



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Erik Humalajoki

MITOITUS JA PUURAKENNEKUVAT

Puurakennesuunnittelu Sievitalo Oy:lle

Tekniikka
2017

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Eerik Humalajoki
Työn nimi	Mitoitus ja puurakennekuvat
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	17 + 37 (liitteet)
Ohjaaja	Heikki Paananen

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä puuttuvat mitoitus ja puurakennekuvat erääseen Sievitalon talomalliin. Sain opinnäytetyöni aiheen Sievitalo Oy:ltä. Opinnäytetyö toteutettiin pienimuotoisena projektina. Projektille laadittiin työsuunnitelma, jonka mukaan työtä lähdettiin toteuttamaan.

Teoreettisessa viitekehyksessä tarkastellaan puurakentamista, rakennesuunnittelua sekä välipohjan rakennetta. Puurakentamisessa keskityn puun ominaisuuksiin sekä puuhun rakennusmateriaalina. Mitoitukset ja rakennekuvat toteutin rakennusmääräysten mukaisesti.

Puurakentamisella on vahva asema Suomessa. Erityisesti pienrakentamisessa puurakentaminen on suosittua. Kerrostalorakentamisessa puuta käytetään vielä vähän, mutta määrä on hyvässä kasvussa. Puurakentamista tulisi lisätä reilusti, sillä se on yleisistä rakennusmateriaaleistamme ympäristöystävällisintä.

ABSTRACT

Author	Eerik Humalajoki
Title	Dimensioning and Timber Joints
Year	2017
Language	Finnish
Pages	17 + 37 (Appendices)
Name of Supervisor	Heikki Paananen

The purpose of this thesis was to make the missing dimensions and the wooden frame for a Sievitalo building model. The thesis was commissioned by Sievitalo Oy. The thesis was implemented as a small project. A work plan was drawn up for the project, according to which work was started to be implemented.

The theoretical framework covers wood construction, structural design, and floor structure. In woodworking, the focus is on the characteristics of wood and on wood as a building material. The dimensions and structural pictures were made in accordance with the building regulations.

Wood construction has a strong position in Finland. Particularly in small construction, wood-building is popular. There is still a small amount of wood used in apartment building, but the number is growing steadily. Wood construction should be increased considerably as it is the most environmentally-friendly of our general building materials.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	LÄHTÖTIEDOT	7
	2.1 Tarkoitus ja tavoitteet	7
	2.2 Projekti kohde	7
	2.3 Sievitalo Oy	7
3	PUURAKENTAMINEN	8
	3.1 Puu rakennusmateriaalina	8
	3.2 Puun heikkoudet.....	9
4	RAKENNESUUNNITTELU	11
	4.1 Rakennesuunnittelija.....	11
	4.2 Rakennekuvat.....	11
5	VÄLIPOHJA	12
	5.1 Välipohjan värähtely ja taipuma	12
	5.2 Välipohjapalkki.....	12
	5.3 Välipohjaristikko.....	13
	5.4 Välipohjapalkiston jäykistäminen.....	13
6	MITOITUKSET	14
	6.1 Välipohjan palkit (Liite 1)	14
	6.2 Ikkunan ylityspalkki (Liite 2)	14
	6.3 1. Palkki (Liite 3)	14
	6.4 2. Palkki (Liite 4)	14
	6.5 Yläkerran tasakerta (Liite 5)	15
	6.6 Lipan palkin ja pilareiden mitoitus (Liite 6).....	15
7	YHTEENVETO	16
8	LÄHTEET	17

LIITTEET

LIITELUETTELO

- LIITE 1.** Välipohjan palkit
- LIITE 2.** Ikkunan ylityspalkki
- LIITE 3.** 1. Palkki
- LIITE 4.** 2. Palkki
- LIITE 5.** Yläkerran tasakerta
- LIITE 6.** Lipan palkin ja pilareiden mitoitus
- LIITE 7.** Runkotolppajako 1. krs
- LIITE 8.** Runkotolppajako 2. krs
- LIITE 9.** Ristikkojako
- LIITE 10.** Välipohjan palkkijako
- LIITE 11.** Leikkaukset

1 JOHDANTO

Suomessa puurakentaminen on suosittua. Lukumääräisesti puurakennuksia on valtaosa ja rakennettuja kuutioita mittaamalla se on runkomateriaalina noin 40–45 % rakennuksistamme. Puurakentamisen kehittämiseen on panostettu paljon ja siten myös tarvittavaa osaamista löytyy. Puurakentamiseen liittyy monia arvoja, joita yhteiskunnassamme painotetaan. Mielipideilmasto puurakentamiselle on myönteinen. Tutkimusten mukaan puutaloissa asuu tyytyväisiä asukkaita; asukastyytyväisyys puutaloissa ja -miljöössä on korkea verrattuna muihin rakennustapoihin. /1/

Puun käyttöä voitaisiin huomattavasti lisätä rakentamisessa. Suomessa sen osuus rakentamisessa on noin 40 %, kun taas koko Euroopassa vain noin 4 % ja globaalisti puun käyttö rakennusmateriaalina on verrattain vähäistä. Puu on monipuolinen materiaali sen monien hyvin ominaisuuksien vuoksi. Se on myös ekologinen ja energiatehokas materiaali. Suomen metsävarat ovat valtavat eikä puu lopu, vaikka rakentaisimme kaiken puusta. /1, 2/

Tässä opinnäytetyössä perehdyn puurakentamiseen sekä mitoituslaskelmien ja puurakennekuvien tekemiseen. Opinnäytetyöni toteutan toiminnallisena opinnäytetyönä. Se tulee sisältämään teoreettisen viitekehyksen sekä liitteenä olevat mitoituslaskelmat ja puurakennekuvat. Tämä työ toteutetaan yhteistyössä Sievitalo Oy:n kanssa. Sievitalolle on tullut runsaasti uusia talomalleja myyntiin ja rakennesuunnittelijan toiveesta sain tehtäväkseni mitoittaa ja piirtää eräästä talomallista puuttuvat laskelmat ja puurakennekuvat. Valitsin tämän aiheen, koska ajattelen sille olevan jatkossa tarvetta. Myös oma kiinnostus heräsi aihetta kohtaan, sillä rakennekuvien laatiminen on keskeinen osa tulevaa rakennesuunnittelijan työtäni.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö on tarkoitus toteuttaa toiminnallisena opinnäytetyönä eli projektimuotoisena työnä. Opinnäytetyön tuotos syntyy Sievitalo Oy:n rakennesuunnittelijan toiveesta. Tarkoituksena on tuottaa yhteistyössä toimeksiantajan kanssa lisämateriaalia uuden omakotitalomallin piirustuksiin. Materiaali tulee sisältämään kyseisen talon puurakennekuvat sekä välipohjan värähtelymitoituksen. Tarkoituksenani on piirtää puurakennekuvat Cads-suunnitteluohjelmalla. Välipohjan värähtelymitoituksen toteutan laskemalla.

Työn tavoitteena on saada projektikohteelle siitä puuttuvat tarvittavat laskelmat sekä rakennekuvat. Tavoitteena on mitoittaa ja piirtää alakerran seinien tasakerrat ja ikkunoiden ylityspalkit, välipohjan palkisto, yläkerran tasakerta ja ikkunoiden ylityspalkit, kantavat palkit ja pilarit.

2.2 Projektikohde

Projektin kohde on Sievitalo Oy:n talomalli Helsinki 168. Tämä on kaksikerroksinen omakotitalo, jossa on kuusi huonetta, keittiö, vaatehuone, kodinhoitohuone, pesuhuone, sauna, kuraeteinen ja tekninen tila. Huoneistoala on 140,5 neliötä ja kerrosala 168 neliötä. Tämä kohde on helposti muunneltavissa, joten se soveltuu hyvin esimerkiksi suuremmillekin perheille.

2.3 Sievitalo Oy

Sievitalo Oy on vuonna 2011 perustettu yritys, joka valmistaa muuttovalmiita omakotitaloja, vapaa-ajan asuntoja, sekä täydenpalvelun asunto-osakeyhtiöitä. Laatuun tärkeänä niin rakentamisessa kuin asiakaspalvelussa pitävänä yrityksenä Sievitalo Oy on kasvanut hyvää vauhtia sen perustamisesta alkaen. /3/

3 PUURAKENTAMINEN

Puu on käyttökelpoisin rakennusmateriaali kaikista käytössämme olevista materiaaleista /1/. Suomessa puurakentamisen osuus on noin 40 % ja Euroopassa vain noin 4 % /2/. Puurakentamisen suosio on kuitenkin nousussa Euroopassa. Tähän vaikuttavat muun muassa ympäristötekijät sekä puurakenteiden valmistuksen matala energiankulutus. /4/

3.1 Puu rakennusmateriaalina

Rakennusmateriaalina puu on saanut vahvan aseman Suomessa. Puun suosio perustuu sen monipuolisiin käyttömahdollisuuksiin. Puuta voidaan käyttää kantavana rakenteena ja sillä onkin hyvät lujuusominaisuudet painoonsa verrattuna. Puuta käytetään myös pintoja muodostavana materiaalina sekä eristeenä. Puu on kevyttä ja helppoa työstettävää. Puutuotteita voidaan myös kiinnittää monella tapaa toisiinsa eikä siitä haihdu terveydelle vaarallisia aineita. Puu on puhdas, ympäristöystävällinen sekä taloudellinen vaihtoehto. Lisäksi puuta on paljon tarjolla, sitä on saatavilla lähes kaikkialla. /5, s. 8/

Pienimittakaavaisessa rakentamisessa vapaa-ajan asunnoista lähes 99 % on puurakenteisia. Uudistuotannosta pientaloista yli 80 % on puurunkoisia ja kolme neljäsosaa saa puisen julkisivun. /6/

Puukerrostalot ovat saamassa läpimurtoa Suomessa. Vaikka Suomi on Euroopan toiseksi kerrostalovaltaisim maa, niin valtaosa kerrostaloista on tähän asti tehty betonista. Myös puiset koulurakennukset ovat lisänneet suosiotaan, kun on tavoiteltu terveellisempää ja parempaa sisäilmaa. /6/

Betoniin ja teräkseen verrattuna puutuotteiden valmistukseen tarvittava energian määrä on minimaalinen. Kun rakennustuotteiden valmistukseen kuluu maamme energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä 5–12 %, niin näistä yli 90 % aiheutuu sementin ja teräksen valmistuksesta. Jotta Suomelle asetettuihin ilmastotavoitteisiin päästäisiin, tulisikin sementin ja teräksen käyttöä vähentää ja korvata mahdolliset rakenteet puulla. Puusta rakennettu keskiverto omakotitalo sitoo 30 tonnia

ilman hiilidioksidia rakenteisiinsa. Puurakenne toimiikin pitkäaikaisena hiilivarastona. Saman verran kuin rakennuspuuteollisuus käyttää puuraaka-ainetta vuodessa, metsän hiilivaranto kasvaa päivässä. /2/

Kivitalo painaa 5–8 kertaa enemmän kuin vastaava puutalo. /2/ Tästä voidaankin hyvin päätellä, että puukerrostaloilla selvittäisiin pienemmillä perustuksilla ja talojen painumariski olisi huomattavasti pienempi.

3.2 Puun heikkoudet

Vaikka puu on hyvä rakennusmateriaali, löytyy siitäkin vikoja. Puun viat voidaan jakaa neljään luokkaan: kasvuviat, hyönteisviat, valmistusviat ja lahoviat.

