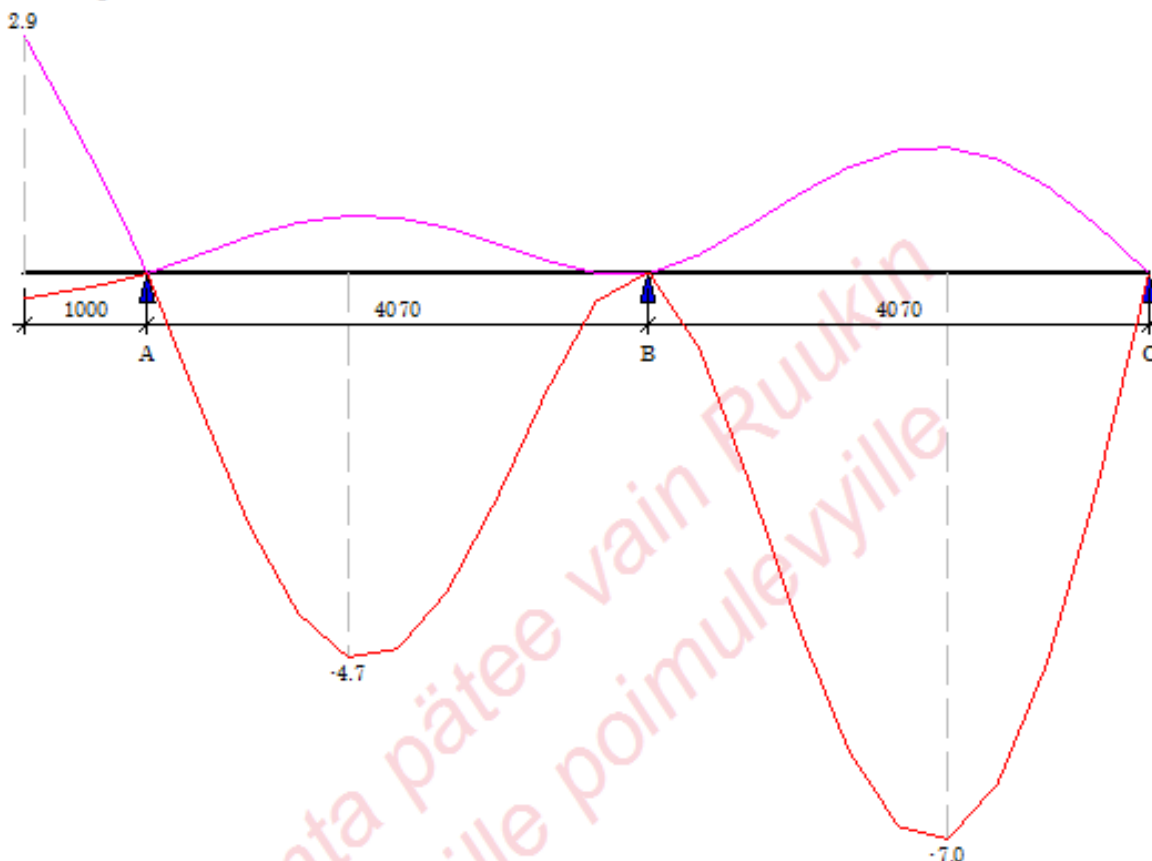
TulostusPVM 19.4.2016

RAKENTEEN LUJUUSLASKELMAT

Klo 20:16:20

*** STATIIKKALASKENNAN TULOKSET ***

Taipumakuvaaja [mm]



*** KESTÄVYYSLASKENNAN TULOKSET ***

Käyttöasteet levyittäin

I130M-75L-930 Leveä laippa tukea vasten

Levy No	Paksuus/lujuus [mm]/[N/mm ²]	Kenttä [%]	Tuki [%]	Taipuma [%]	Levyvaikutus [%]
1	0.80/350	37.0	94.9	34.2	-

Suurin käyttöaste:

94.9 %

Mitoittava tapaus:

Momentin ja tulireaktion interaktio tuella (M+R)

**Käyttöasteet jänteittäin**

Γ130M-75L-930 Leveä laippa tukea vasten

Jänne/ Tuki	M [%]	R/V/N [%]	Interaktio [%]	Taipuma [%]
Vasen uloke				29.2 (0)
A	14.0	52.4 R	51.6 M+R	
1	29.2 (3650)	0.4 N (17)	34.9 M+N (1631)	23.2 (1631)
B	53.1	69.9 R	94.9 M+R	
2	34.8 (2439)	0.4 N (17)	37.0 M+N (420)	34.2 (2439)
C	0.0	48.3 R	0.2 R+V+N	

(Suluissa mitoittavan kohdan sijainti jänteen vasemmasta päästä)

Suurin käyttöaste: 94.9 %

Mitoittava tapaus: Momentin ja tulireaktion interaktio tuella (M+R)

Mitoitussuureet jänteittäin

Jänne/ Tuki	Momentti kNm/m		Pistekestävyys kN/m		Taipuma mm	
	Msd	Mc.rd	Fsd	Rw.rd	f	f.sall.
Vasen uloke					2.9	10.0
A	-1.87	13.35	11.10	21.16		
1	-3.90	13.35			-4.7	20.4
B	-7.08	13.35	19.13	27.37		
2	4.75	13.64			-7.0	20.4
C	0.00	13.64	6.04	12.53		

Tukireaktiot Fsd [kN/m]

Tuki	Pysyvä ¹⁾	Lumi ²⁾		Tuuli ²⁾		Muuttuva ²⁾		Yhdistely ²⁾	
		min	max	min	max	min	max	min	max
A	0.27	0.00	6.39	-1.93	1.34	-	-	-2.66	11.10
B	0.49	0.00	11.62	-2.91	1.27	-	-	-3.94	19.13
C	0.16	0.00	3.72	-1.03	0.32	-	-	-1.42	6.04

¹⁾ Suureet eivät sisällä varmuuskertoimia²⁾ Yhdistelyssä huomioitu varmuuskertoimien vaikutus***** KIINNIKKEIDEN MITOITUS *******Tukiruuvit**

