



Talousrakennuksen rakenne- suunnittelu Vertex ympäris- tössä

Oskari Anttila

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

ANTTILA, OSKARI:

Talousrakennuksen rakennesuunnittelu Vertex ympäristössä

Opinnäytetyö 86 sivua, joista liitteitä 58 sivua
Marraskuu 2021

Tämä opinnäytetyö tehtiin omasta toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli syventyä suunnitteluun Vertex ympäristössä ja tuottaa yksityiselle asiakkaalle valmiit kuvat rakennuksen valmistukseen. Työssä käytiin läpi perusteellinen rakenteiden mitoitus kuormituslaskelmista rungon kestävyys ja sekä mallinnettiin rakenteesta tietomalli Vertex BD (Building Design) ohjelmalla.

Rakennuspaikkakunta rakennukselle sijaitsee Uudenkaupungin lähialueella maaseudulla. Rakenteet rakennukselle määriteltiin käyttötarkoituksen ja rakennuspaikan mukaan, kantavat rakenteet mitoitettiin Eurokoodin mukaan. Mitoituksessa huomioitiin rungon kestävyys ja jäykistys.

Rakennuksesta luotiin tietomalli Vertex BD ohjelmistolla ja tietomallia hyödynnettiin rakennekuvien valmistuksessa. Tietomallissa on mallinnettu kaikki rungon rakenneosat ja rakennuksen perustukset. Valmiit suunnitelmat ja kaaviot on ladattu lupapisteen verkkosivulle rakennuslupaa varten.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

ANTTILA, OSKARI
Structural Design of an Outbuilding in a Vertex Environment

Bachelor's thesis 86 pages, appendices 58 pages
November 2021

This thesis was done as an assignment of my own. The aim of the thesis was to delve into design in a Vertex environment and to produce ready-made images for the manufacture of a building for a private client. The work involved a thorough dimensioning of the structures from the load calculations to the strength of the frame, and the data model of the structure was modeled with the Vertex BD (Building Design) program.

The construction site for the building is located in the vicinity of Uusikaupunki in the countryside. The structures for the building were defined according to the purpose and the place of construction, the load-bearing structures were dimensioned according to the Eurocode. The durability and stiffening of the frame were taken into account in the dimensioning.

A building information model (BIM) of the building was created with Vertex BD software and the model was used in the production of structural images. The model includes all the components of the frame and the foundations of the building. The completed plans and diagrams have been uploaded to the website of the permit point for the building permit.

Key words: Vertex, building information model, building permit

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TEORIA	6
2.1	Vertex Systems Oy	6
2.1.1	Vertex BD	7
2.2	Mallintaminen ja rakenteiden suunnittelu	8
2.2.1	Arkkitehtisuunnittelu	8
2.2.2	Rakennesuunnittelu	10
3	MITOITUS.....	11
3.1	Rakenteet.....	11
3.1.1	Rakenteiden mitoituseriaatteen	11
3.1.2	Kuormitukset	11
3.2	Mitoitus.....	16
3.2.1	Kantavan rungon kestävyys	16
3.2.2	Rungon jäykistys	16
4	SOVELTAMINEN.....	18
4.1	Kohteen tiedot.....	18
4.1.1	Tarveselvitys ja rakennuslupa	18
4.2	Kohteen mallinnus ja suunnittelu.....	19
4.2.1	Rakenteiden mitoitus	20
4.2.2	Mallin luominen.....	23
5	POHDINTA	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	28
	Liite 1. Yhdistelmäpiirustus 1 (2).....	28
	Liite 1. Yhdistelmäpiirustus 2 (2).....	29
	Liite 2. Asemapiirros	30
	Liite 3. Runkokaavio.....	31
	Liite 4. Yläpohjan tasopiirros.....	32
	Liite 5. Ristikkokaavio	33
	Liite 6. Detaljit 1 (5).....	34
	Liite 6. Detaljit 2 (5).....	35
	Liite 6. Detaljit 3 (5).....	36
	Liite 6. Detaljit 4 (5).....	37
	Liite 6. Detaljit 5 (5).....	38
	Liite 7. Mitoituslaskelmat.....	39
	Liite 8. NR-ristikon jäykistysyhteenveto.....	84

1 JOHDANTO

Tietomallipohjainen suunnittelu pientalorakentamisessa yleistyy ja sitä kautta nopeutuu. Pitkälle automatisoiduilla ohjelmistoilla hallitaan rakennus- ja rakennesuunnittelu hyvin pitkälle, mutta käsin tehtäviä muokkauksia piirustuksiin on edelleen paljon. Automatisointi ja valmiit piirustus pohjat nopeuttavat rakennushankkeissa esimerkiksi erinäisten kaavioiden luontia yhdestä tietomallista. Rakennekuvat on helppo saada nopeasti valmiille tulostuspohjille ilman, että niitä tarvitsisi piirtää erikseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa tilaajalle kattavat suunnitelmat talousrakennuksen rakennuttamista varten. Yksityisen asiakkaan toiveita seurattiin ja suunnitelmia päivitettiin hankkeen edetessä. Tarvittavat suunnitelmat tuotettiin sekä rakennuslupaprosessiin, että itse rakennuksen valmistamiseen. Asiakkaan kanssa tehtiin tarveselvitys ja asiakkaan omistaman tontin rakennusoikeus otettiin huomioon. Toiveina asiakkaalla on autotalli/talousrakennus maatilän pihamaalle. Rakennukseen on tarkoituksena saada työkoneita sisään huollettavaksi. Ulkomuodon määrittävät pääasiassa etuseinän nosto-ovet sekä ennalta löytyvät ikkunat.

Opinnäytetyö sopii hyvin tähänhetkiseen työnkuvaani elementtisuunnittelijana, olen ollut työssä 6.2.2021 lähtien. Se palvelee omaa oppimistani ja perehtymistä Vertex ympäristöön sekä edistää omaa tietämystäni rakennushankkeiden etenemisestä.

Työssä käydään läpi Vertex ohjelmistolla mallinnusta ja sen periaatteita, sekä alustavassa suunnittelussa, että rakennesuunnittelussa. Rakenteiden mitoitusperiaatteet ja itse rakenteiden mitoitus suoritettiin myös. Lopputuloksena tuotetaan asiakkaalle kattavat rakennus- ja rakennesuunnitelmat.

2 TEORIA

2.1 Vertex Systems Oy

Vertex Systems Oy on vuonna 1977 perustettu suomalainen BIM-ohjelmistoja tuottava teknologia-alan yritys. Yrityksellä on useita tuoteversioita eri teknologia-alojen tarkoituksiin. Tuotteita on mekaniikkasuunnitteluun, sähkö- ja automaatio-suunnitteluun, hydraulikkasuunnitteluun, laitos sekä keittiö- ja kalustesuunnitteluun (KUVIO 1). Tuotteita on myös tiedonhallintaan ja jakamiseen. Yrityksen ohjelmistoja on käytössä 38 eri maassa. (Vertex Systems 2021.)

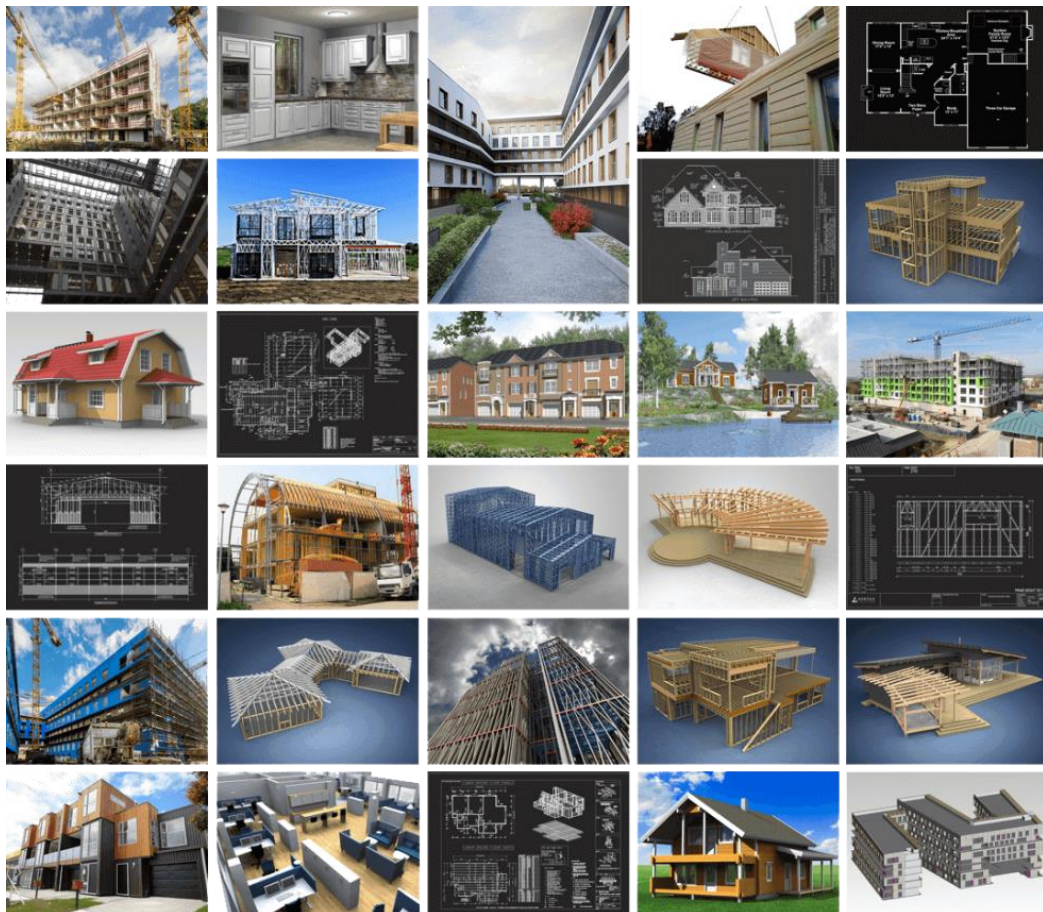


KUVIO 1 Vertexin tuotevalikoima (Vertex Systems Oy 2021)

Ohjelmistoihin päivitetään jatkuvasti uusia ominaisuuksia. Yritys tarjoaa myös ilmaisia verkkoseminaareja, eli webinaareja, internetin välityksellä. Seminaareissa esitellään uusia ominaisuuksia eri versioihin ja käyttötarkoituksiin. Kaikki seminaarit ovat maksuttomia ja niihin ilmoittautuminen on kaikille mahdollista. Webinaarit on myös tallenteina Vertex Systemsin verkkosivuilta ilmaiseksi. Verkossa on myös ilmainen tuotedokumentaatio, josta voi katsoa ohjeita perusasioihin tai tutustua uusiin ominaisuuksiin ja niiden mahdollisuuksiin.

2.1.1 Vertex BD

Vertex BD (Building Design) on Vertex Systemsin rakennuslalle suunnattu tietomallipohjainen CAD-ohjelmisto. Se on suunnattu erityisesti talotehtaille valmistalojen puuelementtien suunnitteluun ja se tarjoaa monipuolisia työkaluja jo myynnistä kohteen viimeistelyyn asti. Tietomalli rakennetaan todellisten rakennusosien mukaan ja automatisoiduilla toiminnoilla malli saadaan luotua hyvin nopeasti ja tarkasti (KUVA 1). Vertex BD -ohjelmistossa yhdistyvät perinteinen kaksiulotteinen pohjakuvassa työskentely sekä nykyaikainen kolmiulotteisessa tietomallissa työskentely. Ohjelma tuottaa tarkat ja yksityiskohtaiset elementtikuvat ja kaaviot suunnittelun yhteydessä.



KUVA 1. Ohjelma tarjoaa mahdollisuudet monipuoliseen rakenteiden suunnitteluun. (Vertex Systems Oy: Vertex BD 2021)

2.2 Mallintaminen ja rakenteiden suunnittelu

Mallintaminen sujuu vaivattomasti ohjelmistolla, koska kolmiulotteisessa tilassa eri rakenteen osat ja kerrokset pystyy hahmottamaan helpommin. Virheiden huomioimien ja välttäminen on tällä tavoin helpompaa. Mallin luomista auttaa hyvin pitkälle automatisoitu prosessi. Automaatiotoimintoja pystyy myös asiakaskohtaisesti säätämään, mikä taas nopeuttaa vakioratkaisuilla toteutettavaa suunnittelua entisestään. (Vertex BD ominaisuudet 2021)

Suunnittelun alussa luodaan arkkitehtimalli, joka sisältää pääpiirteisesti rakennuksen kaikkien rakenteiden tiedot ja niille asetetut säännöt. Sääntöjä rakenteiden eri kerroksille ovat kerroksien paksuudet, rakenneosat kerroksessa ja niiden lukumäärät ja sijainnit. Kuvassa rakenneosien rakennekerrokset ja aukkojen tiedot välittyvät suoraan tästä mallista rakennemalliin, johon ohjelma luo automaattisesti rakennekerroksien eri rakenteiden tiedot. Automaation ansiosta inhimilliset virheet suunnittelussa vähenevät ja suunnittelu nopeutuu huomattavasti. (Vertex BD 2021 tuotedokumentaatio)

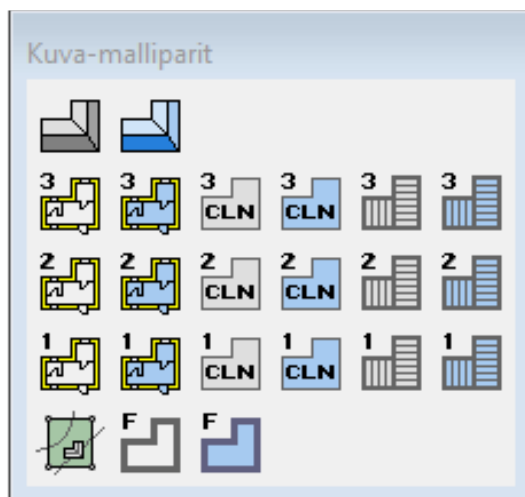
2.2.1 Arkkitehtisuunnittelu

Tietomallin luominen aloitetaan arkkitehtisuunnittelulla. Ohjelmalla luodaan talosta kolmiulotteinen malli, joka on pääpiirteiltään jo lähes valmis talo. Rakennuksen suunnittelua helpottamaan voidaan mallin pohjalle lisätä alikuvaksi esimerkiksi jo valmis arkkitehdin piirtämä pohjakuva. Alikuvina voi käyttää monia eri tiedostomuotoja. Näin mallinnuksen aloittaminen helpottuu ennestään. Malliin tehdään kaikki rakenteet. Eri työkaluja käyttäen saadaan perustukset, ulkoseinät, väliseinät, väli- sekä yläpohjat ja katto. Muun suunnittelun ohella ohjelma luo lähes automaattisesti ohessa esimerkiksi lupakuvat. (Vertex BD 2021 tuotedokumentaatio)



KUVA 2. Esimerkkikuvia (Vertex Systems Oy: Arkkitehtisuunnittelu 2020)

Malli on jaettu kuva-mallipareihin. Niihin on jaettu kaikki rakennuksen eri tasot kuten perustukset, ensimmäisen kerroksen seinät, välipohja ja kattorakenteet. Eri tasojen väleillä pääsee liikkumaan kuva-mallipari valikosta (KUVA 3). Tasoja on helppo muokata omissa mallipareissaan ja niiden näkyvyyksiä pystyy muokkaamaan 3D- tai pohjakuvanäkymässä. (Vertex BD 2021 tuotedokumentaatio)



KUVA 3. Kuva-mallipari valikko

Malli tehdään jo tässä vaiheessa tarkasti. Kaikki rakenneosat sisältävät paljon dataa, joka välittyy eteenpäin suunnittelussa ja joka nopeuttaa rakenteiden suunnittelua.

2.2.2 Rakennesuunnittelu

Rakennuksen rakenteiden eri osat määräytyvät kerroksittain niille asetettujen sääntöjen mukaan. Rakenteille asetettuja sääntöjä voivat olla kerrosten paksuudet, materiaalit ja lukumäärät. Kerrokseen ohjelma luo automaattisesti rungon osat, eristykset ja levytykset. Näitä osia pystyy helposti muokkaamaan joko kolmiulotteisessa näkymässä tai perinteisessä pohjakuvanäkymässä. Nämä näkymät ovat yhteydessä toisiinsa ja päivittyvät muokkausten myötä. (Vertex tuotetodokumentaatio)

Valmiista arkkitehtimallista valitaan rakenneosat ja tehdään niille elementtijako. Tällä tavoin voidaan esimerkiksi seinät luoda yksi seinä kerralla valmiiksi puurunkoisiksi seinäelementeiksi, joille ohjelma pystyy luomaan asiakaskohtaisesti elementtipiirustukset. Tehtaalle tarkat ja virheettömät piirustukset ovat hyvin tärkeitä. Automatisointi takaa sen, että paljon samanlaisia elementtikuvia pystytään tuottamaan erittäin nopeasti. Tiedot elementtien kuviin päivittyvät rakenneosia muutettaessa automaattisesti. (Vertex tuotetodokumentaatio).

Mallista voidaan luoda myös kattoristikoiden tarkat ristikkokuvat. Ristikot ohjelma luo automaattisesti sille annettujen ohjeiden mukaan. Ristikoita pystyy muokkaamaan yksityiskohtaiseksi kohteen mukaan. Kuvat ovat myös tarkkoja aina, koska 3D-näkymässä voi tarkastella sitä, miten ristikot sopivat rakennukseen.

Kuvien tulostaminen tai PDF-tiedostoksi vieminen onnistuu ohjelmalla helposti. Elementtikuvien arkeille Vertex BD luo automaattisesti tulostuspohjan, jonka ohjelma tunnistaa ja tuottaa kuvat järjestyksessä. Kaavioiden tulostaminen ei tapahdu automaattisesti, vaan kaavioista valitaan tulostettavan arkin koko ja tulostettava alue. Kiinnitysdetaljien tulostamisessa detaljikuvien ympärille pitää asettaa tulostusarkki, jotta ohjelma osaa tulostaa kuvat oikeassa järjestyksessä yhteen tiedostoon. Kuvat voidaan asetella arkille vierekkäin jonoon halutussa tulostusjärjestyksessä.

3 MITOITUS

3.1 Rakenteet

3.1.1 Rakenteiden mitoitusperiaatteet

Puiset rakenteet suunnitellaan EN 1990:2002 standardien mukaan. Suunnittelun perusvaatimusten tulee täytyä mitoittaessa rakenteita rajatilamitoituksella, ja osavarmuuslukumenetelmällä käytettäessä Eurokoodi 0:a ja sen kansallisia liitteitä. Eurokoodi 1:n ja sen kansallisten liitteiden mukaan määritetään kuormitukset ja niiden yhdistelmät. (EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020)

Rakennuksen kantavat rakenteet mitoitetaan kestävänsä rakennuksen oma paino sekä erilaiset ulkoiset rasitukset. Omapaino eli pysyvät kuormat rasittavat rakennetta jatkuvasti, eivätkä ne muutu ajan saatossa. Ulkoisia rasituksia rakenteelle tulee tuulesta, lumesta ja tilojen käytöstä. Tuulikuormat painavat rakennuksen runkoa sivusuunnassa ja aiheuttavat rakennukseen sisälle ovien auki ollessa painetta, joka työntää rakenteita ulospäin. Katolle kasaantunut lumi taas aiheuttaa rungolle lisärasitusta talvisin, ja rakennuksen tulee kestää suuret lumen aiheuttamat kuormat ongelmitta. Tilojen käytöstä rakennukselle tulee hyötykuormaa, joka riippuu rakennuksen käyttötarkoituksesta. (EC 5 lyhennetty suunnitteluohje 2020)

Tavanomaisten suunnittelukohteiden mitoittamiseen, kuten omakotitalojen ja autotallien, käytetään yksinkertaistettua lyhennettyä puurakenteiden suunnitteluohjetta Eurokoodi 5:stä (standardit EN 1995-1-1 ja EN 1995-1-2).

