

Jan Lintula

MATALAENERGIARIVITALON SUUNNITTELU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2014

# MATALAENERGIARIVITALON SUUNNITTELU

Lintula, Jan  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2014  
Ohjaaja: Sandberg, Rauno  
Sivumäärä: 44  
Liitteitä: 26 kpl, 76 s.

Asiasanat: rakennussuunnittelu, rakennesuunnittelu, matalaenergiatalot, betonirakenteet, paikallarakentaminen

---

Opinnäytetyön ensivaiheen tavoitteena oli selvittää olisiko matalaenergiarivitalon rakentaminen omaan omistukseen – mutta edelleen vuokrattavaksi – kannattavaa 20 vuotta kestävässä sijoituksena. Käyttökustannusten minimointi, vesi- ja kosteusvahinkojen torjunta, kestävä ja pilaantumaton rakennusrunko sekä rakennuksen hyvä jälleenyntiarvo olivat muita suunnittelun lähtökoh-  
tia.

Kannattavuusarvioinnin osoitettua hankkeen potentiaalin, toimeksiantoa laajennettiin rakennuslupa-anomusta varten tarvittavien suunnitelmien laatimiseen. Rakennussuunnittelua laajennettiin lisäksi työn edetessä yksityiskohtaisempaan suunnitteluun, aina kun tälle ilmeni tarvetta. Arkkitehtisuunnittelun jälkeen, mukaan valitut rakenteet piti mitoittaa, joten projektia jatkettiin rakennesuunnitteluna. Lopulliseksi tavoitteeksi työlle muotoutui tarvittavien suunnitelmien ja piirustusten laatiminen rakennuksen lupahakemusta ja rakennustöiden aloittamista varten.

Rakennussuunnittelussa tehtiin pääpiirustukset ja luotiin tärkeimmät linjaukset, kuten tilaohjelma ja rakennusmateriaalien valinta, rakennuksen julkisivut ja sijoittuminen tontille. Asemapiirustusta työstettiin kauan, jotta tontin ilmansuunnat ja käyttömahdollisuudet saatiin kunnolla hyödynnettyä. Toimeksiannon reunaehtojen ja laskelmien perusteella runkotyypiksi valittiin paikalla valettu, massiivinen betonirunko. Ala- ja yläpohjaksi valittiin valettu betonilaatta. Katemateriaalin valinnassa päädyttiin betonitiileen ja ulkoseinien eristeeksi valittiin SPU:n polyuretaani-eristelevyt.

Rakennesuunnittelussa mitoitettiin kantavat rakenteet, suunniteltiin detaljit ja liittymät ja kehitettiin vesivuotojen varalle uusia keinoja rakenteiden suojaamiseksi. Vesivahingot aiheuttavat Suomessa valtavasti kustannuksia, joten työssä lähdettiin ennakoimaan tulevaisuudessa luultavasti nähtäviä tiukempia määräyksiä, joilla pyritään ehkäisemään asuntojen vesivahinkoja. Myös energiaselvitys ja vaipan rakennusfysikaalinen tarkastelu tehtiin osana rakennesuunnittelua. Pakollisena osana rakennuslupamenettelyä energiaselvitys sisältää rakennuksen E-luvun ja energialuokan määrittämisen sekä vuotuisen ostoenergian tarpeen laskennan. Rivitalon E-luvuksi saatiin 110 ja rakennuksen energialuokaksi B.

Toimeksiannossa kannattavuuden tunnistetuiksi riskeiksi todettiin mahdolliset rakentamisen ja energian kustannustason muutokset sekä mahdollinen kysynnän virhearviointi. Projektin tavoitteissa onnistuttiin asetettua aikataulua lukuun ottamatta erittäin hyvin. Toteutusvaiheessa tullaan tarvitsemaan vielä runsaasti detaljisuunnitelmia, mutta rakennuslupaa voidaan anoa ja työt näiden suunnitelmien turvin aloittaa.

Projekti jää tässä vaiheessa tauolle, mutta mikäli tontti- ja rahoitusneuvottelut johtavat tulokseen ja yleiset suhdanteet kääntyvät rakentamiselle suotuisammiksi, töitä jatketaan todennäköisesti toteutuksen parissa.

# DESIGNING AND PLANNING A LOW-ENERGY-TERRACED HOUSE

Lintula, Jan

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction engineering

November 2014

Supervisor: Sandberg, Rauno

Number of pages: 44

Appendices: 26 pcs. 76 p.

Keywords: architectural design, structural planning, low-energy house, concrete structures, cast-in-situ

---

In the beginning of this thesis the purpose was to find out if it would be profitable to invest in building a terraced house and start renting it for period of 20 years. The other basis of the design were minimization of operating costs, prevention of water and moisture damage, durable structural frame that doesn't damage easily and good resale value.

When profitability estimations indicated the potential of the plan, the assignment was expanded to cover the design documents for the building permit application. When needed, the building design was broadened in more detailed designing. After architectural designing the chosen structures were dimensioned, and the project shifted in structural designing. Generating the drawings and plans that meet the requests for application for the building permit was the final objective of the work.

The main drawings and the most of the key design issues, such as spatial planning, access system, building materials, facades and placement were made in the building design. Site plan took its time with location and orientation possibilities being thoroughly analyzed. Based on preconditions and calculations, the structural frame was chosen to be cast-in-situ concrete. The levels needed, such as the concrete base-floor and roof-slab, were also chosen to be made in-situ. For the roofing, concrete tiles were determined to be the best choice. The insulation for external walls was selected as the Finnish manufacturer SPU's polyurethane insulation board.

The structural planning contained designing of load bearing parts, details and connections. To protect the structures, new innovations were made for preventing water damages. Leakages cause enormous costs in Finland, so the thesis answers the futures call for stricter regulations in this area. An energy report is nowadays obligatory, and E-value and energy-class were determined. For the terraced house the E-value is 110 and energy class is B.

There are some identified risks in the plan: Possible changes in costs of energy and building, and possible misjudgment of demand. The goals were achieved very well except for the schedule, which was not possible to keep due to hectic circumstances in private life. More plans on various detail will be needed for the execution, but it is possible to request the building permit based on these plans and designs.

The project will be on hold for a while now, but in case the outcome of the negotiations for property and funding is favorable, the project will be executed.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	PROJEKTIN MÄÄRITTELY.....	7
2.1	Toimeksianto ja tavoitteet.....	7
2.2	Projektin rajaus ja riskit .....	8
3	PROJEKTIN SUUNNITTELU .....	9
3.1	Viranomaisvaatimukset asuinrakentamiselle.....	9
3.2	Projektissa tarvittavat suunnitelmat .....	11
3.3	Projektiin kuuluvat tehtävät .....	11
3.3.1	Rakennussuunnittelu.....	12
3.3.2	Rakennesuunnittelu .....	12
3.3.3	Energiaselvitys .....	13
3.4	Projektin eteneminen .....	13
3.5	Itsearviointisuunnitelma.....	13
4	PROJEKTIN TOTEUTUS, ARKKITEHTISUUNNITTELU .....	14
4.1	Rakennuksen sijainti, suunta ja korkeusasema .....	14
4.1.1	Rakennuksen sijoittuminen tontille .....	15
4.1.2	Rakennuspaikan ilmansuunnat .....	15
4.1.3	Korkeusasema .....	15
4.2	Huonetilat.....	16
4.2.1	Keittiöt .....	16
4.2.2	Olohuoneet .....	16
4.2.3	Makuuhuoneet .....	17
4.2.4	WC-, pesu- ja saunatilat .....	17
4.2.5	Eteis- ja käytävätilat .....	17
4.2.6	Varastot .....	18
4.2.7	Tekniset tilat .....	18
4.3	Huoneistokohtaiset ulkotilat .....	18
4.3.1	Terassit ja katokset .....	18
4.3.2	Näkösuojat ja aidat .....	19
4.4	Yleiset ulkotilat.....	19
4.4.1	Käytävät ja sisääntuloalueet .....	19
4.4.2	Kuivaus ja tomutus .....	19

4.4.3	Jätehuolto .....	20
4.4.4	Pysäköinti .....	20
4.4.5	Oleskelualueet .....	20
4.5	Runkotyypin valinta.....	20
4.6	Rakenteellinen suojaus sadevedeltä ja liialliselta lämpenemiseltä .....	22
4.7	Asemapiirustus.....	22
4.8	Pohjapiirustus.....	23
4.9	Leikkauspiirustus .....	23
4.10	Julkisivupiirustukset .....	24
5	PROJEKTIN TOTEUTUS, RAKENNESUUNNITTELU .....	24
5.1	Rakenteiden lujuus ja kantavuus.....	24
5.2	Rakenteiden eristävyys .....	25
5.2.1	Paloturvallisuus .....	25
5.2.2	Ääneneristys .....	26
5.3	Antura .....	26
5.4	Perusmuuri .....	27
5.5	US .....	27
5.6	YP .....	27
5.7	AP .....	28
5.8	Perustukset .....	28
5.8.1	Perustamistapa.....	28
5.8.2	Routasuojaus .....	29
5.8.3	Kuivattaminen .....	29
5.9	Detaljit.....	29
5.9.1	Varautuminen keittiön ja erillisten wc-tilojen vesivuotoihin .....	30
5.9.2	Eristeiden kiinnittäminen toisiinsa .....	31
5.9.3	Läpiviennit .....	32
5.9.4	Tartunnat .....	32
5.10	Muottisuunnittelu.....	33
5.10.1	Valupaine ja muottirakenne .....	34
5.10.2	Eristeiden kiinnittäminen kantavaan valurunkoon.....	36
5.10.3	Muuraussiteiden vetovoimien siirto valurunkoon.....	36
6	PROJEKTIN TOTEUTUS, ENERGIASELVITYS.....	36
6.1	Lähtötiedot .....	39
6.2	Laskennan tulokset.....	39
6.2.1	Tasauslaskenta.....	39

6.2.2 E-luku .....	40
6.2.3 Energialuokka .....	40
6.3 Energiaselvitys.....	41
7 PROJEKTIN ARVIOINTI.....	41
7.1 Projektin vaiheet .....	41
7.2 Aikataulun pitäminen.....	42
7.3 Tulosten hyödyntäminen.....	42
7.4 Projektin jatkaminen ja uudet ideat.....	42
LÄHTEET.....	43

## LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella omaan omistukseen, edelleen vuokrattavaksi, neljän asunnon rivitalo, jossa 2 kpl kaksiota á 65 m<sup>2</sup> ja 2 kpl kolmiota á 85 m<sup>2</sup>. Rakennus-, käyttö- ja pääomakustannukset tulee kattaa vuokratuloilla 20 vuoden kuluessa käyttöönotosta.

Lähtökohtana on rakennus, jonka rakennuskustannukset ovat kohtuulliset ja joka on suunniteltu siten, että välinpitämättömälläkään asumisella ei voida pilata rakenteita. Rakennuksen käyttö- ja kunnossapitokustannusten tulee olla mahdollisimman pienet. Suomessa lämmitys muodostaa rakennuksen elinkaaren aikana suurimman yksittäisen kustannuserän, jonka vuoksi lämmitysjärjestelmän suunnittelu ja päälämmönlähteen valinta nousevat erityisen tärkeään rooliin projektissa. Erilaiset vesi- ja kosteusvauriot taas muodostavat suuren osan rakennusten korjauskuluista, joten myös näiden ennaltaehkäisyyn on panostettu suunnittelussa tavallista enemmän.

Käyttökustannusten minimointi, vesi- ja kosteusvahinkojen torjunta, kestävä ja pilaantumaton rakennusrunko sekä investoinnin 20 vuoden takaisinmaksuaika ovat tärkeimmät suunnittelun lähtökohdat.

## 2 PROJEKTIN MÄÄRITTELY

### 2.1 Toimeksianto ja tavoitteet

Projektin toimeksianto lähti omasta tarpeesta selvittää olisiko rivitalon rakentaminen vuokrattavaksi taloudellisesti kannattavaa. Päämääränä on oman perheen toimeentulon turvaaminen noin 20 vuoden kuluttua, kun työikäiset perheenjäsenet jäävät eläkkeelle. Rivitalo ei saisi rasittaa perheen taloutta myöskään investoinnin kuoletusaikana, eli kohteen normaalit, juoksevat kulut tulisi kattaa pelkästään vuokratuloilla. Suurempia korjauskustannuksia ei tällä aikajanalla vielä pitäisi tulla, joten tällaisiin kustannuksiin ei varauduta kannattavuutta arvioitaessa mitenkään. Ennalta arvaamattomien tapahtumien varalle on hankittava vakuutus ja mikäli jotakin tapahtumaa ei

tästä vakuutuksesta korvattaisi, voitaisiin myös ottaa korjausta varten erillistä lainaa. Suunnitellun takaisinmaksuajan suhteen olisi tässä tilanteessa tosin pakko joustaa.

Vuokrakäytön katsottiin nostavan todennäköisyyttä rakennuksen korjaustarpeille, eli myös siihen olisi varauduttava, että vuokralla asuva ei välttämättä suhtaudu asuntoon ja rakennukseen samalla huolellisuudella kuin omassa asunnossaan asuva. Tähän voitaisiin parhaiten varautua rakenteellisilla ratkaisuilla, eli pyritään suunnittelemaan ja rakentamaan rakennus, jonka kalleimmat ja vaikeimmin korjattavat rakenteet eivät vaurioidu helposti. Samalla ajatusmallilla voidaan varmistaa myös rakennuksen mahdollisimman suuri jälleenmyyntiarvo, kun se parinkymmenen vuoden päästä myydään. Lähtökohtana oli, että taloudelliset perusteet projektille on löydettävissä. Tavoitteena on rakennuksen toteuttamista varten tarvittavien suunnitelmien teko siten, että toimeksiannossa määritellyt ehdot ja erityisvaatimukset täytetään.

## 2.2 Projektin rajausta ja riskit

Projektissa tuotetaan tarpeelliset dokumentit ja selvitykset rakennusluvan anomista ja rakennustyön aloittamista varten. Projekti sisältää rakennus- ja rakennesuunnittelun sekä energiaselvityksen.

Rakennussuunnittelu sisältää tärkeimmät linjaukset, kuten rakennusmateriaalien ja tilojen suunnittelun, rakennuksen julkisivut sekä sijoittumisen tontille.

Rakennesuunnitteluun sisältyy mm. rakenneosien liittymät, yksityiskohtien toiminnallinen suunnittelu, vaipan rakennusfysikaalinen tarkastelu ja lujuuslaskelmien teko.

Energiaselvitys vaaditaan nykyisin rakennuslupahakemuksen liitteeksi, ja se sisältää mm. rakennuksen E-luvun ja energialuokan määrittämisen ja vuotuisen ostoenergian tarpeen laskennan.

Kannattavuuslaskenta on rajattu projektin ulkopuolelle, koska näin pitkälle takaisinmaksuajalle perustuvan tapauksen lopputulos muuttuu merkittävästi pelkästään erilaista spekulatiivista korkotasoa käytettäessä. Todettakoon, että projektin on laskettu



olevan kannattava, mutta laskelmaan sisältyy riskiä tai laskelman oikeellisuudella on alle 100 %:n todennäköisyys. Korkotason vaihteluun varaudutaan valitsemalla annuiteetilaina, jolloin laina-aika pitenee korkotason kasvaessa. Korkoriskiä pienennetään sitomalla osa pääomasta kiinteään korkoon.

Projektin tunnistettuja riskejä ovat mahdolliset rakentamisen ja energian kustannustason muutokset, jotka saattavat pahimmassa tapauksessa muuttaa projektin kannattamattomaksi tai pidentää kohtuuttomasti investoinnin takaisinmaksuaikaa. Tarpeen ja kysynnän virhearviointi on aina rakennushanketta suunniteltaessa riskinä, varsinkin jos kohde rakennetaan myytäväksi ilman ennakkomarkkinointia. Tämän projektin perustana olevalle pitkälle vuokrauskäytölle on suuremmalla varmuudella kysyntää suhdanteista riippumatta.

### 3 PROJEKTIN SUUNNITTELU

Projektin suunnittelussa perehdyttiin ensin viranomaismääräyksiin ja lakeihin sekä tutustuttiin tietolähteisiin. Suomessa rakentaminen on varsin säädeltyä, mikä toisaalta takaa turvalliset ja terveelliset rakenteet sekä helpottaa ohjeiden ja määräysten löytämistä, mutta toisaalta nostaa kustannuksia ja ylläpitää turhaa byrokratiaa.

Määräyksiin perehtymisen jälkeen, projektin työt jaettiin pienempiin osiin ja näitä lähdettiin toteuttamaan. Uutta tietoa piti hankkia läpi koko projektin.

#### 3.1 Viranomaisvaatimukset asuinrakentamiselle

Suomessa asuinrakentamisesta säädetään yleisellä tasolla maankäyttö- ja rakennuslaissa. Tarkemmat säännökset ja ohjeet on koottu Ympäristöministeriön toimittamaan Suomen Rakentamismääräyskokoelmaan (Suomen RakMK). Määräyskokoelma on laaja – se käsittää seitsemän osaa (A-G), jotka kukin on jaettu vielä omaa aihettaan tarkentaviin alaosiin (1-n). (Ympäristöministeriön www-sivut 2014.)

Tämä projekti suunnitellaan kaikilta osin vastaamaan Suomen RakMK:n määräyksiä.

Taulukko 1. Suomen Rakentamismääräyskokoelman osat (Ympäristöministeriön www-sivut 2014)

A	YLEINEN OSA
<u>A1 (2006)</u>	Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus, määräykset ja ohjeet
<u>A2 (2002)</u>	Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohjeet
<u>A4 (2000)</u>	Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje, määräykset ja ohjeet
<u>A5 (2000)</u>	Kaavamerkinnot, määräykset
B	RAKENTEIDEN LUJUUS
<u>B1 (1998)</u>	Rakenteiden varmuus ja kuormitukset, määräykset
<u>B2 (2007)</u>	Kantavat rakenteet, määräykset
<u>B3 (2004)</u>	Pohjarakenteet, määräykset ja ohjeet
<u>B4 (2009)</u>	Betonirakenteet, ohjeet
<u>B5 (2007)</u>	Kevytbetoniharkkorakenteet, ohjeet
<u>B6 (1989)</u>	Teräsohutellevrakenteet, ohjeet
<u>B7 (1996)</u>	Teräsrakenteet, ohjeet
<u>B8 (2007)</u>	Tiilirakenteet, ohjeet
<u>B9 (1993)</u>	Betoniharkkorakenteet, ohjeet
<u>B10 (2001)</u>	Puurakenteet, ohjeet
C	ERISTYKSET
<u>C1 (1998)</u>	Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet
<u>C2 (1998)</u>	Kosteus, määräykset ja ohjeet
<u>C3 (2010)</u>	Rakennuksen lämmöneristys, määräykset
<u>C4 (2003)</u>	Lämmöneristys, ohjeet
D	LVI JA ENERGIATALOUS
<u>D1 (2010)</u>	Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet
<u>D2 (2012)</u>	Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet
<u>D3 (2012)</u>	Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet
<u>D4 (1978)</u>	LVI-piirrosmerkit, ohjeet
<u>D5 (2012)</u>	Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet
<u>D7 (1997)</u>	Kattiloiden hyötysuhdevaatimukset, määräykset
E	RAKENTEELLINEN PALOTURVALLISUUS
<u>E1 (2011)</u>	Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
<u>E2 (2005)</u>	Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus, ohjeet
<u>E3 (2007)</u>	Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet
<u>E4 (2005)</u>	Autosuojien paloturvallisuus, ohjeet
<u>E7 (2004)</u>	Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, ohjeet
<u>E8 (1985)</u>	Muuratut tulisijat, ohjeet
<u>E9 (2005)</u>	Kattilahuoneiden ja polttoaineväestöjen paloturvallisuus, ohjeet
F	YLEINEN RAKENUSSUUNNITTELU
<u>F1 (2005)</u>	Esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet
<u>F2 (2001)</u>	Rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet
G	ASUNTORAKENTAMINEN
<u>G1 (2005)</u>	Asuntosuunnittelu, määräykset ja ohjeet

Taulukosta 1 voidaan havaita, että tässä projektissa eri yksityiskohtien määräystenmukaisuuden tarkistamiseen tarvitaan noin puolta kokoelman osista (kokoelman tunnus alleviivattu). Muiden osien aihepiiri ei sisälly tähän projektiin.

Rakenteiden lujuuden ja kantavuuden suunnitteluun on tulossa yhteiseurooppalainen Eurokoodi-järjestelmä, joka tulevaisuudessa korvaa kokonaan Suomen RakMK:n osan B. Toistaiseksi eurokoodia on käytetty osan B rinnalla vuodesta 2007 saakka.

### 3.2 Projektissa tarvittavat suunnitelmat

Suomen RakMK:n osa A2 määrää ja ohjeistaa pääpiirustusten sisällöstä ja erityissuunnitelmien tarpeesta. Rakennuslupamenettely asettaa lisäksi omat vaatimuksensa ja paikkakunnittain on hieman eroa rakennuslupahakemukseen liitettävästä sisällöstä. Rakennusluvan hakemista varten on yleensä tehtävä erilaisia selvityksiä. Taulukossa 2 on listattu esimerkkinä Turun kaupungin vaatima rakennuslupahakemuksen sisältö.

Taulukko 2. Turun kaupungin vaatimat liitteet rakennuslupahakemukseen (Lupaopas pientalon rakentajille ja suunnittelijoille 2005, 19)

<b>LIITTEET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>selvitys rakennuspaikan omistus- tai hallintaoikeudesta</li> <li>selvitys suunnittelijoiden kelpoisuudesta</li> <li>rakennuslupakartta, asemakaavaote tai karttaote</li> <li>naapurien kuuleminen</li> <li>tilastolomakkeet</li> <li>selvitys rakennuspaikan perustamistavasta</li> <li>selvitys jätevesien käsittelystä haja-asutusalueella</li> <li>muu hanketta havainnollistava aineisto</li> </ul>
<b>PIIRUSTUKSET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>asemapiirustus</li> <li>pohjapiirustus</li> <li>leikkauspiirustus</li> <li>julkisivupiirustukset</li> </ul>

### 3.3 Projektiin kuuluvat tehtävät

Projektissa tuotetaan tarpeelliset dokumentit ja piirustukset rakennusluvan anomista varten. Projekti sisältää rakennus- ja rakennesuunnittelun sekä energiaselvityksen.

Taulukon 2 mukaiset liitteet on rajattu projektin ulkopuolelle projektin suuren työmäärän vuoksi. Kaavamääräykset on huomioitu suunnittelussa, mutta niitä ei erikseen esitellä.

### 3.3.1 Rakennussuunnittelu

Rakennus- eli arkkitehtisuunnittelu sisältää tilojen ja niiden toiminnallisuuden suunnittelun ja pohjapiirustuksen tekemisen. ARK-suunnittelualaan sisältyy lisäksi rakennuksen ja tilojen ulkonäön suunnittelu ja julkisivupiirustusten tekeminen, rakennuspaikan ja rakennuksen korkeusaseman valinta ja tontilla olevien toimintojen suunnittelu sekä asemapiirustuksen laatiminen. On tehtävä myös pääasiallisten rakennusmateriaalien valinta rakennuksen käyttötarkoituksen ja suunnittelun lähtökohtien perusteella sekä rakennusosien liittymien ja niiden yhteensopivuuden perussuunnittelu. Rakennuslupadokumenttien kerääminen on myös osa rakennussuunnittelua. (RT 10-11109 2013, 9-12.)

### 3.3.2 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelu sisältää rakennusosien liittymien perusratkaisut, kuten alapohjan, yläpohjan ja ulkoseinien liittymäsuunnittelun. Lisäksi rakennuksen eristävyys ja tiiveyden suunnittelu, kuten ilman- ja vesihöyrynsulkujen, ääni- ja paloeristyksen sekä paloturvallisuuden suunnittelu kuuluu rakennesuunnitteluun. Pienempien rakennusosien liittymät päärakenteisiin, kuten ovien ja ikkunoiden liittymät, läpivientien, kannakkeiden ja kiinnikkeiden tiiveyden suunnittelu sekä rakenteiden ja eristeiden yksityiskohtien toiminnallinen suunnittelu ovat myös RAK-suunnittelualan tehtäviä. Edellisten lisäksi rakennuksen vaipan rakennusfysikaalisen toimivuuden varmistaminen ja laskenta, vesieristeiden ja vesivahinkojen estämisen erityissuunnittelu, kantavien rakenteiden lujuuslaskelmien teko sekä em. suunnittelukohteiden dokumentointi ovat rakennesuunnitteluun sisältyviä tehtäviä. (RT 10-11128 2013, 7-24.)

### 3.3.3 Energiaselvitys

Energiaselvitys sisältää rakennusosien U-arvojen laskemisen, rakennuksen E-luvun ja energialuokan määrittämisen sekä vuotuisen ostoenergian tarpeen laskennan (Energiaselvityksen ja -todistuksen luominen DOF-energia -ohjelmalla 2009, 2-3).

### 3.4 Projektin eteneminen

Suunnittelu aloitetaan rakennus- eli arkkitehtisuunnittelusta. Päälinjausten selkiytyessä suunnittelua jatketaan rakenne- ja detaljisuunnittelulla. Rakennukselle pyritään mahdollisimman nopeasti löytämään sopiva tontti, jotta lopulliset ratkaisut esimerkiksi tilaohjelmasta ja ulkoalueiden käytöstä voidaan tehdä. Suunnittelua tarkennetaan ja suunnataan työn edetessä kohti pienempiä yksityiskohtia. Rakentamiseen kehitetään uusia toimintatapoja ja materiaalien käyttöä pyritään optimoimaan. Muutamiin ennalta valittuihin ongelmiin ja yksityiskohtiin, kuten muuraussiteiden aiheuttamiin kylmäsiltoihin, erillisten WC-tilojen ja keittiöiden vesikalusteiden aiheuttamiin vahinkoihin sekä ulkovaipan tiiveyttä heikentäviin liitoksiin ja detaljeihin tullaan keskittymään suunnittelussa enemmän. Myös paikallavalurungon muottirakenteeseen projekti tulee tarjoamaan tuoreita näkökulmia.

Työ on tarkoitus saada valmiiksi keväällä 2014 ja projektin edistämiseen tullaan käyttämään kaikki mahdollinen aika joka päivätyön ja muiden välttämättömien töiden jälkeen on käytettävissä.

### 3.5 Itsearviointisuunnitelma

Projekti on vaarassa paisua sisällöllisesti hyvinkin laajaksi, joten työtä tehdessä on syytä pyrkiä rajoittamaan käsiteltävien asioiden lukumäärää. Rakennuksen toteuttamiseksi tarvittavien suunnitelmien ja dokumenttien määrä on säädelty, joten nämä suunnitelmat on pakko tehdä. Tarvittavat selvitykset kuitenkin rajataan projektin ulkopuolelle. Myös uusia ajatuksia tekniikkaan ja muuhun projektin sisältöön liittyen on paljon, eli itsearviointia on tehtävä ja olennaista sisältöä jatkuvasti harkittava projektin edetessä. Työ pyritään pitämään tiiviinä, korkeintaan 40 – 50 sivun mittaisena.

## 4 PROJEKTIN TOTEUTUS, ARKKITEHTISUUNNITTELU

Arkkitehtisuunnittelu aloitettiin tilojen ja koko rakennuksen mitoituksen suunnitella. Toimeksiannossa on määritelty rakennuksen asuinalaksi noin 300 neliometriä. Vuokraamisen helpottamiseksi huoneistojen tulee olla kaksioita ja kolmioita. Rakennuskustannukset haluttiin minimoida, joten suunnittelun lähtökohdaksi oli otettava mahdollisimman yksinkertaiset rakenteet ja rakennuksen muodot. Näillä reunaehdoilla parhaaksi vaihtoehdoksi tuli suorakaiteen muotoinen (n. 8 m x 42 m) 4 asunnon rivitalo, jossa kaksi kaksiota ja kaksi kolmiota.

Materiaalien tulee olla järkevin kustannuksin mahdollisimman kestäviä ja pilaantumattomia. Rakennuksen jälleenmyyntiarvon tulee olla noin 20 vuoden iässä mahdollisimman suuri. Nämä vaatimukset yhdessä rivitalojen huoneistoväliseiniä paloeristävyyttä määräysten kanssa, ratkaisivat rungon materiaalivalinnaksi betonin ja ulkoväin eristevalinnaksi umpisoluisen muovimateriaalin.

