

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Rakennesuunnittelu

2020

Miro Lappi

# PIENTALON RAKENNUS- JA RAKENNESUUNNITTELU



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Ohjaaja DI Olli Hautaniemi

2020 | 35 sivua, 52 liitesivua

Miro Lappi

# PIENTALON RAKENNUS- JA RAKENNESUUNNITTELU

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia rakennussuunnitelmat, rakennepiirustukset ja mitoittaa seinä- ja kattorakenteet yksikerroksiseen omakotitaloon. Talolle ei ollut tonttia, joten kaavamääräykset olivat viitteelliset. Talon kantavat rakenteet toteutettiin puusta ja yläpohja NR-ristikoilla.

Rakennussuunnitelmat ja rakennepiirustukset laadittiin AutoCAD-ohjelmalla. Puurakenteet mitoitettiin Mathcad-ohjelmaa apuna käyttäen. Luonnoskuvat tehtiin ArchiCAD-ohjelmalla.

Työn pääpaino oli syntyvissä rakennus- ja rakennepiirustuksissa sekä mitoituksessa, joiden avulla olisi mahdollista tulevaisuudessa hakea rakennuslupaa.

## ASIASANAT:

rakennussuunnittelu, rakennesuunnittelu, pientalo, puurakennus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil and Construction Engineering

2020 | 35 pages, 52 pages in appendices

Miro Lappi

# PLANNING AND DESIGNING OF A DETACHED HOUSE

The objective of this Bachelor's thesis was the architectural and structural planning and designing of the wall and roof structures for a one floor detached house. The house had no building site so the building regulations are fictional. The building material used were wood in the walls and trusses on the roof.

The architectural and structural plans were drawn with the AutoCAD 2020 program. The wooden structures were designed by hand with the Mathcad program. 3D sketches were made with the ArchiCAD 22 program.

The primary focus for this thesis was the architectural and structural drawings as well as designing to allow filing a building permit in the future.

## KEYWORDS:

architectural design, structural design, detached house, wood structure

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 RAKENNUSSUUNNITTELU</b>	<b>8</b>
2.1 Luonnossuunnittelu	8
2.2 Lähtökohdat	8
2.3 Rakennuksen suunnittelu	8
2.3.1 Tilasuunnittelu	9
2.3.2 Julkisivu	12
2.3.3 Rakenteet	14
<b>3 RAKENNESUUNNITTELU</b>	<b>15</b>
3.1 Kuormat	15
3.1.1 Pysyvät kuormat	15
3.1.2 Lumikuorma	15
3.1.3 Tuulikuorma	17
3.1.4 Kuormitusyhdistelmät	20
3.2 Materiaaliominaisuudet	22
3.3 Murtorajatilat	24
3.3.1 Taivutuskestävyys	24
3.3.2 Kiepahduskestävyys	25
3.3.3 Leikkauskestävyys	26
3.3.4 Tukipainekestävyys	26
3.3.5 Puristetun sauvan nurjahduskestävyys	27
3.3.6 Yhdistetty puristus ja taivutus	29
3.4 Käyttörajatilat	30
3.5 Jäykistys	32
<b>4 POHDINTA</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>35</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Yläpohjan omapainon laskeminen
- Liite 2. Rakennelaskelmat
- Liite 3. Piirustukset

## KAAVAT

Kaava 1. Katon ominaislumikuorma	16
Kaava 2. Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine	17
Kaava 3. Kokonaistuulikuorman resultantti	18
Kaava 4. Rakennuksen hoikkuus	18
Kaava 5. EQU- rajatilan kaava	20
Kaava 6. STR- rajatilan kaava	20
Kaava 7. Pitkäaikaisyhdistelmän kaava	20
Kaava 8. Lujuusominaisuuden mitoitusarvo	22
Kaava 9. Taivutuskestävyyden mitoitusehto	25
Kaava 10. Kiepahduskestävyyden mitoitusehto	25
Kaava 11. Kerroin $k_{crit}$	25
Kaava 12. Suhteellinen hoikkuus	25
Kaava 13. Kriittinen taivutusjännitys	26
Kaava 14. Leikkauskestävyyden mitoitusehto	26
Kaava 15. Syitä vastaan kohtisuoran puristuksen mitoitusehto	26
Kaava 16. Tukipainekerroin	27
Kaava 17. Puristettu pilari, ei taivutusta	27
Kaava 18. Nurjahduskerroin	28
Kaava 19. Kerroin $k_y$	28
Kaava 20. Suhteellinen hoikkuus	28
Kaava 21. Poikkileikkauksen vahvemman suunnan hoikkuusluku	28
Kaava 22. Poikkileikkauksen jäyhyysäde	29
Kaava 23. Puristuksen ja taivutuksen yhteisvaikutus, kun pilari voi nurjahtaa	29
Kaava 24. Taipuman mitoitusehto	30
Kaava 25. Kokonaistaipuma	31

## KUVAT

Kuva 1. Luonnoskuva olohuoneesta	9
Kuva 2. Luonnoskuva eteisestä olohuoneeseen	10
Kuva 3. Luonnoskuva makuuhuoneesta	11
Kuva 4. Luonnoskuva kylpyhuoneesta	11
Kuva 5. Luonnoskuva etujulkisivusta	13
Kuva 6. Luonnoskuva takajulkisivusta	13
Kuva 7. Lumikuorman muotokertoimet	16
Kuva 8. Pulpettikaton lumikuorman muotokerroin	16

Kuva 9. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot $s_k$	17
Kuva 10. Nopeuspaineen ominaisarvot $q_{p0}(h)$ eri maastoluokissa, kun tuulenpaineen perusarvo $v_b = 21$ m/s	19
Kuva 11. Kiskopaine 1) jatkuvalla tuella lepäävän sauvan kuormituspisteissä ja 2) palkin tukipinnoilla tai kuormituspisteissä	27
Kuva 12. Taipuman muodostuminen	30
Kuva 13. Vaakakuormien siirtäminen perustuksille, periaate	32
Kuva 14. NR-ristikkoyläpohjan jäykistelinjat	33

## TAULUKOT

Taulukko 1. Voimakerroin $c_f$ huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus	18
Taulukko 2. Maastoluokat	19
Taulukko 3. Yhdistelykertoimet	22
Taulukko 4. Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut $\gamma_M$	23
Taulukko 5. Muunnoskerroimen $k_{mod}$ arvot	24
Taulukko 6. Sahatavaran ja liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet yleisimmissä lujuusluokissa	24
Taulukko 7. Puristussauvan nurjahduspituuksia $L_c$ , kun sauvan pituus on $L$	29
Taulukko 8. Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot	30
Taulukko 9. Virumaluvun $k_{def}$ arvot puulle ja puutuotteille	31

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on puurakenteisen pientalon rakennus- ja rakennesuunnittelu. Työssä mitoitetaan seinä- ja kattorakenteet sekä suunnitellaan pääpiirustukset, työpöyrustukset ja rakennepiirustukset.

Luonnoskuvat laaditaan ArchiCAD-suunnitteluohjelmalla. Suunnitelmat laaditaan AutoCAD-suunnitteluohjelmalla. Rakenteiden mitoitukset lasketaan käsin käyttäen apuna Mathcad-ohjelmaa.

Työn lähtökohtiin kiinnitetään huomiota suunnittelussa. Rakennuksesta halutaan moderni, yksikerroksinen ja nykyaikaan sopiva. Rakennuksesta halutaan tehdä arkiasuttavan omakotitalon lisäksi myös asunto, joka tuntuu levolliselta arjen ympärillä. Taloon halutaan suuria lasipintoja, mutta siitä huolimatta pitää talon tunnelma kodikkaana. Tilojen suunnittelussa kiinnitetään huomiota selkeyteen ja toimivuuteen.

Alapohja toteutetaan maanvaraisella laattalla, jotta rakennuksen etujulkisivu ei nousisi liian korkealle ja etuprofiili säilyisi rauhallisena. Seinärakenteiden runkopuut toteutetaan sahatavarasta sekä osittain liimapuusta. Yläjuoksussa käytetään liimapuupalkkeja ja yläpohjarakenteet toteutetaan NR-ristikoilla.

## 2 RAKENNUSSUUNNITTELU

### 2.1 Luonnossuunnittelu

Omakotitalosta oli laadittu alustavat arkkitehtiluonnokset, jotka toimivat perustana rakennussuunnittelulle. Alustavat arkkitehtiluonnokset oli laadittu kaikista julkisivuista sekä luonnos pohjakuvasta. Ajatuksena oli toteuttaa yksikerroksinen moderni omakotitalo puurakenteisena. Rakennus suunniteltiin nelihenkiselle perheelle asuttavaksi.

### 2.2 Lähtökohdat

Tilojen toiveena oli selkeät linjat, avarat ja valoisat oleskelutilat sekä tilojen käytännöllinen toimivuus. Oleskelutilan toiveena oli suuri olohuone, keittiö ja ruokailutila. Lasten makuuhuoneita haluttiin kaksi ja päämakuuhuoneeseen haluttiin kylpy- ja vaatehuone. Pesutilojen toiveena oli yksinkertainen pesuhuonetila ja sauna, joita erottaisi pukuhuonetila vaatteiden vaihtoa varten. Talon kodinhoitohuoneen toiveena oli, että se voisi tarvittaessa toimia myös kuraeteisenä. Julkisivun toiveena oli nykyaikaisuus, tumma, suojaisa etujulkisivu mutta avara talon takajulkisivu.

### 2.3 Rakennuksen suunnittelu

Rakennussuunnittelu tehtiin alustavien arkkitehtiluonnosten pohjalta. Alustavia arkkitehtikuvia tarkennettiin ja tilasuunnittelua hahmoteltiin. Apuna rakennussuunnittelussa käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman ympäristöministeriön asetuksia.

Ensimmäisenä lähdettiin suunnittelemaan pohjakuvaa ja sommittelemaan jokaisen huoneen sijaintia. Tämän jälkeen laadittiin luonnoskuva pohjakuvan perusteella ArchiCAD-ohjelmalla, jonka jälkeen hahmoteltiin pohjakuvaa ja tilojen suuruuksia uudelleen. Kun lopullinen pohjakuva oli piirretty, hahmoteltiin sille ArchiCAD-mallista luonnoksia, kunnes oltiin tyytyväisiä. Lopullinen pohjapiirustus esitetään liitteen 3 työpiirustuksissa.



### 2.3.1 Tilasuunnittelu

Rakennuksen tilasuunnittelun lähtökohdat olivat jo selkeät luonnoskuvista. Taloon oli suunniteltu keittiö, ruokailutila, olohuone, kolme makuuhuonetta, eteisaula, kaksi vessaa, kodinhoitohuone, kylpyhuone, sauna sekä päämakuuhuoneen yhteydessä oleva kylpyhuone ja vaatehuone. Talon asuinhuononeliöt olivat 174 neliötä.

Rakennuksen asuinhuonekorkeus on 2 490 mm, joka täyttää ympäristöministeriön asetuksen asuin-, majoitus ja työtiloista koskevan säädöksen minimivaatimuksen 2 400 mm. Asuinhuoneiden ikkunapinta-alan katsottiin olevan vähintään 1/10 asuinhuoneen pinta-alasta. Rakennuksen päädyn ikkunat voidaan katsoa muutettaviksi, kun rakennukselle löytyy tontti, jotta se täyttää asemakaavojen vaatimukset.

Oleskelutila yhdistettiin isoksi kokonaisuudeksi, johon kuului keittiö, ruokailutila ja olohuone (kuva 1). Tämä antoi avaruutta ja enemmän koon tuntua jokaiselle tilalle sen sijaan että huoneet olisi eroteltu seinillä. Tämä ratkaisu antoi myös valon vaikuttaa joka ilmansuunnasta. Keittiö ja ruokailutila on yhdessä, kun taas olohuone sijoitettiin hieman erilleen. Keittiössä on 1 300 mm leveä kääntymistila, joka täyttää valtioneuvoksen asetuksen rakennuksen esteettömyydestä keittiössä.



Kuva 1. Luonnoskuva olohuoneesta.

Eteinen sijoitettiin keskelle taloa. Eteisestä haluttiin avara ja valoisa, joten oveksi valikoitui kokolasiovi, jonka kyljessä on lisäikkuna tuomaan valoa. Eteinen suunniteltiin niin

että siitä tullessa olisi esteetön näkymä takaseinän suurista ikkunoista talon takapihalle (kuva 2). Ruokailutilan ja olohuoneen väliin jätettiin hieman tilaa, joka toimi myös hyvänä tilanjakajana. Eteisessä on 1300 mm leveä kääntymistila, joka täyttää asetuksen rakennuksen esteettömyydestä eteisessä. Eteisen yhteydessä on myös wc-tila, jossa on halkaisijaltaan 1300 mm vapaa tila liikkumisesteiselle henkilölle. Wc-tila on myös varustettavissa liikkumisesteiselle henkilölle sopivaksi.



Kuva 2. Luonnoskuva eteisestä olohuoneeseen.

Lasten makuuhuonetilat sijoitettiin talon toiseen pätyyn. Makuuhuoneisiin suunniteltiin kulku käytävältä, joka eristi hyvin tilat olohuoneesta. Käytävän päähän sijoitettiin ikkuna tuomaan käytävälle valoa ja avaruutta. Käytävän päässä olevaan syvennykseen lisättiin hieman säilytystilaa, jonka voi myös tarvittaessa muuttaa kotitoimistoksi tai vaatehuoneeksi. Lasten makuuhuoneet suunniteltiin melko samanlaisiksi, poikkeavaksi tekijäksi kuitenkin tuli vaatesäilytys, jossa toiseen suunniteltiin vaatehuone ja toiseen kaapist.

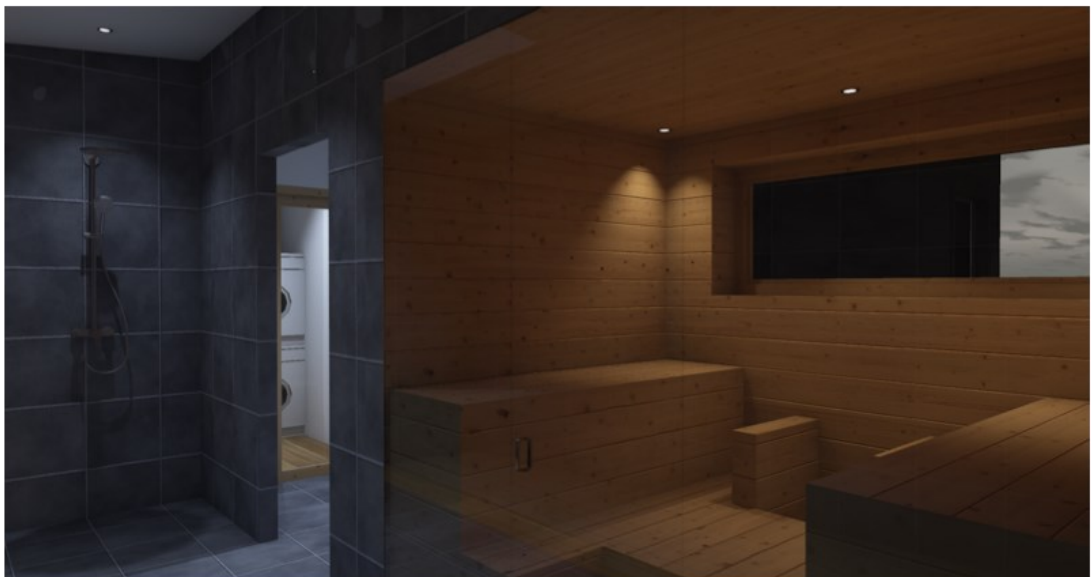
Päämakuuhuone sijoitettiin samaan pätyyn lasten makuuhuoneiden kanssa mutta hieman erilleen. Päämakuuhuoneesta haluttiin avara ja valoisa omalla kylpyhuoneella ja vaatehuoneella. Päämakuuhuoneesta haluttiin myös kulku takapihalle, joten sijoitettiin takaseinälle kokolasiovi ja suuri ikkuna tuomaan valoa. Makuuhuoneen päätyseinään suunniteltiin ikkuna, josta näkee ulos huoneeseen tullessa ja josta näkee koko rakennuksen läpi makuuhuoneen oven ollessa auki. (Kuva 3).



Kuva 3. Luonnoskuva makuuhuoneesta.

Kodinhoitohuoneeseen suunniteltiin oma sisäänkäynti, jotta sitä olisi mahdollista myös tarvittaessa käyttää kuraeteisenä. Kodinhoitohuoneeseen kuljetaan pesutilan pukuhuoneen läpi.

Pesuhuoneeseen haluttiin pukuhuone vaatteiden vaihtoa varten, yksi suihku ja sauna. Pesuhuoneesta haluttiin kompakti ja käytännöllinen. Pesuhuoneen ollessa kompakti haluttiin siitä myös valoisa. Saunaan sijoitettiin ikkuna takapihalle päin ja lasiseinä tuomaan avaruutta ja valoa saunan läpi pesutilaan. (Kuva 4).