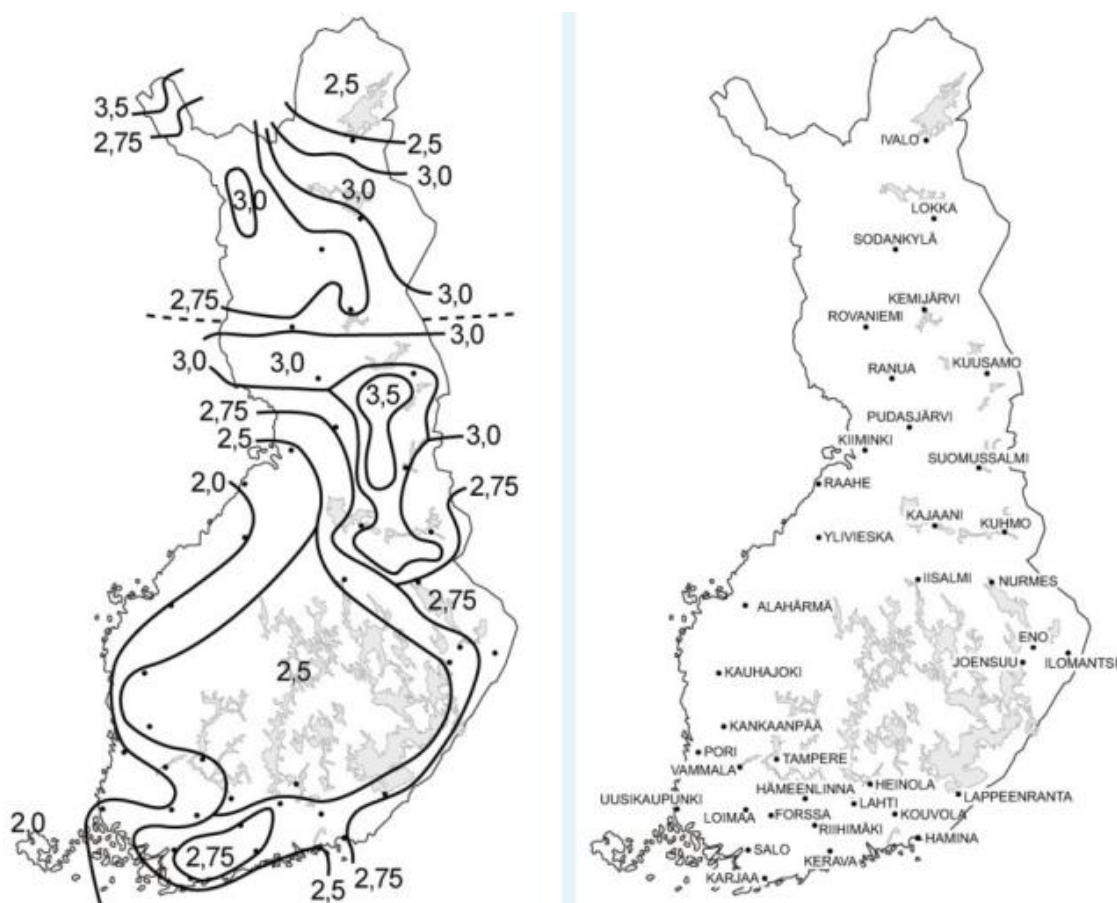
3.1.2 Kuormitukset

Mitoitus aloitetaan laskemalla runkoon kohdistuvat rasitukset rakenteen omasta painosta ja siihen kohdistuvat ulkoiset kuormitukset. Pysyvät kuormat määritetään laskemalla rakenteiden omat painot ja mitoitettavalle rakenteelle kuormaa

aiheuttavien muiden rakenteiden omat painot. Kohteen omapainon ominaiskuorman laskeminen tapahtuu nimellisten mittojen ja tilavuuspainojen perusteella. (EC5 Lyhennetty suunnitteluohje 2020.).

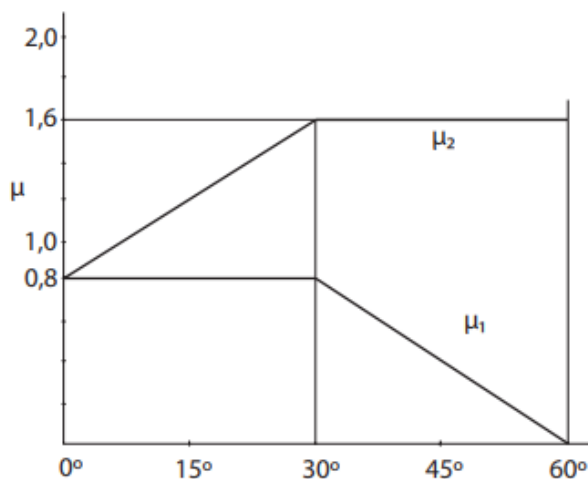
Omapainon laskemisessa käytetään eri rakenteiden tiheyksiä, rakenteiden osien poikkileikkauksien pinta-aloja ja niiden jakoa rakenteissa. Näiden avulla saadaan laskettua tarkkaan rakenteesta aiheutuvat kuormat.

Lumen aiheuttaman kuorman määrittäminen aloitetaan katsomalla lumen ominaiskuorma (s_k) paikkakuntaakohtaisesti Eurokoodin Suomen kansallisen liitteen kuvasta. (KUVA 4). Lumen määrä maassa vaihtelee alueittain ja siksi rakenteet pitää paikkakuntaakohtaisesti mitoittaa lumikuormaa varten. Jos rakennuspaikka on kahden alueen rajalla, voidaan väliarvo interpoloida suoraviivaisesti lähimpien käyrien mukaan.



KUVA 4. Lumen ominaisarvot maan pinnalla, yksikkö kN/m^2 . (SFS-EN 1991-1-1 kansallinen liite: Rakenteiden kuormat osa 1–1 2019, 27)

Lumen ominaiskuormitus maassa ei ole sama kuin rakennuksen päällä. Tästä syystä kuormitus kerrotaan katon kaltevuudesta riippuvalla kertoimella (μ), joka huomioi katon muodon ja lumen putoamisen katolta. (EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020)



KUVIO 2. Katon kaltevuuden ja sen muodon huomioiva muotokerroin μ_i (EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 12)

Hyötykuormat ovat eri rakenteille kohdistuvia muuttuvia kuormia, jotka tulevat rakenteille tilojen käytöstä ja riippuvat täysin rakennuksen käyttötarkoituksesta. Rakenteille on määritetty kuormat käyttötarkoitusten mukaan (TAULUKKO 1).

Kuormitettujen tilojen luokat	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN] (portaat suluissa)
	Välipohjat	Portaat	Parvekkeet	
Luokka A: Asuinitilat	2,0	2,0	2,5	2,0 (2,0*)
Luokka B: Toimistotilat	2,5	3,0	2,5	2,0 (2,0)
Luokka C: Kokoontumistilat				
-C1: Pöytäalueet	2,5	3,0	2,5	3,0 (2,0)
-C2: Kiinteiden istuimien alueet	3,0	3,0	3,0	3,0 (2,0)
-C3: Esteettömät alueet	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
-C4: Liikuntatilat ja näyttämöt	5,0	3,0	5,0	4,0 (2,0)
-C5: Tungokselle alttiit alueet	6,0	6,0	6,0	4,0 (2,0)
Luokka D: Myymälätilat				
D1 Tavalliset vähittäiskaupat	4,0	3,0	4,0	4,0 (2,0)
D2 Tavaratalot	5,0	6,0	5,0	7,0 (2,0)
Luokka E: Varastotilat				
E1 Tavarain säilytys ja vastaanottotilat	7,5	3,0		7,0 (2,0)
Luokka H: Vesikatot ilman hyötykäyttöä		0,4		1,0

* Asunnon sisäiset portaat $Q_k = 1,5$ kN

TAULUKKO 1. Tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot (EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 11)

Tuulen aiheuttamat kuormat riippuvat rakennuksen sijainnista ja sitä ympäröivästä maastosta. Puut ja rakennukset vähentävät huomattavasti tuulen aiheuttamia rakennuksiin kohdistuvia kuormia.

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

TAULUKKO 2. Eri maastoluokat tuulikuorman laskemiseen (EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020, 12)

Sivusuhte d/b									
λ	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
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

TAULUKKO 3. Rakennuksen muodon huomioiva kerroin c_f . (EC5 Lyhennetty puurakenteiden suunnitteluohje 2020,13)

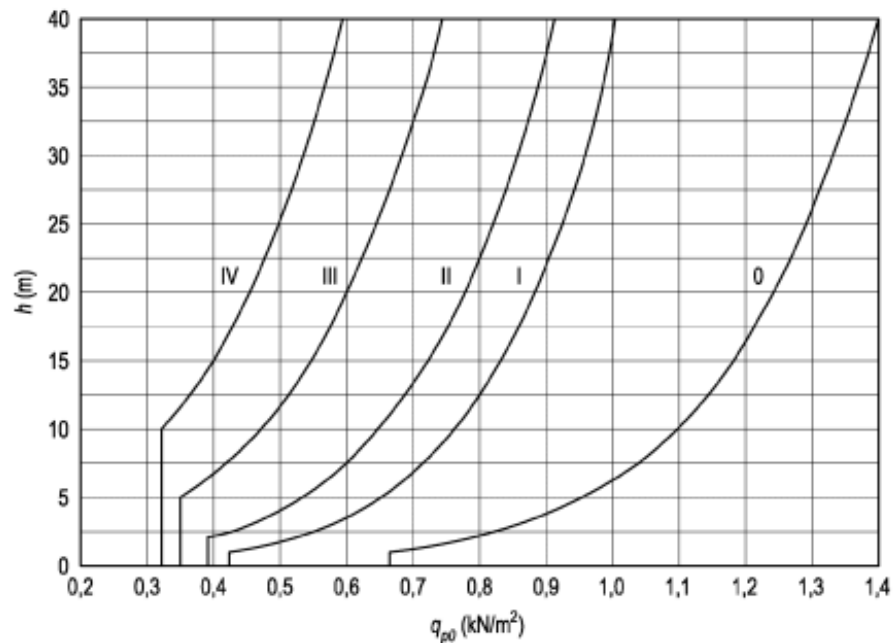
Rakennuksen hoikkuus λ on rakennuksen tuulen suuntaisen sivun suhde rakennuksen korkeuteen. Sen saa laskettua kaavalla:

$$\lambda = \begin{cases} 2h/b & \text{Kun } h \leq 15m \\ (2,25 - 0,017h) \frac{h}{b} & \text{Kun } 15m < h \leq 50m \end{cases}$$

Missä

h = rakennuksen korkeus

b = rakennuksen sivun leveys tuulta vastaan



KUVIO 3. Tuulen nopeuspaineen ominaisarvot (EC5 lyhennetty suunnitteluohje 2020)

Tuulen aiheuttaman puuskapaineen saa selvittämällä rakennuksen ympäristöstä riippuvan maastoluokan (TAULUKKO 2) ja rakennuksen korkeuden avulla. (KUVIO 3). Kertoimen väliarvot voidaan interpoloida. Lopuksi katsotaan kuvasta tuulen nopeuspaine, joka kohdistuu rakennukseen. Tämän jälkeen arvot sijoitetaan kaavaan:

$$F_{w,k} = C_f q_p(h) A_{ref}$$

Missä

C_f on rakenteen voimakerroin

$q_p(h)$ on rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine

A_{ref} on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

3.2 Mitoitus

3.2.1 Kantavan rungon kestävyys

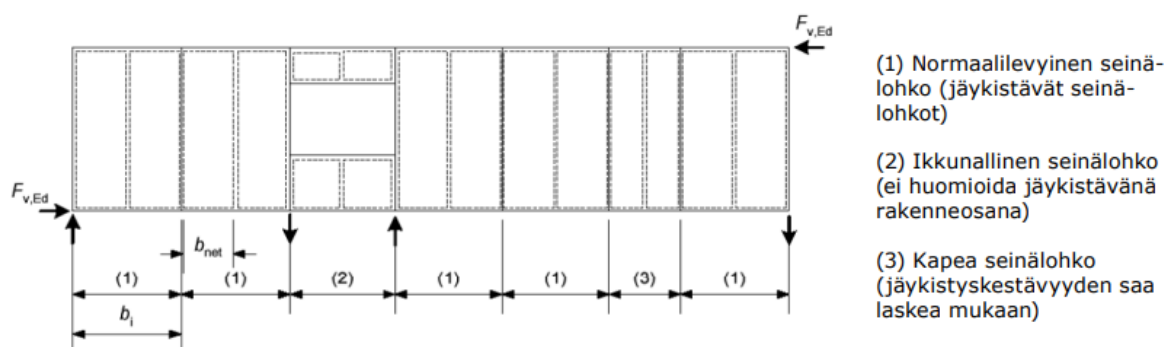
Rungon pitää kestää omasta painosta, lumesta ja tuulesta aiheutuvat kuormat. Mitoitus suoritetaan EC5 Lyhennetyn puurakenteiden suunnitteluohjeen (2020) mukaan. Ensin lasketaan rungolle kohdistuvat kuormat ja niiden yhdistelmät. Kuormat korotetaan kertoimilla, jotka on määrätty aikaluokittain eri kuormitusyhdistelmille.

Pystyrakenteet mitoitetaan ylhäältä tuleville kuormille, kuten rakenteen omalle painolle, tilojen käytöstä tulevalle hyötykuormalle ja lumikuormalle. Rakenteisiin kohdistuu myös sivuttaista kuormaa tuulesta ja rakenteiden epäkeskisyyksistä. Kuormat rasittavat rakenteita joko yksin tai monen kuorman yhdistelmänä, näitä sanotaan kuormitusyhdistelmiksi. Kaikki mahdolliset yhdistelmät on tutkittava. Pysty- ja vaakakuormat aiheuttavat pystyrakenteille puristusta ja taivutusta samanaikaisesti, rakenteen kestävyys pitää olla suurempi kuin siihen kohdistuvat kuormat ovat. Pystyrakenteille kohdistuvat kuormat vaikuttavat myös tukipintaan, johon rakenteet tukeutuvat. Tukipainekestävyys pitää tutkia rungon alapuulle sekä rungon yläpuulle. (EC5 Lyhennetty suunnitteluohje 2020).

3.2.2 Rungon jäykistys

Kantavan seinärungon jäykistys perustuu seinään kohdistuvan sivuttaisen kuorman stabilointiin. Rakennuksen seinät saadaan jäykistettyä kiinnittämällä rakennuslevyt runkoon oikeilla kiinnikkeillä ja kiinnitystavalla. Kiinnikkeiden pitää kestää niille kohdistuva sivuttainen kuormitus. Kiinnikkeisiin kohdistuu tuulen aiheuttamasta sivuttaisesta kuormituksesta leikkausvoimaa ja niiden tulee kestää kyseinen voima. Toimiva rakennuksen jäykistys estää rakennetta niin sanotusti kiertymästä itsensä ympäri ja vakauttaa rakennetta kovassa sivusuuntaisessa rasituksessa. (Puuinfo, rakennuksen jäykistys 2020)

Ensin selvitetään paljonko kiinnike kestää leikkausvoimaa. Kiinnikkeen kestävyys riippuu sen pituudesta ja paksuudesta. Vaikuttavana tekijänä on myös kiinnikkeen tartuntapituus, eli kuinka syvälle runkoon kiinnike uppoaa jäykistävän levyn alla. Seinän jäykistysaste saadaan kertomalla jäykistävän lohkon kestävyys jäykistävien lohkojen määrällä. Lohkoja voi olla seinällä eri kokoja, mutta lohkojen koolle on asetettu myös minimileveys, joka riippuu jäykistettävän seinän korkeudesta. (EC5 Lyhennetty suunnitteluohje 2020)



KUVIO 4. Kaksiosaisen jäykistysseinän esimerkki (EC5 Lyhennetty suunnitteluohje 2020)

Jäykistettävät seinälohkot kiinnitetään perustuksiin niin, että seiniin kohdistuvat voimat eivät pääse liikuttamaan rakennusta sivusuunnassa. Kiinnikkeiden tulee kestää niihin kohdistuvia sivu- ja pystysuuntaisia rasituksia. Jäykistettävien lohkojen pystysuuntaiset voimat tulee laskea ankkurointia varten. Ankkurointi tapahtuu usein ruuvi- tai pulttiliitoksella. Mitoitettaessa liitosta pitää ottaa huomioon kiinnikkeen vetokestävyys ja kiinnitettävään rakenteeseen kohdistuva leimapaine kiinnikkeen kannasta tai aluslevystä.

Kattoristikoiden työnaikainen tuenta voidaan tehdä yläpaarten alapintaan kiinnitettävällä laudoilla, jotka lähtevät harjalta alas viistoon noin 45 asteen kulmassa räystäälle. Yläpohjarakenteen jäykistys tehdään yleisimmin ristikoiden väliin asennettavilla pukkijäykisteillä ja ristikon yläpaarten päälle kiinnitettävällä jäykistyspuun avulla. Ristikoiden jäykistys estää hoikkarakenteisia kattoristikoiden nurjahtamista ja kiepahtamista. Nurjahdus ja kiepahtus voidaan estää myös ristikoiden yläpuolisella rakennuslevyllä. (Puuinfo, palkiston ja NR-ristikon jäykistys 2020).

4 SOVELTAMINEN

4.1 Kohteen tiedot

Työtä sovelletaan Varsinais-Suomeen rakennettavan talousrakennuksen suunnittelussa. Kohde on noin 86m² kylmä autotalli, jonka täydelliset rakennus- ja rakennesuunnitelmat tuotetaan opinnäytetyön yhteydessä. Rakennuksen suunnittelu tehdään alusta alkaen tilaajan toiveiden mukaan.

Talousrakennuksen kaikki suunnitelmat tuotetaan Vertex BD ohjelmistolla. Perustussuunnitelmat tulevat ulkoiselta urakoitsijalta, mutta työhön on sisällytetty myös alustavat perustussuunnitelmat. Perustussuunnitelmia ei käytetä rakennuksen perustuksien valmistuksessa.

4.1.1 Tarveselvitys ja rakennuslupa

Tilaajan toiveiden, tarpeiden ja lopullisen käyttötarkoituksen mukaan on vertailtu erilaisia vaihtoehtoja rakennukselle. Asiaan vaikuttaa myös rakennuksen sijainti tontilla, sijainnin maaperä sekä tontin jäljellä oleva rakennusoikeus. Asiakkaan toiveina rakennukselle oli suuret nosto-ovet ja korkea huonekorkeus. Ne mahdollistavat erilaisten maatalouskoneiden, kuten esimerkiksi traktorin ajamisen rakennuksen sisälle huoltoa varten.

Hankkeen aloituksen piti olla kesällä 2020, mutta puutavaran hinnan nousun takia hanketta viivyteltiin syksyyn. Perustuksien valmistus aloitettiin heti rakennusluvan myöntämisen jälkeen. Rakennuslupa myönnettiin 3.9.2021 Uudessakaupungissa.

Lähes kaikkeen rakentamiseen tarvitaan rakennuslupa tai muu viranomaisen hyväksyntä. Rakennuslupa tarvitaan myös sellaiseen korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen tai laajentamiseen sekä myös käyttötarkoituksen olennaiseen muutokseen. Eräisiin vähäisiin rakennushankkeisiin voidaan hakea toimenpidelupa tai tehdä hankkeesta ilmoitus kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle. (Ympäristöministeriö 2013)

Luvan hakemista on helpotettu sähköisellä lupa-asioinnin palvelulla. Lähes kaikki kunnat suomessa käyttävät lupapistettä, mistä voit seurata hankkeen etenemistä helposti. Viestit ja kommentit suunnitelmiin tulevat suoraan lupapisteen viestiosioon. Muutoksien jälkeen uudet versiot piirustuksista ja suunnitelmista on helppo lisätä sivustolle, mistä kaikki hankkeen osapuolet voivat tarkastella niitä.

Lupaprosessia helpotti myös kunnan rakennusvalvonnan nopeat vastaukset erityisesti rakennuslupaan liittyviin kysymyksiin sekä ympäristöministeriön asetus (216/2015, 2015) rakennusluvan hakemiseen tarvittavista suunnitelmista. Kunnan rakennusviranomainen kannustaa jo luonnosvaiheessa olevien alustavien suunnitelmien esittelyä rakennustarkastajalle. Tämä helpottaa ja nopeuttaa rakennusluvan saamista. (Uudenkaupungin kaupunki 2021)

4.2 Kohteen mallinnus ja suunnittelu

Talousrakennuksen mallinnuksen ja erilaisten piirustusten luomiseen käytettiin Vertex BD ohjelmistoa. Rakennuksesta tehtiin ensin pääpiirteittäin arkkitehtimalli, josta saatiin rakennuslupaan tarvittavat julkisivukuvat sekä leikkauskuvat. Asemapiirros saatiin myös luotua samalla ohjelmalla. Rakennusluvan hakuun vaaditut kuvat ladattiin lupapisteen verkkosivuille. Runkokaavio ja yläpohjan tasokuva tehtiin myöhemmin arkkitehtimallin pohjalta luodusta rakennemallista. Mallissa näkyy runkotooppien jaosta lähtien kaikki tiedot ja mitat millimetrin tarkkuudella. Kuvissa huomioitiin myös rakennekerrokset ja niiden paksuudet.

Rakennemallista otettiin suoraan Vertex BD ohjelmalla tasokuvat rungolle (LIITE 3) ja yläpohjalle (LIITE 4). Kuviin lisättiin mitat ja viitetekstit leikkauksille sekä kiinnitysdetaljien kohdille. Perustussuunnitelmia ei tarvinnut tehdä, sillä ne tilattiin ulkoiselta urakoitsijalta. Perustuskaavio tehtiin suoraan perustuksien kuva-malliparin tasosta ja kuvaan merkittiin perustuksien mitat, routaeristykset ja lattiaan tulevat raudoitukset. Kiinnitysdetaljit otettiin leikkauskuvista ja runkokaaviosta, ja kuviin lisättiin tarvittavat huomiot ja merkinnät.