Myöhemmässä vaiheessa rakennukselle löytyi sopiva tontti, jolle suunniteltu rakennus sopii, sekä mittojensa että ulkonäkönsä ja toimintojensa osalta. Rakennuksen tilat saatiin suunniteltua toimiviksi sekä rakennuksen sisällä että suhteessa tontin ominaisuuksiin ja ilmansuuntiin. Olohuoneet ja käyttöpihat ovat kadulta katsoen suojaisasti rakennuksen takana. Asunnoissa tilojen käyttö seuraa auringon liikerataa, eli aamulla valoa saadaan makuuhuoneisiin ja illalla olohuoneisiin, keittiöihin ja pihoille.

### 4.1 Rakennuksen sijainti, suunta ja korkeusasema

Sopivan tontin löytäminen ja rakennuksen sijoittaminen tälle ovat lopullisuutensa vuoksi erittäin tärkeitä valintoja. Kosteita notkoja ja varjoisia pohjoisrinteitä tulee aina välttää – paras rakennuspaikka on etelärinteen yläosassa. Maaston muodot voidaan käyttää hyväksi edullisempien tuuliolojen ja valoisuuden takaamiseksi.

(Ojala, n.d. 1-5.)

#### 4.1.1 Rakennuksen sijoittuminen tontille

Rakennuspaikka on tontin takaosassa, jolloin pysäköinnille, oleskelulle ja jäte- ja muulle huollolle jää yhtenäistä ja tarpeen mukaan käyttötarkoitukseltaan joustavaa tilaa tontin etuosaan. Järjestelyllä taataan myös mahdollisimman rauhallinen asuinympäristö – Kadun liikenne on kaukana ja tontti rajoittuu muilta osin puistoon. Myös huoneistojen katetut terassit sijoittuvat tontin takaosaan, rakennuksen taakse. Näin huoneistokohtaiset oleskelualueet ovat mahdollisimman yksityiset ja rauhalliset. (Ojala, n.d. 3.)

#### 4.1.2 Rakennuspaikan ilmansuunnat

Rakennuksen asema ilmansuuntien suhteen on tarkasti harkittu ja mallinnettu. Huoneistot on ensisijaisesti suunniteltu työssäkäyvälle pariskunnalle, joilla on yksi tai ei yhtään lasta. Huoneistojen käyttöpihojen ilmansuunta on länsi-lounaaseen, jolloin yksityiset oleskelualueet ovat aurinkoiset iltapäivällä ja illalla. Kohderyhmän vapaa-aika sijoittuu arkiviikolla juuri näihin hetkiin. Jokaisen huoneiston käyttöpihalla on myös katettu terassi, joka tarjoaa tarvittaessa suojaa auringolta tai sateelta. (Ojala, n.d. 1-4.)

#### 4.1.3 Korkeusasema

Rakennuksen korkeusaseman merkitys kasvaa kun rakennuksia on paljon ja ne ovat lähellä toisiaan. Myös vaihteleva maasto tai muutoin vaikeat rakennuspaikan ominaisuudet vaikuttavat enemmän rakennuksen korkeusasemaan kuin tavanomainen tasamaan ratkaisu. Usein kadun tai viemärin olemassa olevat korkeusasemat vaikuttavat rakennuksen korkeusasemaan. Tämän projektin tontti on lähes tasainen, jolloin korkeusasemaan vaikuttaa ensisijaisesti riittävän etäisyyden saavuttaminen maanpinnan ja huonetilojen lattiapinnan välille. Louhinnasta syntyvät kivimassat halutaan kustannussyistä käyttää rakennuspaikalla, mutta määrät ovat niin vähäisiä, että ne voidaan käyttää pohjarakenteisiin ja kulkuväylien runkoaineiksina. (Ojala, n.d. 3.)

## 4.2 Huonetilat

Huonetilat ovat yleisvaikutelmaltaan vaaleita ja värit ja kuviot ovat selkeitä ja yksinkertaisia. Tavoitteena on rauhalliset ja viihtyisät asuintilat, joita asukas voi sisustamalla muokata mieleisekseen. Huoneratkaisuja ja tilojen keskinäistä sijoittelua voi tarkastella pohjapiirustuksesta liitteessä 2.

### 4.2.1 Keittiöt

Näkymä keittiöön avautuu suoraan edessä pääovesta sisään tultaessa. Keittiöt ovat pinta-alaltaan suurehkoja, (kaksioissa 14 m<sup>2</sup> ja kolmioissa 17 m<sup>2</sup>) jolloin myös ruokailuryhmälle on riittävästi tilaa. Keittiön muut toiminnot on mahdollisimman laajalti järjestetty Työtehosteuran (TTS) ohjeiden ja suositusten mukaisesti. Keittiön kaksi seinää on säilytystilan maksimoimiseksi varustettu kaapistoilla. Vesipisteen, liedon, kylmäsäilytys- ja muiden laitteiden keskinäinen sijoittelu on suunniteltu siten, että työskentely keittiössä on tehokasta (Keittiötiedon www-sivut 2014). Kahden kaapistoilla varustellun seinän välinen sisänurkka on viistottu ja taakse syntyvään onteloon on sijoitettu LVI-tekniikkaa, kuten tuuletusviemäri, käyttövesiputkistoja ja ilmanvaihdon poistokanava katolle. Viistetyn kulman etupuolelle on sijoitettu liesi ja liesituulettiin on integroitu ilmanvaihtokoje. Pimeitä kulmia ei kaapistoihin synny, joten kaikki säilytystila on helposti käytettävissä. Keittiön sijoittelu muihin huoneisiin nähden on optimaalinen, keittiöstä on suora yhteys olohuoneeseen, ruokailutilaan ja ulko-ovelle (Keittiötiedon www-sivut 2014). Kattojen ja seinien väri on vaalea. Lattiapinnat ovat keraamista laattaa ja seiniä tummasävyisemmät. Ikkunat antavat länsi-lounaaseen.

### 4.2.2 Olohuoneet

Olohuoneet on sijoitettu kadulta katsoen rakennuksen taakse ja niistä on suora käynti huoneistokohtaiselle oleskelupihalle ja katetulle terassille. Olohuoneet ovat suuria, kaksioissa 19 m<sup>2</sup> ja kolmioissa 22 m<sup>2</sup>. Seinien mitoituksella, ovien ja ikkunoiden paikoilla sekä antenni- ja sähkörasioiden sijoittelulla on pyritty antamaan mahdollisuus vapaalle kalustamiselle, ts. huonekalut voidaan järjestää olohuoneisiin useammalla



kuin yhdellä tavalla. Olohuoneiden väritys on vaalea. Lattiat ovat ruskean- tai harmaansävyistä laminaattia. Ikkunat antavat länsi-lounaaseen.

#### 4.2.3 Makuuhuoneet

Makuuhuoneet sijaitsevat kadulta katsoen rakennuksen etuosassa. Makuuhuoneiden koko on 14 - 15 m<sup>2</sup>, eli kaikkiin makuuhuoneisiin on mahdollista sijoittaa parivuode. Kolmioissa voidaan siis vapaasti valita kumpi tahansa huone vanhempien makuuhuoneeksi. Makuuhuoneet on varustettu kiinteillä vaatesäilytyskalusteilla, jokaisessa makuuhuoneessa on 3 kpl leveydeltään 600 mm:n hyllykaappia ja 1 kpl 1000 mm:n tankokaappi. Kaappien korkeus on 2300 mm. Makuuhuoneiden väritys on vaalea. Lattiat ovat ruskean- tai harmaansävyistä laminaattia. Ikkunat antavat itä-koilliseen. Osasta makuuhuoneita on suora näköyhteys pysäköintialueelle. Tämä voitaneen laskea eduksi mahdollisten ajoneuvojen luvattomien käyttöönottojen ja murtojen torjuntaa ajatellen.

#### 4.2.4 WC-, pesu- ja saunatilat

Kaikki pesu-, WC- ja saunatilat on varustettu lattiakaivolla, eli tilojen lattiat on myös vedeneristetty. Pesutiloissa myös seinät on vedeneristetty. WC- ja pesutilojen seinät on laatoitettu valkoisella keraamisella laattalla ja lattiat keski- tai tummanharmaalla klinkkerilaatalla. Saunat on paneloitu puutavaralla.

#### 4.2.5 Eteis- ja käytävätilat

Keittiön ikkuna on ulko-ovelta katsoen eteiskäytävän linjan jatkeena. Kaikki seinät ja katot on maalattu valkoiseksi, jolloin luonnonvalosta saadaan mahdollisimman paljon hyötyä ikkunattomaan sisääntulokäytävään. Eteis- ja käytävätilat on laatoitettu samalla keraamisella laattalla kuin keittiö.

#### 4.2.6 Varastot

Varastot on paremman paloturvallisuuden ja käytettävyyden vuoksi sijoitettu kahteen erilliseen rakennukseen huoneistojen sisäänkäyntien edustalle. Varastot ovat tilavia (7 m<sup>2</sup> asuntoa kohden) ja mitoitettu siten, että tila riittää polkupyörille ja myös säilytettävälle hyllytavaralle.

#### 4.2.7 Tekniset tilat

Koko rakennusta palvelee yksi tekninen tila, joka on sijoitettu keskelle rakennusta. Sijoittelulla tasataan mm. nousujohtojen ja kaapelien pituutta. Ratkaisu myös viimeistelee koko rakennuksen symmetrian, jolloin saavutetaan kustannussäästöjä. Kun rakennuksen päädyt ovat toistensa peilikuvia, säästetään lähes jokaisessa suunnittelun vaiheessa karkeasti puolet. Monet työvaiheet helpottuvat ja esimerkiksi runkovalun muottilevyjen toinen puoli voidaan käyttää ilman muutoksia vastaavassa kohdassa rakennuksen toisessa päässä.

### 4.3 Huoneistokohtaiset ulkotilat

Oleskelupihojen ilmansuunnan valintaa ja viihtyvyyteen liittyviä tekijöitä on selostettu edellisissä kappaleissa. Ulkotilojen varustelulla yksityisyyttä ja viihtyvyyttä on pyritty entisestään lisäämään.

Ulkotilojen varusteilla tarkoitetaan terasseja, katoksia, aitoja ja näkösuojia. Myös istutukset ja viherrakentaminen on alustavasti suunniteltu, tarkoituksena on että asukkaat saavat vaikuttaa ja mahdollisesti toteuttaa itse osan istutuksista.

#### 4.3.1 Terassit ja katokset

Käyttöpihan puolella on koko rakennuksen mittainen katettu terassi, joka on eriöity huoneistojen välillä. Terassin ja huoneistojen lattiakorko on sama, jolloin liikkuminen sisä- ja ulkotilojen välillä on esteetöntä. Terassia ympäröivä maanpinta muotoillaan

siten että kaiteita ei tarvita. Katteena käytetään samaa betonikattotiiltä kuin asuinrakennuksessa. Terassimateriaalina käytetään painekyllästettyä puutavaraa. Katoksen runko-osat ovat mitallistettua, lujuusluokiteltua puutavaraa. Myös rakennuksen toisella puolella, pääsisäänkäyntien yläpuolella on pienet katokset. Näiden katemateriaalina on sama betonikattotiili kuin rakennuksen vesikatteessa.

#### 4.3.2 Näkösuojat ja aidat

Huoneistojen käyttöpihojen väliin rakennetaan näkösuojaksi noin 2 metriä korkeat, kevyet rima-aidat. Aitojen ulkonema rakennuksesta on noin 3 metriä. Näkösuojia voidaan jatkaa myöhemmin aitamaisilla istutuksilla, mikäli asukkaat tätä toivovat.

#### 4.4 Yleiset ulkotilat

Kiinteistön yleisiä tiloja ovat esimerkiksi jätekatokset, pysäköintialueet, kuivaus- ja tomutusalueet, käytävät ja sisääntuloalueet sekä oleskelualueet. Alueet suunnitellaan siten että normaali oleskelu ja liikennöinti sekä alueen käyttö häiritsee muita asukkaita mahdollisimman vähän. Tilat ja alueet tehdään helppokäyttöisiksi ja yksinkertaisiksi huoltaa.

##### 4.4.1 Käytävät ja sisääntuloalueet

Ulko-ovien eduskäytävät on laatoitettu betonilaatoilla. Asuntojen sisääntuloalueella on erillinen asuntokohtainen ulkovarasto, joka rajaa osaltaan myös asuntokohtaista etupiha-alueita. Aitamaisilla istutuksilla voidaan sisääntuloalueiden yksityisyyttä myöhemmin lisätä, mikäli asukkaat tätä toivovat.

##### 4.4.2 Kuivaus ja tomutus

Asukkaat ohjeistetaan käyttämään käyttöpihan katettua terassia pyykin kuivatukseen. Tomutusta varten tontin itäreunaan tehdään alue, joka varustetaan tomutustelineellä.

#### 4.4.3 Jätehuolto

Jäteastiat on sijoitettu omaan katokseensa tontin kaakkoiskulmalle. Polttokelpoisen jätteen lisäksi omiin astioihinsa kerätään paperi-, metalli- ja lasijäte.

#### 4.4.4 Pysäköinti

Pysäköinti tapahtuu kadulta katsoen tontin etuosassa, tontin koilliskulmalla. Pysäköintialueella on pylväisiin asennetut autonlämmityksen koteloidut sähköpistorasiat. Alue on mahdollista myöhemmin kattaa.

#### 4.4.5 Oleskelualueet

Yhteiseen oleskeluun tarkoitettuja rakennelmia ei alkuvaiheessa tehdä, mutta tontilta pyritään löytämään sopiva alue myöhemmin rakennettavaa grillauskatosta tai muuta pientä katettua oleskelutilaa varten.

### 4.5 Runkotyypin valinta

Pilaantumattoman runkomateriaalin valinnassa ei käytännössä ole erilaisten kivirakenteiden lisäksi muita vaihtoehtoja. Matalaenergiatasoon tähdätessä vaipan tiiviysvaatimus korostuu. Muuratuissa ja elementtivalmisteisissa kivirakenteissa tiiviys jää huomommaksi tai hyvään tiiveyteen pääsemiseksi vaaditaan monen erillisen asian huomiointia ja työssä onnistumista. Varmimmin hyvä tiiviys saavutetaan valutuotteilla, erityisesti kun työsaumoja on vähän. Valuharkkojärjestelmällä toteutetulla ja paikalla valutulla betonirungolla on paras ja keskenään vastaava tiiviystaso, jolloin valinta näiden kahden vaihtoehdon välillä on ratkaistava muilla perusteilla. (Rakennustieto Oy:n www-sivut 2014.)

Valuharkkojärjestelmän etuina on vähäinen tai olematon muottityö ja tarve investoida muottimateriaaleihin – niiden varastointiin, huoltoon ym. Kappaletavarana harkkoja on suhteellisen kevyt siirrellä ja käsitellä. Valuharkot soveltuvat oman moduulimitoituksensa puitteissa melko hyvin erilaisten perusmuotojen toteuttamiseen. (Lammin

Betoni Oy:n www-sivut 2014.) Harkkojen käytön taustapuolena on kertavalussa noin yhteen metriin rajoitettu valukorkeus, upotettujen sähköasennusten hankalahko toteuttaminen ja harkon kalliimpi materiaalihinta verrattaessa paikalla valettuun betonirakenteeseen.

Paikalla valettu, massiivinen betonirunko eroaa valuharkkorakenteesta varsinkin valua edeltävien töiden osalta. Paikalla valettavien rakennusosien muottityö suunnitteluihin vaatii enemmän työtunteja sekä investointia materiaaleihin, jotka eivät jää rakennukseen pysyvästi. Paikalla valaminen mahdollistaa kuitenkin monipuolisemmat muodot ja poikkileikkauksen dimensiot, jolloin kukin seinä voidaan tehdä esimerkiksi kantavuudeltaan juuri sopivaksi. Muotteja voidaan haluttaessa lisäksi kierrättää, jolloin muottimateriaalin hintaa suhteessa seinäpinta-alaan ja betonimateriaalin tilavuuteen saadaan laskettua. Upotetut sähköasennukset on paikalla valettavaan seinään helppo asentaa, kun muotin toinen sivu voidaan sulkea vasta sähkövarausten asennuksen jälkeen. (Laurikainen 2011b.) Koko kerroskorkeus voidaan valaa samalla kertaa, kun valu suoritetaan noin puolen metrin korkeus kerrallaan ja tarvittaessa hieman sitoutumista odottaen (Pahkala, Rossi, Viita ja Vuorinen 1998, 33).

Kun betonirunko on lämmöneristeen sisäpuolella, se voidaan valaa suoraan kantavan lattialaatan päälle. Holvi voidaan samaan tapaan valaa suoraan kantavan rungon varaan, jolloin koko sisäpuolinen vaippa on käytännössä yhtä ja samaa saumatonta rakennusosaa. Rungon ja pohjien valamisen välillä tarvitaan muottityötä, jolloin työsaumojen syntymistä ei voida estää. Saumat voidaan kuitenkin suunnitella ja tehdä jopa kaasutiiviiksi, jolloin paikalla valetusta betonirakenteisesta vaipasta tulee erittäin tiivis (Laurikainen 2011b). Myös ontelolaatastoa voidaan käyttää väli- ja yläpohjissa. Tällöin muottityö vähenee ja rungon valmistuminen nopeutuu, mutta materiaalikustannukset kasvavat selvästi. Tiiviys heikentyy hieman kun käytetään ontelolaatastoa, mutta tiivistämällä laataston saumat yläpuolelta esim. bitumikermikaistaleilla, voidaan tiiveyttä parantaa (Aho & Korpi 2009, 20).

Kiviaineisen vaipan toteutustavan valintaan vaikuttaa täten ratkaisevasti myös teetetävien työtuntien yksikköhinta. Pystyrungon osalta muottityöhön ja valuharkkojen lantomiseen ennen valua voitaneen laskea kuluvan likimain yhtä paljon aikaa. Sähköasennusten teko muotin sisälle on nopeampaa kuin valuharkkoratkaisussa, mutta paikalla valussa tarvittava muotti on myös purettava ja muottimateriaali huollettava, jolloin aika-aspekti kääntyy jo valuharkkojen käyttöä puoltavaksi. Puhtaasti materiaalikuluja tutkien, paikalla valaminen on selkeästi edullisempaa. Mikäli muottimateriaalia

käytetään useamman kerran, edullisuus lisääntyy entisestään. Paikalla valaminen soveltuu erityisen hyvin silloin kun työkustannukset ja aika eivät ole ratkaisevassa asemassa, eli edullisen työvoiman maissa tai esimerkiksi hartiapankki- ja talkoorakentamisessa. (Laurikainen 2011b.)

#### 4.6 Rakenteellinen suojaus sadevedeltä ja liialliselta lämpenemiseltä

Koska oleskelupiha on ilmansuuntien suhteen sijoitettu keräämään auringonsäteet mahdollisimman otollisesti, aiheuttaa järjestely samansuuntaiselle rakennukselle myös lisääntyvää lämpökuormaa. Päiväsaikaiset oleskelutilat (olohuone, keittiö) on niin ikään sijoitettu käyttöpihan puolelle, eli niiden ikkunat antavat länsi-lounaaseen. Tilojen ikkunat ovat huoneistojen valoisuuden lisäämiseksi suuret. Osin liiallisen kesäaikaisen lämpenemisen estämiseksi on länsi-lounaaseen antavan käyttöpihan puolelle suunniteltu koko rakennuksen mittainen betonitiilikatettu terassi. Katteen kaltevuus on loivempi kuin rakennuksessa ja se ulottuu noin 3 metrin etäisyydelle rakennuksesta. Järjestelyllä voidaan käytännöllisellä ja koko rakennuksen käyttäjälle ja kaen edullisella tavalla estää kesällä korkealta paistavan auringon liiallinen lämmitysvaikutus ja silti talvella kerätä arvokasta lämpöä mahdollisimman tehokkaasti. Liitteessä 5 esitetään sopiva käyttöpihan katoksen syvyys ja kattokaltevuus rakennuspaikan leveysasteelle. Katto-osien mitoitus on tarkistettu Autodesk © Revit © -ohjelmistolla. Muilla sivuilla räystäät ovat n. 50 % totuttua pidemmät. Pidemmät räystäät suojaavat rakennusta paremmin viistosateelta, jolloin vaipan ulkopuolinen kosteusrasitus vähenee. (Rakennusten suunnittelu 2014.) Kaikki rakennuksen vesikattopinnat ovat betonikattotiiltä.

#### 4.7 Asemapiirustus

Rakennuspaikka ennen ja jälkeen suunnitellun rakennuksen rakentamista sekä tulevan rakennuksen sijainti ja asema tulee kuvata asemapiirustuksella (RT 15-10784 2002, 3). RT-kortisto on Suomen rakennustieto Oy:n ja Rakennustietosäätiön (RTS) julkaisema ohjeisto, jossa ylläpidetään ajantasaista, lakien ja hyvän rakennustavan mukaista ohjeistoa kaikesta rakentamiseen liittyvästä. Asemapiirustuksen sisällöstä on tarkat ohjeet RT-kortistossa.

Asemapiirustus on laadittu tontin ilmansuunnat ja käyttömahdollisuudet huomioiden sellaiseksi että toimintojen järjestämisen jälkeen jäisi mahdollisimman paljon yhtenäistä tyhjää tilaa. Tontin koko on optimaalinen, turhaa tilaa ei suunnitelmassa jää. Kohteet on sijoitettu siten että eri toiminnot eivät häiritse toisiaan. Asuminen on mahdollisimman rauhallista ja yksityistä, pysäköinti tapahtuu lähellä katua jne. Asemapiirustus on esitetty liitteessä 1.

#### 4.8 Pohjapiirustus

Pohjapiirustuksessa tulee riittävällä tarkkuudella esittää tilasuunnittelun, mitoituksen ja muiden ominaisuuksien kelvollisuus. Pohjapiirroksen sisällöstä on ohjeita RT-kortistossa. (RT 15-10824 2004, 7-9.)

Rakennuksen pohjaratkaisun suunnittelua ohjaavina lähtökohtina pidettiin seuraavia asioita: Noin 8 metrin runkoleveys, jännevälän puolittamiseksi asuintilojen jakaminen tasaisesti rungon keskilinjan molemmille puolille, asumiseen riittävän väljät tilat, kolmioihin kaksi WC-tilaa, kaikkiin asuntoihin sauna, keittiöihin on mahdollista ruokailuryhmät, kaikkiin makuuhuoneisiin on mahdollista parivuode, ei hukkaneliöitä.

Suunnittelun lähtökohdat toteutuivat erittäin hyvin. Pohjapiirustus on esitetty liitteessä 2.

#### 4.9 Leikkauspiirustus

Leikkauspiirustuksessa pystysuuntaiset rakenteet leikataan yleensä 1 m kerroksen lattiatason yläpuolelta. Vaakasuuntaisista rakenteista esitetään asian selkeyden kannalta riittävä määrä pituus- ja poikittaissuuntaisia leikkauskuvia. Leikkaava linja valitaan tarkoituksenmukaiseksi. (RT 15-10824 2004, 7 ja 10-11.)

Rakennuksen lopullinen leikkauspiirustus muuttui suunnittelun edetessä useita kertoja. Runnon lujuus perustuu vahvaan valettuun kotelorakenteeseen, joka ilmenee hyvin leikkauspiirustuksessa. Kotelorakenteen dimensiot ovat sellaiset, että betonilaattojen paksuudet voidaan pitää pieninä ilman suurta teräsmäärää. Suurijänteisiä yhtenäisiä tiloja ei tarvita, joten jänneväli on perustuksista lähtien puolitetty. Lyhyt jänneväli tuottaa huomattavia säästöjä betoni- ja teräsmateriaaleissa. Leikkauspiirustus on esitetty liitteessä 3.

#### 4.10 Julkisivupiirustukset

Julkisivupiirustukset tulee laatia kaikilta julkisivuilta ja niihin tulee sisällyttää myös vesikatteet näkyviltä osin. Julkisivupiirustuksesta tulee ilmetä, että suunniteltu rakennus sopii visuaalisesti ympäristöönsä. Piirustukseen tulee merkitä myös mm. materiaalit, eri osien väritykset, kattokaltevuudet, rakenteiden liittymien korkeusasemat ja maanpinnan korkeudet. (RT 15-10824 2004, 7 ja 12.)

Julkisivusuunnittelussa oli kunnossapitokustannusten painoarvosta johtuen heti alusta lähtien selvää, että päämateriaali tulee olemaan suomalainen poltettu tiili. Tiilimuurasta kevennetään puupaneloinneilla lähinnä ikkunoiden yläpuolisissa julkisivun osissa. Materiaalit ja niiden sijoittelu määräytyi tarpeesta löytää mahdollisimman pitkäikäinen ja vähän huoltoa tarvitseva julkisivupinta, joka on kustannuksiltaan perusteltu ja mielellään kotimaista alkuperää. Julkisivupiirustus on esitetty liitteessä 4.

## 5 PROJEKTIN TOTEUTUS, RAKENNESUUNNITTELU

### 5.1 Rakenteiden lujuus ja kantavuus

Koska kantavien rakenteiden suunnittelu voi edelleen perustua joko Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten ja ohjeiden tai eurokoodien ja niiden kansallisten liitteiden mukaiseen suunnitteluun, täytyy suunnittelun alkuvaiheessa tehdä valinta käytettävästä järjestelmästä. Yhtenä kokonaisuutena toimivat rakenneosat on suunniteltava käyttäen samaa suunnittelujärjestelmää. Eurokoodeilla suunniteltaessa muut rakentamismääräyskokoelman määräykset ja ohjeet kuten määräykset suunnittelijan pätevydestä ovat kuitenkin voimassa. (Ympäristöministeriön [www-sivut](http://www.sivut) 2014.)

Tämän projektin suunnittelu tehdään eurokoodien mukaan, eli Suomen RakMK:n osia B1-B10 ei käytetä kuin hyvin pienin, soveltuvien osin. Esimerkiksi osa B8 liittyy tiilirakenteisiin ja tässä projektissa lähinnä julkisivuverhoukseen. Esimerkkinä osan B8 määräyksistä olkoon kuorimuurin muuraussiteiden vähimmäismäärä, joka on 4 kpl /m<sup>2</sup>, mikäli suunnitelmissa ei muuta esitetä (Suomen RakMK B8 2007, 17).



Runkorakenteiden kantavuudet on laskettu eurokoodien mukaisesti. Asuinrakennuksen osalta mitoitettiin ala- ja yläpohjan laatat, ikkunan ylityspalkki sekä anturan leveys ulkoseinälinjassa ja keskellä rakennusta. Ulkovarastosta mitoitettiin kantava runkotoikka. Mitoituslaskelmat tuloksineen on esitetty liitteissä 6-11.

## 5.2 Rakenteiden eristävyys

Suomen RakMK:n osissa C1-C4 on rakennuksen lämmön- äänen- ja kosteuden eristämisen ohjeet ja määräykset. Kosteuden- ja lämmöneristämisen lisäksi, rivitalojen kohdalla varsinkin huoneistoväliseiniä palotilanteen eristävyys ja ääneneristys ovat tärkeässä roolissa.

Tässä projektissa toteutetut rakenteet täyttävät Suomen RakMK:n määräykset kaikilta osin. Rakennuksen paloluokaksi valittiin P3 ja esimerkiksi huoneistoväliseiniä ilmäneristävyys on 55 dB.

### 5.2.1 Paloturvallisuus

Rivitalojen paloturvallisuudesta säädetään RakMK osassa E1: Rakennusten paloturvallisuus. Matalien asuinrakennusten paloluokka on yleensä P3, jossa kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen. (Suomen RakMK E1 2011, 10-11.)

Huoneistoväliseiniä tulee rivitalossa olla luokkaa EI 30, jolla tarkoitetaan rakennososan pystyvän säilyttämään eristävyytensä ja tiiveytensä palotilanteessa vähintään 30 minuuttia. Sama koskee huoneistojen yläpuolella olevia osastoitujen ullakkotilojen väliseiniä. (Suomen RakMK E1 2011, 18.)

Asuintilojen seinä- ja kattopintojen materiaalien on P3-luokan rakennuksessa oltava vähintään luokkaa D-s2, d2. Merkintä tarkoittaa materiaaliominaisuuksina tarvikkeita, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä, jotka tuottavat vain vähän savua ja joiden palavien pisaroiden tai osien tuottoa ei ole rajoitettu. (Suomen RakMK E1 2011, 5 ja 21.)