Kuva 4. Luonnoskuva kylpyhuoneesta.

### 2.3.2 Julkisivu

Rakennuksen julkisivun suunnittelu on viitteellinen, joka voidaan katsoa muutettavaksi, kun rakennukselle löytyy haluttu tontti ja täten se täyttää kaavamääräykset. Julkisivujen piirustukset esitetään liitteen 3 työpiirustuksissa.

Julkisivusta haluttiin moderni ja tumma. Talon julkisivumateriaaliksi suunniteltiin käytäväksi 170 mm leveää ponttilautaa vaakaan, joka maalataan mustaksi. Sokkelin väriksi valittiin tummanharmaa. Vesikatto suunniteltiin moderniin henkeen pulpettikattoiseksi, joka avautuu taakse. Vesikaton materiaaliksi valikoitui tummanharmaa kone-saumattu peltikatto. Ikkunat ja ulko-ovet suunniteltiin väriltään tummanharmaiksi ja sisäpuolelta valkoisiksi. Pellitykset, syöksytorvet ja rännit suunniteltiin väriltään mustaksi. Vesikaton rakennepiirustukset esitetään liitteen 3 työpiirustuksissa.

Etuosasta haluttiin suojaava, joka toteutettiin useammalla kapealla seinällä, joka toi myös hieman syvyyttä muuten niin suoralinjaiseen taloon. Kapeat seinät sijoitettiin tasavälein alkaen etuosasta jatkuen talon sivulle lukuun ottamatta talon pääsisäänkäynnin paikkaa, jota korostettiin hieman leveämmällä välillä.

Uloskäytävän kulkureitin edessä on 2 000 mm:n pituinen tasanne, joka täyttää ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen käyttöturvallisuudesta olevan minimivaatimuksen 800 mm ja asetuksen rakennuksen esteettömyydestä olevan minimivaatimuksen 2 000 mm pitkälle välitasanteelle. Ulkotilan eteen on asennettavissa 1 200 mm leveä ja kahdeksan prosenttia kalteva luiska liikkumisesteiselle henkilölle, joka täyttää vaatimuksen luiskan kaltevuudelle korkeuseron ollessa enintään 500 mm. Ulko-ovien kynnykset suunnitellaan siten, että ne ovat tasoeroltaan korkeintaan 20 mm ja vapaan tilan leveydeksi suunnitellaan olevan vähintään 850 mm, mikä täyttää asetuksen rakennuksen esteettömyydestä. (Kuva 5).



Kuva 5. Luonnoskuva etujulkisivusta.

Takaosalle haluttiin suuret ikkunat tuomaan valoa ja avaruutta sisälle. Alarivin ikkunoiden koko on 1 700 mm x 2 400 mm ja yläikkunoiden 900 mm x 3 500 mm, joita tulee kolme kappaletta. Olohuoneen ja ruokailutilan välissä on kulku terassille kaksoisovista.

Terassista haluttiin vaalea tuomaan kontrastia tummalle talolle. Materiaaliksi terassille valittiin uritettu kestopuu männystä. Talon räystäslaudoituksen materiaaliksi valikoitui myös mänty. Terassin korkeus on 300 mm, joten vaatimuksia kaiteelle ei ole. (Kuva 6).



Kuva 6. Luonnoskuva takajulkisivusta.

### 2.3.3 Rakenteet

Väliseinät tehdään kertopuusta 39 x 66 mm ja 13 mm:n kipsilevystä, jolloin seinän paksuudeksi saadaan 92 mm. Yleisempien ovenkarmien syvyydet ovat 92 mm, jolloin ne sopivat suoraan yhteen. Rakennuksen päätyyn, jossa jänneväli ylitti 9 040 mm, suunniteltiin kantavat väliseinät tehtäväksi 48 x 173 mm:n runkopuusta ja 115 x 360 mm:n liimapuupalkilla. Väliseinien rakennepiirustukset esitetään liitteen 3 rakennepiirustuksissa.

Ulkoseinän rakenteeksi suunniteltiin puurakenteinen seinä. Kantava runko suunniteltiin tehdyksi 48 x 173 mm:n mitallistetusta puusta k600-jaolla, jonka välissä on lämmöneristeenä 175 mm ISOVER KL-33. Lisälämmöneristeenä kipsilevyjen koolauksien välissä on lämmöneristeenä 50 mm ISOVER KL-33. Kipsilevyjen koolaukset suunniteltiin 48 x 48 mm:n runkopuusta k600-jaolla, jonka päälle levytettiin kipsilevy. Ulkoverhouksen alle suunniteltiin tuuletusväli 22 x 100 mm laudoituksella k600-jaolla, joka päästää ilman vapaasti kulkeutumaan verhouksen taakse. Puurungon erotus tuuletusvälistä toteutettiin puukuitutuulensuojalevyllä estämään tuulenpaineen pääsyä eristeisiin ja vähentämään mahdollisia lämpöhäviöitä. Ulkoseinien rakennepiirustukset esitetään liitteen 3 rakennepiirustuksissa.

Yläpohja suunniteltiin toteutettavaksi NR-ristikkopalkeilla. Katon kaltevuudeksi valikoitui 6 astetta. Pisin jänneväli on 9 040 mm, joten ristikon korkeudeksi saatiin 740 mm kaavasta  $h_1 > L/11 \times$  kannatinjako. Siinä  $h_1$  on ristikon minimikorkeus, L pisin jänneväli sekä kannatinjako, joka suunniteltiin tehtäväksi k900 jaolla. NR-ristikot on kolottu tehtaalla, jolloin ne liittyvät siististi makaamaan kannatinpalkkien päälle. NR-ristikoiden piirustukset esitetään liitteessä 3, työpiirustukset. Yläpohjan rakennepiirustukset esitetään liitteen 3 rakennepiirustuksissa.

Kannatinpalkki suunniteltiin toteutettavaksi 115 x 360 mm:n liimapuulla, jotta palkki kestäisi yläpohjalta tulleet kuormat olohuoneen ja keittiön ikkunoiden jännepituuksissa. Kannatinpalkkia tukee olohuoneen ja keittiön ikkunoiden ylitysten kohdalla 140 x 140 mm:n liimapuupilarit. Kohdissa, joissa ikkunat olivat leveydeltään 1 700 mm että kaapeimmat kannatinpalkkia suunniteltiin tukemaan 48 x 173 mm:n runkopuut. Saunan edessä olevan terassin katoksen, jonka jännepituus oli 4 050 mm, tehtiin paksummasta 140 x 405 mm:n liimapuupalkista, joka laitettiin tuettavaksi 140 x 140 mm:n liimapuupilarilla molemmista päistä. Puurungon rakennepiirustukset esitetään liitteen 3 rakennepiirustuksissa.

## 3 RAKENNESUUNNITTELU

Rakennesuunnitelmat löytyvät liitteestä 2.

### 3.1 Kuormat

Puurakenteet suunnitellaan siten, että standardissa EN 1990:2002, Eurocode Basis of design (SFS-EN 1990, Eurokoodi - Rakenteiden suunnitteluperusteet) ja sitä koskevassa kansallisessa liitteessä esitetyt perusvaatimukset täyttyvät.

Eri rajatilojen mitoitusmalleissa otetaan huomioon seuraavat asiat (RIL 205-1-2017, 8):

- eri materiaaliominaisuudet (lujuus ja jäykkyys)
- materiaalien erilainen ajasta riippuva toiminta (kuorman vaikutusaika ja viruminen)
- erilaiset ilmasto-olosuhteet (lämpötila ja kosteuden vaihtelu)
- erilaiset mitoitusilanteet (rakentamisvaiheet, tukiehtojen muutos).

#### 3.1.1 Pysyvät kuormat

Pysyvät kuormat muodostuvat rakenteiden ja laitteiden omasta painosta, jotka lasketaan rakenteen tiheyden ja tilavuuden mukaan. Tässä opinnäytetyössä pysyviä kuormia ovat yläpohjan sekä kannatuspalkin paino.

Yläpohjan omapaino muodostuu monesta rakenneosasta. Yläpohjan omapaino laskettiin Excel-taulukossa (liite 1) rakenteiden tilavuuksien ja tuotetoimittajien taulukoiden mukaan.

#### 3.1.2 Lumikuorma

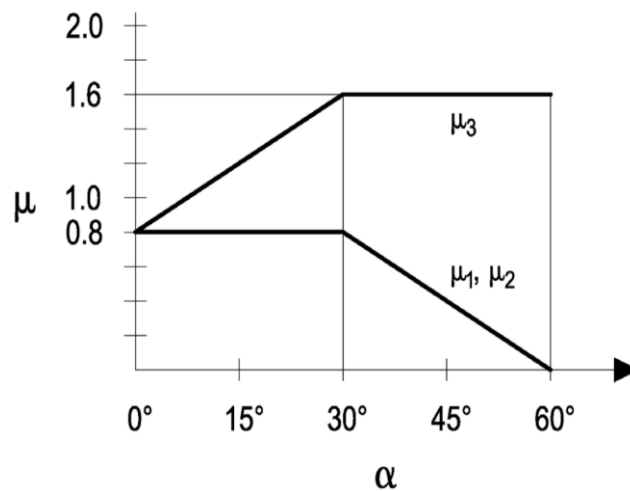
Katon ominaislumikuorma  $q_k$  lasketaan kaavasta 1. Kattojen ominaislumikuormat saadaan kertomalla maanpinnan lumikuorma kuvien 7 ja 8 mukaan määritetyllä muotokerrotoimella.

$$q_k = \mu_i s_k,$$

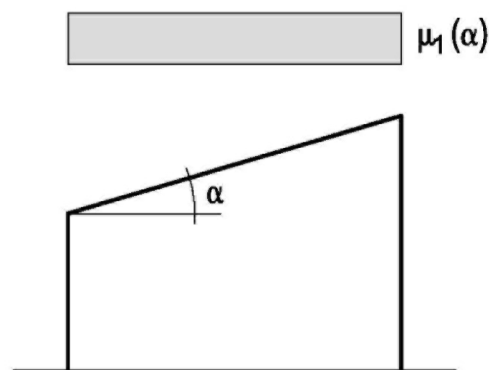
jossa  $\mu_i$  on lumikuorman muotokerroin  
 $s_k$  on maanpinnan lumikuorman ominaisarvo

Kaava 1. Katon ominaislumikuorma (RIL 205-1-2017, 11).

Lumikuorman muotokerroin  $\mu_i$  määräytyy kuvasta 7 määrittämällä talon katon kaltevuus, jossa pulpettikatolla määritetään se käyrästä  $\mu_1$ .



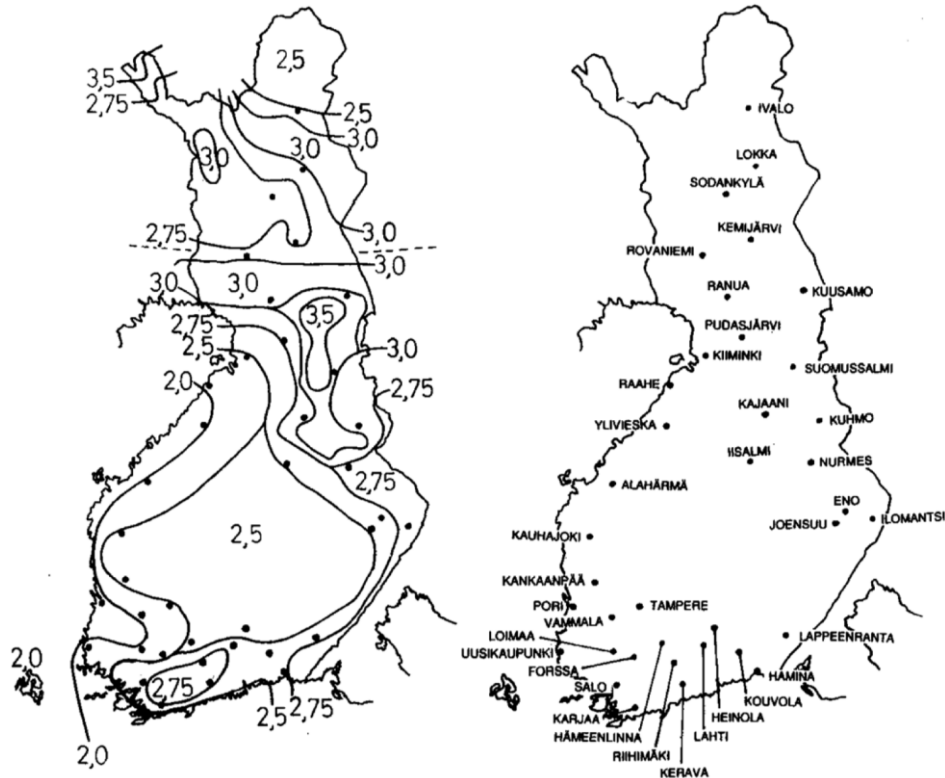
Kuva 7. Lumikuorman muotokertoimet (RIL 205-1-2017, 12).



Kuva 8. Pulpettikaton lumikuorman muotokerroin (RIL 205-1-2017, 13).

Maanpinnan lumikuorman ominaisarvo  $s_k$  määritetään talon sijainnista kuvasta 9.





Kuva 9. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot  $S_k$  (RIL 205-1-2017, 11).

### 3.1.3 Tuulikuorma

Tuulen aiheuttama kuorma osapinnalle lasketaan kaavasta 2:

$$q_{w,k} = \frac{F_{w,k}}{0,8 \cdot A_{ref}}$$

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

$F_{w,k}$  on kokonaistuulikuorman resultantti.

Kaava 2. Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine (Eurokoodi 5 sovelluslaskelmat - asuinrakennus, 16).

Kokonaistuulikuorman resultantti  $F_{w,k}$  saadaan kaavasta 3, kun rakennuksen korkeus on enintään 50 m ja pienempi kuin sen leveys. Talon projektiopinta-ala  $A_{ref}$  lasketaan tuulen vaikuttaman suunnan seinän leveydestä ja korkeudesta.

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

jossa  $c_f$  on tuulen mitoituksessa käytettävä rakenteen voimakerroin  
 $q_p(h)$  on tuulen nopeuspaine.

Kaava 3. Kokonaistuulikuorman resultantti (RIL 205-1-2017, 13).

Voimakertoimen  $c_f$  määrittäminen on esitetty taulukossa 1, jossa sivusuhteen arvo  $d/b$  on talon sivun pituus  $d$  jaettuna talon leveys  $b$ .

Taulukko 1. Voimakerroin  $c_f$  huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus (RIL 205-1-2017, 13).

Sivusuhte d/b									
$\lambda$	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
$\leq 1$	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

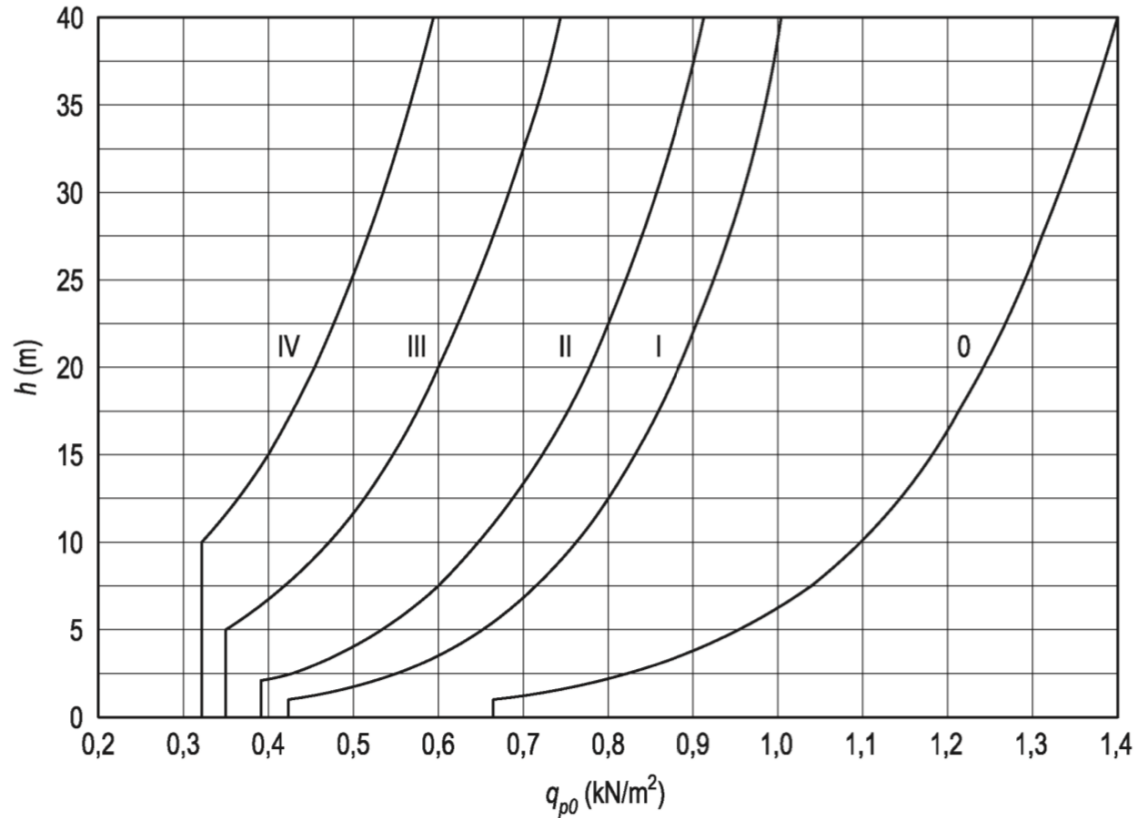
Rakennuksen hoikkuuden arvo  $\lambda$  saadaan kaavasta 4, jossa  $h$  on talon korkeus ja  $b$  talon leveys.