4.2.1 Rakenteiden mitoitus

Rakennuksen rakenteet ovat käyttöluokassa kaksi. Materiaalit on suojattu ulko-verhouksella ja tuulettuvat hyvin. Ilmankosteus saattaa olla muutamana päivänä vuodessa yli 85 %. Rakennuksen omapaino laskettiin rakennuksen mittojen ja rakenteiden ominaispainojen avulla, vesikaton rakenteeseen haettiin ohjeita Rakennustiedon RT-kortistosta (RATU 0423, RT 103274, RT 83-11010) ja ruodejako Ruukin asennusohjeesta (Ruukki Classic asennusohje, 6). Tuulta mitoittaessa rakennuksen sijaintina on maatalousmaa eli rakennuksen maastoluokaksi tulee II (kaksi). Lumen ominaiskuorma maassa määritettiin myös sijainnin perusteella ja ominaiskuormaksi tuli 2 kN/m^2 .

Suurimmat rasitukset tulevat harjan suuntaisille seinille aukkojen ympärille, koska runkotolppien väli on suurempi. Mitoituksessa tarkastellaan oven vierellä olevia runkotolppia, alaohjauspuun tukipainekestävyyttä ja rungon jäykistystä katon harjalinjan vastaisilla sienillä. Runkoon lasketaan myös yläpuun alle pystyyn tasakertapuu. Tasakertapuu estää yläpuuta taipumasta aukkojen kohdilla.

Tarvittavat laskelmat ja mitoitukset rakennukselle tehdään rakennuksen rungolle. Rungon kestävyyslaskenta tehdään käsin käyttäen EC5:n lyhennettyä suunnitteluohjetta ja lopuksi tulokset varmennetaan MetsäWoodin Finnwood mitoitusohjelmistolla. Finnwood -ohjelma määrittää mitoituksen Eurokoodi 5:n (EN1995-1-1), sen täydennysosien A1:2008+A2:2014, niiden Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2017 ja RIL 205-2-2009 mukaan.

Rakenteiden mitoitus tehtiin käsin MathCad ohjelmalla, joka on laskentaan tarkoitettu tietokoneohjelmisto. Mitoituksessa seurattiin tarkkaan EC5 Lyhennettyä puurakenteiden suunnitteluohjetta (2020) ja kaikki laskut tehtiin sen mukaan.

Runkotolpat mitoitetaan sivuseinillä suurimman aukkovälin kohdalta. Suurin aukkoväli on oven vieressä. Runkojako on muualla rakenteessa k600, eli 600 mm välein. Oven kohdalla suurin kuormitusleveys yhdelle runkotolpalle on 815 mm. Tolppien mitoitus tehtiin olettaen tolpan olevan päästä nivelellisesti kiinni ja tuettu heikompaan suuntaan.

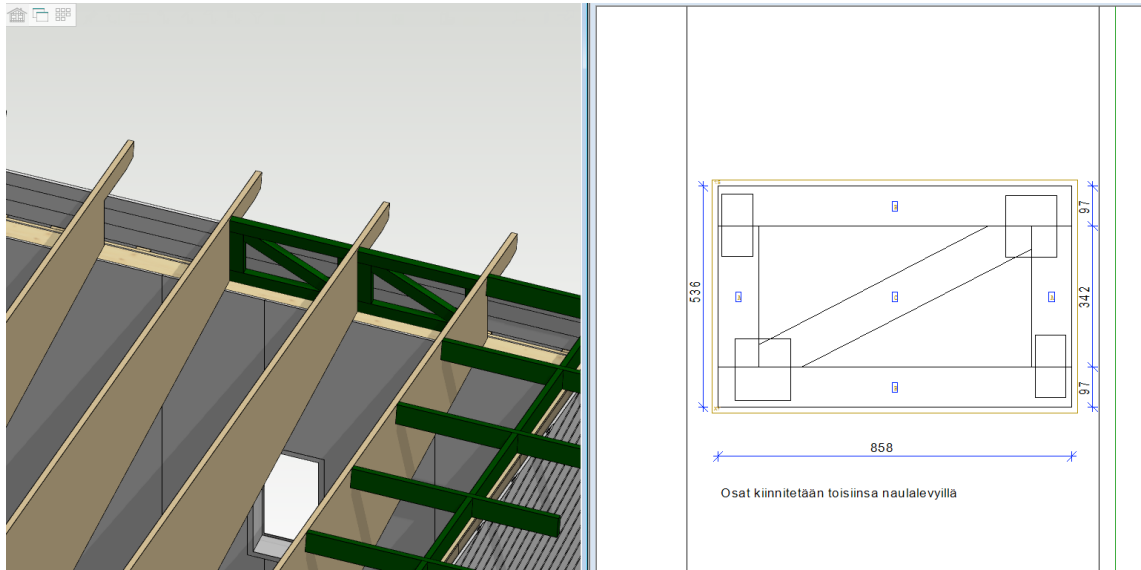
Runkotolpan kestävyttä tutkittiin nurjahduskestävyydellä. Rakenteeseen kohdistuvan puristusjännityksen pitää olla pienempi kuin rakenteelle lasketun puristuskestävyyden. Nurjahdusta tutkittiin neljällä eri kuormitusyhdistelmällä, joista määrääväksi osoittautui kuormitusyhdistelmä 3. Nurjahduskestävyys on laskettu liitteessä 7. Runkotolpat mitoitettiin vielä taipumalle, kun oven veressä on kaksi runkotolppaa vierekkäin. Taipumaa tutkittiin kuormitusyhdistelmällä 4, jossa tuuli on määräävä kuorma.

Alaohjauspuun tukipainekestävyys laskettiin samassa kohdassa kuin nurjahduskestävyys. Suurin kuorma alaohjauspuulle tulee oviaukon reunalle, mitoituksessa todettiin, että yksi runkotolppa oven reunalle ei riitä. Kun rungon kestävyys oli laskettu oven kohdalle, varmistettiin vielä kestävyys rungon muillakin alueilla.

Jäykistys rakenteelle toteutetaan kahdella jäykistyslinjalla eli harjan vastaisilla seinillä. Etuseinällä on kaksi suurta nosto-ovea ja takaseinä on aukoton. Ensin seinälle määritetään jäykistävät levyt, niiden kiinnikkeet ja kiinnikkeiden välit. Kiinnikkeille laskettiin leikkauskestävyys, eli kuinka paljon voimaa yksi kiinnike voi ottaa vastaan ennen murtumista. Seinää sivusuunnassa rasittava tuulikuorma kohdistettiin yläpohjan tasoon ja jaettiin seinän kumpaankin päähän. Seinät jaettiin jäykistäviin lohkoihin, kullekin erikokoiselle lohkolle laskettiin levyn paksuudesta, materiaalista ja kiinnikkeiden kestävydestä riippuva leikkausvoimakestävyys. Jäykistävät seinälohkot aiheuttavat myös pystyvoimia rakenteelle. Pystyvoimia varten seinä tulee kiinnittää rakennuksen perustuksiin. Seinien alaohjauspuiden kiinnitys perustuksiin tehdään 12 mm pulttikiinnityksellä. Perustuksiin on valettu 12 mm paksut kierretangot 600 mm välein. Alapuuhun porataan reiät oikeille kohdille ja kiinnityskohdille kiristetään mutteri aluslevyn kanssa. Seinälohkosten kiinnitys on tarkistettu liitteessä 7.

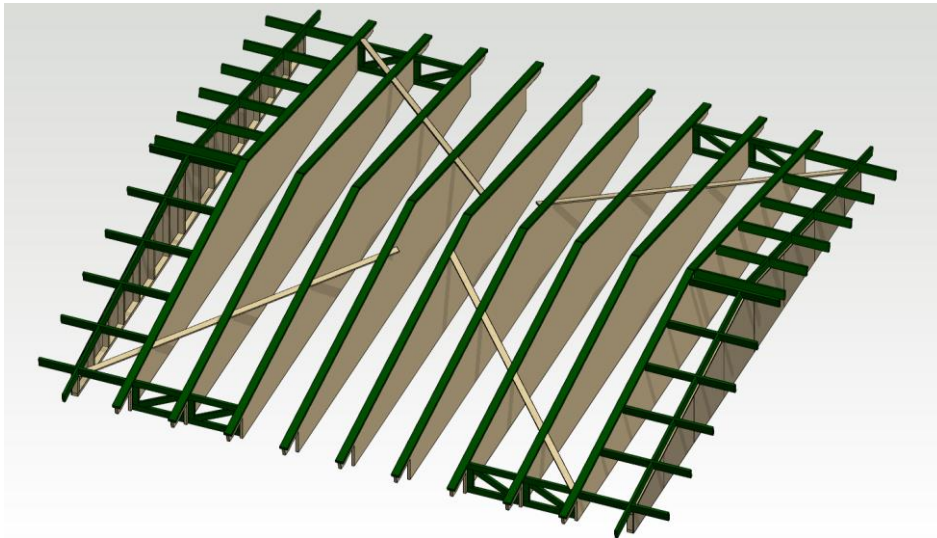
Yläpohjan jäykistys merkitty ja perusteltu yläpohjan tasopiirroksessa. (LIITE 4). Liitoskohdat on mitoitettu NR-yläpohjan jäykistysmitoitusta Excel laskupohjalla (Puuinfo 2017). Jäykistys tapahtuu ristikoiden yläpuun päälle naulattavalla vaakajäykisteellä, ristikon alapuolisen yläpohjan levytyksellä, harjalta ja räystäältä sivuräystään suuntaisilla laudoilla ja kahdeksalla ristikkopukilla. Ristikot myös naulataan kiinni rungon yläpuuhun kulmalevyjen avulla. Reunimmaisten ristikoiden

väliin kumpaankin rakennuksen päähän valmistetaan pukit jäykistämään kattorakennetta (KUVA 5). Pukit ottavat vastaan ristikolle tulevia sivuttaisia voimia tuulesta ja estää ristikoiden nurjahdusta.



KUVA 5. NR-ristikoiden väliin kiinnitettävä pukki.

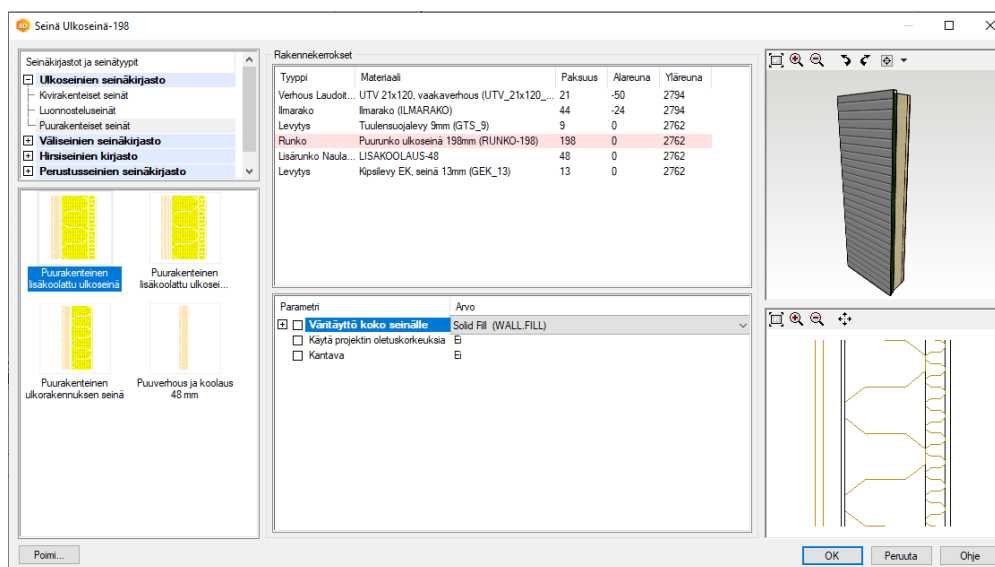
Koko yläpohjan jäykistys on pääpiirteittäin esitetty mallissa (KUVA 6). Malliin on lisätty mitoitettut pukit kahden reunimmaisen ristikon väliin, ristikon yläpuolelle kiinnitettävä vaakajäykiste ja asennustyön aikaiset lautatuennat.



KUVA 6 Yläpohjan jäykistys mallinnettuna

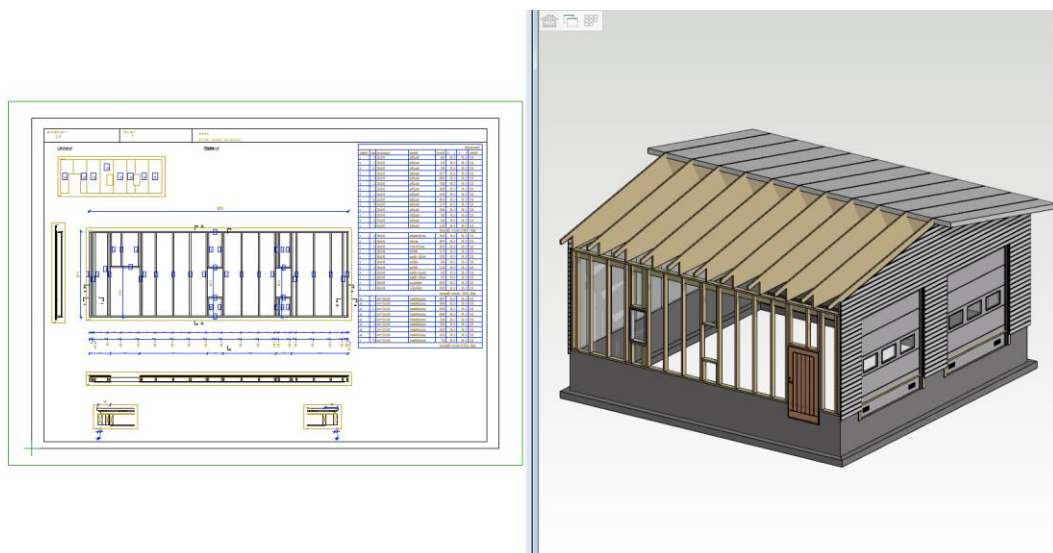
4.2.2 Mallin luominen

Mallinnus aloitetaan ulkoseinälinjojen merkitsemisellä. Linjat piirretään joko viivalla tai suoraan seinätyökalulla (KUVA 6). Mallinnus valikosta valitaan seinä ja sieltä ulkoseinä, valmiissa kirjastoissa on kattava valikoima eri ulkoseinäraken-teita. Rakennekerrokseen on helppo tehdä muutoksia rakenteen materiaalista pak-suuteen ja kerroksien korkoasemiin. Samalla työkalulla hahmoteltiin perustukset mallin alle suuntaa antavaksi elementiksi.



KUVA 6. Seinätyökalu

Seiniin lisättiin oikean kokoiset ovet ja ikkunat laajasta kirjastosta. Jos oikeaa ko-koa ei löydy, valmiita malleja pystyy muokkaamaan haluttuihin mittoihin. Aukko-jen lisäämisen jälkeen yksinkertainen rakenne on valmis. Tämän jälkeen seinät voidaan jakaa elementeiksi ja niille lisätään osat. Kaikki arkkitehtimallissa raken-teelle määritellyt rakennekerrokset saavat oikeista rakennusosista luodut osat. Valmista rakennemallia on helppo muokata osa kerrallaan, osien lisääminen ja poistaminen on myös yksinkertaista. Rakenteita pystyy muokkaamaan kolmiulot-teisessa- tai pohjakuvatilassa. Kun osia muokataan, elementtikuvat päivittyvät automaattisesti muokkauksien myötä (KUVA 7).



KUVA 7. Automaattisesti luotu elementtikuva ja osittainen leikkaus rakenteesta.

Kattorakenne malliin saadaan valitsemalla katto valikosta haluttu katon muoto. Tämän jälkeen ohjelma pyytää osoittamaan pisteet, jotka muodostavat katon muodon. Aukeavaan valikkoon (KUVA 8) täytetään tiedot, minkä mukaan katto rakentuu malliin. Valikossa ohjelmalle syötetään katon rakenne ja mallista voidaan hakea kantavien seinälinjojen korkeus. Ohjelma osaa itse laskea muut tiedot katolle.

Katon parametrit Rivi 1/4

Ohje ☐ Ei detaljia ☒ Ristikot ☐ Vasat ☐ Kehäullakko

Katon nimi: PÄÄKATTO

Kattomateriaali: OMATVAAKARAKEN KONESAUMA-148

Yläpaarteen paksuus: 148

Kaltevuus: 11.31A

Otsan korkeus: 148

Räystäystyyppi: ☐ Pystysuora ☒ Kohtisuora ☐ 45 asteen viiste

Valinta

Seinän rungon korkeus: 2636 Hae

Korkeus räystäälle: 2495 Laske

Räystääsylytys: 600 Laske

☒ Mitta katon yläpintaan

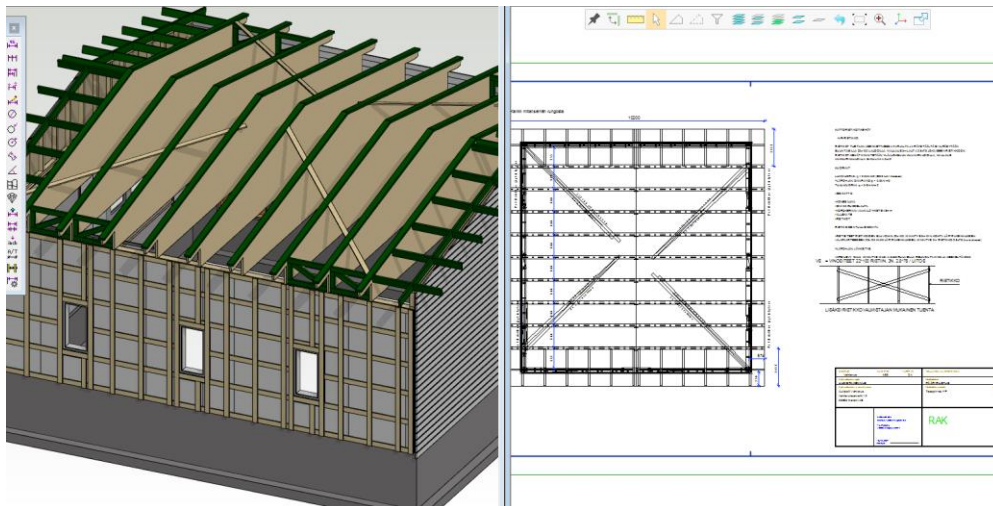
☐ Alapintaan: 550 Laske

Katteen paksuus korkeuden laskentaan: Hae

OK Peruuta

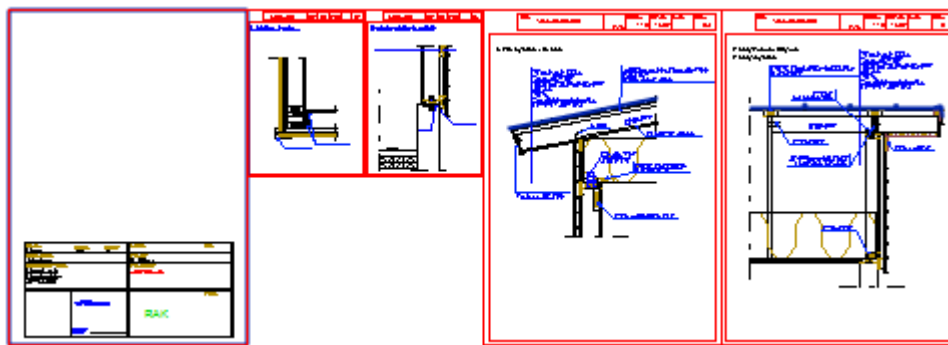
KUVA 8. Katon parametrien asetus.

Kaavioita Vertex BD ohjelmasta saa kähes yhtä helposti kuin elementtikuvia. Ne aukeavat omille arkeille ja kuvissa on eri piirtotasoilta valittu mallin osia. Arkille lisätään kuva mallista ja valitaan oikea piirustustaso eri kuvia tehdessä. Kuva päivittyy automaattisesti arkille mahdollisia muutoksia tehdessä (KUVA 9).



KUVA 9. Runkokuva yläpohjasta ja vieressä yläpohjan tasokuvan arkkii.

Rakennuksen kiinnitysdetailjit otettiin suoraan vaaka- ja pystyleikkauksista. Kuvat leikattiin oikean kokoisiksi ja aseteltiin arkeille (KUVA 10). Kuvissa oli valmiiksi kaikki rakennekerrokset näkyvillä, eikä kuviin tarvinnut lisätä kuin joitakin osia viivapiirrolla. Kaikki kiinnikkeet ja kiinnitystavat merkattiin tekstein sekä osoitinviivojen kanssa. Kiinnikkeitä rakennekirjastossa ei ole ja ne lisätään viivapiirrolla kuviin samalla kuin viitetekstit ja rakennekerrosten tiedot. Kiinnitysdetailjit tehtiin jäykistävän seinän liitoksesta perustuksiin, ulkoseinien nurkkien kiinnitys toisiinsa sekä leikkaukset sivu- ja päätyräystäiltä.



