

Antti Harri

RINTAMAMIESTALON RAKENNESUUNNITTELU

RINTAMAMIESTALON RAKENNESUUNNITTELU

Antti Harri
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, talonrakennustekniikka

Tekijä(t): Antti Harri
Opinnäytetyön nimi: Rintamamiestalon rakennesuunnittelu
Työn ohjaaja(t): Pekka Harju
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2016 Sivumäärä: 52 + 15 liitettä

Suomessa on paljon sotien jälkeen valmistuneita niin sanottuja rintamamiestaloja. Osa on täysin peruskorjattuja, mutta monet ovat edelleen alkuperäisessä kunnossa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia korjaussuunnitelmat Oulun Karjasillalla sijaitsevaan rintamamiestaloon. Talossa oli kolme eri paikoissa esiintyvää ongelmaa: epäsuoruudet ensimmäisen kerroksen katossa, epäsuoruudet ensimmäisen kerroksen lattiassa sekä tulevaisuutta ajatellen takan varauksen suunnittelu olohuoneeseen.

Opinnäytteen alussa otettiin mittoja ja luotiin ArchiCADillä 3D-malli kohteesta. Apuna käytettiin myös asiakkaan toimittamia rakennuslupakuvia vuodelta 2002, jolloin taloa oli laajennettu elintasosiivellä. 3D-mallia käytettiin rakennesuunnittelun apuna ja työn lopussa rakennuslupakuvien piirtämiseen. Varsinainen laskenta tehtiin MathCAD Prime -matematiikkaohjelmalla. Laskenta tehtiin eurokoodin mukaisesti, ja saatuja tuloksia verrattiin markkinoilla vapaasti saatavilla olevaan Finnwood-puumitoitusohjelmaan.

Rakenteiden mitoituksen perusteella piirrettiin ArchiCADillä rakennuslupakuvat. Rakennuslupakuvissa on esitetty detaljipiirroksina uudet rakenteet, joista myös ilmenee miten ne liittyvät olemassaoleviin rakenteisiin. Tuotettuja kuvia asiakas voi hyödyntää hakiessaan rakennuslupaa Oulun rakennusvalvonnasta. Lisäksi laadittiin ohjeet siitä, miten rakenteet asennetaan oikeassa järjestyksessä ja kokonaisuus huomioiden. Näin asiakas voi tehdä muutostöitä myös itse.

Asiasanat: rakennesuunnittelu, tietokoneavusteinen suunnittelu, rintamamiestalo, tyypitalot, korjausrakentaminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Structural Engineering

Author(s): Antti Harri

Title of thesis: Structural design of a veteran house

Supervisor(s): Pekka Harju

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Pages: 52 + 15
appendices

There are many so called veteran houses in Finland that were built during and after the World War II. Many of them have been renovated to today's standards but many of them are still in their original shape.

Goal of this thesis was to create plans for renovating a veteran house located in Karjasilta, Oulu. There were three separate problems in the house: curvature in the ceiling of the first floor, curvature in the floor of the first floor and also plans to add a fireplace to the living room.

In the beginning of the thesis measuring was done and 3D model was created with ArchiCAD modeling software. The client provided the project with building permit plans from an expansion done in 2002 that were used as a reference when creating the 3D model. Actual calculations were done using MathCAD Prime mathematical software. Results from MathCAD Prime were compared against results from Finnwood, which is a timber structure designing program.

Once the appropriate timber structures and joinery were designed with MathCAD the actual building permit plans were drawn using ArchiCAD. Detailed drawings were made about how the structures fit together with the old structures. The client was also provided details and instructions how to assemble newly designed structures.

Keywords: structural engineering, computer-aided design, veteran housing, house renovation

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajaani, Oulun Karjasillalla asuvaa pariskuntaa siitä, että he halusivat teettää oppilastyönä korjaussuunnitelmat taloonsa ja projektin mukana olemisesta. Koko projekti on ollut minulle opettavainen ja hyödyllinen.

Haluan kiittää myös läheisiäni avusta ja tuesta insinöörintutkinnon loppuunsaattamisessa.

Kellossa 11.12.2015

Antti Harri

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 RINTAMAMIESTALOT	10
2.1 Rintamamiestalojen historia	10
2.2 Talotyypin erityispiirteet	12
2.3 Talotyypin yleiset ongelmakohdat	15
2.4 Karjasillan alue	16
3 RAKENNESUUNNITTELU	19
3.1 Kuormien määrittäminen	21
3.2 Kuormitusyhdistelmät	22
3.3 Voimasuureiden laskenta	24
3.4 Palkkien mitoittaminen	25
3.4.1 Taivutuskestävyys	27
3.4.2 Kiepahdus	28
3.4.3 Leikkaus	29
3.4.4 Tukipaine	30
4 KARJASILLAN KOHTEEN SUUNNITTELUN OSA-ALUEET	32
4.1 Välipohjien epäsuoruudet	32
4.2 Ylemmän välipohjan ongelmat	33
4.3 Ensimmäisen välipohjan ongelmat	34
4.4 Takan perustukset	35
5 KARJASILLAN KOHTEEN RAKENNESUUNNITTELU	36
5.1 Suunnittelutyön aloitus	36
5.2 Ikkunanylityspalkit ylemmän kerroksen taipuman korjaamiseksi	36
5.2.1 Vesikaton aiheuttama kuormitus	37
5.2.2 Mitoitus	39
5.2.3 Ikkunanylityspalkki IYP1:n kiepahduskestävyys	39

5.2.4 IYP2:n taivutuskestävyys	40
5.3 Ensimmäisen välipohjan uudet lattiankannatinpalkit	42
5.3.1 Kuormien kulku	42
5.3.2 Välipohjan kannattimen VP1LT:n taipumamitoitus	42
5.3.3 Takan varaus	43
5.3.4 Välipohjan kannattimen VP1T:n leikkausmitoitus	44
6 MITOITETUT RAKENTEET JA KORJausehdotukset	45
6.1 Välipohja VP1:n korjausehdotukset	45
6.2 Takan perustukset	45
6.3 Välipohja VP2:n korjausehdotukset	46
6.4 Asiakkaan dokumentit	47
7 POHDINTA	48
LÄHTEET	49
LIITTEET	52

SANASTO

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
Jänneväli	Palkkirakenteessa sen tukipisteiden väli
Kuormitus	Rakenteeseen kohdistuva rasitus
Käyttörajatila	Tila, jonka ylittämisen jälkeen käyttökelpoisuusvaatimukset eivät enää täyty
Murtorajatila	Tila, jolloin rakenne sortuu tai vaurioituu
Palkki	Kapea ja pitkä vaakasuuntainen kantava rakenne
Pilari	Hoikka, pystysuunnassa kantava rakenne
Rakennesuunnittelu	Rakennuksen kantavien osien suunnittelu
Rakennussuunnittelu	Kaikki rakennuksen suunnitteluun kuuluva
Superpositioperiaate	Yhteenlaskuperiaate; suureet ovat keskenään yhteenlaskettavissa

1 JOHDANTO

Toisen maailmansodan aikaan vuosina 1939 – 1945 Suomessa menetettiin paljon asuntoja. Ratkaisuksi kehitettiin rintamamiestalo. Rintamamiestalo on sotien jälkeinen jälleenrakennuskauden tyyppitalomalli. Siinä on yleensä 1½ kerrosta, se on puurankarunkoinen ja siinä on keskeisesti sijoitettu savupiippu. Muodoltaan talot ovat noppamaisia tilojen tehokkaan käytön takia. (1, s. 11; 2, s. 16.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä rintamamiestaloon korjaus- ja rakennesuunnittelu. Talossa oli kolme eri paikoissa esiintyvää ongelmaa: epäsuoruudet ensimmäisen kerroksen katossa, epäsuoruudet ensimmäisen kerroksen lattiassa sekä tulevaisuutta ajatellen takan varauksen suunnittelu olohuoneeseen.

Työn alussa perehdytään kohteen rakenteisiin ja mittoihin. Asiakkaan aiempia rakennuslupakuvia tai kuntoarvioita voidaan myös käyttää hyväksi. Seuraavaksi selvitetään, mistä ongelmat aiheutuvat, ja suunnitellaan paras tapa korjata ne.

Kohteena oleva rakennus sijaitsee Oulun Karjasillalla, ja työn tilaajana on yksityishenkilö. Rakennuksessa on kaksi kerrosta sekä erillinen kellarikerros. Rakennusta on laajennettu 2002 niin sanotulla elintasosiivellä, jossa on makuuhuone, kylpyhuone ja sauna.

2 RINTAMAMIESTALOT

Rintamamiestaloksi kutsutaan perinteistä jälleenrakennusajan tyyppitaloa, joiden rakentamista ohjasivat keskitetyt suunnitelmat. Suurin muutos aikaisempaan rakennustapaan nähden oli Amerikassa jo 1800-luvulla keksitty naulaamalla tehty rankarunko, joka laudoitettiin ja eristettiin sahanpurulla. Tämä rakennustyyppi oli huomattavasti edullisempi ja nopeampi rakentaa kuin perinteinen hirsitalo, sillä niiden rakentaminen ei vaatinut perinteistä kirvesmiestaitoa eikä erikoisvälineitä. Taloja rakennettiin valtion aloittaman jälleenrakennusprojektin yhteydessä samanaikaisesti koko maassa. (1, s. 11; 2, s. 16.)

2.1 Rintamamiestalojen historia

Jälleenrakennuskausi sijoittuu toisen maailmansodan aikaan ja noin vuosikymmen sen jälkeen. Suomea jälleenrakennettiin kolmeen kertaan. Ensimmäinen kausi alkoi heti talvisodan jälkeen maaliskuussa 1940, kun yli 110 000 rakennusta oli menetetty pommituksissa ja alueluovutusten myötä. Säädettiin pika-asetuslaki, jonka avulla maaseuduille saatiin perustettua yli 60 000 pientilaa. Lisäksi taajamiin perustettiin uusia, yhtenäisiä asuinalueita. Toisessa vaiheessa heti jatkosodan alussa, takaisin vallatuille kotiseuduilleen palanneet karjalaiset evakot kunnostivat noin 15 000 pientilaa rakennuksineen. (2, s. 16 - 17.)

Varsinainen jälleenrakennusaika eli kolmas vaihe alkoi vuonna 1944. Tällöin oli edessä valtava asutustyö, sillä yli yksitoista prosenttia suomalaisista oli ilman asuntoa. Pelkästään kodittomia karjalaisia oli yli 400 000, lisäksi Lappi oli poltettu ja Porkkala piti tyhjentää. Vuoden 1945 maanhankintalailla muodostettiin asutus- eli maanhankintatiloja rintamamiehille, kaatuneiden omaisille ja luovutetuilta alueilta saapuneelle siirtoväelle. Lisäksi kaupunkien tuntumaan perustettiin noin 34 000 asutustonttia. Samaan aikaan tapahtunut maareformi eli maaomaisuuden uusjako muutti maaomistuksia valtavasti. Suuret kartanot joutuivat luovuttamaan jopa 80 prosenttia tilojen pinta-aloista asutustoimintaan, pienemmistä tiloista lohkaistiin puolestaan 10 prosenttia. Jälleenrakentamisen pääpaino keskittyi koko 1940-luvun maaseudulle, sillä elintarviketuotannon turvaamiseen tarvittiin maatiloja. (2, s. 17.)

Kun pahin asuntopula alkoi helpottaa 1940-luvun lopulla, alkoi huomio keskitty-
mään enemmän kaupunkiin. Tällöin rakennettiin yhä enemmän rintamamies-
taloilla täytettyjä kaupunginosia. Yksi esimerkki tällaisesta kaupunginosasta on
Oulun Karjasilta, jossa tämän opinnäytetyön kohteena oleva talo sijaitsee. Karja-
sillan puutaloaluetta kaavoitettiin monessa vaiheessa: ensimmäinen asema-
kaava valmistui vuonna 1944, ja viimeinen asemakaavan laajennus valmistui
vuonna 1968. (2, s. 17; 3, s. 8.)

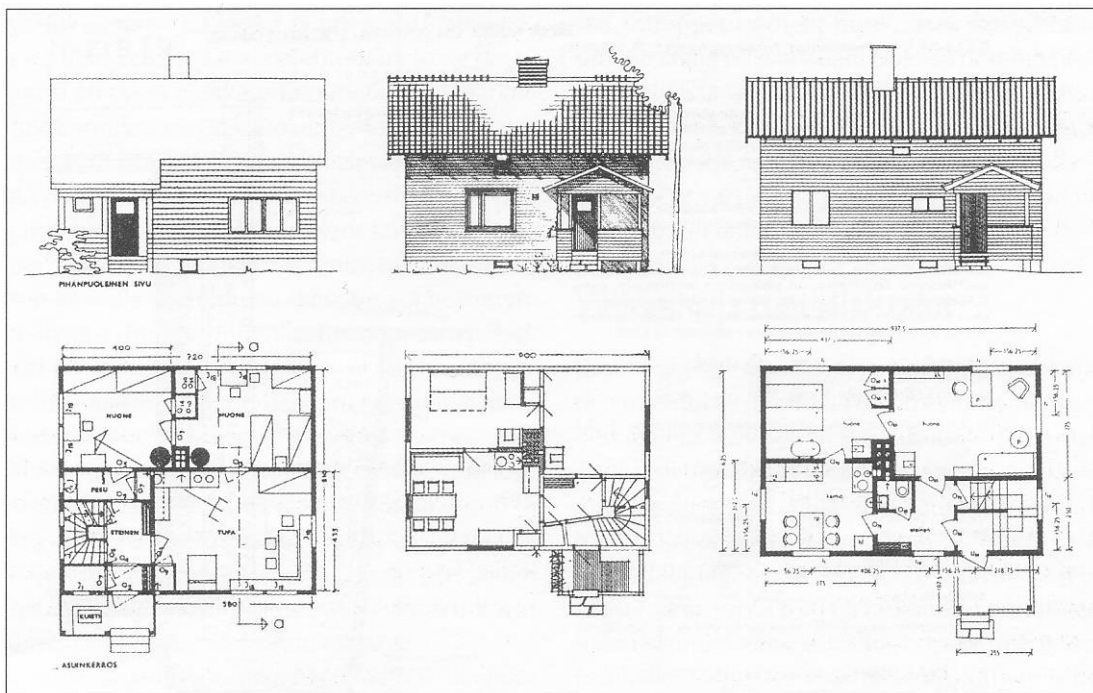
Rakentamista rahoitettiin ARAVA-lainajärjestelmällä, jonka tiukat lainaehdot vai-
kuttivat paitsi asuntojen kokoihin, myös rakentamistapaan. Säännösten ja valvon-
nan ansiosta asunnoista tuli korkealaatuisia. (2, s. 17.)

Vaikka varsinaisen jälleenrakennusajan lasketaan päättyneen vuonna 1952, kun
viimeiset sotakorvaukset saatiin maksetuksi, jälleenrakennusajan tyyppitalo toimi
perusmallina omakotitalorakentamisessa vielä koko 1950-luvun. Rankarunkoi-
nen ja jyrkkäkattoinen noppamainen talo oli nopea ja edullinen rakentaa. Näitä
taloja onkin huomattavasti paljon enemmän kuin varsinaisia rintamamiehille ja
evakoille tehtyjä maaseututiloja ja kaupunkitontteja. (2, s. 17.)

Vaikka puhutaankin yleisesti jälleenrakennusajan taloista, erilaisia talotyyppejä
oli useita. Väli rauhan aikana rakennettiin 2000 niin sanottua ruotsalaistaloa, jotka
olivat Ruotsin valtion järjestämän kansalaiskeräyksen tuotoilla kustannettuja ta-
lopaketteja. Talot suunniteltiin Suomessa, mutta elementit valmistettiin ruotsalai-
sissa talotehtaissa, lisäksi työ- ja kokoamisohjeet vastasivat ruotsalaisia standar-
deja. Talomalleja oli kaikkiaan neljä, kaksi kaupunkiin ja taajamiin sekä kaksi
maaseudulle suunniteltua tyyppitaloa. Kaupunkitalot olivat matalampia, sillä
niissä ei ollut ullakkokerrosta kuten maaseudulle tarkoitettuissa taloissa. Sen sijaan
kaupunkitaloissa oli iso kellari, joten erillistä ulkorakennusta ei tarvinnut rakentaa.
Ruotsalaistalot olivat yleensä muita tyyppitaloja pienempiä, eikä niissä ollut yhtä
jyrkkä kattokulma kuin vastaavissa suomalaisissa taloissa. (1, s. 9 – 10; 2, s. 18.)

Asevelitaloja rakennettiin jatkosodan asemasotavaiheen aikana takaisin valloitetun Karjalan alueelle. Suomen Aseveljien Liitto tilasi Suomen Arkkitehtiiliiton jälleerakennustoimistolta nopeasti rakennettavan mallitalon piirustukset, joita jaettiin rintamalle 9 000 kpl. Sotilaat kokosivat hirsikehikot, jotka lähetettiin rakennuspaikoille uudelleen pystytettäväksi. Rintamalla taloja valmistui reilu tuhat, mutta ympäri maata paikalliset aseveliyhdistykset rakensivat jopa kokonaisia asevelikyliä. (2, s. 18; 1, s. 10.)

Varsinaisten tyyppitalomallien suunnitelmat julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1940 nimellä ”Siirtoväen pika-asutustoimintaa varten suunniteltuja rakennuspiirustuksia”. Näiden ensimmäisten suunnitelmien joukossa oli parikymmentä eri talomallia. Myöhemmin seuraavien parin vuosikymmenen aikana eri viranomaiset ja yhteisöt julkaisivat kymmeniä tyyppi- ja erikoispiirustuksia. (2, s. 18.) (Kuva 1.)



KUVA 1. Erityyppisiä rintamiestaloja (1, s. 7)

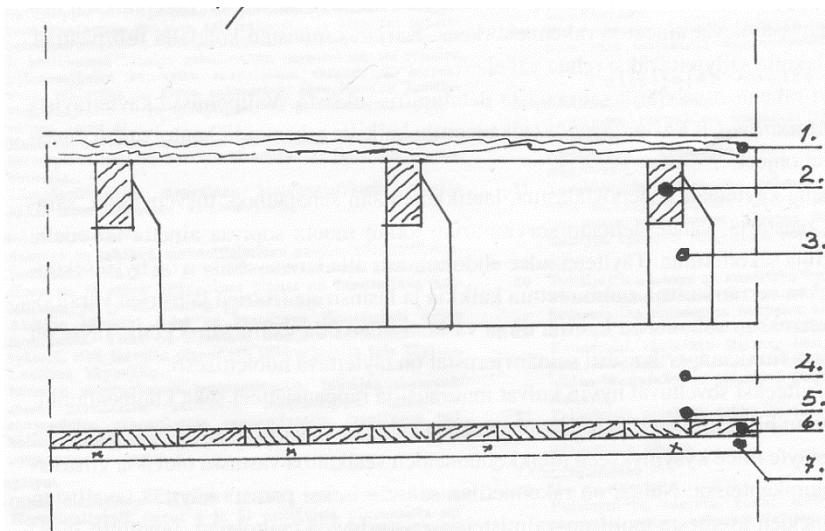
2.2 Talotyyppien erityispiirteet

Uudet tyyppitalot poikkesivat ulkoasultaan perinteisestä suomalaisesta rakentamistyylistä. Talot olivat korkeita ja noppamaisia, ja niiden kattokulma oli jyrkähkö.

Rakennusten ikkunat olivat pienehköjä. Yksityiskohtia oli niukasti, koska rakentamisessa käytettiin yksinkertaista tekniikkaa ja rakennusmateriaaleista oli pula. Suunnittelussa päähuomio keskittyi käytännöllisyyteen ja toimivuuteen. Talon sydän oli rakennuksen keskelle sijoitettu tulisijojen ja hormien ryhmä, joiden ympärille huoneet ryhmittivät. Sisäänkäynti rakennettiin usein niin, ettei yläkertaan käynti tapahtunut alakerran eteisen kautta. Yläkerta rakennettiinkin valmiiksi usein vasta myöhemmässä vaiheessa. (1, s. 9; 2, s. 23.)