Tukipalkkien materiaali:	Levy kiinnitetään teräspalkkiin
Tuen teräksen myötöraja:	355 N/mm ²
Tuen seinämävahvuus:	3 mm
Ruuvien materiaali, tiiviste:	Karkaistuu tiivisteellä
Ruuvien tyyppi:	SD14-T15-5.5*32
Valmistaja:	SFS intec Oy
Kiinnittimien lukumäärä/leveysmetri:	10 kpl/m


POIMU Poimulevyjen mitoitusohjelma

(Ver 5.40.0.0)

OAMK, Jere

Sivu 6

TulostusPVM 19.4.2016

RAKENTEEN LUJUUSLASKELMAT

Klo 20:16:20

Tuki	Kpl/ alalaippa	Käyttöaste [%]	Vd [kN/m]	Fd [kN/m]	Fv [kN]	FvRd [kN]	Ft [kN]	FtRd [kN]	
A	1	48.1	0.0	2.7	0.0	1.7	0.8	1.7	7
B	1	71.3	0.0	3.9	0.0	1.7	1.2	1.7	7
C	1	25.7	0.0	1.4	0.0	1.7	0.4	1.7	7

Sivuttaislimitys

Ruuvien materiaali, tiiviste:

Karkaistu

Ruuvin tyyppi:

SL2-4.8*20

Valmistaja:

SFS intec Oy

Kiinnittimien lukumäärä/leveysmetri:

20 kpl/m

Jänne	kk [mm]	Käyttöaste [%]	Fv [kN]	FvRd [kN]
1	500	-		
2	500	-		

Mitoittava kriteeri:

-7) Läpivedon ja reunapuristuksen/kallistuksen yhteisvaikutus

Laskenta pätee vain Ruukin
kantaville poimulevyille

Kantavan profiilipellin lappeen keskilinjan palkki

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

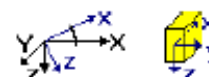
© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

21.4.2016

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



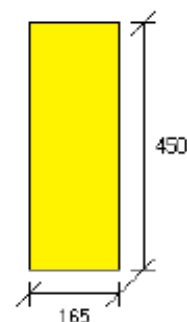
PROJEKTIIDOT:

Nimi:

C:\...Lappeen_keskilinjan_palkki.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: GL30c
 Poikkileikkaus: 165x450
 (B=165 mm, H=450 mm, A=74250 mm², I_y=1252968750 mm⁴, W_y=5568750 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC1 (KFI=0.9)
 Jako/kuormituslev.: 1000 mm (pintakuomille)



Uloke-jännevälipituudet:

Ulokejänneväli: Vaakamitta [mm]:
 Jänneväli 1: 6800.0
 Jänneväli 2: 6800.0
 Yhteensä: 13600.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	160	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	6800	250	Kiinteä niveltuki (X,Z)
3:	13600	82	Kiinteä niveltuki (X,Z)

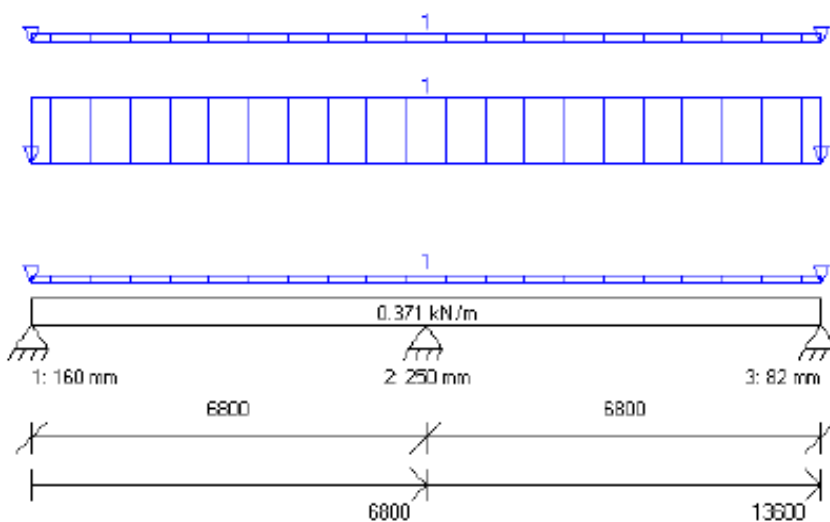
f _{m,k} (M _y):	30.88 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	30.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	25.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	3.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	20.58 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	3.50 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	3.50 N/mm ²
E _{mean} :	13000 N/mm ²
G _{mean} :	650 N/mm ²
E 0.05:	10800 N/mm ²
G 0.05:	540 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

21.4.2016

Osavamuuslukur:	1.20
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef]	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.371 kN/m x = 0 - 13600 mm

viivakuorma: 1: QZ = 0.443 kN/m x = 0 - 13600 mm

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

viivakuorma: 1: QZ = 10.644 kN/m x = 0 - 13600 mm

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

viivakuorma: 1: QZ = 1.148 kN/m x = 0 - 13600 mm

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

21.4.2016

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

0.90*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

0.90*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*0.70*Lumikuorma + 0.90*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*Lumikuorma + 0.90*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*0.70*Lumikuorma + 0.90*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 10 (MRT, Hetkellinen)

0.90*Omapaino + 0.90*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 17 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

21.4.2016

 Kokonaiskäyttöaste: 84.3 %

MITOITUSPARAMETRIIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerron, vasen uloke: 2.00

Korotuskerron, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	64.65 kN	115.50 kN	56.0 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	87.93 kNm	114.63 kNm	76.7 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	87.93 kNm	114.63 kNm	76.7 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	38.79 kN	94.05 kN	41.2 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerron = 1.78					
Tukipaine, tuki 2:	129.30 kN	153.45 kN	84.3 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerron = 1.86					
Tukipaine, tuki 3:	38.79 kN	55.69 kN	69.7 %	13600 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerron = 2.05					
jänneväli 1, Winst:	10.0 mm	17.0 mm	59.0 %	3060 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	12.1 mm	22.7 mm	53.3 %	3060 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 2, Winst:	10.0 mm	17.0 mm	59.0 %	10540 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 2, Wnet,fin:	12.1 mm	22.7 mm	53.3 %	10540 mm	Yhdistelmä 16/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.03*Omapaino + 1.35*Lumikuorma