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

jossa  $b$  on rakennuksen leveys tuulta vastaan kohtisuorasti  
 $h$  rakennuksen korkeus.

Kaava 4. Rakennuksen hoikkuus (RIL 205-1-2017, 13).

Rakennuksen tuulikuormatarkastelussa käytetään modifioituneen nopeuspaineen  $q_p(h)$  ominaisarvoa, joka määritetään rakennuksen korkeuden  $h(m)$  ja maaston pinnan muodon mukaan kuvasta 10.



Kuva 10. Nopeuspaineen ominaisarvot  $q_{p0}(h)$  eri maastoluokissa, kun tuulenpaineen perusarvo  $v_b = 21$  m/s (RIL 205-1-2017, 13).

Maaston pinta määritetään taulukon 2 mukaan.

Taulukko 2. Maastoluokat (RIL 205-1-2017, 12).

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.

### 3.1.4 Kuormitusyhdistelmät

Murtorajatilaksi katsotaan tilanne, jossa rakenteen sortuminen tai sitä edeltävä tila aiheuttaa vaaraa ihmisten turvallisuudelle tai omaisuudelle. Vastaa tavallisesti rakenteen tai rakenneosan suurinta kestävyyttä (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 52).

Murtorajatilan kuormitusyhdistelmä, kun tarkastellaan rakenteen staattisen tasapainon (EQU = equilibrium) rajatilaa (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 78).

$$\frac{1,1K_{FI}}{0,9} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,j}$$

Kaava 5. EQU- rajatilan kaava (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 80).

Murtorajatilan kuormitusyhdistelmä, kun tarkastellaan rakenneosan tai liitoksen murtumisen tai liian suuren siirtymätilan (STR = strength) rajatilaa (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 78).

$$\frac{1,15K_{FI}}{0,9} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,j}$$

Kaava 6. STR- rajatilan kaava (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 80).

Käyttörajatila on tila, jonka ylittämisen jälkeen rakenteelle tai rakenneosalle asetetut käyttökelpoisuusvaatimukset eivät enää täyty. Käyttörajatiloiksi katsotaan tilanteet, joissa rakenteen tai rakenneosien normaali toiminta häiriintyy (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 28).

Käyttörajatilan pitkäaikaisyhdistelykaava. Käytetään tavallisesti pitkäaikaisvaikutuksille ja rakenteen ulkonäön kannalta. Ulkonäöllä viitataan rakenteen taipuman suuruuteen ja liialliseen halkeiluun (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 54).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kaava 7. Pitkäaikaisyhdistelmän kaava (SFS-EN 1990 + A1 + AC, 84).

Muuttuvilla kuormilla, joilla käytetään tunnusta Q, kertoimen arvo on 1,5 ja muuttumattomilla kuormilla, joilla käytetään tunnusta G, kertoimen arvo on 1,15.

Hetkellisen aikaluokan kaava lasketaan kaksi kertaa. Ensimmäisen kerran, jossa tuuli on mitoittavana tekijänä ja toisen kerran, jossa lumi on mitoittavana tekijänä.

Määräävällä kuormitusyhdistelmällä on suurin vaikutus suunnittelussa. Sitä määrittäessä kuormitusyhdistelmät pitää muodostaa siten, että kukin muuttuva kuorma vuorolleen on määrävänä kuormana (Liimapuukäsikirja osa 3, 2015).

Pysyvä aikaluokka:

$$1,35G_{kj},$$

Keskipitkä aikaluokka:

$$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1},$$

Hetkellinen aikaluokka:

$$\max \begin{cases} 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,5\psi_{0,t}Q_{k,t} \\ 1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,5\psi_{0,1}Q_{k,1} \end{cases}$$

jossa	$G_{kj}$	on pysyvien kuormien ominaisarvo
	$Q_{k,1}$	on lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi
	$Q_{k,t}$	on tuulikuorman ominaisarvo
	$\psi_0$	on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin.

Taulukko 3. Yhdistelykertoimet (Liimapuukäsikirja OSA 3, 13).

Kuorma ja luokka <sup>1</sup>	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (katso SFS-EN 1991-1-1) <sup>1</sup>			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,3
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30\text{kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso SFS-EN 1991-1-3) <sup>**1</sup> kun			
$s_k < 2,75$ kN/m <sup>2</sup>	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75$ kN/m <sup>2</sup>	0,7	0,5	0,2
Jääkuorma <sup>**1</sup>	0,7	0,3	0
Rakennusten tuulikuormat (katso SFS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (katso SFS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

<sup>1</sup> Luokkajako otettu Ympäristöministeriön asetuksesta Eurocode-standardien soveltamisesta talonrakentamisessa 151007

<sup>\*</sup> Ulkotasoilla ja parvekkeilla  $\psi_0 = 0$  luokkien A, B, F ja G yhteydessä. Huom: Mikäli rakennuksessa on eri kuormaluokkia, joita ei voi erotella omiin selviin ryhmiinsä, käytetään  $\psi$ -arvoja, jotka antavat epäedullisimman vaikutuksen.

<sup>\*\*1</sup> Lisätty Suomen kansalliseen liitteeseen.

### 3.2 Materiaaliominaisuudet

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}$$

jossa	$X_k$	on lujuusominaisuuden ominaisarvo
	$\gamma_M$	on materiaaliominaisuuden osavarmuusluku
	$k_{mod}$	on muunnoskerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman keston ja kosteuden vaikutus.

Kaava 8. Lujuusominaisuuden mitoitusarvo (RIL 205-1-2017, 15).

Taulukko 4. Suomessa käytettävät materiaalien osavarmuusluvut  $\gamma_M$  (RIL 205-1-2017, 15).

<b>Perusyhdistelmät:</b>	
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
<b>Onnettomuusyhdistelmät</b>	<b>1,0</b>

Kuormien aikaluokkien määrittämiseen käytetään rakenteen käyttöiän aikana tietyn ajan vaikuttavan vakiokuorman kestoa. Muuttuvan kuorman asianomainen luokka tulee määrittää kuorman tyypillistä ajallista vaihtelua koskevan arvion perusteella. Pysyvän kuorman keston oletetaan olevan yli 10 vuotta. Keskipitkiin kuormiin kuuluvat kuormat, jotka ovat kestoltaan 1 viikko – 6 kuukautta. Hetkellisiin kuormiin kuuluu mm. tuuli tai onnettomuuskuorma. Jos kuormayhdistelmä muodostuu eri aikaluokkiin kuuluvista kuormista, valitaan kertoimelle  $k_{mod}$  arvo, joka vastaa lyhytkestoisinta kuormaa. (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 22).

Käyttöluokassa 1 on tyypillistä, että materiaalien kosteus on lämpötilaa 20 °C vastaava ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 65 % vain muutamana viikkona vuodessa (havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 12 %). Käyttöluokassa 2 on tyypillistä, että materiaalien kosteus on lämpötilaa 20 °C vastaava ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 85 % vain muutamana viikkona vuodessa (havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 20 %). Käyttöluokassa 3 on tyypillistä, että ilmasto-olosuhteet johtavat suurempiin kosteusarvoihin kuin käyttöluokassa 2. (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 23).

Muunnoskertoimen  $k_{mod}$  arvo on esitetty taulukossa 5 ja sahatavaran ja liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet yleisimmissä lujuusluokissa on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 5. Muunnoskerroimen  $k_{mod}$  arvot (RIL 205-1-2017, 17).

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 <sup>1)</sup> , OSB/2 <sup>1)</sup> , Kova kuitulevy	1	0,30	0,65	1,10
	2	0,20	0,45	0,80
Lastulevy P6 <sup>1)</sup> , OSB/3 ja OSB/4	1	0,40	0,70	1,10
	2	0,30	0,55	0,90
Puolikovat kuitulevyt: MBH.LA <sup>1)</sup> , MBH.HLS, MDF.LA <sup>1)</sup> ja MDF.HLS	1	0,20	0,60	1,10
	2	-	-	0,80

Taulukko 6. Sahatavaran ja liimapuun ominaislujuudet, jäykkyysominaisuudet ja tiheydet yleisimmässä lujuusluokissa (RIL 205-1-2017, 17).

Lujuusluokka	Sahatavara			Liimapuu		Halkaistu liimapuu	
	C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)	GL24c	GL30c	GL30cs <sup>1)</sup>	
Ominaislujuudet (N/mm <sup>2</sup> )							
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30	24	30	28
Veto	$f_{t,0,k}$	10	14,5	19	17	19,5	18,7
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	24	21,5	24,5	23,3
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7	2,5	2,5	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	3,5	3,5	3,5
Jäykkyysominaisuudet (N/mm <sup>2</sup> )							
Kimmomoduuli	$E_{0,mean}$	9000	11000	12000	11000	13000	12500
	$E_{90,mean}$	300	370	400	300	300	300
Liukumoduuli	$G_{mean}$	560	690	750	650	650	650
Tiheydet (kg/m <sup>3</sup> )							
Ominaisstiheys	$\rho_k$	320	350	380	365	390	390
Tiheyden keskiarvo	$\rho_{mean}$	380	420	460	400	430	430

### 3.3 Murtorajatilat

#### 3.3.1 Taivutuskestävyys

Taivutuskestävyyden tulee toteuttaa mitoitusehto

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d},$$

jossa  $f_{m,d}$  on taivutuslujuuden mitoitusarvo



$\sigma_{m,d}$  on taivutusjännityksen mitoitusarvo.

Kaava 9. Taivutuskestävyyden mitoitusehto (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 42).

### 3.3.2 Kiepahduskestävyys

Kiepahduskestävyyden tulee toteuttaa seuraava mitoitusehto.

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

Kaava 10. Kiepahduskestävyyden mitoitusehto (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 42).

Taivutetun sauvan kiepahdus otetaan huomioon pienentämällä taivutuslujuutta kiepahduskertoimella  $k_{crit}$ , joka saadaan kaavasta 11. Kerroin riippuu hoikkuuden  $\lambda_{rel,m}$  arvosta.

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

Kaava 11. Kerroin  $k_{crit}$  (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 43).

Suhteellinen hoikkuus  $\lambda_{rel,m}$  saadaan kaavasta 12:

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

jossa  $f_{m,k}$  on taivutuslujuuden ominaisarvo

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

Kaava 12. Suhteellinen hoikkuus (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 42).

Kriittinen taivutusjännitys  $\sigma_{m,crit}$  saadaan kaavasta 13. Arvo  $E_{0,05}$  on esitetty sahatavalle taulukossa 6. Tehollinen jänneväli  $l_{ef}$  saadaan kaavalla  $a + 2h$  jossa  $h$  on palkin korkeus ja  $a$  on kiepahdustuentäväli, tässä tapauksessa NR-ristikoiden k-jako.

$$\sigma_{m.crit} = \frac{c \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05},$$

jossa	$E_{0,05}$	on viiden prosentin alempaa fraktiilia vastaava kimmokertoimen arvo
	b	on palkin leveys
	c	on kerroin, yleisesti 0,71 liimapuulle ja 0,78 sahatavaralle.
	h	on palkin korkeus
	$l_{ef}$	on tehollinen jänneväli.

Kaava 13. Kriittinen taivutusjännitys (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 42).

### 3.3.3 Leikkauskestävyys

Leikkauskestävyyden tulee toteuttaa mitoitusehto

$$\tau_d \leq f_{v,d},$$

jossa	$f_{v,d}$	on leikkauslujuuden mitoitusarvo
	$T_d$	on leikkausjännityksen mitoitusarvo.

Kaava 14. Leikkauskestävyyden mitoitusehto (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 38).

### 3.3.4 Tukipainekestävyys

Tukipainekestävyyden tulee toteuttaa mitoitusehto

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

Kaava 15. Syitä vastaan kohtisuoran puristuksen mitoitusehto (RIL 205-1-2017, 24).

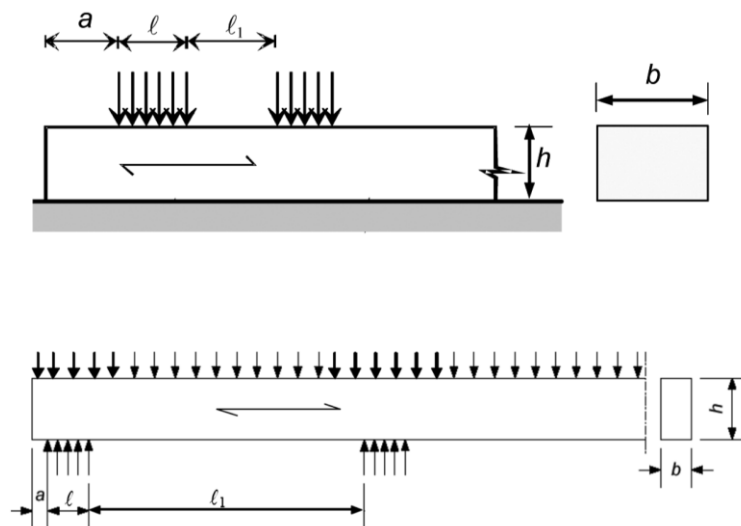
Tukipainekerroin lasketaan kaavasta 16. Kosketuspituus  $l$  = pilarin poikkileikkauksen korkeus  $h$ . Tehollinen kosketuspituus  $l_{c,90,ef}$  määritetään lisäämällä kosketuspinnan piteuteen 30 mm molemmin puolin. Kerroin  $k_{c,90}$  on 1,25 havupuisella sahatavaralla ja

1,5 havupuisella liimapuulla edellyttäen, että kuvan 11 mukainen puristuspintojen välinen etäisyys  $l_1 \geq 2h$ . (RIL 205-1-2017, 24).

$$k_{c,L} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} k_{c,90},$$

jossa  $l$  on kosketuspituus puun syiden suunnassa  
 $l_{c,90,ef}$  on tehollinen kosketuspinnan pituus  
 $k_{c,90}$  on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman sijainti, puun halkeamismahdollisuus ja puristuman suuruus.

Kaava 16. Tukipainekerroin (RIL 205-1-2017, 24).



Kuva 11. Kiskopaine 1) jatkuvalla tuella lepäävän sauvan kuormitusasteissa ja 2) pal-  
kin tukipinnoilla tai kuormitusasteissa (RIL 205-1-2017, 24).

### 3.3.5 Puristetun sauvan nurjahduskestävyys

Puristetun sauvan nurjahduskestävyyden tulee toteuttaa mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$$

Kaava 17. Puristettu pilari, ei taivutusta (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 41).

Puristetun sauvan nurjahdus otetaan huomioon pienentämällä puristuslujuutta nurjahduskertoimella, joka lasketaan kaavasta 18:

$$k_c = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

jossa  $k_y$  on kerroin  
 $\lambda_{rel}$  on suhteellinen hoikkuus.

Kaava 18. Nurjahduskerroin (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 41).

Kerroin  $k_y$  lasketaan kaavasta 19. Kerroin  $\beta_c$  on liimapuulle 0,1 ja sahatavaralle 0,2.

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

Kaava 19. Kerroin  $k_y$  (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 41).

Suhteellinen hoikkuus  $\lambda_{rel}$  lasketaan kaavasta 20. Puristuslujuuden ominaisarvo  $f_{c,0,k}$  on esitetty taulukossa 4. Arvo  $E_{0,05}$  on esitetty sahatavaralle taulukossa 6.

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Kaava 20. Suhteellinen hoikkuus (SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, 41).

Vahvemman suunnan hoikkuusluku  $\lambda$  lasketaan kaavasta 21. Puristetun rakenteen hoikkuusluku  $\lambda$  saa olla pysyvissä rakenteissa enintään 200.

$$\lambda = \frac{L_c}{i}$$

Kaava 21. Poikkileikkauksen vahvemman suunnan hoikkuusluku (RIL 205-1-2017, 26).

Nurjahduspituus  $L_c$  on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Puristussauvan nurjahduspituuksia  $L_c$ , kun sauvan pituus on  $L$  (RIL 205-1-2017, 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")	$2,5 L$

Suorakaidepoikkileikkauksen jäyhyysäde  $i$  lasketaan kaavasta 22, jossa  $h$  on poikkileikkauksen sivumitta.

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

Kaava 22. Poikkileikkauksen jäyhyysäde (RIL 205-1-2017, 26).