Paloturvallisuusmääräykset täytetään tässä projektissa käyttämällä betonirakenteista huoneistoväliseiniä ja ullakkotilassa yläpohjan yläpinnasta vesikatteen alapintaan

saakka ulottuvaa kaksinkertaista kipsilevyrakennetta. Läpivientejä tai muita rakennetta heikentäviä varauksia ei näihin seiniin tehdä. 180 mm paksujen huoneistoväliseinien palonkestoluokka on taulukkomitoituksen mukaan REI 180 (by 60: osa 1-2. 2009, 16). Ullakkotilan kaksinkertaisten kipsikartonkiväliseinien palonkestoluokka on EI 30 (Gyproc-rakennepiirustukset n.d., 10). Asunnoissa kaikki seinien sisäpinnat ovat tasoitettuja betonipintoja, jotka eivät osallistu paloon. Eteis- wc- ja kylpyhuonetilojen sisäkatot ovat alas laskettuja ja verhottu puuaineisella paneelilla tai kipsilevyllä. Loput sisäkatot ovat tasoitettuja betoniholveja. 100 mm paksun yläpohjan betonilaatan palonkestoluokka on REI 90 (by 60: osa 1-2. 2009, 23).

### 5.2.2 Ääneneristys

Rivitalojen huoneistoväliseiniä koskevat samat määräykset, joita sovelletaan yleisesti asuntojen välisten seinien ääneneristyksessä. Ilmaäänien eristävyys on oltava vähintään 55 dB ja askeläänien taso huoneistosta toiseen saa olla enintään 53 dB. Uloskäytävästä, josta käynti useampaan huoneistoon, saa tulla asuntoon korkeintaan 63 dB tasoinen melu. (Suomen RakMK C1 1998, 5.)

Äänen kulkeutuminen huoneistojen välillä estetään tavanomaisella, massiivisella umpibetonisella huoneistoväliseinillä. Väliseinät ovat paikallavaletut ja paksuudeltaan vähintään 180 mm, jolloin vaadittu, vähintään 55 dB ilmaääntä eristävä rakenne saavutetaan. (Halme & Halme-Salo 2003, 19). Huoneistoväliseinien kohdalla ala- ja yläpohjien laatat, sekä ulkoseinien kantava runkovalu voivat jatkua yhtenäisinä, eli sivuavia rakenteita ei tarvitse väliseinien ja sivuavien rakenteiden massiivisuuden vuoksi katkaista (Halme & Halme-Salo 2003, 47).

### 5.3 Antura

Antura toteutetaan jatkuvana ympäri rakennuksen. Huoneistoväliseinien kohdilla on lisäksi rakennuksen pitkät sivut yhdistävät poikittaiset anturalinjat. Rakennuksen pituussuunnassa on yhteensä kolme anturalinjaa, eli myös keskellä on linja, jolla alapohjan kantavan betonilaatan jänneväli saadaan puolitettyä. Lisäksi keskellä huoneistojen pituussuunnassa kulkevalle kantavalle seinälinjalle tulevat kuormat saadaan näin johdettua suoraan perustuksille. Kantavan seinälinjan vuoksi myös yläpohjan jänneväli

puolittuu. Anturaleveydet, 300 mm ja 520 mm on määritetty perustusten kantokyky-laskelmilla, jotka on esitetty liitteessä 9 ja 10.

#### 5.4 Perusmuuri

Perusmuuri toteutetaan eristehalkaistuna. Perusmuurin ulkokuoren alaosa muurataan lämmön johtumisen katkaisemiseksi kevytsoraharkoista ja yläosa valetaan betonista. Sisäkuoressa materiaalit ovat toisin päin, eli harkot muurataan ylös. Perusmuurin yläosat sidotaan toisiinsa HD-PE -muovisilla siteillä. Eristehalkaisu alkaa anturan päältä ja jatkuu perusmuurin yläpuolella seinässä yhtenäisenä yläpohjalaatan yläpuolelle saakka.

#### 5.5 US

Ulkoseinät koostuvat paikalla valetusta, sisäpuolisesta, kantavasta rungosta (140 mm), välissä olevasta PU-eristelevykerroksesta (210 mm) sekä ulkopuolisesta ilmaraosta ja kuorimuurauksesta (45 mm + 85 mm). Kuorimuuraus sidotaan kantavaan betonirunkoon eristekerroksen läpi HD-PE-muovista valmistetuilla muuraussiteillä. Muuraussiteet vaahdotetaan eristekerroksen läpi tehtyihin asennusreikiin PU-vaahdolla. Siteiden sisemmät päät jäävät runkovaaluun, jolloin erillisiä kiinnitystarvikkeita ei tarvita. Betonia valettaessa rungon ulompana muottipintana toimii PU-eristelevy, jolloin betonirungon ja eristekerroksen väliin ei jää ilmarakoja ja lämmön siirtyminen konvektiolla estyy. PU-eristelevyt liimataan asennusvaiheessa reunoista toisiinsa PU-vaahdolla. Ulkoseinän U-arvo on  $0,11 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ . Liitteessä 12 esitetään rakenteen kosteustekninen toiminta.

#### 5.6 YP

Yläpohjana toimii paikalla valettu, raudoitettu betonilaatta (100 mm). Rakennuksen runkoleveys on noin 8 metriä, mutta rakennuksen pituussuunnassa keskellä on kantava seinälinja, jolloin yläpohjan jänneväliksi jää noin 4 metriä. Mitoituksessa sovelletaan 2-aukkoisen ja 3-tukisen jatkuvan palkin laskentamalleja. Yläpohjan päälle asennetaan

50 mm:n PU-eristelevykerros. Levyt liimataan asennusvaiheessa reunoista toisiinsa PU-vaahdolla. NR-kattoristikot asennetaan yläpohjan päälle. Ristikot on tukipintaansa nähden korotettu 60 mm, jolloin myös niiden alle jää tilaa tehokkaalle levyeristeelle. Holvivaluun on upotettu sinkityt teräslevytartunnat k900-jaolla ristikoiden kiinnittämistä varten. PU-levykerroksen päälle asennetaan n. 500 mm puhallusvillaa. Yläpohjan U-arvo on  $0,07 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ . Liitteessä 13 esitetään yläpohjarakenteen kosteustekninen toiminta.

## 5.7 AP

Alapohja koostuu louhitun kallion päälle tiivistetystä mursketasauksesta, jonka päälle levitetään 200 – 300 mm salaojasoraa. Veden kapillaarisen nousun estävän aineksen päälle ladotaan polystyreeni-eristelevyt (300 mm) ja PU-eristelevyt (50 mm). Eristekerrosten päälle perusmuurien ja lävistäjäsokkelien varaan valetaan kantava teräsbetonilaatta (180 mm). Mitoituksessa sovelletaan 2-aukkoisen ja 3-tukisen jatkuvan palkin laskentamalleja. Ennen eristämistä ja valua alapohja varustellaan mm. viemäreillä, lattialämmityksen lämpöjohdoilla ja kaapeliputkituksilla. Viemäriputkisto kannakoidaan laattaan haponkestävästä teräksestä valmistetuilla vanteilla. Rakennuksen kantavat seinät valetaan suoraan laatan päälle. Alapohjan U-arvo on  $0,10 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ . Liitteessä 14 on esitetty sekä valitun rakenteen, että muiden suunnittelussa harkittujen eristerakenteiden kosteustekninen toiminta.

## 5.8 Perustukset

Perustaminen tehdään matalaperustuksena tiivistetyn murskepatjan varaan. Perustukset routasuojataan ja salaojitetaan. Myös perustusten kantokyky on laskennallisesti selvitettävä, jotta mm. anturan leveys voidaan määrittää.

### 5.8.1 Perustamistapa

Rakennuspaikalla halkeilematon peruskallio on 0 – 1800 mm syvyydessä. Rakennuspaikka kaivetaan auki ja pohjakorko tasataan louhimalla vähintään 300 mm anturan

pohjatasen alapuolelle. Louhinnasta syntyvä murske käytetään tasaamaan suurimpia syvänteitä sekä vahvistamaan pihan liikennöityjä alueita. Louheen päälle tiivistetään useassa kerroksessa erikokoista mursketta, alkaen suuremmasta ja päätyen pienempään. Oikein suoritetun tiivistystyön jälkeen maaperän geoteknisenä kantavuutena voidaan pitää arvoa 0,5 -1,0 MPa. (Larkela 2013.) Perustamistapana käytetään siis tiivistetylle murskepatjalle valettavaa jatkuvaa anturaa, jonka leveys maata vasten on laskeutu rakennuksesta aiheutuvien kuormien ja maaperän kantokyvyn perusteella. Kantokykylaskelmat on esitetty liitteissä 9 ja 10. Laskelmien perusteella ulkoseinien anturaan ei tarvita levennystä, eli rakenteesta johtuva anturan pohjan minimileveys 520 mm on riittävä. Kuormista maahan kohdistuva paine on tällöin 150 kPa, eli se alittaa sallitun yli kolminkertaisesti. Rakennuksen keskellä olevaa anturaa on levennettävä perusmuuriinsa nähden 100 mm, jolloin anturan leveydeksi tulee 300 mm. Paine maahan on tällöin 280 kPa.

### 5.8.2 Routasuojaus

Routaeristeenä käytetään XPS-levyjä jotka ladotaan erillisen suunnitelman mukaisesti rakennuksen ympärille, yhdeltä sivultaan kiinni perusmuuriin. Sisääntulokäytävän betonilaatoituksen ja ulkovarastojen alla sekä varastojen ulkoreunoilla käytetään samaa XPS-eristettä. Routasuojaus on kuvattu liitteessä 15.

### 5.8.3 Kuivattaminen

Rakennuspaikka ja rakennuksen perustukset salaojitetaan kaksoiseinäisellä salaojaputkella. Salaojilla maaperä kuivatetaan paikallisesti ja siten estetään maakosteuden liiallinen nousu rakenteisiin. Piha-alue kuivatetaan muotoilemalla pinta siten että vedet valuvat sadevesikaivoihin. Luonnos kuivatusjärjestelystä on liitteessä 16.

## 5.9 Detaljit

Rakennesuunnittelun osana detaljisuunnitteluun ja varsinkin projektin toimeksiantossa mainittujen ongelmien ratkaisuun on kiinnitetty enemmän huomiota. Pieni virhe

yksityiskohdissa voi johtaa pahimmassa tapauksessa piilevään vikaan ja rakenteen pilaantumiseen. Projektin lähtökohtana mainittu pilaantumaton rakennusrunko ja hyvä rakennuksen jälleenmyyntiarvo edellyttävät tarkkaa yksityiskohtien suunnittelua.

### 5.9.1 Varautuminen keittiön ja erillisten wc-tilojen vesivuotoihin

Kosteus- ja vesivauriot ovat jatkuvasti yleistyneet asunnoissa. Tapausten määrä Suomessa on jopa nelinkertaistunut viimeisten 20 vuoden aikana. Vuototapauksia sattuu vuosittain arviolta 50 000 kpl, joista n. 38 000 ilmoitetaan vakuutusyhtiölle ja kuuluvat korvattujen vahinkojen piiriin. Vuonna 2011 vakuutusyhtiöt korvasivat vesivuotojen vuoksi asiakkailleen 162 miljoonaa euroa, eli n. 450 000 euroa päivässä. (Mainio 2013.) LVI-Tekniset urakoitsijat -verkkosivun mukaan jopa joka kuudes vuotovahinko johtuu astianpesukoneen väärin liitetystä täyttöletkusta tai vesiletkun rikkoutumisesta. Mikäli vuoto on pieni, eikä koneen alle ole asennettu kaukaloa, voi vettä tihkuttava vuoto pilata rakenteita laajaltakin alueelta tai pahimmassa tapauksessa aiheuttaa vesivahingon lisäksi sisäilmaongelman. (Vesivahinkojen ennaltaehkäisy säästää satoja tuhansia 2014.) Artikkeleiden näkökulmasta vesivuotoa voidaan suunniteltavan rakennuksen käyttöiän aikana ainakin yhdessä neljästä asunnosta pitää jopa todennäköisenä tapahtumana. Tätä vastaan varaudutaan tavallista järeämmin ja hyöty varautumisesta pyritään saamaan alennuksena vakuutusmaksusta.

Kolmioiden erilliset wc-tilat varustetaan lattiakaivolla ja vesieristyksellä sekä asiaan kuuluvalla korotetulla kynnyksellä. Näillä rajataan vahingon leviäminen kuiviin asuintiloihin, jos esimerkiksi bidee-suihkun letku vuotaa, wc-istuin vikaantuu tai lavuaari tulvii yli. Lattiakaivo asennetaan käsienpesualtaan alle, ja pesualtaan viemäri liittyy kannen läpi suoraan lattiakaivoon. Lattiakaivon kanteen liitetään osana tätä projektia suunniteltu ylimääräinen osa, joka estää kelluvan lattiamaton tai muun vastaavan tavaran tukkimasta lattiakaivoa suuremman vesivuodon aikana. Lattiakaivoon liitettävä tukkeentumisen estävä osa on kuvattu liitteessä 17.

Keittiöt varustetaan vesipisteen alla olevilla, kuraeteistä muistuttavilla, lattiaan integroiduilla vesieristetyillä kaukaloilla tai syvennyksillä. Kaukalo on vähintään allaskappin ja astianpesukoneen alla. Syvennyksessä on lattiakaivo, johon vikaantuneesta as-

tianpesukoneesta tai rikkoontuneesta putkistosta vuotava vesi päätyy. Tiskialtaan viemäröinti liittyy suoraan kannen läpi lattiakaivoon, jolloin kaivon vesilukko ei pääse kuivumaan. Keittiön vesipisteen alla oleva kaukalo on esitetty liitteessä 18.

### 5.9.2 Eristeiden kiinnittäminen toisiinsa

SPU:n työohjeessa ”107 – Asennusohje SPU-eristeiselle täystiilitalolle” levyt määrätään asennettavaksi 20 mm:n avosaumoin, tukemaan levyt väliaikaisesti ja lopuksi vaahdottamaan saumat elastisella PU-vaahdolla. Koska asennustapa vaikutti hankalalta, pohdittiin onko ratkaisuun muutakin syytä kuin eristekerroksen tiiveyden helppompi varmistaminen. SPU:n internetsivuilta ei vastausta tähän kysymykseen suoraan löytynyt, mutta SPU:n materiaalikirjastosta selvisi että tuotteen lämpölaajenema on 0,00007 mm /K, eli huomattavasti enemmän kuin esim. betonilla (0,000012 mm /K). Kohteessa kantavat betonirakenteet jäävät kokonaisuudessaan eristekerroksen sisäpuolelle, joten betonin lämpölaajenemista ei tarvitse huomioida: Kun eristeet asennetaan ja betoni valetaan kesällä noin +20 C lämpötilassa, ja sisätilat pidetään ensimmäinen talvi mukaan lukien tästä eteenpäin aina lämpimänä, ei kantavien betonirakenteiden lämpötila periaatteessa enää koskaan vaihtele asennuslämpötilastaan kuin korkeintaan muutaman asteen suuntaan tai toiseen.

Edellisestä poiketen, eristerakenteen pintalämpötila voi vaihdella ulkolämpötilan mukaan hyvinkin paljon: Tiilimuurauksen takana, tuuletusvälissä, lämpötila voi asennuslämpötilasta poiketa ylöspäin 20...30 C ja alaspäin jopa 50 C. Laskelma osoittaa että tästä johtuen huippupakkasella eristeen pintakerros kutistuu suunniteltavan rakennuksen pitkän sivun (n. 43 m) matkalla jopa 120 mm.

SPU:n valmistamat eristelevyt ovat mitoiltaan 1200 mm x 2400 mm. Kun levyt asennetaan pystyasentoon, tulee rakennuksen pitkälle sivulle vähintään 35 kpl 20 mm:n saumarakoa. Laskettaessa eteenpäin, saadaan tulokseksi, että yhdelle saumalle tuleva venymä on maksimissaan n. 4,3 mm ja puristuma maksimissaan n. 2,6 mm.

Asian vuoksi otettiin sähköpostilla yhteyttä SPU:n tekniseen yhteyshenkilöön Johnny Kataiseen, joka soitti jo seuraavana päivänä ja kertoi että elastisen vaahdon voidaan turvallisesti olettaa joustavan n. 20 % vaikka huomattavasti suurempiakin joustavuuksia tuotteiden markkinoinnissa ilmoitetaan. Tämä riittää, sillä 20 % 20 mm:n saumassa

vastaa 4 mm:ä, ja laskettu maksimikutistuma ylittää vain vähän mainitun 20 % elastisuuden rajan. Tällöin edes huippupakkasen aiheuttama kutistuma ei revi eristeen saumoja auki. Vastaavasti voidaan todeta, että eristelevyjä ei voida turvallisesti asentaa vaaka-asentoon, koska saumojen lukumäärä pahimmassa tapauksessa puolittuu, eikä saumojen joustovara enää riitä. Tällöin on mahdollista että kovimmilla pakkasilla eristeiden välisiä PU-vaahdotettuja saumoja repeytyy auki.

### 5.9.3 Läpiviennit

LVIS-tekniset varaukset vaipassa, kuten IV-kanavat, vesi- ja lämpöjohdot, viemärit ja putkitetut sähkökaapelit sekä ovet ja ikkunat tiivistetään huolellisesti PU-eristelevykerrokseen elastisella PU-saumavaahdolla. SPU:n teknisen asiantuntijan Johnny Kataisen mukaan juuri näissä kohteissa on heidän kokemuksensa mukaan suurimmat kokonaistiiveyttä huonontavat ilmavuodot. (Katainen sähköposti 8.9.2014). Savuhormivarauksia varten yläpohjalaattoihin tehdään ohennukset takalle varattujen paikkojen yläpuolelle. Ohennuksessa osa holvilaatan betonivahvuudesta korvataan yläpinnassa PU-levyllä. Huoneistojen sisäkatoissa ei hormivarauksia voi havaita.

### 5.9.4 Tartunnat

Ikkunoiden ja ovien apukarmit kiinnittyvät teräskiinnikkein betonirunkoon. Apukarmit asennetaan ulkopuoliseen muottipintaan, jolloin teräskiinnikkeiden vapaat päät jäävät valuonteloon ja kiinnittyvät valussa ilman muita kiinnitystarvikkeita. Kylmäsiltaa ei synny, koska kiinnikkeet ovat eristeen lämpimällä puolella.

Katoksien yläpaarteiden tartunnat rakennuksen päässä tehdään PU-eristelevyjien ulkopuolelle, kattoristikoiden reunimmaisten pystyvasojen kylkeen. Liitokset jäävät yläpohjan puhallusvillan sisään, mutta eivät heikennä PU-eristekerroksen tiiveyttä tai eristävyyttä. Terassien alaohjauspuut rakennuksen päässä pultataan perusmuurin kylkeen. Liitos ei läpäise lämmöneristekerrosta. Näkösuojina toimivien aitojen tolppia varten aita-anturoihin upotetaan myöhemmin hitsattavaa holkkia varten terästartunnat (Peikko SBKL tai vastaava). Tartunnat näkyvät leikkauspiirustuksessa, liitteessä 3.



## 5.10 Muottisuunnittelu

Valumuotti mitoitetaan perinteisesti nomogrammikäyrästä apuna käyttäen. Käyrästä voidaan lukea levymuotin pysty- ja vaakarakenteiden tarvittavat poikkileikkauskoot ja keskinäiset etäisyydet, tarvittava muottilevyn paksuus levymateriaalista riippuen, sekä muottisiteiden valinnassa tarvittavat dimensiot ja etäisyydet. Nomogrammikäyrästä käyttö edellyttää aina jonkin muuttujan määräämistä etukäteen, jolloin muut muuttajat mitoitetaan tämän tunnetun muuttujan perusteella. Mikäli työmaalla on valmiina esimerkiksi 12 mm:n havuvaneria, ovat muottilevyn tyyppi ja paksuus tunnetut muuttajat ja muun muottitavaran koko ja määrä valitaan nomogrammin perusteella. (Laurikainen 2011a.)

Tässä projektissa määrätty muuttuja on PU-levyrakenne, joka toimii ulompana muottipintana. Jotta nomogrammikäyrästä voidaan käyttää, on selvitettävä minkä vahvuista ja tyyppistä vanerilevyä suunniteltu PU-levyrakenne vastaa. Tämä olisi mahdollista selvittää vertaamalla PU-levyjen ja vanerien taivutuskestävyyttä, tai taivutusvastusta, mutta näitä arvoja ei PU-levyille ole saatavissa. Asiassa lähestyttiin SPU:n teknistä asiantuntijaa RI Johnny Kataista, joka lupasi toimittaa eri vahvuisia levyjä taivutuskokeita varten. Vertaamalla samalla painomäärällä kuormitettujen, saman kokoisten, mutta eri vahvuisten vaneri- ja PU-levyjen taipumaa, voidaan levyjen vastavuus riittävällä tarkkuudella selvittää.

Koejärjestelyssä levyt oli tarkoitus sahata 1200 mm x 1200 mm kokoon ja kuormittaa levyjä latomalla levyjen keskilinjalle asetetun laudan päälle punnuksia. Levyt oli kuormitustilanteessa tarkoitus asettaa pukien päälle siten, että tukiväli oli kaikissa koikeissa sama, 1000 mm. Vanerit oli tarkoitus sahata siten että koetaivutus tapahtuisi kestävämpään suuntaan, eli pintaviilujen syysuunnassa. PU-levyt piti sahata siten, että koetaivutus tapahtuisi kokonaisen levyn lyhyen sivun suuntaan. Koejärjestelyä ja tuloksia piti esitellä tarkemmin liitteessä.

Valitettavasti SPU:n organisaatiossa tapahtui henkilövaihdoksia ja tuotteiden toimitaminen viivästyi niin paljon, ettei koetta ehditty suorittaa ennen projektin raportointia. Suunnitelma kokeesta kuitenkin on, eli mikäli rakennusvaihe alkaa, voidaan koe vielä suorittaa.

### 5.10.1 Valupaine ja muottirakenne

Muotin pintaan kohtisuoraan vaikuttava kuorma eli valupaine voidaan määrittää laskemalla, kun betonimassan tilavuuspaino, notkeus ja lämpötila sekä valutyön nopeus (valun nousunopeus muotissa) ja muotin korkeus ovat tiedossa. Valupaineen perusteella muotti voidaan mitoittaa kestämään valussa syntyvät voimat. Valupaineen katsotaan kasvavan muotin yläosasta alaspäin mentäessä lineaarisesti kunnes maksimiarvo saavutetaan. Paine on tämän pisteen alapuolella sama muotin alapintaan saakka. (Ratu 06-3029 1994, 2.)

Valupaineen suuruus käytettäessä sauvatärytystä lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$p = k_T \times k_H \times k_\gamma \times p_0 \text{ jossa:}$$

$k_T$  = betonimassan lämpötilan korjauskerroin

$k_H$  = betonimassan sitoutumisen korjauskerroin

$k_\gamma$  = betonimassa tilavuuspainon korjauskerroin

$p_0$  = valupaineen perusarvo

Hydrostaattinen paineen maksimiarvon syvyys valussa voidaan vastaavasti määrittää:

$$h = k_T \times k_H \times h_0 \text{ jossa:}$$

$h_0$  = hydrostaattisen painekorkeuden perusarvo

(Ratu 06-3029 1994, 2.)

Seuraavassa lasketaan tämän projektin kaikissa seinävaluissa vaikuttava valupaine ja valupaineen maksimiarvon syvyys:

$$k_T = 0,85 \text{ (massan lt. } 20 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$k_H = 1,00 \text{ (ei hidastinta)}$$

$$k_\gamma = 1,00 \text{ (betonin tilavuuspaino } 25 \text{ kN/m}^3\text{)}$$

$$p_0 = 31 \text{ kN/m}^2 \text{ (Ratu 06-3029 1994, 3, kuva 6.)}$$

$$\rightarrow p = 0,85 \times 1,00 \times 1,00 \times 31 \text{ kN/m}^2 = 26,5 \text{ kN/m}^2$$

$$h_0 = 1,2 \text{ m (Ratu 06-3029 1994, 3, kuva 6.)}$$

$$\rightarrow h = 0,85 \times 1,00 \times 1,2 \text{ m} = 1,02 \text{ m}$$

Muotin rakenneosat valitaan Ratu-kortin nomogrammikuvaajasta, kun valupaine on tiedossa. Kuvaajaa käytettäessä voidaan huomioida työmaalla jo mahdollisesti oleva materiaali lukitsemalla niitä vastaavat kuvaajan arvot etukäteen. Tällöin muotin muut osat kompensoivat etukäteen valittuja osia ja mukautuvat siten, että muotista tulee riittävän vahva. Mikäli materiaaleja ei ole valmiina, voidaan muotin mitoittaminen aloittaa esimerkiksi valitsemalla muottilevy.

Tämän projektin sisäpuolista muottipintaa varten muottilevyksi valittiin 12 mm:n sekaveri. Laskettu valupaine pyöristetään varmuuden vuoksi ylöspäin ja arvona käytetään lukemaa  $30 \text{ kN/m}^2$ . Puuttuvat tiedot ratkaistaan piirtämällä nomogrammikuvaajaan viiva, joka aloitetaan vasemman alakulman kuvaajasta, valupaineen kohdalta suoraan ylöspäin, kunnes saavutetaan valitun vanerin käyrä. Käyrän leikkauspisteessä viiva kääntyy vaakasuoraksi ja sitä jatketaan oikealle, kunnes tullaan kuvaajan oikeaan reunaan. Tästä rajapinnassa luetaan koolausjako (260 mm). Jatketaan viivaa oikealle, kunnes alhaalla oikealla olevassa kuvaajassa saavutetaan valitun valupaineen käyrä. Viiva käännetään jälleen pystysuoraksi ja sitä jatketaan ylöspäin, kunnes keskellä oikealla olevassa kuvaajassa saavutetaan haluttu koolausmateriaali. Tässä projektissa sopivaksi materiaaliksi valittiin 22 mm x 100 mm puutavara, jonka käyrältä viiva käännetään vaakasuoraksi ja sitä jatketaan vasemmalle, kunnes tullaan kuvaajan vasempaan reunaan. Rajapinnassa luetaan sidejuoksujako (550 mm). Viivaa jatketaan vasemmalle, kunnes saavutetaan keskellä vasemmalla olevassa kuvaajassa sopivan muottisidejaon käyrä. Muottisidejaon on oltava koolausjaon kerrannainen, jotta asennustyö olisi järkevää. Tässä valittiin muottisidejaoksi 520 mm, jonka kohdalta viiva käännetään jälleen pystysuoraksi ja sitä jatketaan, kunnes saavutetaan ylhäällä vasemmalla olevan kuvaajan alareuna. Tässä rajapinnassa luetaan muottineliömetrille tarvittava muottisiteiden lukumäärä. Viivaa jatketaan vielä ylöspäin, kunnes saavutetaan valitun valupaineen käyrä. Käyrältä käännetään viiva taas vaakasuoraksi oikealle ja jatketaan kunnes saavutetaan ylhäällä oikealla olevan kuvaajan reuna. Tässä luetaan yksittäiselle siteelle kohdistuva vetorasitus (9 kN). Viivaa jatketaan vielä oikealle, kunnes saavutetaan muottilukoille tulevan tukipinnan leveyttä vastaava käyrä. Tästä käännetään viiva alaspäin ja luetaan kuvaajan alareunalta yhdelle muottilukolle tarvittava tukipinta-ala ( $30 \text{ cm}^2$ ). Samasta kuvaajasta luetaan myös sopiva sidejuoksukoko (2 kpl 50 mm x 100 mm). Nomogrammikäyrästä ja edellä kuvattu viiva on esitetty liitteessä 19. Muottirakenteesta on periaatepiirros liitteessä 20.

### 5.10.2 Eristeiden kiinnittäminen kantavaan valurunkoon

PU-eristelevyt asennetaan jo ennen runkovalua ja eristekerros toimii samalla valussa myös ulkopuoleisena muottipintana. Näin betonirungon ja eristelevyn väliin ei jää asennuksen epätarkkuuden aiheuttamia rakoja ja konvektio rungon ja eristelevyjen välissä estyy. Asennusvaiheessa eristelevyt liimataan reunoistaan toisiinsa PU-vaahdolla. Eristelevykerroksen läpi asennetaan HD-PE-muovista valmistetut muuraussiteet, joiden konstruktio ja asennustapa varmistavat eristelevyjen kiinnityksen betonirunkoon. Muuraussiteet asennetaan halkaisijaltaan 30 mm:n asennusreikään ja eristelevyt kiristetään muuraussiteitä hyväksikäyttäen rauditusverkkoon kiinnitetyjä rauditusvälikkeitä vasten. Lopuksi asennusreikä täytetään PU-vaahdolla, joka viimeistelee eristeen tiiveyden sekä tartunnan muuraussiteeseen ja betonirunkoon.