Yhdistelmä 16/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	68.60 kN	6800 mm
My,max	93.30 kNm	6800 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax	MRTmin:	KRTmax	KRTmin:
1:	41.16 kN	1.87 kN	29.22 kN	2.08 kN

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

21.4.2016

2:	137.21 kN	6.23 kN	97.40 kN	6.92 kN
3:	41.16 kN	1.87 kN	29.22 kN	2.08 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	2.08
2:	6.92
3:	2.08

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	27.14
2:	90.47
3:	27.14

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	2.93
2:	9.76
3:	2.93

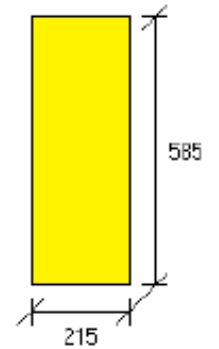
HUOMIOT:

-
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunniteluohjeen mukainen laskenta
 - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
 - MRT = Murtorajatilä, KRT = Käyttöraajatilä
 - *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
 - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
 - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
 - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttöraajatilämitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetailjeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

Ristikkorakenteen keskipalkin mitoitus tulokset

RAKENNETIEDOT:

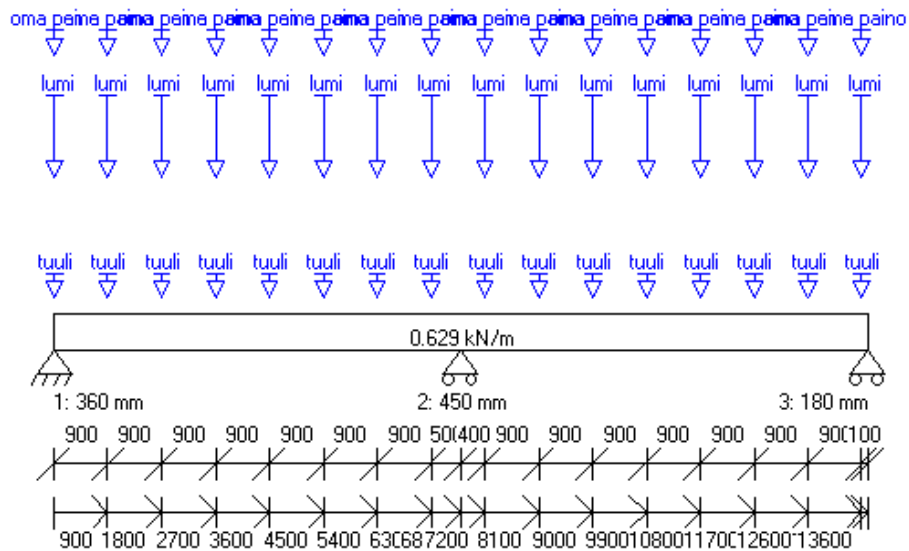
Rakennetyyppi:	Lattiapalkki/laatta
Materiaali:	GL30c
Poikkileikkaus:	215x585
(B=215 mm, H=585 mm, A=125775 mm ² , I _y =3586945781 mm ⁴ , W _y =12263062 mm ³)	
Käyttöluokka:	2
Seuraamusluokka:	CC1 (KFI=0.9)
Jakokuomituslev.:	900 mm (pintakuomille)



Uloke-/jänneväli pituudet:

Uloke/jänneväli:	Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1	6800.0
Jänneväli 2	6800.0
Yhteensä:	13600.0

Laskentamalli



MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	159.60 kN	195.65 kN	81.6 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	215.26 kNm	245.88 kNm	87.5 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	215.26 kNm	245.88 kNm	87.5 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	111.76 kN	251.55 kN	44.4 %	0mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.62					
Tukipaine, tuki 2:	315.32 kN	328.95 kN	95.9 %	6800 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.70					
Tukipaine, tuki 3:	107.89 kN	135.45 kN	79.7 %	13600 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.75					
jänneväli 1, Winst:	9.7 mm	17.0 mm	57.2 %	3060 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	12.1 mm	22.7 mm	53.5 %	3060 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 2, Winst:	9.8 mm	17.0 mm	57.7 %	10540 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 2, Wnet,fin:	12.2 mm	22.7 mm	53.9 %	10540 mm	Yhdistelmä 16/1
Taipuma U:	0.1 mm	0.5 mm	20.4%		(Väriähtelytarkastelu)
Taajuus f1:	24.5 Hz	9.0 Hz	36.8%		(Väriähtelytarkastelu)

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.03*Omapaino + 1.35*Lumikuorma

Yhdistelmä 16/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
Vz,max	167.85 kN	6800 mm
My,max	226.39 kNm	6800 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	117.55 kN	10.09 kN	85.40 kN	11.21 kN
2:	331.63 kN	29.15 kN	241.13 kN	32.38 kN
3:	113.48 kN	9.79 kN	82.46 kN	10.88 kN

-KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	11.21
2:	32.38
3:	10.88

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	74.19
2:	208.74
3:	71.58

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	7.16
2:	20.13
3:	6.90

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

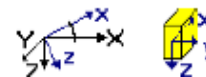
?

21.4.2016

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

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

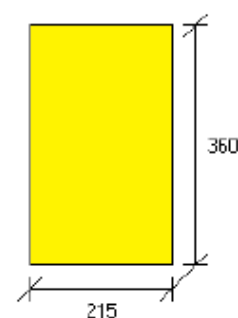


PROJEKTTITIEDOT:

Nimi: ?