### 3.3.6 Yhdistetty puristus ja taivutus

Kuormitustilanteessa, jossa pilariin kohdistuu samanaikaisesti puristus- ja taivutusjännitystä, tulee toteuttaa mitoitusehto

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.o.d}}{k_c f_{c.o.d}} \leq 1$$

Kaava 23. Puristuksen ja taivutuksen yhteisvaikutus, kun pilari voi nurjautaa (RIL 205-1-2017, 25).

### 3.4 Käyttörajatilat

Taipuman tulee toteuttaa mitoitusehto

$$w_{net,fin} \leq w_{sall}$$

Kaava 24. Taipuman mitoitusehto (RIL 205-1-2017, 21).

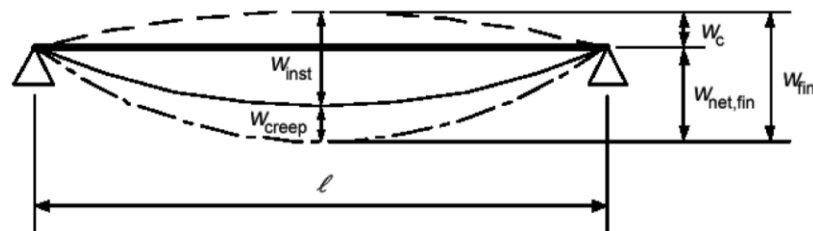
Sallitun taipumien  $w_{sall}$  enimmäisarvojen laskenta on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot (RIL 205-1-2017, 21).

Rakenne	$w_{inst}^{1)}$	$w_{net,fin}^{2)}$	$w_{fin}^{3)}$
Pääkannattimet	$\ell/400$	$\ell/300$	$\ell/200$
Orret ja muut toisiokannattimet	-	$\ell/200^{5)}$	$\ell/150$
Rakennuksen vaakasiirtymä <sup>4)</sup>	-	$H/300$	-

$\ell$  on jänneväli  
 $H$  on rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus  
<sup>1)</sup> Koskee pelkästään lattioita  
<sup>2)</sup> Koskee suoria ja esikorotettuja rakenteita, mutta ei tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia kannattimia.  
<sup>3)</sup> Koskee esikorotettuja sekä tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita, kuten esimerkiksi kaaret, mahapalkit, saksiristikot, bumerangipalkit.  
<sup>4)</sup> Hallirakennuksissa vaakasiirtymistä ei ole yleensä haittaa, jolloin sitä ei tarvitse tarkistaa. Kerrostaloissa suositellaan vaakasiirtymän rajoittamista enintään arvoon  $H/500$  ylimmän kerroksen lattiatasolla.  
<sup>5)</sup> Lattialevyn taipumaa laskettaessa kuormitukena on lyhytaikainen pistekuorma  $Q_k = 2$  kN ja levyn omapaino.

Pysyvä kuorma ja lumikuorma lasketaan erikseen ja yhdistetään kaavassa 22, josta saadaan lopputaipuma  $w_{net,fin}$ .



Kuva 12. Taipuman muodostuminen (RIL 205-1-2017, 21).

Kuvan 12 mukainen lopputaipuma  $w_{net.fin}$  muodostuu kaavan 25 mukaisista osista. Lu-  
mikuorman pitkäaikaisyhdistelmän kerroin  $\psi_2$  luetaan yhdistelmäkertoimien taulukosta  
3.

$$w_{net.fin} = (1 + k_{def})w_{inst.G} + (1 + \psi_2 k_{def})w_{inst.Q},$$

jossa	$w_c$	on esikorotus (jos sellaista käytetään)
	$w_{inst}$	on hetkellinen taipuma
	$w_{creep}$	on viruman aiheuttama lisätaipuma
	$w_{net.fin}$	on lopputaipuma
	$k_{def}$	on virumaluku.

Kaava 25. Kokonaistaipuma (RIL 205-1-2017, 21).

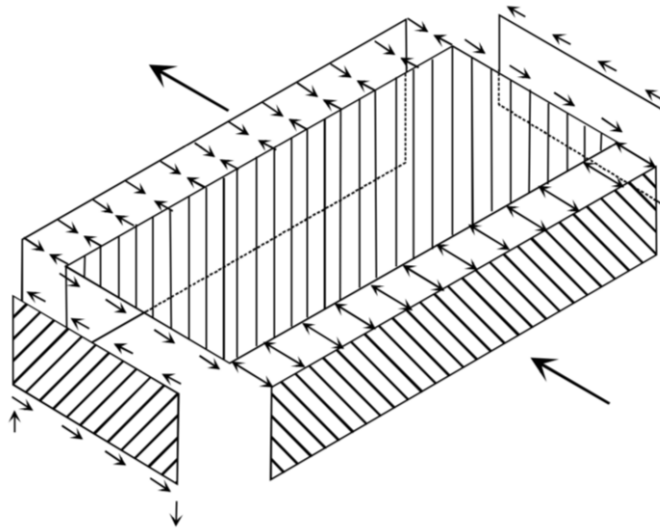
Virumaluku  $k_{def}$  on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Virumaluvun  $k_{def}$  arvot puulle ja puutuotteille (RIL 205-1-2017, 17).

Materiaali	Standardit	Käyttöluokka		
		1	2	3
Sahatavara, Pyöreä puu	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Liimapuu	EN 14080			
LVL, CLT syrjällään	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	-

### 3.5 Jäykistys

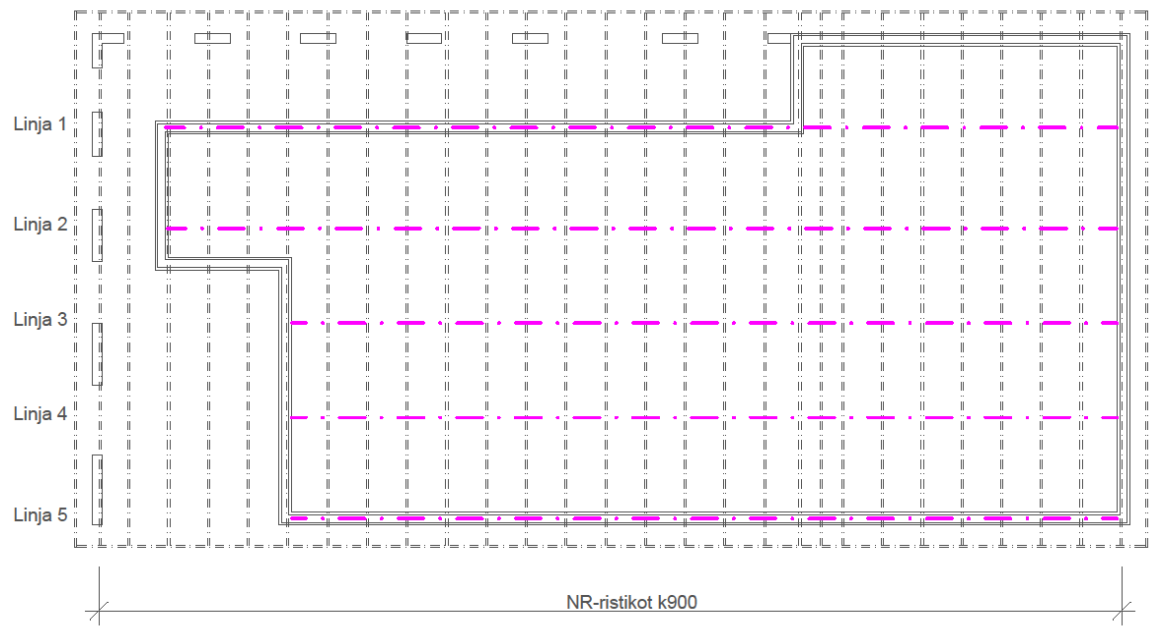
Rungon jäykistys tapahtuu levyjäykistyksellä. Ulkoseinissä tämä tarkoittaa tuulensuojalevyä ulkopinnassa ja kipsilevyä sisäpinnassa. Väliseiniä voidaan käyttää myös jäykistävinä väliseininä. Yläpohjan jäykistystä tukevat koolaukset, joista ripustetaan kipsilevy sisäpinnalle ja ulkopinnalla vesikatteen rimoitus sekä vesikate. Voimat siirretään levyn reunoihin sijoitettujen liittimien avulla. (Kuva 13).



Kuva 13. Vaakakuormien siirtäminen perustuksille, periaate (VTT 2006, 4).

NR-ristikoiden jäykistäminen tapahtuu kuvan 14 periaatteella. Jäykistyslinjoja tulee 5, joista reunimmaisista ovat levyjäykistyksiä tuulensuojalevyillä. Linjan 1 jäykistystä jatketaan ulkoseinältä rakennuksen pätyyn. Todelliset leveydet jäykistyslinjoille varmentuvat tehtaan ristikkosuunnitelmien jälkeen. Jäykistelinjat 2, 3 ja 4 toteutetaan vinolaudoilla, jotka kiinnitetään pätyseinässä oleviin soiroihin sekä ristikoiden uumasauvoihin (Puuinfo 2020, 80).





Kuva 14. NR-ristikkoylepohjan jäykistelinjat.

## 4 POHDINTA

Työn tavoitteena oli laatia rakennus- ja rakennesuunnitelmat omakotitalolle. Työssä esitettiin rakennussuunnitelmat, rakennesuunnitelmat ja laskuihin sisältyvät kaavat. Tavoitteena oli, että tulevaisuudessa suunnitelmia voidaan käyttää rakennusluvan hankkimiseen. Tavoitteisiin päästiin mielestäni hyvin ja saatiin hyvä kokonaisuus, jonka avulla voi lähteä rakennuttamaan taloa.

Haasteena rakennemitoituksessa olivat suuret jännevälit, kun rakennusmateriaaliksi oli valittu puu, mutta ne saatiin ratkaistua siististi, ilman että arkkitehtikuviin jouduttiin tekemään suuria muutoksia. Rakennesuunnittelussa koetettiin panostaa helppoutteen rakennusvaiheessa ilman turhia kikkailuja materiaalien muutoksien välillä.

## LÄHTEET

Isover 2020. Rakennekirjasto. Parainen: Saint Gobain Finland. Viitattu 25.5.2020

<https://www.isover.fi/rakennekirjasto>.

Liimapuukäsikirja osa 2. 2015. Helsinki: Suomen Liimapuu yhdistys ry ja Puuinfo Oy.

Liimapuukäsikirja osa 3. 2015. Helsinki: Suomen Liimapuu yhdistys ry ja Puuinfo Oy.

Puuinfo 2020. Julkaisuarkisto. EC5-sovelluslaskelmat asuinrakennus. Helsinki: Puuinfo Oy. Viitattu 25.5.2020 <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/julkaisuarkisto>.

Puurakenteiden jäykistyssuunnittelun ohje. 2006. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.

RIL 205-1-2017. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. Eurokoodi 5. EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, EN 1995-1-2 + AC. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.

RT 12-11055. 2011. Rakennuksen pinta-alat. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

RT 15-10824. 2004. Pääpiirustukset, erityissuunnitelmat ja selvitykset. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

SFS-EN 1990 + A1 + AC. 2009. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC. 2014. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista 1008/2017. Helsingissä 20.12.2017 Saatavilla <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008>.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen esteettömyydestä 241/2017. Porvoossa 4.5.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170241>.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 1007/2017. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171007>.

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. Helsingissä 12.3.2015. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>.

## Liite 1. Yläpohjan omapainon laskeminen.

### RAKENTEIDEN PAINOT

YP1	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Konesaumattu pelti	78,5	0,039
Aluskate, huopa		0,001
Raakaponttilaudoitus 22x95mm, k300	5	0,035
Tuulensuojalevy 12mm	0,7	0,008
NR-Ristikko		0,556
Eriste 350mm	0,25	0,088
Höyrinsulkumuovi		0,002
Koolaus 48x48mm, k600	5	0,019
Eriste 50mm	0,25	0,013
Kipsilevy 13mm		0,084
Yhteensä:		0,845

## Liite 2. Rakennelaskelmat.

### Tuuli seinälle

Pitkä sivu

$$H := 4.96 \text{ m} \quad B := 22.1 \text{ m}$$

Projektion ala

$$A_{ref} := H \cdot B = 109.616 \text{ m}^2$$

Nopeuspaine

$$g_k(h) := 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Nopeuspaine taulukosta

Tuulikuorma

$$h_k := 4.96 \quad b_k := 22.1$$

$$\lambda := \frac{2 \cdot h_k}{b_k} = 0.449 \quad \text{kun } h < 15 \text{ m}$$

Voimakertoimen määrittämisessä käytettävä rakennuksen hoikkuus

$$d := 11.19 \quad \frac{d}{b_k} = 0.506$$

$$c_f := 1.37$$

Voimakerroin

$$F_{w.k} := c_f \cdot g_k(h) \cdot A_{ref} = 52.561 \text{ kN}$$

Kokonaistuulikuorman resultantti

$$q_{w.k} := \frac{F_{w.k}}{0.8 \cdot A_{ref}} = 0.599 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjan kuormat

$$g_{k.yp} := 0.845 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjan omapaino

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

Lumikuorman ominaisarvo, Turku

$$\mu_i := 0.8$$

Katon muotokerroin

$$q_k := s_k \cdot \mu_i = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Lumikuorma katolta

# 1700 mm palkki

## Palkin taivutus

### Lähtötiedot

$$L := 1.7 \text{ m}$$

$$k_{jako} := 6.796 \text{ m}$$

Katon leveys jaettuna kahdella

$$k_{mod} := 0.8$$

Lämmin ja kuiva tila = käyttöluokka 1  
Pysyvä ja keskipitkä aikaluokka = keskipitkä

### Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{m.k} := 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M := 1.25$$

### Kuormat ja rasitukset

$$h := 360 \text{ mm}$$

$$b := 115 \text{ mm}$$

$$\gamma_{GL30c} := 3.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Liimapuun tilavuuspaino kuutiolle

$$g_{k.palkki} := b \cdot h \cdot \gamma_{GL30c} = 0.157 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Palkin omapaino

$$g_{k.yp} := 0.845 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjan omapaino

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

Lumikuorma katolla

$$p_{Ed} := 1.15 \cdot g_{k.palkki} + k_{jako} \cdot (1.15 \cdot g_{k.yp} + 1.5 \cdot q_k) = 27.173 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L^2}{8} = 9.816 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Taivutuskestävyyden mitoituslujuus

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 19.2 \text{ MPa}$$

Taivutusjännitys

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = (2.484 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W} = 3.952 \text{ MPa}$$

Taivutuskestävyyden mitoitusehto

$$\sigma_{m.d} = 3.952 \text{ MPa} \leq f_{m.d} = 19.2 \text{ MPa}$$

Taivutuskestävyyden käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.206$$

**Palkin kiepahduskerroin**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$E_{0.05} := 10800 \text{ MPa}$$

Kiepahduskerroin

$$a := 900 \text{ mm}$$

Kiepahdustuentavälinä toimii  
NR-ristikoiden k-jako

$$l_{ef} := a + 2 \cdot h = 1.62 \text{ m}$$

Tehollinen jänneväli

$$c := 0.71$$

Liimapuulle

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0.05} = 173.884 \text{ MPa}$$

Kriittinen taivutusjännitys

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.415$$

$$k_{crit} := 1 \quad \text{kun } \lambda_{rel.m} = 0.415 \leq 0.75$$

Kiepahduksen KA

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d} \cdot k_{crit}} = 0.206 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin leikkaus**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{v,k} := 3.5 \text{ MPa}$$

Kuormat ja rasitukset

$$V_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L}{2} = 23.097 \text{ kN}$$

Leikkauslujuuden mitoitusarvo

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.24 \text{ MPa}$$

Leikkausjännitys

$$k_{cr} := 1$$

Käyttöluokka 1, liimapuu

$$b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 115 \text{ mm}$$

Tehollinen leveys

$$A := b_{ef} \cdot h = (4.14 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A} = 0.837 \text{ MPa}$$

Leikkauskestävyyden mitoitusehto

$$\tau_d = 0.837 \text{ MPa} \quad \leq \quad f_{v,d} = 2.24 \text{ MPa}$$

Leikkauskestävyyden käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.374 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$



**Palkin tukipaine**Lähtötiedot

$$b_{pilari} := 48 \text{ mm}$$

$$h_{pilari} := 173 \text{ mm}$$

Materiaaliominaisuudet

Sahatavara C24

$$f_{c.90.k} := 2.5 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus syitä vastaan kohtisuorasti

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.6 \text{ MPa}$$

Tukipainekestävyys

$$F_{c.90.d} := V_{Ed} = 23.097 \text{ kN}$$

Sytä vastaan kohtisuoran puristavan kuorman mitoitusarvo

$$l := h_{pilari} = 173 \text{ mm}$$

Kosketuspituus

$$l_{c.90.ef} := l + 30 \text{ mm} = 203 \text{ mm}$$

Tehollinen kosketuspituus

$$A_{ef} := b \cdot l_{c.90.ef} = (2.335 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Tehollisen kosketuspinnan ala