Kasvuvioista yleisin haitallinen ominaisuus rakennepuutavarassa ovat oksat. Oksat alentavat puun lujuutta, koska ne rikkovat säännöllisyyttä puuaineksessa ja niiden syysuunta on kohtisuoraan puun syysuuntaa vastaan. Varsinainen vika oksat eivät kuitenkaan ole, sillä ilman niitä puut eivät kasva. Valmistusviat aiheutuvat yleensä huonosta sahaustekniikasta, joka aiheuttaa mittavirheellisiä ja vajaasärmäisiä kappaleita. Puuhun syntyneet halkeamat tulevat yleensä puuta kuivattaessa. Puussa esiintyy myös muodonmuutosvikoja, kuten syrjä- ja lapevääryys, kierous sekä kovertuminen. Nämä viat johtuvat yleensä siitä, että puun kuivuessa se kutistuu eri tavalla pituussuunnassa kuin poikkisuunnassa. Pituussuuntainen kutistuminen on myös erilaista puun eri osissa. /5, s. 27–32/

Lahotyyppejä on kahdenlaisia, kasvuaikainen laho ja varastolaho. Kasvuaikaisen lahon aiheuttajat vaihtelevat alueittain, mutta se on maanlaajuinen ongelma. Etelä- ja Keski-Suomen pahin kuusen kasvuaikainen lahottaja on juurikäpä. Kuusen tyvilahoista juurikäävän on arvioitu aiheuttavan 80 %. Juurikäpä aiheuttaa ensin pinta- ja sydänpuun rajalle värivian, joka myöhemmin lahottaa koko sydänpuuosan. Sydänpuuosa muuttuu ensin kovaksi ja sen jälkeen pehmeäksi lahoksi. Juurikäpä aiheuttaa myös männyille tyvitervastautia. Myös mesisieni lahottaa puun keskiosaa. Mesisieni esiintyy yleensä vanhoissa ja usein jo huonokuntoisissa puissa. Mesisieni ei yleensä nouse metriä korkeammalle puussa, mutta se lahottaa koko sydänpuun tyviosan keskeltä. Puu, joka sisältää kasvuaikaista lahoa ei sovellu mekaanisen

massan raaka-aineeksi eikä sahaukseen. Varastolaholla tarkoitetaan lahoa, joka on puun kaatamisen ja käytön välillä tullut sienten aiheuttama laho. Mikäli puun kosteus ja lämpötila ovat sopivia, sieni-itiöt alkavat itää ja sienirihmastot tunkeutuvat puuhun aiheuttaen siihen lahovaurion. /7, s. 6–10/

Hyönteisvauriolla tarkoitetaan hyönteisten puuhun tekemiä vaurioita, esimerkiksi erilaiset kaarnakuoriaiset, sarvijäärät, kärsäkkäät ja pystynävertäjät iskevät kuorelisiin puihin. Pysty- ja vaakanävertäjät, tähtikirjaajat, okakaarnakuoriaiset, pikakirjoittajat ja sarvijaakot ovat männyillä tavallisimpia tuholaisia. Kuusella nämä ovat tähtikirjaajat, kirjanpainajat ja kuusijäärät. Kun havupuu on hakattu, hyönteiset muuttavat havutukkien kuoren alle. Toukat alkavat kehittyttyään tehdä käytäviä puun ja kuoren väliin, joskus myös syvemmälle puuhun. Toukkien kulkiessa puun sisällä ne kuljettavat sinne sinistäjäsiementen itiöitä, jotka aiheuttavat puun sinistymisen. /7, s. 17–18/

4 RAKENNESUUNNITTELU

”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan siten, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita, soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät rakennuksen suunnitellun käyttöiän. Kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin taikka luotettavaan koetuloksiin tai muihin käytävissä oleviin tietoihin. Rakennuksen rakentamisessa on käytettävä rakenteiden lujuuden ja vakauden kannalta soveltuvia rakennustuotteita.” /8/

4.1 Rakennesuunnittelija

Rakennushankkeessa rakennesuunnittelijan tehtävä on mitoittaa hankkeen rakenteet, joten hän myös vastaa niiden kestävydestä. Pientalossa yleensä rakennesuunnittelijan suunniteltavia rakenteita ovat perustus-, vesikatto-, runko- sekä täydentävät rakenteet. Mitoitus rakenteille tehdään sillä hetkellä voimassa olevien määräysten mukaisesti. Suomessa mitoitus tehdään tällä hetkellä joko Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti tai vaihtoehtoisesti Eurokoodi 5:n eli eurooppalaisen standardin mukaan. Näitä määräyksiä ei voi yhdistellä kesken hankkeen, vaan mitoitukset tehdään vain toisen määräyksen mukaisesti. /9, s. 8/

”Rakentamista koskevat asetukset uudistetaan vuoteen 2018 mennessä vuonna 2013 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslain muutoksen (958/2012) mukaisesti. Aiempia Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita voidaan siirtymäajan puitteissa soveltaa, kunnes uudet säännökset on annettu.” /10/

4.2 Rakennekuvat

Rakennesuunnittelijan tehtävään kuuluu luoda rakennekuvat, joista selviää rakennukseen suunnitellut materiaalit, niiden mitat, lujuudet ja laadut. Rakennekuvasta selviää rakenteiden liitokset ja muut ohjeet, jotta rakenteesta on helppo toteuttaa mitoitetun mukainen rakennus.

5 VÄLIPOHJA

Välipohja erottaa asuinkerrokset toisistaan, eli se muodostaa alemman kerroksen katon ja ylemmän kerroksen lattian. Välipohjan täytyy eristää ääntä ja paloa. Suomen rakentamismääräysten mukaan huoneistojen välisen välipohjan ilmaääneneristysvaatimus on $R'_{w} \geq 55$ dB ja askeläänitasoluku pitää olla $L'_{n,w} \leq 53$ dB. Palonkestovaatimus välipohjalle on kaksikerroksisella talolla REI 30 ja yli kaksikerroksisella talolla REI 60. Tärkein tehtävä välipohjalla kuitenkin on kestää ylemmästä kerroksesta tuleva rasitus ja jakaa se alapuolella oleville kantaville seinille. Välipohjan suunnittelussa ja rakentamisessa haastetta lisää useimmiten talotekniikka, jota asennetaan välipohjaan.

5.1 Välipohjan värähtely ja taipuma

Välipohjan värähtelyä aiheuttavat muun muassa kävely ja pesukoneet. Kävelystä aiheutuvat värähtelyt täytyy ottaa huomioon asuin-, kokoontumis-, myymälä- ja toimistorakennusten käyttörajatilamitoituksessa. Lattian värähtely riippuu lattian ominaisvärähtelyn taajuudesta ja massasta. Värähtelytaso arvioidaan joko mittaamalla tai laskemalla. Alin sallittu ominaistajuus välipohjan värähtelylle asuin- ja toimistohuoneistoissa on 9 Hz. Jos asuin- tai toimistohuoneiston lattiarakenteen alin ominaistajuus on alle 9 Hz ($f_1 < 9$ Hz) niin erityistarkastelu on tarpeen. Jos alin ominaistajuus on yli 9 Hz ($f_1 \geq 9$ Hz), tarkistetaan, ellei rakennuttajan kanssa toisin sovita, että seuraava ehto taipumalle toteutuu: $\delta \leq 0.5$ mm (7.3-FI). /11/, /12/

Suomessa välipohjan rakenteelle on asetettu erityisen tiukka vaatimus sen hetkelliselle taipumalle. Kun palkistolle asetetaan 1 kN:n staattinen pistevoima ja kuorman jakautumista viereisille palkeille ei oteta huomioon, taipuma saa olla vain 0,5 mm. Esimerkiksi Ruotsissa tämä sallittu taipuma on 1,5 mm ja Iso-Britanniassa 1,8 mm.

5.2 Välipohjapalkki

Välipohjan kantavana rakenteena käytetään yleisimmin palkkia. Välipohjapalkki voi joko sellaisenaan tai kehien alapaarteiden apuna muodostaa välipohjan rungon.

Palkkien jako on yleisimmin k400–k600. Normaaleilla runkoleveyksillä välipohjapalkki tarvitsee useimmiten kolme tukea, ulkoseinät sekä keskellä välituki. /13/

5.3 Välipohjaristikko

Kun tukien väli on liian suuri välipohjapalkille tai jos välipohjapalkkia joutuisi kasvattaa kohtuuttoman suureksi, kannattaa valita välipohjan kantavaksi rakenteeksi välipohjaristikko. Ristikon korkeutena käytetään yleensä 600–800 mm ja ristikoiden jakona k400–k600. Ristikon käytössä on myös se etu, että ristikon sisäsauvojen väliin voi helposti asentaa talotekniikkaa. /13/

5.4 Välipohjapalkiston jäykistäminen

Välipohjan palkistoa voidaan jäykistää asentamalla siihen poikkisjäykistelinja. Tämä tehdään asentamalla palkkien väliin tiukat puupalat, jotka kiinnitetään palkistoon niin, että ne ovat mahdollisimman suorassa linjassa poikkipäin palkistoon nähden. Mikäli välipohjapalkkien jänneväli on alle neljä metriä, voidaan käyttää yhtä poikkisjäykistelinjaa, mutta jännevälin ylittäessä neljä metriä käytetään kahta poikkisjäykistelinjaa. Välipohjan yläpintaan asennetaan usein levy. Tämä kannattaa liimata kiinni palkkeihin, jotta lattiapalkkien taivutusjäykkyys voidaan laskea ripalaatan T-poikkileikkaukselle. Näin selvittää pienemmällä palkkikoolla. /11, s. 21–23/

6 MITOITUKSET

6.1 Välipohjan palkit (Liite 1)

Ensin laskin välipohjan rakenteen painon. Välipohjan rakenteen paino tuli kantamattomista väliseinistä, kipsilevyistä, koolauksista, välipohjan palkeista, eristeestä, alapuolen koolauksesta ja sisäkaton verhouksesta.

Rakenteen painon mukaan selvitin palkkien maksimileikkausvoiman ja -momentin. Sen jälkeen laskin palkkien taivutuslujuuden, leikkausjännityksen sekä tarkistin tukipaineen. Käyttörajatilassa tarkistin palkkien taipuman ja lattian värähtelyn.

6.2 Ikkunan ylityspalkki (Liite 2)

Kuormat ikkunan ylityspalkille laskin suurimman ikkunan mukaan niin, että siihen osuisi suurin mahdollinen kuorma. Tässä tapauksessa se olisi niin, että kolme välipohjapalkkia osuisi ikkuna-aukon kohdalle. Tällä kuormalla mitoitin ensin palkin taivutuksen ja leikkauksen ja tarkistin kestäkö tukipinta. Lopuksi laskin, että ikkunan ylityspalkin taipuma pysyy sallituissa arvoissa.

6.3 1. Palkki (Liite 3)

Tällä palkilla tarkoitan palkkia, joka kantaa välipohjan palkkeja kantavan seinälinjaan kohdalla, tarkemmin ottaen kohdassa, jossa ei ole alla seinää (kulkuaukko takan vieressä).

Palkille laskin suurimman mahdollisen kuorman, joka tässä tapauksessa olisi ollut niin, että sille osuu kuusi välipohjan palkkia. Sen jälkeen laskin taivutus- ja leikkauskestävyyden sekä tarkastin tukipinnan kestävyuden. Lopuksi vielä tarkistin, että palkin taipuma ei ylitä sallitun taipuman määrää.

6.4 2. Palkki (Liite 4)

Tällä palkilla tarkoitan palkkia, joka kantaa välipohjan palkkeja porrasaukon reunalla. Tämän palkin mitoitus on hyvin samanlainen kuin 1. palkin. Ainoastaan palkin pituus ja palkille kertyvä kuorma on erilaisia.

6.5 Yläkerran tasakerta (Liite 5)

Yläkerran tasakerralle kuormat tulee kattoristikoilta sekä yläpohjan rakenteilta. Ensin selvitin, paljonko kuormaa tulee yhden ristikon kautta. Tämä jälkeen laskin tukireaktiot, tarkastin tukipaineen ristikon tuella. Ikkuna-aukon kohdalla laskin palkin kuormituksen niin, että sille tulisi suurin mahdollinen kuorma. Sitten mitoitin sen leikkaukselle ja taivutukselle ja lopuksi tarkistin tukipaineen ikkuna-aukon reunatolpille.

6.6 Lipan palkin ja pilareiden mitoitus (Liite 6)

Ensin laskin kuormituksen lipan räystäällä pilareiden päällä olevalle palkille. Tästä saadulla kuormalla mitoitin palkin taivutus- ja leikkauslujuuden sekä tarkistin tukipainekestävyyden.

Pilareille ensin laskin kuormat ja sen jälkeen mitoitin pilarit kestämään tämän puristuskestävyyden. Pilarit olisi kestäneet pienempinäkin, mutta katsoin paremmaksi, että pilarin ja palkin paksuus on sama.

7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyöprojekti lähti liikkeelle aiheen valinnasta. Sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön Sievitalo Oy:lle. Opinnäytetyön aihetta ehdotettiin minulle Sievitalon rakennesuunnittelijan toimesta. Heille oli tullut uusia talomalleja myyntiin ja kiireiden vuoksi kaikille talomalleille ei ollut vielä täydellisiä kuvia. Tehtävänä oli tuottaa heidän uuteen talomalliin puuttuvat puurakennekuvat ja mitoituset, joita oli runkotolppajakokuva, välipohjapalkkikuva, kantavien palkkien ja ikkunoiden ylityspalkkien sekä tasakerran mitoituset.

Aloitin työni perehtymällä kyseiseen talomalliin. Tämän jälkeen mitoitin välipohjanpalkit, muut kantavat palkit sekä tasakerrat. Laskelmat veivät alussa paljon aikaa. Laskelmien jälkeen aloitin kuvien piirtämisen Cads Planner Client -ohjelmalla sekä AutoCad-ohjelmalla. Sain tehtäväni avuksi talomallin pohjakuvan, sekä paljon hyviä vinkkejä työn edetessä, kuten heidän suunnittelutapansa tietyissä rakenteissa ja ratkaisuisissa.

Ennen teorian kirjoittamista etsin lähdemateriaalia muun muassa Googlen vapaan sanahaun avulla ja kirjastojen tietokannoista. Tiedonkeruun jälkeen aloitin työstämään teoreettista viitekehystä opinnäytetyösuunnitelman pohjalta. Teoriaosuus on kirjoitettu Vaasan ammattikorkeakoulun opinnäytetyön kirjallisten ohjeiden mukaisesti.

Opinnäytetyön tekeminen on ollut mielenkiintoinen, mutta myös haastava prosessi. Opinnäytetyön suunnittelu sekä tiedon keruu olivat yllättävän aikaa vievää työtä ja haasteena koin luotettavan lähdemateriaalin löytämisen. Tämän projektin myötä on ollut mahdollisuus perehtyä syvemmin puurakentamiseen sekä puurakenteiden mitoittamiseen ja Cads-ohjelman käyttöön. Työn mielekkyyttä lisäsi todellisen kohteen suunnittelu. Opinnäytetyön tekeminen lisäsi tietotaitoa, josta tulee varmasti olemaan jatkossa paljon hyötyä.