Kellarit rakennettiin lämmittämättömäksi säilytystilaksi muun muassa polttopuita ja perunoita varten. Rakentajilla oli käytettävissä monenlaisia ohjeita kellarien rakentamisesta kuivaksi, mutta todellisuudessa rakentaminen oli usein huolimattomampaa. Kunnollisia rakennusosia oli vaikea saada, ja vaikka niitä olisikin ollut kaupan, harvalla rakentajalla oli niihin varaa. (2, s. 83.)

Tuulettuvan alapohjan yhden tuuletusaukon piti olla niin suuri, että siitä mahtui ryömimään sisälle. Yleisin alapohjarakenne oli vuosina 1945 - 1958 paksuudeltaan noin 45 - 50 cm. Lattialankut naulattiin kiinni koolauksiin, jotka puolestaan oli tuettu lattiankannatinpalkin päältä koroikepeillä. Palkkien ja täytepohjan välissä oli vuoraushuopa. Alimmaisena rakenteessa oli täytepohjaa kannattava rima. Alapohjan täytteenä käytettiin useimmiten sahanpurua, kutterinpurua, niiden kahden sekoitusta, turvepehkuu, sammalta tai päistäriä eli pellavan käsitte-lystä irtoavaa puuainesta. (Kuva 2.) (4, s. 64.)



KUVA 2. Rintamamiestalon tuulettuvan alapohjan rakenne (4, s. 64)

Jälleenrakennusaikana tyypilliseksi runkorakenteeksi vakiintui Amerikassa jo 1800-luvulla keksitty naulaamalla tehty rankarunko, eli 50x100 lankuista tehty kehikko, joka eristettiin sahanpuruilla. Perusmalli oli lautavuorattu rakenne, jossa tolpparunko jäykistettiin ulkopuolelta vinolaudoituksella ja sisäpuolelta vaakalaudoituksella. Rungon ja laudoitusten välissä käytettiin ilmansulkuna tervapaperia. Vinolaudoituksen päällä oli vuorilaudoitus ja ulkomaali. Rakenteen sisäpuolella vaakalaudoituksen päällä oli puolestaan pinkopahvi ja tapetti. Rakenteessa ei ollut tuuletusrakoa vuorilaudoituksen alla. Tämä ei kuitenkaan aiheuttanut ongelmia, jos kaikki materiaalit olivat kosteutta läpäiseviä ja sitovia eli hygroskooppisia. (2, s. 16, 196.)

Lähes kaikissa jälleenrakennuskauden tyyppitaloissa oli jyrkkä kattokulma. Tämä salli sen, että kapearunkoisen rakennuksen yläkertaan saatiin rakennettua riittävän korkeat huoneet. Lisäksi jyrkän kattokulman vuoksi oli mahdollista käyttää monenlaisia eri katemateriaaleja. Yleisimpiä kattomateriaaleja olivat sementtitiili ja huopa, kaupungeissa kuitenkin käytettiin useimmiten peltikatetta. Myös maaseudulla siirryttiin peltikatteeseen talouden antaessa myöten. Yksinkertainen kattomalli oli rakennukselle hyvä suoja sadeveden ja roskien suhteen, sillä siinä ei ollut jiirejä tai läpivientejä, joihin niitä olisi kerääntynyt. Vanhoissa ohjeissa kehoitettiin tekemään vesikourut ja syöksytorvet, mutta ne jätettiin usein asentamatta. Tämän takia vesi kuitenkin pääsi tippumaan suoraan seinän viereen ja kasteli perusmuurin. (2, s. 218)

Rintamamiestaloissa on perinteisesti ollut painovoimainen ilmanvaihto. Ilman vaihtuminen on lämpötilaerojen ja tuulen vaikutuksesta riippuvainen. Lämmin ilma nousee konvektion takia ylöspäin ja siirtyy ulos piipussa olevien poistoilmahormien kautta. Tuuli taas aiheuttaa ilmanpaine-eroja eri puolille taloa, mikä saa ilman liikkumaan talon sisällä aukkojen ja rakenteen epätiivelyskohtien kautta. Tämän vuoksi ilma saattaa liikkua ajoittain myös väärään suuntaan niin, että raitista korvausilmaa tulee likaisten poistoilmakanavien kautta. (2, s. 244 - 245.)

2.3 Talotyypin yleiset ongelmakohdat

Vaikka rakentajat saivat hyvät ja selkeät ohjeet laadukkaaseen rakentamiseen, niin käytännössä kuitenkin työn laadusta tingittiin. Rakennustyötä tehtiin etenkin maaseudulla pääasiassa talkoovoimin, sillä taitavista rakennusmiehistä oli puutetta, eikä rakennusvalvontaa ollut kaikissa kunnissa. Rakentamisen laatua heikensi huomattavasti myös materiaalipula. Erityisesti 1940-luvulla oli pula lähes kaikista rakennustarvikkeista. Ainoastaan puutavaraa sai kohtuullisesti koko jälleenrakennuskauden ajan. Perustuksissa käytettiin niin sanottua säästöbetonia eli betonin sekaan lisättiin suuria luonnonkiviä. Materiaaleja myös kierrätettiin purettavista kohteista; tiilet puhdistettiin vanhasta laastista, naulat oiottiin ja käytettiin uudelleen ja puutavaraksi kelpasi jopa pakkauslaatikoiden laudanpätkät (kuva 3). (1, s. 10 - 11, 2, s. 22 - 23.)



KUVA 3. Pakkauslaatikoiden lautoja käytetty hyväksi (2, s. 23)

Monet ongelmat rintamamiestaloihin ovat aiheutuneet yleensä korjausrakentamisen yhteydessä, mutta myös ylläpitävien korjausten tekemättä jättäminen on pilannut taloja. Kosteus on osallisena suurimmassa osassa taloon liittyviä ongelma-kohtia. Alun perin kylmäksi säilytystilaksi tarkoitettut kellarit on otettu asuinkäyttöön, ja samalla seiniin on lisätty lämmöneristeitä ja lattia pinnoitettu. Kun seinä- ja lattiapinnat eivät hengitä, mikrobit ovat alkaneet kasvaa rakenteiden sisällä. Samantyyllisiä ongelmia on myös ullakkokerroksissa, kun aiemmin kylmät

avovintit muutettiin huonetilaksi. Jos huonekorkeutta haluttiin kasvattaa, tingittiin lämmöneristeen yläpuolelle jäävästä tuuletustilasta. (5, s. 36.)

Ulkovuorauksessa ongelmia on aiheuttanut kosteutta läpäisemättömien maalien käyttö. Hengittämätön maali ei päästä kosteutta rakenteen läpi, jolloin homeet ja lahot alkavat kasvamaan rakenteessa. Suurimmat ongelmat löytyvät kuitenkin useimmiten myöhemmin tehdyistä märkätilaratkaisuksista ja puutteellisesta vesierityksestä. Lisäksi vesi- ja lämpöjohtoputkistot on sijoitettu rakenteiden sisään. Vuototapauksessa vesi pääsee suoraan rakenteen sisään, eikä tule suoja-putkea pitkin hallitusti ulos. (Kuva 4.) (5, s. 36; 2, s. 67.)



KUVA 4. Lahovikaa rakennuksen välipohjassa (2, s. 50)

2.4 Karjasillan alue

Karjasillan kaupunginosa sijoittuu noin 1,5 kilometriä Oulun keskustasta kaakkoon (kuva 5). Se oli kaupungin ensimmäisiä keskustan ulkopuolelle rakennettuja pientaloalueita. Alue oli vielä 1940-luvulle asti maanviljelys- ja laiduntamisaluetta. Rakentamistoiminta alueella alkoi vuonna 1940, kun Ruotsista lahjoitettiin alu-

Karjasillan pientaloalue on yhtenäisenä säilynyt laaja jälleenrakennuskauden alue. Alueelta löytyy yli 20 omakotitalotyyppiä, joiden aiemmin samankaltaiseen ilmeeseen myöhemmät laajennukset ja julkisivumuutokset ovat tuoneet lisää eroavaisuuksia. Niistä huolimatta alueen kokonaisilme on edelleen yhtenäinen. Vaikka rakennuskohtaisesti jälleenrakennuskauden piirteiden säilyvyys vaihtelee, on Karjasilta alueena yhä edelleen selvästi tunnistettavissa oman aikakautensa asuinalueeksi. Erityisen hyvin ovat säilyneet etenkin kadunvarsinäkymät sekä asuinrakennusten mittakaavat ja niiden sijoittuminen tonteille. Karjasillan pientaloalue onkin arvokas kokonaisuus, joka kuuluu valtakunnallisesti merkittävään kulttuuriympäristöihin. Karjasilta valittiin Suomen parhaaksi asuinalueeksi vuonna 2009. (Kuva 6.) (8, s. 6; 9, s. 12; 10.)



KUVA 6. Karjasillan katunäkymä (9, s.41)

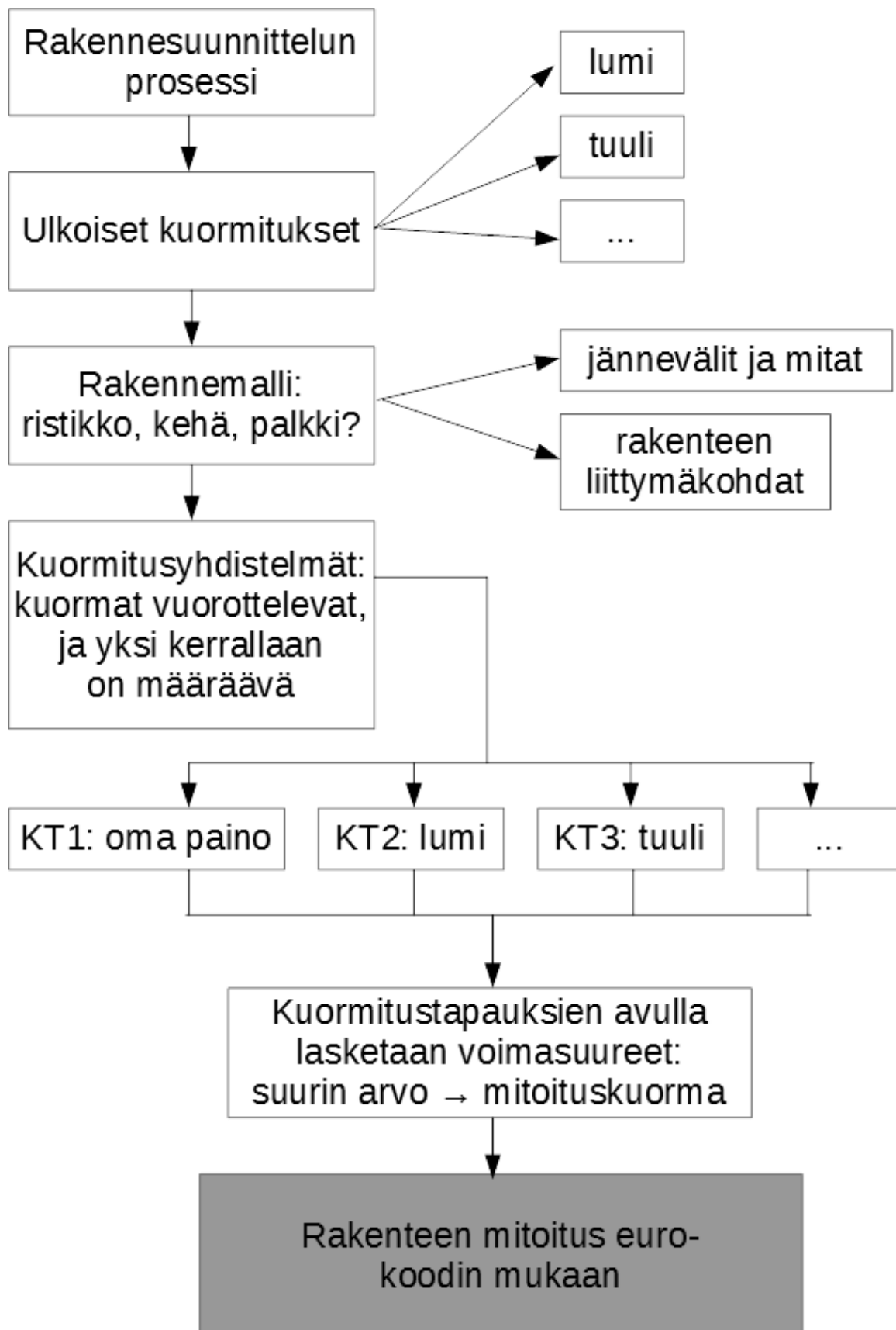
3 RAKENNESUUNNITTELU

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi asiakkaan talon kannalta olennaisia asioita, erityisesti palkkien mitoitus. Kiinnikkeiden ja pilarin mitoitus ovat yksinkertaisia, ja ne on rajattu pois. Esimerkkilaskelma niiden osalta löytyy liitteestä 1.

Rakennesuunnittelu kuuluu rakennussuunnitteluun ja on siten osa laajempaa kokonaisuutta. Rakennesuunnittelu käsittää rakennuksen kantavien rakenteiden suunnittelun (11).

Nykyään käytetään pääasiassa tietokoneella tapahtuvaa mallinnusta ja laskentaa. Hyvin tehdystä tietomallista saadaan helposti ulos kaikki tarvittavat mitat ja pinta-alat. Nämä ovat lähtötietoina kuormien määrittämiseen. (11.)

Rakennesuunnittelun kulku on tyypillisessä tapauksessa seuraava: lasketaan ulkoisten kuormien arvot eurokoodin mukaisilla kaavoilla tai taulukoilla, tehdään rakennemalli, muodostetaan kuormitustapaukset, ratkaistaan tarvittavat voimasuureet ja mitoitetaan rakenne. (Kuva 7.)



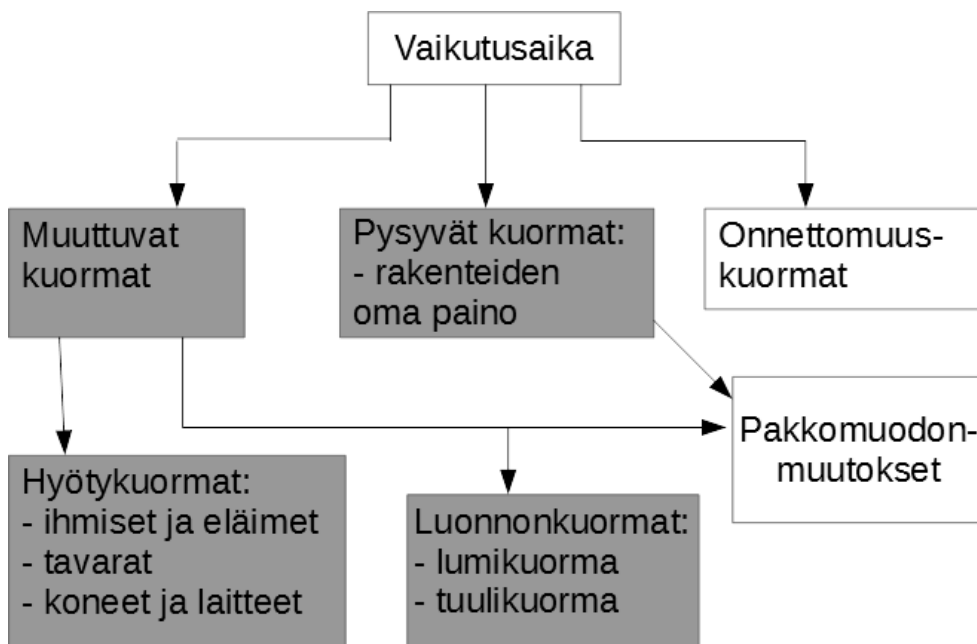
KUVA 7. Rakennesuunnittelun prosessikaavio

3.1 Kuormien määrittäminen

Kantavien rakenteiden suunnittelu eli mitoittaminen vaatii, että kohteesta on olemassa lähtöarvoina kuormitukset. Kyseessä on ulkoinen kuormitus, kun rakenteen muoto muuttuu tai siihen tulee sisäisiä rasituksia. Kuormituksia on olemassa montaa eri tyyppiä, joista tässä opinnäytetyössä käsitellään suomalaisen pientalon suunnittelun kannalta oleellisimpia. (12, s. 25.)

Kuorman ominaisarvoksi sanotaan kuorman pääasiallista, edustavaa arvoa. Se on joko keski-, yläraja-, alaraja- tai nimellisarvo. Se voi myös olla muuten määritetty standardin EN 1991 mukaisesti. Suunnittelukuorma eli kuorman mitoitusarvo määritellään ominaisarvosta, joka kerrotaan osavarmuusluvulla. (14, s. 29, 34.)

Kuormitukset jaetaan vaikutusajan mukaan muuttuviin, pysyviin ja onnettomuuskuormiin. Talonrakennusalalla kiinnostavimmat ovat muuttuvat ja pysyvät kuormat. Pysyvät kuormat tarkoittavat yleensä rakenteiden omaa painoa. Muuttuvat kuormat koostuvat luonnonkuormista, kuten lumen ja tuulen aiheuttamasta rasituksesta, sekä hyötykuormista, joihin luetaan muun muassa ihmiset ja eläimet. (Kuva 8.) (12, s. 25.)



KUVA 8. Kuormien ryhmittely

Kuormien määrittäminen perustuu lainsäädäntöön ja standardeihin. Suomessa on noudatettava niin sanottua eurokoodia kantavien rakenteiden ja pohjarakenteiden suunnittelussa 1.9.2014 lähtien (15).

Eurokoodi on monessa Euroopan maassa voimassa oleva käytäntö rakennesuunnitteluun, jolla on pyritty harmonisoimaan suunnittelua. Kuitenkin kullakin maalla voi olla poikkeuksia ja omia tapoja laskea eurokoodin mukaista mitoitus. Näitä kutsutaan nimellä National Annex eli kansallinen liite. (15.)

3.2 Kuormitusyhdistelmät

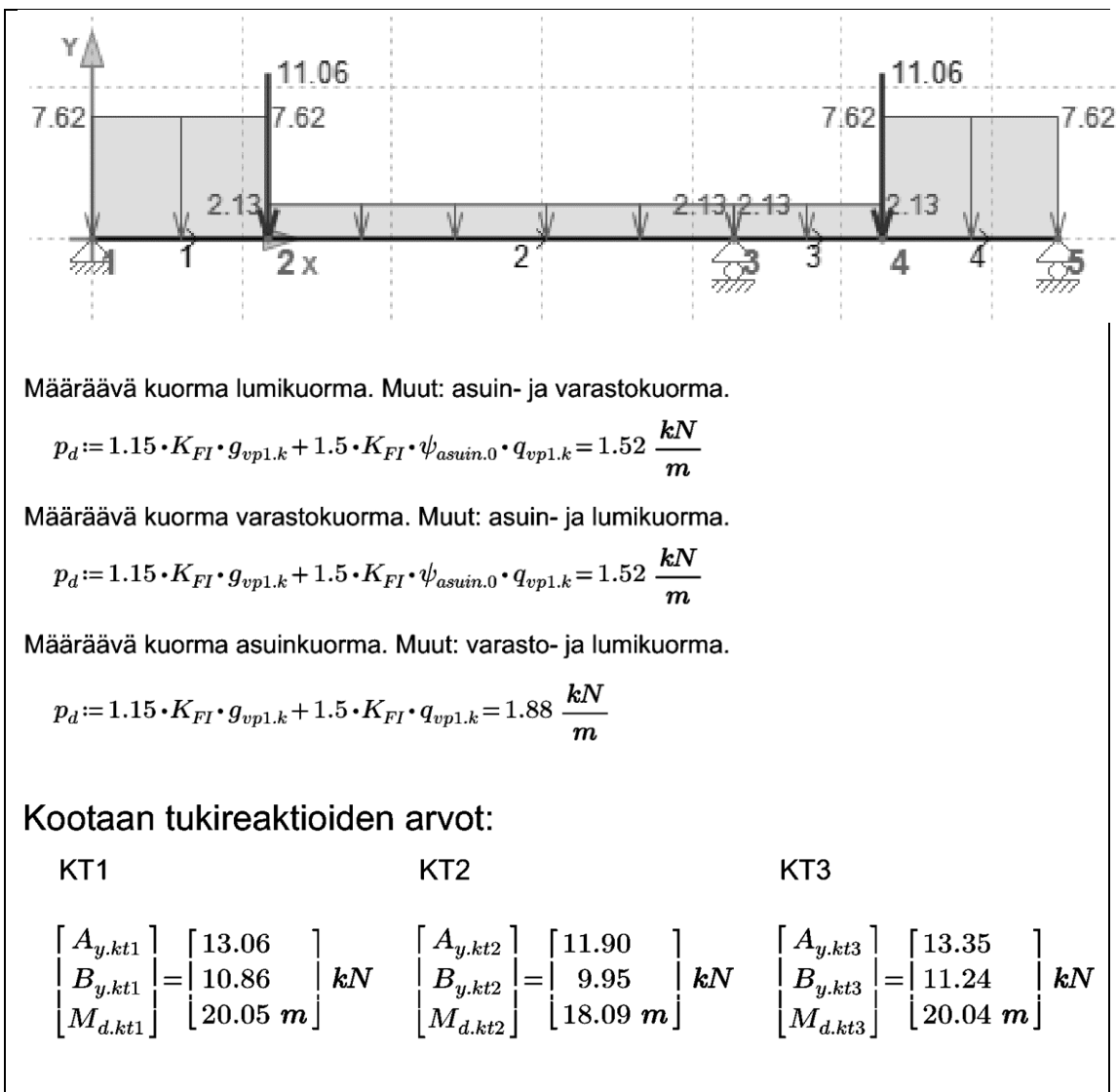
Kuormitusyhdistelmät eli kuormitustapaukset muodostetaan eurokoodin mukaan. Yhdistelmien muodostamisessa voidaan käyttää Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n käsikirjoja, jotka perustuvat EN-standardeihin (14, s. 19).