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{c.90.d}}{A_{ef}} = 0.989 \text{ MPa}$$

Puristusjännityksen mitoitusarvo syitä vastaan kohtisuorassa puristuksessa

$$k_{c.90} := 1.25$$

Havupuinen sahatavara

$$k_{c.L} := \frac{l_{c.90.ef}}{l} \cdot k_{c.90} = 1.467$$

Tukipainekerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} = 0.989 \text{ MPa} \quad \leq \quad k_{c.L} \cdot f_{c.90.d} = 2.347 \text{ MPa}$$

Tukipainekestävyyden käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.L} \cdot f_{c.90.d}} = 0.422 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin taipuma**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$E_{mean} := 13000 \text{ MPa}$$

$$k_{def} := 0.6$$

Poikkileikkauksen neliömomentti

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12} = (4.471 \cdot 10^8) \text{ mm}^4 \quad \text{Neliömomentti vahvemmassa suunnassa}$$

Kuormat

$$g_{k.palkki} = 0.157 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := g_{k.palkki} + k_{jako} \cdot g_{k.yp} = 5.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{k.lumi} := k_{jako} \cdot q_k = 13.592 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Taipuma pysyvästä kuormasta

$$w_{isnt.G} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = 0.11 \text{ mm}$$

Taipuma lumikuormasta

$$w_{isnt.lumi} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k.lumi} \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = 0.254 \text{ mm}$$

Lopputaipuma

$$\psi_2 := 0.2$$

Lumikuorman pitkäaikaisyhdistelmän yhdistelykerroin

$$w_{net.fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{isnt.G} + (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot w_{isnt.lumi} = 0.461 \text{ mm}$$

Sallittu taipuma

$$w_{sall} := \frac{L}{300} = 5.667 \text{ mm}$$

Taipuman käyttöaste

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{sall}} = 0.081 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Runkotolpan mitoitus**Lähtötiedot

$$L_{pilari} := 3.65 \text{ m}$$

$$k_{jako.pilari} := 1.7 \text{ m}$$

Materiaaliominaisuudet

Sahatavara C24

$$\gamma_M := 1.3$$

$$E_{0.05} := 7400 \text{ MPa}$$

$$f_{c.0.k} := 21 \text{ MPa}$$

$$f_{m.k} := 24 \text{ MPa}$$

Poikkileikkaus

$$b_{pilari} := 48 \text{ mm}$$

$$h_{pilari} := 173 \text{ mm}$$

$$A_{pilari} := b_{pilari} \cdot h_{pilari} = (8.304 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_{pilari} := \frac{b_{pilari} \cdot h_{pilari}^2}{6} = (2.394 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Kuormat ja rasitukset

$$N_{k.g} := (g_{k.palkki} \cdot L) + (g_{k.ypp} \cdot k_{jako} \cdot L) = 10.03 \text{ kN} \quad \text{Aikaluokka: Pysyvä}$$

$$N_{k.lumi} := q_k \cdot (L \cdot k_{jako}) = 23.106 \text{ kN} \quad \text{Aikaluokka: Keskipitkä}$$

$$q_{k.tuuli} := q_{w.k} = 0.599 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Aikaluokka: Hetkellinen}$$

KY1 (Pysyvä aikaluokka): 1,35\*omapaino

KY2 (Keskipitkä aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi

KY3 (Hetiäinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi + 1,5\* $\psi_{0.tuuli}$ \*Tuuli

KY4 (Hetiäinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Tuuli + 1,5\* $\psi_{0.lumi}$ \*Lumi

$$\psi_{0.lumi} := 0.7$$

$$\psi_{0.tuuli} := 0.6$$

**KY1:**Rasitukset

$$N_{ed1} := 1.35 \cdot N_{k.g} = 13.54 \text{ kN}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{ed1}}{A_{pilari}} = 1.631 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.6$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 9.692 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$L_c := 1 \cdot L_{pilari} = 3.65 \text{ m}$$

Nurjahduspituus, nivelkiinnitys ylä- ja alapäässä

$$i := \frac{h_{pilari}}{\sqrt{12}} = 49.941 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyysäde

$$\lambda := \frac{L_c}{i} = 73.087$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.239 \quad \text{Suhteellinen hoikkuus}$$

$$\beta_c := 0.2 \quad \text{Syrjä- ja lapekäyristymistoleranssi sahatavaralle}$$

$$k := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 1.362 \quad \text{Kerroin}$$

$$k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.519 \quad \text{Nurjahduskerroin}$$

### Mitoitusehto

$$KY1 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.324 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

### **KY2:**

### Rasitukset

$$N_{Ed2} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot N_{k.lumi} = 46.194 \text{ kN}$$

### Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed2}}{A_{pilar}} = 5.563 \text{ MPa}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 12.923 \text{ MPa}$$

### Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.519 \quad \text{Pysyy samana}$$

### Mitoitusehto

$$KY2 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.829 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**KY3:**Rasitukset

$$N_{Ed3} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot N_{k.lumi} = 46.194 \text{ kN}$$

$$q_{d3.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako.pilari} \cdot \psi_{0.tuuli} \cdot q_{k.tuuli} = 0.917 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed3} := \frac{q_{d3.tuuli} \cdot L_{pilari}^2}{8} = 1.527 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed3}}{A_{pilari}} = 5.563 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed3}}{W_{pilari}} = 6.378 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} = 1.1$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 20.308 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.519$$

Pysyy samana

Mitoitusehto

$$KY3 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.917 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**KY4:**Rasitukset

$$N_{Ed4} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot \psi_{0.lumi} \cdot N_{k.lumi} = 35.796 \text{ kN}$$

$$q_{d4.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako.pilari} \cdot q_{k.tuuli} = 1.528 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed4} := \frac{q_{d4.tuuli} \cdot L_{pilari}^2}{8} = 2.545 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed4}}{A_{pilari}} = 4.311 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 17.769 \text{ MPa}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed4}}{W_{pilari}} = 10.63 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 20.308 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.519$$

Pysyy samana

Mitoitusehto

$$KY4 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.991 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

## 3500 mm palkki

### Palkin taivutus

#### Lähtötiedot

$$L := 3.5 \text{ m}$$

$$k_{jako} := 6.796 \text{ m}$$

Katon leveys jaettuna kahdella

$$k_{mod} := 0.8$$

Lämmin ja kuiva tila = käyttöluokka 1  
Pysyvä ja keskipitkä aikaluokka = keskipitkä

#### Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{m.k} := 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M := 1.25$$

#### Kuormat ja rasitukset

$$h := 360 \text{ mm}$$

$$b := 115 \text{ mm}$$

$$\gamma_{GL30c} := 3.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Liimapuun tilavuuspaino kuutiolle

$$g_{k.palkki} := b \cdot h \cdot \gamma_{GL30c} = 0.157 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Palkin omapaino

$$g_{k.yp} := 0.845 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjan omapaino

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

Lumikuorma katolla

$$p_{Ed} := 1.15 \cdot g_{k.palkki} + k_{jako} \cdot (1.15 \cdot g_{k.yp} + 1.5 \cdot q_k) = 27.173 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L^2}{8} = 41.609 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### Taivutuskestävyyden mitoituslujuus

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 19.2 \text{ MPa}$$



Taivutusjännitys

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = (2.484 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W} = 16.751 \text{ MPa}$$

Taivutuskestävyyden mitoitusehto

$$\sigma_{m.d} = 16.751 \text{ MPa} \leq f_{m.d} = 19.2 \text{ MPa}$$

Taivutuskestävyyden käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.872$$

**Palkin kiepahduskerroin**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$E_{0.05} := 10800 \text{ MPa}$$

Kiepahduskerroin

$$a := 900 \text{ mm}$$

Kiepahdustuentavälinä toimii  
NR-ristikoiden k-jako

$$l_{ef} := a + 2 \cdot h = 1.62 \text{ m}$$

Tehollinen jänneväli

$$c := 0.71$$

Liimapuulle

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0.05} = 173.884 \text{ MPa}$$

Kriittinen taivutusjännitys

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.415$$

$$k_{crit} := 1 \quad \text{kun } \lambda_{rel.m} = 0.415 \leq 0.75$$

Kiepahduksen KA

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d} \cdot k_{crit}} = 0.872 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin leikkaus**Materiaali

Liimapuu GL30c

$$f_{v,k} := 3.5 \text{ MPa}$$

Kuormat ja rasitukset

$$V_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L}{2} = 47.553 \text{ kN}$$

Leikkauslujuuden mitoitusarvo

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.24 \text{ MPa}$$

Leikkausjännitys

$$k_{cr} := 1$$

Käyttöluokka 1, liimapuu

$$b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 115 \text{ mm}$$

Tehollinen leveys

$$A := b_{ef} \cdot h = (4.14 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A} = 1.723 \text{ MPa}$$

Leikkauskestävyyden mitoitusehto

$$\tau_d = 1.723 \text{ MPa} \quad \leq \quad f_{v,d} = 2.24 \text{ MPa}$$

Leikkauskestävyyden käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.769 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin tukipaine**Lähtötiedot

$$b_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

$$h_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{c.90.k} := 2.5 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus syitä vastaan kohtisuorasti

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.6 \text{ MPa}$$

Tukipainekestävyys

$$F_{c.90.d} := V_{Ed} = 47.553 \text{ kN}$$

Syitä vastaan kohtisuoran puristavan kuorman mitoitusarvo

$$l := h_{pilari} = 140 \text{ mm}$$

Kosketuspituus

$$l_{c.90.ef} := l + 30 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$$

Tehollinen kosketuspituus

$$A_{ef} := b \cdot l_{c.90.ef} = (1.955 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Tehollisen kosketuspinnan ala

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{c.90.d}}{A_{ef}} = 2.432 \text{ MPa}$$

Puristusjännityksen mitoitusarvo syitä vastaan kohtisuorassa puristuksessa

$$k_{c.90} := 1.5$$

Havupuinen liimapuu

$$k_{c.L} := \frac{l_{c.90.ef}}{l} \cdot k_{c.90} = 1.821$$

Tukipainekerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} = 2.432 \text{ MPa} \quad \leq \quad k_{c.L} \cdot f_{c.90.d} = 2.914 \text{ MPa}$$

Tukipainekestävyyden käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.L} \cdot f_{c.90.d}} = 0.835 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin taipuma**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$E_{mean} := 13000 \text{ MPa}$$

$$k_{def} := 0.6$$

Poikkileikkauksen neliömomentti

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12} = (4.471 \cdot 10^8) \text{ mm}^4 \quad \text{Neliömomentti vahvemmassa suunnassa}$$

Kuormat

$$g_{k.palkki} = 0.157 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := g_{k.palkki} + k_{jako} \cdot g_{k.yp} = 5.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{k.lumi} := k_{jako} \cdot q_k = 13.592 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Taipuma pysyvältä kuormasta

$$w_{isnt.G} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = 1.983 \text{ mm}$$

Taipuma lumikuormasta

$$w_{isnt.lumi} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k.lumi} \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = 4.569 \text{ mm}$$

Lopputaipuma

$$\psi_2 := 0.2$$

Lumikuorman pitkäaikaisyhdistelmän yhdistelykerroin

$$w_{net.fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{isnt.G} + (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot w_{isnt.lumi} = 8.291 \text{ mm}$$

Sallittu taipuma

$$w_{sall} := \frac{L}{300} = 11.667 \text{ mm}$$

Taipuman käyttöaste

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{sall}} = 0.711 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Runkotolpan mitoitus**Lähtötiedot

$$L_{pilari} := 3.65 \text{ m}$$

$$k_{jako.pilari} := 3.5 \text{ m}$$

Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$\gamma_M = 1.25$$

$$E_{0.05} = 10800 \text{ MPa}$$

$$f_{c.0.k} := 24.5 \text{ MPa}$$

$$f_{m.k} = 30 \text{ MPa}$$

Poikkileikkaus

$$b_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

$$h_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

$$A_{pilari} := b_{pilari} \cdot h_{pilari} = (1.96 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$W_{pilari} := \frac{b_{pilari} \cdot h_{pilari}^2}{6} = (4.573 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Kuormat ja rasitukset

$$N_{k.g} := (g_{k.palkki} \cdot L) + (g_{k.ypp} \cdot k_{jako} \cdot L) = 20.65 \text{ kN} \quad \text{Aikaluokka: Pysyvä}$$

$$N_{k.lumi} := q_k \cdot (L \cdot k_{jako}) = 47.572 \text{ kN} \quad \text{Aikaluokka: Keskipitkä}$$

$$q_{k.tuuli} := q_{w.k} = 0.599 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Aikaluokka: Hetkellinen}$$

KY1 (Pysyvä aikaluokka): 1,35\*Omapaino

KY2 (Keskipitkä aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi

KY3 (Hetkellinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi + 1,5\* $\psi_{0.tuuli}$ \*Tuuli

KY4 (Hetkellinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Tuuli + 1,5\* $\psi_{0.lumi}$ \*Lumi

$$\psi_{0.lumi} := 0.7$$

$$\psi_{0.tuuli} := 0.6$$

**KY1:**Rasitukset

$$N_{ed1} := 1.35 \cdot N_{k.g} = 27.877 \text{ kN}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{ed1}}{A_{pilari}} = 1.422 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.6$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 11.76 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$L_c := 1 \cdot L_{pilari} = 3.65 \text{ m}$$

Nurjahduspituus, nivelkiinnitys ylä- ja alapäässä

$$i := \frac{h_{pilari}}{\sqrt{12}} = 40.415 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyysäde

$$\lambda := \frac{L_c}{i} = 90.314$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.369 \quad \text{Suhteellinen hoikkuus}$$

$$\beta_c := 0.1 \quad \text{Syrjä- ja lapekäyritystoleranssi liimapuulle}$$

$$k := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 1.491 \quad \text{Kerroin}$$

$$k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.481 \quad \text{Nurjahduskerroin}$$

### Mitoitusehto

$$KY1 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.252 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

### **KY2:**

### Rasitukset

$$N_{Ed2} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot N_{k.lumi} = 95.105 \text{ kN}$$

### Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed2}}{A_{pilari}} = 4.852 \text{ MPa}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 15.68 \text{ MPa}$$

### Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.481 \quad \text{Pysyy samana}$$

### Mitoitusehto

$$KY2 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.644 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**KY3:**Rasitukset

$$N_{Ed3} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot N_{k.lumi} = 95.105 \text{ kN}$$

$$q_{d3.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako.pilari} \cdot \psi_{0.tuuli} \cdot q_{k.tuuli} = 1.888 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed3} := \frac{q_{d3.tuuli} \cdot L_{pilari}^2}{8} = 3.144 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed3}}{A_{pilari}} = 4.852 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed3}}{W_{pilari}} = 6.875 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} = 1.1$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 26.4 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.481$$

Pysyy samana

Mitoitusehto

$$KY3 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.729 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$



**KY4:**Rasitukset

$$N_{Ed4} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot \psi_{0.lumi} \cdot N_{k.lumi} = 73.698 \text{ kN}$$

$$q_{d4.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako.pilari} \cdot q_{k.tuuli} = 3.147 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed4} := \frac{q_{d4.tuuli} \cdot L_{pilari}^2}{8} = 5.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed4}}{A_{pilari}} = 3.76 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 21.56 \text{ MPa}$$

Taivutusjännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed4}}{W_{pilari}} = 11.458 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 26.4 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.481$$

Pysyy samana

Mitoitusehto

$$KY4 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.797 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

## 4050 mm palkki

### Palkin taivutus

#### Lähtötiedot

$$L := 4.05 \text{ m}$$

$$k_{jako} := 6.796 \text{ m}$$

Katon leveys jaettuna kahdella

$$k_{mod} := 0.8$$

Kylmä ja kuiva tila = käyttöluokka 2  
Pysyvä ja keskipitkä aikaluokka = keskipitkä

#### Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{m,k} := 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M := 1.25$$

#### Kuormat ja rasitukset

$$h := 360 \text{ mm}$$

$$b := 140 \text{ mm}$$

$$\gamma_{GL30c} := 3.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Liimapuun tilavuuspaino kuutiolle

$$g_{k.palkki} := b \cdot h \cdot \gamma_{GL30c} = 0.192 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Palkin omapaino

$$g_{k.yp} := 0.845 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Yläpohjan omapaino

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

Lumikuorma katolla

$$p_{Ed} := 1.15 \cdot g_{k.palkki} + k_{jako} \cdot (1.15 \cdot g_{k.yp} + 1.5 \cdot q_k) = 27.212 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L^2}{8} = 55.794 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### Taivutuskestävyyden mitoituslujuus

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 19.2 \text{ MPa}$$

Taivutusjännitys

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = (3.024 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W} = 18.45 \text{ MPa}$$