8 LÄHTEET

/1/ Puurakentaminen. Viitattu 2.2.2017

<https://www.rakentaja.fi/artikkelit/595/puurakentaminen.htm>

/2/ Puurakentaminen ja ekologinen kestävyys. Viitattu 2.2.2017

<http://www.puuinfo.fi/node/1505>

/3/ Sievitalo. Yritys. Viitattu 3.2.2017

<http://www.sievitalo.fi/yritys>

/4/ Puurakentaminen. Viitattu 25.1.2017

<http://www.karelia.fi/puurakentaminen/puurakentaminen>

/5/ Siikanen, U. 2008. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy

/6/ Puuinfo. Puurakentaminen. Viitattu 7.2.2017

<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen>

/7/ Metsäteho. Puun laadun säilyttäminen. Viitattu 5.3.2017

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Puun_laadun_sailyttaminen_opas_SUOMI.pdf

/8/ Ympäristöministeriö. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Viitattu 4.2.2017

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus

/9/ RT 10-10833. 2004. Pientalohankkeen tehtäväluettelot. Rakennustieto Oy.

/10/ Ympäristöministeriö. Rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 10.2.2017

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

/11/ Puuinfo. Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje kolmas painos. Eurokoodi 5. Lähde: RIL 205-1-2009 liite B.

/12/ Puurakenteet. Rakenteiden mitoitus. Viitattu 20.3.2017

http://www.oamk.fi/~pekkaki/puurakenteet_1/varahtely.pdf

/13/ Ristikkotyypit ja niiden ominaisuudet. Viitattu 7.2.2017

<http://www.pohri.fi/11>

VÄLIPOHJAN PALKIT

Rakenteen omapaino

Kantamattomat väliseinät		gk= 0,3	kN/m ²
Kipsilevyt	GL15 + GN13 + EK13	0,337	kN/m ²
Koolaus	32mm *100mm k300		
	$\frac{0,032m * 0,100m * 1m * 5kN/m^3}{1m * 0,3m}$	0,0533	kN/m ²
Palkit	45mm*260mm k400		
	$\frac{0,045m * 0,260m * 1m * 5kN/m^3}{1m * 0,4m}$	0,146	kN/m ²
Eriste	ol. 2kg/m ²	0,02	kN/m ²
Koolaus	48mm*48mm k400	0,037	kN/m ²
	$\frac{0,048m * 0,048m * 1m * 5kN/m^3}{1m * 0,4m}$	0,029	kN/m ²
Sisäkaton verhouk	0,018m * 5kN/m ³ = 0,09kN/m ²	0,09	kN/m ²
		Σ=gk=	1,012 kN/m²

Omapaino	gk= 1,012	kN/m ²
Hyötykuorma	qk= 2,0	kN/m ²

Välipohjapalkit k400 Aikaluokka keskipitkä käyttöluokka 1

Palkit k400

Yhdelle palkille tuleva viivakuorma

$$gk = 1,012 \text{ kN/m}^2 * 0,4 \text{ m} = 0,405 \text{ kN/m}$$

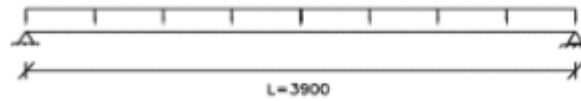
$$qk = 2,0 \text{ kN/m}^2 * 0,4 \text{ m} = 0,8 \text{ kN/m}$$

Laskentakuorma

$$Pd = 1,15 * gk + 1,5 * qk$$

$$\Rightarrow 1,15 * 0,405 \text{ kN/m} + 1,5 * 0,8 \text{ kN/m} = 1,666 \text{ kN/m}$$

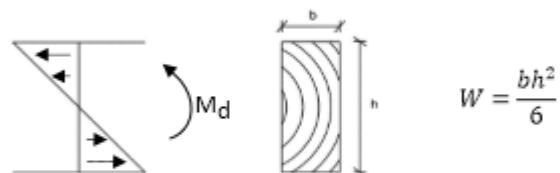
PALKIN RASITUSKUVIOT



$$V_{d_{\max}} = \frac{1,666 \frac{kN}{m} * 3,9m}{2} = 3,25 kN$$

$$M_{\max} = \frac{1,666 \frac{kN}{m} * (3,9m)^2}{8} = 3,167 kNm$$

TAIVUTUS



$$\delta_0 = \frac{Md}{W}$$

Ehto: "rasitus" \leq "kestävyys"

$$\delta_b = \frac{Md}{W} \leq f_{m,d}$$

$$\frac{Md * 6}{bh^2} \leq f_{m,d}$$

$$6 * Md \leq bh^2 * f_{m,d}$$

$$h \geq \sqrt{\frac{6Md}{b * f_{m,d}}}$$

Taivutuslujuus $f_{m,d}$

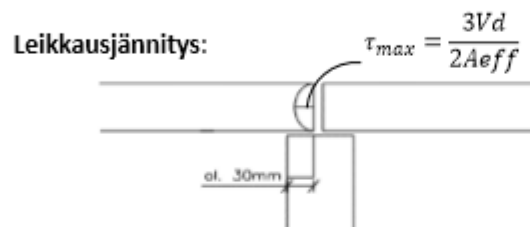
LVL aikaluokka: keskipitkä } $f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}$
 käyttöluokka: 1

$$f_{m,d} = \frac{0,8 * 44N/mm^2}{1,2} = 29,333N/mm^2$$

$$h_{min} = \sqrt{\frac{6Md}{b * f_{m,d}}} = \sqrt{\frac{6 * 3,167 * 10^6 Nmm}{45mm * 29,333N/mm^2}} = 119,98mm$$

Palkit LVL 45*260 k400 riittää taivutukselle!

PALKIN RASITUSKUVIOT



$$\delta_{c,90,d} = \frac{Vd}{A_{tuki}}$$

Leikkausjännitys τ_d "rasitus"

$$\tau_d = \frac{3Vd}{2A_{eff}} = \frac{3 * 3,25 * 10^3 N}{2 * 45mm * 260mm} = 0,417N/mm^2$$

"kestävyys"

$$f_{v,d} = \frac{k, mod}{\gamma M} * f_{v,k} = \frac{0,8}{1,2} * 4,1 \text{ N/mm}^2 = 2,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \text{"rasitus"} \tau_d = 0,417 \text{ N/mm}^2 \leq \text{"kestävyys"} f_{v,d} = 2,73 \text{ N/mm}^2$$

Tukipaine $\delta_{c,90,d}$

$$\text{"rasitus"} \delta_{c,90,d} = \frac{V_d}{A_{tuki}} = \frac{3,25 * 10^3 \text{ N}}{30 \text{ mm} * 48 \text{ mm}} = 2,257 \text{ N/mm}^2$$

"kestävyys" $k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$

$$f_{c,90,d} = \frac{k, mod}{\gamma M} * f_{c,90,k} = \frac{0,8}{1,4} * 2,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1,54 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{c,90,ef} = \min. \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ mm} \\ a = 0 \\ l = 30 \end{array} \right\} + l + \min. \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ mm} \\ l = 30 \text{ mm} \\ l/2 = \frac{3900 \text{ mm} - 60 \text{ mm}}{2} \end{array} \right\}$$

$$= 0 + 30 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90} = \frac{60 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} * 1 = 2$$

$$\text{"kestävyys"} \Rightarrow k_{c,\perp} * f_{c,90,d} = 2 * 1,54 \text{ N/mm}^2 = 3,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{"rasitus"} \Rightarrow \delta_{c,90,d} = 2,257 \text{ N/mm}^2$$

30mm tukipinta riittää!

Käyttörajatila

A) Taipuma

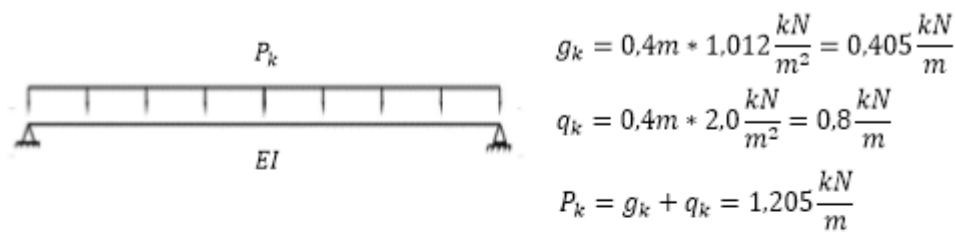
$$1) W_{inst} \leq \frac{L}{400}$$

ehto:

$$W_{net,fin} \leq \frac{L}{300}$$

Lattia kannattajat: LVL 45mm * 260mm k400

$$E_{o,mean} = 10500 \text{ N/mm}^2$$



$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{45mm * (260mm)^3}{12} = 65,91 * 10^6 mm^4$$

$$W_{inst} = \frac{5}{384} * \frac{P_k L^4}{EI} = \frac{5}{384} * \frac{1,205 \frac{N}{mm} * (3900mm)^4}{10500 \frac{N}{mm^2} * 65,91 * 10^6 mm^4} = 5,24mm$$

$$\frac{3900mm}{5,24mm} = 744 \quad \frac{L}{744} < \frac{L}{400} \quad OK!$$

$$\text{Lopullinen taipuma } W_{fin} = W_{net,fin} \leq \frac{L}{300}$$

$$W_{net,fin} = (1 + k_{def}) * W_{inst,g} + (1 + 0,3 * k_{def}) * W_{inst,q}$$

$$W_{inst} = 5,24mm \quad \text{kuormasta } P_k = g_k + q_k$$

$$W_{inst,g} = \frac{g_k}{P_k} * W_{inst} = \frac{0,405 \frac{kN}{m}}{1,205 \frac{kN}{m}} * 5,24mm = 1,76mm$$

$$W_{inst,q} = \frac{q_k}{P_k} * W_{inst} = \frac{0,8 \frac{kN}{m}}{1,205 \frac{kN}{m}} * 5,24mm = 3,48mm$$

$$W_{net,fin} = W_{fin} = (1 + 0,6) * 1,76mm + (1 + 0,3 * 0,6) * 3,48mm = 6,92mm$$

$$\frac{3900mm}{6,92mm} = 564 \quad \frac{L}{564} < \frac{L}{300} \quad OK!$$

LVL 45mm * 260mm riittää taipumalle!

Lattian värähtely

$$\text{Ehdot: } \begin{cases} F_1 \geq 9\text{Hz (Alin ominaistaajuus)} \\ k_{\theta} * k_s * \delta_l \leq 0,5\text{mm (taipuma pistekuormasta 1kN)} \end{cases}$$

$$F_1 = \frac{\pi}{2 * L^2} * \sqrt{\frac{(EI_L)}{s * m}}$$

Yhden palkin taivutusjäykkyys $(EI)_p$

$$\begin{aligned} (EI)_p &= E_{o,mean} * I_{palkki} = 10500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \frac{45\text{mm} * (260\text{mm})^3}{12} \\ &= 6,92055 * 10^{11} \text{Nm}^2 \\ &= 6,92055 * 10^5 \text{Nm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (EI)_T &= (2,2 - 0,1 * L) * (0,4 + s) * (EI)_p \\ &= (2,2 - 0,1 * 3,9) * (0,4 + 0,4) * (EI)_p \\ &= 1,81 * 0,8 * (EI)_p \\ &= 1,448 * (EI)_p \end{aligned}$$

Taivutusjäykkyys lattiapalkkia kohti

$$\begin{aligned} (EI)_L &= 0,5 * ((EI)_p + (EI)_T) \\ &= 0,5 * ((EI)_p + 1,448 * (EI)_p) \\ &= 8,47075 * 10^5 \text{Nm}^2 \end{aligned}$$

$$m = g_k + 0,3q_k = \frac{\left(1,012 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + 0,3 * 2,0 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) * 10^3}{9,81} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 164,32 \text{kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{\pi}{2 * L^2} * \sqrt{\frac{(EI_L)}{s * m}} \\ &= \frac{\pi}{2 * (3,9\text{m})^2} * \sqrt{\frac{8,47075 * 10^5 \text{Nm}^2}{0,4 * 164,32}} = 11,72 \text{Hz} \end{aligned}$$

11,72Hz > 9Hz OK!

$$\delta_L = \frac{FL^3}{48(EI)_L} = \frac{1,0 \cdot 10^3 (3900)^3 \text{ mm}}{48 \cdot 8,47075 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2} = 1,459 \text{ mm}$$

$$k_B = 0,5 \quad k_s = \sqrt{\frac{s}{0,6}} = \sqrt{\frac{0,4}{0,6}} = 0,816$$

$$k_B \cdot k_s \cdot \delta_L = 0,5 \cdot 0,816 \cdot 1,459 \text{ mm} = 0,595 \text{ mm}$$

0,595mm > 0,5mm !!!

Palkki ei riittää!

Palkkia kasvatetaan, LVL 45 mm * 300 mm

$$(EI)_p = E_{o,mean} \cdot I_{palkki} = 10500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{45 \text{ mm} \cdot (300 \text{ mm})^3}{12}$$

$$= 1,063 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$= 1,063 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2$$

$$(EI)_T = 1,448 \cdot (EI)_p$$

$$(EI)_L = 0,5 \cdot ((EI)_p + 1,448 \cdot (EI)_p)$$

$$= 1,301 \cdot 10^6$$

$$\delta_L = \frac{FL^3}{48(EI)_L} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot (3900)^3 \text{ mm}}{48 \cdot 1,301 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2} = 0,9499 \text{ mm}$$

$$k_B \cdot k_s \cdot \delta_L = 0,5 \cdot 0,816 \cdot 0,9499 \text{ mm} = 0,39 \text{ mm}$$

0,39mm < 0,5mm Palkki LVL 45mm * 300mm riittää!