KUVA 10. Kiinnitysdetailjit piirretään tulostettavassa järjestyksessä riviin.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli mallintaa ja mitoittaa yksityisen tilaajan talousrakennus ja luoda mallista tarvittavat kuvat rakennusluvan hakuprosessiin. Työ tehtiin yhdistämällä työssä käyttämäni Vertex BD suunnitteluohjelmaan perehtyminen ja puurakenteiden mitoitus. Mallinnuksessa käytin hyväksi työssä opittuja tietoja mallinnuksesta ja rakenteiden toimivuudesta. Mitoitukseen pohja oli saatu koulun aikana mitoituskursseilta sekä puurakenteiden suunnittelun ohjeista internetistä ja kirjoista.

Haasteena oli hyvin vähäinen tieto Vertex Systemsistä ja Vertex BD ohjelmistosta Vertex Systems Oy:n omien verkkosivujen ulkopuolelta. Mallinnukseen ohjeina oli ainoastaan Vertex BD tuotedokumentaatio. Dokumentaatiossa on ohjevideoita perusteisiin, mutta syvempää tietoa monipuolisten ominaisuuksien käytöstä ei oikeastaan ole. Vertex BD ohjelma käsittelee myös mallinnuksen peruuta-toimintoa epäkäytännöllisesti, sillä se sallii vain yhden virheen korjaamisen. Virhe pitää huomata heti ja peruttaa koska ohjelma ei salli kuin yhden komennon peruutuksen. Tämän takia virhe, jota ei heti huomata, voidaan joutua poistamaan ja koko rakenne mallintamaan uudelleen.

Mitoituksen käsin tekeminen tuotti myös haasteita koska se on erittäin työlästä ja tarkkaa. Erilaiset mitoitusohjelmat, kuten Finnwood, tarjoaa helposti rakenteiden mitoitukseen työkalut maksutta. Mitoitusta kuitenkin helpotti MathCad laskentaohjelma, koska matemaattisten kaavojen kirjoittaminen sillä on helppoa. Ohjelma osaa täyttää kaavoihin arvot, jotka on annettu etukäteen lähtötiedoissa. Työn ohella saatiin valmis laskentapohja puurakenteiselle tavanomaiselle yksikerroksiselle rakennukselle.

LÄHTEET

Vertex BD. Tuotedokumentaatio. Verkkosivu. Viitattu 17.11.2021
<https://kb.vertex.fi/bd2021fi/vertex-bd-yleiskatsaus>

Vertex Systems Oy. Yritys. Viitattu 28.10.2021. <http://www.vertex.fi/>

Vertex Systems Oy. Arkkitehtisuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 29.10.2021.
<https://vertex.fi/bd/>

Vertex Systems Oy. Rakennesuunnittelu. Verkkosivu. Viitattu 29.10.2021
<https://vertex.fi/bd/>

Ruukki. Ruukki Classic. Asennusohje. Luettu 5.11.2021.
https://www.ruukki.com/docs/default-source/roofing-documents/finland/asennusohjeet/fi_classic_installation_instruction_web-03032017.pdf?sfvrsn=4637417123699900000

Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje. Viides painos 2020.

Jukka, B., 2019. Rakenteiden lujuus ja vakaus. SFS-EN 1991-1-1 kansallinen liite: Helsinki: Ympäristöministeriö.

Uudenkaupungin kaupunki. Luettu 4.8.2021 <https://uusikaupunki.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/rakentamisen-luvat>

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>

Puuinfo. Palkiston ja NR-ristikoiden jäykistys. viitattu 20.11.2021 <https://puuinfo.fi/rakenteet/pilari-palkkirakenteet/palkiston-ja-nr-ristikoiden-jaykistys/>

Ympäristöministeriö. Rakennusluvan hakeminen. 2015. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/maankayton_ja_rakentamisen_luvat/rakennusluvan_hakeminen

HalliPes 1.0. Puuinfo. Verkkosivu. 2020. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/halli-pes/>

LIITTEET

Liite 1. Yhdistelmäpiirustus

1 (2)

Yläpohja YP1 U-arvo 0.13W/m²K

Luikkosumalake

Ruudukaluste 32x100 k300

(pelisilm. ohjeen mukaan)

Tuuletus

Aluslaite

Kattoristikot K900

Lämmöneristite 400 mm

Höyrynsäilytys 0.2mm

Koolaus 48x48 k 400

Sisäeristys

Ulkoseinä US3 U-arvo 0.20 W/m²K

Ukonetouspaneeli 23x145 maaleitu harmaa TVT 618 X, Nunkkalaudat ja smyygit Valkoinen TVT 2696

Koolaus 48x48 tuuletusväli

Tuuletusjäljely 9mm

Runko 48x148 + mineraalivilla 150 mm

Höyrynsäilytys 0.2mm

Välikoolaus 48x48 k600 + mineraalivilla 50 mm

Sisäeristyskipsilevy 13 mm

Alapohja AP1 U-arvo 0.21 W/m²K

Lattipinta

Betonilattia 80 mm

Pinnointi 100mm

Eristyskierros>200 mm

Pesumaa

KUNNATONIT U-arvo 1W/m²K

Kokoluokka

Kokoluokka

Tuotekuva

Vierostietokirjan sivu

Rakennuskohteiden

UUDISRAKENNUS

Rakennuskohteiden

Autotalli, Vaihutus

Vierostietokirjan 10

23660 Kalland AS

Rakennus

PÄÄPIIRUSTUS

Rakennuskohteiden

POHJA

JULKISVUOT

LEIKKAUKSET A-A, B-B

1:100

1:100

1:100

Suunnittelija

Oskari Kalland

10.7.2021

Reino

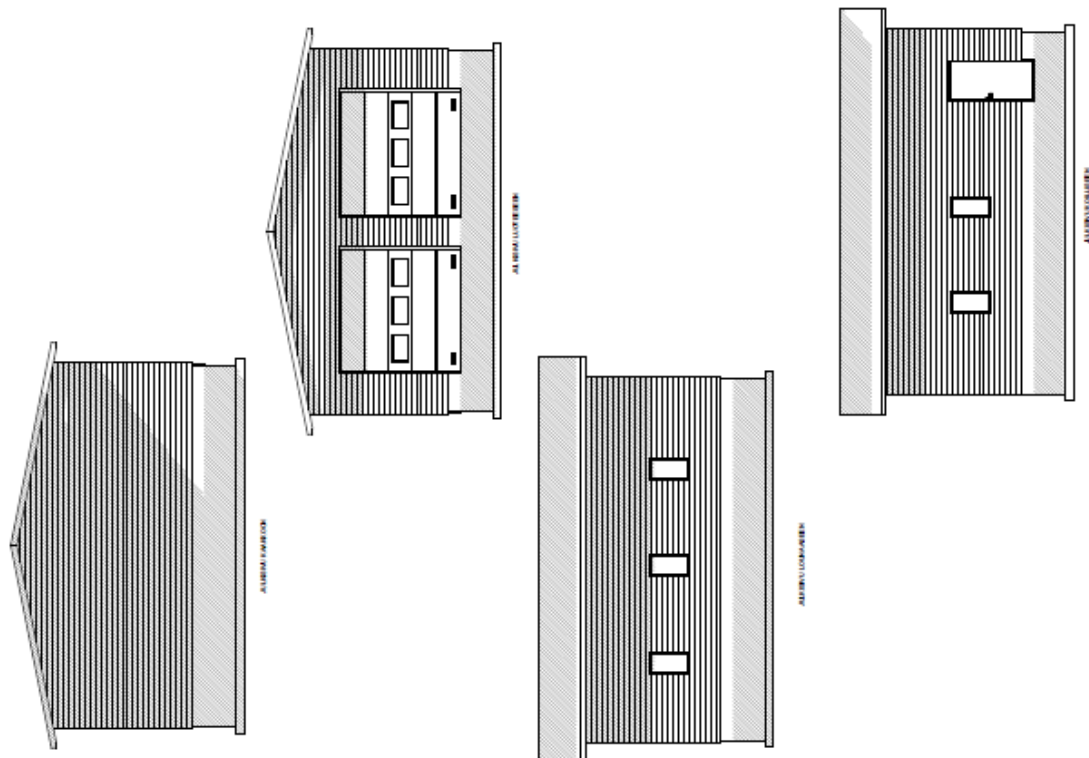
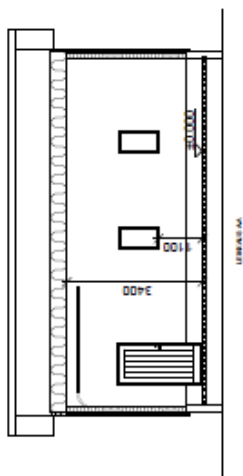
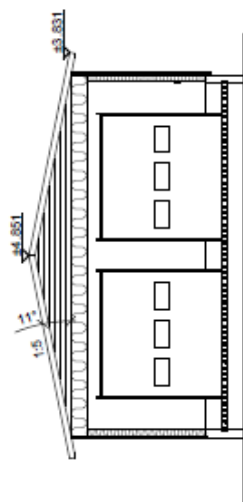
RAK

Ei mittakaavassa

RAKENNUKSEN PINTA-ALAT	
KERROSALA	84.6m ²
TILAVUUS	328m ³

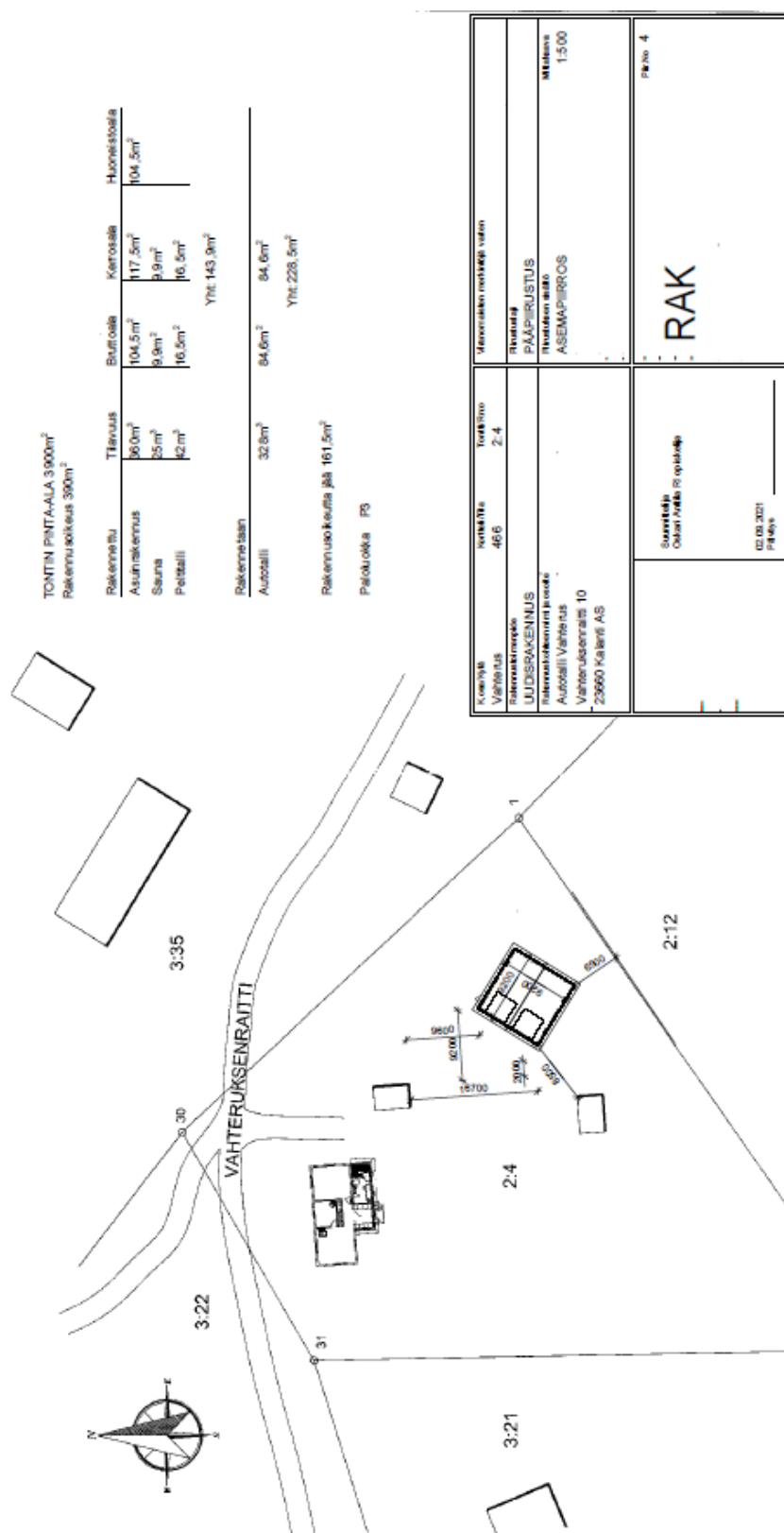
Liite 1. Yhdistelmäpiirustus

2 (2)



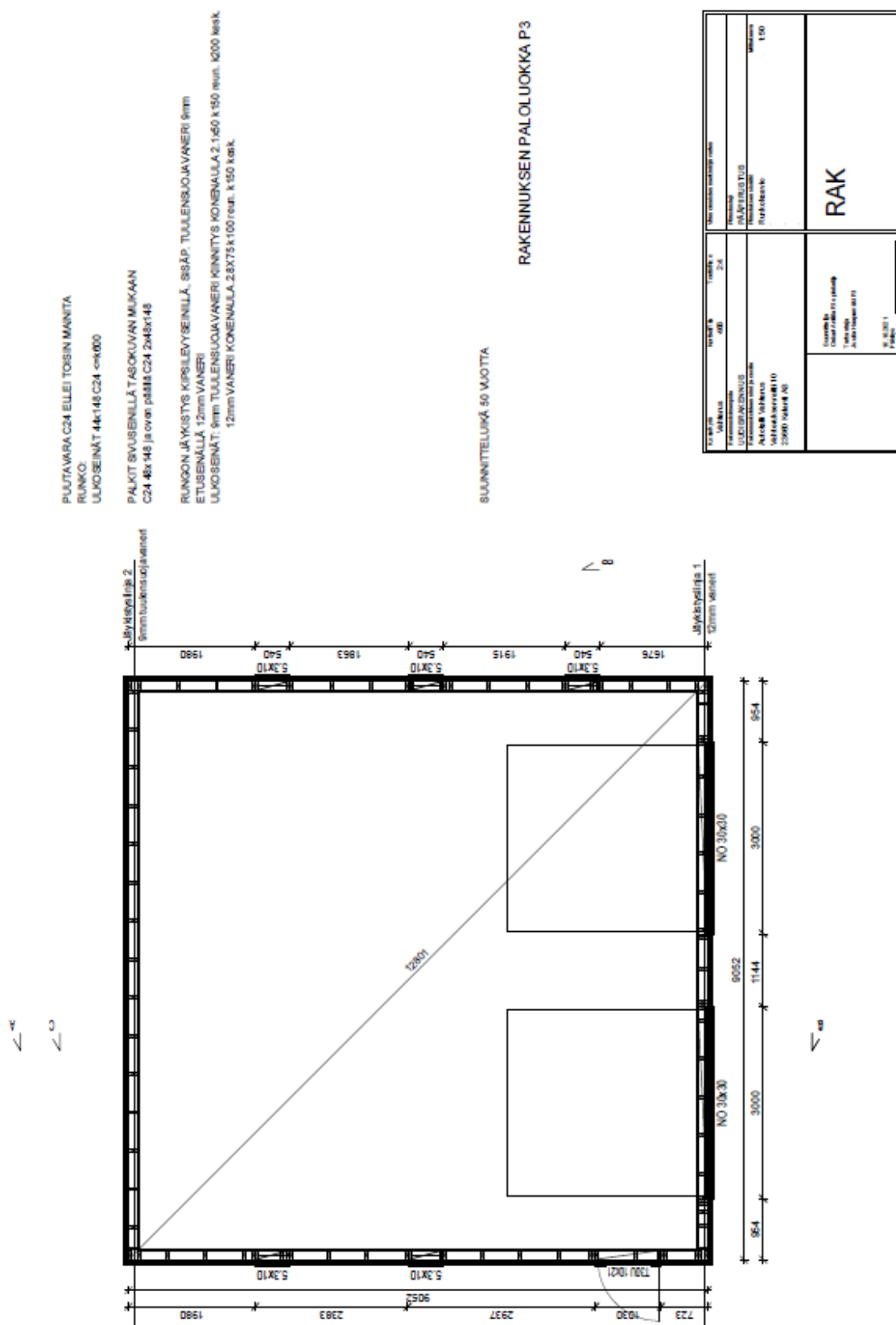
Koodikõik	Koodikõik	Tõendite	Võimalduste loetelu
Rahandusminister	Rahandusminister		
UUDISRAKENNUS	UUDISRAKENNUS		
Rahandusminister	Rahandusminister		
Autosõid. Vahetus	Autosõid. Vahetus		
Vahetusarv	Vahetusarv		
23660 Kallast AS	23660 Kallast AS		

Liite 2. Asemapiirros



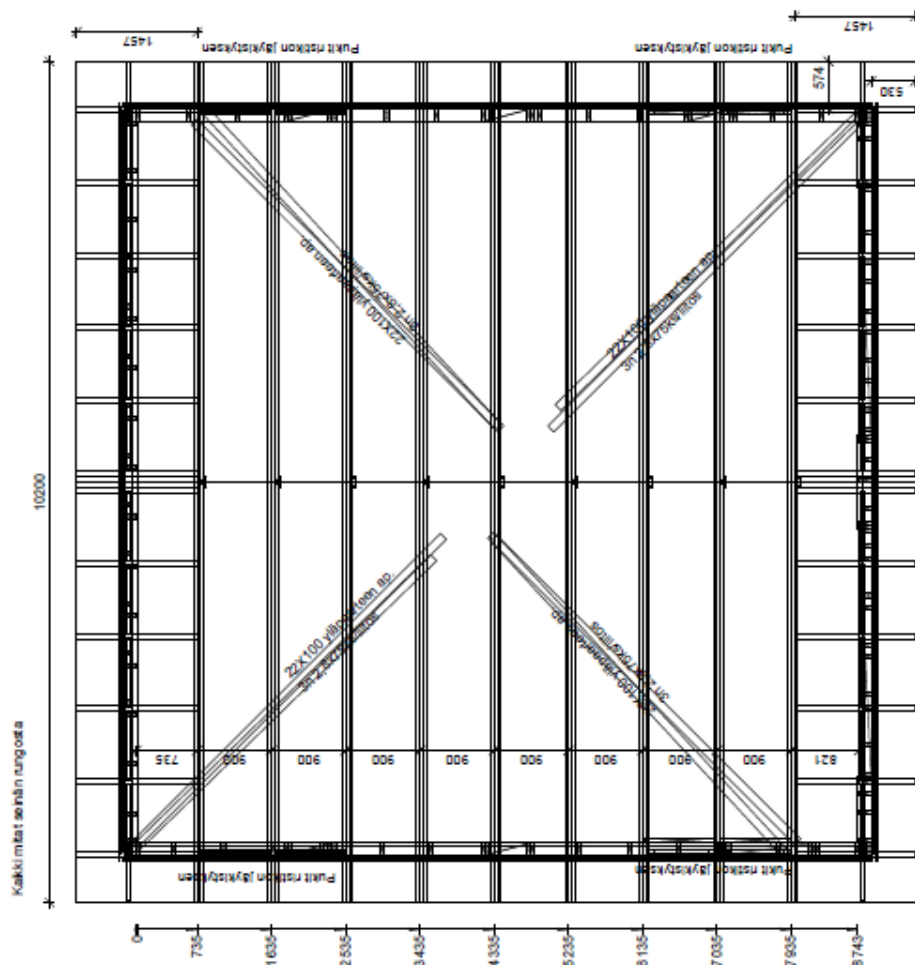
Ei mittakaavassa

Liite 3. Runkokaavio



Ei mittakaavassa

Liite 4. Yläpohjan tasopiirros



Ei mittakaavassa

KATTORISTIKOTINHÄT

—MR. JUSTICE

RISTIKOT TUETANNAKSEN ERETTÄSSÄ HARJUNTA JA RÄYHÄLTÄ SVUURAS MYÄN
SUUNNITELLA 22-100 LAUOILLA, NALLAUS SMALTA 2.80-75 JOKABEEN RISTIKOOL.
RISTIKOTNEHÄT KINNITETÄN YLAUDSUN KUMARAUOILLA, NALLAUS
ANNUURINLAUOILLA RYKELMA 4.00-40