Taivutuskestävyyden mitoitusehto

$$\sigma_{m.d} = 18.45 \text{ MPa} \leq f_{m.d} = 19.2 \text{ MPa}$$

Taivutuskestävyyden käyttöaste

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.961$$

**Palkin kiepahduskerroin**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$E_{0.05} := 10800 \text{ MPa}$$

Kiepahduskerroin

$$a := 900 \text{ mm}$$

Kiephadustuentavälinä toimii  
NR-ristikoiden k-jako

$$l_{ef} := a + 2 \cdot h = 1.62 \text{ m}$$

Tehollinen jänneväli

$$c := 0.71$$

Liimapuulle

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0.05} = 257.704 \text{ MPa}$$

Kriittinen taivutusjännitys

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.341$$

$$k_{crit} := 1 \quad \text{kun } \lambda_{rel.m} = 0.341 \leq 0.75$$

Kiepahduksen KA

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d} \cdot k_{crit}} = 0.961 \leq 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin leikkaus**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{v,k} := 3.5 \text{ MPa}$$

Kuormat ja rasitukset

$$V_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L}{2} = 55.105 \text{ kN}$$

Leikkauslujuuden mitoitusarvo

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.24 \text{ MPa}$$

Leikkausjännitys

$$k_{cr} := 1$$

Käyttöluokka 2, liimapuu

$$b_{ef} := k_{cr} \cdot b = 140 \text{ mm}$$

Tehollinen leveys

$$A := b_{ef} \cdot h = (5.04 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A} = 1.64 \text{ MPa}$$

Leikkauskestävyyden mitoitusehto

$$\tau_d = 1.64 \text{ MPa} \quad \leq \quad f_{v,d} = 2.24 \text{ MPa}$$

Leikkauskestävyyden käyttöaste

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.732 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin tukipaine**Lähtötiedot

$$b_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

$$h_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$f_{c.90.k} := 2.5 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus syitä vastaan kohtisuorasti

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.6 \text{ MPa}$$

Tukipainekestävyys

$$F_{c.90.d} := V_{Ed} = 55.105 \text{ kN}$$

Syitä vastaan kohtisuoran puristavan kuorman mitoitusarvo

$$l := h_{pilari} = 140 \text{ mm}$$

Kosketuspituus

$$l_{c.90.ef} := l + 30 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$$

Tehollinen kosketuspituus

$$A_{ef} := b \cdot l_{c.90.ef} = (2.38 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Tehollisen kosketuspinnan ala

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{c.90.d}}{A_{ef}} = 2.315 \text{ MPa}$$

Puristusjännityksen mitoitusarvo syitä vastaan kohtisuorassa puristuksessa

$$k_{c.90} := 1.5$$

Havupuinen liimapuu

$$k_{c.L} := \frac{l_{c.90.ef}}{l} \cdot k_{c.90} = 1.821$$

Tukipainekerroin

Mitoitusehto

$$\sigma_{c.90.d} = 2.315 \text{ MPa} \quad \leq \quad k_{c.L} \cdot f_{c.90.d} = 2.914 \text{ MPa}$$

Tukipainekestävyyden käyttöaste

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.L} \cdot f_{c.90.d}} = 0.794 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Palkin taipuma**Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$E_{mean} := 13000 \text{ MPa}$$

$$k_{def} := 0.6$$

Poikkileikkauksen neliömomentti

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12} = (5.443 \cdot 10^8) \text{ mm}^4 \quad \text{Neliömomentti vahvemmassa suunnassa}$$

Kuormat

$$g_{k.palkki} = 0.192 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := g_{k.palkki} + k_{jako} \cdot g_{k.yp} = 5.934 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{k.lumi} := k_{jako} \cdot q_k = 13.592 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Taipuma pysyvästä kuormasta

$$w_{isnt.G} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = 2.938 \text{ mm}$$

Taipuma lumikuormasta

$$w_{isnt.lumi} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k.lumi} \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} = 6.729 \text{ mm}$$

Lopputaipuma

$$\psi_2 := 0.2$$

Lumikuorman pitkäaikaisyhdistelmän yhdistelykerroin

$$w_{net.fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{isnt.G} + (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot w_{isnt.lumi} = 12.237 \text{ mm}$$

Sallittu taipuma

$$w_{sall} := \frac{L}{300} = 13.5 \text{ mm}$$

Taipuman käyttöaste

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{sall}} = 0.906 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**Runkotolpan mitoitus**Lähtötiedot

$$L_{pilari} := 3.65 \text{ m}$$

$$k_{jako.pilari} := 4.05 \text{ m}$$

Materiaaliominaisuudet

Liimapuu GL30c

$$\gamma_M = 1.25$$

$$E_{0.05} = 10800 \text{ MPa}$$

$$f_{c.0.k} := 24.5 \text{ MPa}$$

$$f_{m.k} = 30 \text{ MPa}$$

Poikkileikkaus

$$b_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

$$h_{pilari} := 140 \text{ mm}$$

$$A_{pilari} := b_{pilari} \cdot h_{pilari} = (1.96 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$W_{pilari} := \frac{b_{pilari} \cdot h_{pilari}^2}{6} = (4.573 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

Kuormat ja rasitukset

$$N_{k.g} := (g_{k.palkki} \cdot L) + (g_{k.ypp} \cdot k_{jako} \cdot L) = 24.033 \text{ kN} \quad \text{Aikaluokka: Pysyvä}$$

$$N_{k.lumi} := q_k \cdot (L \cdot k_{jako}) = 55.048 \text{ kN} \quad \text{Aikaluokka: Keskipitkä}$$

$$q_{k.tuuli} := q_{w.k} = 0.599 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Aikaluokka: Hetkellinen}$$

KY1 (Pysyvä aikaluokka): 1,35\*Omapaino

KY2 (Keskipitkä aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi

KY3 (Hetiäinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Lumi + 1,5\* $\psi_{0.tuuli}$ \*Tuuli

KY4 (Hetiäinen aikaluokka): 1,15\*Omapaino + 1,5\*Tuuli + 1,5\* $\psi_{0.lumi}$ \*Lumi

$$\psi_{0.lumi} := 0.7$$

$$\psi_{0.tuuli} := 0.6$$

**KY1:**Rasitukset

$$N_{ed1} := 1.35 \cdot N_{k.g} = 32.445 \text{ kN}$$

Puristusjännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{ed1}}{A_{pilari}} = 1.655 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.6$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 11.76 \text{ MPa}$$

Nurjhduskerroin

$$L_c := 1 \cdot L_{pilari} = 3.65 \text{ m}$$

Nurjhduspituus, nivelkiinnitys ylä- ja alapäässä

$$i := \frac{h_{pilari}}{\sqrt{12}} = 40.415 \text{ mm}$$

Poikkileikkauksen jäyhyysäde

$$\lambda := \frac{L_c}{i} = 90.314$$

Hoikkuusluku



$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.369 \quad \text{Suhteellinen hoikkuus}$$

$$\beta_c := 0.1 \quad \text{Syrjä- ja lapekäyritystoleranssi liimapuulle}$$

$$k := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 1.491 \quad \text{Kerroin}$$

$$k_c := \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.481 \quad \text{Nurjahduskerroin}$$

### Mitoitusehto

$$KY1 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.293 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

### **KY2:**

### Rasitukset

$$N_{Ed2} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot N_{k.lumi} = 110.21 \text{ kN}$$

### Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed2}}{A_{pilari}} = 5.623 \text{ MPa}$$

### Puristuslujuus

$$k_{mod} := 0.8$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 15.68 \text{ MPa}$$

### Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.481 \quad \text{Pysyy samana}$$

### Mitoitusehto

$$KY2 := \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.746 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**KY3:**Rasitukset

$$N_{Ed3} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot N_{k.tuuli} = 110.21 \text{ kN}$$

$$q_{d3.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako.pilari} \cdot \psi_{0.tuuli} \cdot q_{k.tuuli} = 2.185 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed3} := \frac{q_{d3.tuuli} \cdot L_{pilari}^2}{8} = 3.638 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed3}}{A_{pilari}} = 5.623 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed3}}{W_{pilari}} = 7.955 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} = 1.1$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 26.4 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.481$$

Pysyy samana

Mitoitusehto

$$KY3 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.844 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

**KY4:**Rasitukset

$$N_{Ed4} := 1.15 \cdot N_{k.g} + 1.5 \cdot \psi_{0.lumi} \cdot N_{k.lumi} = 85.438 \text{ kN}$$

$$q_{d4.tuuli} := 1.5 \cdot k_{jako.pilari} \cdot q_{k.tuuli} = 3.641 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed4} := \frac{q_{d4.tuuli} \cdot L_{pilari}^2}{8} = 6.064 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Puristusjäännitys

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_{Ed4}}{A_{pilari}} = 4.359 \text{ MPa}$$

Puristuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 21.56 \text{ MPa}$$

Taivutusjäännitys

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed4}}{W_{pilari}} = 13.259 \text{ MPa}$$

Taivutuslujuus

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_M} = 26.4 \text{ MPa}$$

Nurjahduskerroin

$$k_c = 0.481$$

Pysyy samana

Mitoitusehto

$$KY4 := \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} = 0.923 \quad \leq \quad 1.0 \quad \text{OK!}$$