### 5.10.3 Muuraussiteiden vetovoimien siirto valurunkoon

Tuulenpaineen aiheuttamat vetovoimat kuoritiilimuuriin siirretään betonirunkoon erityisvalmisteisilla HD-PE-muovista valmistetuilla muuraussiteillä. Perinteisesti vastaavissa rakenteissa on käytetty ruostumattomasta teräksestä valmistettuja muuraussiteitä, mutta teräksen kautta tapahtuvan suuren lämpöhäviön vuoksi on nyt haluttu löytää energiataloudellisempi vaihtoehto. Muuraussiteet on kehitetty tätä projektia varten ja niitä tullaan koekäyttämään kun rakennus myöhemmin toteutetaan. Muurausside on esitelty tarkemmin liitteessä 21.

## 6 PROJEKTIN TOTEUTUS, ENERGIASELVITYS

Viime vuosina varsinkin Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D on uudistettu määrätietoisesti. Syynä on kasvanut tietoisuus ja tahto energian ja luonnonvarojen säästämiseen. Enää ei rakennuslupaa asuinrakennukselle voi saada, mikäli rakennus kuluttaa paljon energiaa.

Energiatehokkuusvaatimus on kokoelmassa perusteltu ajan hengen mukaisesti: ”Lainsäädännön tavoitteena on rakennusten energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian

käytön edistäminen sekä rakennusten energiakulutuksen pienentäminen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen” (Ympäristöministeriön www-sivut 2014).

”Rakennuksissa kuluu noin 40 % Suomen energian kokonaiskulutuksesta. Säädöksillä toimeenpannaan rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä ja edistetään samalla Suomen omia tavoitteita energiatehokkuuden parantamiseksi. Rakennuksen hyvä energiatehokkuus pienentää käytönaikaisia kustannuksia ja hillitsee asumiskustannusten nousua energian hinnan noustessa”. (Ympäristöministeriön www-sivut 2014.)

Osana energiatehokkuuden lisäämistä, Suomen valtio on muun Euroopan mallin mukaisesti ottanut käyttöön myös primäärienergiakertoimet. Kertoimien avulla kansalaisia pyritään ohjaamaan päätöksissä, jotka liittyvät tulevaisuuden energianlähdevalintoihin.

Taulukko 3. Suomessa käytettävät primäärienergiakertoimet (Valtioneuvoston asetus rakennuksessa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 9/2013, 1 §)

Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

Keskustelu energiamuotokertoimista vilkastuu sitä mukaa kun asia tulee kansalaisten tietouteen. Internet-keskusteluissa ja esimerkiksi Rakennuslehden www-sivuilla otetaan voimakkaasti kantaa sähkön suurempaa energiamuotokerrointa vastaan. Tällä hetkellä keskustelu veloo lähinnä sähkölämmitettyjen omakotitalojen huonompien energiatodistusten kritisoinnissa, mutta näitä vakavampi vaikutus kertoimilla on uusien rakennusten lämmitysjärjestelmää valittaessa.

Tätä projektia kehiteltäessä ja vielä projektin alkuvaiheessakin oli ajatus mahdollisimman vähän lämmitysenergiaa käyttävästä rakennuksesta, ja hankintahinnaltaan edullisesta suorasta sähkölämmityksestä. Peruste ajatukselle oli tarvittavan energian pieni määrä ja sähkön käytön helppous – sähköliittymä on joka tapauksessa rakennukseen otettava, eikä tekniikkaa varten tarvitsisi rakentaa tiloja. Suomessa myös panostetaan juuri nyt edullisen sähkön saamiseksi myös tulevaisuudessa. OL3 on loppusuoralla ja todennäköisesti ainakin yksi kokonaan uusi reaktori on tämän lisäksi tulossa. Suoralle sähkölämmitykselle tuntui siis löytyvän hyvät perusteet.

Viimeistään energiaselvitystä tehtäessä kävi selväksi, että suoraa sähkölämmitystä ei millään järkevillä ratkaisuilla voi tähän rakennukseen valita. Sähkön muita suurempi energiamuotokerroin nostaa suunniteltavan rakennuksen E-lukua niin paljon, että rakennuslupaa ei voida saada. Riittävällä (n. 600 kWh /kk) kiinteistön omalla sähköntuotannolla suoran sähkölämmityksen voisi juuri ja juuri saada hyväksyttyä. Oma sähköntuotanto on kuitenkin edelleen siinä määrin pilot-luonteista toimintaa, ettei sitä vakavasti edes harkittu. Investoinnit järjestelmän tarvitsemiin tiloihin, akkuihin ja muuhun tekniikkaan, jonka käyttöikä ja muut ominaisuudet ovat melko tuntemattomat, eivät vielä houkuttele.

Tämän selvittelytyön jälkeen on todettava, että sähkön energiamuotokertoimen luku-arvo ohjaa kansalaisia sitomaan varojaan raskaisiin kiinteistökohtaisiin lämmöntuotantojärjestelmiin ja jopa kannustaa tuottamaan sähköä huonommalla hyötysuhteella pienvoimaloissa. Samaan aikaan valtio osaomistajana kuitenkin panostaa miljardeja euroja uusiin ydinvoimaloihin, joissa kannattavuus ja tuotannon hyötysuhde ovat parhaalla mahdollisella tasolla. Vaarana on myös rakennuksen vaipan energiatehokkuudesta tinkiminen, koska raskas investointi maalämpöjärjestelmään on saatava kuolettua. Halvempi lämmitysenergia voi näin ollen kannustaa ”tuhlaavampaan” rakenteeseen, koska rakennusvaiheessa sillä saavutetaan kustannussäästöjä ja 2/3 pienempi sähkönkulutus pienemmän E-luvun kautta tämän mahdollistaa. Sähköenergiaa kuluu vähemmän mutta rakennuksen energiatehokkuus heikkenee.

Rakennuksen omistajan on hankittava energiatodistus uudisrakennuksen rakennuslupamenettelyn yhteydessä (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013, 5 §).

Energiaselvitys tehtiin internetissä toimivalla kaupallisella laskentaohjelmistolla. Laskentapalvelut.fi-palvelussa on mahdollista tuottaa tarkka energiaselvitys ja siihen liittyvät dokumentit – kuten energiatodistus – syöttämällä lähtötiedot palveluun. Palvelu on ilmainen ei-kaupallisessa käytössä ja dokumentit voidaan ilmaiseksi myös tulostaa. Projektin tallentaminen myöhempää käyttöä varten on mahdollista ainoastaan maksullisella lisenssillä.

## 6.1 Lähtötiedot

Laskennan lähtötiedot täytettiin palvelussa oleviin syöttökenttiin. Tiedonkeruukentät on ryhmitelty suurempiin kokonaisuuksiin palveluun perustettavan projektin eri välilehdille. Ensimmäisellä välilehdellä on kohteen perustietoja, kuten osoitetiedot ja suunnittelijan henkilötiedot. Toisella välilehdellä määritellään eri rakenneosien pinta-alat ja niiden U-arvot. Kolmas välilehti pitää sisällään erilaisten kylmäsiltojen pituudet ja niille määritetyt lisäkonduktanssit (lämmön siirtymisen lisääntyminen). Neljännellä välilehdellä kuvataan rakennuksen ilmanvaihtoon liittyvät asiat, kuten koneet, ilmamäärät, suunnitellut lämpötilat ja hyötysuhteet. Viidennellä välilehdellä määritellään lämmitysjärjestelmät, sisältäen sekä käyttöveden, että tilojen lämmityksen tiedot. Kuudes välilehti on viimeinen syöttökenttiä sisältävä sivu ja sille täydennetään mahdollisten lämpöpumppujen lähtötiedot. Laskennan tulokset näkyvät viimeisellä, seitsemännellä välilehdellä. Samalla välilehdellä tehdään alavetovalikoista vielä energiamuotoon liittyviä asetuksia, kuten tilojen- tai käyttöveden lämmityksen pääasiallisen energianlähteen valinta. Myös mahdollinen itse tuotetun sähköenergian määrä täydennetään viimeiselle välilehdelle. Laskennan tulokset on pääsivun seitsemännen välilehden sisällä jaettu vielä omille välilehdilleen. Lähtötiedot esitetään liitteessä 22.

## 6.2 Laskennan tulokset

Tulokset esitetään palvelussa ryhmitelysti ja ne siirtyvät automaattisesti dokumentteihin, jotka voidaan suoraan tulostaa pdf -tiedostomuodossa.

### 6.2.1 Tasauslaskenta

Tasauslaskennasta ohjeistetaan Ympäristöministeriön julkaisemassa dokumentissa. Tasauslaskennalla määritetään laskennallisesti rakennuksen eri osien lämpöhäviöt ja niitä verrataan eri rakennusosille määriteltyihin rajoihin. Yksittäisen rakennusosan kohdalla rajan ylitys voidaan kompensoida toisen rakennusosan vähäisemmällä lämpöhäviöllä, siten että kokonaishäviö ei ylitä rakennukselle asetettua rajaa. (Tasauslaskentaopas 2012, 8-9.)

Tasauslaskennan tuloksena rakennuksen ominaislämpöhäviöksi saatiin noin 196 W/K, kun rakennusluvan myöntämiseksi riittävän vertailuratkaisun ominaislämpöhäviö on noin 296 W/K. Suunniteltavan rakennuksen lämpöhäviöt ovat siis noin 2/3 sallitusta. Tasauslaskennan sisältö on esitetty tarkemmin liitteessä 23.

### 6.2.2 E-luku

Laskenta ja tulokset välilehdellä on lisää välilehdillä jaettuja osioita. Näistä alavälilehdistä ensimmäisellä on tarkasti eriteltyä E-luvun eri osat, joista lopullinen, tietylle säävyöhykkeelle laskettu rakennuksen E-luku koostuu. E-luvun osatekijät ovat: Tilojen lämmitys, jälkilämmityspatteri, lämmin käyttövesi, sähkölaitteet ja jäähdytys.

Rakennuksen E-luku määritellään laskemalla vuotuinen ostoenergian kulutus kilowattitunteina nettoneliömetrejä kohti ja kertomalla tämä lukema primäärienergiankulutusta kuvaavalla energian muotokertoimella. Tässä kohteessa energiaa on kilowattitunteina laskettu kuluvan nettoneliömetriä kohden vuodessa 64,28 ja ostettavan (sähkö)energian muotokerroin on 1,7. Lukujen tulona saadaan  $64,28 \times 1,7 = 109,276$ . E-luku saadaan pyöristämällä tulo seuraavaan kokonaislukuun, eli rakennuksen E-luku on 110. E-luvun määrittäminen on esitetty liitteessä 24.

### 6.2.3 Energialuokka

Rakennuksen Energialuokka määritellään rakennuksen tyyppin ja käyttötarkoituksen mukaan laadittujen erilaisten E-lukutaulukkojen perusteella. Tässä kohteessa sovelletaan rivi- ja ketjutalojen taulukkoa. Uusimpien energiatehokkuusmääräysten mukainen vähimmäisvaatimus rakennusluvan hyväksymiselle on luokka C.

Tämän kohteen E-luvuksi on määritetty 110, eli taulukosta 4 voidaan lukea rakennuksen energialuokan olevan B.

Rakennuksen energialuokka ilmoitetaan osana energiatodistusta. Rakennuksen energiatodistus on esitetty liitteessä 25.



Taulukko 4: Rivi- ja ketjutalojen E-luokan määräytyminen  
(YMa rakennuksen energiatodistuksesta 176/2013, Liite 1, 19)

Ener- gialuokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku [kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> · vuosi]
A	alle 80
B	81-110
C	111-150
D	151-210
E	211-340
F	341-410
G	yli 411

### 6.3 Energiaselvitys

Laskentapalvelut.fi -palvelun mukainen energiaselvitys koostaa edellä esiteltyt osat yhteen. Esiteltyt osat kuuluvat kokonaisuutena energiaselvitykseen ja niihin viitataan selvityksen liitteinä. Energiaselvityksen pääsivut ovat liitteessä 26.

## 7 PROJEKTIN ARVIOINTI

### 7.1 Projektin vaiheet

Suunnittelu alkoi rakennussuunnittelusta jonka rinnalla tehtiin koko ajan alustavaa rakennussuunnittelua. Vähitellen, suurempien linjojen selkiytyessä, suunnittelun pääpainoa siirrettiin enemmän yksityiskohtiin ja toteuttamisen haasteisiin. Suunnittelu toi esiin epäkohtia ja riskejä sekä rakennusvaiheen että rakennuksen käytönaikaisissa seikoissa. Ongelmia kohdatessa piti välillä hieman peruuttaa ja palauttaa jo suunniteltuja suurempia kokonaisuuksia työpöydälle, jotta yksittäisiä hankalia yksityiskohtia saatiin toteutukseltaan tai toiminnaltaan helpommiksi ja paremmiksi. Esimerkiksi rakennukselle löytyi vasta suunnittelun aikana tontti, jonka jotkin ominaisuudet poikkesivat oletetusta. Tästä syystä suunnitelmiin tuli lukuisia muutoksia.

## 7.2 Aikataulun pitäminen

Projektin aikataulu oli alkuvaiheessa kunnianhimoinen, tavoitteena oli esitellä valmis työ keväällä 2014. Työ- ja yksityiselämän kiireiden sekä nopealla aikataululla perustetun yrityksen vaatimat panostukset ovat kuitenkin viivästyttäneet toistuvasti projektin valmistumista. Kesällä 2014 tuore yritys vei kaiken ajan ja kävi selväksi, että opinto-oikeudelle ja projektille on anottava lisäaikaa. Lisäaikaa haettiin – ja sitä myönnettiin – vuoden 2014 loppuun. Aikataulun pettämisellä ei tulosten suhteen ole suurta merkitystä – myös rakennusprojektin aloittaminen on siirtynyt, osin samoista syistä kuin suunnitteluprojektissakin.

## 7.3 Tulosten hyödyntäminen

Neuvottelut rahoituksesta ja tonttikaupan ehdoista ovat vielä kesken. Mikäli nämä asiat ratkeavat suotuisasti, ovat projektissa tuotetut dokumentit ja suunnitelmat sellaisenaan käytettävissä rakennuslupahakemusta ja rakennustöiden käynnistämistä varten. Kaikki projektin tulosten suhteen asetetut tavoitteet saavutettiin – pois lukien aikataulu, joka venyi olosuhteista johtuen vähintään kaksinkertaiseksi.

## 7.4 Projektin jatkaminen ja uudet ideat

Mikäli rakennustyöt käynnistyvät, tarvitaan vielä iso määrä detaljisuunnitelmia ja työpiirustuksia sujuvan ja kustannustehokkaan rakentamisen takaamiseksi. Tämä suunnittelutyö tulee olemaan luonteva jatke tälle projektille. Uusia ideoita rakentamistyöhön ja rakenteiden detaljeihin on jo tässäkin projektissa useita. Samanlaista uuden ideointia on tarkoitus jatkaa myös rakennustöiden kuluessa, aina kun tarvetta paremmille ratkaisuille ilmenee.

## LÄHTEET

Pahkala, M., Rossi, V., Viita, S & Vuorinen, P. 1998. Paikalla valetut betonipinnat. Suunnittelu ja toteutus. Lahti: Suomen Betonitieto Oy.

Vesivahinkojen ehkäiseminen rakentamisessa. 2004. Helsinki: Ympäristöministeriö. Rakennustieto Oy. Ympäristöopas 111.

Suomen RakMK B8. 2007. Tiilirakenteet. Ohjeet 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK C2. 1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Ympäristöministeriön www-sivut. Viitattu 23.4.2014. <http://www.ym.fi/>

Lupaopas pientalon rakentajille ja suunnittelijoille. 2005. Turun kaupungin www-sivut. Viitattu 23.4.2014. <http://www.turku.fi/>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2013. A27.2.2013/176 liitteinen.

Laurikainen, M. 2011a. Muottien suunnittelu. Luento Satakunnan ammattikorkeakoulun Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Betonityöt-opintojaksolla 2011.

Ratu 06-3029. Lauta- ja levymuottirakenteiden suunnitteluohje. 1994. Helsinki: Rakennustieto.

Katainen J. VS: SPU-AL –levyjen käyttö ulompana muottipintana? Vastaanottaja Lintula Jan. Lähetetty 8.9.2014 klo 11:59. Viitattu 9.9.2014.

Puhelinkeskustelu Lintula /Jokinen P. 19.9.2014 klo 10:40. Betonipumppujen valuletkujen ja putkien ulkomitat.

Keittiötiedon www-sivut. Viitattu 4.11.2014. <http://www.keittiotieto.fi/>

Rakennustieto Oy:n www-sivut. Viitattu 4.11.2014. <https://www.rakennustieto.fi/>

Lammin Betoni Oy:n www-sivut. Viitattu 4.11.2014. <http://www.lamminbetoni.fi/>

Aho, H. & Korpi, M. 2009. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 141.

Laurikainen, M. 2011b. Betonitöiden työmenetelmät ja menekit. Luento Satakunnan ammattikorkeakoulun Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Betonityöt-opintojaksolla 2011.

Halme A. & Halme-Salo E. 2003. Ääneneristyksen toteuttaminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. RIL 129.

RT 15-10784. Asemapiirustuksen laatiminen. 2002. Helsinki: Rakennustieto.

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

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2013. A10.1.2013/9.

Tasauslaskentaopas. 2012. Ympäristöministeriö. Viitattu 10.11.2014.  
<http://www.ymparistoministerio.fi/download/noname/%7B4A826B40-9B82-4749-B6BA-7A3537EA9DAE%7D/40514>

Ojala, K. Tontin Valinta ja käyttö n.d. Rakenna oikein –www-sivut. Viitattu 10.11.2014. <http://www.rakenna oikein.fi/fi/category/2/3/12>

by 60: SFS-EN 1992-1-2: Eurocode 2: Betonirakenteiden suunnittelu – osa 1-2: Yleiset säännöt – rakenteiden palomitoitus. 2009. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.

Gyproc-rakennepiirustukset. n.d. Gyproc Saint Gobainin www-sivut. Viitattu 10.11.2014. [www.gyproc.fi/Download/21924/TH\\_240603\\_liitteet.pdf.pdf](http://www.gyproc.fi/Download/21924/TH_240603_liitteet.pdf.pdf)

Larkela, L. 2013. Perustaminen kalliolle. Luento Turun ammattikorkeakoulun Rakennustekniikan Pohjarakenteet-opintojaksolla 28.1.2013.

Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 2013. L 18.1.2013/50.

Mainio, T. 2013. Vesivuodot ryöpsähtäneet käsistä Suomessa. Helsingin Sanomat 17.3.2013. Viitattu 11.11.2014. <http://www.hs.fi/kotimaa/a1363473926762>

Vesivahinkojen ennaltaehkäisy säästää satoja tuhansia 2014. LVI-Tekniset urakoitsijat –www-sivut. Viitattu 11.11.2014. <http://www.lvi-tu.fi/vesivahinkojen-ennaltaehkaisy-saastaa-satoja-tuhansia/>

Energiaselvityksen ja -todistuksen luominen DOF-energia -ohjelmalla. 2009. D.O.F. Tech Oy:n www-sivut. Viitattu 11.11.2014. [http://www.dof.fi/www/fi-les/ISOVER\\_Ohje\\_Uudispientalon\\_laskentaesimerkki.pdf](http://www.dof.fi/www/fi-les/ISOVER_Ohje_Uudispientalon_laskentaesimerkki.pdf)

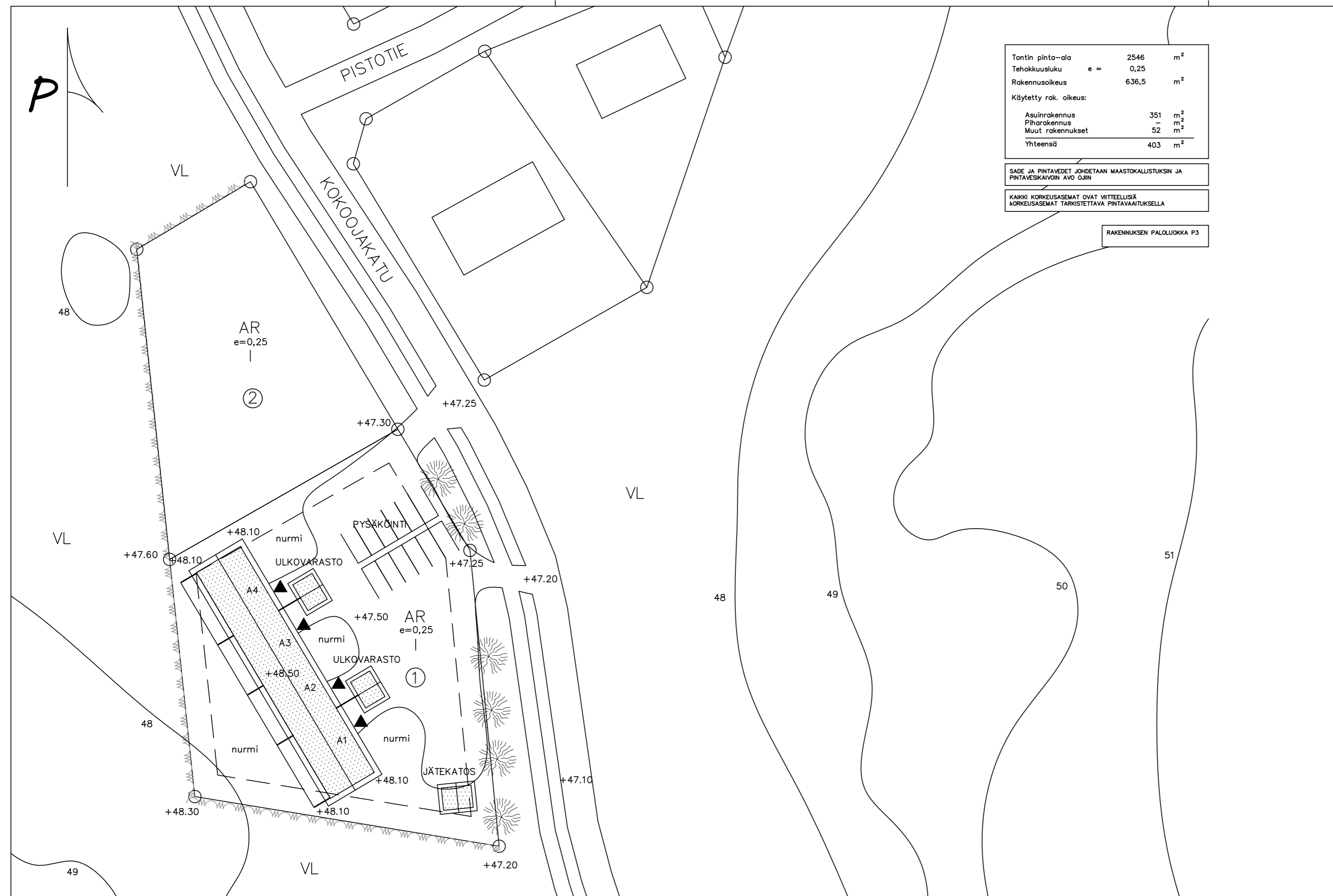
Rakennusten suunnittelu 2014. Paroc Group Oy:n www-sivut. Viitattu 11.11.2014. <http://www.paroc.fi/knowhow/energiatehokkuus/rakennusten-suunnittelu>

Tontin pinta-ala	2546	m <sup>2</sup>
Tehokkuusluku e =	0,25	
Rakennusoikeus	636,5	m <sup>2</sup>
Käytetty rak. oikeus:		
Asuinrakennus	351	m <sup>2</sup>
Piharakennus	-	m <sup>2</sup>
Muut rakennukset	52	m <sup>2</sup>
Yhteensä	403	m <sup>2</sup>

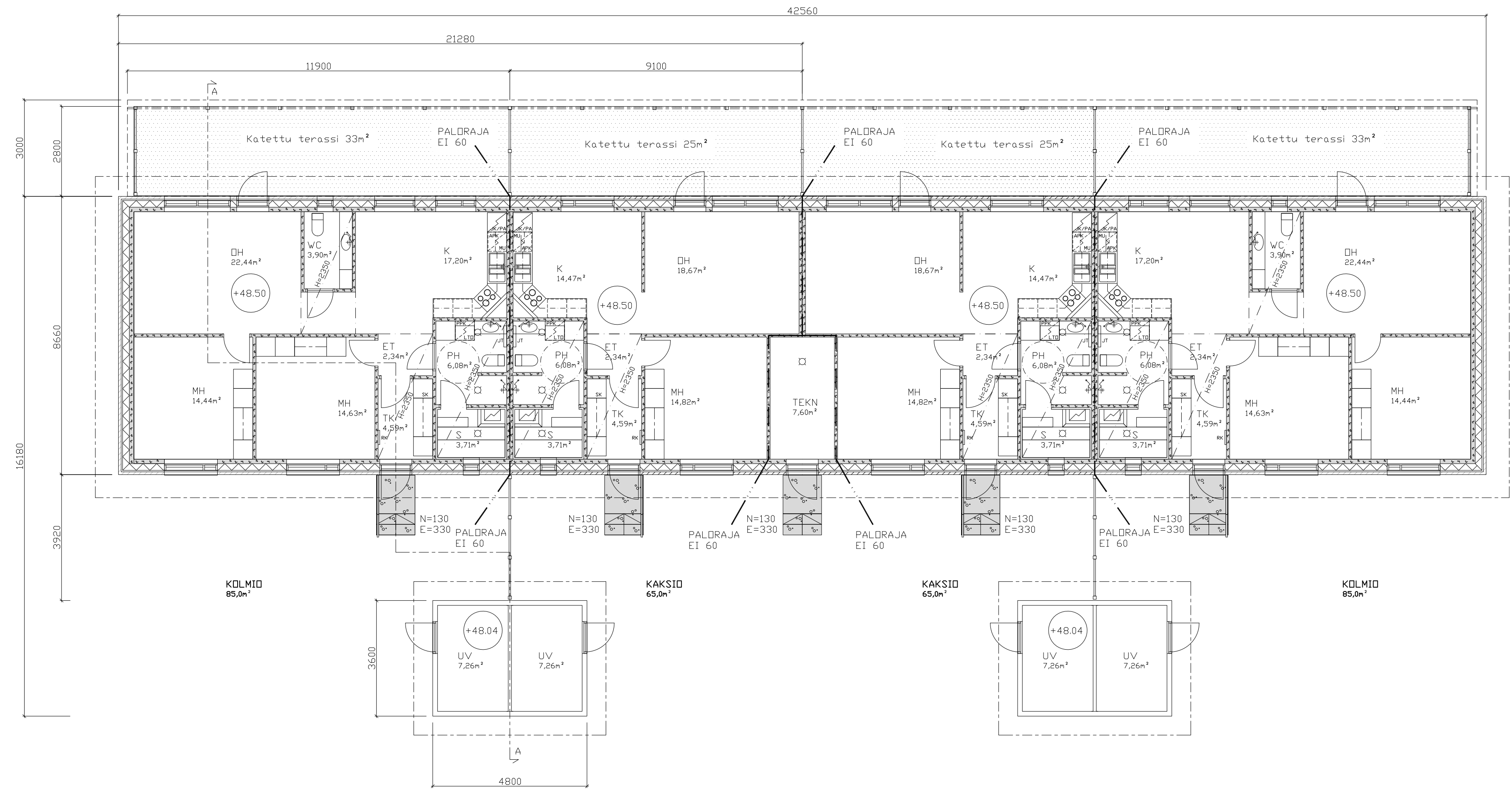
SADE JA PINTAVEDET JOHDETAAN MAASTOKALLISTUKSIN JA PINTAVESIKAIVOIN AVO OJIIN

KAIKKI KORKEUSASEMAT OVAT VIITEELLISIÄ KORKEUSASEMAT TÄRKKISTETTÄVÄ PINTAVAAITUKSELLE

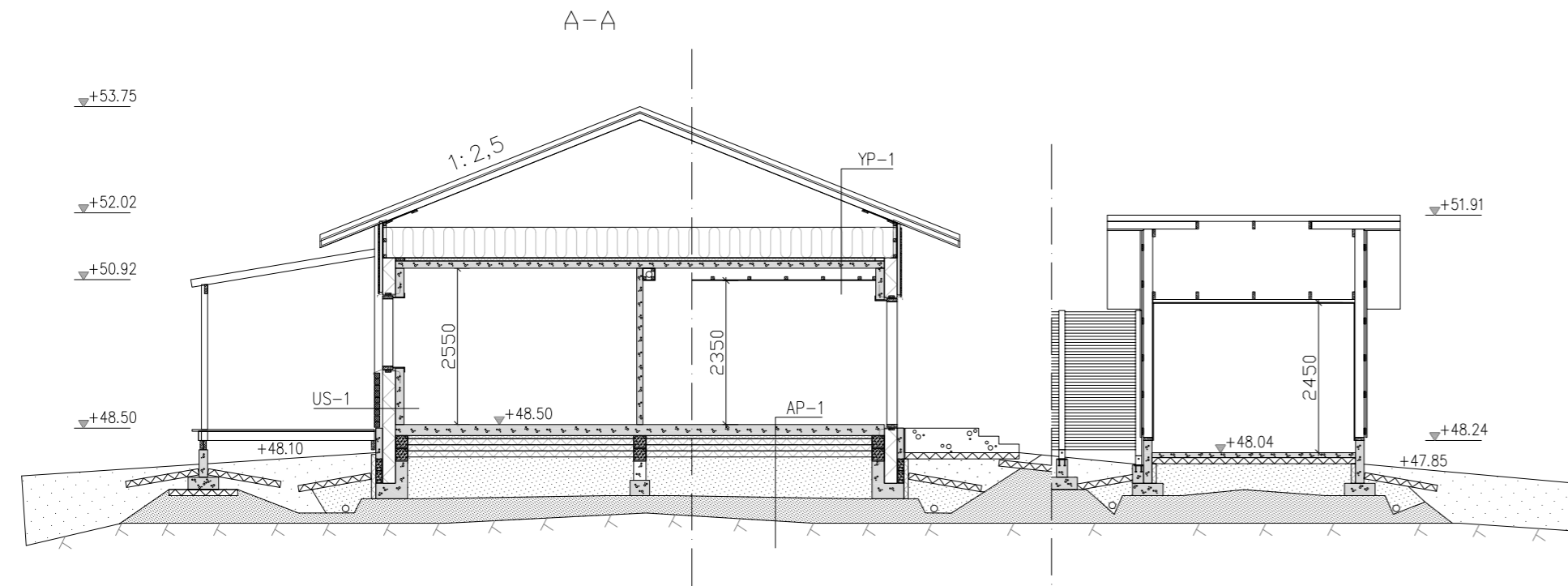
RAKENNUKSEN PALOLUOKKA P3



K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIKEUS UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI PÄÄPIIRUSTUS	JUOKS.No 1/4
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ASEMAPIIRUSTUS	MITTAKAAVAT 1:500
SUUN.ALAI Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.		TYÖ No 2013-10	PIIR.No 002 101	MUUTOS
		PÄIVÄYS 11.11.2014	YHT.HENK.	