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Pileri
 Materiaali: GL30c
 Poikkileikkaus: 215x360
 (B=215 mm, H=360 mm, A=77400 mm², I_y=835920000 mm⁴, W_y=4644000 mm³)
 Käyttöluokka: 1
 Seuraamusluokka: CC1 (KFI=0.9)
 Kulma: 90.0 astetta
 Jako/kuomituslev.: 4050 mm (pintakuomille)



Uloke-/jänneväli pituudet:

Uloke/jänneväli: Pystymitta [mm]:
 Oikea uloke: 6100.0
 Yhteensä: 6100.0

Tuki: Sijainti x [mm]: Tyyppi:
 1: 0 Jäykkä tuki

f_{m,k} (M_y): 31.57 N/mm²
 f_{m,k} (M_z): 30.00 N/mm²
 f_{c,0,k}: 25.00 N/mm²
 f_{c,90,k}: 3.00 N/mm²
 f_{t,0,k}: 21.05 N/mm²
 f_{v,k} (V_z): 3.50 N/mm²
 f_{v,k} (V_y): 3.50 N/mm²
 E_{mean}: 13000 N/mm²
 G_{mean}: 650 N/mm²
 E 0.05: 10800 N/mm²
 G 0.05: 540 N/mm²
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m³ (omapainon laskentaa varten)

Osavamuusluku: 1.20
 Aikaluokka: kmod:
 Pysyvä: 0.600

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

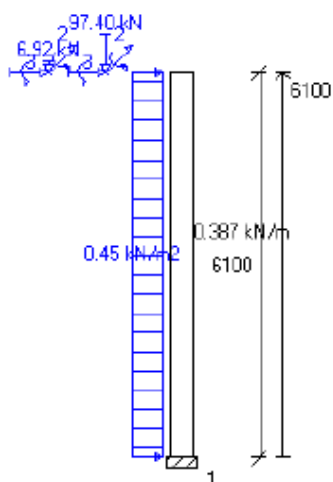
© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

21.4.2016

Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

kdef:	0.600
-------	-------

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 6.92 kN	x = 6100.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.277 kNm	x = 6100.0 mm
Pistekuorma: 3:	Mz = 0.277 kNm	x = 6100.0 mm
Rakennesosan paino:	QZ = 0.387 kN/m	x = 0 - 6100 mm

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k \geq 2.75$ kNm², Keskipitkä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 97.40 kN	x = 6100.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -3.896 kNm	x = 6100.0 mm
Pistekuorma: 3:	Mz = 3.896 kNm	x = 6100.0 mm

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1:	Qz = 0.450 kN/m ²	x = 0 - 6100 mm
-----------------	------------------------------	-----------------

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

21.4.2016

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

0.90*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

0.90*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 4 (MRT, Keskipitkä)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*0.70*Lumikuorma + 0.90*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*Lumikuorma + 0.90*1.50*0.60*Tuulikuorma

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

0.90*1.15*Omapaino + 0.90*1.50*0.70*Lumikuorma + 0.90*1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 9 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 10 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma

Yhdistelmä 11 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

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

Kokonaiskäyttöaste:

88.7 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja $W_{het,fin}$: L/300

Korotuskerrain, vasen uloke: 2.00

Korotuskerrain, oikea uloke: 2.00

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

21.4.2016

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 2.50 \cdot L$
 Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$
 Kiepahdus on estetty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	15.01 kN	110.92 kN	13.5 %	0mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Puristus:	141.10 kN	243.83 kN	57.9 %	0mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	49.74 kNm	134.40 kNm	37.0 %	0mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
Taivutus (Mz):	5.55 kNm	55.47 kNm	10.0 %	0mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(laskettu ilman kiepahdusta)					
Taivutus (My+Mz):	0.41	1.00	40.7 %	0mm	Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen
(My=49.74 kNm, Mz=3.97 kNm)					
Taivutus+puristus:	0.72	1.00	71.7 %	0mm	Yhdistelmä 7/1, Hetkellinen
(My=33.01 kNm, Mz=5.55 kNm, Nx=141.10 kN)					
Oikea uloke, Winst:	35.0 mm	-mm	0.0 %	6100 mm	Yhdistelmä 12/1
Oikea uloke, Whet,fin:	36.1 mm	40.7 mm	88.7 %	6100 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):

1.03*Omapaino + 0.94*Lumikuorma + 1.35*Tuulikuorma

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.03*Omapaino + 1.35*Lumikuorma

Yhdistelmä 7/1 (Hetskellinen):

1.03*Omapaino + 1.35*Lumikuorma + 0.81*Tuulikuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	141.10 kN	0mm
$V_{z,max}$	15.01 kN	0mm
$V_{y,max}$	0.00 kN	4118 mm
$M_{z,max}$	5.55 kNm	0mm
$M_{y,max}$	49.74 kNm	0mm

TUKIREAKTIOT:

FX:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	-0.00 kN	-15.01 kN	-0.00 kN	-11.12 kN

FZ:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	141.10 kN	8.35 kN	106.68 kN	9.28 kN

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

21.4.2016

MX:				
Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	-0.25 kNm	-5.55 kNm	-0.28 kNm	-4.17 kNm

MY:				
Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	49.74 kNm	0.25 kNm	36.91 kNm	0.28 kNm

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino			
Tuki:	FZ [kN]:	MX [kNm]:	MY [kNm]:	
1:	9.28	-0.28	0.28	

Kuormitustapaus:	Lumikuorma			
Tuki:	FZ [kN]:	MX [kNm]:	MY [kNm]:	
1:	97.40	-3.90	3.90	

Kuormitustapaus:	Tuulikuorma			
Tuki:	FX [kN]:	MY [kNm]:		
1:	-11.12	33.91		

HUOMIOT:

-
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
 - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
 - MRT = Murtorajatilä, KRT = Käyttöraajatilä
 - *) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
 - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
 - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
 - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
 - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttöraajatilämitoituksessa
 - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
 - Rakennesan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
 - Rakennesan mahdollinen halkeilu käyttöluokassa 1 on huomioitu kertoimella kor, joka on mukana leikkauslujuuden mitoitusarvossa fv,d
 - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetajeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

----- VALITSE YHTIÖ -----		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä: Jere Kalliosalmi	Sivu: 1(1)
		Päiväys: 42475	
Rakennuskohde:	Työ no	Sisältö	Sijainti:
Kantava poimulevyrakenne		Maanvarainen pilariantura	

B19 Maanvarainen pilariantura **Versio 1.5**
SKOL Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