## **Liite 3. Piirustukset.**

### **PÄÄPIIRUSTUKSET**

Julkisivupiirustukset

### **TYÖPIIRUSTUKSET**

Pohjapiirustus

Pohjapiirustus, mitat

Puurunko

Vesikatto

Leikkaus A-A

Leikkaus B-B

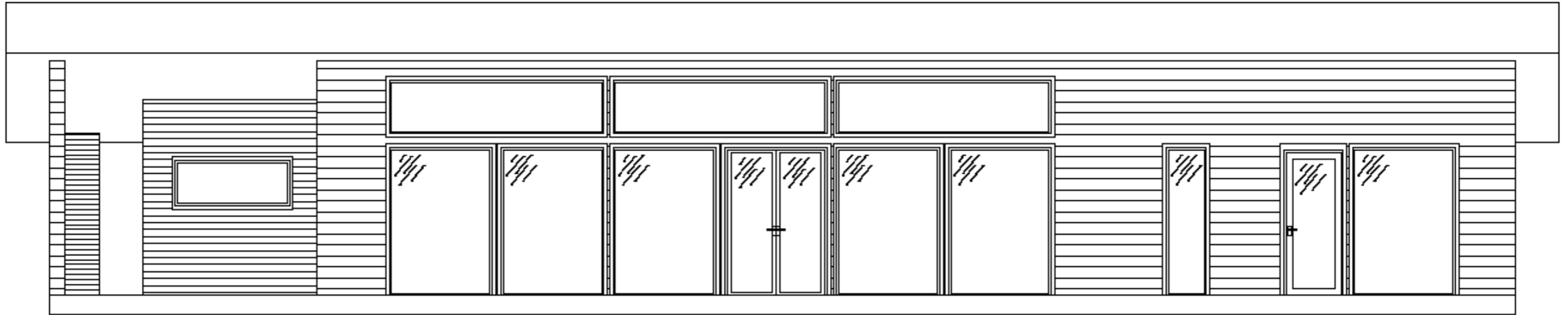
Leikkaus A1

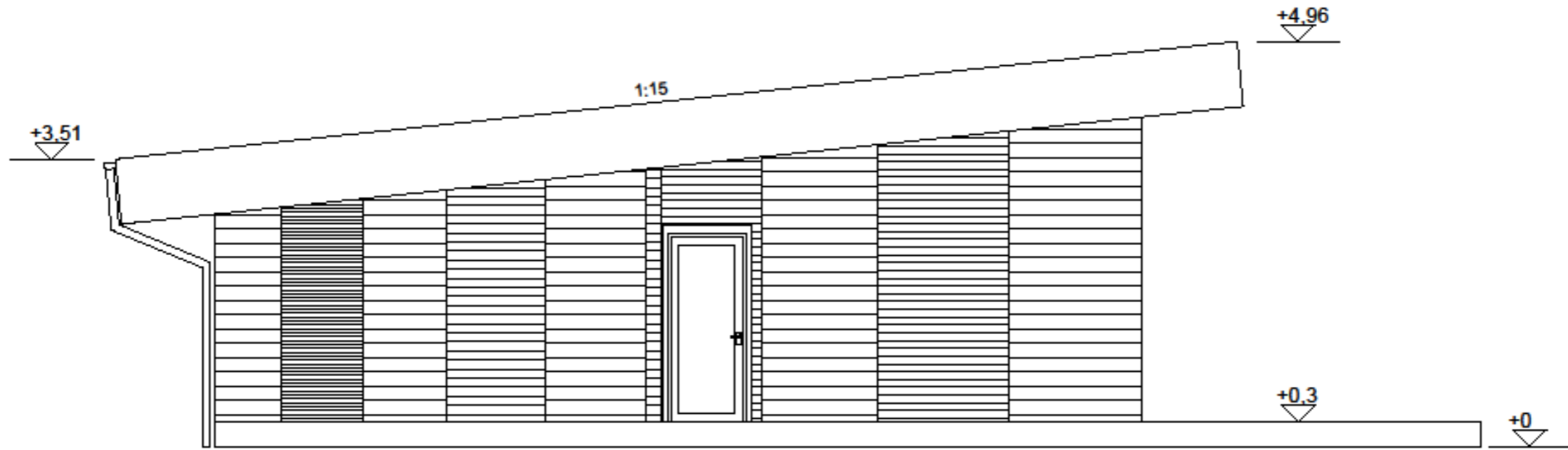
NR-Ristikko

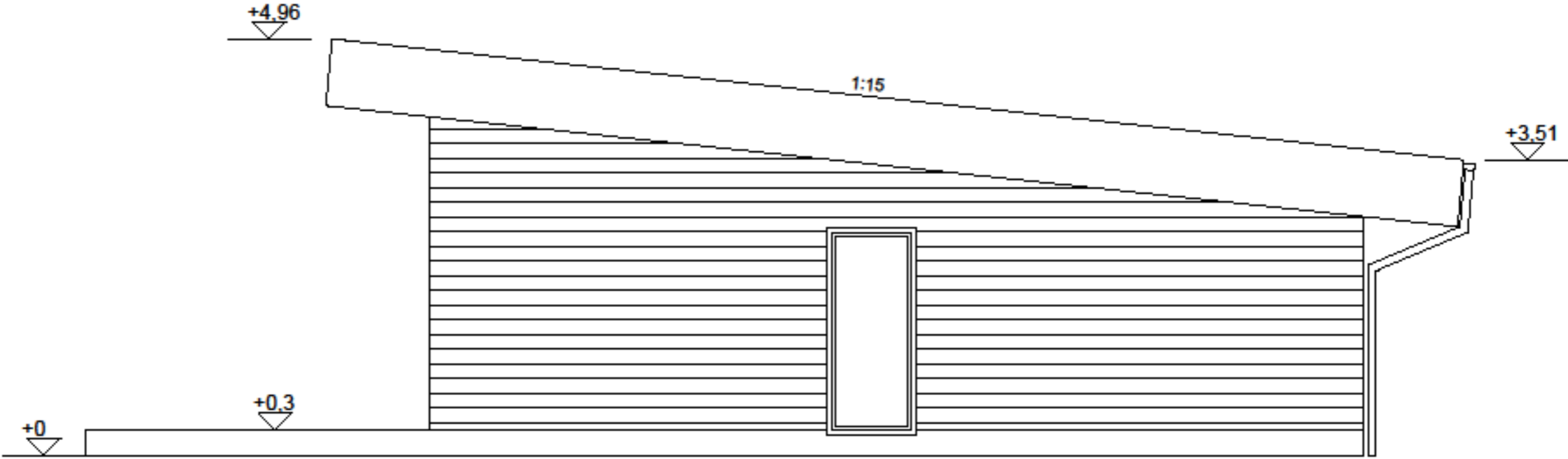
### **RAKENNEPIIRUSTUKSET**

Seinä- ja yläpohjarakenteet

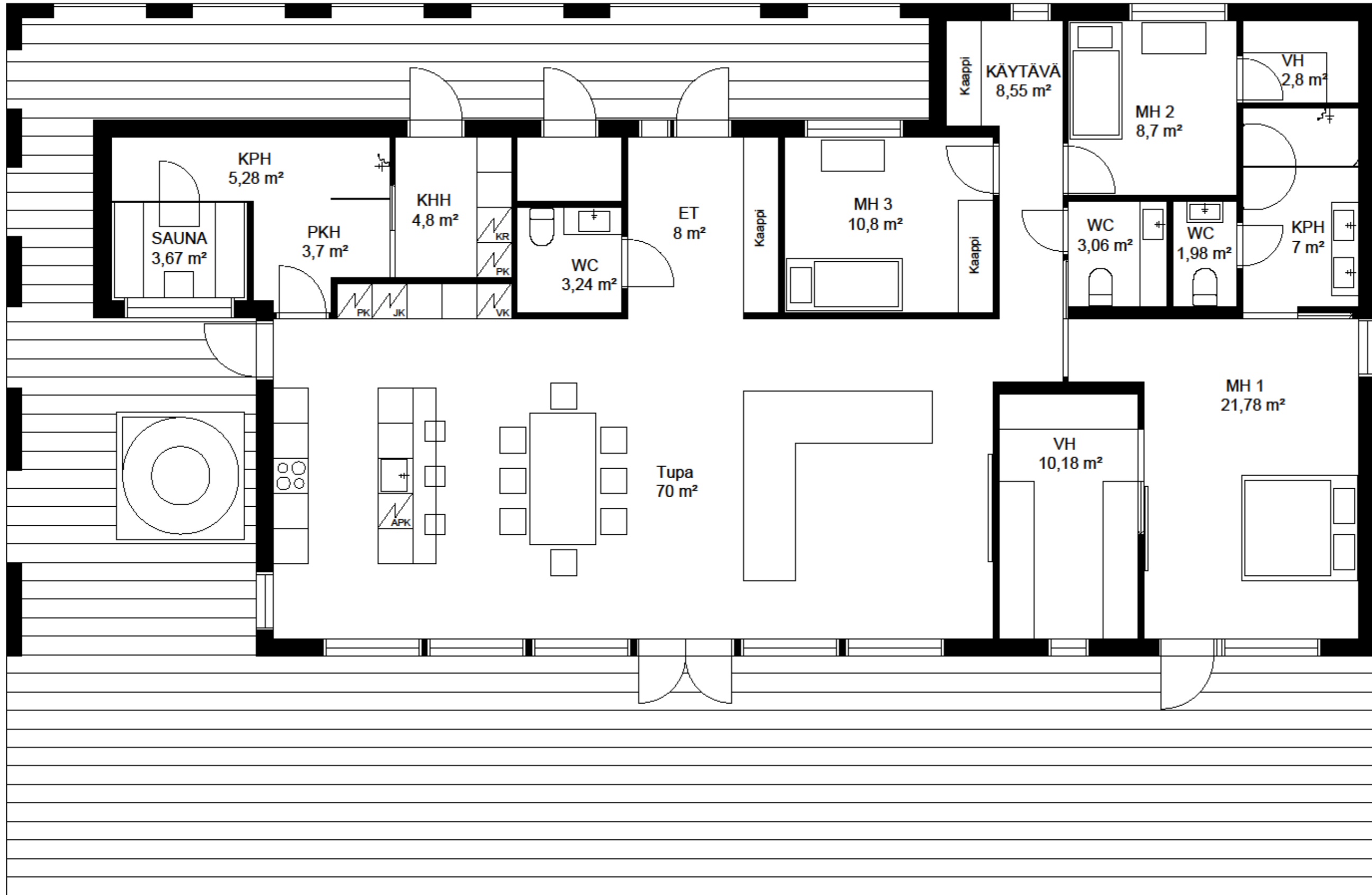




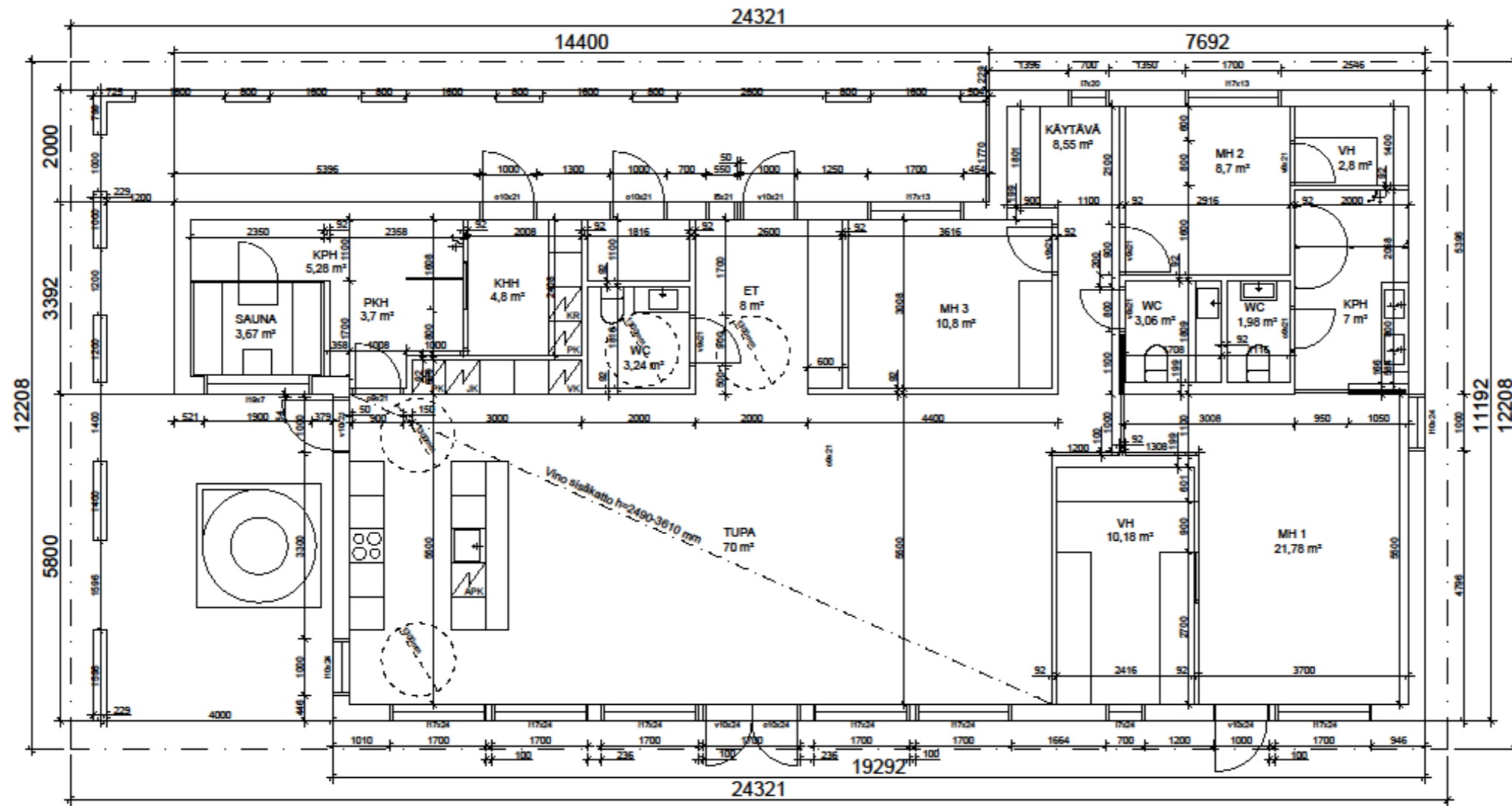






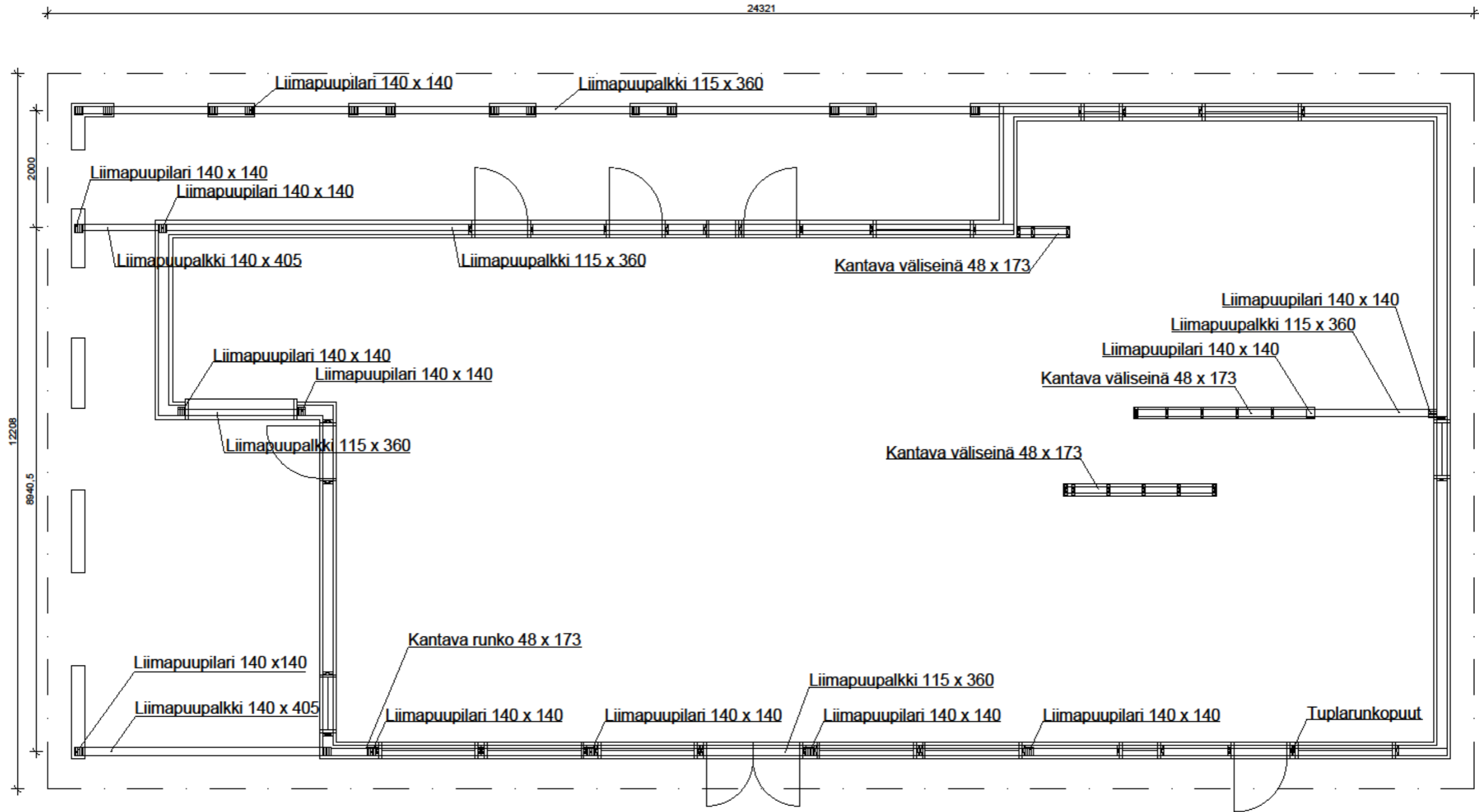


Pohjamatat  
1:75



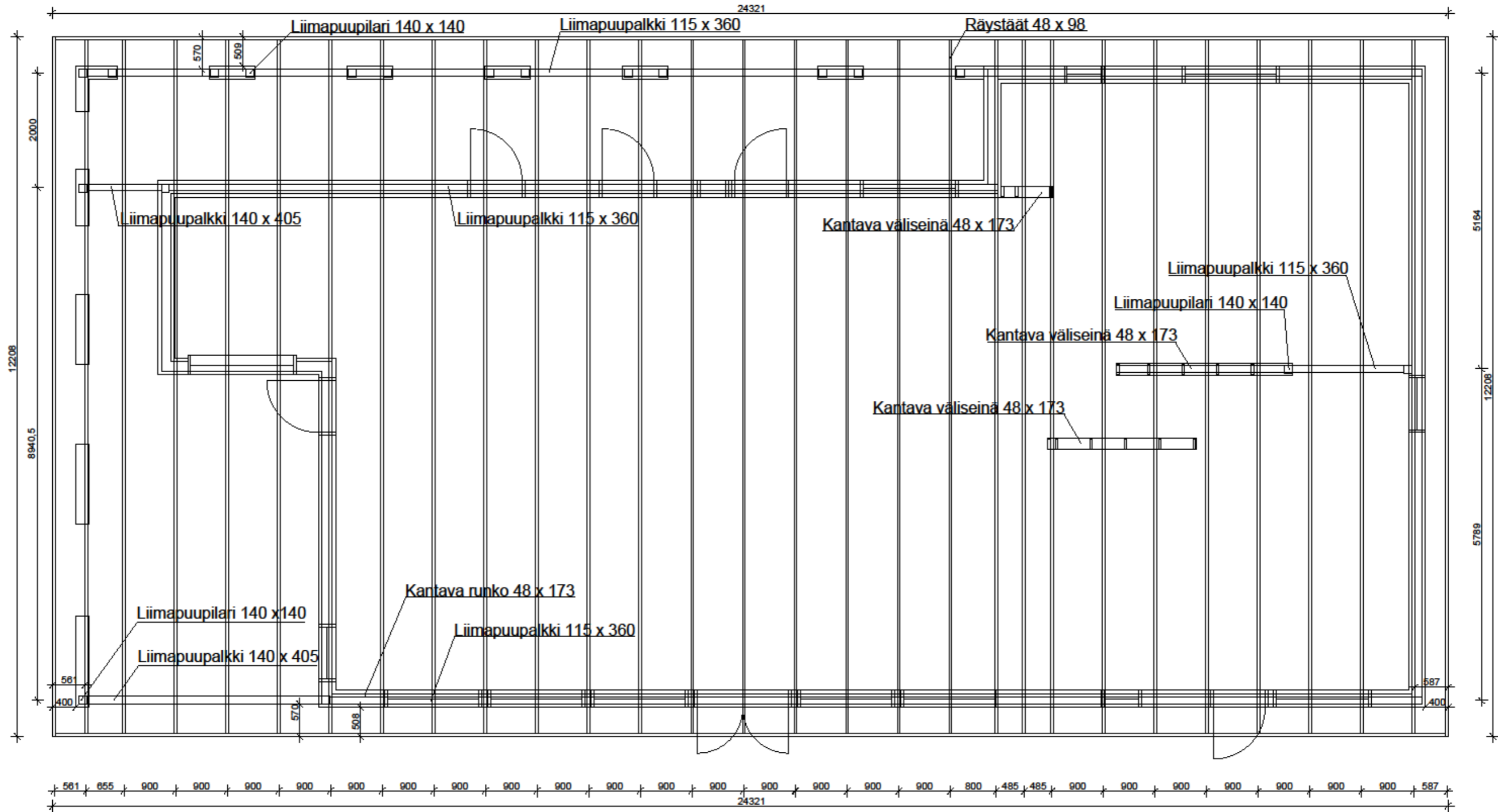
Kaupunginosa/osa	Korttelin/te	Tontin/ro	Vieroselman merkintä
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennusnumero/Rakennusnumero			
Rakennustyyppi	Pinnat		Julkaisu no
<b>UUDISRAKENNUS</b>			
Rakennuslehti	Pinnat		Mittakaava
	<b>Pohjamatat</b>		<b>1:75</b>
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero	Työnumero	Työnumero	Muoto
Vastaavien suunnittelijoiden: nimi, taitotaso, alakohtainen ja päivätys	Suunnittelija	Tiedosto	
Miro Lappi, RI	<b>ARK</b>		

1:50



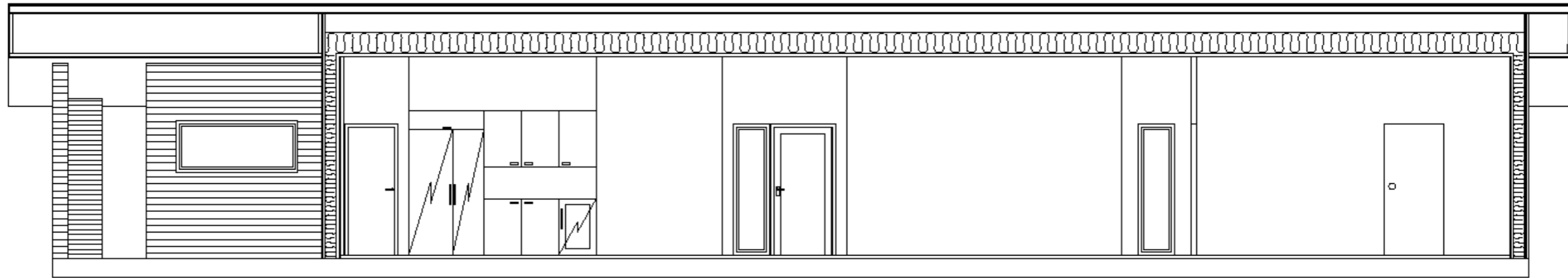
Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tuotteen	Vieruskölin merkintä
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen numero			
Rakennustyyppi UUDISRAKENNUS		Piirustaja	Julkaisu no.
Rakennuskohde		Piirustuksen nimi	Mittakaava
		Puurunko	1:50
Suorittajan yhteyshenkilön nimi, osoite ja puhelinnumero		Työnro	Työnro
			Muuta
Vastuullisen suunnittelijan nimi, taitto, sähköposti ja päiväys		Suorittaja	Tiedote
Miro Lappi, RI		RAK	

1:50



Kaupunginosa/työ	Kortti/tila	Tontti/ho	Vieruskäytön merkintä	
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen/Rakennuksen				
Rakennustyyppi			Piirustaja	Julkaisu no
UUDISRAKENNUS				
Rakennusohje			Piirustuksen nimi	Mittakaava
			Vesikatto	1:50
Suunnittelijan yhteystiedot: nimi, osoite ja puhelinnumero			Työnro	Työnro
				Muuta
Vastuullisen suunnittelijan nimi, sukunimi, allekirjoitus ja päiväys			Suunnittelija	Taiteija
Miro Lappi, RI			RAK	