K.O.SA KESKUSTA	KÖRTTEI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSLOMPPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAI PÄÄPIIRUSTUS JUOKS.No 2/4
RAKENNUSKOITTEEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ POHJA MITTAKAAVAT 1:100
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.	SUUNNALLA ARK	TYO No 2013-10	PIIR.No 003 003 MUUTOS
	PÄIVÄYS 11.11.2014	YHT.HENK.	



KERROSALA 369 m<sup>2</sup>  
TILAVUUS 1330 m<sup>3</sup>

HUONEISTOALA 308 m<sup>2</sup>  
Asuntojen lukumäärä:  
– 65,0 m<sup>2</sup> kaksioita 2 kpl  
– 85,0 m<sup>2</sup> kolmioita 2 kpl  
Muussa kuin asuinkäytössä:  
– 7,5 m<sup>2</sup> Tekninen tila

PERUSTUKSIA EI MITOITETA TÄMÄN PIIRUSTUKSEN MUKAAN.  
PERUSTUSMITAT SELVIÄVÄT ERILLISESTÄ MITTAPIIRUSTUKSESTA.

PERUSTETAAN LOUHITULLE KALLIOLLE, TIIVISTETYN KALLIOMURSKEPATJAN PÄÄLLE

LÄMMITYSMUOTO: MAALÄMPÖPUMPPU, VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS  
RAKENNUS VARUSTETAAN RakMK-F2 MUKAISIN HUOLTOTURVALLISUUSLAITTEIN  
RAKENNUS VARUSTETAAN KONEELLISELLA TULO- JA POISTOILMANVAIHDOLLA  
JOSSA LÄMMÖNTALTEENOTTO LAITE (pyörivä lämmönvaihdin, vuosihyötysuhde 80%)  
RAKENNUKSEN PALOLUOKKA P-3  
RAKENNUS VARUSTETAAN PALOVAROITTIMIN  
KAIKKI IKKUNAT AVATTAVIA  
HUONEISTOVÄLISEINIEN ILMÄÄNEN ERISTYSARVO: 55dB

#### YLÄPOHJA-1

U=0,07 W/m<sup>2</sup>K

Vesikate  
Ruodelaudoitus  
Tuuletusrimat  
Aluskate  
Tuuletus >100  
Kattoristikot  
Mineraalivilla 500  
PU-levy 50  
Teräsbetoniholvi 120  
Sisäverho/tasoite

#### ULKOSEINÄ -1

U=0,11 W/m<sup>2</sup>K

Modulitiili	85 mm
Tuuletusväli	45
PU-levy 3x70	210
Kantava teräsbetonirunko	140
Sisäverho/tasoite	5
	485 mm

#### ALAPOHJA-1

U=0,10 W/m<sup>2</sup>K

Lattiapinnoite  
Kantava teräsbetonilaatta 180  
PU-levy 50  
Polystyreenilevy 3x100  
so-sora >200  
Louhittu kallio

#### LÄMMÖNERISTYVAATIMUKSET:

RAKENNUSKOHTAISET LÄMMÖNLÄPÄISYKERTOIMET (U):

Lämmin tila/ulkotila W/m<sup>2</sup> °C

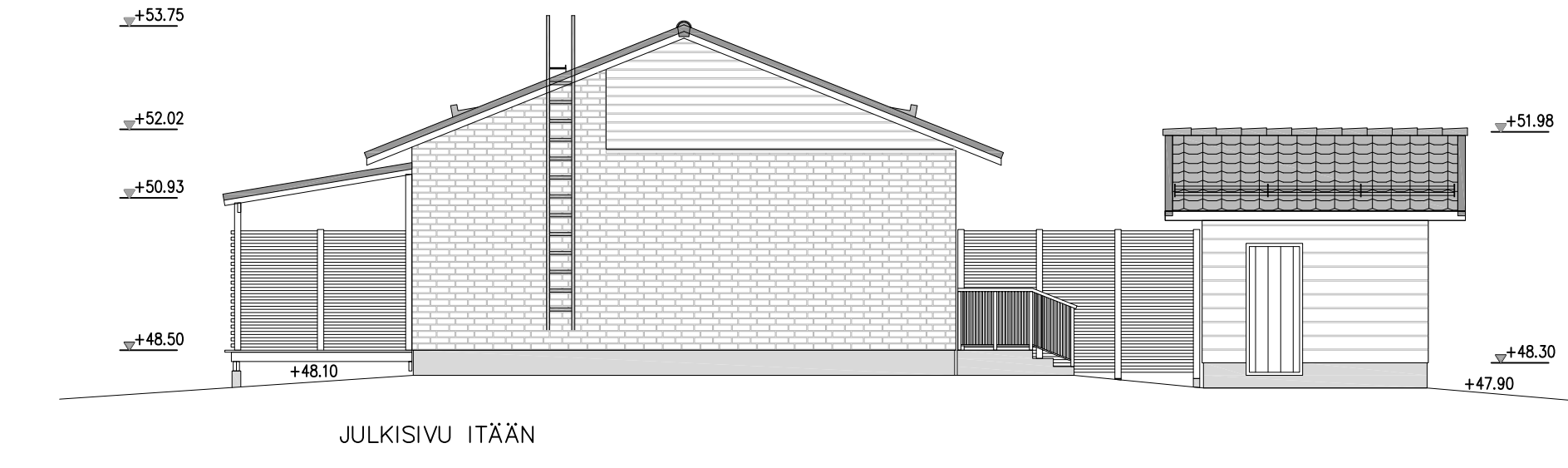
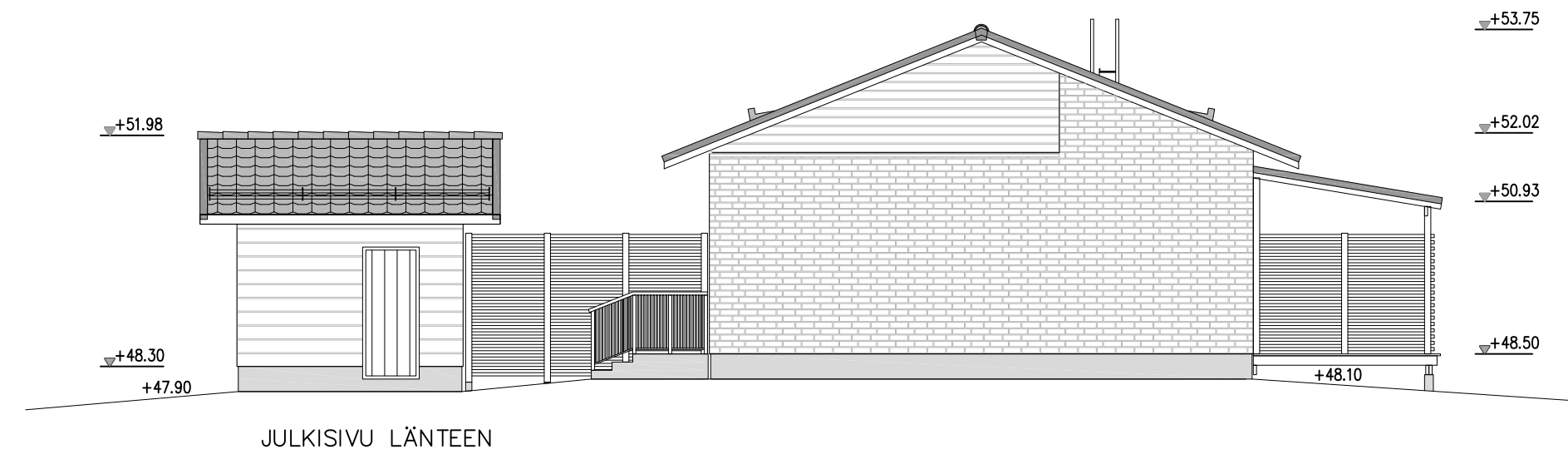
Rakennusosa: perusratkaisu: suunnitteluratkaisu

ULKOSEINÄ 480	0.17	W/m <sup>2</sup> °C	0.11	W/m <sup>2</sup> °C
YLÄPOHJA 670	0.10		0.07	
ALAPOHJA	0.16		0.10	
ALAPOHJA R-TILA	0.17			
IKKUNAT	1.0		0.9	
ULKO-OVET	1.0		0.9	

#### RAKENNUKSEN PRIMÄARIENERGIAN KÄYTTÖÄ KUVAAVA E-LUKU ON 110 kWh/m<sup>2</sup>/a

KERROSALA		369,0 m <sup>2</sup>
IKKUNAPINTA-ALA		36,80 m <sup>2</sup>
IKKUNAPINTA-ALA	10,0	% KERROSALASTA
ULKOSEINIEN BRUTTOALA		306,30 m <sup>2</sup>
IKKUNAPINTA-ALA	12,0	% SEINIEN BRUTTOALASTA

K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIKENPIDE UUDISRAKENNUS	PIIRUSTUSLAI PÄÄPIIRUSTUS		JJKS.No 3/4	
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN	PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ LEIKKAUS		MITTAKAAVAT 1:100	
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.	SUUN.ALAI ARK	TYÖ No 2013-10	PIIR.No 004 007	MUUTOS
	PÄIVÄYS 11.11.2014	YHT.HENK.		

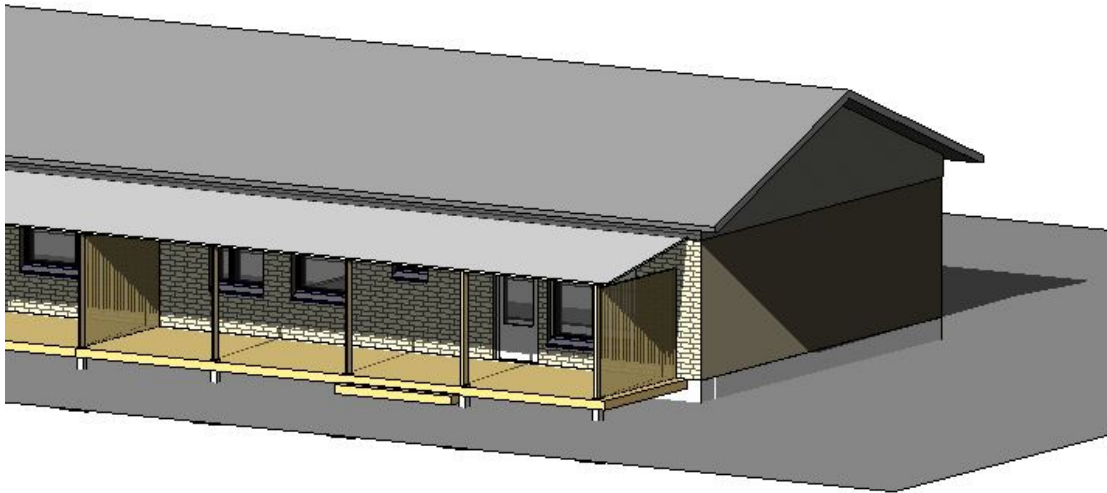


- |                            |               |  |
|----------------------------|---------------|--|
| 1 TIILIKATE                | TUMMAN HARMAA |  |
| 2 TIILIVERHOUS             | LUONNONVALK.  |  |
| 3 SOKKELI                  | HARMAA        |  |
| 4 TEHOSTEET JA OTSAT       | VALKOINEN     |  |
| 5 ULKO-OVET JA IKKUNAT     | VALKOINEN     |  |
| 6 VESIKOURUT JA LAPEPELLIT | MUSTA         |  |
| 7 SYÖKSYTORVET             | VALKOINEN     |  |

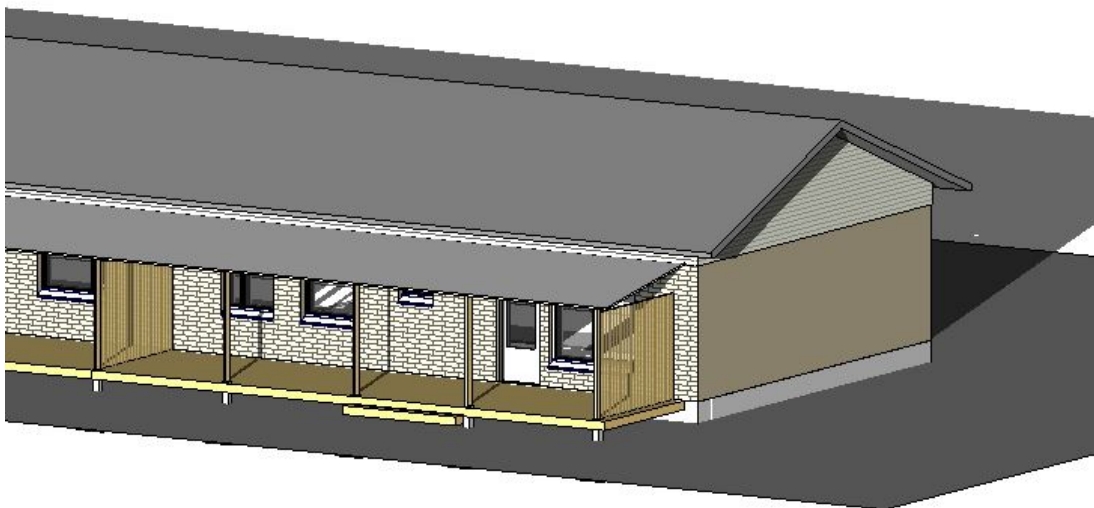
K.O.S.A. KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RN:o 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSLOMPPU UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSALA PÄÄPIIRUSTUS 4/4
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE RT MATAENERGIA KOKOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ JULKISIVUT MITTAKAAVAT 1:100
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.	SUUNNALLA ARK	TYÖ No 2013-10	PIIR.No 005 004
	PAIVÄYS 11.11.2014	YHTIENK.	MUUTOS



Terassien kate on mallinnettu Autodesk® Revit® -ohjelmistolla. Ohjelmaan syötetään rakennuspaikan koordinaatit ja mallinnetaan rakennus. Asettamalla päivämäärä ja kellonaika, voidaan ohjelmalla tutkia auringon asemaa ja säteilyä suhteessa rakenteisiin.



Kuva 1. 15.8. klo 15:30. Katos suojaa huoneistoja liialliselta lämpenemiseltä



Kuva 2. 15.2. klo 15:30. Talviaurinko lämmittää huoneistoja

Lähtötiedot:

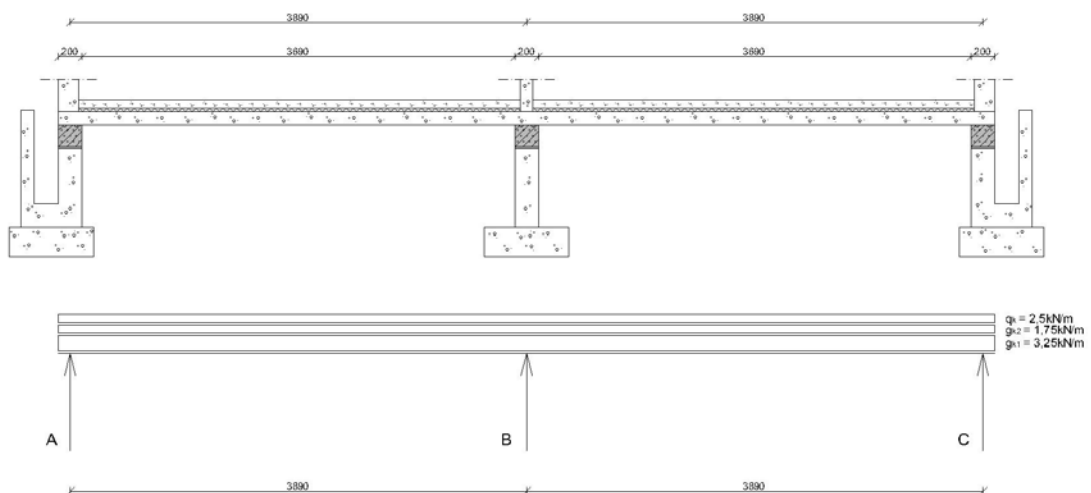
Yhteen suuntaan kantava, 2-aukkoinen laatta. Päällä ohut eristekerros ja 70mm:n pintalaatta jossa lattialämmitysputkisto.

1. Laatan dimensiot: 130mm \* 1000mm,  $L \approx 8000$ mm
2. Teräksiset A 500 H
3. Rasitusluokka XC1 -> Betonilaatu C20/25
4.  $d = 130\text{mm} - 15\text{mm} - 10\text{mm} - 10\text{mm}/2 = 100\text{mm}$   
( $c = 15\text{mm}$ , jakoraud. = 10mm, pääraud. = 10mm)

Kuormat:

1. Hyötykuorma  $q_k = 2,5\text{kN/m}^2$
2. Pintalaatan omapaino  $g_{k2} = 0,07\text{m} * 25\text{kN/m}^3 = 1,75\text{kN/m}^2$
3. Peruslaatan omapaino  $g_{k1} = 0,13\text{m} * 25\text{kN/m}^3 = 3,25\text{kN/m}^2$
4.  $p_d = (1,15 * (3,25 + 1,75)\text{kN/m}^2 + 1,5 * 2,5\text{kN/m}^2) * 1\text{m} = 9,5\text{kN/m}$
5.  $M_{A-Bd} = k * p_d * L^2 = 0,07 * 9,5\text{kN/m} * (3,9\text{m})^2 = 10,1\text{kNm}$
6.  $M_{Bd} = k * p_d * L^2 = -0,125 * 9,5\text{kN/m} * (3,9\text{m})^2 = -18,1\text{kNm}$

momenttilausekkeiden kertoimet taulukosta 1.



Kuva 1. Alapohjan rakenne ja vapaakappalekuva.

Lasketaan betonin ja teräksen mitoituslujuudet:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{20 \frac{N}{mm^2}}{1,5} = 11,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{500 \frac{N}{mm^2}}{1,15} = 434 \frac{N}{mm^2}$$

Kentät A-B ja B-C:

Lasketaan suhteellinen momentti  $\mu$ :

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{d^2 * b * f_{cd}} = \frac{10100Nm * 1000 \frac{mm}{m}}{100^2 mm^2 * 1000mm * 11,3 \frac{N}{mm^2}} = 0,0894$$

Lasketaan mekaaninen raudoitussuhde  $\omega$ :

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,0894} = 0,094$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen poikkipinta-ala  $A_s$ :

$$A_s = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{sd}} * d * b = 0,094 * \frac{11,3 \frac{N}{mm^2}}{434 \frac{N}{mm^2}} * 100mm * 1000mm = 245mm^2$$

Lasketaan raudoitteen minimipoikkipinta-ala  $A_{s,min}$ : (betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan, Osa 3: Laatat s. 4, taulukko 5)

$$A_{s,min} = 0,0013 * 130mm * 1000mm = 169mm^2$$

$$A_s > A_{s,min} \rightarrow \text{OK}$$

Valitaan sopiva raudoitteiden määrä: (by 60 s. 70)

$$\rightarrow T10 k300 = 262mm^2/m$$

Maksimimomentin alueella raudoitusta on lisättävä, koska maksimijakoväli on 250mm.

$\rightarrow$  tihennetään pääraudoitusta jänteiden kahden keskimmäisen neljänneksen alueella.

$$\rightarrow T10 \text{ k}250 = 314 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Jakorauδοitus: (by 60 s. 125)

Oltava vähintään 20% pääraudoituksen alasta.

$$\rightarrow 0,2 * 314 \text{ mm}^2 = 63 \text{ mm}^2$$

$$\text{maksimijakoväli k}450 = 2,22 \text{ kpl /m} = 2,22 * 79 \text{ mm}^2 = 175 \text{ mm}^2 /\text{m} \text{ (T10 k}450)$$

$$\rightarrow \text{muutetaan vielä jakorauδοitukseksi T8 k}450 = 2,22 * 50 \text{ mm}^2 = 111 \text{ mm}^2 /\text{m}$$

$\rightarrow$  d suurenee hieman, mutta tätä ei tarvitse huomioida, koska parantaa kantavuutta

$$\text{jakorauδοitus maksimimomentin alueella T8 k}400 = 2,5 * 50 \text{ mm}^2 = 125 \text{ mm}^2 /\text{m}$$

$\rightarrow$  tihennetään jakorauδοitusta jänteiden kahden keskimmäisen neljänneksen alueella.

Tuki B:

Lasketaan suhteellinen momentti  $\mu$ :

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{d^2 * b * f_{cd}} = \frac{18100 \text{ Nm} * 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}}{100^2 \text{ mm}^2 * 1000 \text{ mm} * 11,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,1602$$

Lasketaan mekaaninen raudoitussuhde  $\omega$ :

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,1602} = 0,176$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen poikkipinta-ala  $A_s$ :

$$A_s = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{sd}} * d * b = 0,176 * \frac{11,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{434 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} * 100 \text{ mm} * 1000 \text{ mm} = 459 \text{ mm}^2$$

Lasketaan raudoitteen minimipoikkipinta-ala  $A_{s,min}$ : (betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan, Osa 3: Laatat s. 4, taulukko 5)

$$A_{s,min} = 0,0013 * 130 \text{ mm} * 1000 \text{ mm} = 169 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s,min} \rightarrow \text{OK}$$

Valitaan sopiva raudoitteiden määrä: (by 60 s. 70)

$$T10 \text{ k}150 = 523\text{mm}^2/\text{m}$$

Jakoraudoitus: (by 60 s. 125)

Yläpinnassa, tukien yhteydessä ei tarvita jakoraudoitusta, eli asennetaan vain tarvittavat työteräkset.

Lasketaan leikkausvoiman maksimiarvot  $V_{Ed}$

Tuet A ja C:

$$V_{Ad,Cd} = k' * p * l = 0,375 * 9,5\text{kN}/\text{m} * 3,9\text{m} = 13,9\text{kN}$$

Tuki B:

$$V_{Bd} = k' * p * l = 0,625 * 9,5\text{kN}/\text{m} * 3,9\text{m} = 23,2\text{kN}$$

Ratkaistaan leikkauskestävyyden mitoitusarvo  $V_{Rd,c}$ :

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k(100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad \text{jossa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad \text{ja}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{100}} = 2,41 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,0 \quad \text{ja}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0,02 \quad \text{jossa}$$

$$b_w = 1000\text{mm} \quad \text{ja} \quad A_{sl} = T10k300 = 262\text{mm}^2$$

$$\rho_l = \frac{262\text{mm}^2}{1000\text{mm} * 100\text{mm}} = 0,0026 \leq 0,02 \rightarrow OK \quad \text{ja}$$

$$k_1 = 0,15 \quad \text{ja}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 * f_{cd} \quad \text{jossa}$$

$$N_{Ed} = 0, \quad \text{koska ei ole normaalivoimaa ja}$$

$$\Rightarrow \sigma_{cp} = 0 < 0,2 * 17 \frac{N}{mm^2} = 3,4 \frac{N}{mm^2} \rightarrow OK$$

Sijoitetaan arvot alkuperäiseen lausekkeeseen:

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 * 2,00 * \left( 100 * 0,0026 * 20 \frac{N}{mm^2} \right)^{1/3} + 0,15 * 0 \right] * 1000mm * 100mm$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,24 * 1,73 \frac{N}{mm^2} + 0 \right] * 100000mm^2$$

$$V_{Rd,c} = 0,4152 \frac{N}{mm^2} * 100000mm^2 = 41520N = 41,5kN$$

Ratkaistaan leikkauskestävyyden vähimmäisarvo  $V_{Rd,c}$ :

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d \quad , \text{jossa}$$

$$\begin{aligned} v_{min} &= 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 2,00^{3/2} * 20^{1/2} \frac{N}{mm^2} \\ &= 0,44 \frac{N}{mm^2} \end{aligned}$$

Sijoitetaan arvot alkuperäiseen lausekkeeseen:

$$V_{Rd,c} = \left( 0,44 \frac{N}{mm^2} + 0,15 * 0 \right) * 1000mm * 100mm$$

$$V_{Rd,c} = 0,44 \frac{N}{mm^2} * 100000mm^2 = 44000N = 44kN$$

Tarkistetaan leikkauskestävyys:

Tuet A ja C:

$$V_{Ad,c} < V_{Rd,c} \rightarrow 13,9kN < 41,5kN \rightarrow OK$$

Tuki B:

$$V_{Bd} < V_{Rd,c} \rightarrow 23,2kN < 41,5kN \rightarrow OK$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen ankkurointipituus reunatuilla:

Ankkurointipituuden perusarvo  $l_{b,rqd}$ :

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) * \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) \quad \text{jossa}$$

$$\phi = 10mm \quad \text{ja}$$

$$\sigma_{sd} = 434 \frac{N}{mm^2} \quad \text{ja}$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} \quad \text{jossa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{ja}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{1,55}{1,5} = 1,033 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{bd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,033 \frac{N}{mm^2} = 2,325 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{10mm}{4}\right) * \left(\frac{434 \frac{N}{mm^2}}{2,325 \frac{N}{mm^2}}\right) = 2,5mm * 186,67 = 466,67mm$$

Ankkurointipituuden mitoitusarvo  $l_{bd}$ :

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad \text{jossa}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 * \frac{c_d - \phi}{\phi} \quad \text{jossa}$$

$$c_d = 25mm$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 * \frac{25mm - 10mm}{10mm} = 0,775 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_4 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_5 = 1 \quad \text{ja}$$

$$l_{b,min} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 10 * \phi = 100mm \\ 100mm \\ 0,3 * l_{b,rqd} = 140mm \end{array} \right.$$

$$l_{bd} = 1 * 0,775 * 1 * 1 * 1 * 466,67mm \geq 140mm$$

$$l_{bd} = 362mm \geq 140mm$$

→ Tarvitaan erilliset koukut ankkurointiin, koska tukileveys vain 200mm.