Ikkunan ylityspalkki

(Alakerran seinä)

Max. 1500mm tuen keskeltä keskelle

Materiaali:

48mm * 198mm puupalkki C24

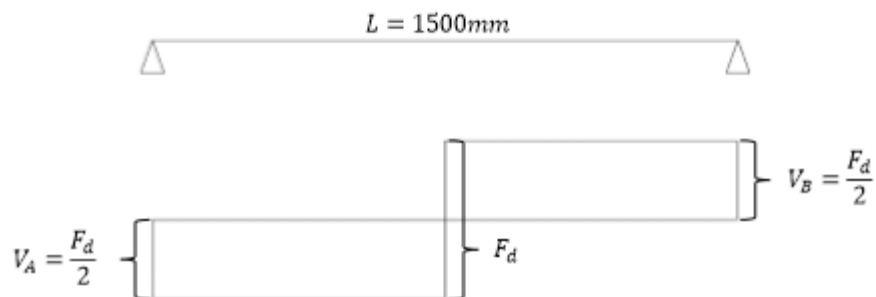
Käyttöluokka 1

1500mm:n alueelle menee 3 välipohjapalkkia

F_d = välipohjapalkin tukireaktio

$$F_d = 3,25kN * 3 = 9,75kN$$

Kuormitustapaus:



$$M_{max} = \frac{F_d L}{4} = \frac{9,75kN * 1,5m}{4} = 3,66kNm$$

Mitoitus taivutukselle:

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{m,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,4} * 24 \frac{N}{mm^2} = 13,7 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{min} \geq \sqrt{\frac{6M_d}{b * f_{m,d}}}$$

$$h_{min} = \sqrt{\frac{6 * 3,66 * 10^6 \text{ Nmm}}{48\text{mm} * 13,7 \frac{N}{mm^2}}} = 182,7\text{mm}$$

Taivutukselle riittää palkki 48mm x 198mm

Mitoitus leikkaukselle:

ehto: "rasitus" \leq "kestävyys"

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} f_{v,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,4} * 4,0 \frac{N}{mm^2} = 2,29 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2A_{eff}} \leq f_{v,d}$$

$$\frac{3V_d}{2 * \frac{2}{3} * b * h} \leq f_{v,d} \Rightarrow h_{min} \geq \frac{9V_d}{4 * b * f_{v,d}}$$

$$h_{min} \geq \frac{9 * 4,875 * 10^3 N}{4 * 48mm * 2,29 \frac{N}{mm^2}} = 99,8mm$$

leikkaukselle riittää valittu palkki!

Tukipinta:

$$V_d = F_d/2$$

$$V_d = 4,875kN$$

"rasitus"

$$\delta_{c,90,d} = \frac{V_d}{A_{tuki}} = \frac{4,875 * 10^3 N}{48mm * 48mm} = 2,116 \frac{N}{mm^2}$$

"kestävyys"

$$l_{c,90,d} = \min. \left[\begin{array}{l} 30 \\ a = 0 \\ l = 48 \end{array} \right] + l + \min. \left[\begin{array}{l} 30 \\ l = 48 \\ l_1/2 \end{array} \right]$$

$$\Rightarrow 0 + 48mm + 30mm = 78mm$$

$$k_{c\perp} = \frac{l_{c,90,d}}{l} k_{c,90} = \frac{78}{48} * 1,25$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} f_{c,90,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,4} * 2,5 \frac{N}{mm^2} = 1,43 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{"kestävyys"} = k_{c\perp} * f_{c,90,d} \Rightarrow 2,03 * 1,43 \frac{N}{mm^2} = 2,903 \frac{N}{mm^2}$$

"rasitus" $<$ "kestävyys"

Tukipinta riittää!

Taipuma:

$$\text{välipohjan palkeilta tuleva kuorma: } 0,405 \frac{kN}{m} + 0,8 \frac{kN}{m} = 1,205 \frac{kN}{m}$$

$$\Rightarrow \frac{1,205 \frac{kN}{m} * 3,9m}{2} = 2,35kN$$

$$2,35kN * 3 \text{ (max. palkkimäärä aukolle)} = 7,05kN$$

$$E_{o,mean} = 11000 \frac{N}{mm} \quad V_{max} = \frac{F_k L^3}{48EI}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{48mm * (198mm)^3}{12} = 31,05 * 10^6 mm^4$$

$$F_k = F_{g,k} + F_{q,k} \Rightarrow 7,05kN$$

$$W_{inst} = \frac{F_k L^3}{48EI} \Rightarrow \frac{7,05 * 10^3 N * (1500mm)^3}{48mm * 11000 \frac{N}{mm^2} * 31,05 * 10^6 mm^4} = 1,451mm$$

$$W_{inst,g} = \frac{F_{g,k}}{F_k} * W_{inst} \Rightarrow \frac{2,369kN}{7,05kN} * 1,451mm = 0,488mm$$

$$W_{inst,q} = \frac{F_{q,k}}{F_k} * W_{inst} \Rightarrow \frac{4,68kN}{7,05kN} * 1,451mm = 0,963mm$$

$$W_{net,fin} = W_{fin} = (1 + k_{det}) * W_{inst,g} + (1 + 0,2k_{det}) * W_{inst,q}$$

$$\Rightarrow (1 + 0,6) * 0,488mm + (1 + 0,2 * 0,6) * 0,963mm = 1,86mm$$

$$\frac{L}{\frac{1500}{1,86}} = \frac{L}{806} \leq \frac{L}{300}$$

Taipuma on OK!

1.Palkki

Käyttöluokka 1

Oletettu palkki: Liimapuu 90mm x 405mm (GL 28C)

Aikaluokka keskipitkä

Palkille tuleva kuorma:

Maksimissaan 6 lattiapalkkia osuu palkille

yhden lattiapalkin kuorma = 1,666 kN/m

$$6 * 1,666 \frac{kN}{m} = 9,996 \frac{kN}{m}$$

Matka jolta palkille kertyy kuormaa:

$$2010mm + 893,5mm = 2903,5mm$$

$$\text{Kertynyt kuorma on } 9,996 \frac{kN}{m} * 2,904m = 29,03 kN$$

$$\frac{29,03kN}{2,224m} = 13,05 \frac{kN}{m}$$

$$P_d = 13,05 \frac{kN}{m} + 1,15 + 0,182 \frac{kN}{m} = 13,26 \frac{kN}{m}$$

$$V_d = \frac{P_d L}{2} \quad V_d = \frac{13,26 \frac{kN}{m} * 2,224m}{2} = 14,75kN$$

$$M_d = \frac{P_d L^2}{8} \quad M_d = \frac{13,26 \frac{kN}{m} * (2,224m)^2}{8} = 8,2kNm$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{m,k} \quad \Rightarrow \quad \frac{0,8}{1,2} * 28 \frac{N}{mm^2} = 18,667$$

taivutus:

$$h_{vaad.} = \sqrt{\frac{6M_d}{b * f_{m,d}}} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{\frac{6 * 8,2 * 10^6 Nmm}{90mm * 18,667}} = 171,13mm$$

Valittu palkki riittää taivutukselle!

Tukipinta:

$$\text{"rasitus"} \quad \delta_{t,90,d} = \frac{V_d}{A_{tuki}} \Rightarrow \frac{14,75 \cdot 10^3 N}{90mm + 96mm} = 1,707 \frac{N}{mm^2}$$

"kestävyys"

$$k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{c,90,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,2} * 2,7 \frac{N}{mm^2} = 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

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

$$l_{c,90,ef} = \min. \left[\begin{array}{l} 30mm \\ a = 0 \\ l = 96 \end{array} \right] + l + \min \left[\begin{array}{l} 30mm \\ l \\ \frac{l_1}{2} \end{array} \right]$$

$$l_{c,90,ef} = 0 + 96mm + 30mm = 126mm$$

$$k_{c,\perp} = \frac{126mm}{96mm} * 1,5 = 1,968$$

$$k_{c,\perp} * f_{c,90,d} = 1,968 * 1,8 \frac{N}{mm^2} = 3,54 \frac{N}{mm^2}$$

"kestävyys" > "rasitus"

Tukipinta riittää!

leikkaus:

ehto: "rasitus" < "kestävyys"

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2A_{eff}} < f_{v,d}$$

$$3V_d < 2A_{eff} * f_{v,d}$$

$$A_{eff} > \frac{3V_d}{2f_{v,d}}$$

$$\Rightarrow h_{min} \geq \frac{9V_d}{4b * f_{v,d}}$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{v,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,2} * 2,7 \frac{N}{mm^2} = 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{min} \geq \frac{9V_d}{4b * f_{v,d}} = \frac{9 * 14,75 * 10^3 N}{4 * 90mm * 1,8 \frac{N}{mm^2}} = 204,86mm$$

Palkki riittää leikkaukselle!

taipuma:

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{90\text{mm} * (405\text{mm})^3}{12} = 49,823 * 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W = \frac{5}{384} * \frac{P_k L^4}{EI}$$

$$W_{inst} = \frac{5}{384} * \frac{7,23 \frac{\text{N}}{\text{mm}} * (2224\text{mm})^4}{12600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 49,823 * 10^7} = 0,37\text{mm}$$

$$W_{fin} = (1 + k_{def}) * W_{inst}$$

$$= (1 + 0,6) * 0,37\text{mm}$$

$$= 0,592\text{mm}$$

$$\text{Sallittu taipuma} = \frac{l}{400}$$

$$\frac{l}{400} = \frac{2224\text{mm}}{400} = 5,56\text{mm}$$

Taipuma on sallittu!

2.Palkki

Käyttöluokka 1

Oletettu palkki: Liimapuu 90mm x 405mm (GL 28C)

Aikaluokka keskipitkä

Palkille tuleva kuorma:

Maksimissaan 6 lattiapalkkia osuu palkille

yhden lattiapalkin kuorma = 1,666 kN/m

$$6 * 1,666 \frac{kN}{m} = 9,996 \frac{kN}{m}$$

Matka jolta palkille kertyy kuormaa:

= 893,5mm

Kertynyt kuorma on $9,996 \frac{kN}{m} * 0,8935m = 8,93 kN$

$$\frac{8,93kN}{3,022m} = 2,95 \frac{kN}{m}$$

$$P_d = 2,95 \frac{kN}{m} + 1,15 + 0,182 \frac{kN}{m} = 3,16 \frac{kN}{m}$$

$$V_d = \frac{P_d L}{2} \quad V_d = \frac{3,16 \frac{kN}{m} * 3,022m}{2} = 4,77kN$$

$$M_d = \frac{P_d L^2}{8} \quad M_d = \frac{3,16 \frac{kN}{m} * (3,022m)^2}{8} = 3,6kNm$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{m,k} \quad \Rightarrow \quad \frac{0,8}{1,2} * 28 \frac{N}{mm^2} = 18,667$$

taivutus:

$$h_{vaad.} = \sqrt{\frac{6M_d}{b * f_{m,d}}} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{\frac{6 * 3,6 * 10^6 Nmm}{90mm * 18,667}} = 113,39mm$$

Valittu palkki riittää taivutukselle!

Tukipinta:

$$\text{"rasitus"} \quad \delta_{t,90,d} = \frac{V_d}{A_{tuki}} \Rightarrow \frac{4,77 \cdot 10^3 N}{90mm \cdot 96mm} = 0,55 \frac{N}{mm^2}$$

"kestävyys"

$$k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{c,90,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,2} \cdot 2,7 \frac{N}{mm^2} = 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

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

$$l_{c,90,ef} = \min. \left\{ \begin{array}{l} 30mm \\ a = 0 \\ l = 96 \end{array} \right\} + l + \min. \left\{ \begin{array}{l} 30mm \\ l \\ \frac{l_1}{2} \end{array} \right\}$$

$$l_{c,90,ef} = 0 + 96mm + 30mm = 126mm$$

$$k_{c,\perp} = \frac{126mm}{96mm} \cdot 1,5 = 1,968$$

$$k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d} = 1,968 \cdot 1,8 \frac{N}{mm^2} = 3,54 \frac{N}{mm^2}$$

"kestävyys" > "rasitus"

Tukipinta riittää!

leikkaus:

ehto: "rasitus" < "kestävyys"

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2A_{eff}} < f_{v,d}$$

$$3V_d < 2A_{eff} \cdot f_{v,d}$$

$$A_{eff} > \frac{3V_d}{2f_{v,d}}$$

$$\Rightarrow h_{min} \geq \frac{9V_d}{4b \cdot f_{v,d}}$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k} \Rightarrow \frac{0,8}{1,2} \cdot 2,7 \frac{N}{mm^2} = 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

$$h_{min} \geq \frac{9V_d}{4b \cdot f_{v,d}} = \frac{9 \cdot 4,77 \cdot 10^3 N}{4 \cdot 90mm \cdot 1,8 \frac{N}{mm^2}} = 66,25mm$$

Palkki riittää leikkaukselle!

taipuma:

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{90\text{mm} * (405\text{mm})^3}{12} = 49,823 * 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W = \frac{5}{384} * \frac{P_k L^4}{EI}$$

$$W_{inst} = \frac{5}{384} * \frac{7,23 \frac{N}{mm} * (3022\text{mm})^4}{12600 \frac{N}{\text{mm}^2} * 49,823 * 10^7} = 1,266\text{mm}$$

$$W_{fin} = (1 + k_{def}) * W_{inst}$$

$$= (1 + 0,6) * 1,266\text{mm}$$

$$= 2,03\text{mm}$$

$$\text{Sallittu taipuma} = \frac{l}{400}$$

$$\frac{l}{400} = \frac{3022\text{mm}}{400} = 7,555\text{mm}$$

Taipuma on sallittu!