Murtorajatilan kuormitusyhdistelmien muodostamiseen käytetään eurokoodin kaavaa 6.10a ja 6.10b, kun rakenteeseen ei vaikuta geoteknisiä kuormia (kaava 1). Suomen kansallisessa liitteessä on lisäksi määriteltä, että samoja kaavoja käytetään myös silloin, kun mitoitetaan esimerkiksi anturoita, joihin vaikuttaa geoteknisiä kuormia. Kannattaa huomioida, että kaavan toinen osa sisältää vain oman painon osuuden. Tarvittavat ψ -kertoimet löytyvät RIL 201-1:n (14, s. 36) taulukosta A1.1 sekä eurokoodista.

$$\begin{cases} 1,15K_{FI}G_{k,j.sup} + 0,9G_{k,j.inf} + 1,5K_{FI}Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ 1,35K_{FI}G_{k,j.sup} + 0,9G_{k,j.inf} \end{cases} \quad \text{KAAVA 1}$$

- K_{FI} = Kuormakerroin, yleensä 1,0
- $G_{k,j.sup}$ = Epäedulliset pysyvät kuormat
- $G_{k,j.inf}$ = Edulliset pysyvät kuormat
- $Q_{k,1}$ = Määrävä muuttuva kuorma
- $Q_{k,i}$ = Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat

Esimerkkinä kuormitusyhdistelmistä on ote tästä opinnäytetyöstä, jossa laske-
taan alemman välipohjan voimasuureet ylemmältä välipohjalta välittyvien kuor-
mitusten avulla. Muodostetaan suunnittelukuorma p_d kolmesta eri kuormitusta-
pauksesta. Lopussa on kuormien perusteella lasketut voimasuureet koottuna.
Rakennemallissa esiintyy pistekuormina vesikaton omaa painoa ja lumikuormaa
sekä toisen kerroksen asuin- ja varastotiloista aiheutuvaa kuormitusta. Esimerk-
kiä on lyhennetty jättämällä pistekuormat laskuesimerkistä pois. (Kuva 9.)



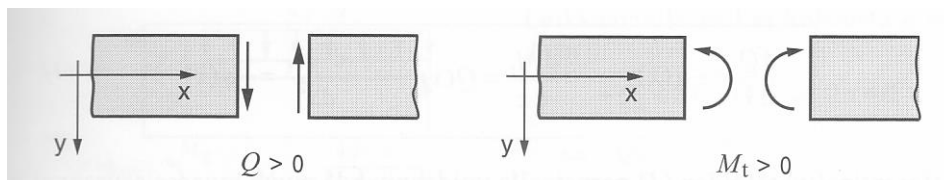
KUVA 9. Esimerkki kuormitustapauksista ja niiden vaikutuksista voimasuureisiin

3.3 Voimasuureiden laskenta

Kun kohteesta on saatu selville lähtötiedot, kuten mitat, ja ulkoiset kuormitukset on määritetty eurokoodin mukaisesti, voidaan mitoitettavasta rakenteesta laskea siinä vaikuttavat sisäiset voimat. Näitä kutsutaan yleisesti voimasuureiksi. Rakennusalalla yleensä tarvittavat voimasuureet ovat normaalivoima N , leikkausvoima Q sekä taivutusmomentti M_t . Normaalivoiman tarkastelua tarvitaan erityisesti riskoiden suunnittelussa, mutta jätetään se vähemmälle huomiolle, koska se ei ole tämän työn kannalta oleellinen.

Voimasuureiden laskennassa merkkisääntö on vapaasti valittavissa, mutta yleisestä käytännöstä ei kannata poiketa. Positiivinen y -akseli määritellään alaspäin, x -akseli materiaalin pituusakselin suuntaan ja z -akseli y -akselin normaalin mukaan (12, s. 39).

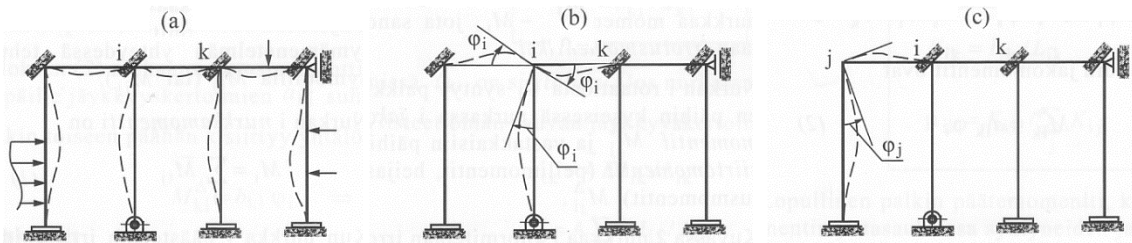
Leikkausvoima määritellään leikkausjännityksen kautta, ja se on poikkileikkauksessa vaikuttavan leikkausjännityskentän resultantti. Positiivinen leikkausvoiman suunta on tapana määritellä samaan suuntaan kuin positiivinen y -akseli, ja x -akselin positiivinen suunta on sama kuin poikkileikkauspinnan normaali. (Kuva 10.) (12, s. 41.)



KUVA 10. Positiivinen leikkausvoima ja taivutusmomentti (12, s.41)

Taivutusmomentti on puolestaan normaalijännityskentän momenttiresultantti. Resultantti kulkee poikkileikkauksen pintakeskiön kautta z -akselin suhteen. Taivutusmomentin takia esimerkkinä olevan palkin toinen puoli on puristettu ja vastakkainen puoli on vedetty. Kun taivutetun palkin vedetty puoli (kupera) on y -akselin positiiviseen suuntaan, on taivutusmomentti positiivinen. (Kuva 10.) (12, s. 41.)

Voimasuureet voidaan selvittää monella eri tavalla. Yksi monista on Hardy Crossin vuonna 1932 kehittämä laskutapa, joka on nimeltään Crossin momentintasausmenetelmä. Menetelmässä rakenne tuetaan kuvitteellisilla tuilla siirtymättömäksi ja kaikki paitsi nivelelliset sauvanpäät lukitaan kiertymättömäksi (kuva 11, kohta a). Lasketaan rakenteeseen muodostuvat kiinnitysmomentit ulkoisten kuormitusten perusteella. Tämän jälkeen iteroidaan rakennetta päästämällä vapaaksi se nurkka, jossa on suurin momenttiepätasapaino, ja lukitsemalla se uudestaan. Nurkka kiertyy tasapainoasemaan vapauttamisen yhteydessä (b). Nurkan uusi kiertymä aiheuttaa sauvaan taivutusta, josta aiheutuu sauvan välityksellä taivutusmomenttia viereisiin nurkkiin. Siirrytään nurkkaan, jossa on seuraavaksi suurin epätasapaino, ja tehdään jälleen vapautus ja lukitseminen (c). Menetelmää toistetaan, kunnes tulokseksi saatuun momenttien tarkkuus on halutulla tasolla. (Kuva 11.) (12, s. 235 - 238.)

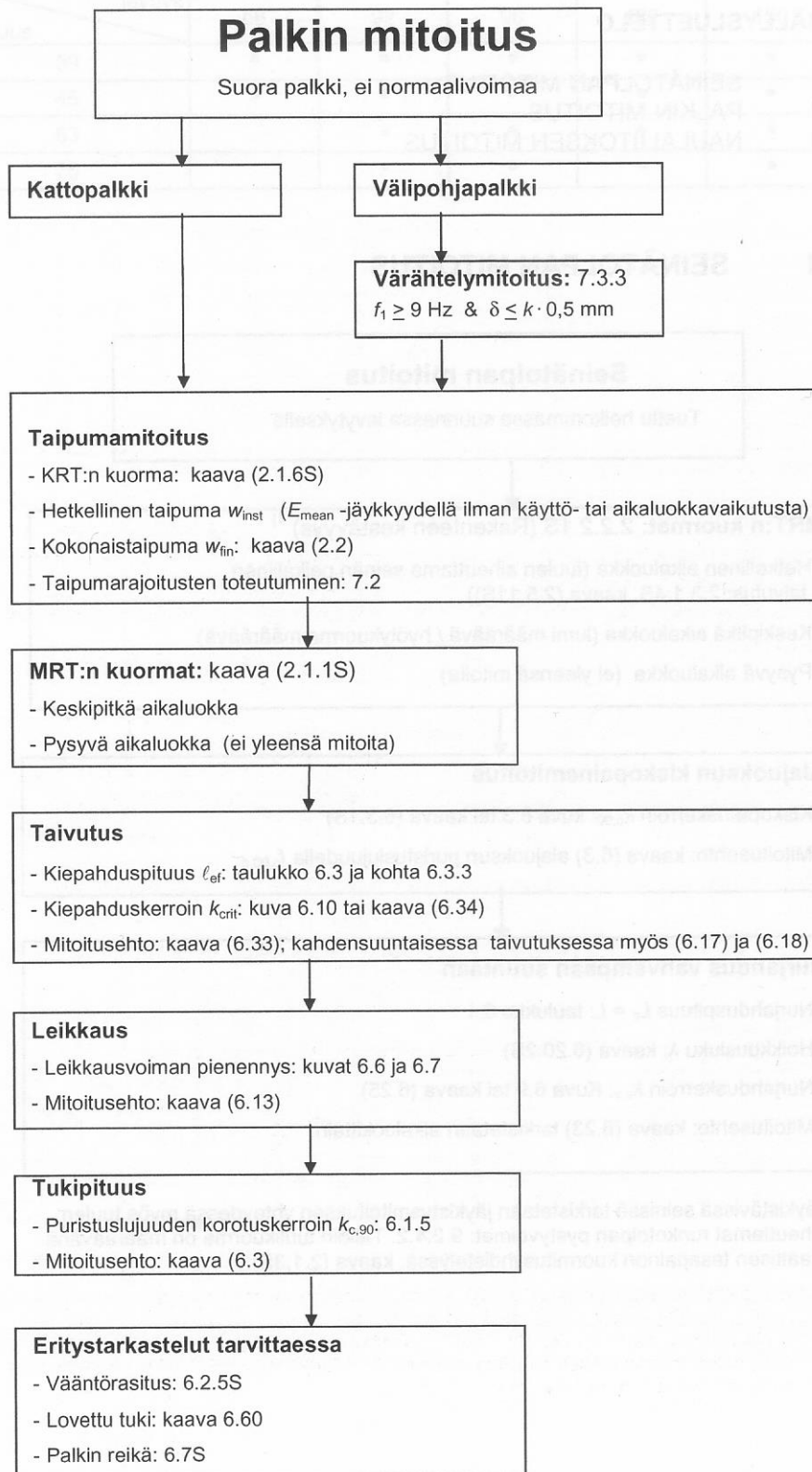


KUVA 11. Siirtymätön kehä Crossin menetelmällä (12, s. 235)

3.4 Palkkien mitoittaminen

Palkkien mitoittamiseen kuuluu useita tarkistettavia asioita, joista yksi on taipuman laskenta. Sen lisäksi tarkistetaan myös vähintään taivutuskestävyys, leikkauskestävyys ja tehdään kiepahdustarkastelu. Uudiskohteiden välipohjapalkkeille pitää tehdä myös käyttörajatilassa laskettava värähtelymitoitus. Riippuen siitä, miten palkki kiinnitetään sitä tukeviin rakenteisiin, tehdään joko tukipaineen tarkastelu tai kiinnikkeiden mitoittaminen. (Kuva 12.)

E.2 PALKIN MITOITUS



KUVA 12. Prosessikaavio palkin mitoittamisen vaiheista (16, s.240)

Taipuman laskenta on palkkirakenteissa usein määräävin, eli laskennan tulos antaa korkeimman käyttöasteen (5, s. 240). Määräävin kannattaa aina laskea ensimmäisenä, sillä jos myöhempien laskelmien takia joudutaan muuttamaan poikileikkausta, vältytään aiempien laskujen päivittämiseltä. Käyttöaste ei saa ylittää sataa prosenttia. Palkille laskettua taipumaa verrataan standardissa EN 1995-1-1 määriteltyyn arvoon, joka on pääkannattimille $L/300$, jossa L on palkin jänneväli.

Vain uudiskohteita koskeva värähtelymitoitus on monesti määräävin tekijä, kun kyseessä on puisen välipohjan kannatinpalkki (16, s. 240). Asiakkaan välipohjan mitoituksessa värähtelytaajuus on huomioitu, koska jäykällä lattialla kävely on huomattavasti miellyttävämpää. Vanhaa ja huonoa rakennetta ei ole syytä korvata toisella samanlaisella. Värähtelymitoituksen teorian ja laskennan tarkastelu on kuitenkin rajattu opinnäytteen kirjallisesta osuudesta pois. Laskentaesimerkki löytyy liitteessä 2.

3.4.1 Taivutuskestävyys

Taivutuskestävyys lasketaan eurokoodissa EN 1995-1-1 esiintyvillä kaavoilla 6.11 ja 6.12 seuraavasti:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 2}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{KAAVA 3}$$

$\sigma_{m,y,d}$ = taivutusjännitys y-akselin suhteen

$\sigma_{m,z,d}$ = taivutusjännitys z-akselin suhteen

$f_{m,y,d}$ = materiaalin lujuus y-akselin suhteen

$f_{m,z,d}$ = materiaalin lujuus z-akselin suhteen

k_m = jännitysjakautuman ja materiaalin epähomogeenisuuden huomioon otettava kerroin kahteen suuntaan tapahtuvassa taivutuksessa

Eurokoodissa z-akseli on valittu alaspäin. Kun kyseessä on taivutusta vain yhden akselin suhteen, supistuu z-akselin termi pois, ja jäljelle jää y-akselin termi. Kaavassa 3 on lisäksi k_m -kerroin, joka täytyy jättää pois, koska molempien kaavojen täytyy olla voimassa ja k_m on jännitystä *alentava* kerroin. Kaavojen 2 ja 3 yksinkertaistetumpi muoto on esitetty kaavassa 4.

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

KAAVA 4

Taivutuskestävyyden tarkastelu edellyttää kiepahduskestävyyden tarkastamista.

3.4.2 Kiepahdus

Kiepahduskestävyys lasketaan kaavalla 5, kun palkkia rasittaa pelkkä taivutusmomentti. Muussa tapauksessa käytetään eurokoodin yhdistetyn taivutus- ja puristusjäännityksen kaavaa.

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

KAAVA 5

$\sigma_{m,d}$ = taivutusjäännitys

k_{crit} = taivutuslujuutta alentava kiepahdusriskin huomioiva kerroin

$f_{m,d}$ = materiaalin lujuuden suunnitteluarvo

Kiepahdusriskin kerroin k_{crit} saadaan kaavasta 6, jos palkin alkukäyryys täyttää seuraavat ehdot:

- tukivälin keskellä 1/500 liima- tai viilupuusauvan pituudesta
- tukivälin keskellä 1/300 sahatavaraisen sauvan pituudesta.

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{kun } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} & \text{kun } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{kun } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad \text{KAAVA 6}$$

$\lambda_{rel,m}$ = palkin suhteellinen hoikkuus

Palkin suhteellisen hoikkuuden termi $\lambda_{rel,m}$ saadaan selville kaavalla 7. Suhteelliseen hoikkuuteen vaikuttavat materiaalin taivutuslujuuden ominaisarvo sekä kriittinen taivutusjäännitys. Kannattaa huomata, että kriittistä taivutusjäännitystä ei lasketa kuten jäännitystä yleensä, vaan jäljempänä esitetyllä omalla kaavalla 8.

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

KAAVA 7

$f_{m,k}$ = materiaalin taivutuslujuuden ominaisarvo

$\sigma_{m,crit}$ = kriittinen taivutusjäännitys

Suorakaidepalkille on voimassa kriittisen taivutusjännityksen laskemista varten kaava 8. Muiden poikkileikkaustyyppien laskemista varten oleva yleinen muoto on jätetty tarkastelusta pois, koska työssä käytetään vain suorakaidepalkkeja.

$$\sigma_{m,crit} = \frac{c*b^2}{h*l_{ef}} * E_{0,05} \quad \text{KAAVA 8}$$

$c = 0,78$ havupuusahatavaralle ja siitä valmistetulle homogeeniselle liimapuulle

$c = 0,71$ liimapuun lujuusluokille GL24c, GL28c ja GL32c

$c = 0,67$ Kerto-Q-LVL:lle

$c = 0,58$ Kerto-S- ja Kerto-T-LVL:lle

l_{ef} = palkin tehollinen jänneväli

$E_{0,05}$ = materiaalin kimmokerroin 0,05 fraktiilin mukaan

b = palkin leveys

h = palkin korkeus

Jos palkki on tuettu tietyllä välillä puristetulta reunalta, voidaan tehollisena pituutena käyttää termille l_{ef} kaavaa $l_{ef} = a + 2h$, jossa a on tuentaväli ja h on palkin korkeus.

3.4.3 Leikkaus

Palkin leikkaantumista tarkasteltaessa tulee kaavan 9 ehdon täyttyä.

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad \text{KAAVA 9}$$

τ_d = leikkausjännityksen mitoitusarvo

$f_{v,d}$ = leikkauslujuuden mitoitusarvo

Suorakaidepoikkileikkaukselle on voimassa leikkausjännityksen laskentaan kaava 10. Mikäli kyseessä on taivutettu palkki poikkileikkausluokassa 1, täytyy palkin halkeamat huomioida poikkileikkauksen pinta-alaa laskettaessa tehollisen leveyden kaavalla 11. (17, s. 12 - 13.)

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A} \quad \text{KAAVA 10}$$

$$b_{eff} = k_{cr} * b \quad \text{KAAVA 11}$$

$k_{cr} = 0,67$ käyttöluokan 1 rakenteelle, kun materiaalina on sahatavara tai liimapuuta yleensä

$k_{cr} = 1,0$ käyttöluokan ollessa 2 tai 3, tai kun kyseessä on puulevy, viilupuu tai palkki on pintakäsittely kosteuden siirtymisen estävästi

V_d = leikkausvoiman mitoitusarvo

A = palkin tehollinen pinta-ala

3.4.4 Tukipaine

Tukipaine tarkoittaa tuen tai pistevoiman kohdalla tapahtuvaa pienelle pinta-alalle kohdistuvaa suurta voimaa. Palkkirakenteissa voiman suunta on puun syitä vastaan kohtisuorasti. Tämä aiheuttaa niin sanottua leimapainetta, joka voi aiheuttaa materiaalin puristumista kasaan ja halkeilua. Mitoituksen tulee täyttää kaavan 12 ehto. (17, s. 17 - 18.)