Lasketaan tarvittava raudoitteen jatkospituus:

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad \text{jossa}$$
$$\alpha_1 = 1 \quad \text{ja}$$
$$\alpha_2 = 0,775 \quad \text{ja}$$
$$\alpha_3 = 1 \quad \text{ja}$$
$$\alpha_5 = 1 \quad \text{ja}$$
$$\alpha_6 = 1,5 \quad \text{koska kaikki raudoitteet jatketaan ja}$$
$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 15 * \phi = 150mm \\ 200mm \\ 0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd} = 210mm \end{array} \right.$$

$$l_0 = 1 * 0,775 * 1 * 1 * 1,5 * 466,67mm \geq 210mm$$
$$l_0 = 543mm \geq 210mm$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen ankkurointipinta-ala reunatuella:

$$A_{s,rt} = A_s * 0,5 = 245mm^2 * 0,5 = 123mm^2 = T10 k600$$

→ Liitetään erillinen ankkurointikoukku joka toiseen kentän harjatankoon.

Lasketaan laatan reunoille seinistä syntyvää kiinnitysmomenttia varten tarvittava raudoitteen pinta-ala reunatuella yläpinnassa:

$$A_{s,km rt} = A_s * 0,25 = 245mm^2 * 0,25 = 62mm^2 = T10 k1200$$

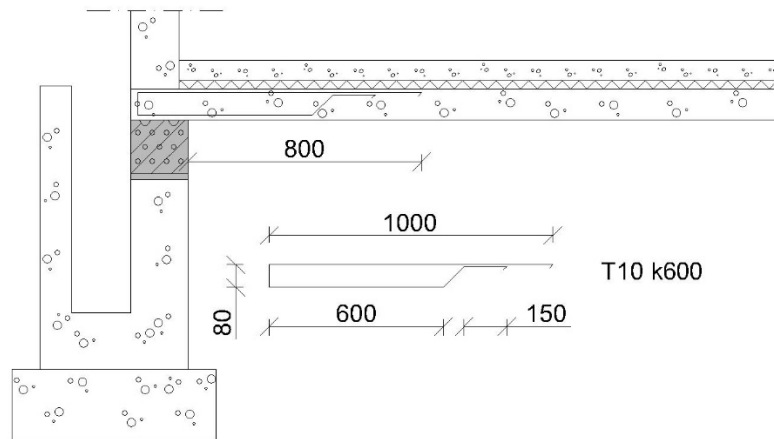
→ Muotoillaan ankkurointikoukut siten että seinistä syntyvä kiinnitysmomentti huomioidaan samoilla koukuilla. Koska ankkurointia varten tarvittava jako on tiheämpi, tulee raudoituksesta kaksinkertainen kiinnitysmomentista syntyvään tarpeeseen nähden.

→  $A_{s,km rt} = 123mm^2 = T10 k600$

Lasketaan kiinnitysmomenttia varten tarvittavan raudoitteen minimiulottuma tuen reunasta:

$$l_{s,km} \geq jännemitta * 0,2 = 4000mm * 0,2 = 800mm$$





Kuva 2. Alapohjalaatan reunatuen vetoterästen tartuntakoukku ja seinäliitoksesta johtuvan kiinnitysmomentin raudoite.

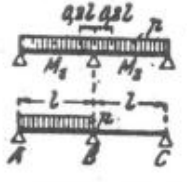
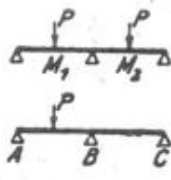
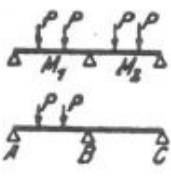
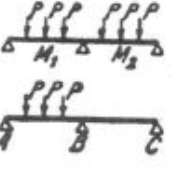
Taulukko 1. (Rakentajain kalenteri 1980)

**VAPAASTI TUETUT, JATKUVAT PALKIT, JOISSA ON 2...5 YHTÄ SUURTA KENTTÄÄ**

Taulukoista saadaan kertoimet  $k$  ja  $k'$ , joiden avulla saadaan momentit kaavoista:  $M = kPl$  tai  $M = kpl^2$ , leikkausvoimat kaavoista:  $Q = k'pl$  tai  $Q = k'P$  ja tukivoima kaavoista:  $A, B, \dots = k'pl$  tai  $k'P$ .

Alaindeksi  $l$  merkitsee tuesta vasemmalle ja  $r$  tuesta oikealle,  $p, P =$  liikkuva kuorma ja  $g, G =$  kiinteä kuorma

Palkit, joissa kaksi yhtä suurta kenttää

Kuormitus	Kenttä-momentit		Tuki-mom. $M_B$	Leikkausvoimat ja tukiv.			
	$M_1$	$M_2$		A	$B_l$ $B_r$	B	C
	$k$			$k'$			
	0,070	0,070	-0,125	0,375	-0,625 0,625	1,250	0,375
	0,096	-0,025	-0,063	0,437	-0,563 0,063	0,625	-0,063
	0,156	0,156	-0,188	0,312	-0,688 0,688	1,376	0,312
	0,203	-0,047	-0,094	0,406	-0,594 0,094	0,688	-0,094
	0,222	0,222	-0,333	0,667	-1,334 1,334	2,667	0,667
	0,278	-0,056	-0,167	0,833	-1,167 0,167	1,334	-0,167
	0,266	0,266	-0,469	1,031	-1,969 1,969	3,938	1,031
	0,383	-0,117	-0,234	1,266	-1,734 0,234	1,969	-0,234

Lähtötiedot:

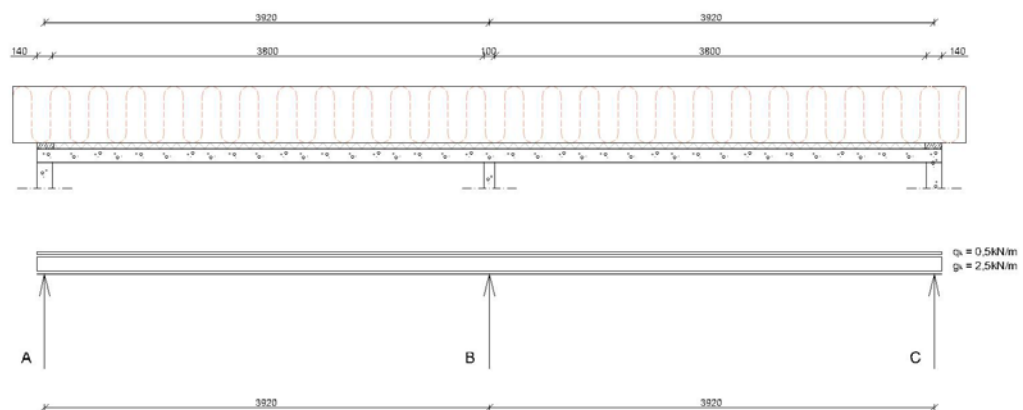
Yhteen suuntaan kantava, 2-aukkoinen laatta. Päällä 30mm PU-eristekerros ja noin 500mm puhallusvillaa.

1. Laatan dimensiot: 100mm \* 1000mm,  $L \approx 8000$ mm
2. Teräkset A 500 H
3. Rasitusluokka XC1 -> Betonilaatu C20/25
4.  $d = 100\text{mm} - 15\text{mm} - 10\text{mm} - 10\text{mm}/2 = 70\text{mm}$   
( $c = 15\text{mm}$ , jakoraud. = 10mm, pääraud. = 10mm)

Kuormitukset:

1. Hyötykuorma  $q_k = 0,5\text{kN/m}^2$
2. Laatan omapaino  $g_{k1} = 0,1\text{m} * 25\text{kN/m}^3 = 2,5\text{kN/m}^2$
3.  $p_d = (1,15 * 2,5 \text{ kN/m}^2 + 1,5 * 0,5\text{kN/m}^2) * 1\text{m} = 3,625\text{kN/m}$
4.  $M_{A-Bd} = k * p_d * L^2 = 0,07 * 3,625\text{kN/m} * (3,9\text{m})^2 = 3,86\text{kNm}$
5.  $M_{Bd} = k * p_d * L^2 = -0,125 * 3,625\text{kN/m} * (3,9\text{m})^2 = -6,89\text{kNm}$

momenttilausekkeiden kertoimet taulukosta 1.



Kuva 1. Yläpohjan rakenne ja vapaakappalekuva.

Lasketaan betonin ja teräksen mitoituslujuudet:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{20 \frac{N}{mm^2}}{1,5} = 11,3 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{500 \frac{N}{mm^2}}{1,15} = 434 \frac{N}{mm^2}$$

Kentät A-B ja B-C:

Lasketaan suhteellinen momentti  $\mu$ :

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{d^2 * b * f_{cd}} = \frac{3860 Nm * 1000 \frac{mm}{m}}{70^2 mm^2 * 1000 mm * 11,3 \frac{N}{mm^2}} = 0,0697$$

Lasketaan mekaaninen raudoitussuhde  $\omega$ :

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,0697} = 0,072$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen poikkipinta-ala  $A_s$ :

$$A_s = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{sd}} * d * b = 0,072 * \frac{11,3 \frac{N}{mm^2}}{434 \frac{N}{mm^2}} * 70 mm * 1000 mm = 132 mm^2$$

Lasketaan raudoitteen minimipoikkipinta-ala  $A_{s,min}$ : (betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan, Osa 3: Laatat s. 4, taulukko 5)

$$A_{s,min} = 0,0013 * 100 mm * 1000 mm = 130 mm^2$$

$$A_s > A_{s,min} \rightarrow \text{OK}$$

Valitaan sopiva raudoitteen määrä: (by 60 s. 70)

T10 k500 = 159 mm<sup>2</sup>/m, tarkistetaan reunaehdot:

Pääraudoitus: (by 60 s. 125)

Suurin mahdollinen pääterästen jakoväli on 3 x laatan korkeus ja maksimimomentin alueella 2 x laatan korkeus.

→ Muutetaan pääterästen kooksi T8. Arvo d suurenee hieman, mutta tätä ei tarvitse huomioida, koska parantaa kantavuutta.

maksimijakoväli k300 = 3,33 kpl /m = 3,33 \* 50mm<sup>2</sup> = 168mm<sup>2</sup> /m (T8 k300)

maksimijakoväli maksimimomentin alueella k200 = 5 kpl /m = 5 \* 50mm<sup>2</sup> = 252mm<sup>2</sup> /m (T8 k200)

→ tihennetään pääraudoitusta jänteiden kahden keskimmäisen neljänneksen alueella.

Jakoraidoitus: (by 60 s. 125)

Oltava vähintään 20% pääraudoituksen alasta.

→ 0,2 \* 252 mm<sup>2</sup> = 50 mm<sup>2</sup>

maksimijakoväli k400 = 2,5 kpl /m = 2,5 \* 79mm<sup>2</sup> = 175mm<sup>2</sup> /m (T10 k450)

→ muutetaan jakoraidoituksen kooksi T8 k400 = 2,5 \* 50mm<sup>2</sup> = 126mm<sup>2</sup> /m

→ d suurenee hieman, mutta tätä ei tarvitse huomioida, koska parantaa kantavuutta

maksimijakoväli maksimimomentin alueella T8 k300 = 3,33 \* 50mm<sup>2</sup> = 168mm<sup>2</sup> /m

→ tihennetään jakoraidoitusta jänteiden kahden keskimmäisen neljänneksen alueella.

Tuki B:

Lasketaan suhteellinen momentti  $\mu$ :

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{d^2 * b * f_{cd}} = \frac{6890Nm * 1000 \frac{mm}{m}}{70^2 mm^2 * 1000mm * 11,3 \frac{N}{mm^2}} = 0,1244$$

Lasketaan mekaaninen raudoitussuhde  $\omega$ :

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,1244} = 0,133$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen poikkipinta-ala  $A_s$ :

$$A_s = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{sd}} * d * b = 0,133 * \frac{11,3 \frac{N}{mm^2}}{434 \frac{N}{mm^2}} * 70mm * 1000mm = 243mm^2$$

Lasketaan raudoitteen minimipoikkipinta-ala  $A_{s,min}$ : (betonirakenteiden suunnittelu eurokoodin mukaan, Osa 3: Laatat s. 4, taulukko 5)

$$A_{s,min} = 0,0013 * 100mm * 1000mm = 130mm^2$$

$$A_s > A_{s,min} \rightarrow OK$$

Valitaan sopiva raudoitteiden määrä: (by 60 s. 70)

T10 k300 = 262mm<sup>2</sup>/m, tarkistetaan reunaehdot:

Pääraudoitus: (by 60 s. 125)

Suurin mahdollinen pääterästen jakoväli on 3 x laatan korkeus ja maksimimomentin alueella 2 x laatan korkeus.

→ Muutetaan pääterästen kooksi T8. Arvo d suurenee hieman, mutta tätä ei tarvitse huomioida, koska parantaa kantavuutta.

jakoväli k200 = 5 kpl /m = 5 \* 50mm<sup>2</sup> = 252mm<sup>2</sup> /m (T8 k200)

maksimijakoväli maksimimomentin alueella sama, k200 = 5 kpl /m = 5 \* 50mm<sup>2</sup> = 252mm<sup>2</sup> /m (T8 k200)

Jakoraudoitus: (by 60 s. 125)

Yläpinnassa, tukien yhteydessä ei tarvita jakoraudoitusta, eli asennetaan vain tarvittavat työteräkset.

Lasketaan leikkausvoiman maksimiarvot  $V_{Ed}$

Tuet A ja C:

$$V_{Ad,Cd} = k' * p * l = 0,375 * 3,625kN/m * 3,9m = 5,3kN$$

Tuki B:

$$V_{Bd} = k' * p * l = 0,625 * 3,625 \text{ kN/m} * 3,9 \text{ m} = 8,84 \text{ kN}$$

Ratkaistaan leikkauskestävyyden mitoitusarvo  $V_{Rd,c}$ :

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k(100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d \quad \text{jossa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12 \quad \text{ja}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{70}} = 2,69 \leq 2,0 \rightarrow k = 2,0 \quad \text{ja}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0,02 \quad \text{jossa}$$

$$b_w = 1000 \text{ mm} \quad \text{ja} \quad A_{sl} = T8k200 = 252 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = \frac{252 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm} * 70 \text{ mm}} = 0,0036 \leq 0,02 \rightarrow OK \quad \text{ja}$$

$$k_1 = 0,15 \quad \text{ja}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 * f_{cd} \quad \text{jossa}$$

$$N_{Ed} = 0, \quad \text{koska ei ole normaalivoimaa ja}$$

$$\Rightarrow \sigma_{cp} = 0 < 0,2 * 17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow OK$$

Sijoitetaan arvot alkuperäiseen lausekkeeseen:

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 * 2,00 * (100 * 0,0036 * 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^{1/3} + 0,15 * 0 \right] * 1000 \text{ mm} * 70 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,24 * 1,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 0 \right] * 70000 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = 0,4634 \frac{N}{mm^2} * 70000mm^2 = 32440N = 32,4kN$$

Ratkaistaan leikkauskestävyyden vähimmäisarvo  $V_{Rd,c}$ :

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d \quad ,jossa$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 2,00^{3/2} * 20^{1/2} \frac{N}{mm^2}$$
$$= 0,44 \frac{N}{mm^2}$$

Sijoitetaan arvot alkuperäiseen lausekkeeseen:

$$V_{Rd,c} = (0,44 \frac{N}{mm^2} + 0,15 * 0) * 1000mm * 70mm$$

$$V_{Rd,c} = 0,44 \frac{N}{mm^2} * 70000mm^2 = 30800N = 30,8kN$$

Tarkistetaan leikkauskestävyys:

Tuet A ja C:

$$V_{Ad,Cd} < V_{Rd,c} \rightarrow 5,3kN < 30,8kN \rightarrow OK$$

Tuki B:

$$V_{Bd} < V_{Rd,c} \rightarrow 8,8kN < 30,8kN \rightarrow OK$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen ankkurointipituus reunatuilla:

Ankkurointipituuden perusarvo  $l_{b,rqd}$ :

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\phi}{4}\right) * \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) \quad jossa$$

$$\phi = 8mm \quad ja$$

$$\sigma_{sd} = 434 \frac{N}{mm^2} \quad ja$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} \quad jossa$$

$$\eta_1 = 1 \quad ja$$

$$\eta_2 = 1 \quad ja$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{1,55}{1,5} = 1,033 \frac{N}{mm^2}$$



$$f_{bd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,033 \frac{N}{mm^2} = 2,325 \frac{N}{mm^2}$$

$$l_{b,rqd} = \left( \frac{8mm}{4} \right) * \left( \frac{434 \frac{N}{mm^2}}{2,325 \frac{N}{mm^2}} \right) = 2mm * 186,67 = 373,34mm$$

Ankkurointipituuden mitoitusarvo  $l_{bd}$ :

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad \text{jossa}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 * \frac{c_d - \phi}{\phi} \quad \text{jossa}$$

$$c_d = 25mm$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 * \frac{25mm - 8mm}{8mm} = 0,68125 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_4 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_5 = 1 \quad \text{ja}$$

$$l_{b,min} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 10 * \phi = 80mm \\ 100mm \\ 0,3 * l_{b,rqd} = 112mm \end{array} \right.$$

$$l_{bd} = 1 * 0,68125 * 1 * 1 * 1 * 373,34mm \geq 112mm$$

$$l_{bd} = 255mm \geq 112mm$$

→ Tarvitaan erilliset koukut ankkurointiin, koska tukileveys on vain 180mm.

Lasketaan tarvittava raudoitteen jatkospituus:

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad \text{jossa}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_2 = 0,68125 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_5 = 1 \quad \text{ja}$$

$$\alpha_6 = 1,5 \quad \text{koska kaikki raudoitteet jatketaan ja}$$

$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 15 * \phi = 120mm \\ 200mm \\ 0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd} = 168mm \end{array} \right.$$

$$l_0 = 1 * 0,775 * 1 * 1 * 1,5 * 373,34mm \geq 200mm$$

$$l_0 = 382mm \geq 200mm$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen ankkurointipinta-ala reunatuella:

$$A_{s,art} = A_s * 0,5 = 126mm^2/m * 0,5 = 63mm^2/m = T8 k800$$

- Liitetään erillinen ankkurointikoukku joka toiseen kentän harjatankoon.

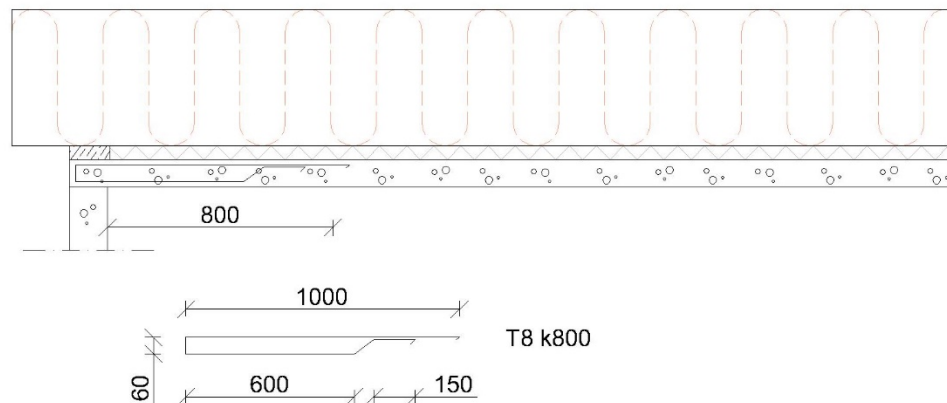
Lasketaan tahatonta kiinnitysmomenttia varten laatan reunoille tarvittava raudoitteen pinta-ala reunatuella yläpinnassa:

$$A_{s,km\ rt} = A_s * 0,25 = 126\text{mm}^2/m * 0,25 = 32\text{mm}^2/m = T8\ k1600$$

- Muotoillaan ankkurointikoukut siten että seinistä syntyvä kiinnitysmomentti huomioidaan samoilla koukuilla. Koska ankkurointia varten tarvittava jako on tiheämpi, tulee raudoituksesta kaksinkertainen kiinnitysmomentista syntyvään tarpeeseen nähden.
- $A_{s,km\ rt} = 63\text{mm}^2/m = T8\ k800$

Lasketaan kiinnitysmomenttia varten tarvittavan raudoitteen minimiulottuma tuen reunasta:

$$l_{s,km} \geq \text{jännemitta} * 0,2 = 4000\text{mm} * 0,2 = 800\text{mm}$$



Kuva 2. Yläpohjalaatan reunatuken vetoterästen tartuntakoukku ja tahatonta kiinnitysmomenttia varten oleva raudoite.

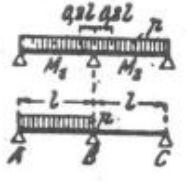
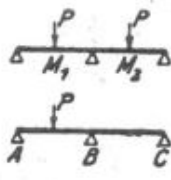
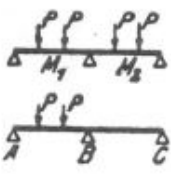
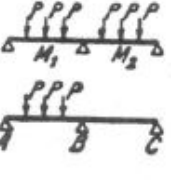
Taulukko 1. (Rakentajain kalenteri 1980)

**VAPAASTI TUETUT, JATKUVAT PALKIT, JOISSA ON 2...5 YHTÄ SUURTA KENTTÄÄ**

Taulukoista saadaan kertoimet  $k$  ja  $k'$ , joiden avulla saadaan momentit kaavoista:  $M = kPl$  tai  $M = kpl^2$ , leikkausvoimat kaavoista:  $Q = k'pl$  tai  $Q = k'P$  ja tukivoima kaavoista:  $A, B, \dots = k'pl$  tai  $k'P$ .

Alaindeksi  $l$  merkitsee tuesta vasemmalle ja  $r$  tuesta oikealle,  $p, P =$  liikkuva kuorma ja  $g, G =$  kiinteä kuorma

Palkit, joissa kaksi yhtä suurta kenttää

Kuormitus	Kenttä-momentit		Tuki-mom. $M_B$	Leikkausvoimat ja tukiv.			
	$M_1$	$M_2$		A	$B_l$ $B_r$	B	C
	$k$			$k'$			
	0,070	0,070	-0,125	0,375	-0,625 0,625	1,250	0,375
	0,096	-0,025	-0,063	0,437	-0,563 0,063	0,625	-0,063
	0,156	0,156	-0,188	0,312	-0,688 0,688	1,376	0,312
	0,203	-0,047	-0,094	0,406	-0,594 0,094	0,688	-0,094
	0,222	0,222	-0,333	0,667	-1,334 1,334	2,667	0,667
	0,278	-0,056	-0,167	0,833	-1,167 0,167	1,334	-0,167
	0,266	0,266	-0,469	1,031	-1,969 1,969	3,938	1,031
	0,383	-0,117	-0,234	1,266	-1,734 0,234	1,969	-0,234

Palkin dimensiot: 470 mm \* 140 mm \* 2050 mm

Palkkia kuormittavan YP-laatan dimensiot: 100 mm \* 2000 mm \* 2050 mm

Laattaa kuormittavan vesikattorakenteen dimensiot: 2500 mm \* 2050mm = 5,125 m<sup>2</sup>

Kuormat:

1. Laatta:

$$g_l = 0,1 \text{ m} * 2 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 5 \text{ kN/m}$$

2. Vesikattorakenne:

$$g_{vk} = 3,3 \text{ m} * 1,4 \text{ kN/m}^2 = 4,62 \text{ kN/m}$$

3. Palkki:

$$g_p = 0,47 \text{ m} * 0,14 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 1,645 \text{ kN/m}$$

4. Lumikuorma maassa Nousiaisissa: 2,5 kN/m<sup>2</sup> (katolla 2,5 kN/m<sup>2</sup> \* 0,8 = 2 kN/m<sup>2</sup>)

$$q_k = 3,3 \text{ m} * 2 \text{ kN/m}^2 = 6,6 \text{ kN/m}$$

5. YP hyötykuorma: 1,0 kN/m<sup>2</sup>

$$q_{YP} = 2 \text{ m} * 1 \text{ kN/m}^2 = 2 \text{ kN/m}$$

Kokonaiskuorma varmuuksin:

$$\begin{aligned} p_d &= 1,15 * (5 + 4,62 + 1,645) \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,5 * (6,6 + 2) \frac{\text{kN}}{\text{m}} = (13 + 13) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \\ &= 26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Palkin maksimimomentti:

$$M_{Ed} = \frac{p_d * L^2}{8} = \frac{26 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * (2,05\text{m})^2}{8} = 13,7 \text{ kNm}$$

Betonilaatu: C25/30

$f_{ck} = 25$ ,  $\alpha_{cc} = 0,85$  (Suomi),  $\gamma_c = 1,5$  (2. luokka)

Betonin puristuslujuus  $f_{cd}$ :

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 * \frac{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5} = 14,17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Teräslaatu: A 500 H

$f_{sk} = 500$ ,  $\gamma_s = 1,15$  (2. luokka)

Teräksen vetolujuus  $f_{sd}$ :

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{N}{mm^2}$$

Raudoitteiden keskilinjan etäisyys palkin yläpinnasta:

$$d = 470 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - 8 \text{ mm} = 429 \text{ mm}$$

Lasketaan suhteellinen momentti  $\mu$ :

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{d^2 * b * f_{cd}} = \frac{13700Nm * 1000 \frac{mm}{m}}{429^2 mm^2 * 140mm * 14,17 \frac{N}{mm^2}} = 0,038$$

Lasketaan mekaaninen raudoitussuhde  $\omega$ :

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,038} = 0,039$$

Lasketaan tarvittava raudoitteen poikkipinta-ala  $A_s$ :

$$A_s = \omega * \frac{f_{cd}}{f_{sd}} * d * b = 0,039 * \frac{14,17 \frac{N}{mm^2}}{434,78 \frac{N}{mm^2}} * 470mm * 140mm = 84mm^2$$

Tarkistetaan raudoitteen minimipoikkipinta-ala  $A_{s,min}$ :

$$A_{s,min} = 0,0013 * d * b = 86mm^2$$

Valitaan sopiva raudoitteiden koko ja määrä:

Palkin leveys = 140mm → raudoitteita voi olla max 2 kpl/ taso

→ lähin sopiva koko ja määrä on 2T8 = 101mm<sup>2</sup>

Tarvitaan siis 2kpl T8 teräksiä

Lasketaan perustukselle tulevat kuormat ulkoseinällä:

Pysyvät kuormat G:

$$\text{perusmuuri} = 1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 7,5 \text{ kN}$$

$$\text{alapohjalaatta} = 1 \text{ m} * 2 \text{ m} * 0,18 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 9 \text{ kN}$$

$$\text{ulkoseinä} = 1 \text{ m} * 2,5 \text{ m} * (0,085 \text{ m} * 15 \text{ kN/m}^3 + 0,15 * 25 \text{ kN/m}^3) = 13 \text{ kN}$$

$$\text{yläpohjalaatta} = 1 \text{ m} * 2 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 5 \text{ kN}$$

$$\text{kattorakenne} = 1 \text{ m} * 3,3 \text{ m} * 1,4 \text{ kN/m}^2 = 4,7 \text{ kN}$$

Muuttuvat kuormat Q:

$$\text{hyötykuormat AP+YP} = 1 \text{ m} * 2 \text{ m} * (2,5 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2) = 10,5 \text{ kN}$$

$$\text{Lumikuorma} = 1 \text{ m} * 3,3 \text{ m} * 2 \text{ kN/m}^2 = 6,6 \text{ kN}$$

$$\text{Tuulikuorma} = 1 \text{ m} * 3,3 \text{ m} * 0,8 \text{ kN/m}^2 = 2,7 \text{ kN}$$

Perusmuuriantura L= ääretön

Perustetaan murskeella tasatulle louhitulle kalliolle  $\varphi = 40^\circ$

Anturan pohjan syvyys ympäröivään maanpintaan verrattuna = 1,0 m

Pystysuora keskellä vaikuttava pysyvä kuorma  $V_G = 40 \text{ kN/m}$

Muuttuva kuorma  $V_Q = 20 \text{ kN/m}$

Pohjavesi 2m perustustason alapuolella  $\rightarrow q = q' = 20 \text{ kN/m}^3$

Lasketaan mitoituskuorma:

Valitaan suurempi seuraavista, yhtälöt 6.10a ja 6.10b:

kansallinen liite Taul. A.3: sarja A1, luotettavuusluokka RC2 ->

$$KFI = 1,0$$

$$\gamma_G = 1,35 \text{ (yht. 6.10a)}$$

$$\gamma_G = 1,15 \text{ (yht. 6.10b)}$$

$$\gamma_Q = 1,5 \text{ (yht. 6.10b)}$$

Jolloin saadaan:

$$1,35 * 40 = 54 \text{ kN (yht. 6.10a)}$$

$$1,15 * 40 + 1,5 * 20 = 76 \text{ kN (yht. 6.10b)}$$

$$\rightarrow V_d = 76 \text{ kN}$$

Koska kyseessä murske,  $c = 0$  ja kantokyvyn kaava sieventyy muotoon:

$$\frac{R_k}{A'} = q' * N_q + 0,5 * \gamma' * B * N_\gamma$$

Taulukosta 6.2S Kantavuuskertoimet, saadaan leikkauskestävyyskulman  $40^\circ$  arvolla:

$$N_q = 64,2$$

$$N_\gamma = 106$$

Sijoitetaan arvot yhtälöön:

$$\frac{R_k}{A'} = \frac{R_k}{B * L} = 20 * 1,0 * 64,2 + 0,5 * 20 * B * 106 = 1284 + 1060 * B$$

$$R_k = 1284 * B + 1060 * B^2$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_{R,v}} = \frac{R_k}{1,55}$$

Ehto:

$$V_d = 76 < R_d$$

Kokeilemalla saadaan B:n arvolla 0,1  $\rightarrow$

$$R_d = 89 \text{ kN} > 76 \text{ kN}$$

Anturan leveys tulee olla siis vähintään 0,1 m. Rakenteesta johtuen anturan leveydeksi tulee kuitenkin vähintään 0,52 m, jolloin anturan kantokyky on 615 kN.

$$R_d = 615 \text{ kN} > 76 \text{ kN}$$

Anturan kantokyvyn varmuus on 8, eli ylimääräistä levennystä ei anturaan tarvita!