Yläkerran tasakerta

Kattotuolit k900

Kuormat:

$$\text{Lumikuorma} = 2,5 \frac{kN}{m^2} \Rightarrow \text{lumikuorma katolla} = 2,5 \frac{kN}{m^2} * 0,8 = 2 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{vesikatto} + \text{kattotuolit} = 0,8 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{eriste} = 0,08 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{koolaus} = 0,037 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{sisäverhous} = 0,09 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Kattotuolin pituus} = 7,418m + 0,75m + 0,75m = 8,918m$$

Yhdeltä ristikolta tulevat kuormat:

$$g_k = 1,007 \frac{kN}{m^2} * 0,9m = 0,906 \frac{kN}{m}$$

$$q_k = 2 \frac{kN}{m^2} * 0,9 = 1,8 \frac{kN}{m}$$

Tukireaktiot:

$$F_{g,k} = \frac{1}{2} g_k * L \Rightarrow \frac{1}{2} * 0,906 \frac{kN}{m} * 8,918m = 4,04kN$$

$$F_{q,k} = \frac{1}{2} q_k * L \Rightarrow \frac{1}{2} * 1,8 \frac{kN}{m} * 8,918m = 8,0262kN$$

$$F_d = 1,15 * F_{g,k} + 1,5 * F_{q,k} = 16,69kN$$

kuormien yhdistelmä

pysyvätkuormat + lumikuorma

aikaluokka: keskipitkä

Tukipainetarkastelu ristikon tuella:

"rasitus"

$$\delta_{c,90,d} = \frac{V_d}{A_{tuki}} \Rightarrow \frac{16,69 * 10^3 N}{198 mm * 42 mm} = 2,0 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{c,90,ef} = \min. \left[\begin{array}{l} 30 \\ \alpha = 0/429 \\ l = 42 \end{array} \right] + l + \min. \left[\begin{array}{l} 30 \\ l = 42 \\ l_{1/2} = \frac{858}{2} \end{array} \right]$$

$$= 0/30 + 42 + 30 \Rightarrow \text{reunaristikolla} = 72, \text{ muilla} = 102$$

reunaristikko:

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,d}}{l} * k_{c,90} = \frac{72}{42} * 1,25 = 2,14$$

$$\Rightarrow \text{"kestävyys"} = k_{c,\perp} * f_{c,90,\perp} = 2,14 * \frac{0,8}{1,4} * 2,5 = 3,06 \frac{N}{mm^2}$$

keskiristikko:

$$k_{c,\perp} = \frac{102}{42} * 1,25 = 3,04$$

$$\Rightarrow \text{"kestävyys"} = 3,04 * 1,42 \frac{N}{mm^2} = 4,32 \frac{N}{mm^2}$$

Ristikko ikkunan kohdalla:

KT1:

maksimi ikkuna – aukko: 1450mm

$$f_d = 16,69 kN$$

$$M_{d,max} = \frac{F_d L}{4} = \frac{16,69 kN * 1,45 m}{4} = 6,05 kNm$$

KT2:

$$V_{d,max} = \frac{900 mm + 352 mm}{1450 mm} * f_d + \frac{352 mm}{1450 mm} * f_d$$

$$= 1,106 f_d = 1,106 * 16,69 kN = 18,46 kN$$

Mitoitus taivutukselle KT1:

$$h \geq \sqrt{\frac{6 * M_d}{b * f_{m,d}}} \Rightarrow h \geq \sqrt{\frac{6 * 6,05 * 10^6 Nmm}{48 mm * 13,71 \frac{N}{mm^2}}} = 234,9 mm$$

$$\Rightarrow 2 * 48 mm + 198 mm = 191,7 mm$$

Mitoitus leikkaukselle KT2:

$$h_{\min} \geq \frac{3V_d}{2 * \frac{2}{3} b * f_{v,d}}$$

$$h_{\min} \geq \frac{3 * 18,46 * 10^3 N}{2 * \frac{2}{3} * 2 * 48 mm * 2,29 \frac{N}{mm^2}} = 188,9 mm$$

$$f_{v,d} = \frac{0,8}{1,4} * 4,0 \frac{N}{mm^2} = 2,29 \frac{N}{mm^2}$$

2 * 48mm * 198mm riittää leikkaukselle!

Tukipaine:

$$\text{"rasitus"} \Rightarrow \delta_{c,90,d} = \frac{V_d}{A_{\text{tuki}}} = \frac{23,02 * 10^3 N}{96 mm * 48 mm} = 4,996 \frac{N}{mm^2}$$

$$V_A = V_d = f_d + \frac{550}{1450} * f_d$$

$$= 16,69 kN + \frac{550}{1450} * 16,69 kN = 23,02 kN$$

$$\text{"kestävyys"} \Rightarrow k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{0,8}{1,4} * 2,5 \frac{N}{mm^2} = 1,43 \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,eff}}{l} * k_{c,90} = \frac{78}{48} * 1,25 = 2,03$$

$$l_{c,90,eff} = 0 mm + 48 mm + 30 mm = 78 mm$$

$$k_{c,\perp} * f_{c,90,d} = 1,43 \frac{N}{mm^2} * 2,03 = 2,90$$

kestävyys < rasitus ei kestä!

Aukon vieressä oltava 70 * 198 + 48 * 198 runkotolpat!

rasitus:

$$\Rightarrow \frac{V_d}{A_{ruki}} = \frac{23,02 * 10^3 N}{96mm * 118mm} = 2,03 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{c,90,ef,min} = \left[\begin{array}{c} 30 \\ \alpha = 0 \\ l = 96 \end{array} \right] + l + \min \left\{ \begin{array}{l} 30 \\ l = 96 \\ l_{1/2} = \frac{1400}{2} \end{array} \right.$$

$$= 0mm + 118mm + 30mm = 148mm$$

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90} = \frac{148}{118} * 1,25 = 1,57$$

$$k_{c,\perp} * f_{c,90,d} = 1,57 * 1,43 \frac{N}{mm^2} = 2,245$$

Tukipaine riittää runkotolpilla

70mm * 198mm + 48mm * 198mm

LIPAN PALKIN JA PILAREIDEN MITOITUS

Lipan räystäälle pilareiden päälle tuleva palkki LP 115x225 GL28C

Jänneväli 4350mm

Kuorma:

$$\frac{\left(8,7m^2 + 2 \frac{kN}{m^2} * 1,5\right)}{2} + \frac{\left(8,7m^2 + 0,8 \frac{kN}{m^2} * 1,15\right)}{2} = 17,1kN \quad \frac{17,1kN}{4,350m} = 3,9 \frac{kN}{m}$$

aikaluokka: keskipitkä

käyttöluokka: 2

materiaali: liimapuu GL 28C

Taivutus:

taivutuslujuuden laskenta-arvo

$$f_{m,d} = \frac{0,8}{1,2} * 28 \frac{N}{mm^2} = 18,666 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{d,max} = \frac{1}{8} * P_d L^2 = \frac{1}{8} * 3,9 \frac{kN}{m} * (4,35m)^2 = 9,223kNm$$

$$h \geq \sqrt{\frac{6 * M_d}{b * f_{m,d}}} \Rightarrow \sqrt{\frac{6 * 9,223 * 10^6 Nmm}{115mm * 18,666 \frac{N}{mm^2}}} = 160,6mm$$

Palkiksi riittää 115mm x 225mm

Leikkaus:

$$\frac{P_d L}{2} = \frac{3,9kN * 4,35m}{2} = 8,48kN$$

$$\text{"Rasitus"} \Rightarrow \tau_d = \frac{3V_d}{2A_{eff}} = \frac{3 * 8,48 * 10^3 N}{2 * 115mm * 225mm} = 0,49 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{"Kestävyys"} \Rightarrow f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * f_{v,k} = \frac{0,8}{1,2} * 2,7 \frac{N}{mm^2} = 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

Palkki riittää leikkaukselle!

Tukipaine:

$$\delta_{c,90,d} = \frac{V_{d,max}}{A_{tuki}} = \frac{9,223 \cdot 10^3 N}{115mm \cdot 115mm} = 0,697 \frac{N}{mm^2}$$

$$kestävyys = k_{c,\perp} \cdot f_{c,90,d}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{0,8}{1,2} \cdot 2,7 \frac{N}{mm^2} = 1,8 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{c,90,ef} = \min \left[\begin{array}{c} 30mm \\ a = 0 \\ l = 115mm \end{array} \right] + l + \min \left[\begin{array}{c} 30mm \\ l = 115 \\ l_{1/2} \end{array} \right]$$

$$= 0 + 115mm + 30mm = 145mm$$

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} \cdot k_{c,90} = \frac{145}{115} \cdot 1,5 = 1,89$$

$$\Rightarrow kestävyys = 1,89 \cdot 1,8 \frac{N}{mm^2} = 3,4 \frac{N}{mm^2}$$

$$\Rightarrow rasitus = 0,697 \frac{N}{mm^2}$$

Tukipinta riittää!

Pilarit

$$\text{Lipan koko} = 2m \times 4,350m = 8,7m^2$$

$$\text{lumikuorma } q_d = 2,0 \frac{kN}{m^2} \Rightarrow 8,7m^2 \cdot 2,0 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,5 = 26,1kN$$

$$\text{vesikatto + palkki} = 0,8 \frac{kN}{m^2} + 0,563kN \Rightarrow 8,7m^2 \cdot 0,8 \frac{kN}{m^2} + 0,563kN \cdot 1,15 = 8,65kN$$

yhdele pilarille tulee kuormaa 9kN

Pilarin purstuskestävyys:

$$115mm \cdot 115mm \cdot L2800mm$$

aikaluokka: keskipitkä

käyttöluokka: 2

Puristuskestävyys:

$$A = 115\text{mm} * 115\text{mm} = 13225\text{mm}^2$$

$$i = \frac{115}{\sqrt{12}} = 33,2$$

$$L_c = L = 2800\text{mm}$$

$$\text{hoikkuusluku } \lambda = \frac{L_c}{i} \Rightarrow \frac{2800\text{mm}}{33,2} = 84,34$$

$$k_c = 0,32$$

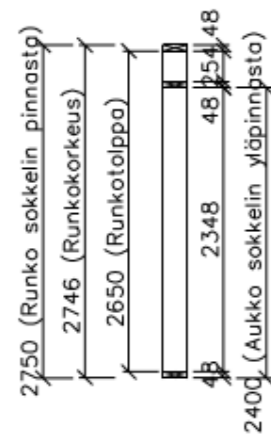
$$\text{kestävyys} = A * k_c * f_{c,0,d}$$