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,perpendicular} f_{c,90,d} \quad \text{KAAVA 12}$$

$\sigma_{c,90,d}$ = syitä vastaan kohtisuoran jännityksen mitoitusarvo

$f_{c,90,d}$ = syitä vastaan kohtisuoran lujuuden mitoitusarvo

$k_{c,perpendicular}$ = tukipainekerroin

Tukipainekerroin saadaan kaavalla 13. (17, s. 17.)

$$k_{c,perpendicular} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90} \quad \text{KAAVA 13}$$

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

l = kosketuspinnan koko pituus syiden suunnassa

$k_{c,90}$ = 1,25 kun materiaalina on havupuinen sahatavara

$k_{c,90}$ = 1,5 kun materiaalina on havupuinen liimapuu

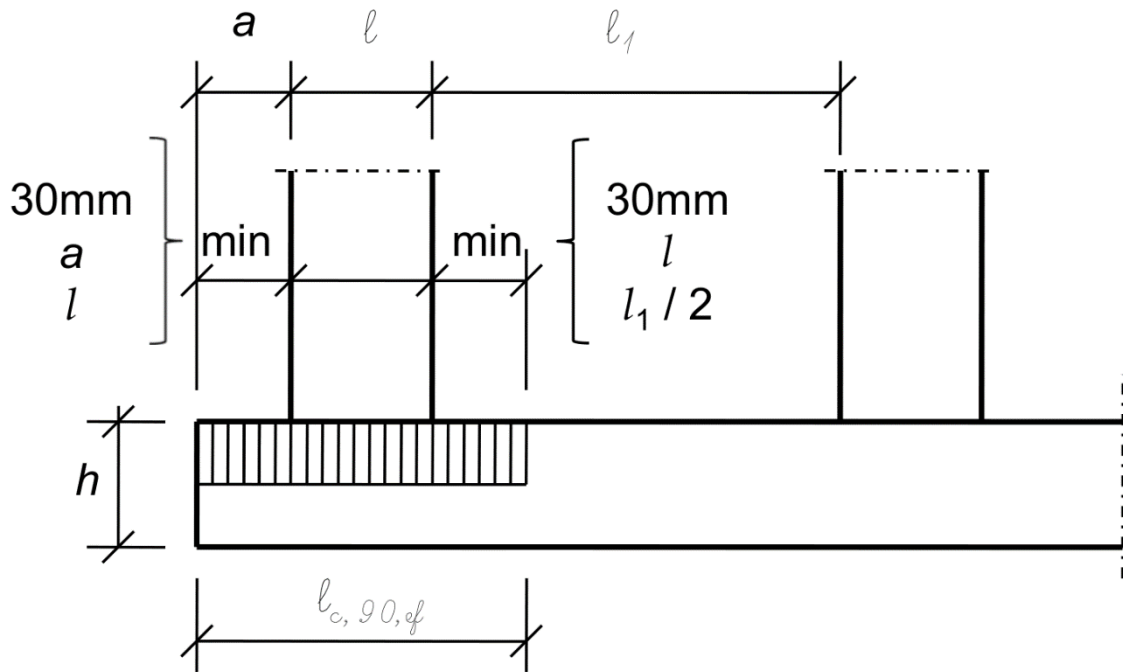
$k_{c,90}$ = 1,3 syrjällään olevalle KERTO-Q:lle

$k_{c,90}$ = 1,4 lappeellaan olevalle KERTO-LVL:lle

$k_{c,90}$ = 1,0 muussa tapauksessa

Kaavassa esiintyvä tehollisen kosketuspinnan termi $l_{c,90,ef}$ on havainnollistettu kuvassa 13. Se muodostuu kolmesta eri termistä. Ensimmäisenä on tärkein, eli tukipinnan pituus l . Tehollista pituutta tulee lisää toisesta termistä, joka tarkoittaa mahdollista palkin ylitystä tuen ohi. Se on minimissään mitan a verran ja maksi-

missaan 30 mm. Viimeisenä terminä on materiaalin leikkaantumisen jakaantumisesta isommalle alueelle aiheutuva lisä. Lisä on kuitenkin maksimissaan 30 mm. (Kuva 13.)



KUVA 13. Tehollisen kosketuspinnan määrittäminen (17, s.18)

4 KARJASILLAN KOHTEEN SUUNNITTELUN OSA-ALUEET

Asiakkaan omistama rintamamiestalo sijaitsee Oulun Karjasillalla. Rakennuksessa on kaksi kerrosta sekä erillinen kellarikerros. Talo on rakennettu 1940-luvulla, ja korttelin asemakaava on valmistunut 1944. Itse rakennus on Oulun Kaupungin karttapalvelun mukaan valmistunut vuonna 1945 (7). Rakennusta on laajennettu vuonna 2002 niin sanotulla elintasosiivellä, jossa on makuuhuone, kylpyhuone ja sauna. Kohteessa oli kolme erillistä rakennesuunnittelua vaativaa osa-aluetta.

4.1 Välipohjien epäsuoruudet

Taipumasta puhuttaessa sillä tarkoitetaan vaakasuuntaista kantavaa rakennetta, johon syntyy taipumaa kuormituksen takia. Taipuma riippuu rakenteen jännevälistä, materiaalin ominaisuuksista sekä kuormituksen suuruudesta ja kuormitusajasta. (18, s. 299 - 301.)

Rakenteeseen syntynyttä taipumaa voidaan korjata esimerkiksi vahvistamalla vanhaa rakennetta tai korvaamalla rakenne uudella. Vahvistaminen on yleensä kustannustehokkaampaa, mutta asuinrakennuksissa lisärakenteet aiheuttavat helposti esteettistä haittaa ja tilojen käyttö voi myös hankaloitua. Ennen vahvistamista vanha rakenne pitää saada suoristettua esimerkiksi tunkin avulla, muuten vahvistamisen hyöty jää kyseenalaiseksi. (19, s. 4; 20, s. 5 - 6.)

Kyseessä on pelkästään esteettinen haitta, jos kohteen rakenteen taipuma on yli sallitun rajan, mutta murtorajatilassa tehtävä mitoitus pysyy käyttöasteeltaan alle sadan prosentin. Monien vanhojen rakennuksien kohdalla voi myös olla, että rakennetta ei ole suunniteltu lainkaan. Sellaisessa tapauksessa täytyy tutkia murtorajatilan kestävyys rakenteelle. Jos rakenteen kestävyys on riittävä, voidaan harkita, jätetäänkö taipuma esteettiseksi haitaksi vai korjataan se. (20, s. 5 - 6.)

Esteettistä haittaa aiheuttava rakenne voidaan mahdollisuuksien mukaan korjata myös piilottamalla ja häivyttämällä virhettä. Kun kyseessä on katto ja huonekorkeus ja virheen määrä sen sallivat, voidaan taipunut pinta oikaista koolauksella, jonka päälle asennetaan uusi pintamateriaali.

Lattian pintoja oikaistessa rajoittavia tekijöitä ovat lattian pehmeys eli se, antaako lattian runko periksi sen päälle astuessa. Tällöin myös runkoa pitäisi vahvistaa. Lattiaa oikaistessa lattian korkeustaso helposti nousee, mikä voi aiheuttaa kynnyksen korjattavan tilan ja muiden tilojen välille. Tästä aiheutuu haittaa esimerkiksi pyörätuolia käyttäville ihmisille tai muuten huonosti liikkumaan pystyville ihmisille, kuten vanhuksille (21, s. 8).

4.2 Ylemmän välipohjan ongelmat

Karjasillan kohteen ylemmässä välipohjassa ongelmana oli huomattavaa taipumaa olohuoneen seinän ja välipohjan liittymässä. Taipuma oli rajoittunut kohdalle, jossa olohuoneessa on kolme isohkoa ikkunaa vierekkäin. Taipuman suuruus oli suunnilleen kolmen metrin matkalla 30 mm. Sallittu taipuma kolmen metrin jännevälillä on 10 mm. Talon ulkopuolelta tarkasteltaessa välipohjan alas painautunut linja ei näkynyt, sillä talon ulkovuori oli uusittu hiljattain.

Ylempää välipohjaa tutkittiin aukaisemalla rakennetta ulkoseinän ja välipohjan liittymän kohdalta. Selvisi, että välipohjan kannatinpalkit ovat pysyneet tiukasti kiinni seinän runkotolppien kyljessä. Tästä voitiin päätellä, että taipumat eivät johduneet kiinnityskohtien luisumisesta, vaan itse runkotolppien tipahtamisesta. Normaalisti runkotolpat eivät mene kasaan tai siirry ilman että ne nurjahtavat. Runkotolpat eivät kuitenkaan olleet nurjahtaneet, vaan syynä oli melkein kolme metriä pitkä rivi olohuoneen ikkunoita vierä vieressä.

Normaalisti iso aukko kuten ikkuna ulkoseinässä vahvistetaan ikkunan yli menevällä palkilla, jotta aukon yläpuolella olevat kuormat siirtyvät aukon sivuilla olevilla runkotolpille. Liitteessä 3 on asiaa selventävä kuormakaavio.

Samalla havaittiin, että myös ylemmän kerroksen matalammat ikkunat vaativat oman ikkunanylityspalkkinsa. Lisää ylimääräistä laskentaa aiheutui myös runkotolppien vahvistuksen suunnittelusta, sillä kuormat täytyy siirtää hallitusti perustuksille ja siitä maaperään.

4.3 Ensimmäisen välipohjan ongelmat

Ensimmäisessä välipohjassa eli alemman asuinkerroksen lattiassa ongelmana oli asiakasta häiritseviä epätasaisuuksia. Epätasaisuudet olivat selvästi havaittavissa ilman mittausvälineitäkin, sillä lattiapinnoite antoi selvästi periksi kuoppakohdissa ja astellessa korkeammat kohdat pystyi havaitsemaan tasapainoa haittaavana asiana. Epätasaisuudet pystyi helposti havainnoimaan myös talossa olevassa kellarikerroksessa katsomalla välipohjaa sen alapuolelta. 3 600 mm:n matkalla taipumaa oli noin 30 mm, kun sallittu taipuma on 12 mm.

Lattiaa tarkasteltaessa mittatarkkuuden määrittelevä pinnoite. Pinnoite ei saisi joustaa ja valmiin pinnan tulisi olla riittävän vaakasuora (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Sallittu poikkeama vaakasuorasta tai nimelliskaltevuudesta levyrakenteisella lattialla, kun pintamateriaalina on parketti tai laminaatti (22, s. 195)

Mittauspituus	Luokka 1 Erityiskohteet	Luokka 2 Asuin-, liike- ja toimistorakennukset
≤ 200 mm	1 mm	2 mm
≤ 700 mm	2 mm	4 mm
≤ 2 000 mm	4 mm	7 mm
≤ 7 000 mm	7 mm	10 mm
> 7 000 mm	10 mm	14 mm
Hammastus ¹⁾ :	0 mm	0 mm

¹⁾ Hammastus voidaan sallia, jos levytys jää lattianpäällysteen alle. Tällöin hammastus tulee hioa tai muuten tasoittaa siten, ettei se näy valmiissa lattiassa.

Kohteen lattian mittapoikkeamaa ei mitattu, koska pohja voitiin todeta ilman mittauksiakin toimimattomaksi.

4.4 Takan perustukset

Asiakkaalla oli ollut jo pitempään toiveena saada takka olohuoneeseen lisälämmönlähteeksi, mutta myös tunnelmaa luomaan. Rakennuksessa oli valmiiksi piippu, jossa oli useita hormeja ilman käyttöä. Asiakas halusi, että takalle suunnitellaan varauksena paikka ensimmäisen kerroksen olohuoneeseen.

5 KARJASILLAN KOHTEEN RAKENNESUUNNITTELU

Karjasillan kohteen rakennesuunnittelu käynnistettiin sopimalla työn aikataulusta ja laajuudesta, sekä työstä maksettavasta palkkiosta. Palaverien yhteydessä perehdyttiin asiakkaan aikaisempiin asiakirjoihin, kuten vuonna 2002 laajennuksen yhteydessä teetettyihin rakennuslupakuviin ja talon rakenteisiin.

Suunnittelutyön alkuvaiheessa kohteesta otettiin videokuvaa sekä valokuvia. Paperille kirjattiin mittoja, jotka myöhemmin siirrettiin ArchiCAD-malliin rakenne- ja CAD-suunnittelua varten. Valokuvat auttoivat kohteen mallinnuksessa, mutta myös videokuvasta oli suurta apua.

5.1 Suunnittelutyön aloitus

Päärakennusta alettiin mallintaa ArchiCAD-suunnitteluohjelmalla. Rakennuksesta tehtiin karkea 3D-malli, jota täydennettiin projektin edetessä, mutta erityisesti sen alkuvaiheessa. Koko talo mallinnettiin, mukaan lukien vesikatto, maanpäälliset kerrokset sekä kellarikerros. Olemassa olevia rakenteita mallinnettiin tarpeen mukaan, kuitenkin niin, että seinien ja välipohjien paksuudet sekä sijainti ovat mahdollisimman tarkasti oikein. Tietomallin ansiosta uusia mittoja oli helppo ottaa rakennesuunnittelun edetessä suoraan tietomallista ilman, että tarvitsi käydä kohteessa.

Lähtötietojen selvittämisen jälkeen aloitettiin laskenta MathCAD Prime -sovelluksella. Lähtötietoina saadut mitat ja pinta-alat syötettiin muuttujiksi ohjelmaan. Laskenta tehtiin eurokoodin mukaisesti, soveltaen standardeja EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 ja EN 1991-1-4 suunnitteluperusteiden ja kuormien määrittelyssä sekä standardia EN 1995-1-1 puurakenteiden suunnitteluun. Saatuja tuloksia verrattiin Finnwood-ohjelman antamiin arvoihin.

5.2 Ikkunanylityspalkit ylemmän kerroksen taipuman korjaamiseksi

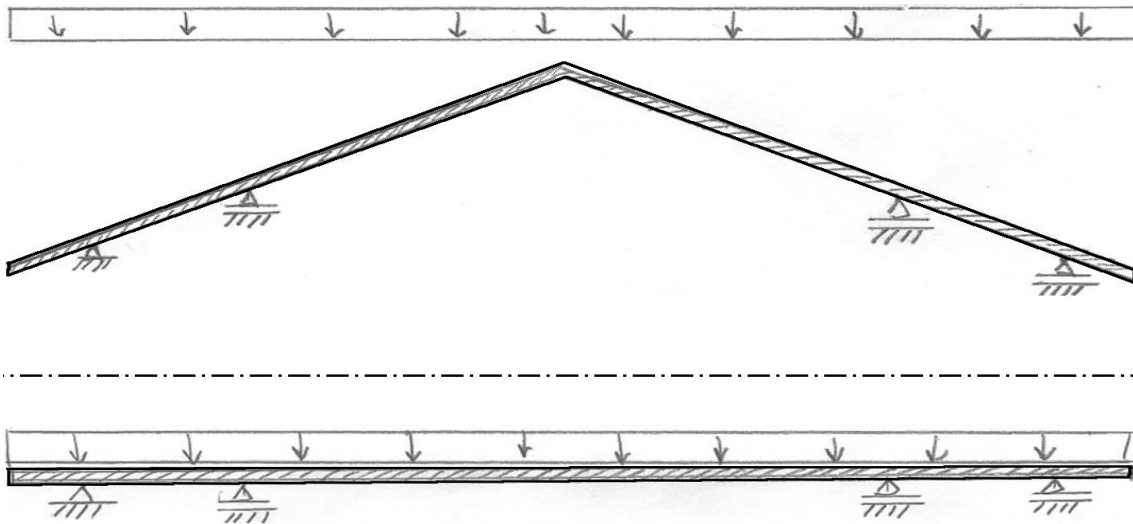
Varsinainen työ aloitettiin laskemalla lumikuorman suuruus. Siihen vaikuttavat muun muassa kohteen sijainti, suojaisuus ja katon lappeen kulma vaakatasosta.

Muita selvitettäviä kuormia olivat asuin- ja varastotilojen lattiapinnoille muodostuvat hyötykuormat. Lattioihin kohdistuvien kuormien arvot saatiin suoraan teoksen RIL 201-1-2011 taulukosta 6.1S (14, s. 67 – 68). Muut kuormat täytyi laskea eurokoodiin perustuvilla kaavoilla, jotka ovat samassa teoksessa.

Kuormien selvittämisen jälkeen voitiin tehdä kuormakaavio. Kuormakaavio voi yksinkertaisesti olla liuta lyijykynällä tehtyjä merkintöjä leikkaus- ja pohjakuvan päälle, mutta tähän työhön tehtiin myös visuaalisesti paremmin kuormien siirtymistä havainnollistava kuva. Kaaviosta selviää, miten eri pinnoilla olevat kuormitukset siirtyvät alas perustuksille ja edelleen maaperään. (Liite 4.)

5.2.1 Vesikaton aiheuttama kuormitus

Vesikaton kantava osa koostuu kahdesta palkista, jotka yhdistyvät harjalla. Oletetaan, että kiinnitys harjalla on momenttijäykkä, koska harjalla oli niin sanottu kitapuu. Tällöin muodostuu yksi koko talon pituinen palkki. Palkki on tuettu neljästä pisteestä väli- ja ulkoseinillä. Koska kuormituksessa ei esiinny vaakavoimia ja vain tukireaktioiden arvot tarvitaan, voidaan harjapalkki yksinkertaistaa sen pystyprojektioksi. (Kuva 14.)



KUVA 14. Vesikaton kantavan osan rakennetta yksinkertaistettu laskentaa varten

Voimasuureiden laskennan kannalta on oleellista tietää, onko rakenne isostaattinen, hyperstaattinen vai mekanismi. Se voidaan määrittää kaavalla 14. Nyt kyseessä on hyperstaattinen rakenne, koska hyperstaattisuuden kertaluku r on suurempi kuin nolla. Nolla tarkoittaisi isostaattista rakennetta ja pienempi kuin nolla tarkoittaisi mekanismia. (2, s. 194.)

$$r = n_p - n_l = 3 - 1 = 2$$

KAAVA 14

n_p = poistettujen tukireaktioiden määrä

n_l = lisättyjen tukireaktioiden määrä

Palkin voimasuureiden ratkaisemiseksi voidaan käyttää Crossin menetelmää. Koska hyperstaattisia rakenteita oli työssä paljon, päätettiin kirjoittaa MathCAD Primeen ohjelma, jolle annetaan kiinnitysmomenttien arvot ja sauvojen yhtymäkohdat lähtöarvoina. Yhtymäkohtia sanotaan myös nurkiksi. Tulokseksi saadaan sauvanpäämomentit, joiden avulla voidaan ratkaista mitoituksessa käytettävät tukireaktiot. Laskennassa käytetty momenttilaskuri löytyy liitteestä 5.

Rakenteesta numeroidaan ensin kaikkien sauvojen päät, jotta ne voidaan myöhemmin tunnistaa ja laskennassa voidaan viitata niihin. Seuraavaksi lasketaan kiinnitysmomentit ja jakoluvut. Momenttilaskuria varten luodaan taulukko, jonka koko on yhtä suuri kuin nurkkien lukumäärä. Määritellään taulukkoon sauvanpäitä vastaaviin soluihin aiemmin lasketut kiinnitysmomentit ja jakoluvut. Ajetaan momenttilaskurin funktio, joka muokkaa taulukon solut. (Kuva 15.)

$r := 0..5 \quad c := 0..5$ $corners_{r,c} := [0 \cdot NoUnit \quad 0 \cdot NoUnit \quad 0 \text{ kNm}]$	Esitätetään taulukko nolllalla
$corners_{3,2} := [0 \cdot NoUnit \quad \mu_{32} \cdot NoUnit \quad MK_{32}]$ $corners_{3,4} := [0.5 \cdot NoUnit \quad \mu_{34} \cdot NoUnit \quad MK_{34}]$ $corners_{4,3} := [0.5 \cdot NoUnit \quad \mu_{43} \cdot NoUnit \quad MK_{43}]$ $corners_{4,5} := [0 \cdot NoUnit \quad \mu_{45} \cdot NoUnit \quad MK_{45}]$	Määritetään varsinaiset arvot ja jakosuhteet sekä siirtoluvut.
$corners := cross(corners)$	Tasataan momentit.
$M_3 := \left(corners_{3,4} \right)_{0,2} = -3.49 \text{ kNm}$	

KUVA 15. Esimerkki MathCAD Primellä tehdystä momenttilaskurista

Palkin oikeanpuoleisimman tuen tukireaktio tarkoittaa ulkoseinälle tulevaa kuormitusta. Kattopalkisto aiheuttaa seinälinjalle pistemäisen kuormituksen, mutta koska ne ovat suhteellisen tiheästi, voidaan kuormitus muuttaa tasaiseksi kuormaksi. Ylempään ikkunanylityspalkkiin (IYP1) ei tule muuta kautta kuormituksia, ja sen mitoittaminen on mahdollista tässä vaiheessa.