KUORUMAT:

LUMKUDORMA $q = 2.06 \times 10^{-2}$ (SCS hard masses)
 YLADCHUW OMA/P/NO $q = 0.58 \times 10^{-2}$
 TULUKUDORMA $q = 0.58 \times 10^{-2}$

VEDIKATTO

KORONALUMA
22X100 RUODELAUTA
KOROKERU MA/NAKAUKYNTÄ-ALUSTAT
RISTIKOT

RISTIKORDE N TULLUSIDONTA

-RISTISITET RIST KODEN SALVORIN 25 100, NANNITIS 3000 KORTA LÄP RANG NUKUNEN.
-LÄP RANG NUKUNEN 25 100 KORTA LÄP RANG NUKUNEN, NANNITIS 20 RIST KOD 20-75 (RANG NUKUNEN)

УДК 62-50:62-50:62-50

VS = VINOSITEET 22*100 RISTIN, 3N, 2,8*75 / LITROS

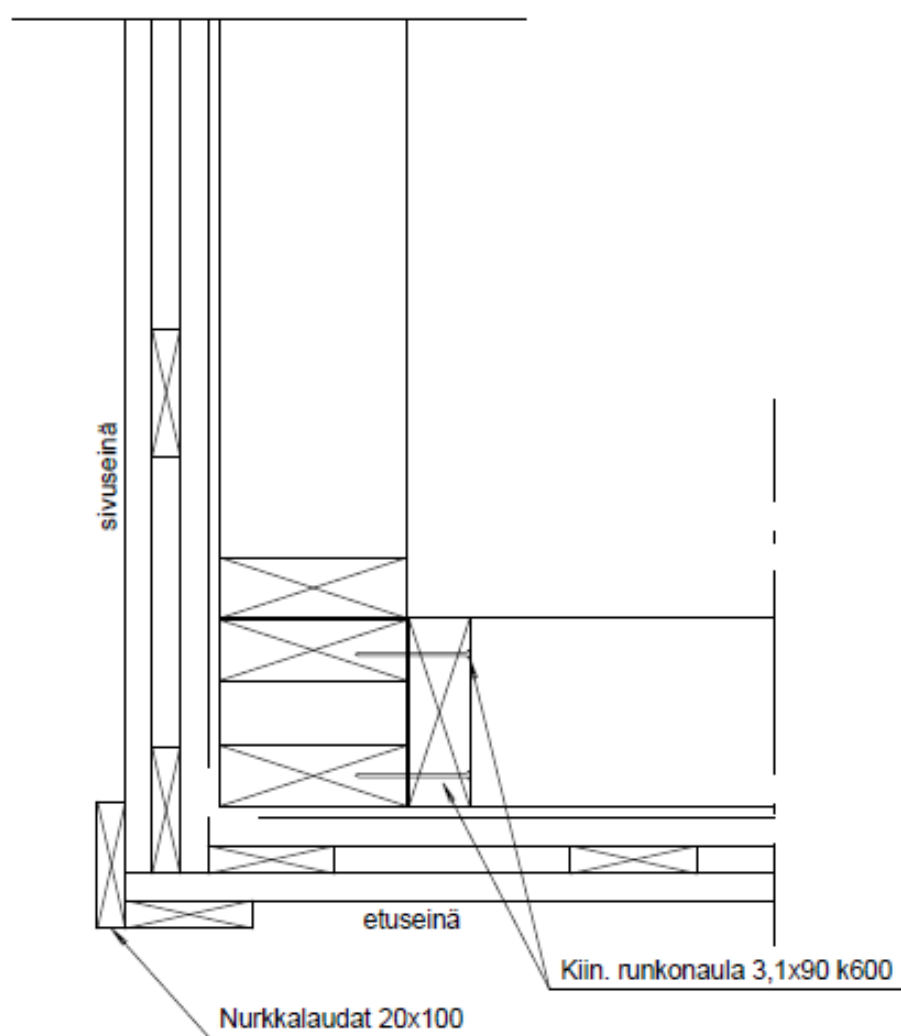


USÄKSI RISTIKKOVALMISTAJAN MUKAINEN TUENTA

[illegible]

Kohde		Mittakaava	Päivämäärä	Muutos	Tunnus
Vahterus autotalli	RAK	1:5	17.8.21		01

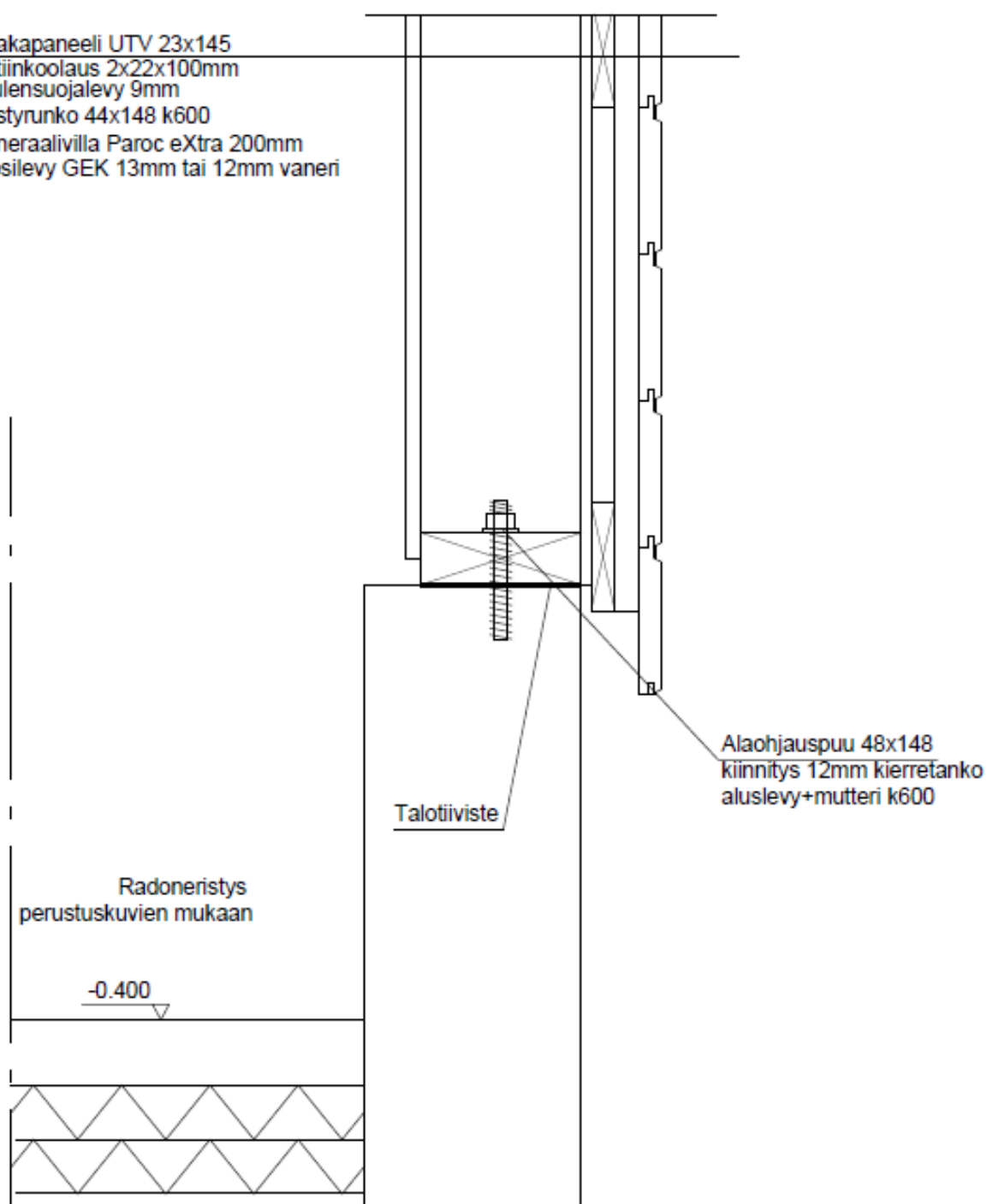
Vaakaleikkaus ulkonurkasta



Kohde	RAK	Mittakaava	Päivämäärä	Muutos	Tunnus
Vahterus autotalli		1:5	17.8.21		02

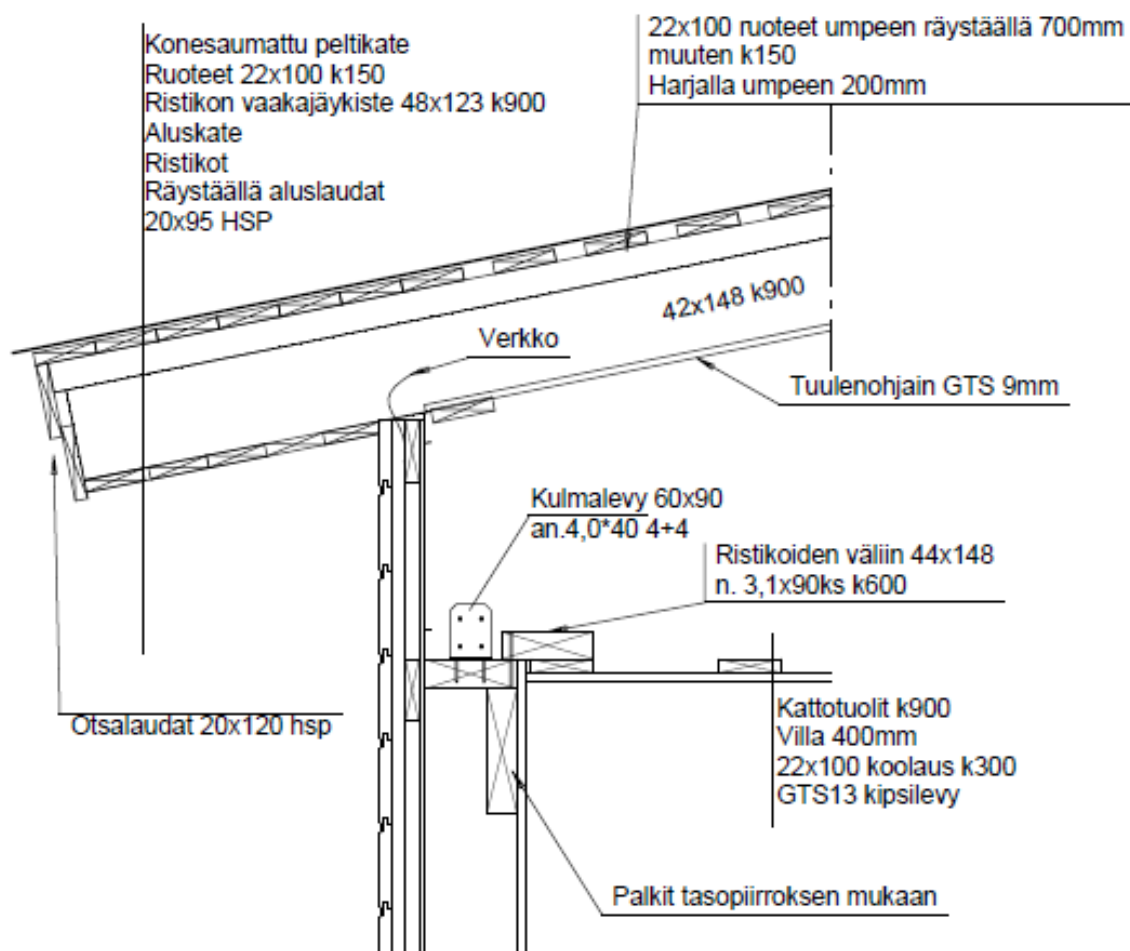
Ulkoseinäelementin liittyminen sokkeliin

- vaakapaneeli UTV 23x145
- ristiinkoolaus 2x22x100mm
- tuulensuojalevy 9mm
- pystyrunko 44x148 k600
- mineraalivilla Paroc eXtra 200mm
- kipsilevy GEK 13mm tai 12mm vaneri



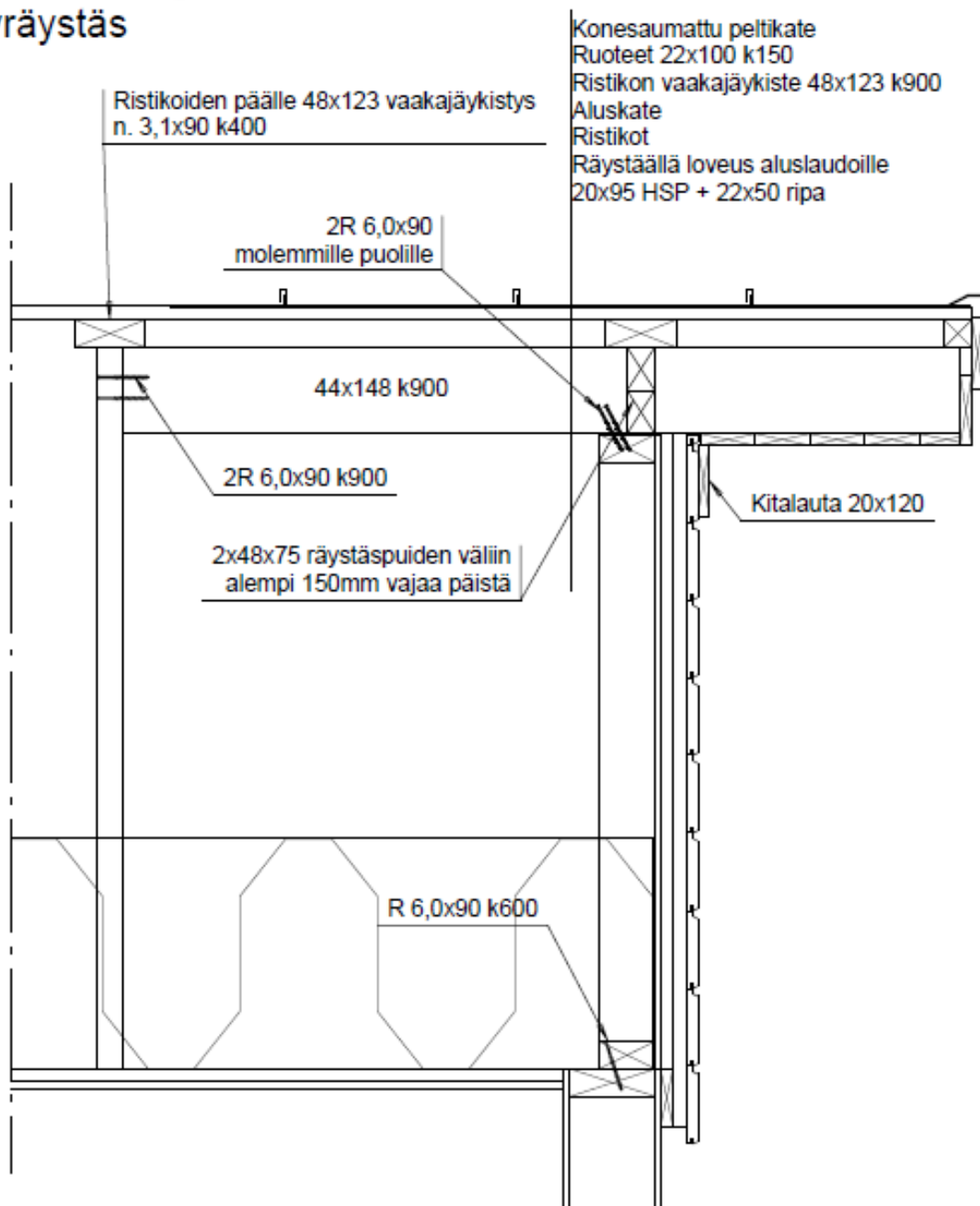
Kohde	Mittakaava	Päivämäärä	Muutos	Tunnus
Vahterus autotalli	RAK	1:10	17.8.21	03

Sivuräystäs edessä



Kohde	Vahterus autotalli	Mittakaava	Päivämäärä	Muutos	Tunnus
	RAK	1:10	17.8.21		04

Päätykolmio liittymä Päätyräystä



Mitoituslaskelmat sisällysluettelo

Lähtötiedot	2
Kuormat	3
Kuormitustapaukset	7
Mitoitus	8
Nurhahduskestävyys	8
KY1	8
KY2	10
KY3	11
KY4	12
Tukipainekestävyys	14
Taipuma	18
Tarkastelu	19
NR-ristikon kannatin	20
Lähtötiedot	20
Rasitukset	22
KY1	23
KY2	24
Tarkastelu	27
Tasakertapuu nosto-oven päälle	28
Lähtötiedot	28
Rasitukset	29
KY1	30
KY2	32
Tarkastelu	36
Jäykistys	37
Päätyseinän levyjäykistys	37
Lähtötiedot	37
Naulan leikkauskestävyys	37
Seinän vaakasuuntainen leikkauskestävyys	40
Linja1	40
Linja 2	41
Tarkastelu	43
Jäykistävien seinien ankkurointi	43

Mitoituslaskelmat

Lähtötiedot

Rungon mitat

$$L_1 := 9200 \text{ mm} \quad \text{Rakennuksen pituus}$$

$$d := 9200 \text{ mm} \quad \text{Rakennuksen leveys}$$

$$L_2 := 600 \text{ mm} \quad \text{Rystään pituus}$$

$$L_3 := 2908 \text{ mm} \quad \text{Runkotolpan pituus}$$

$$k_1 := \frac{600 \text{ mm}}{2} + \frac{1030 \text{ mm}}{2} = 815 \text{ mm} \quad \text{suurin tolppien jänneväli oven vieressä}$$

$$k_2 := 600 \text{ mm}$$

Rungon materiaali

Sahatavara C24

$$f_{c.0.k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Puristus syysuuntaan}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Puristus syysuuntaa vastaan}$$

$$f_{c.m.k} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Taivutus}$$

$$E_{mean} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Kimmomoduuli}$$

$$\gamma_M := 1.4 \quad \text{Materiaalin osavarmuusluku}$$

Runkotolppa

$$h_r := 148 \text{ mm}$$

$$b_r := 48 \text{ mm}$$

Rakenteet on käyttöluokassa 2 eli kylmässä tilassa säältä suojattuna

Vesikaton aiheuttama kuorma

Peltikatteen kuormitus

$$V_{pelti} := 6.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.064 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vesikaton ruoteiden ja rimojen aiheuttama kuormitus

$$\text{Puun tiheytenä käytetään } g_{puu} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Ruoteet k300

$$V_{ruode} := \frac{32 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} \cdot g_{puu}}{300 \text{ mm}} = 0.053 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Rimat k900

$$V_{rima} := \frac{22 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm} \cdot g_{puu}}{900 \text{ mm}} = 0.006 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_{vesikatto} := V_{pelti} + V_{ruode} + V_{rima} = 0.123 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Alakaton ja ristikoiden aiheuttama kuormitus

$$V_{illa} := 400 \text{ mm} \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Rimat k400

$$Rimat := \frac{22 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} \cdot g_{puu}}{400 \text{ mm}} = 0.028 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_{alakatto} := V_{illa} + Rimat = 0.148 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ristikoiden omasta painosta tuleva kuorma

Arvioidaan ristikon painavan 15kg/m. Ristikkojako k900.

$$Ristikot := \frac{15 \frac{kg}{m} \cdot g}{900 \text{ mm}} = 0.163 \frac{kN}{m^2}$$

$$g_{k.op} := g_{vesikatto} + g_{alakatto} + Ristikot = 0.434 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Käytetään: } g_{k.op} := 0.5 \frac{kN}{m^2}$$

Lumi

$$s_k := 2.0 \frac{kN}{m^2} \quad q := 0.8 \quad s_q := s_k \cdot q = 1.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_k := s_q$$

Tuulikuorma

Käytetään yksinkertaistettua tuulikuorman laskentamenetelmää

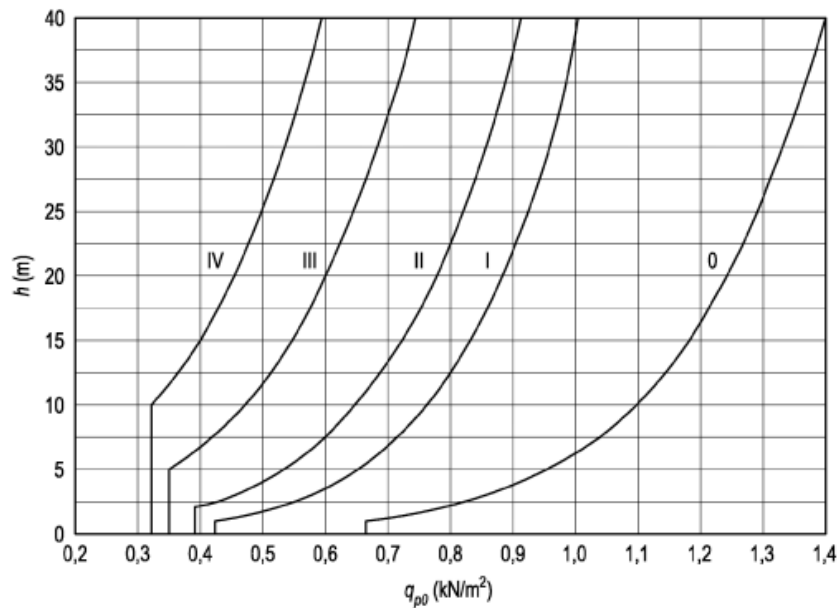
$$q_p(h) := \gamma_D \cdot q_{p0}(h)$$

Kun maaston kaltevuus on pieni, voidaan käyttää

$$\gamma_D := 1$$

Rakennus sijaitsee maatalousmaalla, eli maastoluokka on II. Tämä selviää EC5 lyhennetyin suunnitteluohjeen taulukosta 2.2
Tuulen nopeuspaine selvitetään maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaan.