$$\Rightarrow 13225\text{mm}^2 * 0,32 * \frac{0,8}{1,2} * 21 = 59,25\text{kN}$$

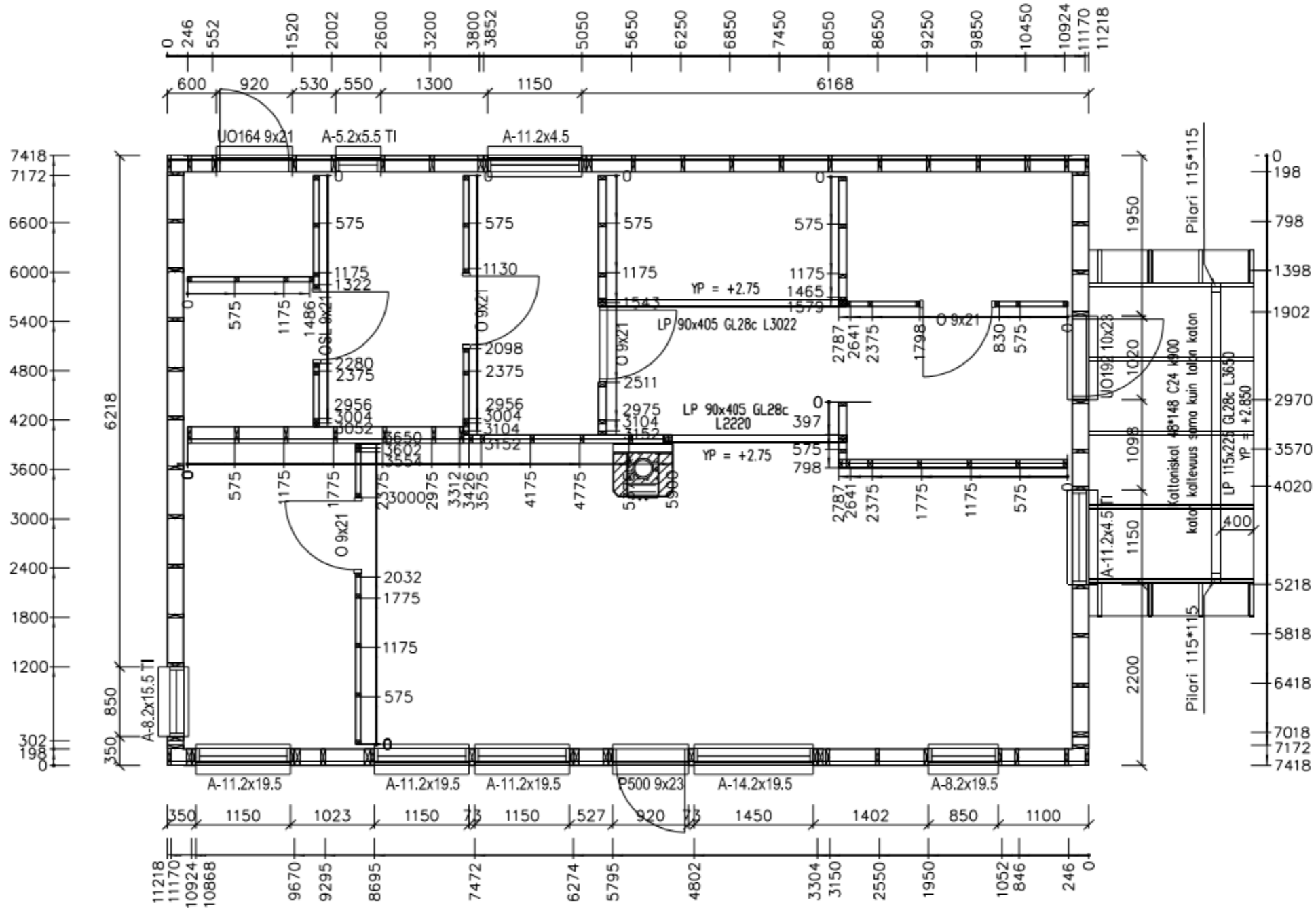
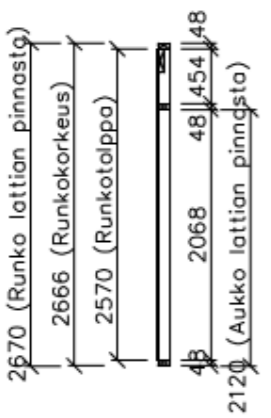
Pilarit riittää kuormalle!

OPINNÄYTE TYÖ		Pinnustuksen sisältö	
		Runkotolppajako 1 krs	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirittäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:50	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	

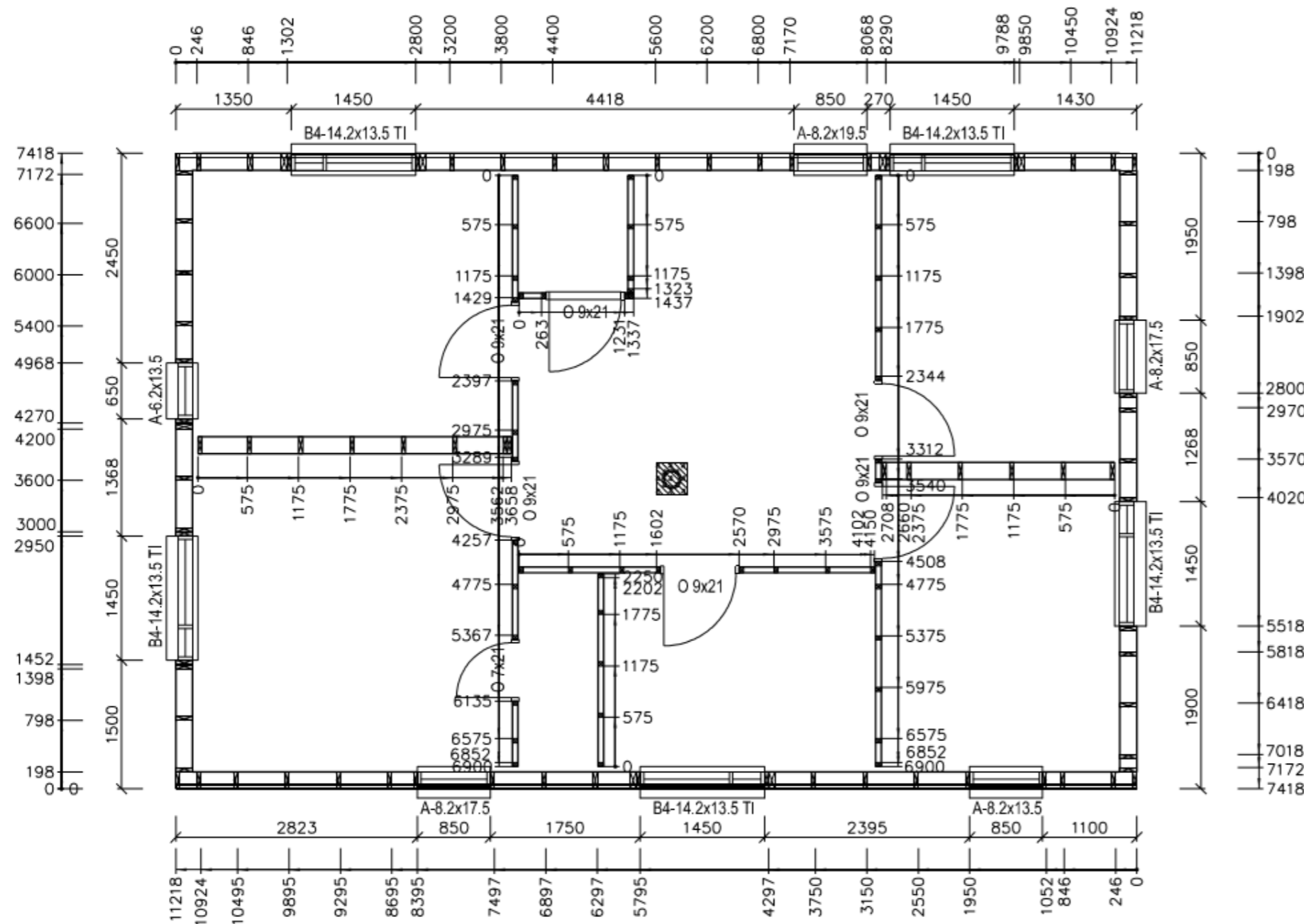
RUNKOLEIKKAUS
Huonekorkeus 2500
Aukkojen yläpinta 2300



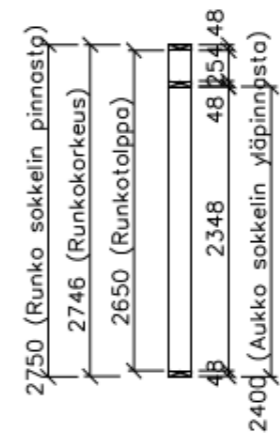
RUNKOLEIKKAUS KVS
Huonekorkeus 2600
Aukkojen yläpinta 2100



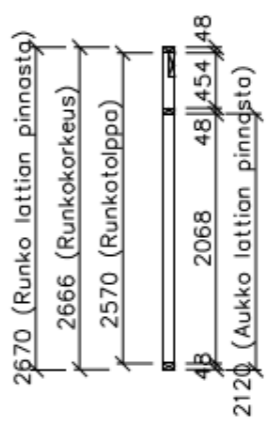
OPINNÄYTETYÖ		Piirustuksen sisältö	
		Runkotolppajako	
		2 krs	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivi	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:50	Rakennus Helsinki 168		Tiedosto



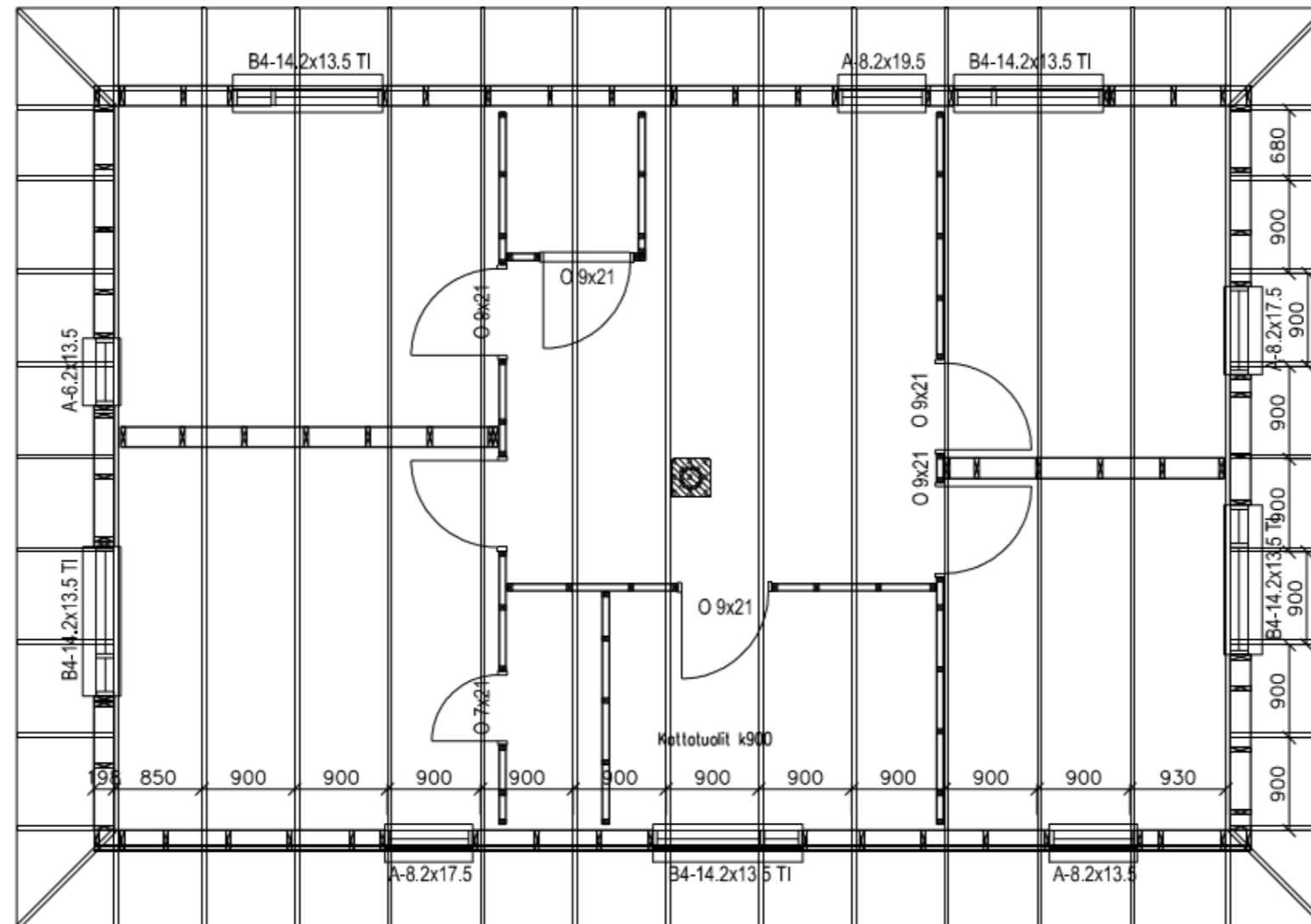
RUNKOLEIKKAUS
Huonekorkeus 2600
Aukkojen yläpinta 2300



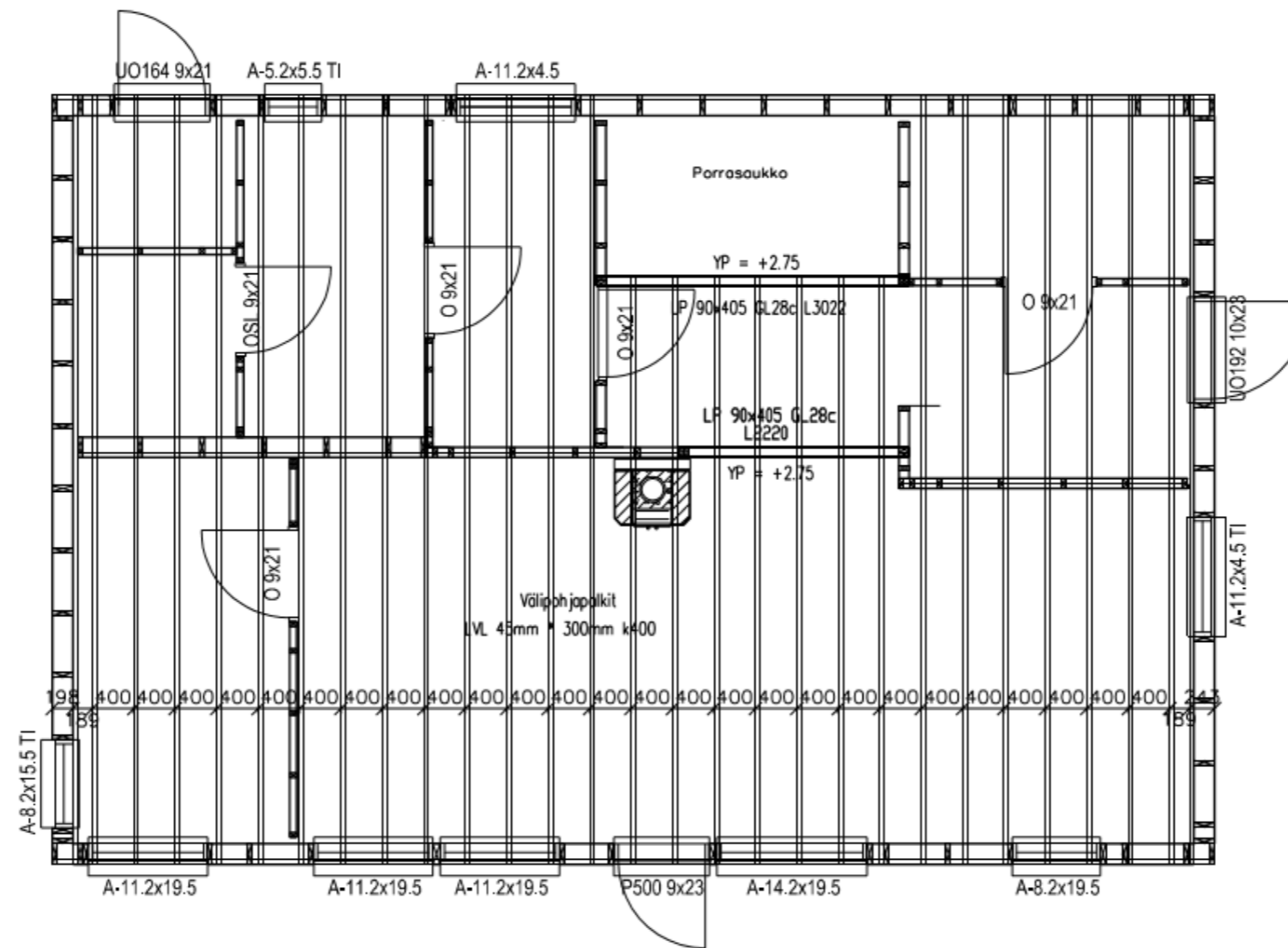
RUNKOLEIKKAUS KVS
Huonekorkeus 2600
Aukkojen yläpinta 2100