Vesikattopalkin välituista aiheutuu pistemäinen rasitus yläkerran lattiarakenteelle. Muita kuormituksia tulee yläkerran hyötykuormista, eli asuin- ja varastotilojen kuormista. Välipohjan kannattimella on kolme tukea, yksi keskellä ja laidoilla ulkoseinälinjat. Myös tämä rakenne on hyperstaattinen, koska pelkät tasapainoehdot eivät riitä ratkaisemaan voimasuureita. Ikkunanylityspalkki IYP2 voitiin mitoittaa nyt.

5.2.2 Mitoitus

Ylemmän välipohjan taipuman korjaukseksi muodostui ikkunanylityspalkki IYP2:n lisäys. Samalla mitoitetaan myös kylmässä ullakkotilassa oleva IYP1, joka tulee IYP2:n yläpuolelle. Se ottaa vastaan vesikatolta tulevat kuormat ja siirtää ne runkotolpille.

Suurin käyttöaste IYP2:n osalta tuli odotetusti taipumasta 95 prosentin käyttöasteella. Käsitellään tässä osiossa kuitenkin vain taivutus, koska taipumasta on laajempi esimerkki välipohjan kannattimen mitoituksessa. Taivutuksen osalta käyttöasteeksi tuli 66 prosenttia.

Hoikalle IYP1-palkille muodostui määrääväksi tekijäksi 93 prosentin käyttöasteella kiepahdus, joten käsitellään se IYP1:n osiossa. IYP1:n taipuma oli myös lähellä täyttä käyttöastetta 86 prosentin arvolla. Taipuma, taivutus sekä kiepahdus liittyvät läheisesti toisiinsa, mikä selittää suurta käyttöastetta.

5.2.3 Ikkunanylityspalkki IYP1:n kiepahduskestävyys

Kiepahduskestävyyden tarkastelu aloitetaan laskemalla kriittinen taivutusjännitys $\sigma_{m,crit}$ kaavalla 8. Vastaavasti muut suureet saadaan kaavoilla 7 ja 6, ja mitoitusehto kaavasta 5. (Kuva 16.)

Suorakaidepalkille kriittinen taivutusjännitys voidaan laskea kaavalla:

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0.05} = 23.69 \frac{N}{mm^2}$$

Kriittinen taivutusjännitys.

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 1.36$$

Suhteellinen hoikkuus.

$$k_{crit} := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{rel.m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel.m} & \text{else if } 0.75 < \lambda_{rel.m} \leq 1.4 \\ 1 \div \lambda_{rel.m}^2 & \text{else} \end{cases} = 0.54$$

Kiepahduksen aiheuttaman taivutuslujuuden alenemisen huomioiva kerroin.

Mitoitusehto $\sigma_{m.d} < k_{crit} \cdot f_{m.d}$

$$\sigma_{m.d} = 14.99 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d} \cdot k_{crit}} = 93.43 \text{ } 1\%$$

$$VAL_{kiepahdus} = [\text{“OK” } 93.43]$$

KUVA 16. Kiepahduskestävyyden tarkastelu

Tässä k_{crit} päätettiin tehdä ehtolausekkeella, jolloin laskentapohjan viriheherkkyys vähenee. Kolme eri lauseketta sisältävä laskutoimitus kattaa kaikki suureen eri arvot.

5.2.4 IYP2:n taivutuskestävyys

Taivutuskestävyyden mitoituksen tulee täyttää kaavan 4 ehto, taivutusjännityksen mitoitusarvon täytyy olla pienempi kuin materiaalin lujuuden mitoitusarvo. (Kuva 17.)

Taivutus

Muutetaan välipohjan aiheuttama pistekuorma tasaiseksi kuormaksi. Oletetaan k600-jakoa koska oikeaa jakoa ei voida varmentaa helposti.

$$p_d := \frac{VP2_REUNA_{P.d}}{k_{VP2}} = 24.35 \frac{kN}{m}$$

$$A_y := \frac{1}{2} \cdot p_d \cdot L = 38.72 \text{ kN}$$

$$M_{d,max} := \frac{p_d \cdot L^2}{8} = 30.78 \text{ kN} \cdot m$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6} = 1620000 \text{ mm}^3$$

$$f_{m,d} := k_h \cdot k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{M,1}} = 28.70 \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusehto $\sigma_{m,d} < f_{m,d}$

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{d,max}}{W} = 19.00 \frac{N}{mm^2}$$

Myöhempi käyttö:

$$V_{kiinnike} := A_y$$

$$N_d := A_y$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = 66.20 \text{ 1\%}$$

$VAL_{taivutus} = [\text{“OK” } 66.20]$

KUVA 17. Taivutuskestävyyden tarkastelu

Aiemmin määritetty suunnittelukuorma p_d muutetaan tasaiseksi kuormaksi, jonka jälkeen lasketaan taivutusmomentin maksimi $M_{d,max}$. Taivutusmomentin suunnitteluarvon ja poikkileikkauksen perusteella laskettavan taivutusvastuksen W suhteesta saadaan taivutusjännitys. Jännityksen ja materiaalin lujuuden suhteesta saatiin laskettua käyttöasteeksi 66 prosenttia.

5.3 Ensimmäisen välipohjan uudet lattiaankannatinpalkit

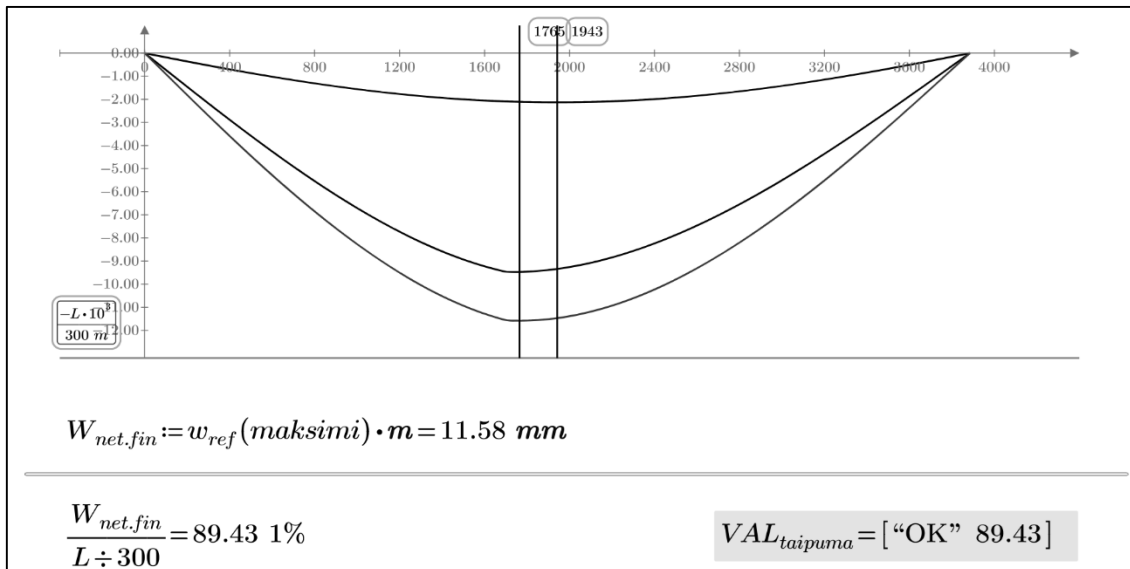
Ensimmäisen kerroksen lattian taipumien tarkkaa syytä on mahdotonta tietää, mutta todennäköisesti se on useamman asian summa. Alkuperäisen välipohjan pintamateriaaleja aukaistiin kellarin puolelta niin, että vanha rakenne saatiin selville. Ilmeni, että välipohja on koottu laittamalla 50x100 mm:n kokoisia lankkuja ristiin rastiin. Vanha rakenne on kuvattu liitteessä 6. Risteyskohdat eivät ole päällekkäin, ja osa lankuista on lappeellaan. Taivutuskestävyyttä on menetetty varsinkin lankkujen laittamisessa lappeelleen eikä syrjälleen, sillä taivutuskestävyyttä laskettaessa materiaalin taivutusvastus suorakaiteen muotoiselle kappaleelle lasketaan kaavalla $W=(bh^2)/6$ (6, s. 144). Siis korkeutta kasvattamalla taivutusvastus kasvaa potentiaalisesti, mutta leveyttä kasvattamalla vain lineaarisesti.

5.3.1 Kuormien kulku

Kuormat ensimmäisen kerroksen lattian kannattimille kulkevat eri kautta kuin ikkunanylityspalkeille. Liitteessä 4 on havainnollistettu VP1T:n sekä VP1LT:n kuormien kulku mitoitettavalle rakenteelle.

5.3.2 Välipohjan kannattimen VP1LT:n taipumamitoitus

VP1LT:n taipuman laskenta *tarkasti* osoittautui aluksi haastavaksi. Palkilla on koko matkalla tasainen kuorma, joka muodostuu asuintilan hyötykuormasta. Suurin taipuman arvo on momentin maksimikohdassa eli palkin keskellä. Lisäksi väliseinän kautta tulee katolta asti suuri pistekuorma, jonka suurin taipuman arvo on hieman eri kohdassa. Päädyttiin laskemaan kuormien aiheuttamat taipumat erikseen muodostamalla taipuman funktiot, jotka voi ynnätä yhteen superpositioperiaatteen avulla. Superpositioperiaatteella laskettu taipumaviiva löytyy kuvasta 18, koko taipuman laskenta on esitetty liitteestä 7. Kannattaa huomata, että maksimi eroaa palkin keskikohdasta, vaikka ero onkin häviävän pieni.



KUVA 18. Tasaisen kuorman, pistekuorman sekä niiden yhdistetty taipumaviiva

5.3.3 Takan varaus

Takan varausta varten on kaksi vaihtoehtoa; joko tuoda maan päältä kellarin läpi takalle oma perustus tai suunnitella kannatinpalkki, joka kestää takan painon. Järkeväksi vaihtoehdoksi osoittautui ensimmäisen välipohjan VP1:n vahvistaminen, koska sitä aiottiin uusia joka tapauksessa eikä tämä ratkaisu veisi tilaa kellarista.

VP1T:n suunnittelussa ilmeni kaksi mitoittavaa tekijää, tukipainetarkastelu ja leikkauskestävyys. Tukipaine on mitoittava tuen läheisyydessä olevan suuren piste-kuorman takia. Kohteessa joudutaan kuitenkin asentamaan joka tapauksessa erillinen palkkikenkä takan kohdalle palkiston alle, joten tukileveyttä voidaan helposti säätää tarvittavan isoksi. Palkkikenkää ei voida järkevästi mitoittaa etukäteen, koska vasta vanhan lattian purkamisen yhteydessä selviää, kuinka paljon uutta palkkia voi asentaa vanhan tuen päälle. Kaavassa 12 on tukipaineen mitoitusehto, ja tukipainekerroin voidaan laskea kaavalla 13. Tukipaineen laskennan suoraviivaisuuden ja pituuden vuoksi se on lisätty vain liitteeksi (liite 1).

5.3.4 Välipohjan kannattimen VP1T:n leikkausmitoitus

Leikkausjännityksen mitoitusehto saadaan kaavasta 9. Palkissa vaikuttava leikkausjännitys lasketaan kaavalla 10, kun kyseessä on suorakaidepoikkileikkaus. Jätetään b_{eff} huomiotta, koska viilupuulla arvo on 1,0. (Kuva 19.)

Mitoitusehto: $\tau < f_{v,d}$		
$\tau_{d,red} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{d,max}}{A} = 2.10 \frac{N}{mm^2}$		
$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{d,max,tot}}{A} = 2.13 \frac{N}{mm^2}$		
$\frac{\tau_{d,red}}{f_{v,d}} = 102.45 \text{ 1\%}$	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 103.84 \text{ 1\%}$	$VAL_{leikkaus,red} = [“!” 102.45]$

KUVA 19. Leikkausmitoitus

Koska pistekuorma on suuri eikä sitä voida redusoida tasaisen ja jatkuvan kuorman kaavalla, käyttöaste ylittyy hieman. RIL:n käsikirjassa 205-1-2007 (16, s. 70) on maininta, että osan pistekuormasta voi jättää huomiotta, kun se on lähempänä palkin päätä kuin palkin korkeuden arvo. Tässä tapauksessa takan resultantti on 290 mm palkin päästä ja tuen sekä palkin korkeuden summa on 500 mm, joten ehto täyttyy. Lisäksi ylitys on pieni eikä palkin poikkileikkauksen muuttaminen olisi mielekäästä, koska nyt voidaan käyttää samaa palkkia kuin muualle alempaan välipohjaan. Harkintaa käyttäen arvo on hyväksyttävissä edellä mainituin perustein.

6 MITOITETUT RAKENTEET JA KORJausehdotukset

6.1 Välipohja VP1:n korjausehdotukset

Ensimmäisen kerroksen välipohjan taipumat aiheutuivat liian ”pehmeästä” välipohjarakenteesta, jälkeinpäin muutetuista kantavista rakenteista sekä yksinkertaisesti liian suuresta kuormasta.

Asiakkaalla oli aikomus uusia pintamateriaaleja, joten välipohjan kantavan rakenteen uusiminen samassa yhteydessä olisi järkevää. Päätettiin mitoittaa uusi palkki ja koko välipohjan rakenne.

Mitoitavaksi kestävyudeksi uudessa palkissa muodostui taipuma. Laskupohjan tulokset ovat liitteessä 7. Taipuman arvot täsmäsivät täysin verrattaessa niitä Finnwood 2.3 SR1 –ohjelmiston antamiin tuloksiin.

MathCAD Primellä luodulla laskentapohjalla tulokseksi saatiin KERTO-S 51x360, pituus 3 800 mm ja asennusväli 400 mm. Palkisto täytyy tukea päistään vähintään 40 mm:n matkalta. VP1:n uusi ratkaisu on tämän raportin liitteenä 9. Ratkaisu on tavanomainen tuulettuvan alapohjan rakenne, jonka kannatinpalkkien välissä on eriste ja avoimet pinnat on levytetty. Tässä tapauksessa hygroskooppinen eriste, kuten selluvilla, on hyvä vaihtoehto. Villojen putoaminen on estetty kipsilevyllä. Kipsilevyllä on hyvä jäykkyys ja kosteudensitomiskyky, mutta myös puukuituista tuulensuojalevyä voidaan käyttää. Yläpuolelle valittiin lattialastulevy. Lattialastulevyn alla on tärkeää käyttää ilmansulkupaperia, jonka saumat teipataan vetoisuuden välttämiseksi.

6.2 Takan perustukset

Takan varauksen perustamistavaksi valittiin siis välipohja VP1:n korvaaminen uudella ja riittävän vahvalla välipohjaratkaisulla. Takan kokoa eli massaa arvioitaessa otettiin huomioon huoneen pinta-ala ja verrattiin sitä valmistajan suositukseen. Valmistajista Tiilerillä oli nettisivulla hyvin esillä tuotetietoja, kuten vaadittava hormikoko, huoneen suositeltu pinta-ala ja tulisijan massa. Päätettiin mitoittaa

palkisto 2 000 kg:n tulisijalle, joka on varmasti riittävä huoneeseen lämmönva-
rauskykynsä puolesta. Koska rakenne on mitoitettu pelkästään suurelle massalle,
voidaan valita mikä tahansa takka, kunhan pistemäinen kuormitus välipohjalle on
korkeintaan 2 000 kg. Tulisijan alle on valettava pieni teräsbetoni-laatta muurauk-
sen lähtöä varten. Mitoitusmassan ja laatan massan erotus on tulisijan suurin
sallittu massa.

Takan suunnittelussa määräävimmit osuudet olivat odotetusti leikkauskestävyys
sekä tukipainetarkastelu. Myös värähtelymitoitus tehtiin VP1T-kannattimen las-
kennassa, mutta se ei osoittautunut 72 prosentin käyttöasteella mitoittavaksi.
Laskentapohjan tulokset löytyvät liitteestä 10.

6.3 Välipohja VP2:n korjausehdotukset

Ylemmän välipohjan korjaussuunnittelu osoittautui haastavimmaksi (liite 11). Uu-
den ikkunanylityspalkin suunnittelun jälkeen täytyi suunnitella myös hieman ylem-
mäs, toiseen kerrokseen pienempi ikkunanylityspalkki (liite 12). Näiden kahden
runkolinjalla päällekkäin sijaitsevan palkin kuormat välittyivät samoille runkotol-
pille. Tästä aiheutui tarve tarkistaa runkotolppien kestävyys. Koska alkuperäiset
runkotolpat osoittautuivat riittämättömiksi, suunniteltiin niille vahvistus (liite 13).

Kaikki uudet rakenteet oli tässä vaiheessa mitoitettu VP2:n taipuman korjaa-
miseksi. Seuraavaksi suunniteltiin, miten rakenteet liittyvät toisiinsa. Ylempi ikku-
nanylityspalkki IYP1 voidaan asentaa kahdella tavalla, joko upottamalla se run-
koon, jolloin tukipainetarkastelu tulee kyseeseen, tai jättämällä se runkotolppien
viereen, jolloin tehdään kiinnitystarvikkeiden mitoitus. Molemmat tapaukset mitoi-
tettiin, joten asiakas voi valita asennusvaiheessa, kummalla tavalla toteuttaa kiin-
nityksen. Naulauskuvio IYP1:lle löytyy liitteestä 14.

Ikkunanylityspalkille IYP2 ei voida sen paksuuden ja runkotolppien kapeuden
vuoksi tehdä runkoon upotusta, joten vain kiinnitys ruuveilla on mahdollinen. Noin
40 kN:n kuorman takia vaaditaan kiinnikkeiltäkin suurta lujuutta ja niitä tarvitaan
useita. Lopputulokseksi saatiin 19 kappaletta 6x180 puuruuveja. Naulauskuvio

on lisätty liitteeksi 15. Kannattaa huomata, että naulauskuvio on suunniteltu reunaetäisyydet huomioon ottaen, eikä siitä mielellään saisi poiketa. Kiinnikkeitä ei kannata laittaa tarvittavaa määrää enempää, sillä liian suuri määrä rikkoo puuta.

6.4 Asiakkaan dokumentit

Opinnäytteen tuloksena asiakas sai korjauksia varten kattavat rakennuslupakuvat ja lisäksi työohjeet. Työohjeista selviää, missä järjestyksessä ja miten uudet rakenteet tulisi asentaa. Kovin täsmällisiä työohjeita ei kuitenkaan ole mahdollista kirjoittaa, koska aivan täyttä varmuutta vanhoista rakenteista ei saatu purkutöiden välttämisen takia. Tämä on tyypillistä korjausrakentamisessa. Korvaavat rakenteet on mitoitettu Suomessa käytössä olevan eurokoodin mukaisesti, ja laskennat on tarkistettu vertaamalla niitä kaupalliseen käyttöön soveltuvalla Finnwood-ohjelmistolla, joten ainoaksi ongelmaksi jää uusien rakenteiden asentaminen paikoilleen.

Asiakas sai myös laskentapohjan kokonaisuudessaan *omaa käyttöä* varten. Laskelmien paikkansapitävyys voidaan todentaa laskentapohjasta myöhemminkin. Laskelmia ja rakennuslupakuvia voidaan myös käyttää referenssinä tuleville rakennushankkeille asiakkaan kiinteistössä.

7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli laatia korjaussuunnitelmat Oulun Karjasillalla sijaitsevaan rintamamiestaloon. Talossa oli alkuperäisten rakenteiden puutteista johtuen asiakasta häiritseviä taipumia, ja lisäksi korjaussuunnittelun yhteydessä haluttiin teetää olohuoneeseen tulevaa takkavarausta varten suunnitelmat.

Työn lopputuloksena asiakas sai käyttöönsä rakennuslupakuvat sekä asennusohjeet suunnitelmien käyttöönottamiseksi. Myös käytetty lähdemateriaali ja laskentapohjat annettiin asiakkaalle referenssiksi. Laskentapohjat tehtiin eurokoodin mukaisesti ja mahdollisimman yleispäteväksi, eli alkuarvoja muuttamalla voidaan laskea muitakin samankaltaisia rakenteita.