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



Nopeuspaineen ominaisarvot (kuva 2.4)

Rakennuksen korkeus $h := 4.85\text{ m}$ käytetään $h := 5\text{ m}$

$$q_{p0} := 0.54 \frac{kN}{m^2}$$

Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla ¹⁾		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
tarkasteltava pinta-ala	$A \geq 10$	$A \leq 1\text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1\text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1\text{ m}^2$
$c_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

Yksinkertaistamisen vuoksi, käytetään arvoa 1.4

$$c_{p,net} := 1.4$$

Tuulen voimakerroin

Sivusuhte d/b									
λ	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
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Taulukko 2.3 - Voimakerroin c , huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Hoikkuus λ lasketaan kaavalla (2.13). Sivumitta d on rakennuksen pituus tuulen suunnassa.

Määritetään tehollinen hoikkuus

Kun $h < 15\text{m}$, käytetään kaavaa

$$\frac{2\ h}{d} = 1.087 \quad \lambda := 1$$

$$\frac{L_1}{d} = 1 \quad c_f := 1.28$$

Kuormitustapaukset

Rakenne mitoitetaan pysyvässä, keskipitkässä ja hetkellisessä aikaluokassa. Kuormitustapauksia tutkitaan neljä.

KY1 MRT (pysyvä aikalukka)

$$1.35 \cdot g_{k.op} = 0.675 \frac{kN}{m^2}$$

KY2 MRT (keskipitkä aikalukka)

$$1.15 \cdot g_{k.op} + 1.5 \cdot s_q = 2.975 \frac{kN}{m^2}$$

KY3 MRT (hetkellinen aikalukka) tuuli määräävä

$$1.15 \cdot g_{k.op} + 1.5 \cdot q_{p0} + 1.05 \cdot q_k = 3.065 \frac{kN}{m^2}$$

KY4 MRT (hetkellinen aikalukka) lumi määräävä

$$1.15 \cdot g_{k.op} + 1.05 \cdot q_{p0} + 1.5 \cdot q_k = 3.542 \frac{kN}{m^2}$$

Kuormat tolपालle

Pystykuorma tolपालle yläpohjan omapainosta

$$N_{gk} := \frac{L_1}{2} \cdot k_l \cdot g_{k.op} + L_2 \cdot k_l \cdot g_{k.op} = 2.119 \text{ kN}$$

Lumikuormasta

$$N_{qk} := \frac{L_1}{2} \cdot k_l \cdot q_k + L_2 \cdot k_l \cdot q_k = 6.781 \text{ kN}$$

Tuulikuorman aiheuttama taivutusmomentti

$$M_{wk} := \frac{(c_{p.net} \cdot q_{p0} \cdot k_l) \cdot L_3^2}{8} = 0.651 \text{ kN} \cdot m$$

KY1

Nurjahduskestävyys

$$N_d := 1.35 \cdot N_{gk}$$

Vaikuttava maksimi normaalivoima

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} < 1$$

Mitoitusehto, jonka pitää täyttyä

Nurjahduskerroin

$$L_{cz} := 1.0 \cdot L_3 = 2.908 \text{ m}$$

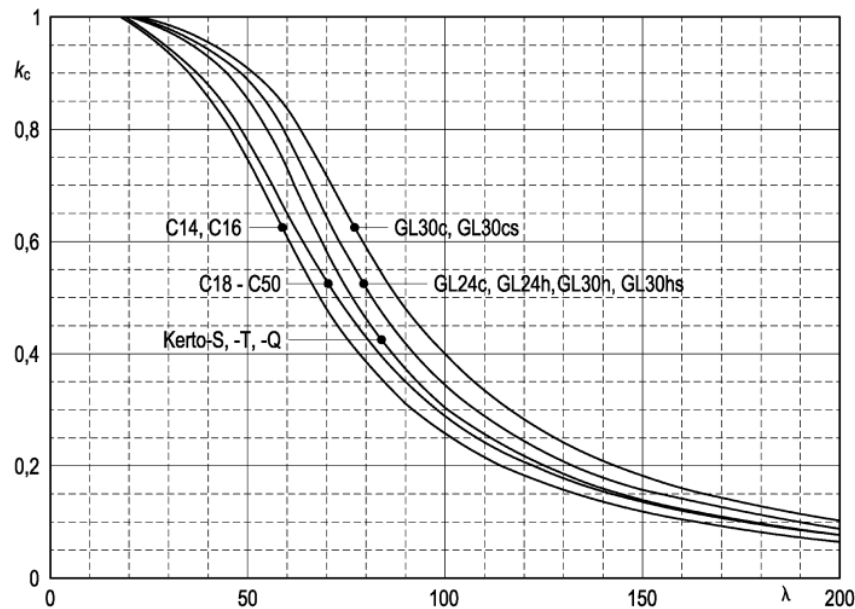
Nurjahduspituus z-suunnan nurjahduksessa

$$i_y := \frac{h_r}{\sqrt{12}} = 0.043 \text{ m}$$

Poikkileikkauksen jäyhyysäde y-akselin suhteen

EC5 lyhennetty suunnitteluohje kaava 5.9

$$\lambda_y := \frac{L_{cz}}{i_y} = 68.065$$



Kuva 5.5 - Nurjahduskertoimen k_c riippuvuus hoikkuudesta λ . Nurjahduskertoimessa on otettu huomioon sauvan alkukäyrä ja laskennallisen lisätaipuma. Kuorman epäkeskisyydestä ja poikittaiskuormista aiheutuvat taivutusjäännitykset σ_m otetaan huomioon mitoitusehtoina käytettävissä kaavoissa (5.7) ja (5.8).

$$k_{cy} := 0.55$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_r \cdot h_r} = 0.403 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

$k_{mod} := 0.6$

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

Materiaalina rungossa käytetään sahatavaraa, eli materiaalin osavarmuuslukuna

$\gamma_M := 1.3$

$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 9.692 \frac{N}{mm^2}$

Mitoitusehto

$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} = 7.554\% \qquad \text{OK}$

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 2.7 - Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut γ_M

KY2

Nurjahduskestävyys

Vaikuttava maksimi normaalivoima

$$N_d := 1.15 \cdot N_{gk} + 1.5 \cdot N_{qk} = 12.608 \text{ kN}$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} < 1 \quad \text{Mitoitusehto, jonka pitää täyttyä}$$

Nurjahduskerroin

$$L_{cz} := 1.0 \cdot L_3 = 2.908 \text{ m} \quad \text{Nurjahduspituus z-suunnan nurjahduksessa}$$

$$i_y := \frac{h_r}{\sqrt{12}} = 0.043 \text{ m} \quad \text{Poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen}$$

EC5 lyhennetty suunnitteluohje kaava 5.9

$$\lambda_y := \frac{L_{cz}}{i_y} = 68.065$$

$$k_{cy} := 0.55$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_r \cdot h_r} = 1.775 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{Aikaluokka keskipitkä.}$$

$$\gamma_M := 1.3$$

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 12.923 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} = 24.97\% \quad \text{OK}$$

KY3 (tuuli määräävä)

Nurjahduskestävyys

z

Vaikuttava maksimi normaalivoima

$$N_d := 1.15 \cdot N_{gk} + 1.05 \cdot N_{qk} = 9.557 \text{ kN}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} < 1 \quad \text{Mitoitusehto, jonka pitää täyttyä}$$

Nurjahduskerroin

$$L_{cz} := 1.0 \cdot L_3 = 2.908 \text{ m} \quad \text{Nurjahduspituus z-suunnan nurjahduksessa}$$

$$i_y := \frac{h_r}{\sqrt{12}} = 0.043 \text{ m} \quad \text{Poikkileikkauksen jäyhyysäde y-akselin suhteen}$$

EC5 lyhennetty suunnitteluohje kaava 5.9

$$\lambda_y := \frac{L_{cz}}{i_y} = 68.065$$

$$k_{cy} := 0.55$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_r \cdot h_r} = 1.345 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{Aikaluokka keskipitkä.}$$

$$\gamma_M := 1.3$$

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 12.923 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.5 \cdot M_{wk} = 0.977 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_r \cdot h_r^2} = 5.575 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1 \quad f_{m.y.d} := \frac{f_{c.m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} = 46.38\% \quad \text{OK}$$

KY4 (Lumi määräävä)

Nurjahduskestävyys

Vaikuttava maksimi normaalivoima

$$N_d := 1.15 \cdot N_{gk} + 1.5 \cdot N_{qk} = 12.608 \text{ kN}$$

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} < 1 \quad \text{Mitoitusehto, jonka pitää täyttyä}$$

Nurjahduskerroin

$$L_{cz} := 1.0 \cdot L_3 = 2.908 \text{ m} \quad \text{Nurjahduspituus z-suunnan nurjahduksessa}$$

$$i_y := \frac{h_r}{\sqrt{12}} = 0.043 \text{ m} \quad \text{Poikkileikkauksen jäyhyyssäde y-akselin suhteen}$$

EC5 lyhennetty suunnitteluohje kaava 5.9

$$\lambda_y := \frac{L_{cz}}{i_y} = 68.065$$

$$k_{cy} := 0.55$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{b_r \cdot h_r} = 1.775 \frac{N}{mm^2}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{Aikaluokka keskipitkä.}$$

$$\gamma_M := 1.3$$

$$f_{c.0.d} := \frac{f_{c.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 12.923 \frac{N}{mm^2}$$

Maksimi taivutusmomentti

$$M_d := 1.05 \cdot M_{wk} = 0.684 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_r \cdot h_r^2} = 3.903 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{m.y.d} := \frac{f_{c.m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 20.308 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{cy} \cdot f_{c.0.d}} = 44.187\% \quad \text{OK}$$

Tukipainekestävyys alaohjauspuussa

Mitoituksessa käytetään kuormitusyhdistelmää KY2, koska siitä aiheutuu suurin rasitus alaohjauspuulle.

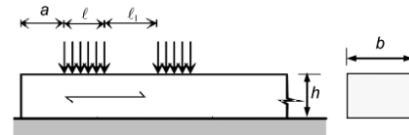
Tukireaktio

$$A_d := 1.15 \cdot N_{gk} + 1.5 \cdot N_{qk} = 12.608 \text{ kN}$$

Puristusjännitys alaohjauspuussa

$$l_I := 48 \text{ mm} \quad \text{Leveys, jolla runkotolppa tukeutuu alapuuhun (48x148)}$$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{A_d}{b_r \cdot l_I} = 5.472 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Alaohjauspuun puristuslujuus
syysuunnan vastaisesti

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{keskipitkä aikaluokka}$$

$$\gamma_M = 1.3$$

$$f_{c,90,d} := \frac{f_{c,90,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$k_{c,90}$ -kerroin

$$l_I \geq 2 h$$

$$k_{c,90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

Määritetään lisäämällä 30mm
kummallekin puolelle kosketuspintaa

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_I + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\dagger} := \frac{l_{c,90,ef}}{l_I} \cdot k_{c,90} = 2.813$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} \leq k_{c,\dot{r}} \cdot f_{c.90.d}$$

$$\sigma_{c.90.d} = 5.472 \frac{N}{mm^2} < k_{c,\dot{r}} \cdot f_{c.90.d} = 4.327 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c,\dot{r}} \cdot f_{c.90.d}} = 126.47\% \quad \text{Ei toteudu, kokeillaan tuplatolpilla oven molemmin puolin}$$

Tuplatolpat oven reunoille

$$l_2 := l_1 \cdot 2 = 96 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c.90.d.2} := \frac{A_d}{2 \cdot b_r \cdot l_2} = 1.368 \frac{N}{mm^2}$$

Alaohjauspuun puristuslujuus
syysuunnan vastaisesti

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{keskipitkä aikaluokka}$$

$$\gamma_M = 1.3$$

$$f_{c.90.d.2} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.538 \frac{N}{mm^2}$$

$k_{c.90}$ -kerroin

$$l_2 \geq 2 \cdot h = 96 \text{ mm} \geq 96 \text{ mm}$$

$$k_{c.90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

Määritetään lisäämällä 30mm
kummallekin puolelle kosketuspintaa

$$l_{c.90.ef.2} := 30 \text{ mm} + l_2 + 30 \text{ mm} = 156 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\dot{r}.2} := \frac{l_{c.90.ef.2}}{l_2} \cdot k_{c.90} = 2.031$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} \leq k_{c.f.2} \cdot f_{c.90.d.2}$$

$$\sigma_{c.90.d.2} = 1.368 \frac{N}{mm^2} < k_{c.f.2} \cdot f_{c.90.d.2} = 3.125 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d.2}}{k_{c.f.2} \cdot f_{c.90.d.2}} = 43.778\% \quad \text{OK}$$

Tarkastellaan vielä rungon
muilla alueilla, jossa k600

Pystykuorma tolपालle yläpohjan omapainosta

$$N_{gk.2} := \frac{L_1}{2} \cdot k_2 \cdot g_{k.op} + L_2 \cdot k_2 \cdot g_{k.op} = 1.56 \text{ kN}$$

Lumikuormasta

$$N_{qk.2} := \frac{L_1}{2} \cdot k_2 \cdot q_k + L_2 \cdot k_2 \cdot q_k = 4.992 \text{ kN}$$

Tukireaktio

$$A_{d.2} := 1.15 \cdot N_{gk.2} + 1.5 \cdot N_{qk.2} = 9.282 \text{ kN}$$

Puristusjännitys alaohjauspuussa

$$l_1 := 48 \text{ mm} \quad \text{Leveys, jolla runkotolppa tukeutuu alapuuhun (48x148)}$$

$$\sigma_{c.90.d.3} := \frac{A_{d.2}}{2 \cdot b_r \cdot l_1} = 2.014 \frac{N}{mm^2}$$

Alaohjauspuun puristuslujuus
syysuunnan vastaisesti

$$k_{mod} := 0.8 \quad \text{keskipitkä aikaluokka}$$

$$\gamma_M = 1.3$$

$$f_{c.90.d.3} := \frac{f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.538 \frac{N}{mm^2}$$

$k_{c,90}$ -kerroin

$$l_I \geq 2 \ h$$

$$k_{c,90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

Määritetään lisäämällä 30mm
kummallekin puolelle kosketuspintaa

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_I + 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\dot{r},3} := \frac{l_{c,90,ef}}{l_I} \cdot k_{c,90} = 2.813$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d,3} \leq k_{c,\dot{r}} \cdot f_{c,90,d,3}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d,3}}{k_{c,\dot{r},3} \cdot f_{c,90,d,3}} = 46.553\% \quad \text{OK!}$$

Taipuma kun kaksi tolppaa vierekkäin

KY4 (tuuli määräävä)

Palkin jäyhyysmomentti

$$I_y := \frac{2 \cdot b_r \cdot h_r^3}{12} = (2.593 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

Tuulikuorman aiheuttama hetkellinen taipuma

$$w_{inst} := \frac{5 \cdot (k_I \cdot c_{p.net} \cdot q_{p0}) \cdot L_3^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I_y} = 2.011 \text{ mm}$$

Lopputaipuma

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL, CLT syrjälleen	EN 14374			
Vaneri, Kerto-Q lappeellaan, CLT lappeellaan	EN 636, VTT 184/03	0,80	1,00	2,50
OSB-levy	EN 300: OSB/2	2,25	–	–
	EN 300: OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	–
Lastulevy	EN 312: P4	2,25	–	–
	EN 312: P6	1,50	–	–
Kova kuitulevy	EN 622-2: HB.LA, HB.HLA	2,25	3,00	–
Puolikova kuitulevy	EN 622-3: MBH.LA, MBH.HLS	3,00	4,00	–
MDF-levy	EN 622-5: MDF.LA, MDF.HLS	2,25	3,00	–

Taulukko 3.2 – Virumaluvun k_{def} arvot puulle ja puutuotteille.

$$k_{def} := 0.8$$

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{inst} = 3.62 \text{ mm}$$

Mitoitusehto

$$w_{fin} \leq \frac{L}{300}$$

Taipumaraja

Runkotolpan pituus $L_3 = 2908 \text{ mm}$

$$w_{fin} = 3.62 \text{ mm} < \frac{L_3}{300} = 9.693 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

$$\frac{w_{fin}}{9.693 \text{ mm}} = 37.346\%$$

Tarkastelu

Nurjahduskestävyys

KY1	7.55%
KY2	24.97%
KY3	46.38%
KY4	44.19%

Tukipainekestävyys

KY3	126.47%
-----	---------

Oven viereen tuplatolpat -> 43.78%

Tutkittiin vielä muutkin runkotolpat rakenteessa

KY3	46.53%
-----	--------

Taipuma

KY4	37.35%
-----	--------

Oven viereiseksi pielitolpaksi saatiin C24 48x148; 2kpl vierekkäin
Muualla rungossa C24 48x148

NR- ristikon kannatinpalkki/tasakertapalkki

Palkin mitoitus tehdään pysyvässä ja keskipitkässä aikaluokassa. Palkki mitoitettu oviaukon levyisenä, taipumalle mitoitus tehty jatkuvana Finnwood ohjelman avulla.