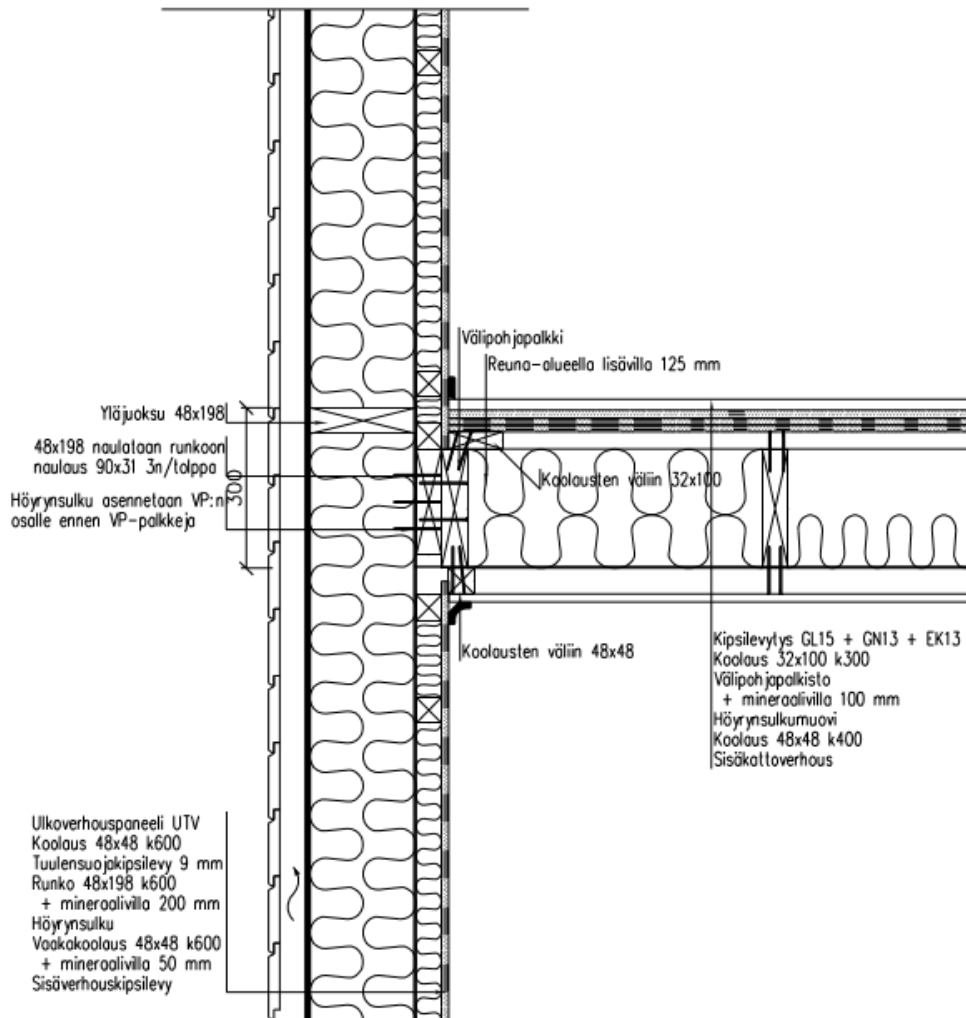
OPINNÄYTETYÖ		Piirustuksen sisältö	
		Ristikkojako	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:50	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	



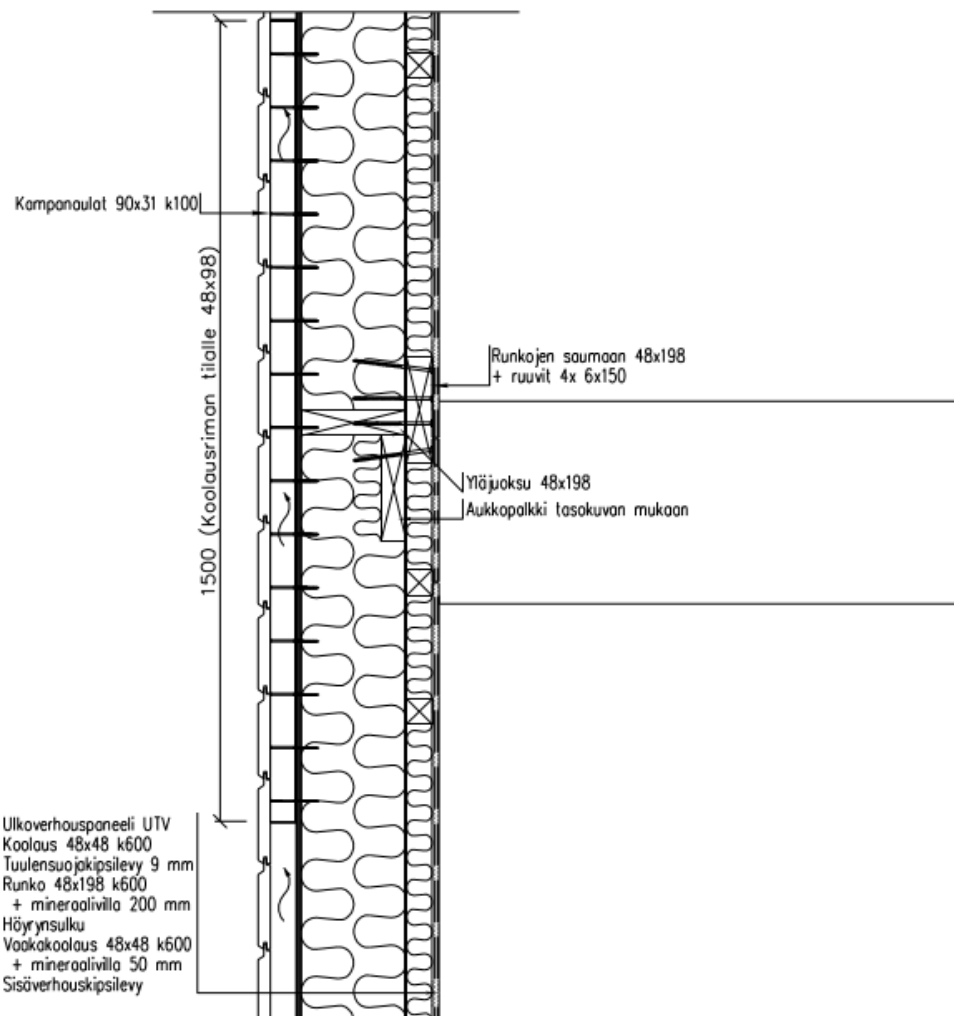
OPINNÄYTETYÖ		Päristuksen sisältö Välipohjan palkit	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirittäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:50	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	



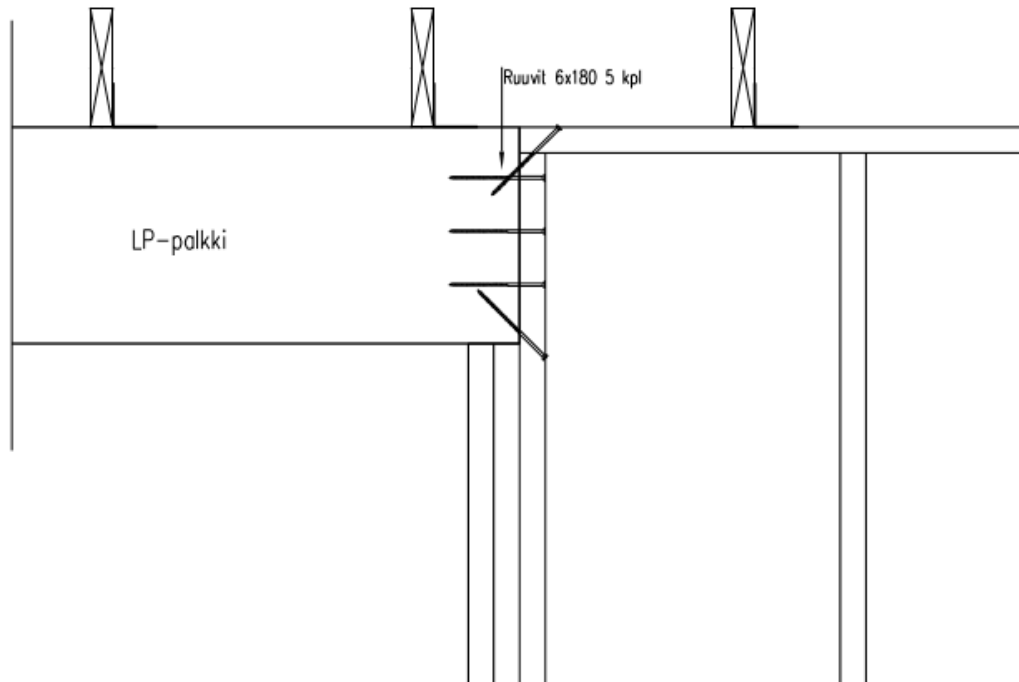
OPINNÄYTETYÖ		Pirstuksen sisältö	
		Välipohjan liitos ulkoseinään päätyseinällä	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168	Tiedasto	



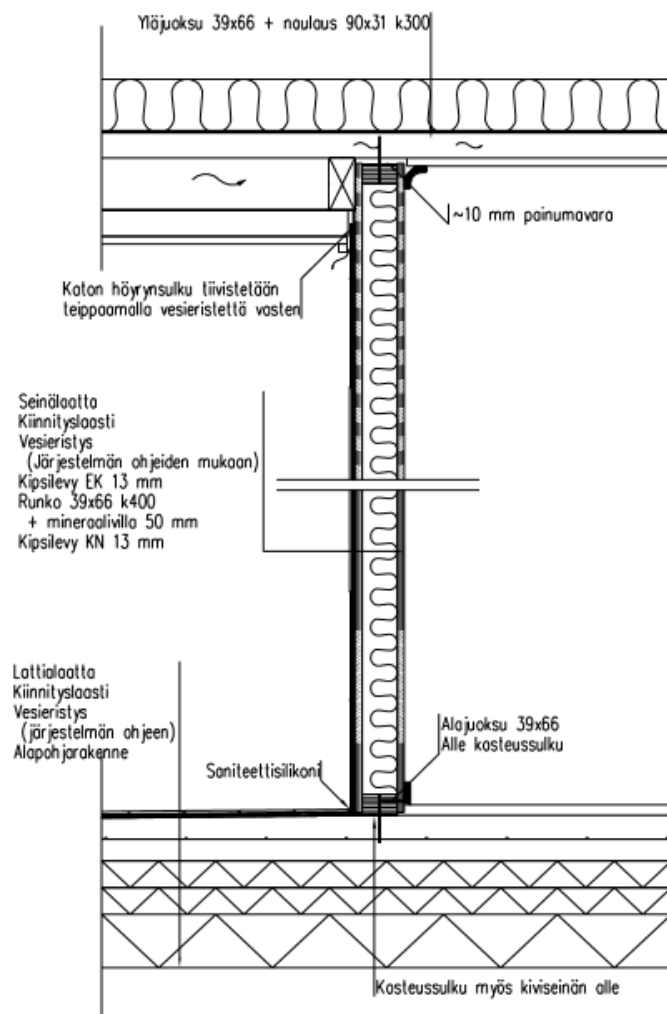
OPINNÄYTETYÖ		Pirustuksen sisältö	
		Aukko välipohjassa ulkoseinän sauman jäykistys	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirittäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	