Materiaalit:		Maanvarainen antura:		Lähtötiedot OK!
Betoni =	C25/30	B1 =	1300 mm	
Rasitusluokka =	XC2	B2 =	1300 mm	
Betoniteräs f _{yk} =	500 MPa	h =	500 mm	
Pääteräkset:		c =	50 mm	
Teräs Ts _x (A _x) =	12 mm	c _r =	50 mm	
c/c _x =	150 mm	b1 =	400 mm	
Lukumäärä ns _x =	9 kpl	b2 =	400 mm	
Teräs Ts _y (A _y) =	12 mm	c1 =	450 mm	
c/c _y =	150 mm	c2 =	450 mm	
Lukumäärä ns _y =	9 kpl	eyd.k =	314	
Ankkurointitapa	Suora teräs	eyd.k =		
Ankkurointiolosuhteet	Muut kuin hyvät	Kantokestävyys Rd/A' =		280 kN/m ²
Tartuntakerroin K(y)	0,05			

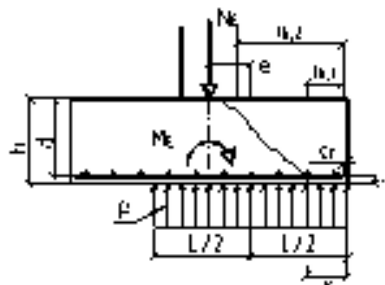
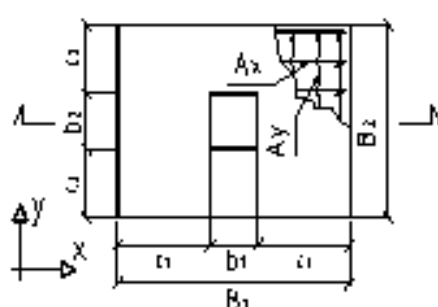
Kuormitukset: Ed [MRT]; Ek [KRT]; N[kN]; M[kNm]

Kuormitukset, momentti y-akselin ymp.

NMy,Ed = 140 My,Ed = 50 JMy,Ek = 97 My,Ek = 39

Kuormitukset, momentti x-akselin ymp.

NMx,Ed = 140 Mx,Ed = JMx,Ek = 97 Mx,Ek =



Tarkistukset ja tulokset: A[mm²], F[kN], M[kNm], Y[kN] **Laskenta täyttää vaatimukset!**

B1 (x) suunta:	Pohjapaine:	Rd/A' =	280	pEd,x =	183	65 %
	Raudoitus:	As,vaad =	125	As,valittu =	1018	12 %
		As,max =	39000	As,min =	770	
	Ankkurointi:	lbd,1 =	120	lbd,2 =	66	
	Suurin tankokoko Ø*s:		32	Suurin tankoväl c/c max:	300	
Läpileikkautuminen:	VEd,Lx =	6	VRd,x =	648	1%	
B2 (y) suunta:	Pohjapaine:	Rd/A' =	280	pEd,y =	97	35 %
	Raudoitus:	As,vaad =	68	As,valittu =	1018	7 %
		As,max =	39000	As,min =	749	
	Ankkurointi:	lbd,1 =	120	lbd,2 =	36	
	Suurin tankokoko Ø*s:		32	Suurin tankoväl c/c max:	300	
Läpileikkautuminen:	VEd,Ly =	6	VRd,y =	892	1%	

----- VALITSE YHTIÖ -----		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä:	Sivu: 1(1)
		Päiväys:	
Rakennuskohde:	Työ no	Sisältö	Sijainti:
Ristikkorakenne		Maanvarainen pilariantura	

B19 Maanvarainen pilariantura **Versio 1.5**
SKOL Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

Materiaalit:		Maanvarainen antura:		Lähtötiedot OK!
Betoni =	C25/30	B1 =	2000 mm	
Rasitusluokka =	XC2	B2 =	2000 mm	
Betoniteräs fyk =	500 MPa	h =	500 mm	
Pääteräks:		c =	50 mm	
Teräs T _{sx} (A _x) =	12 mm	c _r =	50 mm	
c/c _x =	150 mm	b1 =	380 mm	
Lukumäärä n _{sx} =	14 kpl	b2 =	380 mm	
Teräs T _{sy} (A _y) =	12 mm	c1 =	810 mm	
c/c _y =	150 mm	c2 =	810 mm	
Lukumäärä n _{sy} =	14 kpl	exd.k =	213	
Ankkurointitapa	Suora teräs	eyd.k =	652	
Ankkurointiolosuhteet	Muut kuin hyvät	Kantokestävyys Rd/A' =		280 kN/m ²
Tartuntakerroin K(y)	0,05			

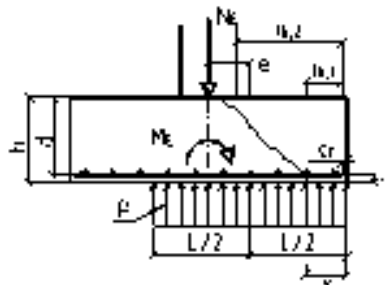
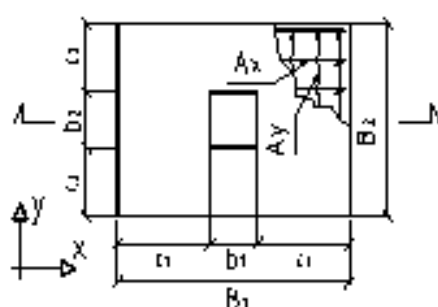
Kuormitukset: Ed [MRT]; Ek [KRT]; N[kN]; M[kNm]

Kuormitukset, momentti y-akselin ymp.

NMy,Ed = 331 My,Ed = 80 JMy,Ek = 241 My,Ek = 50

Kuormitukset, momentti x-akselin ymp.

NMx,Ed = 300 Mx,Ed = 225 JMx,Ek = 220 Mx,Ek = 170



Tarkistukset ja tulokset: A[mm²], F[kN], M[kNm], Y[kN] **Laskenta täyttää vaatimukset!**

B1 (x) suunta:	Pohjapaine:	Rd/A' =	280	pEd,x =	122	44 %
	Raudoitus:	As,vaad =	419	As,valittu =	1583	26 %
		As,max =	60000	As,min =	1184	
	Ankkurointi:	lbd,1 =	120	lbd,2 =	141	
	Suurin tankokoko Ø's:		32	Suurin tankoväl c/c max:	300	
	Läpileikkautuminen:	VEd,Lx =	203	VRd,x =	693	29 %
B2 (y) suunta:	Pohjapaine:	Rd/A' =	280	pEd,y =	241	86 %
	Raudoitus:	As,vaad =	855	As,valittu =	1583	54 %
		As,max =	60000	As,min =	1152	
	Ankkurointi:	lbd,1 =	161	lbd,2 =	286	
	Suurin tankokoko Ø's:		25	Suurin tankoväl c/c max:	250	
	Läpileikkautuminen:	VEd,Ly =	246	VRd,y =	487	51 %

Kylmien rakenteiden routasuojauksen mitoitus

Herkästi vaurioituvien rakenteiden, kuten teräsbetoniakohien ja tiilirakenteiden, tulee mitoitaa pakkamäärän F50 mukaan. Puurakenteiden ym. kevyiden rakenteiden perustukset, ja irisarallistaan pieniä raudan nauvoja, voidaan mitoitaa F10 tai F20:n mukaan.