Leikkaus A-A  
1:50



Kaupunginosa/työ	Kortti/alle	Tontti/tila	Vierumäen rekisteri
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennusnumero/Rakennusnumero			
Rakennustyyppi	UUDISRAKENNUS	Piirustuksen nimi	Julkaisu no.
Rakennusvaihe		Piirustuksen nimi	Mittakaava
		Leikkaus A-A	1:50
Suorittajan yhteystiedot: nimi, osoite ja puhelinnumero	Työnnumero	Työnnumero	Muuta
Verkkosivun esittely: nimi, sähköposti ja puhelinnumero	Suorittajan nimi	Tiedon	
Miro Lappi, RI	RAK		

Leikkaus B-B  
1:50

Rakenteet:

US1

1. 28 mm Julkisivupaneeli
  2. 22 mm Pystykoolaus 22 x 100 mm, k600
  3. 12 mm Puukulttuulensuojalevy 12 mm
  4. 175 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja runko 48 x 173 mm, k600
  5. 0,2 mm Höyrystulkumuovi
  6. 50 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja vaakakoolaus 48 x 48 mm, k600
  7. 13 mm Kipsilevy
  8. Pintakäsittely
- U-arvo: 0,17 W/m<sup>2</sup>K  
U-arvo vaatimus: 0,17 W/m<sup>2</sup>K

US2

1. 28 mm Julkisivupaneeli
  2. 22 mm Pystykoolaus 22 x 100 mm, k600
  3. 12 mm Puukulttuulensuojalevy 12 mm
  4. 175 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja runko 48 x 173 mm, k600
  5. 0,2 mm Höyrystulkumuovi
  6. 50 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja vaakakoolaus 48 x 48 mm, k600
  7. 13 mm Kipsilevy
  8. Vedeneriste
  9. Kiinnitysaasti
  10. Laattapinta
- U-arvo: 0,17 W/m<sup>2</sup>K  
U-arvo vaatimus: 0,17 W/m<sup>2</sup>K

US3

1. 28mm Julkisivupaneeli
  2. 22 mm Pystykoolaus 22 x 100 mm, k600
  3. 12 mm Puukulttuulensuojalevy 12 mm
  4. 175 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja runko 48 x 173 mm, k600
  5. 0,2 mm Höyrystulkumuovi
  6. 50 mm Lämmöneriste ISOVER KL-33 ja vaakakoolaus 48 x 48 mm, k600
  7. 0,2 mm Alumiinipaperi
  8. 30 mm SPU Sauna-satu 30 mm
  9. 48 mm Pystykoolaus 48 x 48 mm, k400
  10. 15 mm Saunan puupanelointi 15 x 95 mm
- U-arvo: 0,17 W/m<sup>2</sup>K  
U-arvo vaatimus: 0,17 W/m<sup>2</sup>K

YP

1. 15 mm Konesaumapelti
  2. 22 mm Ruoteet 22 x 100 mm, k600
  3. Reuna-alueilla kattokannattajien välissä tuulenohjain, noin 1,2 m ulkoseinältä
  4. Tuuletettu ilmatila
  5. 740 mm Levyillä ISOVER KL-33 325 mm ja kattokannattajat rakennesuunnitelmiin mukaan, k900
  6. 0,2 mm Höyrystulkumuovi
  7. 48 mm Levyillä ISOVER KL-33 ja koolaus 48 x 48 mm, k300
  8. 13 mm Kipsilevy
  9. Pintakäsittely
- U-arvo: 0,09 W/m<sup>2</sup>K  
U-arvo vaatimus: 0,16 W/m<sup>2</sup>K

VS1

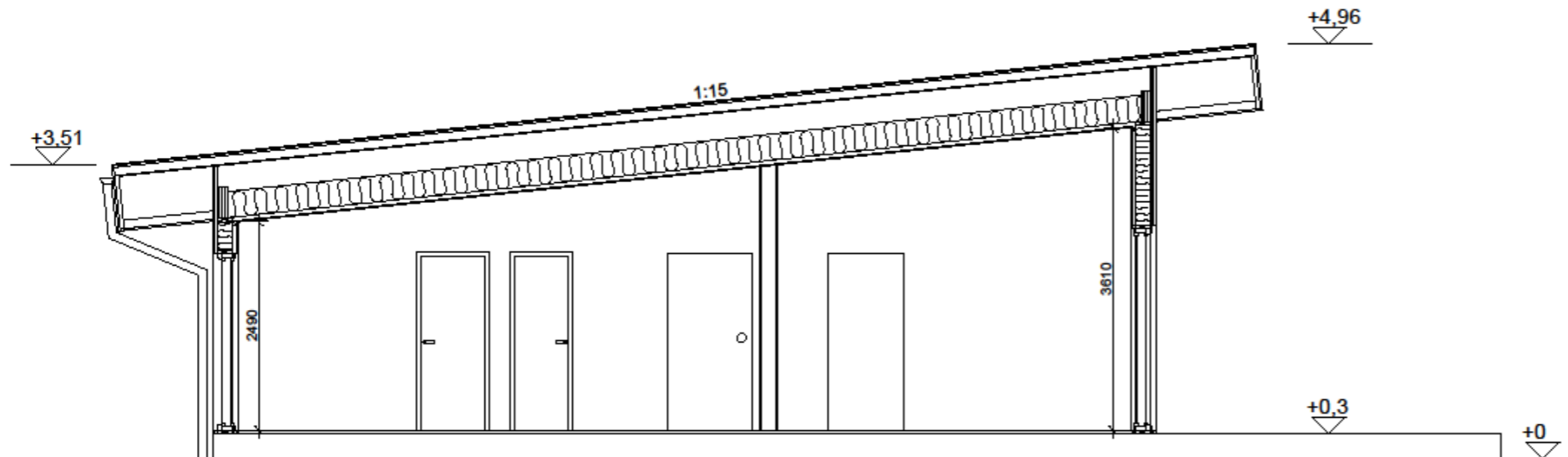
1. Pintamateriaali
2. 13 mm Kipsilevy
3. 66 mm Runko KP 36 x 66 mm, k600 + äänieriste 50mm
4. 13 mm Kipsilevy
5. Pintamateriaali

VS2

1. Pintamateriaali
2. 13 mm Kipsilevy
3. 66 mm Runko KP 36 x 66 mm, k600 + äänieriste 50 mm
4. 13 mm Kipsilevy
5. Vedeneriste
6. Kiinnitysaasti
7. Laattapinta

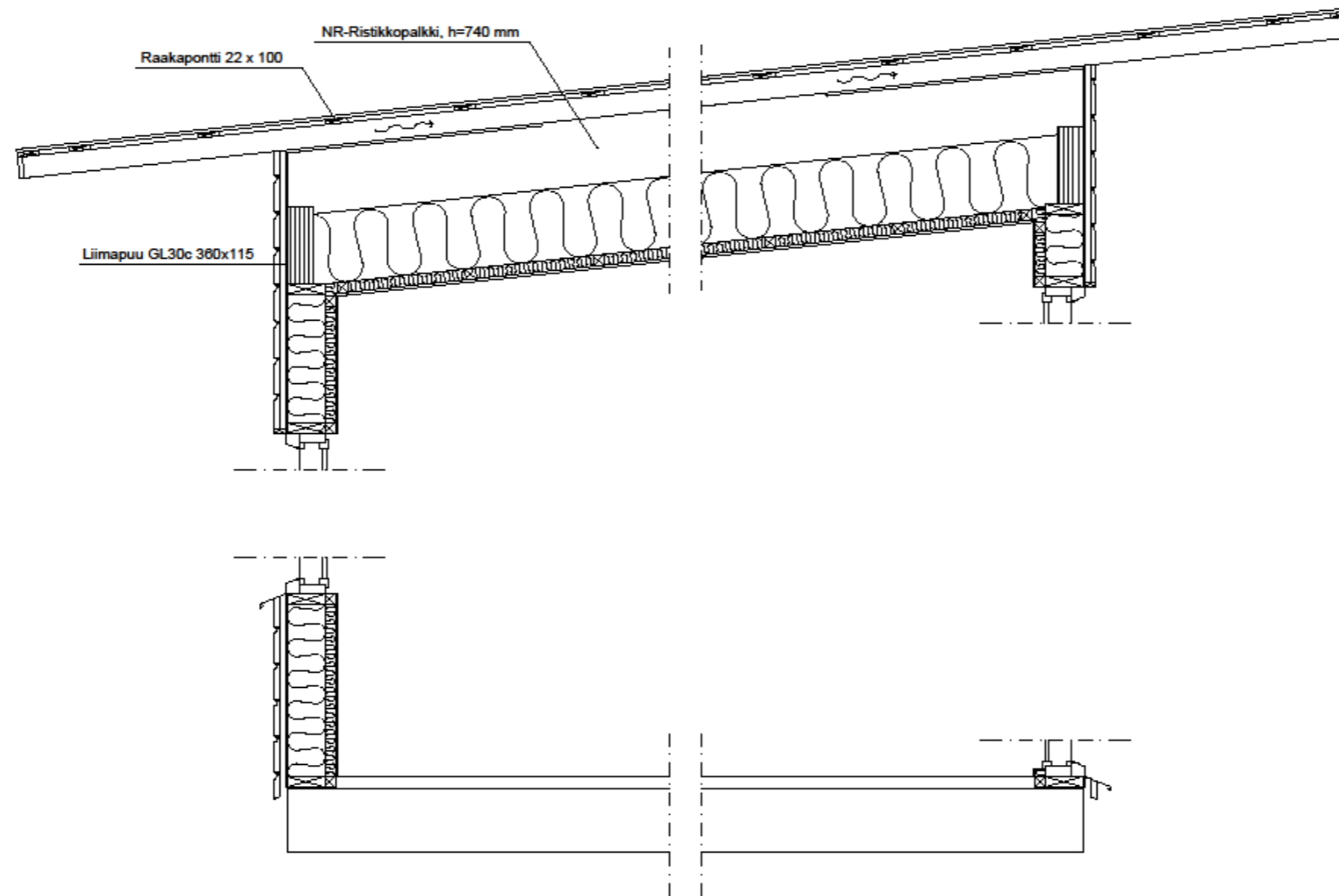
VS3

1. Pintamateriaali
2. 13 mm Kipsilevy
3. 66 mm Runko KP 36 x 66 mm k600 + äänieriste 50 mm
4. 0,2 mm Alumiinipaperi
5. 30 mm SPU Sauna-Satu 30 mm
6. 48 mm Pystykoolaus 48 x 48 mm, k400
7. 15 mm Saunan puupanelointi 15 x 95 mm



Kaupunginosa/tyyppi	Korttelit/te	Tonttien	Vienomäärän merkintä
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen/Rakennuksen			
Rakennustyyppi <b>UUDISRAKENNUS</b>		Piirustuksen nimi	Julkaisu nro
Rakennusvaihe		Piirustuksen sisältö	Mittakaava
		<b>Leikkaus B-B</b>	<b>1:50</b>
Suorittajan yhteystiedot: nimi, osoite ja puhelinnumero		Työnnumero	Työnnumero
Muita			
Valtuutuksen suorittaja: nimi, tittelö, sähköpostiosoite ja pöytäkirja		Suorittaja	Tiedosto
<b>Miro Lappi, RI</b>		<b>RAK</b>	

Leikkaus  
1:20



Kaupungin/kyllä	Korttelit	Tontit/ko.	Vieronäytin tiedot	
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen/Rakennuksen				
Rakennustyyppi <b>UUDISRAKENNUS</b>			Piirustaja	Julkaisu no.
Rakennuskohde			Piirustuksen nimi <b>Leikkaus A1</b>	Mittakaava <b>1:20</b>
Suorittajien yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero			Työnnumero	Työnnumero Muutos
Vastuullisen suunnittelijan nimi, taito, sähköpostiosoite ja puhelinnumero			Suorittaja	Tiedosto
<b>Miro Lappi, RI</b>			<b>RAK</b>	

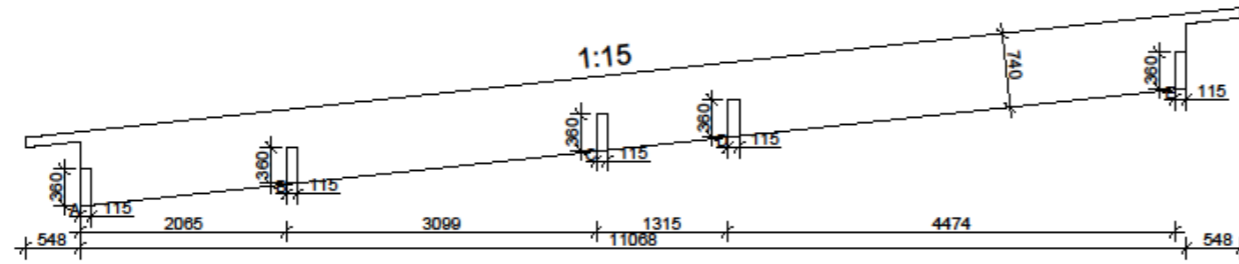
NR-Ristikot  
1:50

KANNATIN 1

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

KOSTEUSLUOKKA 2

kuormitukset yläpaarre lumikuorma 2.0 kN/m<sup>2</sup>  
tuulikuorma 0.6 kN/m<sup>2</sup>  
rakenteet 0.9 kN/m<sup>2</sup>  
alapaarre rakenteet 0.5 kN/m<sup>2</sup>

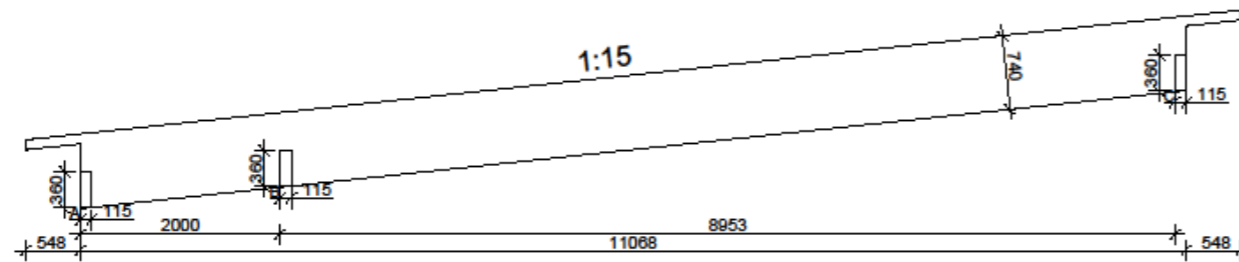


KANNATIN 2

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

KOSTEUSLUOKKA 2

kuormitukset yläpaarre lumikuorma 2.0 kN/m<sup>2</sup>  
tuulikuorma 0.6 kN/m<sup>2</sup>  
rakenteet 0.9 kN/m<sup>2</sup>  
alapaarre rakenteet 0.5 kN/m<sup>2</sup>

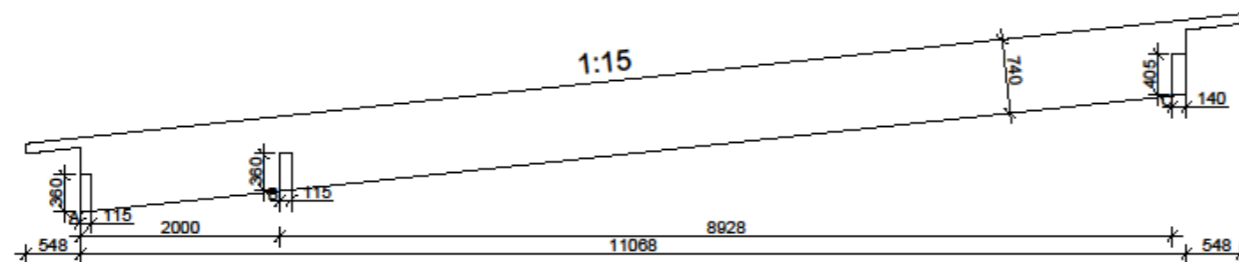


KANNATIN 3

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

KOSTEUSLUOKKA 2

kuormitukset yläpaarre lumikuorma 2.0 kN/m<sup>2</sup>  
tuulikuorma 0.6 kN/m<sup>2</sup>  
rakenteet 0.9 kN/m<sup>2</sup>  
alapaarre rakenteet 0.5 kN/m<sup>2</sup>



Kaupunginosa/Kylä	Korttel/Tila	Tontti/No	Vieraskäsen merkintä
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennustyyppi/Rakennustunnus			
Rakennusohje	UUDISRAKENNUS	Piirustaja	Julkaisu no
Rakennusohje		Piirustuksen nimi	Mittakaava
		NR-ristikoiden tilauskaavio	1:50
Suorittajan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero	Työnumero	Työnumero	Muoto
Vastuullisen suunnittelijan nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys	Suorittaja	Tuote	
Miro Lappi, RI	RAK		