Palkin materiaali

Sahatavara C24

$$f_{c,0,k} := 21 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Puristus syysuuntaan}$$

$$f_{c,90,k} := 2.5 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Puristus syysuuntaa vastaan}$$

$$f_{c,m,k} := 24 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Taivutus}$$

$$f_{c,v,k} := 4.0 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Leikkaus}$$

$$E_{mean} := 11000 \frac{N}{mm^2} \quad \text{Kimmomoduuli}$$

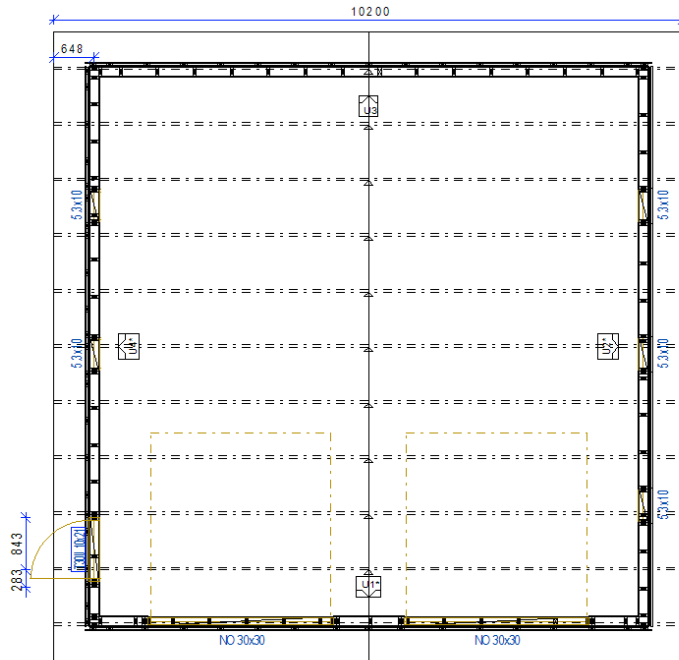
$$\gamma_M := 1.3 \quad \text{Materiaalin osavarmuusluku}$$

Kuormat

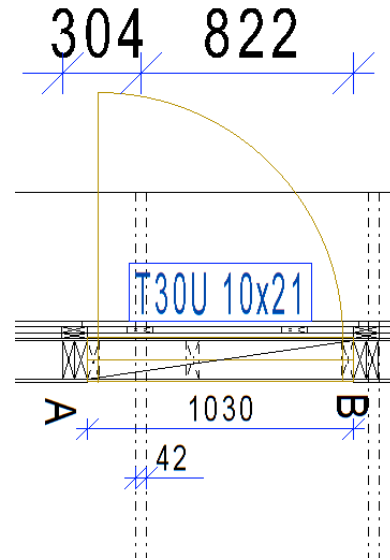
$$g_{k,op} = 0.5 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Rakenteen omapaino}$$

$$q_k = 1.6 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Lumen aiheuttama kuorma katolla}$$

$L_{ristikko} := 10200 \text{ mm}$ Ristikön jänneväli
 $k_{ristikko} := 900 \text{ mm}$ Ristikkojako
 $k_{ovi} := 1030 \text{ mm}$ Aukon koko



Mitoitetaan oven kohdalle tasakertapalkki



Kuorman etäisyys tuelta

$s_1 := 383 \text{ mm}$

$s_2 := 843 \text{ mm}$

$l_{ristikko} := 42 \text{ mm}$

Ristikön leveys

Ristikön tukireaktio yläpohjan omapainosta ja lumikuormasta

$$F_{g,k} := \frac{L_{ristikko}}{2} \cdot k_{ristikko} \cdot g_{k,op} = 2.295 \text{ kN}$$

Omapaino

$$F_{q,k} := \frac{L_{ristikko}}{2} \cdot k_{ristikko} \cdot q_k = 7.344 \text{ kN}$$

Lumi

Palkin tukireaktiot yläpohjan omapainosta ja lumikuormasta

$$A_{gk} := \frac{F_{g.k} \cdot s_2}{k_{ovi}} = 1.878 \text{ kN} \quad \text{Omapaino}$$

$$B_{gk} := \frac{F_{g.k} \cdot s_1}{k_{ovi}} = 0.853 \text{ kN}$$

$$A_{qk} := \frac{F_{q.k} \cdot s_2}{k_{ovi}} = 6.011 \text{ kN} \quad \text{Lumi}$$

$$B_{qk} := \frac{F_{q.k} \cdot s_1}{k_{ovi}} = 2.731 \text{ kN}$$

Momentti yläpohjan omapainosta ja lumikuormasta

$$M_{gk} := \frac{F_{g.k} \cdot s_1 \cdot s_2}{k_{ovi}} = 0.719 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Omapaino}$$

$$M_{qk} := \frac{F_{q.k} \cdot s_1 \cdot s_2}{k_{ovi}} = 2.302 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Lumi}$$

Leikkausvoimat omapainosta ja lumikuormasta

$$V_{gk} := \max(A_{gk}, B_{gk}) = 1.878 \text{ kN}$$

$$V_{qk} := \max(A_{qk}, B_{qk}) = 6.011 \text{ kN}$$

Palkin lähtötiedot

$$h_{tk} := 198 \text{ mm} \quad \text{Korkeus}$$

$$b_{tk} := 48 \text{ mm} \quad \text{Leveys}$$

Tutkitaan kahdella eri kuormitusyhdistelmällä

KY1 pysyvä aikaluokka

$$1.35 \cdot (\text{omapaino})$$

KY2 keskipitkä aikaluokka

$$1.15 \cdot (\text{omapaino}) + 1.5 \cdot (\text{lumi})$$

Taivutuskestävyys KY1

$$M_d := 1.35 \cdot M_{gk} = 0.971 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tk} \cdot h_{tk}^2} = 3.097 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.6 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{md} := \frac{f_{c.m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 11.077 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{md}} = 27.955\% \quad \text{OK}$$

Leikkauskestävyys KY1

$$V_d := 1.35 \cdot V_{gk} = 2.536 \text{ kN}$$

Leikkausjännitys

Palkki on sahatavaraa C24

$$b_{ef} := b_{tk} = 48 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{tk}} = 0.267 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus

$$k_{mod} = 0.6 \quad \gamma_M = 1.3 \quad f_{v.d} := \frac{f_{c.v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.846 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 14.452\% \quad \text{OK!}$$

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 2.7 - Suomessa käytettävien materiaalien osavarmuusluvut γ_m

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

Tukipainekestävyys KY1

Tukireaktio

$$F_d := 1.35 \cdot F_{g,k} = 3.098 \text{ kN}$$

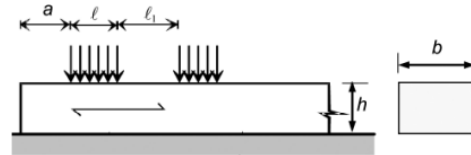
Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{b_{tk} \cdot l_{ristikko}} = 1.537 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$K_{c,90}$ -kerroin

$$l_l \geq 2 h_{tk}$$

$$K_{c,90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$



Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_{ristikko} + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\dagger} := \frac{l_{c,90,ef}}{l_{ristikko}} \cdot K_{c,90} = 3.036$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} = 1.537 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < k_{c,\dagger} \cdot f_{c,90,d} = 4.67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\dagger} \cdot f_{c,90,d}} = 32.906\% \quad \text{OK}$$

Taivutuskestävyys KY2

$$M_d := 1.15 \cdot M_{gk} + 1.5 \cdot M_{qk} = 4.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tk} \cdot h_{tk}^2} = 13.648 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Taivutuslujuus

$k_{mod} := 0.8 \qquad \gamma_M := 1.3$

$f_{md} := \frac{f_{c.m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 14.769 \frac{N}{mm^2}$

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

Mitoitusehto

$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{md}} = 92.408\% \qquad \text{OK}$

Leikkauskestävyys KY2

$V_d := 1.15 \cdot V_{gk} + 1.5 \cdot V_{qk} = 11.176 \text{ kN}$

Leikkausjännitys

Palkki on sahatavaraa C24

$b_{ef} := b_{tk} = 48 \text{ mm}$

$\tau_d := \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{tk}} = 1.176 \frac{N}{mm^2}$

Leikkauslujuus

$k_{mod} = 0.8 \qquad \gamma_M = 1.3$

$f_{v.d} := \frac{f_{c.v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.462 \frac{N}{mm^2}$

Mitoitusehto

$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 47.772\%$

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 2.7 - Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut γ_w

Tukipainekestävyys KY2

Tukireaktio

$$F_d := 1.15 \cdot F_{g,k} + 1.5 \cdot F_{q,k} = 13.655 \text{ kN}$$

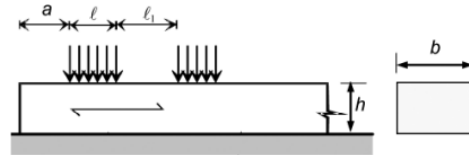
Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{b_{tk} \cdot l_{ristikko}} = 6.773 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$K_{c,90}$ -kerroin

$$l_l \geq 2 h_{tk}$$

$$K_{c,90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$



Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_{ristikko} + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c,\dot{\gamma}} := \frac{l_{c,90,ef}}{l_{ristikko}} \cdot K_{c,90} = 3.036$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} = 6.773 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < k_{c,\dot{\gamma}} \cdot f_{c,90,d} = 4.67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\dot{\gamma}} \cdot f_{c,90,d}} = 145.031\%$$

Ei riitä, lisätään toinen palkki

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{2 \cdot b_{tk} \cdot l_{ristikko}} = 3.387 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\dot{\gamma}} \cdot f_{c,90,d}} = 72.516\%$$

Kaksi palkkia OK!

Tarkastelu

Kestävyydet

KY1

Taivutus	27.96%
Leikkaus	14.45%
Tukipaine	32.91%

KY2

Taivutus	92.41%
Leikkaus	47.78%
Tukipaine	145%

Lisättiin toinen palkki

Tukipaine	72.52%
-----------	--------

Määrittävänä mitoittavana tekijänä on tukipainekestävyys kuormitusyhdistelmällä 2, oven päälle lisätty toinen tasakertapalkki. Seinillä rungon yläpäähän C24 2x48x198 palkit ristikoiden kannattimiksi.

Tasakerta etuseinälle nosto-ovien päälle

Palkin materiaali

Sahatavara C24

$$f_{c.0.k} := 21 \frac{N}{mm^2}$$

Puristus syysuuntaan

$$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$$

Puristus syysuuntaa vastaan

$$f_{c.m.k} := 24 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutus

$$f_{c.v.k} := 4.0 \frac{N}{mm^2}$$

Leikkaus

$$E_{mean} := 11000 \frac{N}{mm^2}$$

Kimmomoduuli

$$\gamma_M := 1.3$$

Materiaalin osavarmuusluku

Kuormat

$$g_{k.op} = 0.5 \frac{kN}{m^2}$$

Rakenteen omapaino

$$q_k = 1.6 \frac{kN}{m^2}$$

Lumen aiheuttama kuorma katolla

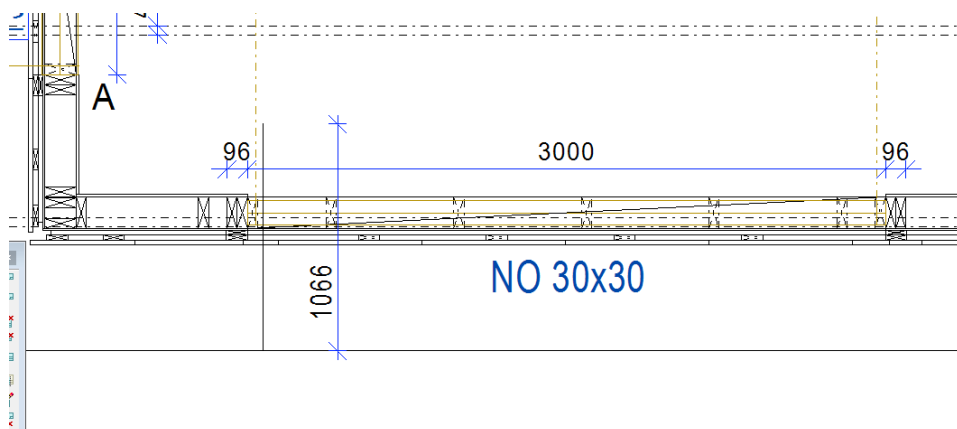
$$k_{r\ddot{a}yst\ddot{a}s} := 1066 \text{ mm}$$

Ristikön jänneväli

$$k_{ovi} := 3000 \text{ mm}$$

Ristikkojako

Aukon koko



Palkin rasitukset tutkitaan oven jännevälin kohdalla,

Räystäältä tuleva kuorma omapainosta ja lumikuormasta

$$F_{g,k} := k_{räystäs} \cdot g_{k.op} = 0.533 \frac{kN}{m} \quad \text{Omapaino}$$

$$F_{q,k} := k_{räystäs} \cdot q_k = 1.706 \frac{kN}{m} \quad \text{Lumi}$$

Palkin tukireaktiot yläpohjan omapainosta ja lumikuormasta

$$A_{gk} := \frac{F_{g,k} \cdot k_{ovi}}{2} = 0.8 \text{ } kN \quad \text{Omapaino}$$

$$B_{gk} := \frac{F_{g,k} \cdot k_{ovi}}{2} = 0.8 \text{ } kN$$

$$A_{qk} := \frac{F_{q,k} \cdot k_{ovi}}{2} = 2.558 \text{ } kN \quad \text{Lumi}$$

$$B_{qk} := \frac{F_{q,k} \cdot k_{ovi}}{2} = 2.558 \text{ } kN$$

Momentti yläpohjan omapainosta ja lumikuormasta

$$M_{gk} := \frac{F_{g,k} \cdot k_{ovi}^2}{8} = 0.6 \text{ } kN \cdot m \quad \text{Omapaino}$$

$$M_{qk} := \frac{F_{q,k} \cdot k_{ovi}^2}{8} = 1.919 \text{ } kN \cdot m \quad \text{Lumi}$$

Leikkausvoimat omapainosta ja lumikuormasta

$$V_{gk} := \max(A_{gk}, B_{gk}) = 0.8 \text{ } kN$$

$$V_{qk} := \max(A_{qk}, B_{qk}) = 2.558 \text{ } kN$$

Palkin lähtötiedot

$$h_{tk} := 198 \text{ } mm \quad \text{Korkeus}$$

$$b_{tk} := 48 \text{ } mm \quad \text{Leveys}$$

Tutkitaan kahdella eri kuormitusyhdistelmällä

KY1 pysyvä aikaluokka

$1.35 \cdot (omapaino)$

KY2 keskipitkä aikaluokka

$1.15 \cdot (omapaino) + 1.5 \cdot (lumi)$

Taivutuskestävyys KY1

$M_d := 1.35 \cdot M_{gk} = 0.809 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Taivutusjännitys

$\sigma_{m.y.d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tk} \cdot h_{tk}^2} = 2.581 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Taivutuslujuus

$k_{mod} := 0.6 \qquad \gamma_M := 1.3$

$f_{md} := \frac{f_{c.m.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 11.077 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 2.7 - Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut γ_m

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

Mitoitusehto

$\frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{md}} = 23.301\% \qquad \text{OK}$

Leikkauskestävyys KY1

$$V_d := 1.35 \cdot V_{gk} = 1.079 \text{ kN}$$

Leikkausjännitys

Palkki on sahatavaraa C24

$$b_{ef} := b_{tk} = 48 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{tk}} = 0.114 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus

$$k_{mod} = 0.6 \quad \gamma_M = 1.3 \quad f_{v,d} := \frac{f_{c.v,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 1.846 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 6.151\%$$

Tukipainekestävyys KY1

Tukireaktio

$$F_d := 1.35 \cdot A_{gk} = 1.079 \text{ kN}$$

Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{b_{tk} \cdot l_{ristikko}} = 0.535 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

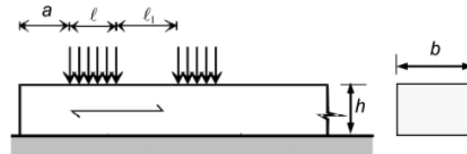
$K_{c,90}$ -kerroin

$$l_l \geq 2 h_{tk}$$

$$K_{c,90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c,90,ef} := 30 \text{ mm} + l_{ristikko} + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$



Tukipainekerroin

$$k_{c,\dot{\tau}} := \frac{l_{c,90.ef}}{l_{ristikko}} \cdot K_{c,90} = 3.036$$

Mitoitusehto

$$\sigma_{c,90,d} = 0.535 \frac{N}{mm^2} < k_{c,\dot{\tau}} \cdot f_{c,90,d} = 4.67 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,\dot{\tau}} \cdot f_{c,90,d}} = 11.463\% \quad \text{OK}$$

Taivutuskestävyys KY2

$$M_d := 1.15 \cdot M_{gk} + 1.5 \cdot M_{qk} = 3.568 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m,y,d} := \frac{6 \cdot M_d}{b_{tk} \cdot h_{tk}^2} = 11.376 \frac{N}{mm^2}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 0.8 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{md} := \frac{f_{c,m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 14.769 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{md}} = 77.023\% \quad \text{OK}$$

Leikkauskestävyys KY2

$$V_d := 1.15 \cdot V_{gk} + 1.5 \cdot V_{qk} = 4.757 \text{ kN}$$

Leikkausjännitys

Palkki on sahatavaraa C24

$$b_{ef} := b_{tk} = 48 \text{ mm}$$

$$\tau_d := \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_{tk}} = 0.501 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus

$$k_{mod} = 0.8 \quad \gamma_M = 1.3$$

$$f_{v,d} := \frac{f_{c.v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.462 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 20.334\%$$

Tukipainekestävyys KY2

Tukireaktio

$$F_d := 1.15 \cdot A_{gk} + A_{qk} = 3.478 \text{ kN}$$

Puristusjännitys palkissa

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_d}{b_{tk} \cdot l_{ristikko}} = 1.725 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$K_{c,90}$ -kerroin

$$l_l \geq 2 \cdot h_{tk}$$

$$K_{c,90} := 1.25 \quad (\text{sahatavara})$$

Tehollinen kosketuspinnan pituus

$$l_{c.90.ef} := 30 \text{ mm} + l_{ristikko} + 30 \text{ mm} = 102 \text{ mm}$$

Tukipainekerroin

$$k_{c.\dot{r}} := \frac{l_{c.90.ef}}{l_{ristikko}} \cdot K_{c.90} = 3.036$$

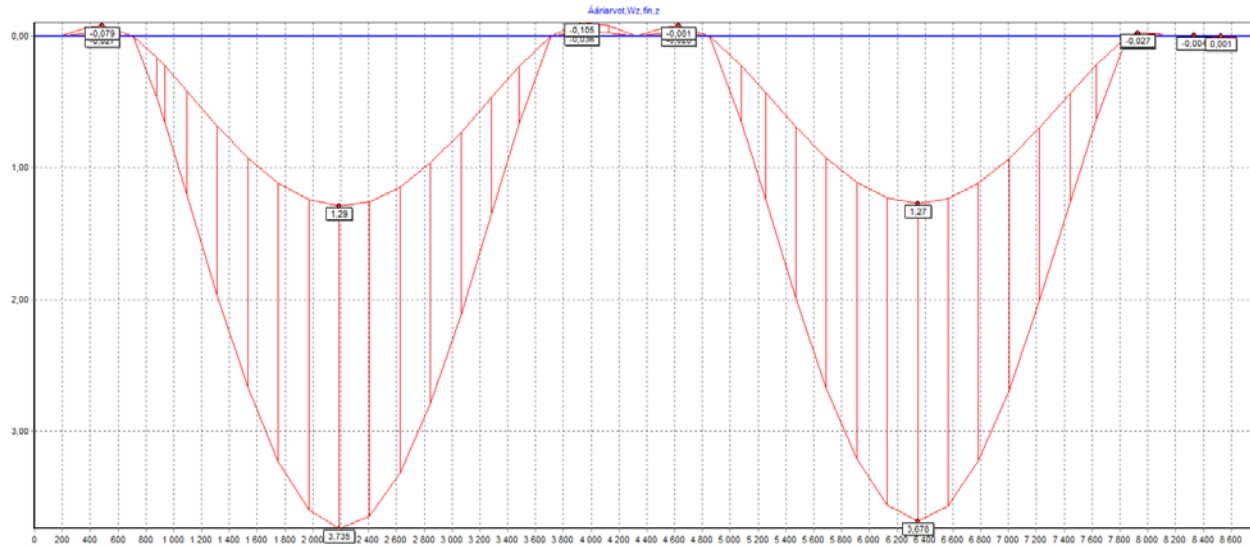
Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90,d} = 1.725 \frac{N}{\text{mm}^2} < k_{c.\dot{r}} \cdot f_{c.90,d} = 4.67 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c.90,d}}{k_{c.\dot{r}} \cdot f_{c.90,d}} = 36.938\% \quad \text{OK}$$

Taipuma

Taipumat otettu Finnwood laskentaohjelmalla



Tasakertapalkin taipumat tarkastettu Finnwood sovelluksella. Palkki on mitoitettu taipumalle jatkuvana rakenteena. Tukia palkille on yhteensä kymmenen. Ääriarvoksi taipumalle saatiin 3,735mm

$$k_{ovi} = 3000 \text{ mm} \quad \text{Kannatuspalkin jänneväli}$$

$$w_{fin} \leq \frac{L}{300} \quad \frac{k_{ovi}}{300} = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{3.735 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = 37.35\% \quad \text{OK}$$

Tarkastelu

Kestävyydet

KY1

Taivutus	23.3%
Leikkaus	6.15%
Tukipaine	11.46%

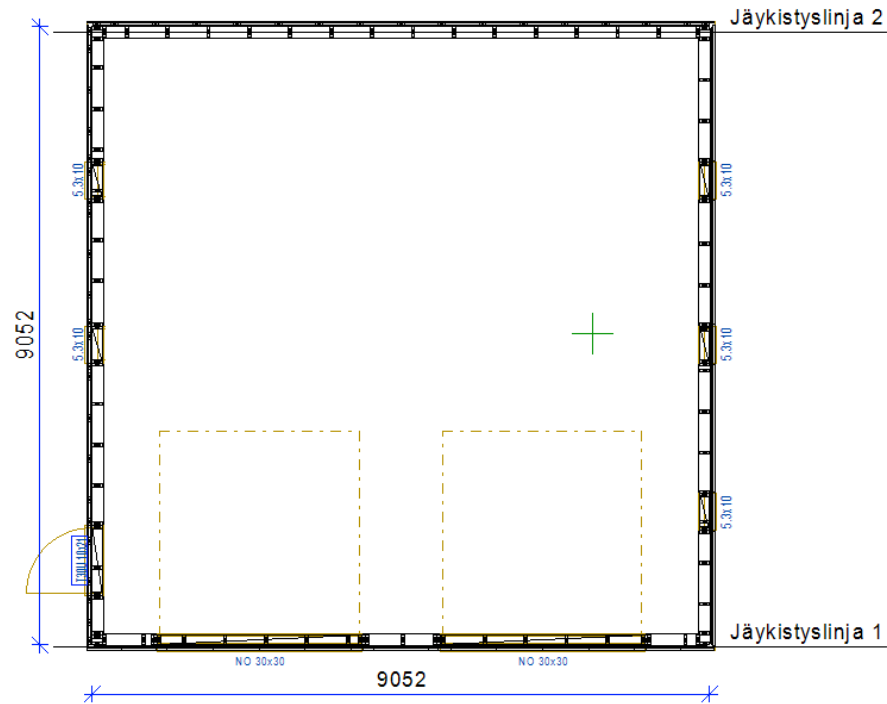
KY2

Taivutus	77.02%
Leikkaus	20.33%
Tukipaine	36.94%

Taipuma jatkuvana rakenteena 37.35%

Määrittävänä mitoittavana tekijänä on taivutuskestävyys kuormitusyhdistelmällä 2, ovien päälle C24 48x198 etuseinälle.