Vuoden keskilämpötila:	0,5 °C	1,5 °C
Pakkamäärä:	60000 Kh	20000..70000 Kh
Routaeristeen aronuur syvyys:	1 m	sis. 1,2 m
timettaman maakerroksen pakkaus eristeen alla:	0,2 m	sis. 1,2 m

Routaeriste suositus

Eristeen leveys (A+B+C)

Suorassa - suorassa eristeen aronuur alla

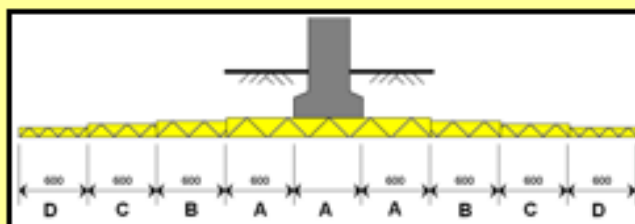
Finnsuom (A) (100+100) mm

Finnsuom (B) (100+80) mm

Finnsuom (C) (80+80) mm

Finnsuom (D) (70+70) mm

Suorassa - lii22 eristeen alla



Työ- ja materiaalimenekkilaskenta

	YKS	Työkustannukset					Materiaalikustannukset				YHT	
Rakennusosa		h/yks	€/tth	Määrä	Työ yht.	Työ yht	Yks	Määrä	Hinta	YHT	€	
		T4	sis.sos kulut	Yks	€	tth	Määrä yks	Määrä yks	€/Määrä yks	€		
Vaihtoehto 1												
Maatyöt												
Maanpoisto, hinta sisältää kaivurin + 2* kuorma-auton tuntiveloituksen	pv	8	190	4	6080	32					0	6080
Routaeristykset	m2	0,04	30	661,5	793,8	26,46	35	26	9	8190	8983,8	
Maatäytöt, sisältää koneet sekä tiivistyksen ja suodatinkankaan laitton	pv	8	120	4	3840	32	1,2	900	6	6480	10320	
Asfaltointi	m2				0		1	900	15	13500	13500	
Perustukset												
Pilarianturat muottityö 1500*1500*500(380*380*1000)	kpl	0,8	30	35	840	28	1,1	35	35	1347,5	2187,5	
Betonointi	m3	0,29	30	35	304,5	10,15	1,2	35	120	5040	5344,5	
Raudoitukset	kg	1,1	30	35	1155	38,5	1,1	35	66	2541	3696	
Pohjalevy pilarianturaan	kpl						1	35	90	3150	3150	
Kantava runko												
Pilarit	kpl/erä	0,55	30	35	577,5	19,25	1	1	6320	6320	6897,5	
Palkit	kpl/erä	0,85	30	15	382,5	12,75	1	1	7725	7725	8107,5	
Liitososa (pilari-peruspilari) sis. Kiinnikkeet	kpl	1	30	35	1050	35	1	35	200	7000	8050	
Pultit+mutterit+aluslevyt palkkien kiinnitykseen	erä					0	1	15	40	600	600	
revaukset	kpl	0,25	30	40	300	10	1,15	40	25	1150	1450	
revausten kiinnikkeet	kpl	0,1	30	80	240	8	1	176	4	704	944	
Muut kiinnikkeet	erä						1	1	150	150	150	
Päätyseinä												
rankarunko	m2	0,29	30	232	2018,4	67,28	1,15	232	2	533,6	2552	
verhoilu UTV 28*120	m2	0,34	30	232	2366,4	78,88	1,15	232	15	4002	6368,4	
vinorevaus k300	m2	0,07	30	232	487,2	16,24	1,15	232	2,1	560,28	1047,48	
Katto												
itsekantava profiilipelti	m2	0,05	30	800	1200	40	1	800	16	12800	14000	
Revaukset	kpl	0,25	30	48	360	12	1,1	48	25	1320	1680	
Yhteensä					21995,3	466,51				83113,38	105108,7	
					€/työt	tuntia yht				€/materiaalit		

		YKS	Työkustannukset					Materiaalikustannukset				
Rakennusosa			h/yks	€/tth	Määrä	Työ yht.	Työ yht	Yks	Määrä	Hinta	YHT	
			T4	sis.sos kulut	Yks	€	tth	Määrä yks	Määrä yks	€/Määrä yks	€	