Työ eteni kokonaisuus huomioon ottaen hyvin ja asiakkaan kanssa sovituissa aikatauluissa. Usein opinnäytteen teettjä on yritys, jonka kautta oppilaalla on apuna kokenut suunnittelija tai työelämän muu ammattilainen. Tässä työssä teettjä oli yksityinen asiakas, joten ongelmien ratkomisessa oli haettava apua muualta. Apua löytyi alan kirjallisuudesta ja rakennustekniikan kurssien materiaaleista, sekä viime kädessä rakennustekniikan opettajilta. Taipuman laskenta osoittautui haastavaksi, lähinnä koska opinnäytetyö tehtiin ennen kuin yksinkertaisempi *siirtymämenetelmä* käytiin läpi oppilaitoksen mekaniikan luennoilla.

Rakennesuunnittelu on hyvin laaja käsite, ja siihen kuuluu paljon teoriaa ja standardeja. On mahdotonta sisällyttää edes kaikkia asiakkaalle tehtyjä laskelmia ja niiden analysointia opinnäytetyön kirjalliseen osuuteen. Työn kirjallisessa osuudessa pyrittiin antamaan tekniikkaa tuntemattomalle jonkinlainen käsitys rakennesuunnittelun kulusta, mutta kuitenkin syventymään valikoiduista aiheista mittaamiseen liittyen, jotta perehtyneempikin henkilökkin saa työstä jotain irti.

LÄHTEET

1. Soikkeli, Anu 2008. Rintamamiestalot – osa kauneinta rakennusperinnettä. Teoksessa Toiveikkuuden aika – Sodanjälkeistä rakentamista. Turku: Rakennusperinteen Ystävät ry.
2. Rinne, Hannu 2013. Perinnemestarin rintamamiestalo. Riika: Livonia Print.
3. Allas, Anja – Kettunen, Osmo 1975. Karjasilta, 1940-luvulla rakennettu pientaloalue. Oulu: Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus.
4. Särkinen, Åke 2005. Jälleenrakennusajan pientalo. Helsinki: Rakennustieto Oy.
5. Soikkeli, Anu 2008. Jälleenrakennuskauden pientalon korjaaminen. Teoksessa Toiveikkuuden aika – Sodanjälkeistä rakentamista. Turku: Rakennusperinteen Ystävät ry.
6. Vellonen, Paula 1999. Arvokkaita alueita Oulussa, osa 1. Oulu: Oulun kaupungin keskusvirasto / Suunnittelupalvelut / Aluesuojelutyöryhmä.
7. Oulun karttapalvelu. 2015. Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut. Saatavissa: <http://kartta.ouka.fi/IMS/?layers=Asemakaava%20Oulu&lon=Kaupunginosat&lon=Taustakartta&cp=7211591,475859&z=2>. Hakupäivä 28.11.2015.
8. Karjasilta: rakennetun ympäristön inventointi 2014. 2014.
9. Immonen, Risto 2015. Karjasillan jälleenrakennuskauden pientalot integroidun rakennussuojelun näkökulmasta. Diplomityö. Oulun yliopisto. Arkkitehtuurin tiedekunta. Arkkitehtuurin historia ja korjaussuunnittelu.
10. Karjasilta on Suomen paras. 2009. Kaleva Oy. Saatavissa: <http://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/karjasilta-on-suomen-paras/248987/>. Hakupäivä 26.11.2015.

11. Rakennesuunnittelu. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennesuunnittelu>. Hakupäivä 11.11.2015.
12. Salmi, Tapio – Kuula, Kai 2012. Rakenteiden mekaniikka. Tampere: Pressus Oy.
13. Tekniikan kaavasto. 2002. Tampere: Tammertekniikka Oy.
14. RIL 201-1-2011. 2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
15. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2015. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Tietoa_eurokoodeista. Hakupäivä 11.11.2015.
16. RIL 205-1-2007. 2007. Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
17. Kilpinen, Pekka 2013. T512905 Puurakenteet 1 5 op. Kantavat puurakenteet, rasisuusmuodot. Opintojakson opintomateriaali keväällä 2013. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
18. R. C. Hibbeler 2012. Structural analysis, eighth edition. Yhdysvallat: Pearson Prentice Hall.
19. RT 84-10617. 1996. Puulattiat. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10617> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 8.1.2016.
20. Kuistin korjaus. 2000. Museovirasto. Saatavissa: <http://www.nba.fi/fi/File/2119/korjaukskortti-10.pdf>. Hakupäivä 8.1.2016.
21. RT 09-10884. 2006. Esteetön liikkumis- ja toimimisympäristö. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10884.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 8.1.2016.

22. SisäRYL 2013 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. 2013. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

LIITTEET

Liite 1 Esimerkki kiinnikkeiden ja pilarien mitoituksesta

Liite 2 Esimerkki värähtelymitoituksesta

Liite 3 Ikkunanylityspalkkien IYP1 ja IYP2, sekä runkotolpan RT kuormituskaavio

Liite 4 Kuormakaavio 1

Liite 5 Momenttilaskuri MathCAD Primelle

Liite 6 Rakennetyyppi: VP1 vanha

Liite 7 VP1:n taipuman laskenta

Liite 8 VP1LT:n tukipaineen tarkastelu

Liite 9 Rakennetyyppi: VP1 uusi

Liite 10 Takan varauksen laskenta: leikkaus ja tukipaine

Liite 11 Detalji DET2 VP2-US

Liite 12 Detalji DET1 Vesikatto-US

Liite 13 Detalji DET3 Runkotolppa LRT1

Liite 14 Detalji DET5 IYP1 naulauskuvio

Liite 15 Detalji DET6 IYP2 naulauskuvio

Puikkoliitoksen mitoittaminen

Mitoitetaan kiinnitystarvikkeet ikkunanylityspalkille IYP1. RIL 205: Itseporautuville puuruuveille sovelletaan kohdassa 8.3.1 [RIL 205] profiloituille pyöreille nauloille annettuja naulaliitosten ohjeita käyttäen liittimen halkaisijana tehollista paksuutta

$d_{ef} = 1.1 \cdot d_i$. Jos porakärjettömän itseporautuvan ruuvim nimellispaksuus $d > 8$ mm, tulee käyttää esiporausta.

Kyseessä on kapea palkki. Tarkistetaan mikä on maksimi paksuus kiinnikkeelle:

$$t_1 := b = 27 \text{ mm}$$

Palkin leveys.

$$d := t_1 \div 8 = 3.4 \text{ mm}$$

Maksimi nimellishalkaisija.

$$d := t_1 \div 4 = 6.8 \text{ mm}$$

Maksimi nimellishalkaisija kun käytetään esiporausta.

Valitaan 6 mm puuruuvit esiporauksella. Esiporauksen reiän halkaisija $0,5d \dots 0,8d$. Tunkeuman tulee olla runkoon vähintään:

$$d_i := 4.3 \text{ mm}$$

Ruuvim kierteen sydänosa, katso liite 3: df-sarake.

$$d_{ef} := 1.1 \cdot d_i = 4.7 \text{ mm}$$

$$d := d_{ef} = 4.7 \text{ mm}$$

$$t_2 := 12 \cdot d = 57 \text{ mm}$$

$$t_1 + t_2 = 84 \text{ mm}$$

Kiinnike := "6x100 uppok. Friulsider (tuotenumero 07310d06100)"

$$t_2 := 100 \text{ mm} - t_1 = 73 \text{ mm}$$

Tunkeuma runkoon.

$$R_k := 130 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{1.8} \cdot N = 2132 \text{ N}$$

Ominaisleikkauskestävyys leikettä kohden.

RIL 205: Liitettäessä yhteen kahta erilaista puumateriaalia kaavassa (8.0.1S) käytetään sen materiaalin $k_{mod} \div \gamma_M$ -kertoimia, jonka suhde on pienempi. Kohteessa runko on sahatavaraa, joten käytetään sen arvoja.

Suuren tiheyden korotuskertoimella k_ρ voidaan korottaa kiinnikkeen leikkauskestävyyttä, mutta heikomman materiaalin eli rungon ominaistiheys on 350, jolloin kerroin on 1:

$$k_\rho := \sqrt{\frac{350}{350}} = 1.00$$

Suuren tunkeuman korotuskerroin:

$$k_t := \begin{cases} \text{if } t_1 \geq 8 \cdot d \wedge t_2 \geq 12 \cdot d & = 1.00 \\ \left| \max \left(1 + 0.3 \cdot \frac{t_1 - 8 \cdot d}{8 \cdot d}, 1 + 0.3 \cdot \frac{t_2 - 12 \cdot d}{6 \cdot d} \right) \right| \\ \text{else} \\ \left| 1 \right| \end{cases}$$

Pienen tunkeuman vähennyskerroin:

$$k_e := \begin{cases} \text{if } t_1 < 8 \cdot d \vee t_2 < 12 \cdot d & = 0.71 \\ \left| \min \left(\frac{t_1}{8 \cdot d}, \frac{t_2}{12 \cdot d} \right) \right| \\ \text{else} \\ \left| 1 \right| \end{cases}$$

$$R_d := \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_{M.puu}} \cdot k_\rho \cdot k_t \cdot k_e = 869 \text{ N}$$

Leikkauskestävyyden suunnitteluarvo.

$$n_{kiinnike} := \text{ceil} \left(\frac{V_{kiinnike}}{R_d} \right) = 7$$

Tarvittavien kiinnikkeiden määrä.

$$\begin{aligned} 5 \cdot d &= 24 \text{ mm} \\ 10 \cdot d &= 47 \text{ mm} \end{aligned}$$

Käytettävät suojaetäisyydet.

$$\begin{aligned} h &= 260 \text{ mm} \\ h \div (n_{kiinnike} + 1) &= 33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kiinnikkeiden väli yhteen riviin asennettuna valitulla palkilla.

$$10 \cdot d + n_{kiinnike} \cdot 5 \cdot d = 213 \text{ mm}$$

Tarvittava palkin korkeus jos kiinnikkeet ovat yhdessä rivissä.

$$10 \cdot d + \text{ceil} (n_{kiinnike} \div 2) \cdot 5 \cdot d = 142 \text{ mm}$$

Tarvittava palkin korkeus jos kiinnikkeet ovat kahdessa rivissä.

Naulauskuvio lupakuvien detaljeissa.

KT1: tuuli, aikaluokka hetkellinen, käyttöluokka 1

$$k_{mod} := 1.1$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot f_{c.0.k} \div \gamma_{M.puu} = 16.50 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$f_{m.d} := k_h \cdot k_{mod} \cdot f_{m.k} \div \gamma_{M.puu} = 20.45 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$N_{1.d} := 1.15 \cdot K_{FI} \cdot N_{1.G.k} + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot N_{1.Q.k} \cdot \psi_{lumi.0} = 4.09 \text{ kN}$$

$$N_{2.d} := 1.15 \cdot K_{FI} \cdot N_{2.G.k} = 6.64 \text{ kN}$$

$$N_{2.d} := N_{2.d} + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot N_{2.Q.asuin.k} \cdot \psi_{asuin.0} = 8.70 \text{ kN}$$

$$N_{2.d} := N_{2.d} + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot N_{2.Q.varasto.k} \cdot \psi_{varasto.0} = 24.27 \text{ kN}$$

$$N_{2.d} := N_{2.d} + 1.5 \cdot K_{FI} \cdot N_{2.Q.lumi.k} \cdot \psi_{lumi.0} = 33.11 \text{ kN}$$

Lasketaan kuormitussuureet. Normaalivoimat siirtyvät ylhäältä kuormittamaan alaosa.

$$N_d := N_{1.d} + N_{2.d} = 37.19 \text{ kN}$$

$$q_{tuuli.d} := 1.5 \cdot K_{FI} \cdot q_{tuuli.k} = 0.25 \text{ kN} \div \text{m}$$

$$M_e := N_{2.d} \cdot e = 2.90 \text{ kNm}$$

Ykkösvoimamenetelmässä käytetty virtuaalivoiman momentti sekä tasaisen kuorman ja pistemomentin aiheuttamat momentit.

$$M_{M.a} := M_e \cdot \frac{L_a}{L} = 2.04 \text{ kNm}$$

$$M_{virt} := -1 \cdot \frac{L_a \cdot L_b}{L} = -0.92 \text{ m}$$

$$M_{M.b} := -M_e \cdot \left(1 - \frac{L_a}{L}\right) = -0.86 \text{ kNm}$$

$$M_{pd} := q_{tuuli.d} \cdot \frac{L^2}{8} = 0.59 \text{ kNm}$$

Lasketaan tukireaktiot käyttäen apuna tulointegraalitaulukkoa.

$$\delta_{10} := \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{L}{3} \cdot \left(1 + \frac{L_a \cdot L_b}{L^2}\right) \cdot M_{pd} + \frac{L}{3} \cdot M_{M.a} + \frac{L}{3} \cdot M_{M.b} \right) \cdot M_{virt} = -0.20 \text{ m}$$

$$\delta_{11} := \frac{1}{E \cdot I} \cdot \frac{L}{3} \cdot M_{virt}^2 = 0.10 \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$B_x := \frac{-\delta_{10}}{\delta_{11}} = 2.08 \text{ kN}$$

$$A_x := \left(-B_x \cdot L_b + q_{tuuli.d} \cdot \frac{L^2}{2} + M_e \right) \div L = 0.58 \text{ kN}$$

Maksimimomentin kohta ja arvo:

$$x := \min\left(\frac{A_x}{q_{tuuli.d}}, L_a\right) = 2380 \text{ mm}$$

$$M_d := A_x \cdot x - q_{tuuli.d} \cdot \frac{x^2}{2} = 0.70 \text{ kNm}$$

Puristuskestävyys:

$$\sigma_{c.0.d} := N_d \div A = 2.48 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$k_c \cdot f_{c.0.d} = 5.92 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

Taivutuskestävyys:

$$\sigma_{m.d} := M_d \div W = 2.78 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$f_{m.d} = 20.45 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

Mitoitusehto:
$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} + \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_c \cdot f_{c.0.d}} + \frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 55.47 \text{ 1\%}$$

$$VAL_{pur_ja_taiv_kt1} = [\text{“OK” } 55.47]$$

Värähtely

Mitoitetaan värähtely vain heikommalle VP1T-rakenteelle.

$$m_{f0} := \frac{g_{vp1.k} + \psi_{asuin.2} \cdot q_{vp1.k}}{g \cdot m} = 84.86 \frac{kg}{m^2}$$

Lattian oma paino ja pitkäaikainen hyötykuorma.

$$s := k_{VP1} = 400 \text{ mm}$$

$$L = 3.89 \text{ m}$$

$$B := 6.40 \text{ m}$$

$$F := 1 \text{ kN}$$

Vertailukuorma: ihminen

$$s \div 20 = 20 \text{ mm}$$

$$s \div 25 = 16 \text{ mm}$$

Suosittelut paksuudet lastulevylle ja vanerille.

$$t := 22 \text{ mm}$$

$$E_{B.mean} := 3500 \text{ MPa}$$

Valitaan 22 mm lattialastulevy.

$$EI_L := \frac{E_{mean} \cdot I}{s} = 6840936000 \text{ N} \cdot \frac{mm^2}{mm}$$

$$EI_B := \frac{E_{B.mean} \cdot \frac{1 \text{ m} \cdot t^3}{12}}{1 \text{ m}} = 3105667 \frac{N \cdot mm^2}{mm}$$

$$f_0 := \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI_L}{m_{f0}}} = 29.55 \frac{1}{s}$$

VAL = "Värähtelytaajuus OK"

$$k_\delta := \min \left(\sqrt[4]{\frac{EI_B}{EI_L}}, \frac{B}{L} \right) = 0.15$$

Kahdesta suunnasta tuettu lattia. Neljästä suunnasta tuetulla ei rajoiteta $\frac{B}{L}$ -termillä.

$$\delta_1 := \frac{F \cdot L^2}{42 \cdot k_\delta \cdot EI_L} = 0.36 \text{ mm}$$

$$\delta_2 := \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot s \cdot EI_L} = 0.45 \text{ mm}$$

Mitoitusehto $\delta < 0.50 \text{ mm}$

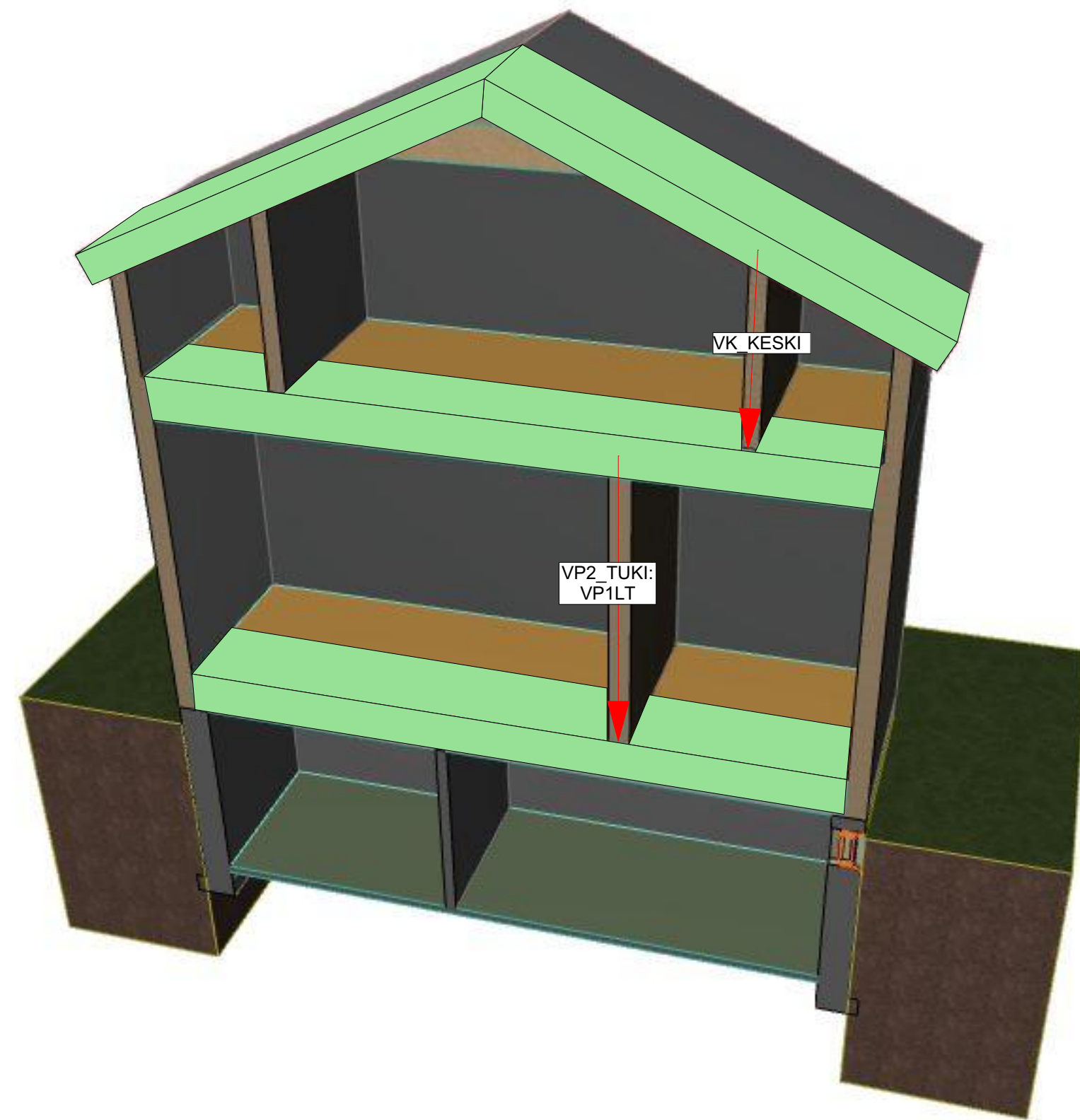
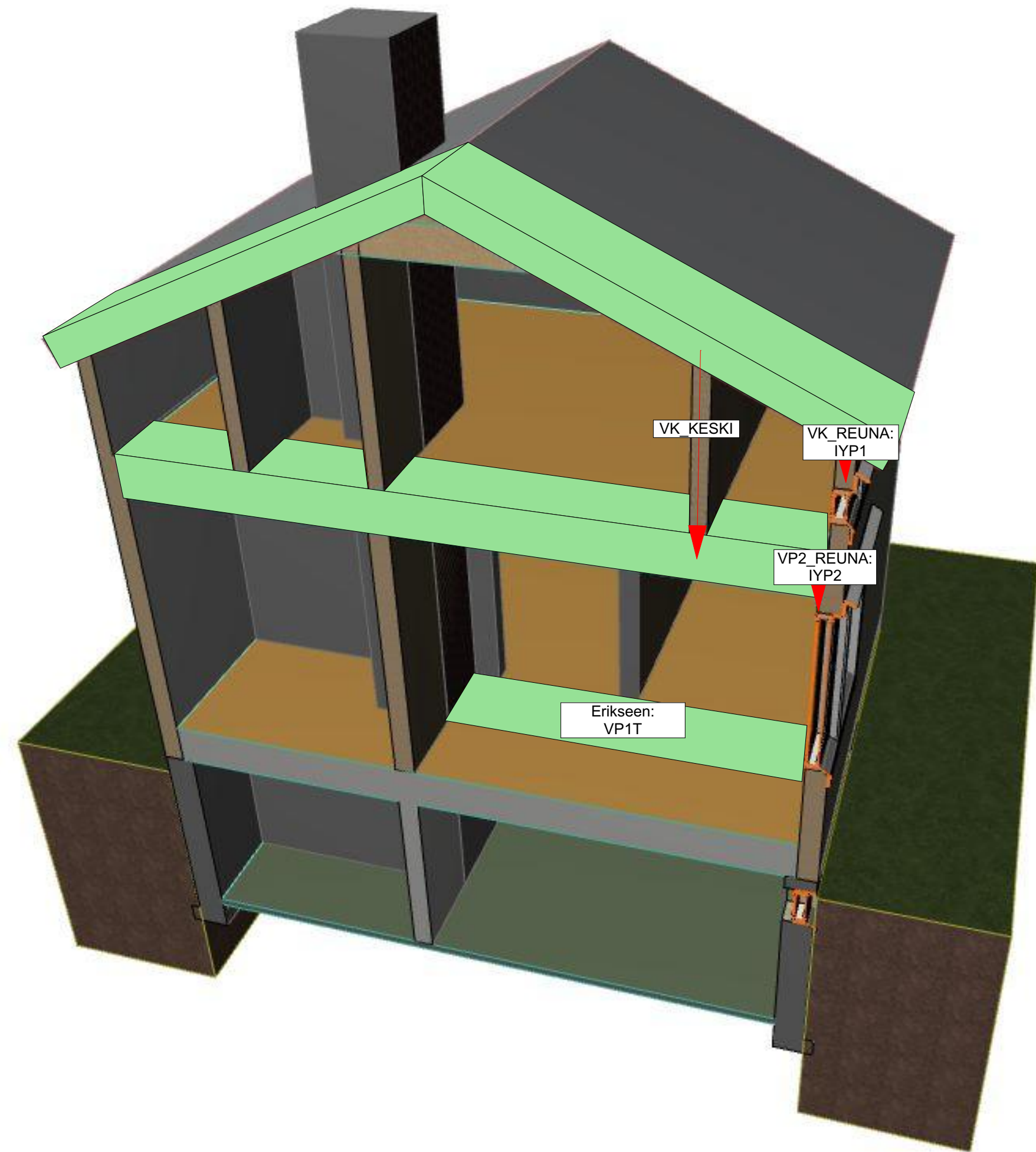
$$\frac{\min(\delta_1, \delta_2)}{0.50 \text{ mm}} = 71.98 \text{ \%}$$