Täyttöön kohdistuva paine:

$$76 \text{ kN} / 0,52 \text{ m}^2 = 146 \text{ kPa.}$$

Sallittu paine maahan = 500 kPa.  $\rightarrow$  OK.

Lasketaan perustukselle tulevat kuormat keskellä rakennusta:

Pysyvät kuormat G:

$$\text{perusmuuri} = 1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0,2 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 5 \text{ kN}$$

$$\text{alapohjalaatta} = 1 \text{ m} * 4 \text{ m} * 0,18 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 18 \text{ kN}$$

$$\text{väliseinä} = 1 \text{ m} * 2,6 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 6,5 \text{ kN}$$

$$\text{yläpohjalaatta} = 1 \text{ m} * 4 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 5 \text{ kN}$$

$$\text{kattorakenne} = 1 \text{ m} * 3,9 \text{ m} * 1,4 \text{ kN/m}^2 = 5,5 \text{ kN}$$

Muuttuvat kuormat Q:

$$\text{hyötykuormat AP+YP} = 1 \text{ m} * 3,9 \text{ m} * (2,5 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2) = 13,7 \text{ kN}$$

$$\text{Lumikuorma} = 1 \text{ m} * 3,9 \text{ m} * 2 \text{ kN/m}^2 = 7,8 \text{ kN}$$

$$\text{Tuulikuorma} = 1 \text{ m} * 3,9 \text{ m} * 0,8 \text{ kN/m}^2 = 3,1 \text{ kN}$$

Perusmuuriantura L= ääretön

Perustetaan murskeella tasatulle louhitulle kalliolle  $\varphi = 40^\circ$

Anturan pohjan syvyys ympäröivään maanpintaan verrattuna = 1,0 m

Pystysuora keskellä vaikuttava pysyvä kuorma  $V_G = 40 \text{ kN/m}$

Muuttuva kuorma  $V_Q = 25 \text{ kN/m}$

Pohjavesi 2m perustustason alapuolella  $\rightarrow q = q' = 20 \text{ kN/m}^3$

Lasketaan mitoituskuorma:

Valitaan suurempi seuraavista, yhtälöt 6.10a ja 6.10b:

kansallinen liite Taul. A.3: sarja A1, luotettavuusluokka RC2 ->

$$KFI = 1,0$$

$$\gamma_G = 1,35 \text{ (yht. 6.10a)}$$

$$\gamma_G = 1,15 \text{ (yht. 6.10b)}$$

$$\gamma_Q = 1,5 \text{ (yht. 6.10b)}$$



Jolloin saadaan:

$$1,35 * 40 = 54 \text{ kN (yht. 6.10a)}$$

$$1,15 * 40 + 1,5 * 25 = 84 \text{ kN (yht. 6.10b)}$$

$$\rightarrow V_d = 84 \text{ kN}$$

Koska kyseessä murske,  $c = 0$  ja kantokyvyn kaava sieventyy muotoon:

$$\frac{R_k}{A'} = q' * N_q + 0,5 * \gamma' * B * N_\gamma$$

Taulukosta 6.2S Kantavuuskertoimet, saadaan leikkauskestävyyskulman  $40^\circ$  arvolla:

$$N_q = 64,2$$

$$N_\gamma = 106$$

Sijoitetaan arvot yhtälöön:

$$\frac{R_k}{A'} = \frac{R_k}{B * L} = 20 * 1,0 * 64,2 + 0,5 * 20 * B * 106 = 1284 + 1060 * B$$

$$R_k = 1284 * B + 1060 * B^2$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_{R,v}} = \frac{R_k}{1,55}$$

Ehto:

$$V_d = 84 < R_d$$

Kokeilemalla saadaan B:n arvolla 0,1  $\rightarrow$

$$R_d = 89 \text{ kN} > 84 \text{ kN}$$

Anturan leveys tulee olla siis vähintään 0,1 m. Rakenteesta johtuen anturan leveydeksi tulee kuitenkin vähintään 0,2 m, jolloin anturan kantokyky on 193kN.

$$R_d = 193 \text{ kN} > 84 \text{ kN}$$

Anturan kantokyvyn varmuus on 2,3, eli ylimääräistä levennystä ei anturaan tarvita!

Täyttöön kohdistuva paine:

$$84 \text{ kN} / 0,2 \text{ m}^2 = 420 \text{ kPa.}$$

Sallittu paine maahan = 500 kPa.

$\rightarrow$  levennetään anturaa 100 mm, jolloin anturan leveys on 300 mm.

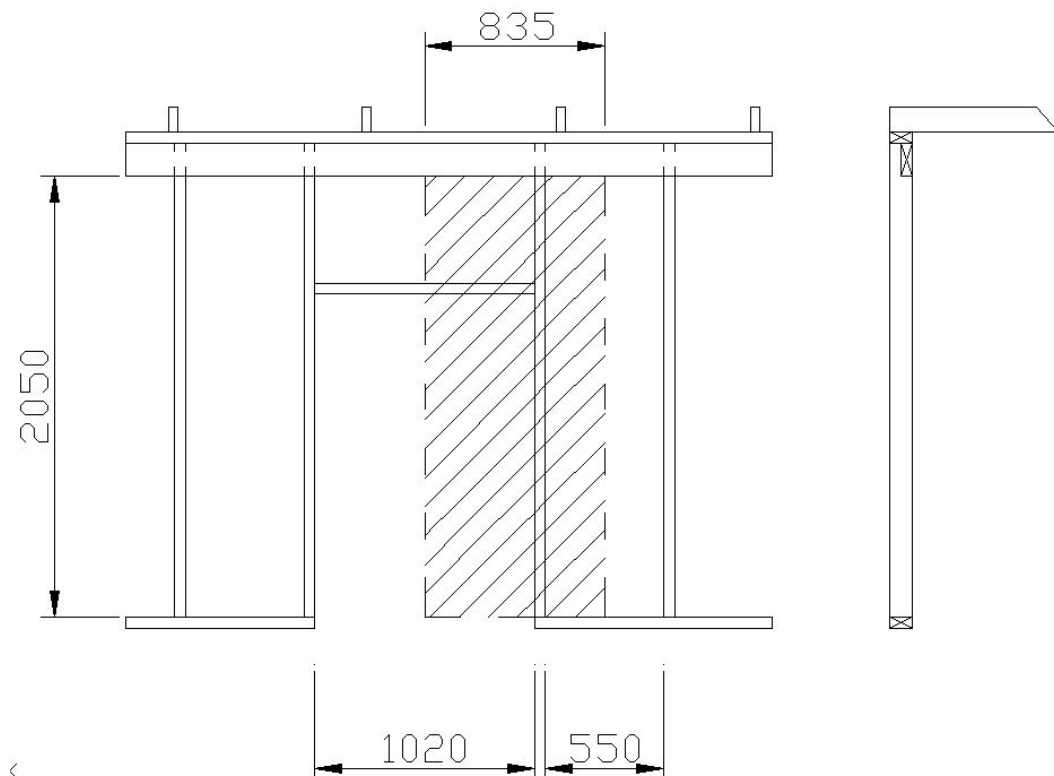
$$84 \text{ kN} / 0,3 \text{ m}^2 = 280 \text{ kPa.} \rightarrow \text{OK}$$

Lähtötiedot:

1. Ulkovarasto 15m<sup>2</sup> rakennuspaikka Nousiainen
2. Pilarit 48mm x 98mm, lujuusluokiteltu sahatavara C24
3. Kattoristikot k/k 900mm, jänneväli 4700mm, betonitiilikate
4. Yläpohjan omapaino 1,0 kN/m<sup>2</sup>
5. Lumikuorma  $s_k = 2,5\text{kN/m}^2$ , kuorma katolla = kerroin 0,8
6. Yläpohjan hyötykuorma 0,5 kN/m<sup>2</sup>
7. Puutavaran käyttöluokka 2

Kuormat:

1. Lumikuorma:  $q_{k1} = 2,5\text{ kN/m}^2 * 0,8 = 2,0\text{ kN/m}^2$
2. Hyötykuorma:  $q_{k2} = 0,5\text{ kN/m}^2$
3. Yläpohjan omapaino:  $g_{k1} = 1,0\text{ kN/m}^2$
4. Yläpohjan omapaino seinälinjan ulkopuolella:  $g_{k2} = 0,5\text{ kN/m}^2$



Kuva 2. Mitoitettava pilari. Vinoviivoitettu alue kuvaa kuormituspinta-alaa tuulenpainetta laskettaessa.

Laskennan apumittoja:

1. Kattoristikkojen jänneväli:  $L_1 = 4,7 \text{ m}$
2. Räystään pituus:  $L_2 = 0,6 \text{ m}$
3. Pilarien vapaa pituus (tukipituus)  $L_4 = 2,05 \text{ m}$
4. Pilarin dimensiot:  $h = 98 \text{ mm}$ ,  $b = 48 \text{ mm}$ ,  $A_p = 4704 \text{ mm}^2$
5. Kuormitusleveys ikkunan reunapilarille:  $K_1 = 0,835 \text{ m}$
6. Pilarin kuormitusala katolla  $A_1 = 4,7 \text{ m} / 2 * 0,835 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$
7. Pilarin kuormitusala katolla räystäään ulkopuolella  $A_2 = 0,6 \text{ m} * 0,835 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^2$

Lasketaan sahatavaran mitoituslujuus puristukselle käyttöluokassa 2:

$$f_{c,0,k} = 21 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (\text{s. 17}) \quad , \quad \gamma_m = 1,4 \quad (\text{s. 15})$$

Pysyvä kuormitus,  $K_{\text{mod}} = 0,6$ :

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,6 * \frac{21 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,4} = 9 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

keskipitkä kuormitus,  $K_{\text{mod}} = 0,8$ :

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{21 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,4} = 12 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Hetkellinen kuormitus,  $K_{\text{mod}} = 1,1$ :

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{21 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,4} = 16,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Murtoraja puristukselle keskipitkässä kuormituksessa, käyttöluokassa 2. Puutavara  $48 \text{ mm} * 98 \text{ mm}$ :

$$f_{c,0,d,48 \times 98} = 48 \text{ mm} * 98 \text{ mm} * 12 \frac{N}{\text{mm}^2} = 56,4 \text{ kN}$$

Lasketaan pilarille tuleva normaalivoima yläpohjan omapainosta:

$$N_{g,k} = 2 \text{ m}^2 * 1,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,5 \text{ m}^2 * 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2,25 \text{ kN}$$

Lasketaan pilarille tuleva normaalivoima lumikuormasta:

$$N_{q,k1} = 2 \text{ m}^2 * 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,5 \text{ m}^2 * 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 6,25 \text{ kN}$$

Lasketaan pilarille tuleva normaalivoima yläpohjan hyötykuormasta:

$$N_{q,k2} = 2m^2 * 0,5 \frac{kN}{m^2} = 1kN$$

Tuuli ei aiheuta normaalivoimaa, eli:

$$N_{q,kt} = 0kN$$

Lasketaan pilarille tuulikuormasta aiheutuva taivutusmomentti,  $M_{w,k}$ :

Maastoluokka = III,  $h = 2,05m$

$c_{p,net}=1,1$  (s.14)

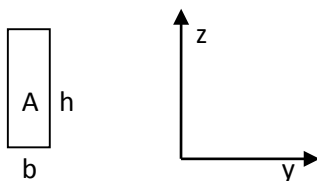
$g_k(h) = 0,35kN/m^2$  (s.13)

$$M_{w,k} = \frac{(c_{p,net} * g_k(h) * k_1) * l_4^2}{8}$$

$$M_{w,k} = \frac{(1,1 * 0,35 \frac{kN}{m^2} * 0,835m) * 2,05^2 m^2}{8} = 0,17kNm$$

Pilarin poikkileikkaus:

$b=48mm$ ,  $h=98mm$ ,  $A=4704mm^2$



Ratkaistaan kaikki kuormitusyhdistelmät:

KY1: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (pysyvä aikaluokka)

$$1,35 * G_{kj}(\text{omapaino})$$

KY2: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (keskipitkä aikaluokka)

$$1,15 * G_{kj}(\text{omapaino}) + 1,5 * Q_{k,1}(\text{lumi}) + 1,05 * Q_{k,2}(\text{hyöty})$$

KY3: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (keskipitkä aikaluokka)

$$1,15 * G_{kj}(\text{omapaino}) + 1,5 * Q_{k,1}(\text{hyöty}) + 1,05 * Q_{k,2}(\text{lumi})$$

KY4: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (hetkellinen aikaluokka)

$$1,15 * G_{kj}(\text{omapaino}) + 1,5 * Q_{k,t}(\text{tuuli}) + 1,05 * Q_{k,1}(\text{lumi}) \\ + 1,05 * Q_{k,2}(\text{hyöty})$$

KY5: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (hetkellinen aikaluokka)

$$1,15 * G_{kj}(\text{omapaino}) + 1,5 * Q_{k,1}(\text{lumi}) + 1,05 * Q_{k,2}(\text{hyöty}) \\ + 0,9 * Q_{k,t}(\text{tuuli})$$

KY6: Kuormitusyhdistelmä murtorajatilassa (hetkellinen aikaluokka)

$$1,15 * G_{kj}(\text{omapaino}) + 1,5 * Q_{k,2}(\text{hyöty}) + 1,05 * Q_{k,1}(\text{lumi}) \\ + 0,9 * Q_{k,t}(\text{tuuli})$$

KY1, nurjahduskestävyys suuntaan Z:

Mitoitettava maksiminormaalivoima  $N_d$ :

$$N_d = 1,35 * N_{g,k} = 1,35 * 2,25kN = 3,04kN$$

Lasketaan nurjahduskerroin  $k_{c,y}$ :

$$L_{c,z} = 1,0 * L_4 = 1,0 * 2050mm = 2050mm$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98mm}{\sqrt{12}} = 28,3mm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2050mm}{28,3mm} = 72,4$$

$$\rightarrow k_{c,y} = 0,55 \quad (\text{s. 27})$$

Ratkaistaan puristusjännitys  $\sigma_{c,0,d}$ :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} = \frac{3040N}{48mm * 98mm} = 0,65 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus  $f_{c,0,d}$ :

Pysyvä kuormitus,  $K_{mod} = 0,6$ :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,6 * \frac{21 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 9 \frac{N}{mm^2}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \Rightarrow \frac{0,65 \frac{N}{mm^2}}{0,55 * 9 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \Rightarrow 0,13 \leq 1 \Rightarrow OK!$$

KY2, nurjahduskestävyys suuntaan Z:

Mitoitettava maksiminormaalivoima  $N_d$ :

$$N_d = 1,15 * N_{g,k} + 1,5 * N_{q,k1} + 1,05 * N_{q,k2}$$

$$N_d = 1,15 * 2,25kN + 1,5 * 6,25kN + 1,05 * 1kN = 13,01kN$$

Lasketaan nurjahduskerroin  $k_{c,y}$ :

$$L_{c,z} = 1,0 * L_4 = 1,0 * 2050mm = 2050mm$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98mm}{\sqrt{12}} = 28,3mm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2050mm}{28,3mm} = 72,4$$

$$\rightarrow k_{c,y} = 0,55 \quad (s. 27)$$

Ratkaistaan puristusjännitys  $\sigma_{c,0,d}$ :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} = \frac{13010N}{48mm * 98mm} = 2,77 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus  $f_{c,0,d}$ :

Keskipitkä kuormitus,  $K_{mod} = 0,8$ :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{21 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 12 \frac{N}{mm^2}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \Rightarrow \frac{2,77 \frac{N}{mm^2}}{0,55 * 12 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \Rightarrow 0,42 \leq 1 \Rightarrow OK!$$

KY3, nurjahduskestävyys suuntaan Z:

Mitoitettava maksiminormaalivoima  $N_d$ :

$$N_d = 1,15 * N_{g,k} + 1,5 * N_{q,k2} + 1,05 * N_{q,k1}$$

$$N_d = 1,15 * 2,25kN + 1,5 * 1kN + 1,05 * 6,25kN = 10,65kN$$

Lasketaan nurjahduskerroin  $k_{c,y}$ :

$$L_{c,z} = 1,0 * L_4 = 1,0 * 2050mm = 2050mm$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98mm}{\sqrt{12}} = 28,3mm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2050mm}{28,3mm} = 72,4$$

$$\rightarrow k_{c,y} = 0,55 \quad (s. 27)$$

Ratkaistaan puristusjännitys  $\sigma_{c,0,d}$ :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} = \frac{10650N}{48mm * 98mm} = 2,26 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus  $f_{c,0,d}$ :

Keskipitkä kuormitus,  $K_{mod} = 0,8$ :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{21 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 12 \frac{N}{mm^2}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{2,26 \frac{N}{mm^2}}{0,55 * 12 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad 0,34 \leq 1 \quad \Rightarrow \quad OK!$$

KY4, nurjahduskestävyys suuntaan Z:

Mitoitettava maksiminormaalivoima  $N_d$ :

$$N_d = 1,15 * N_{g,k} + 1,5 * N_{q,kt} + 1,05 * N_{q,k1} + 1,05 * N_{q,k2}$$

$$N_d = 1,15 * 2,25kN + 1,5 * 0 + 1,05 * 6,25kN + 1,05 * 1kN = 10,2kN$$

Lasketaan nurjahduskerroin  $k_{c,y}$ :

$$L_{c,z} = 1,0 * L_4 = 1,0 * 2050mm = 2050mm$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98mm}{\sqrt{12}} = 28,3mm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2050mm}{28,3mm} = 72,4$$

$$\rightarrow k_{c,y} = 0,55 \quad (s. 27)$$

Ratkaistaan puristusjännitys  $\sigma_{c,0,d}$ :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} = \frac{10200N}{48mm * 98mm} = 2,17 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus  $f_{c,0,d}$ :

Hetkellinen kuormitus,  $K_{mod} = 1,1$ :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{21 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 16,5 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan maksimi taivutusmomentti  $M_d$ :

$$M_d = 1,5 * M_{w,k} = 1,5 * 0,17kNm = 0,26kNm$$

Ratkaistaan taivutusjännitys  $\sigma_{m,y,d}$ :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_d}{b * h^2} = \frac{6 * 0,26 * 10^6 Nmm}{48mm * 98^2 mm^2} = 3,38 \frac{N}{mm^2}$$



Lasketaan taivutuslujuus:

Hetkellinen kuormitus,  $K_{mod} = 1,1$ :

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{24 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 18,8 \frac{N}{mm^2}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \Rightarrow \frac{3,38 \frac{N}{mm^2}}{18,8 \frac{N}{mm^2}} + \frac{2,17 \frac{N}{mm^2}}{0,55 * 16,5 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \Rightarrow 0,42$$
$$\leq 1 \Rightarrow OK!$$

KY5, nurjahduskestävyys suuntaan Z:

Mitoitettava maksiminormaalivoima  $N_d$ :

$$N_d = 1,15 * N_{g,k} + 1,5 * N_{q,k1} + 1,05 * N_{q,k2} + 1,05 * N_{q,kt}$$

$$N_d = 1,15 * 2,25kN + 1,5 * 6,25kN + 1,05 * 1kN + 1,05 * 0 = 13,01kN$$

Lasketaan nurjahduskerroin  $k_{c,y}$ :

$$L_{c,z} = 1,0 * L_4 = 1,0 * 2050mm = 2050mm$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98mm}{\sqrt{12}} = 28,3mm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2050mm}{28,3mm} = 72,4$$

$$\rightarrow k_{c,y} = 0,55 \quad (s. 27)$$

Ratkaistaan puristusjännitys  $\sigma_{c,0,d}$ :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} = \frac{13010N}{48mm * 98mm} = 2,77 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus  $f_{c,0,d}$ :

Hetkellinen kuormitus,  $K_{mod} = 1,1$ :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{21 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 16,5 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan maksimi taivutusmomentti  $M_d$ :

$$M_d = 0,9 * M_{w,k} = 0,9 * 0,17kNm = 0,15kNm$$

Ratkaistaan taivutusjännitys  $\sigma_{m,y,d}$ :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_d}{b * h^2} = \frac{6 * 0,15 * 10^6 Nmm}{48mm * 98^2 mm^2} = 1,95 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan taivutuslujuus:

Hetkellinen kuormitus,  $K_{mod} = 1,1$ :

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{24 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 18,8 \frac{N}{mm^2}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{1,95 \frac{N}{mm^2}}{18,8 \frac{N}{mm^2}} + \frac{2,77 \frac{N}{mm^2}}{0,55 * 16,5 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad 0,41$$
$$\leq 1 \quad \Rightarrow \quad OK!$$

KY6, nurjahduskestävyys suuntaan Z:

Mitoitettava maksiminormaalivoima  $N_d$ :

$$N_d = 1,15 * N_{g,k} + 1,5 * N_{q,k2} + 1,05 * N_{q,k1} + 1,05 * N_{q,kt}$$

$$N_d = 1,15 * 2,25kN + 1,5 * 1kN + 1,05 * 6,25kN + 1,05 * 0 = 10,65kN$$

Lasketaan nurjahduskerroin  $k_{c,y}$ :

$$L_{c,z} = 1,0 * L_4 = 1,0 * 2050mm = 2050mm$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{98mm}{\sqrt{12}} = 28,3mm$$

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y} = \frac{2050mm}{28,3mm} = 72,4$$

$$\rightarrow k_{c,y} = 0,55 \quad (s. 27)$$

Ratkaistaan puristusjännitys  $\sigma_{c,0,d}$ :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b * h} = \frac{10650N}{48mm * 98mm} = 2,26 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus  $f_{c,0,d}$ :

Hetkellinen kuormitus,  $K_{mod} = 1,1$ :

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{21 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 16,5 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan maksimi taivutusmomentti  $M_d$ :

$$M_d = 0,9 * M_{w,k} = 0,9 * 0,17kNm = 0,15kNm$$

Ratkaistaan taivutusjännitys  $\sigma_{m,y,d}$ :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_d}{b * h^2} = \frac{6 * 0,15 * 10^6 Nmm}{48mm * 98^2 mm^2} = 1,95 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan taivutuslujuus:

Hetkellinen kuormitus,  $K_{mod} = 1,1$ :

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 1,1 * \frac{24 \frac{N}{mm^2}}{1,4} = 18,8 \frac{N}{mm^2}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1 \Rightarrow \frac{1,95 \frac{N}{mm^2}}{18,8 \frac{N}{mm^2}} + \frac{2,26 \frac{N}{mm^2}}{0,55 * 16,5 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \Rightarrow 0,35$$
$$\leq 1 \Rightarrow OK!$$

Tukipainekestävyys ala- ja yläohjauspuussa, KY2:

Tukireaktio  $A_d$ :

$$A_d = 1,15 * N_{g,k} + 1,5 * N_{q,k1} + 1,05 * N_{q,k2}$$

$$A_d = 1,15 * 2,25kN + 1,5 * 6,25kN + 1,05 * 1kN = 13,01kN$$

Ratkaistaan syitä vastaan kohtisuora puristusjännitys  $\sigma_{c,90,d}$ :

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{h * l} = \frac{13010N}{98mm * 48mm} = 2,77 \frac{N}{mm^2}$$

Lasketaan puristuslujuus kohtisuoraan syitä vastaan,  $f_{c,90,d}$ :

Keskipitkä kuormitus,  $K_{mod} = 0,8$ :

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

Määritetään  $K_{c,90}$  -kerroin: (EC5 s.34)

$$l_1 \geq 2h \Rightarrow K_{c,90} = 1,25$$

Määritetään tehollinen kosketuspinnan pituus  $l_{c,90,ef}$ : (s.24)

$$l_{c,90,ef} = 30\text{mm} + b + 30\text{mm} = 30\text{mm} + 48\text{mm} + 30\text{mm} = 108\text{mm}$$

Lasketaan tukipainekerroin  $k_{c,\perp}$ : (s.24)

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90} = \frac{108\text{mm}}{48\text{mm}} * 1,25 = 2,81$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,90,d} \leq k_{c,\perp} * f_{c,90,d} &\Rightarrow 2,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 2,81 * 1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow 2,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ &< 4,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow \text{OK!} \end{aligned}$$

Pilarin taipuma, KY4: (tässä yhdistelmässä suurin taivutusjännitys)

Lasketaan pilarin jäyhyysmomentti:

Suorakaidepoikkileikkaukselle:

$$I_y = \frac{b * h^3}{12} = \frac{48\text{mm} * 98^3\text{mm}^3}{12} = 3,76 * 10^6\text{mm}^4$$

Lasketaan tuulikuorman aiheuttama hetkellinen taipuma  $W_{inst}$ :

$$\begin{aligned} W_{inst} &= \frac{5 * (k_2 * c_{p,net} * g_k(h)) * L_4^4}{384 * E_{0,mean} * I_y} \\ W_{inst} &= \frac{5 * (0,835\text{m} * 1,1 * 0,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}) * 2050^4\text{mm}^4}{384 * 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 3,76 * 10^6\text{mm}^4} = 1,79\text{mm} \end{aligned}$$

Lasketaan tuulikuorman aiheuttama hetkellinen taipuma  $W_{fin}$ :

$$k_{def} = 0,6$$

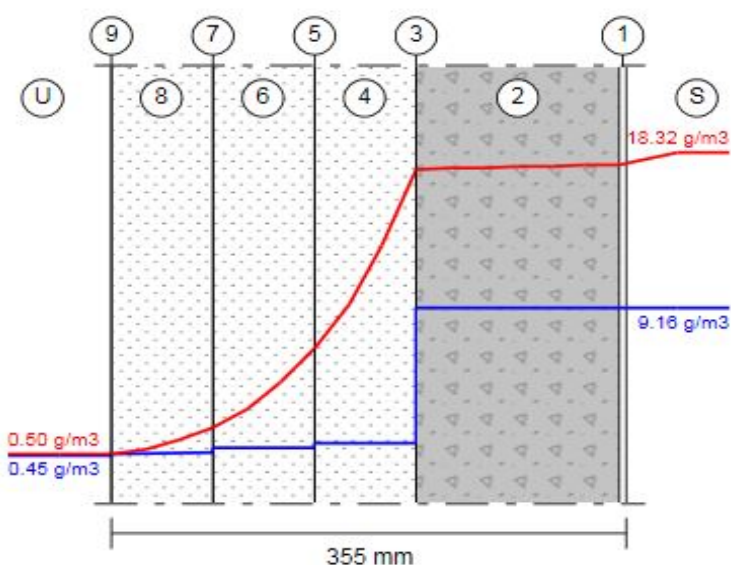
$$W_{fin} = (1 + k_{def}) * W_{inst} = (1 + 0,6) * 1,79\text{mm} = 2,86\text{mm}$$