YHT

€

Vaihtoehto 2

Maatyöt												
Maanpoisto		pv	8	190	4	6080	32					0
Routaeristykset		m2	0,04	30	661,5	793,8	26,46	35	26	9	8190	
Täytöt		pv	8	120	4	3840	32	1,2	900	6	6480	
Asfaltointi		m2				0		1	900	15	13500	
Perustukset												
Pilarianturat muottityö 2000*2000*500(400*400*1000)		kpl	1,2	30	21	756	25,2	1,1	21	54	1247,4	
Betonointi		m3	0,29	30	21	182,7	6,09	1,2	21	185	4662	
Raudoitukset		kg	1,1	30	21	693	23,1	1,1	21	100	2310	
Pohjalevy pilarianturaan		kpl						1	15	90	1350	
Kantava runko						0						
Pilarit		kpl/erä	0,55	30	21	346,5	11,55	1	1	6320	6320	
Palkit		kpl/erä	0,85	30	9	229,5	7,65	1	1	5720	5720	
Liitososa (pilari-peruspilari) sis. Kiinnikkeet		kpl	1	30	21	630	21	1	15	200	3000	
Pultit+mutterit+aluslevyt palkkien kiinnitykseen		erä					0	1	15	40	600	
revaukset		kpl	0,25	30	16	120	4	1,15	16	25	460	
revausten kiinnikkeet		kpl	0,1	30	32	96	3,2	1	32	4	128	
Muut kiinnikkeet		erä					0	1	1	200	200	
Päätyseinä												
rankarunko		m2	0,29	30	232	2018,4	67,28	1,15	232	2	533,6	
verhoilu UTV 28*120		m2	0,34	30	232	2366,4	78,88	1,15	232	15	4002	
revaus		m2	0,07	30	232	487,2	16,24	1,15	232	2,1	560,28	
Katto												
Naulalevyristikot		kpl/erä	0,5	30	46	690	23	1	1	7900	7900	
Revaukset		m2	0,15	30	800	3600	120	1,1	800	4	3520	
Tuuletusrimat		m2	0,01	30	800	240	8	1,1	800	0,4	352	
Aluskate		m2	0,02	30	800	480	16	1,1	800	0,7	616	
Ruoteet		m2/kpl	0,2	30	800	4800	160	3,5	800	1	2800	
Kattopelti		m2	0,07	30	800	1680	56	1	800	5,4	4320	
Kulmaraudat		kpl						1	184	3,5	644	
Yhteensä						30129,5	737,65				79415,28	109544,8