Päätyseinän levyjäykistys



Runko jäykistetään kahdesta linjasta. Linjat merkattu runkokaavioon.

Rungon mitat

$h_{yp} := 1450 \text{ mm}$	Yläpohjan projektion korkeus
$h_{pm} := 400 \text{ mm}$	Perusmuurin korkeus
$h = 5 \text{ m}$	Rakennuksen korkeus
$h_s := 3000 \text{ mm}$	Seinän korkeus
$d = 9200 \text{ mm}$	Rakennuksen sivun mitta

Rungon materiaali

Sahatavara C24

$f_{c.0.k} := 21 \frac{N}{mm^2}$	Puristus syysuuntaan
$f_{c.90.k} := 2.5 \frac{N}{mm^2}$	Puristus syysuuntaa vastaan
$f_{c.m.k} := 24 \frac{N}{mm^2}$	Taivutus
$E_{mean} := 11000 \frac{N}{mm^2}$	Kimmomoduuli
$\gamma_M := 1.4$	Materiaalin osavarmuusluku

Kuormat

$q_{p0} = 0.54 \frac{kN}{m^2}$	Tuulen nopeuspaine
$c_f := 1.3$	Voimakerroin

Yläpohjan tasoon kohdistuva kuorma käyttörajatilassa.
Korkeus maasta 3.4m

$$w_k := 1.25 \cdot c_f \cdot q_{p0} \cdot (h - h_{yp}) = 3.115 \frac{kN}{m}$$

Jaetaan kuorma rakennuksen kahdelle päädylle

$$F_d := w_k \cdot \frac{d}{2} = 14.33 \text{ kN}$$

Jäykistävinä levyinä käytetään 9mm tuulensuojavaneria,
liittiminä 2.1x50 konenauvoja. Nosto ovien seinällä 12mm
vanerilevyjä, liittiminä 2.8x75 konenauvoja

Laskentaan ensin etusienän jäykistys, jossa nosto-ovet

$t := 12 \text{ mm}$	Levyn paksuus
$d := 2.8 \text{ mm}$	Nulan halkaisija
$b_i := \frac{h_s}{4} = 750 \text{ mm}$	Seinälohkon leveys, jota voidaan käyttää jäykistyksessä.

Naulan leikkauskestävyys

Korjauskerroin k_ρ

$$k_\rho := \sqrt{\frac{350}{350}} = 1$$

Korjauskerroin k_l

$$k_l := \left(0.5 + \frac{t}{12 \, d}\right) \cdot k_\rho = 0.857$$

Naulan tartuntapituus $75 \, \text{mm} - 12 \, \text{mm} = 63 \, \text{mm} > 12 \, d = 33.6 \, \text{mm}$.
 leikkauskestävyyttä ei tarvitse pienentää

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

Taulukko 3.1 – Muunnoskerroimen k_{mod} arvot.

¹⁾ Saadaan käyttää vain käyttöluokassa 1

Taulukosta hetkellisen kuorman aikaluokasta

$$k_{mod} := 1.1$$

$$\gamma_M := 1.3$$

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3
Liimapuu, CLT	1,25
LVL, vaneri, OSB-levy	1,2
Muu lastulevy, kuitulevyt	1,3
Liitokset	1,3
Onnettomuusyhdistelmät	1,0

Taulukko 2.7 - Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut γ_M

Naulan leikkauskestävyys

$$R_d := \left(\frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_l \cdot 120 \cdot 2.8^{1.7}\right) \cdot N = 501.017 \, N$$

Naulan leikkauskestävyys jäykistävässä levyssä

Naulan leikkauskestävyyttä levyssä
saadaan kasvattaa kertoimella 1.2

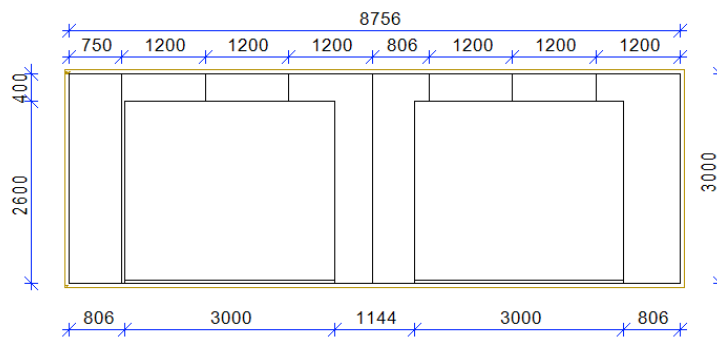
$$F_{f,Rd} := 1.2 \cdot R_d = 601.22 \text{ N}$$

Seinän vaakaleikkausvoimakestävyys Leikkauslinjalla 1

$s := 120 \text{ mm}$ Liittimien väli

$b_1 := 806 \text{ mm}$ Lohkon leveys

$b_2 := 1144 \text{ mm}$ Lohkon leveys



Linjan 1 levyt, 3 lohkoa

Lohko 1 (806mm)

$$c_1 := 2 \cdot \frac{2 \cdot b_1}{h_s} = 1.075$$

$$F_{1,v,Rd} := \frac{F_{f,Rd} \cdot b_1 \cdot c_1}{s} = 4339.716 \text{ N}$$

Lohko 2 (1144mm)

$$c_2 := 2 \cdot \frac{2 \cdot b_2}{h_s} = 1.525$$

$$F_{2,v,Rd} := \frac{F_{f,Rd} \cdot b_2 \cdot c_2}{s} = 8742.653 \text{ N}$$

Seinän leikkauskestävyys

$$F_{v.Rd} := \sum F_{i.v.Rd}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot F_{1.v.Rd} + F_{2.v.Rd} = 17.422 \text{ kN}$$

Mitoitusehto

$$F_d < F_{v.Rd}$$

$$\frac{F_d}{F_{v.Rd}} = 82.249\% \quad \text{OK}$$

Seinän vaakaleikkausvoimakestävyys Leikkauslinjalla 2

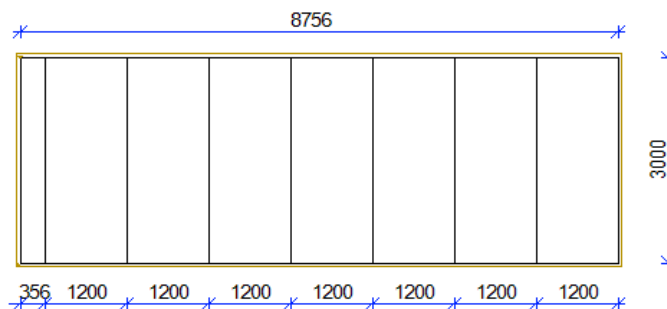
$$s := 150 \text{ mm} \quad \text{Liittimien väli}$$

$$b_l := 1200 \text{ mm} \quad \text{Lohkon leveys}$$

$$t := 9 \text{ mm} \quad \text{Levyn paksuus}$$

$$d := 2.1 \text{ mm} \quad \text{Nulan halkaisija}$$

$$b_i := \frac{h_s}{4} = 750 \text{ mm} \quad \text{Seinälohkon leveys, jota voidaan käyttää jäykistyksessä.}$$



Linjan 2 levyt, lohkoja 7kpl

Naulan leikkauskestävyys

Korjauskerroin k_ρ

$$k_\rho := \sqrt{\frac{350}{350}} = 1$$

Korjauskertoimen k_l

$$k_l := \left(0.5 + \frac{t}{12 \cdot d} \right) \cdot k_\rho = 0.857$$

$$k_{mod} := 1.1$$

Naulan leikkauskestävyys

$$\gamma_M := 1.3$$

$$R_d := \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_l \cdot 120 \cdot 2.1^{1.7} \cdot N = 307.225 \text{ } N$$

Naulan leikkauskestävyyttä levyssä
saadaan kasvattaa kertoimella 1.2

$$F_{f.Rd} := 1.2 \cdot R_d = 368.67 \text{ } N$$

Lohko 1 (1200mm)

$$c_l := 2 \cdot \frac{2 \cdot b_l}{h_s} = 1.6$$

$$F_{3.v.Rd} := \frac{F_{f.Rd} \cdot b_l \cdot c_l}{s} = 4718.976 \text{ } N$$

Seinän leikkauskestävyys

$$F_{v.rd} := \sum F_{i.v.Rd}$$

$$F_{v.Rd} := 7 \cdot F_{3.v.Rd} = 33.033 \text{ } kN$$

Mitoitusehto

$$F_d < F_{v.Rd}$$

$$\frac{F_d}{F_{v.Rd}} = 43.38\% \quad \text{OK}$$

Tarkastelu

Autotallin jäykistyksessä etuseinällä, jossa nosto-ovet, 12mm vaneri ja kiinnikkeinä 2.8x75 naulat k100 kiinnikeväleillä. Jäykistäviä lohkoja on kolme.

Takaseinällä, jossa ei aukkoja, jäykistyksessä 9mm tuulensuojavaneri ja kiinnikkeinä 2.1x50mm konenaulat k150 kiinnikeväleillä.

Tarkastellaan vielä liitos perustuksiin

Lohkojen pystyvoimat

Seinälohko 1

$$F_{1.c.Ed} := \frac{F_{1.v.Rd} \cdot h_s}{b_l} = 10.849 \text{ kN}$$

Seinälohko 2

$$F_{2.c.Ed} := \frac{F_{2.v.Rd} \cdot h_s}{b_l} = 21.857 \text{ kN}$$

Seinälohko 3

$$F_{3.c.Ed} := \frac{F_{3.v.Rd} \cdot h_s}{b_l} = 11.797 \text{ kN}$$

Perustuksiin valettu 12mm pultti ei irtoa tästä voimasta, mitoitetaan siis aluslevyn koko liitokseen

$$t := 6 \text{ mm}$$

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

Aluslevyn paksuus

Pultin halkaisija

$$k_{c.90} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristus kohtisuoraan
syysuuntaa vastaan

Aluslevyn tehollinen pinta-ala

$$d_{ef} := 12 \cdot t = 72 \text{ mm}$$

$$A_{ef} := \frac{\pi \cdot d_{ef}^2}{4} = 4071.504 \text{ mm}^2$$

Tukireaktio

$$N_{ed} := F_{2.c.Ed} = 21.857 \text{ kN}$$

Puristusjännitys aluslevyn alla

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{N_{ed}}{A_{ef}} = 5.368 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus syysuuntaa vastaan

Aluslevyn alla voidaan puun leimapainelujuudelle
käyttää arvoa $3 f_{c90.k}$

$$k_{mod} = 1.1 \quad \gamma_M = 1.3$$

$$f_{c.90.d} := \frac{3 \cdot f_{c.90.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 6.346 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{f_{c.90.d}} = 84.59\% \quad \text{OK}$$

Pultin vetolujuus

$$d := 12 \text{ mm} \quad \text{Pultin paksuus}$$

$$f_{u.k} := 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Pultin vetomurron ominaisarvo}$$

Pultin tehollinen pinta-ala

$$d_{ef} := 0.82 \cdot d = 9.84 \text{ mm}$$

$$A_{ef} := \frac{\pi \cdot d_{ef}^2}{4} = 76.047 \text{ mm}^2$$

Vetojännitys

$$\sigma_{f.d} := \frac{N_{ed}}{A_{ef}} = 287.411 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vetolujuus

$$\gamma_M := 1.1$$

$$f_d := \frac{f_{u,k}}{\gamma_M} = 581.818 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{f,d}}{f_d} = 49.399\% \qquad \text{OK}$$

Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
X	X		
	Päiväys	Tekijä	
	X	X	1 / 3
Rakennuskohde	Sisältö		
X	Yhteenveto		

1.0 YHTEENVETO MITOITUKSESTA

Kuormitustapaus

Pysyvä + Lumi 100 %

KL 2 / Keskipitkä

Yläpaarteen päällä oleva vaakajäkiste	C24 48x123			OK
Vaakajäkiste kiinnitys yläpaarteeseen	Naula 3,1x90	4 kpl	k600	OK
Vaakajäkiste lopputilan taipuma L/500 (nurjahdus)	44 %			OK
Vaakajäkiste jäykkyys (s-nurjahdus)	97 %			OK
Vaakajäkiste taivutuskestävyys	15 %			OK
Vaakajäkiste leikkauskestävyys	9 %			OK

2.0 PYSTYJÄKISTEEN MITOITUS

Info

Tarkastettava pystyjäkistelinja

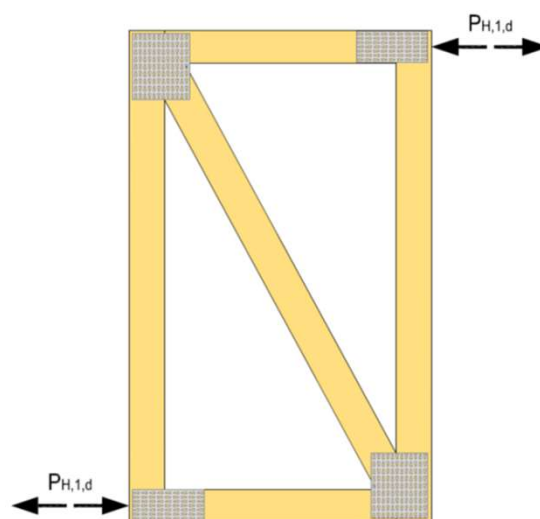
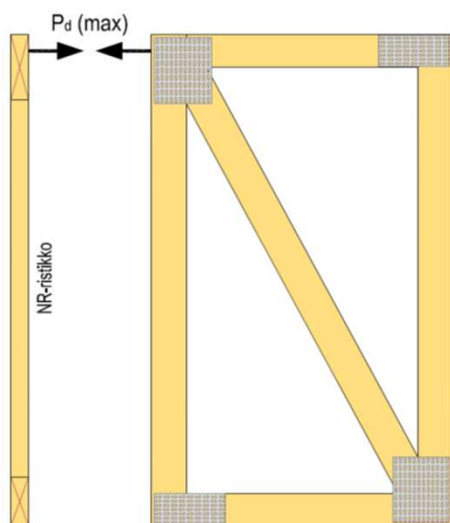
Pystyjäkistelinja A

Päärakennesuunnittelija mitoittaa

- jokaisen yläpaarteen kiinnityksen pystyjäkisteeseen voimalle

 $P_d (\max) = 1,78 \text{ kN}$

- yksittäinen pystyjäkiste voimalle

 $P_{H,1,d} = 3,57 \text{ kN}$ 

Suunnittelutoimisto	Työn nro	Sivu
X	X	2 / 3
Rakennuskohde	Paiväys X	
X	Tekijä X	
	Sisältö	
	Yhteenveto	

3.0 JÄYKISTELOHKON MITOITUS

Tarkasteltava pystyjäykistelinja

Pystyjäykistelinja A

Päärakennesuunnittelija mitoittaa

- jokaisen pystyjäykisteen kiinnityksen ristikon pystysauvaan voimalle

$$P_{v,d} = 1,54 \text{ kN}$$

- jäykistelohekki kiinnityksen alakaton jäykisteeseen voimalle

$$P_{H,d} = 3,57 \text{ kN}$$

- pystyjäykisteen lopputilan vaakasiirtymän murtorajatilassa raja-arvoon

$$u_{fin,vaad,1} = 7 \text{ mm}$$

- siirtymätarkastelussa käytetään voimaa

$$P_{H,d} = 3,57 \text{ kN}$$

$u_{fin,vaad,1}$ = pystyjäykisteen siirtymä liitossiirtymineen + alakaton siirtymä

- pystyjäykisteen lopputilan vaakasiirtymän murtorajatilassa raja-arvoon

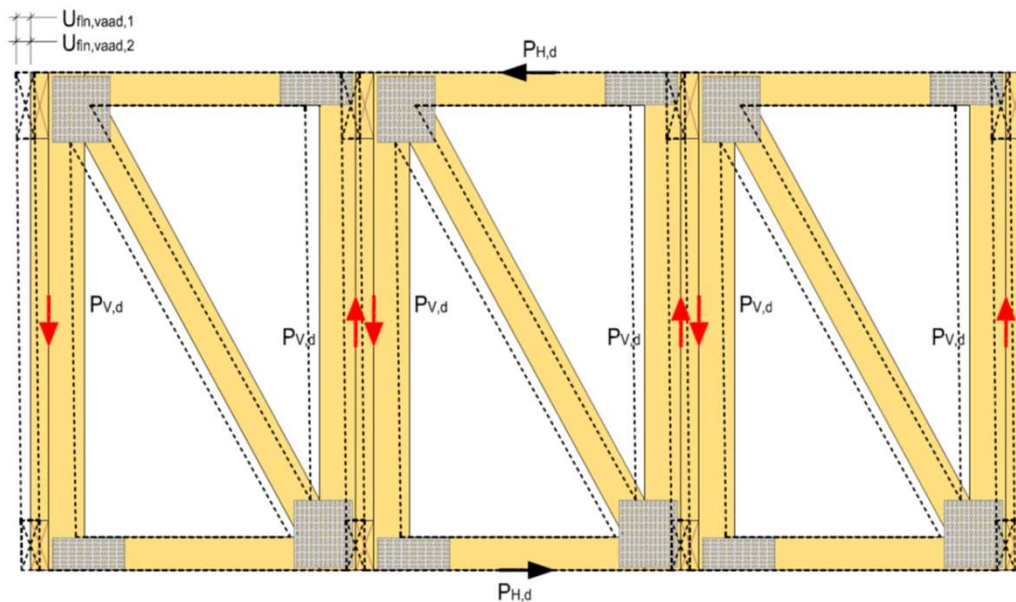
$$u_{fin,vaad,2} = 2 \text{ mm}$$

- siirtymätarkastelussa käytetään voimaa

$$n \cdot S_d = 1,77 \text{ kN}$$

n = ristikoiden määrä jäykistelohekossa

$u_{fin,vaad,2}$ = pystyjäykisteen siirtymä liitossiirtymineen

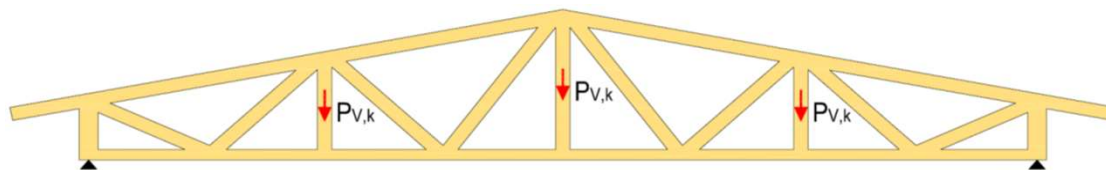


Suunnittelutoimisto	Työn nro		Sivu
X	X		
	Päiväys	Tekijä	
	X	X	3 / 3
Rakennuskohde	Sisältö		
X	Yhteenveto		

4.0 OMINAISKUORMAT NR-SUUNNITTELIJALLE

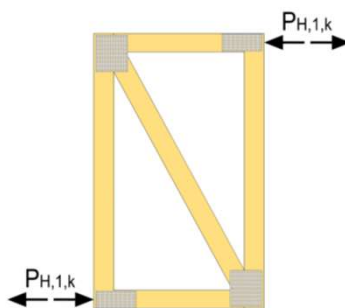
Info

NR-ristikon kuormitus (tallennus vaiheesta 3 kohdasta 3.4)



Pystyjäykistelinja	Pysyvä kuorma 100 %	Lumikuorma 100 %	Tuulikuorma 100 %
A	$P_{V,k} = 0,00 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,00 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,00 \text{ kN}$
B	$P_{V,k} = 0,59 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 1,67 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,10 \text{ kN}$
C	$P_{V,k} = 0,83 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 2,37 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,15 \text{ kN}$
D	$P_{V,k} = 0,59 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 1,67 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,10 \text{ kN}$
E	$P_{V,k} = 0,00 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,00 \text{ kN}$	$P_{V,k} = 0,00 \text{ kN}$
	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$
	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$
	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$
	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$	$P_{V,k} =$

NR-pukin kuormitus (tallennus vaiheesta 3 kohdasta 3.4)



Pystyjäykistelinja	Pysyvä kuorma 100 %	Lumikuorma 100 %	Tuulikuorma 100 %
A	$P_{H,1,k} = 0,37 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 1,05 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 0,03 \text{ kN}$
B	$P_{H,1,k} = 0,38 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 1,07 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 0,07 \text{ kN}$
C	$P_{H,1,k} = 0,38 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 1,07 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 0,07 \text{ kN}$
D	$P_{H,1,k} = 0,38 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 1,07 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 0,07 \text{ kN}$
E	$P_{H,1,k} = 0,37 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 1,05 \text{ kN}$	$P_{H,1,k} = 0,03 \text{ kN}$
	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$
	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$
	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$
	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$	$P_{H,1,k} =$