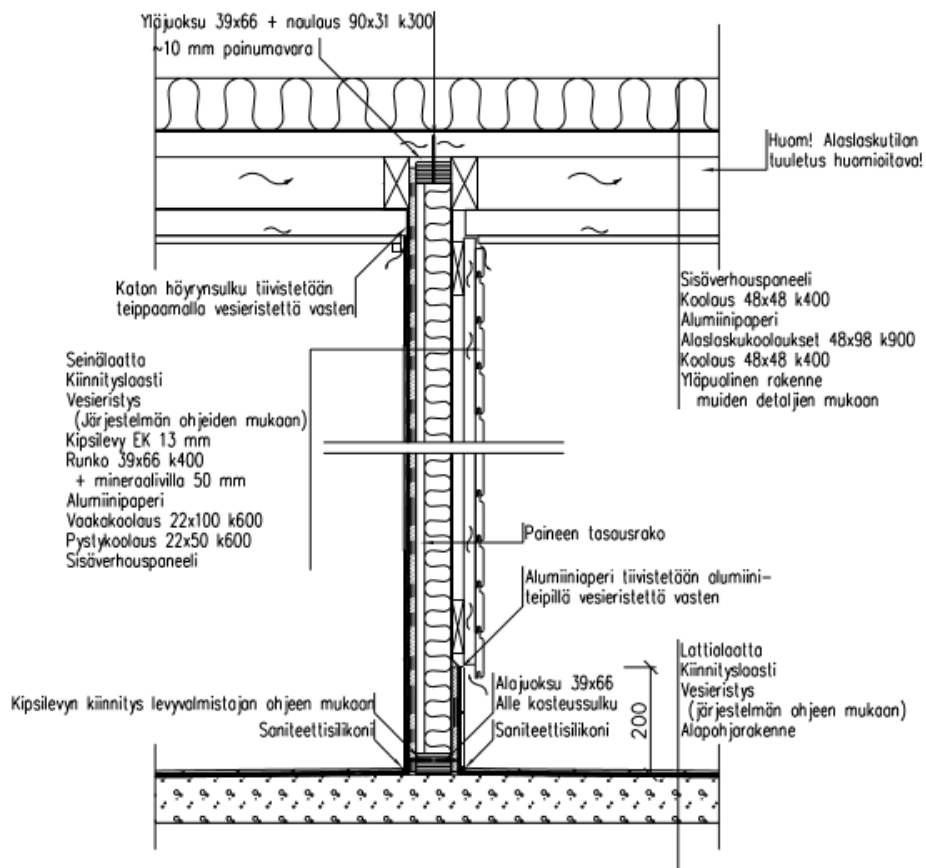
OPINNÄYTETYÖ		Päristyksen sisältö	
		Liimapuupalkin liitos kantavaan väliseinään, periaatteellinen	
Päiväys 21.4.2017	Muutospöytä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	



OPINNÄYTE TYÖ		Päristyksen sisältö	
		Pesuh. ja kuivan tilan väliseinä	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168		Tiedosto

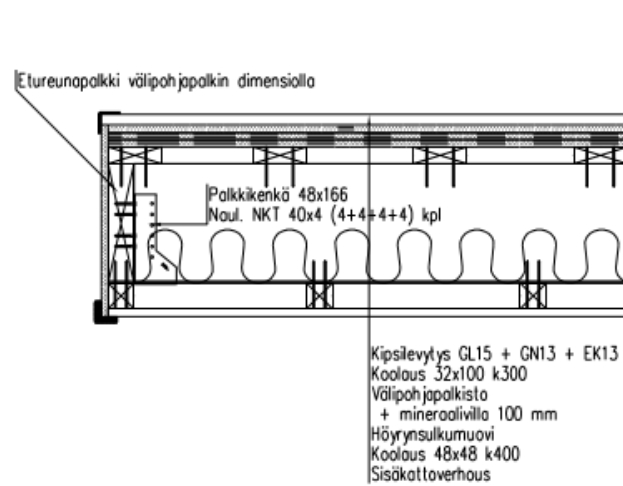


OPINNÄYTETYÖ		Pirustuksen sisältö	
		Pesuhuoneen ja saunan väliseinä	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suide 1:10	Rakennus Helsinki 168		Tiedosto

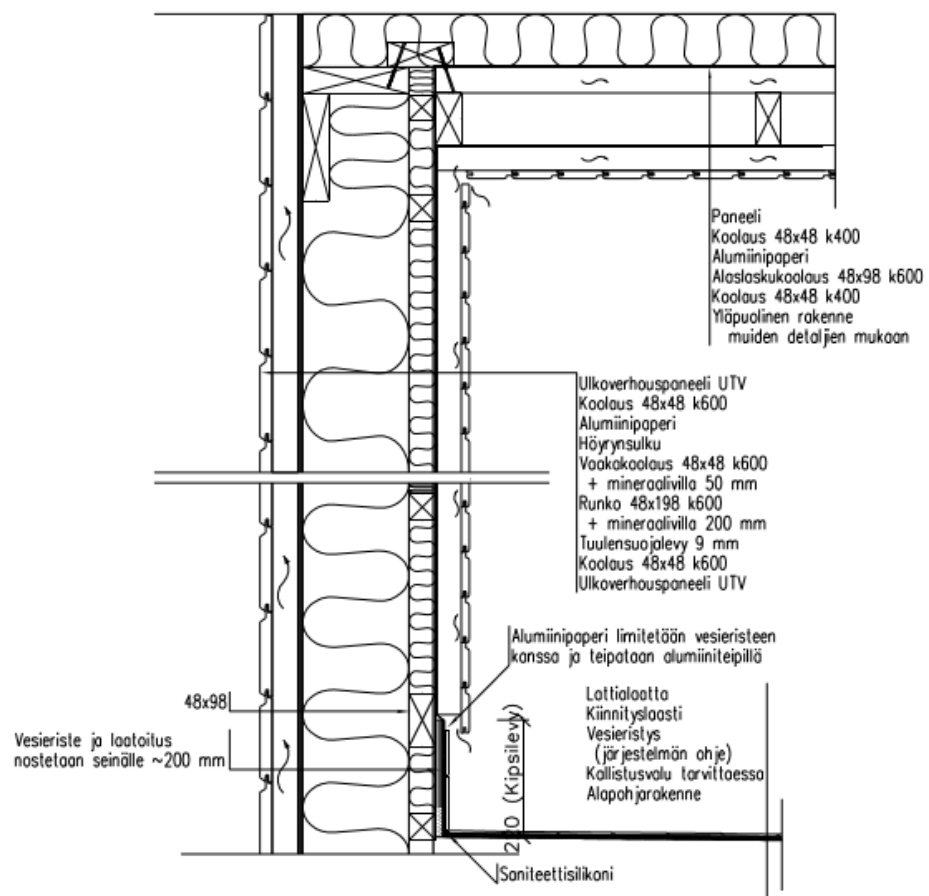


OPINNÄYTETYÖ		Pinnustuksen sisältö	
		Porrasaukko	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalojoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	

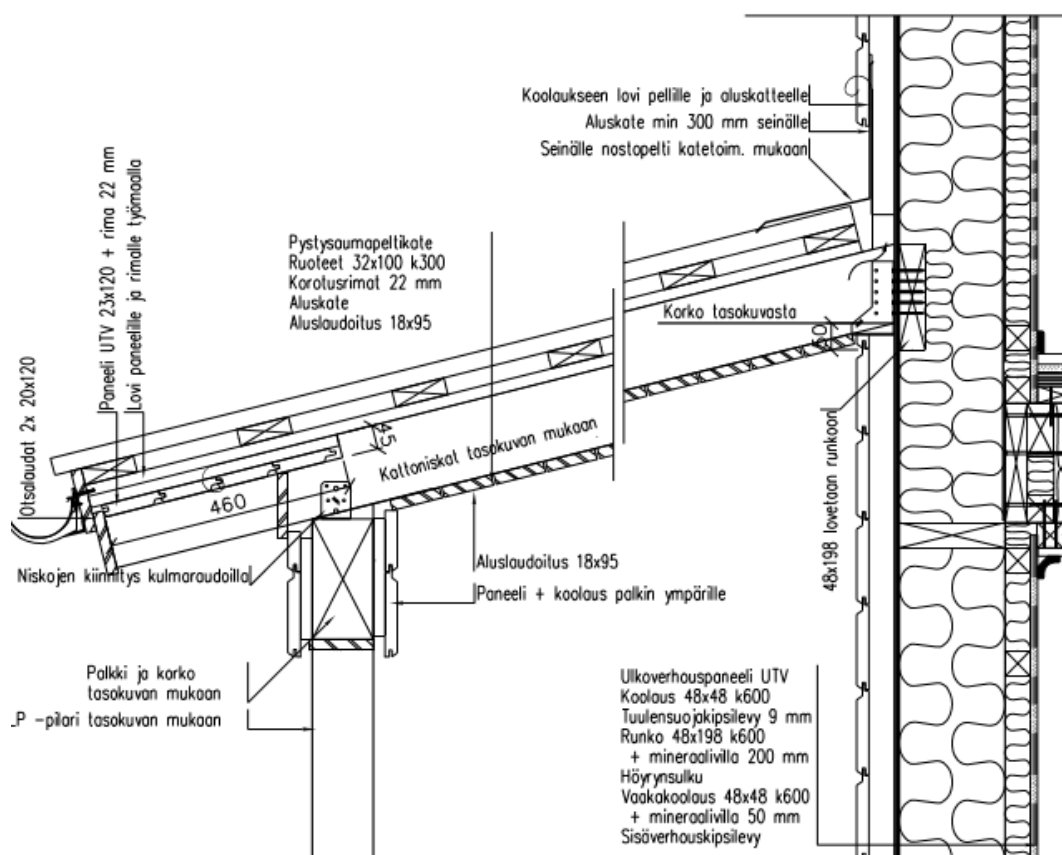
PORRASAUKON ETUREUNA



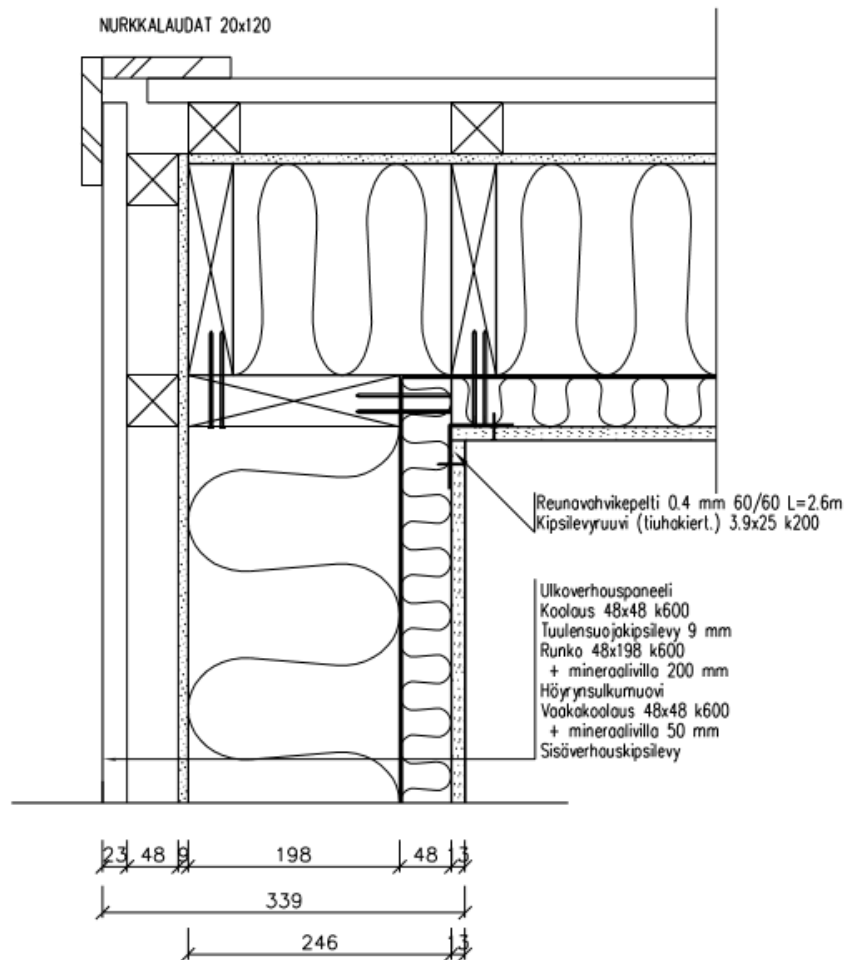
OPINNÄYTETYÖ		Pirustuksen sisältö	
		Sauna ulkoseinällä	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168		Tiedosto



OPINNÄYTETYÖ		Päärakenteen sisältö	
		Terassin katto, erillinen lippa	
		2 krs	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:10	Rakennus Helsinki 168		Tiedosto



OPINNÄYTETYÖ		Päristuksen sisältö	
		Ulkoseinä Ulkonurkka	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirtäjä Eerik Humalajoki	Muutos		
Suhde 1:5	Rakennus Helsinki 168		Tiedosto



OPINNÄYTETYÖ		Pölysuojauksen siltä	
		Ulkoseinä Ikkuna	
Päiväys 21.4.2017	Muutospäivä	Työn nro	Tunnus
Piirittäjä Eerik Humalojoki	Muutos		
Suhde 1:5	Rakennus Helsinki 168	Tiedosto	