6080

8983,8

10320

13500

2003,4

4844,7

3003

1350

6666,5

5949,5

3630

600

580

224

200

2552

6368,4

1047,48

8590

7120

592

1096

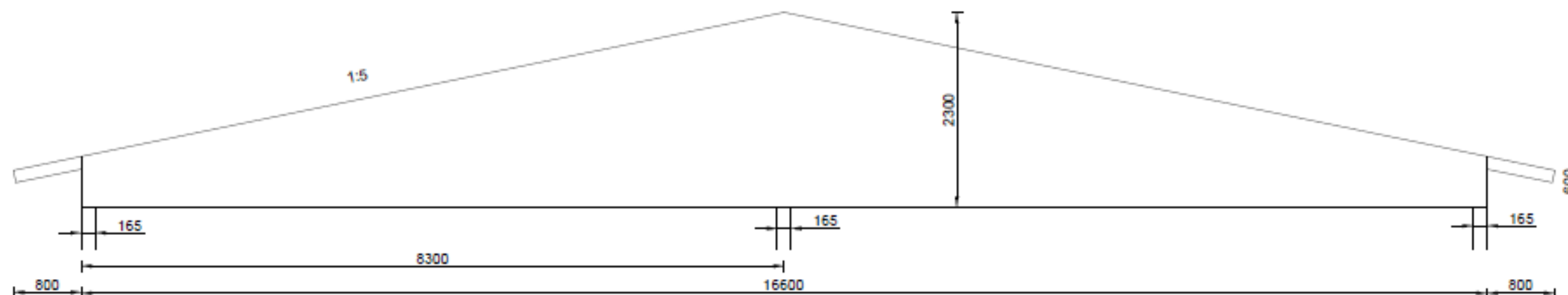
7600

6000

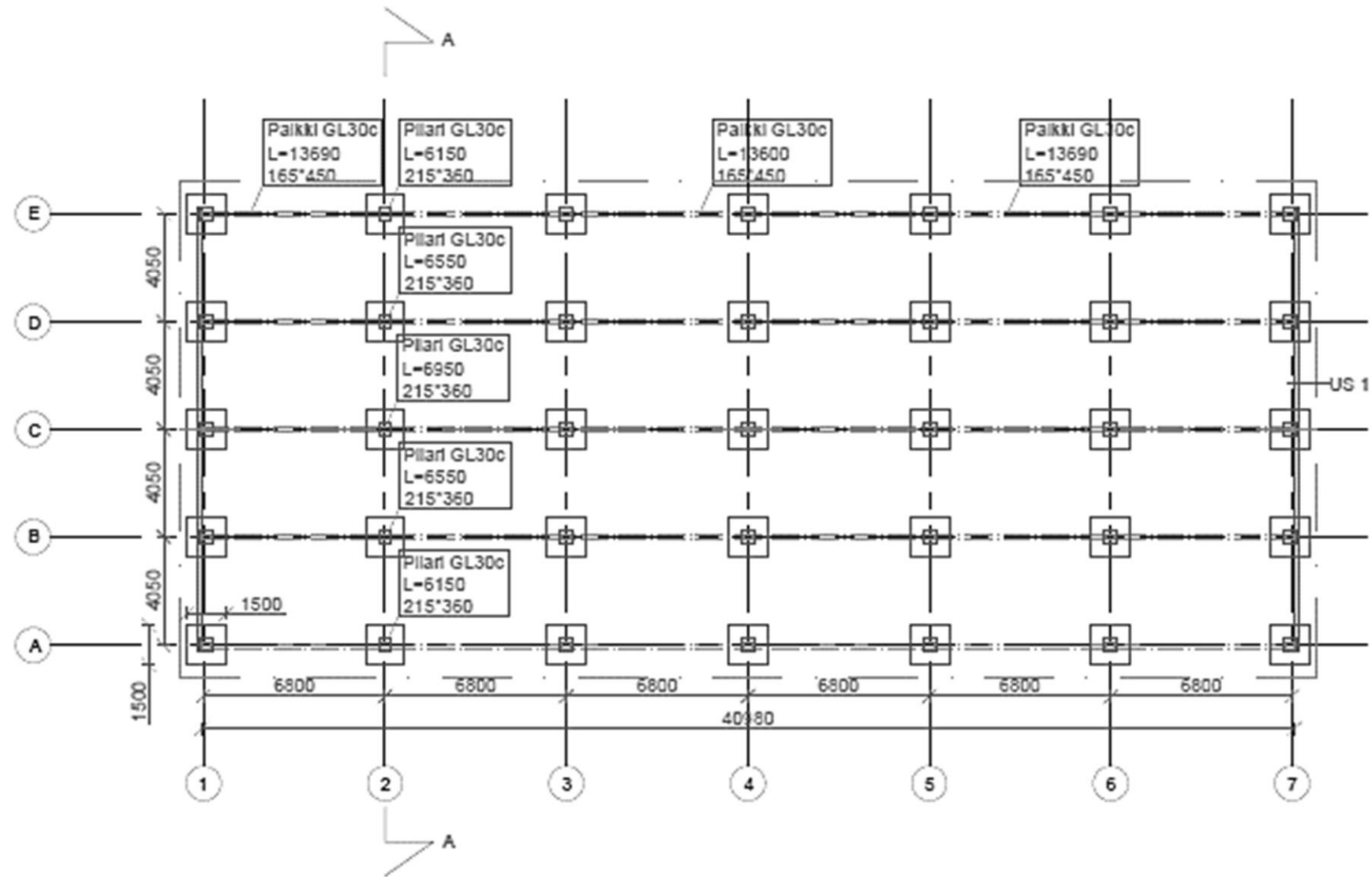
644

Ristikko R1

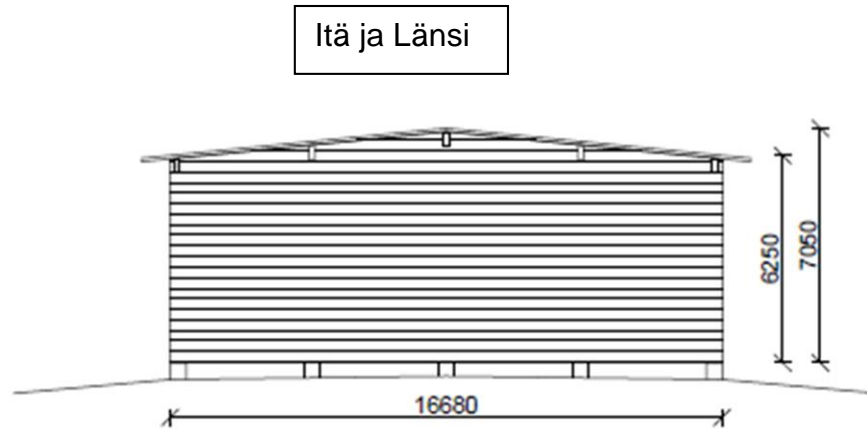
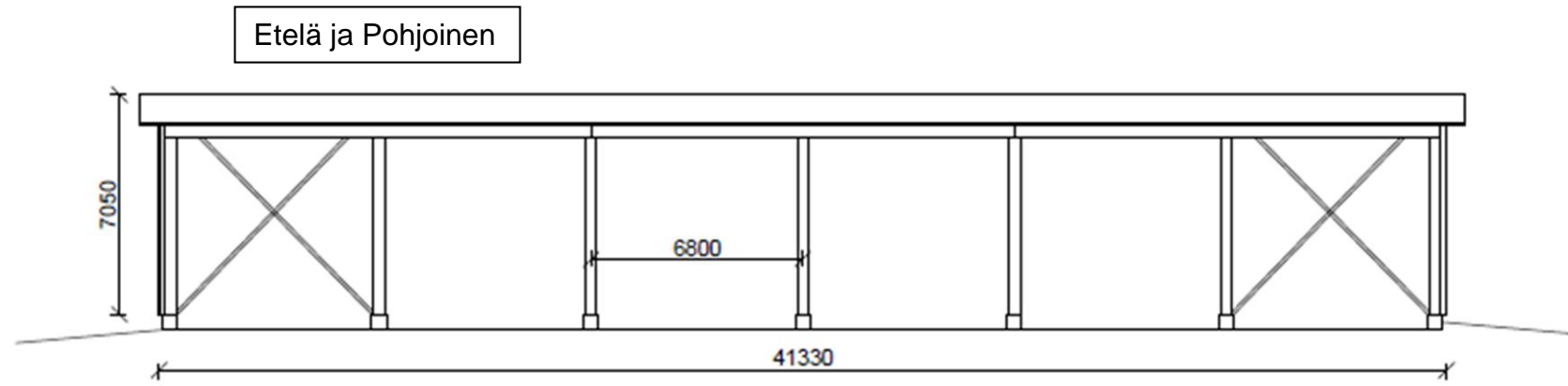
RISTIKKOJAKO 1200 mm
 RUODEJAKO 300 mm
 KUORMITUS:
 YLÄPAARRE
 LUMIKUORMA MAASSA 3kN/m²
 TUULIKUORMA 0,62kN/m²
 RAKENTEET 0,28kN/m²



K.O.S.A.	KORTTELI/TILA	TONTTI/OSNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSKOHTE	UUDISRAKENNUS		PERUSTUSLAI	JURKS.No 1
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSIO	VARASTOINTIKATOS		PERUSTUKSEN SEPLI	MITTAKAAVI 1:50
WICKILANTIE 5				
95300 TERVOLA				
			SUNN. No	YTY No
			RAK	PIE No
			MUUTOS	
			PAIVYS 10.3.2016	IRTHOK. ERE KALLIOSALMI



KUOSA	KORTTELU/TLA	TONTTI/RNO	RAKENUSLUVAN TUNNUS
RAKENUSTYYPPIE	UUSIRAKENNUS		PERUSTUSLAJI RAKENNEPERUSTUS JOKINNo 1
RAKENUSKOHTEEN NIMI JA Osoite	VARASTOINTIKATOS		PERUSTUKSEN SEALTO JULKISIVUT MITTAAVAT 1:200
WICKILANTIE 5			
95300 TERVOLA			
Tervolan Saha ja Höyläämö Oy		SUNNITTELA	TYÖ No
		RAK	HN No
		PÄIVÄS	MUUTOS
		15.3.2016	
		VIITTEK.	
		Jouko Vuokila	Jere Kallioalmi



K.Osa	Korttel/Tila	Tontti/RnO	Rakennusluvun tunnus	
Rakennusmenetelmä			Piirustuslaji	JJKS.No
Uudisrakennus			Rakennepiirustus	1
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Varastointikatot			Julkisivut	1:200
Vuokilantie 5			.	.
95300 Tervola			.	.
Tervolan Saha ja Höyläämö Oy			Suunnala	Työ No
			PIR.No	Muutos
			RAK	
			Päiväys	Yhtenä.
			15.3.2016	Jouni Vuokila
				Jere Kalliosalmi