VAL_{varahtely} = ["OK" 71.98]



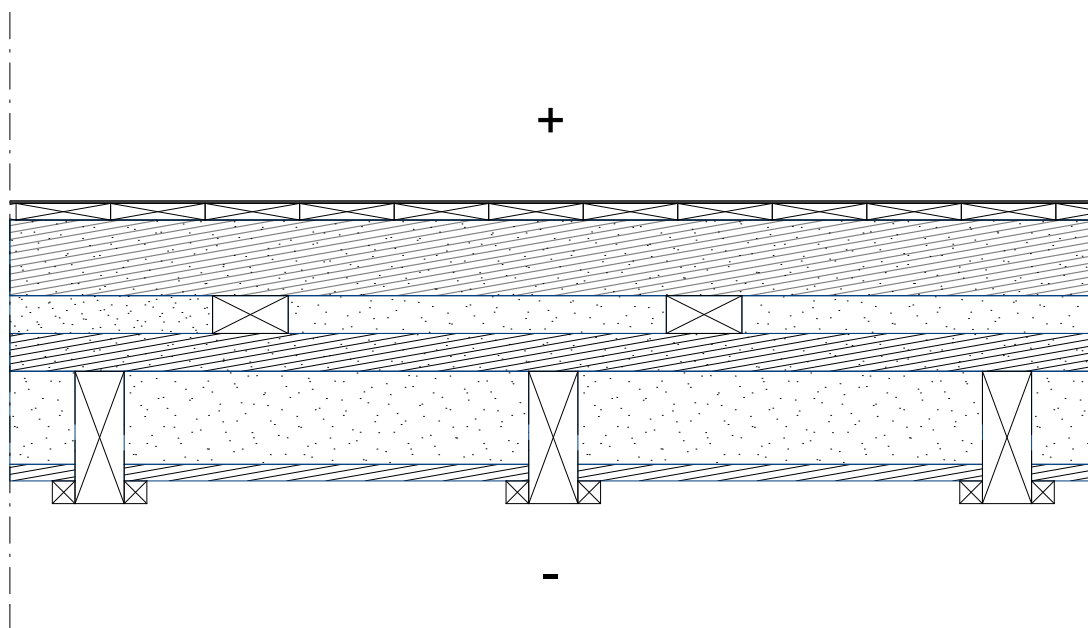
RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus			
Rakennustoimenpide Korjaus	Piirustuslaji Muut	30	Juokseva nro
Rakennuskohde 90140 Oulu	Piirustuksen sisältö Kuormakaavio 2		Mittakaava 1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi	Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 07.3	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija	Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	



RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus			
Rakennustoimenpide Korjaus	Piirustuslaji Muut	Juokseva nro 30	Mittakaava
Rakennuskohde 90140 Oulu	Piirustuksen sisältö Kuormakaavio	Muutos	1:100
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi		Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 07.2
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjotus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija		Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln



Rakenne ylhäältä alas:

- pinnoite
- laudoitus 22 mm
- lankku syrjällään + purueriste 50x100 oletetaan k600
- lankku lappeellaan + purueriste 50x100 oletetaan k600
- lankku lappeellaan + purueriste 50x100 oletetaan k600
- lankku syrjällään + purueriste 65x175 noin k600, katso 0. krs

Rossilaudat kannatettu pääkannattimien kyljessä olevilla rimoilla ja lautojen päällä pinkopahvi.

Alkuperäinen rakenne, joka korvataan kellarikerroksen pohjakuvassa esitetyn rasteroidun alueen kohdalta. Vanhan välipohjan liitos uuteen katsottava pintarakenteiden purkamisen yhteydessä.

RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus			
Rakennustoimenpide Korjaus	Piirustuslaji RAK	Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu	Piirustuksen sisältö Rakennetyyppi: alkuperäinen VP1	Mittakaava 1:10	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi	Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 05.1	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija	Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	

Taipuma (KRT)

Kuormituksen aiheuttaa VP2:n tukireaktio väliseinän kautta. Lasketaan kuormitus käyttörajatilassa kun lumi on määräävä muuttuva kuorma.

Jos $\frac{L}{h} > 12$, ei leikkausvoiman lisätaipumaa tarvitse huomioida (termi joka sisältää GA:n tai J:n w_{ref} -lausekkeissa). Lasketaan se joka tapauksessa aina.

VAL = "Lisätaip. huomioitava!"

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12} = 198288000 \text{ mm}^4$$

Suorakaidepoikki-
leikkaukselle

$$J := \frac{5}{6} \cdot G_{mean} \cdot A = 9180000 \text{ N}$$

$$a_{mitta} := L_{AF} = 1705 \text{ mm}$$

$$b_{mitta} := L_{FB} = 2180 \text{ mm}$$

$$L = 3885 \text{ mm}$$

(Taipuman kaavat: Leo Kähkönen, 1997, Kantavat puurakenteet -
insinööriopetus, ISBN 951-682-248-7)

$$w_1(\alpha, q, L) := \left\| \begin{array}{l} \alpha \leftarrow \alpha \div L \\ \frac{\alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 + \alpha - \alpha^2)}{24} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E_{mean} \cdot I} + \frac{\alpha \cdot (1 - \alpha)}{2} \cdot \frac{q \cdot L^2}{J} \end{array} \right\|$$

$$w_2(\alpha, \beta, F, L) := \left\| \begin{array}{l} \alpha \leftarrow \alpha \div L \\ \beta \leftarrow \beta \div L \\ \frac{\alpha \cdot (1 - \beta) \cdot (2 \cdot \beta - \beta^2 - \alpha^2)}{6} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E_{mean} \cdot I} + \alpha \cdot (1 - \beta) \cdot \frac{F \cdot L}{J} \end{array} \right\|$$

$$w_{tasainen}(x, q) := w_1(x \cdot \text{mm}, q, L) \div \left(\frac{10^3 \text{ mm}^2}{N} \right)$$

$$w_{piste}(x, F) := \text{if } x \cdot \text{mm} < a_{mitta} \left\| \begin{array}{l} x \leftarrow x \cdot \text{mm} \\ w_2(x, a_{mitta}, F, L) \div \left(\frac{\text{mm}}{N} \right) \end{array} \right\| \\ \text{else} \left\| \begin{array}{l} x \leftarrow x \cdot \text{mm} \\ w_2(a_{mitta}, x, F, L) \div \left(\frac{\text{mm}}{N} \right) \end{array} \right\|$$

Hetkellinen taipuma:

$$W_{G.inst} := g_{vp1.k} = 0.592 \text{ kN} \div m$$

$$W_{Q.asuin.inst} := q_{vp1.k} = 0.800 \text{ kN} \div m$$

VP1:n pinnalta kerääntyvät kuormat.

$$W_{G.2.inst} := F_{G.k} = 4.245 \text{ kN}$$

$$W_{Q.lumi.inst} := F_{Q.lumi.k} = 4.563 \text{ kN}$$

$$W_{Q.varasto.inst} := F_{Q.varasto.k} = 2.104 \text{ kN}$$

$$W_{Q.asuin.2.inst} := F_{Q.asuin.k} = 2.973 \text{ kN}$$

VP1:tä ylempät rakenteet tuovat kuormia väliseinän kautta pistemäisenä.

Lopputaipuma:

$$W_{G.fin} := W_{G.inst} \cdot (1 + k_{def}) = 0.95 \text{ kN} \div m$$

$$W_{G.2.fin} := W_{G.2.inst} \cdot (1 + k_{def}) = 6.79 \text{ kN}$$

$$W_{Q.lumi.fin} := W_{Q.lumi.inst} \cdot (1 + \psi_{lumi.2} \cdot k_{def}) = 5.11 \text{ kN}$$

$$W_{Q.varasto.fin} := W_{Q.varasto.inst} \cdot (\psi_{varasto.0} + \psi_{varasto.2} \cdot k_{def}) = 3.11 \text{ kN}$$

$$W_{Q.asuin.fin} := W_{Q.asuin.inst} \cdot (\psi_{asuin.0} + \psi_{asuin.2} \cdot k_{def}) = 0.70 \text{ kN} \div m$$

$$W_{Q.asuin.2.fin} := W_{Q.asuin.2.inst} \cdot (\psi_{asuin.0} + \psi_{asuin.2} \cdot k_{def}) = 2.62 \text{ kN}$$

Apumuuttujia:

$$W_{piste} := (W_{G.2.fin} + W_{Q.lumi.fin} + W_{Q.varasto.fin} + W_{Q.asuin.2.fin}) \div kN$$

$$W_{tasainen} := (W_{G.fin} + W_{Q.asuin.fin}) \div kN \cdot m = 1.65$$

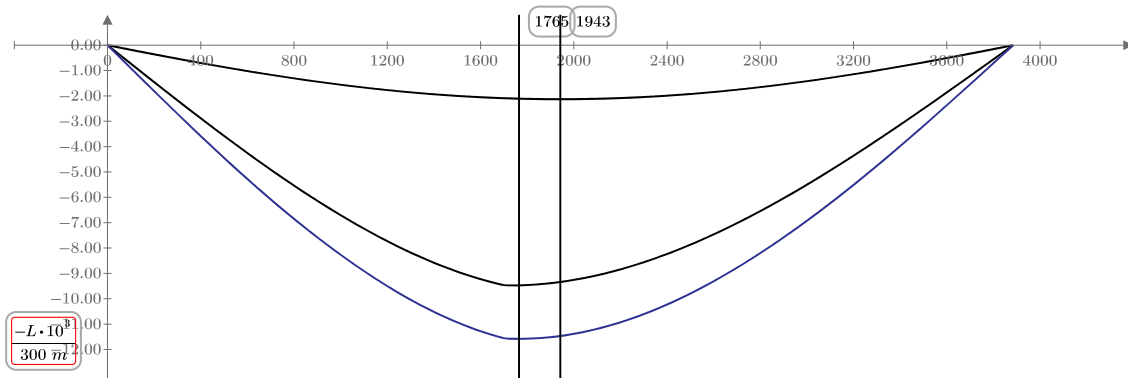
Kokonaistaipuma:

$$w_{ref}(x) := w_{piste}(x, W_{piste}) + w_{tasainen}(x, W_{tasainen})$$

Solve for values

$$x := 0$$

$$0 \leq x \leq \frac{L}{mm}$$

$$maksimi := \text{maximize}(w_{ref}, x) = 1765.3$$


$$W_{net.fin} := w_{ref}(maksimi) \cdot m = 11.58 \text{ mm}$$

$$\frac{W_{net.fin}}{L \div 300} = 89.43 \text{ \%}$$

$$VAL_{taipuma} = ["OK" 89.43]$$

Tukipaine; syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Suurin poikittainen puristusrasitus tuella (palkin ja aukon reunatuen välissä):

$$N_d := V_{d,max} = 26.05 \text{ kN}$$

Tukena on kellarin betoninen perusmuuri.

$$a := 0 \text{ mm}$$

$$l := 165 \text{ mm}$$

$$b = 51 \text{ mm}$$

$$A_{tuki} := b \cdot l = 8415 \text{ mm}^2$$

Mitta kuinka paljon palkki menee tuen "yli".

Tuen leveys (oletus).

Palkin paksuus.

Puristuspinta-ala.

Tukipainekerroin $k_{c,perpendicular}$ (katso Puu 4, sivu 18):

$$k_{c,90} := 1.0 \quad \text{"muu tapaus"}$$

$$l_{c,90,eff} := l + \min(30 \text{ mm}, a, l) + \min(30 \text{ mm}, l, L \div 2) = 195.00 \text{ mm}$$

$$k_{c,perpendicular} := \frac{l_{c,90,eff} \cdot k_{c,90}}{l} = 1.18$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{c,90,edge,d} := k_{mod} \cdot f_{c,90,edge,k} \div \gamma_{M,tvl} = 3.00 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$k_{c,perpendicular} \cdot f_{c,90,edge,d} = 3.55 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

Mitoitusehto: $\sigma_{c,90,d} < k_{c,perpendicular} \cdot f_{c,90,edge,d}$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{N_d}{A_{tuki}} = 3.10 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

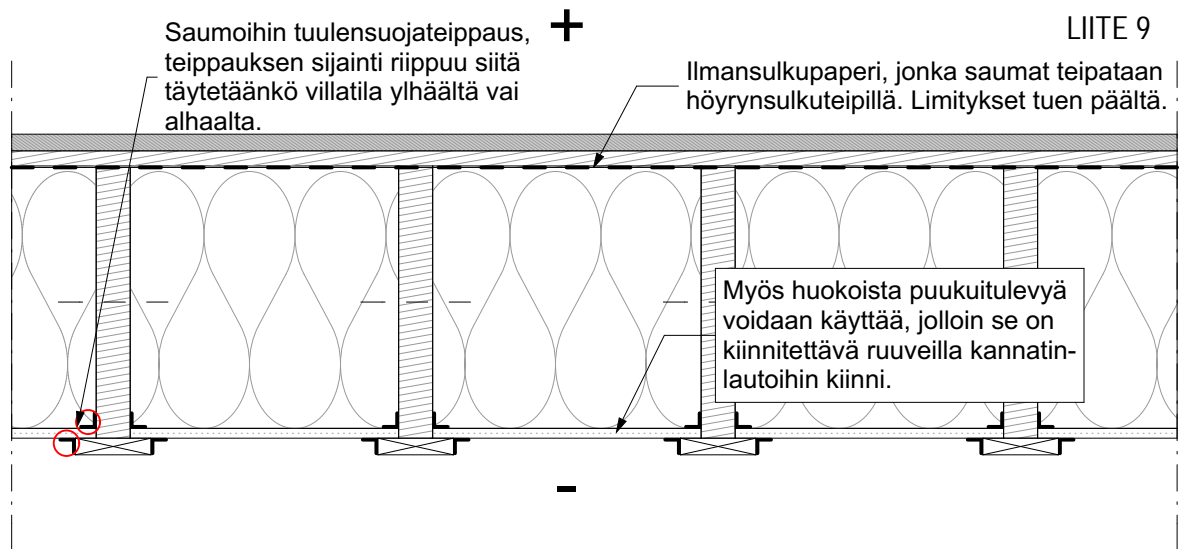
$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,perpendicular} \cdot f_{c,90,edge,d}} = 87.33 \text{ \%}$$

$$VAL_{tukipaine} = [\text{"OK"} \ 87.33]$$

Määritetään tuen minimipituus. Max(30mm, ..) tulee $l_{c,90,eff}$:ssä olevan termin seurauksena.

$$x_1 := \min(30 \text{ mm}, a) = 0 \text{ mm}$$

$$l_{tuki} := \max\left(30 \text{ mm}, \frac{N_d}{b \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,edge,d}} - x_1 - 30 \text{ mm}\right) = 140.3 \text{ mm}$$



VP1LT: KERTO-S 51x360 L3800 k400 tuen pituus min. 40 mm
 VP1T: KERTO-S 51x360 L3800 k400 tuen pituus min. 165 mm

Yläpään kiinnitys:

Palkin yläpää kiinnitettävä vähintään 600 mm välein kiepahdusta vastaan. Pinnoituksen alla oleva lattialastulevy voi asettaa pienemmänkin tuentavälin. KoskiFloor P5/P6 22 mm: k600.

Apukoolauksen paksuuden avulla voi säädellä uuden lattiantason täsmäämään talon muiden lattioiden kanssa. Sähkö- tms asennuksia voi kuljettaa apukoolauksen lomassa.

Palkkiin voi tehdä reikiä palkin keskikohtaan läpivientejä varten, mutta ei ylä- tai alaosaan.

Rakenne ylhäältä alas:

+	lattiapinnoite	
	lattialastulevy	22 mm
	apukoolaus	paksuus selvitettävä työn aikana
	lattiankannatin+villa	360 mm
	kipsilevy	13 mm
-	kannatinlauta 22x100	22 mm

RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä
Rakennuksen numero/Rakennustunnus			
Rakennustoimenpide Korjaus	Piirustuslaji RAK	Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu	Piirustuksen sisältö Rakennetyyppi: VP1 uusi	Mittakaava 1:10	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi	Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 05.2	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija	Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	

Tukipaine; syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus

Suurin poikittainen puristusrasitus tuella (palkin ja aukon reunatuen välissä):

$$N_d := V_{d,max} = 26.05 \text{ kN}$$

Tukena on kellarin betoninen perusmuuri.

$$a := 0 \text{ mm}$$

$$l := 165 \text{ mm}$$

$$b = 51 \text{ mm}$$

$$A_{tuki} := b \cdot l = 8415 \text{ mm}^2$$

Mitta kuinka paljon palkki menee tuen "yli".

Tuen leveys (oletus).

Palkin paksuus.

Puristuspinta-ala.

Tukipainekerroin $k_{c,perpendicular}$ (katso Puu 4, sivu 18):

$$k_{c,90} := 1.0 \quad \text{"muu tapaus"}$$

$$l_{c,90,eff} := l + \min(30 \text{ mm}, a, l) + \min(30 \text{ mm}, l, L \div 2) = 195.00 \text{ mm}$$

$$k_{c,perpendicular} := \frac{l_{c,90,eff} \cdot k_{c,90}}{l} = 1.18$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{c,90,edge,d} := k_{mod} \cdot f_{c,90,edge,k} \div \gamma_{M,tvl} = 3.00 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$k_{c,perpendicular} \cdot f_{c,90,edge,d} = 3.55 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

Mitoitusehto: $\sigma_{c,90,d} < k_{c,perpendicular} \cdot f_{c,90,edge,d}$

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{N_d}{A_{tuki}} = 3.10 \text{ N} \div \text{mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,perpendicular} \cdot f_{c,90,edge,d}} = 87.33 \text{ \%}$$

$$VAL_{tukipaine} = [\text{"OK"} \ 87.33]$$

Määritetään tuen minimipituus. Max(30mm, ..) tulee $l_{c,90,eff}$:ssä olevan termin seurauksena.

$$x_1 := \min(30 \text{ mm}, a) = 0 \text{ mm}$$

$$l_{tuki} := \max\left(30 \text{ mm}, \frac{N_d}{b \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,edge,d}} - x_1 - 30 \text{ mm}\right) = 140.3 \text{ mm}$$

Leikkaus

Lasketaan leikkausvoiman arvo palkin korkeuden päässä tuelta. Leikkausvoima tuella on sama kuin tukireaktio. Koska kyseessä on tasainen kuorma, vähennetään sitä kuvan 6.7 (RIL 205-1-2007 s. 70) mukaan. Katso liite 2.

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

$$l_A := l_{tuki} = 140.29 \text{ mm}$$

$$V_{d,max} = 26.05 \text{ kN}$$

$$V_{red} := V_{d,max} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot h + l_A}{L}\right) = 20.28 \text{ kN}$$

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,vl}} = 2.05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Palkin korkeus.

Tuen pituus, käytetään aiemmin laskettua.

Mitoitusehto: $\tau < f_{v,d}$

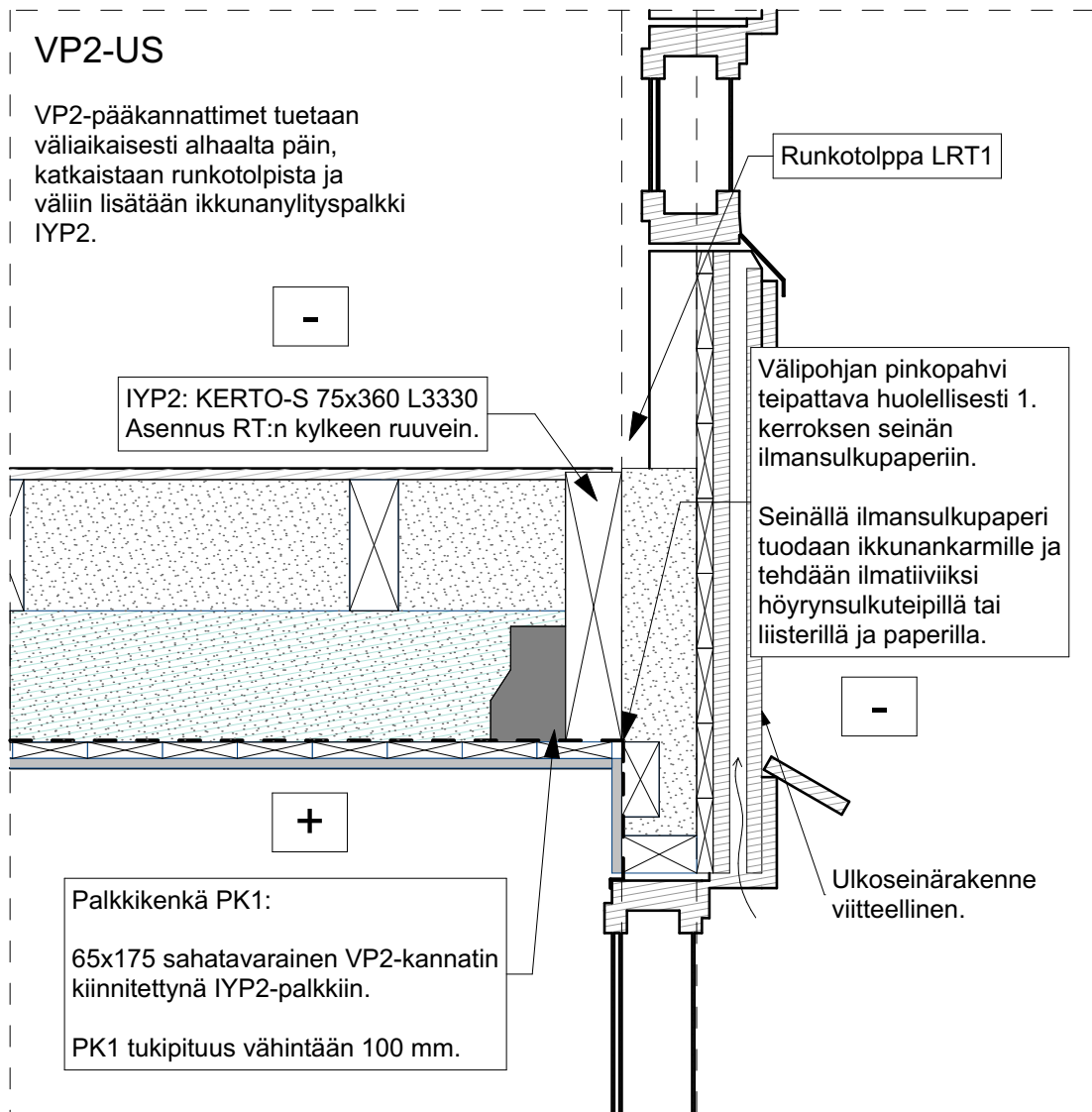
$$\tau_{d,red} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{red}}{A} = 1.66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_d := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{d,max}}{A} = 2.13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{d,red}}{f_{v,d}} = 80.84 \text{ 1\%}$$

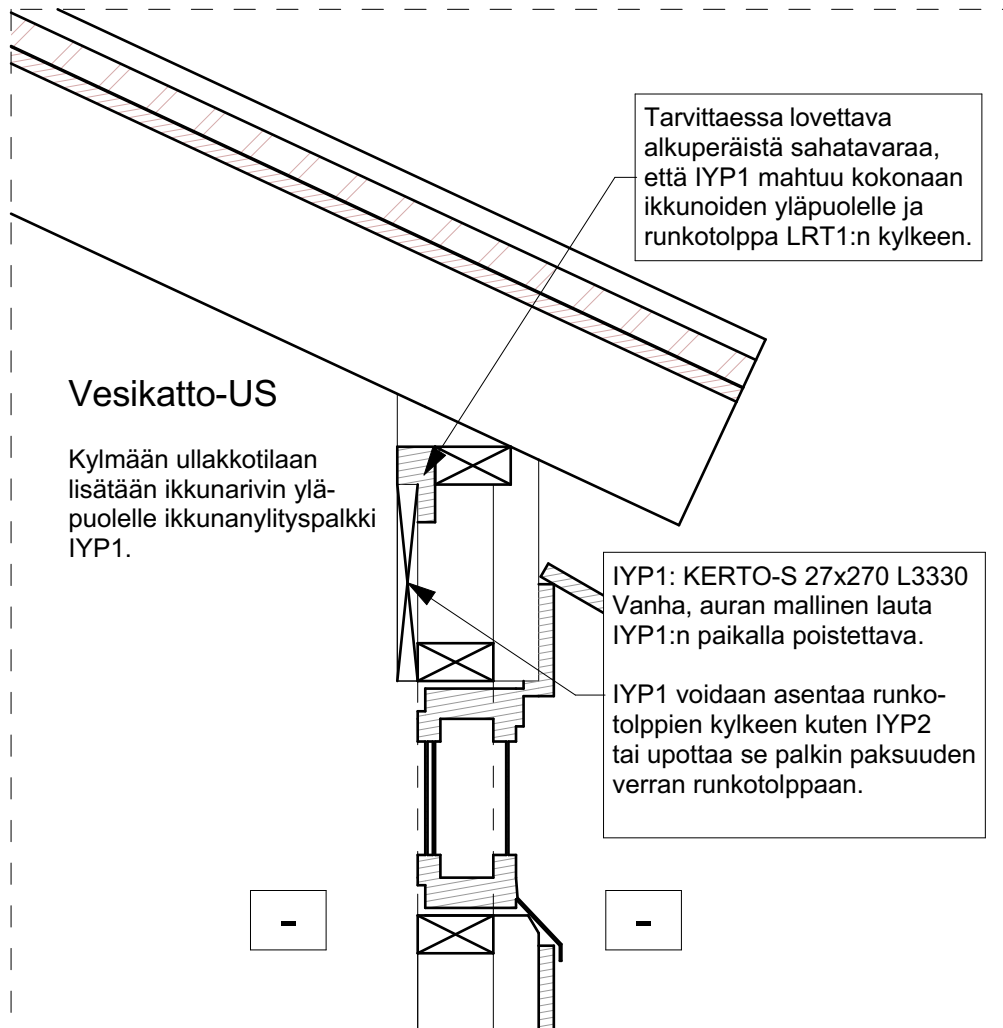
$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 103.84 \text{ 1\%}$$

$$VAL_{leikkaus,red} = [\text{“OK” } 80.84]$$



RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus				
Rakennustoimenpide Korjaus	Piiustuslaji RAK		Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu	Piiustuksen sisältö DET2 VP2-US		Mittakaava 1:10	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi		Työnumero 1	Piiustuksen tunnus 05.5	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija		Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	

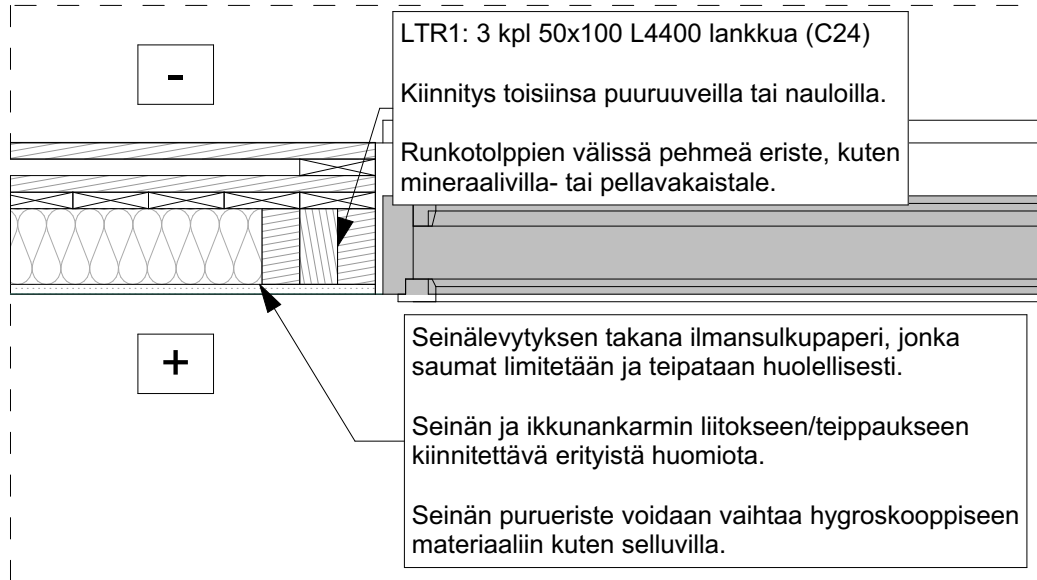


RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus				
Rakennustoimenpide Korjaus		Piirustuslaji RAK	Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu		Piirustuksen sisältö DET1 Vesikatto-US	Mittakaava 1:10	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi		Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 05.4	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija		Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	

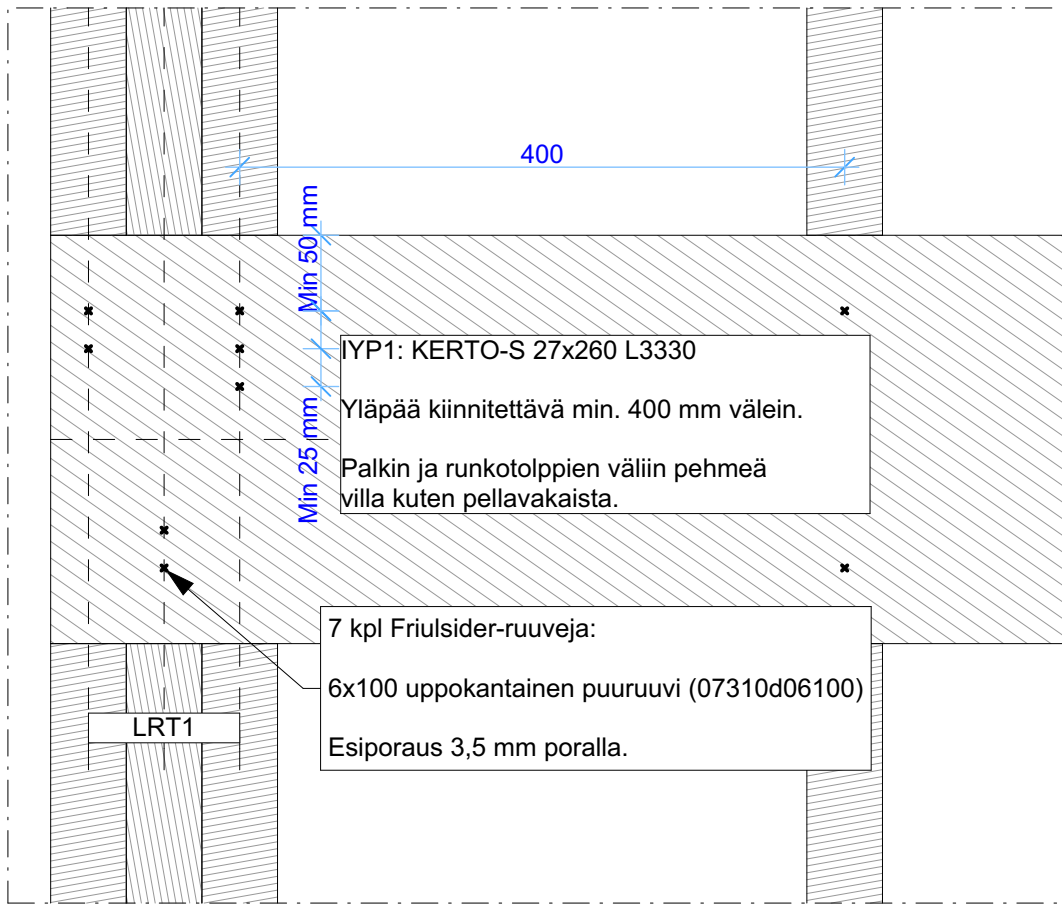
Runkotolppa LRT1

Alkuperäisen runkotolpan viereen lisätään kaksi uutta käyttämällä seinän pintarakenne sisäpuolelta auki.



RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

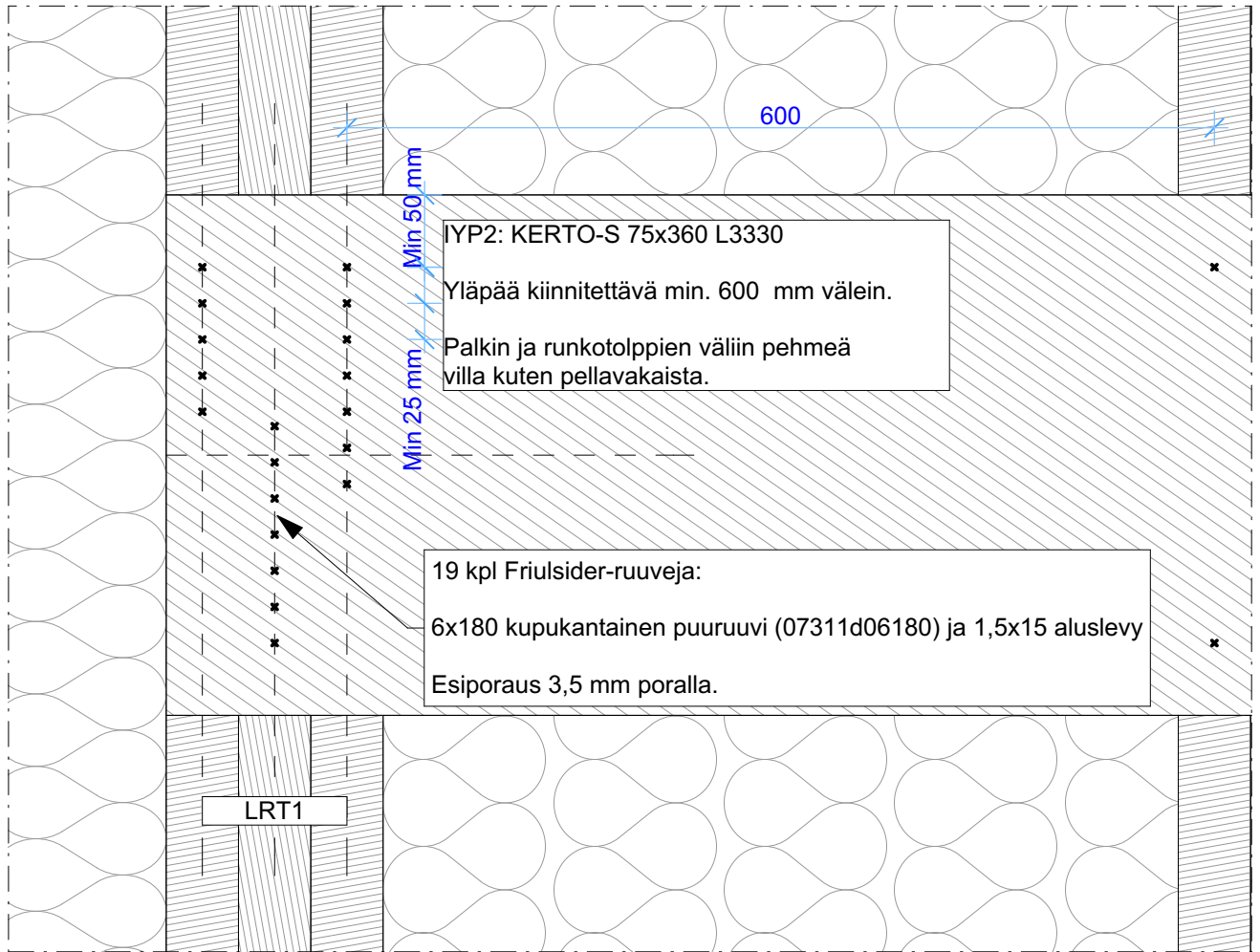
Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus				
Rakennustoimenpide Korjaus		Piirustuslaji RAK	Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu		Piirustuksen sisältö DET3 Runkotolppa LRT1	Mittakaava 1:10	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi		Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 05.6	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija		Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	



Pilarin ja palkin
neutraaliakseli

RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus				
Rakennustoimenpide Korjaus	Piirustuslaji RAK		Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu	Piirustuksen sisältö DET5 IYP1 naulauskuvio		Mittakaava 1:5	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi		Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 05.8	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija		Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	



Pilarin ja palkin
neutraaliakseli

RevisionID	Muutoksen ID	Nimi	Julkaisija	Julkaisupäivä

Kaupunginosa/Kylä Karjasilta	Kortteli/Tila 9	Tontti/Rnro	Viranomaisten merkintöjä	
Rakennuksen numero/Rakennustunnus				
Rakennustoimenpide Korjaus		Piirustuslaji RAK	Juokseva nro 30	
Rakennuskohde 90140 Oulu		Piirustuksen sisältö DET6 IYP2 naulauskuvio	Mittakaava 1:5	
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero Antti Harri t1haan01@students.oamk.fi		Työnumero 1	Piirustuksen tunnus 05.9	Muutos
Vastuullinen suunnittelija: nimi, tutkinto, allekirjoitus ja päiväys Antti Harri, RI-opiskelija		Suunnitteluala AR	Tiedosto tietomalli_raporttiin-2015-11-22.pln	