Tarkastetaan kestävyys, mitoitusehto:

$$W_{fin} \leq \frac{L}{300} \Rightarrow 2,86\text{mm} < \frac{2050\text{mm}}{300} \Rightarrow 2,86\text{mm} < 6,83\text{mm} \Rightarrow \text{OK!}$$

## Ulkoseinä SPU 70+70+70

Lisää uusi kerros				Poista kaikki kerrokset		
Kerros:	Paksuus (mm):	Materiaali:	Lamda (W/mK):	Kylmäsilta:	Muuta...	Poista
1.	5.00	Sementti, hiekka	1.000	-	Muuta...	Poista
2.	140.00	Betoni, raudoitettu (1 % terästä)	2.300	-	Muuta...	Poista
3.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista
4.	70.00	Polyuretaani (PU)	0.023	-	Muuta...	Poista
5.	0.10	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista
6.	70.00	Polyuretaani (PU)	0.023	-	Muuta...	Poista
7.	0.10	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista
8.	70.00	Polyuretaani (PU)	0.023	-	Muuta...	Poista
9.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista

**U-arvon ja kosteuslaskennan tulokset:**

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:	9.456 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alakiiarvo:	9.456 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastus:	9.456 m <sup>2</sup> K/W
U-arvo (ilman korjaustermiä)	0.106 W/m <sup>2</sup> K
Laskettu/annettu korjaustermi:	0.000 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (korjaustermi huomioiden):	0.106 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (pyöristetty arvo):	<b>0.11 W/m<sup>2</sup>K</b>
Uudiskohteen vertailuarvo:	<b>0.17 W/m<sup>2</sup>K</b>

**Tarkasteluhetki/jakso:****Vyöhyke 1, Mitoitustilanne****Lämpötilat eri kerroksissa (Celsius):****Vyöhyke 1, Mitoitustilanne**

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	20.35
1-2:	20.33
2-3:	20.03

3-4:	20.03
4-5:	4.90
5-6:	4.90
6-7:	-10.23
7-8:	-10.23
8-9:	-25.35
Ulkopinta:	-25.35
Ulkotila:	-26.00

**Kyllästymiskosteus eri kerroksissa (g/m<sup>3</sup>):** **Vyöhyke 1, Mitoitustilanne**

Sisätila:	18.32
Sisäpinta:	17.65
1-2:	17.62
2-3:	17.31
3-4:	17.31
4-5:	6.75
5-6:	6.75
6-7:	2.10
7-8:	2.10
8-9:	0.53
Ulkopinta:	0.53
Ulkotila:	0.50

**Kosteusmäärä eri kerroksissa (g/m<sup>3</sup>):** **Vyöhyke 1, Mitoitustilanne**

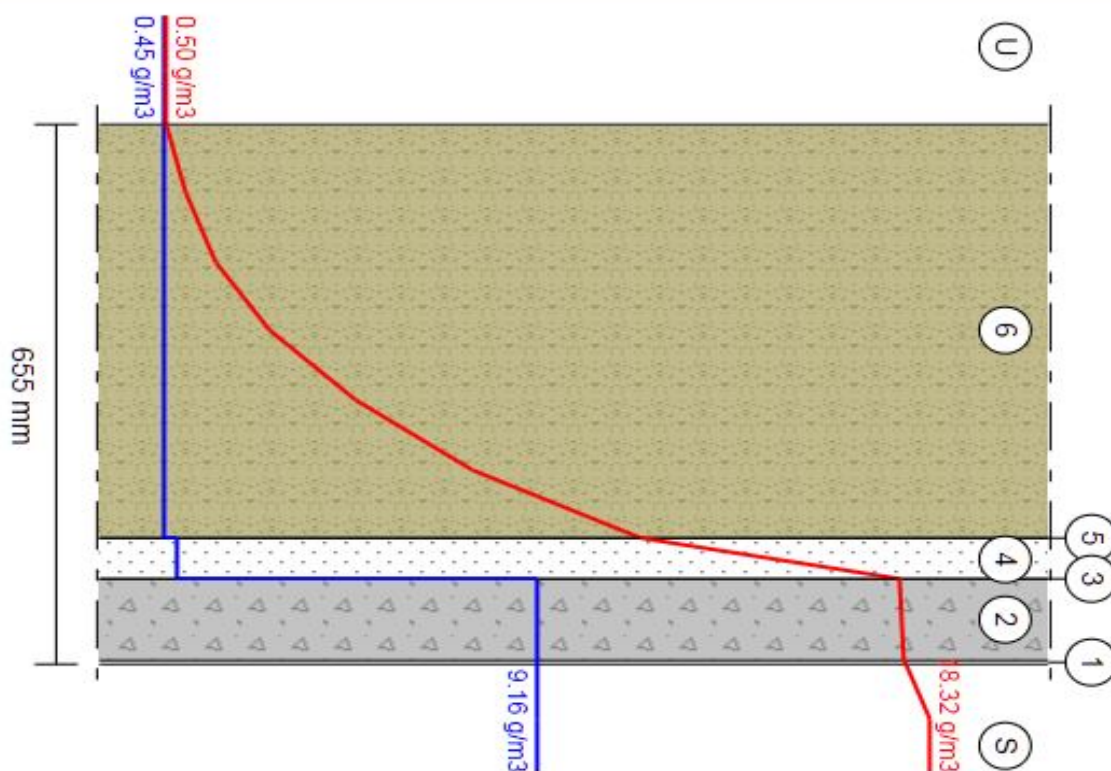
Sisätila:	9.16	(RH=50.00%)
Sisäpinta:	9.16	(RH=51.92%)
1-2:	9.16	(RH=51.99%)
2-3:	9.16	(RH=52.91%)
3-4:	1.21	(RH=7.00%)
4-5:	1.18	(RH=17.44%)
5-6:	0.91	(RH=13.52%)
6-7:	0.88	(RH=41.95%)
7-8:	0.61	(RH=29.31%)
8-9:	0.58->0.53	(RH=100% Kondensoitumisv aara)
Ulkopinta:	0.45	(RH=84.54%)
Ulkotila:	0.45	(RH=90.00%)

**Kondensaation suuruus (g/m<sup>2</sup>):** **Vyöhyke 1, Mitoitustilanne**

Sisäpinta:	0.00
1-2:	0.00
2-3:	0.00
3-4:	0.00
4-5:	0.00
5-6:	0.00

## Yläpohja SPU 50 + Paroc 500

Lisää uusi kerros			Poista kaikki kerrokset		
Kerros:	Paksuus (mm):	Materiaali:	Lamda (W/mK):	Kylmäsilta:	
1.	5.00	Sementti, hiekka	1.000	-	<input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/>
2.	100.00	Betoni, raudoitettu (1 % terästä)	2.300	-	<input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/>
3.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	<input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/>
4.	50.00	Polyuretaani (PU)	0.023	-	<input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/>
5.	0.10	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	<input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/>
6.	500.00	PAROC BLT 6	0.041	-	<input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/>

**U-arvon ja kosteyslaskennan tulokset:**

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiarvo:	14.628 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alakiarvo:	14.628 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastus:	14.628 m <sup>2</sup> K/W
U-arvo (ilman korjaustermiä)	0.068 W/m <sup>2</sup> K
Laskettu/annettu korjaustermi:	0.000 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (korjaustermi huomioiden):	0.068 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (pyöristetty arvo):	<b>0.07 W/m<sup>2</sup>K</b>
Uudiskohteen vertailuarvo:	<b>0.09 W/m<sup>2</sup>K</b>

**Tarkasteluhetki/jakso:****Vyöhyke 1, Mitoitustilanne**



**Lämpötilat eri kerroksissa (Celsius):**

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	20.45
1-2:	20.44
2-3:	20.30
3-4:	20.30
4-5:	13.31
5-6:	13.31
Ulkopinta:	-25.87
Ulkotila:	-26.00

**Vyöhyke 1, Mitoitustilanne****Kyllästymiskosteus eri kerroksissa (g/m3):**

Sisätila:	18.32
Sisäpinta:	17.75
1-2:	17.73
2-3:	17.59
3-4:	17.59
4-5:	11.57
5-6:	11.57
Ulkopinta:	0.50
Ulkotila:	0.50

**Vyöhyke 1, Mitoitustilanne****Kosteusmäärä eri kerroksissa (g/m3):**

Sisätila:	9.16	(RH=50.00%)
Sisäpinta:	9.16	(RH=51.61%)
1-2:	9.16	(RH=51.66%)
2-3:	9.16	(RH=52.08%)
3-4:	0.75	(RH=4.29%)
4-5:	0.73	(RH=6.30%)
5-6:	0.45	(RH=3.88%)
Ulkopinta:	0.45	(RH=88.88%)
Ulkotila:	0.45	(RH=90.00%)

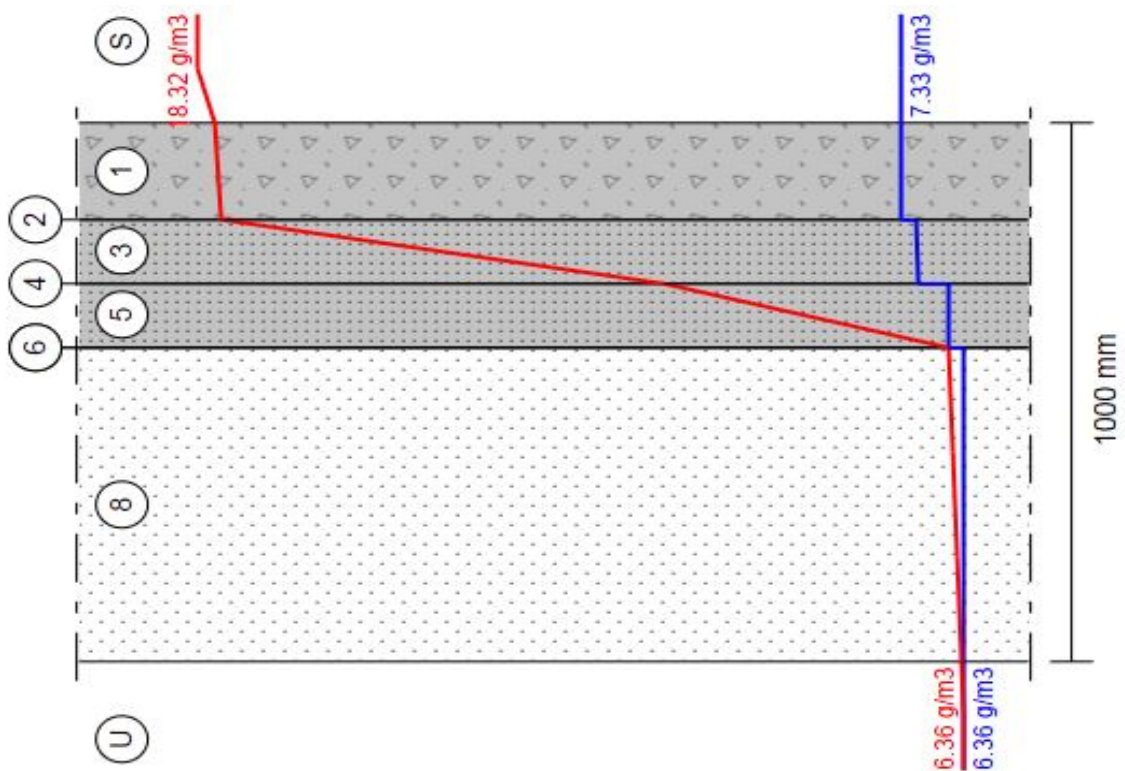
**Vyöhyke 1, Mitoitustilanne****Kondensaation suuruus (g/m2):**

Sisäpinta:	0.00
1-2:	0.00
2-3:	0.00
3-4:	0.00
4-5:	0.00
5-6:	0.00
Ulkopinta:	0.00

**Vyöhyke 1, Mitoitustilanne**

Alapohja SPU 120+120 (rakennuksen tilavuus 1297m<sup>3</sup>):

Lisää uusi kerros				Poista kaikki kerrokset			
Kerros:	Paksuus (mm):	Materiaali:	Lamda (W/mK):	Kylmäsilta:			
1.	180.00	Betoni, raudoitettu (2 % terästä)	2.500	-	Muuta...	Poista	
2.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
3.	120.00	Uretaani / polyuretaani	0.023	-	Muuta...	Poista	
4.	0.10	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
5.	120.00	Uretaani / polyuretaani	0.023	-	Muuta...	Poista	
6.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
7.	0.00	Lecasora kost. 30%	0.170	-	Muuta...	Poista	
8.	580.00	Täytesora	2.000	-	Muuta...	Poista	



#### U-arvon ja kosteuslaskennan tulokset:

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:	11.007 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo:	11.007 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastus:	11.007 m <sup>2</sup> K/W
U-arvo (ilman korjaustermiä)	0.091 W/m <sup>2</sup> K
Laskettu/annettu korjaustermi:	0.010 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (korjaustermi huomioiden):	0.101 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (pyöristetty arvo):	<b>0.10 W/m<sup>2</sup>K</b>
Uudiskohteen vertailuarvo:	<b>0.16 W/m<sup>2</sup>K</b>

Tarkasteluhetki/jakso:

Mitoitustilanne

**Lämpötilat eri kerroksissa (Celsius):**

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	20.74
1-2:	20.63
2-3:	20.63
3-4:	12.57
4-5:	12.57
5-6:	4.51
6-7:	4.51
7-8:	4.51
Ulkopinta:	4.06
Ulkotila:	4.00

**Mitoitustilanne****Kyllästymiskosteus eri kerroksissa (g/m3):**

Sisätila:	18.32
Sisäpinta:	18.05
1-2:	17.93
2-3:	17.93
3-4:	11.04
4-5:	11.04
5-6:	6.58
6-7:	6.58
7-8:	6.58
Ulkopinta:	6.39
Ulkotila:	6.36

**Mitoitustilanne****Kosteusmäärä eri kerroksissa (g/m3):**

Sisätila:	7.33	(RH=40.00%)
Sisäpinta:	7.33	(RH=40.61%)
1-2:	7.33	(RH=40.86%)
2-3:	7.09	(RH=39.53%)
3-4:	7.08	(RH=64.11%)
4-5:	6.60	(RH=59.80%)
5-6:	6.60->6.58	Kondensoitumisv aara)
6-7:	6.36	(RH=96.73%)
7-8:	6.36	(RH=96.73%)
Ulkopinta:	6.36	(RH=99.59%)
Ulkotila:	6.36	(RH=100.00%)

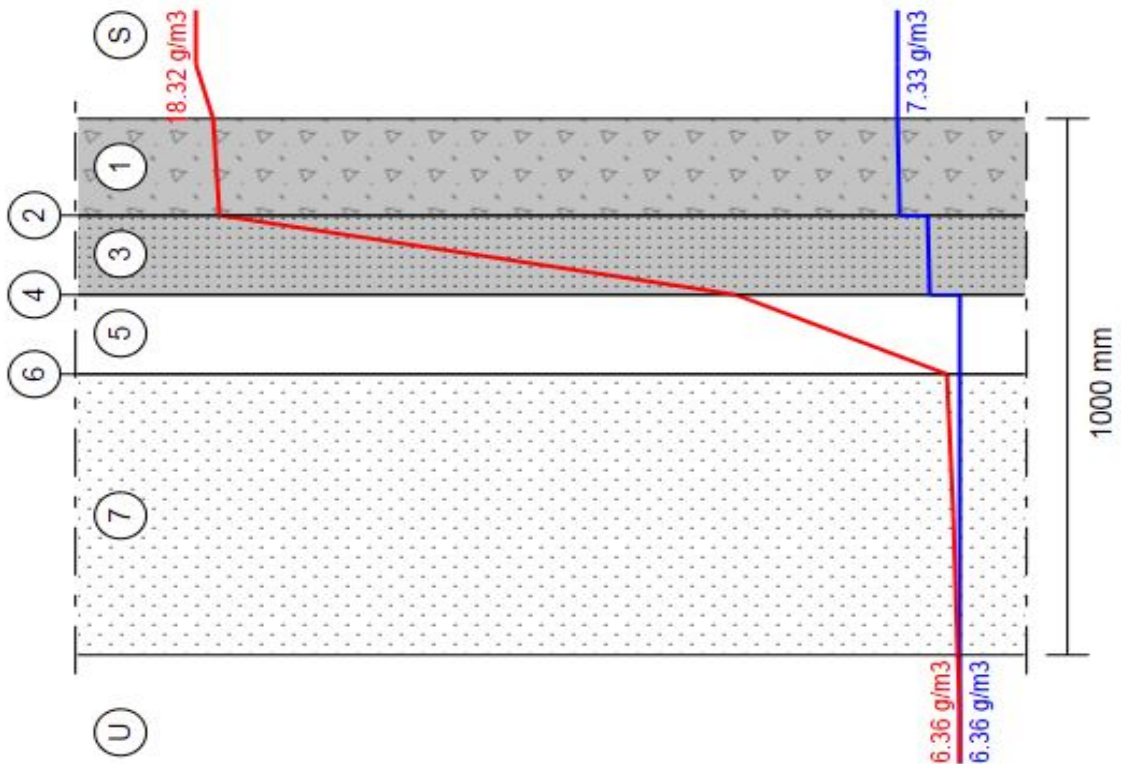
**Mitoitustilanne****Kondensaation suuruus (g/m2):**

Sisäpinta:	0.00
1-2:	0.00
2-3:	0.00
3-4:	0.00
4-5:	0.00
5-6:	0.00
6-7:	0.00
7-8:	0.00
Ulkopinta:	0.00

**Mitoitustilanne**

Alapohja SPU 150 + EPS 150 (rakennuksen tilavuus 1319m<sup>3</sup>):

Lisää uusi kerros				Poista kaikki kerrokset			
Kerros:	Paksuus (mm):	Materiaali:	Lamda (W/mK):	Kylmäsilta:			
1.	180.00	Betoni, raudoitettu (2 % terästä)	2.500	-	Muuta...	Poista	
2.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
3.	150.00	Ureetaani / polyuretaani	0.023	-	Muuta...	Poista	
4.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
5.	150.00	Styrofoam 300 SL-AN (61-120 mm)	0.036	-	Muuta...	Poista	
6.	0.00	Lecasora kost. 30%	0.170	-	Muuta...	Poista	
7.	520.00	Täytesora	2.000	-	Muuta...	Poista	



#### U-arvon ja kosteuslaskennan tulokset:

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:	11.118 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiiarvo:	11.118 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastus:	11.118 m <sup>2</sup> K/W
U-arvo (ilman korjaustermiä)	0.090 W/m <sup>2</sup> K
Laskettu/annettu korjaustermi:	0.010 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (korjaustermi huomioiden):	0.100 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (pyöristetty arvo):	<b>0.10 W/m<sup>2</sup>K</b>
Uudiskohteen vertailuarvo:	<b>0.16 W/m<sup>2</sup>K</b>

**Tarkasteluhetki/jakso:****Mitoitustilanne****Lämpötilat eri kerroksissa (Celsius):****Mitoitustilanne**

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	20.74
1-2:	20.63
2-3:	20.63
3-4:	10.66
4-5:	10.66
5-6:	4.46
6-7:	4.46
Ulkopinta:	4.06
Ulkotila:	4.00

**Kyllästymiskosteus eri kerroksissa (g/m3):****Mitoitustilanne**

Sisätila:	18.32
Sisäpinta:	18.05
1-2:	17.93
2-3:	17.93
3-4:	9.80
4-5:	9.80
5-6:	6.56
6-7:	6.56
Ulkopinta:	6.39
Ulkotila:	6.36

**Kosteusmäärä eri kerroksissa (g/m3):****Mitoitustilanne**

Sisätila:	7.33	(RH=40.00%)
Sisäpinta:	7.33	(RH=40.61%)
1-2:	7.32	(RH=40.83%)
2-3:	6.85	(RH=38.22%)
3-4:	6.84	(RH=69.79%)
4-5:	6.37	(RH=65.01%)
5-6:	6.37	(RH=97.11%)
6-7:	6.37	(RH=97.11%)
Ulkopinta:	6.36	(RH=99.59%)
Ulkotila:	6.36	(RH=100.00%)

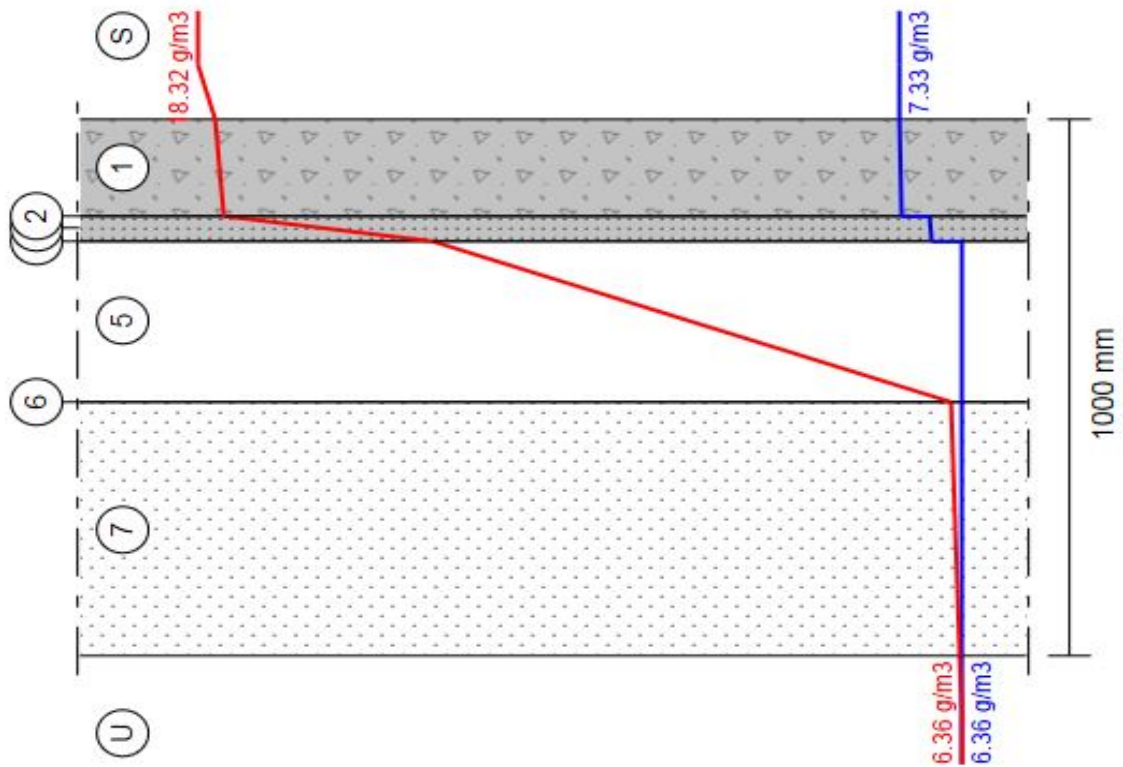
**Kondensaation suuruus (g/m2):****Mitoitustilanne**

Sisäpinta:	0.00
1-2:	0.00
2-3:	0.00
3-4:	0.00
4-5:	0.00
5-6:	0.00
6-7:	0.00
Ulkopinta:	0.00

## VALITTU RAKENNE

Alapohja SPU 50 + EPS 300 (rakennuksen tilavuus 1338m<sup>3</sup>):

Lisää uusi kerros				Poista kaikki kerrokset			
Kerros:	Paksuus (mm):	Materiaali:	Lamda (W/mK):	Kylmäsilta:			
1.	180.00	Betoni, raudoitettu (2 % terästä)	2.500	-	Muuta...	Poista	
2.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
3.	50.00	Ureetaani / polyuretaani	0.023	-	Muuta...	Poista	
4.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
5.	300.00	Styrofoam 300 SL-AN (121-150 mm)	0.037	-	Muuta...	Poista	
6.	0.00	Lecasora kost. 30%	0.170	-	Muuta...	Poista	
7.	470.00	Täytesora	2.000	-	Muuta...	Poista	



## U-arvon ja kosteuslaskennan tulokset:

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo:	10.799 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo:	10.799 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastus:	10.799 m <sup>2</sup> K/W
U-arvo (ilman korjaustermiä)	0.093 W/m <sup>2</sup> K
Laskettu/annettu korjaustermi:	0.010 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (korjaustermi huomioiden):	0.103 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (pyöristetty arvo):	<b>0.10 W/m<sup>2</sup>K</b>
Uudiskohteen vertailuarvo:	<b>0.16 W/m<sup>2</sup>K</b>

**Tarkasteluhetki/jakso:****Mitoitustilanne****Lämpötilat eri kerroksissa (Celsius):****Mitoitustilanne**

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	20.73
1-2:	20.62
2-3:	20.62
3-4:	17.20
4-5:	17.20
5-6:	4.43
6-7:	4.43
Ulkopinta:	4.06
Ulkotila:	4.00

**Kyllästymiskosteus eri kerroksissa (g/m3):****Mitoitustilanne**

Sisätila:	18.32
Sisäpinta:	18.04
1-2:	17.92
2-3:	17.92
3-4:	14.65
4-5:	14.65
5-6:	6.55
6-7:	6.55
Ulkopinta:	6.39
Ulkotila:	6.36

**Kosteusmäärä eri kerroksissa (g/m3):****Mitoitustilanne**

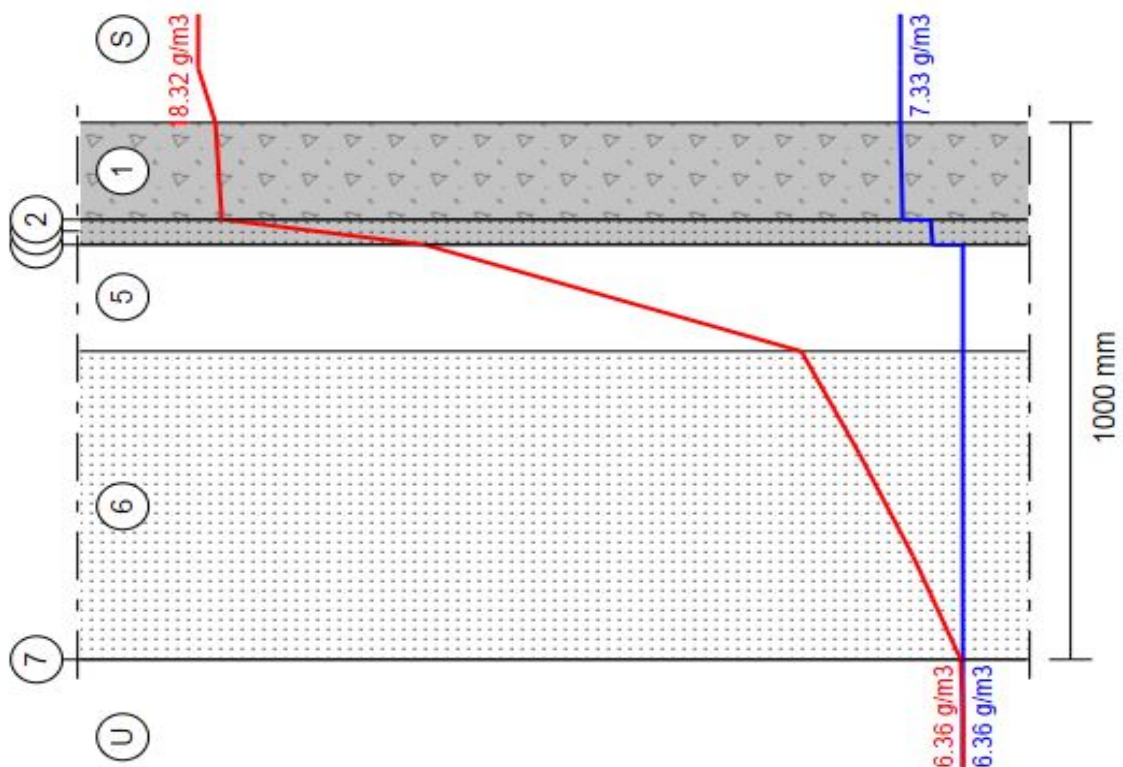
Sisätila:	7.33	(RH=40.00%)
Sisäpinta:	7.33	(RH=40.63%)
1-2:	7.32	(RH=40.85%)
2-3:	6.85	(RH=38.22%)
3-4:	6.84	(RH=46.73%)
4-5:	6.37	(RH=43.51%)
5-6:	6.37	(RH=97.27%)
6-7:	6.37	(RH=97.27%)
Ulkopinta:	6.36	(RH=99.58%)
Ulkotila:	6.36	(RH=100.00%)

**Kondensaation suuruus (g/m2):****Mitoitustilanne**

Sisäpinta:	0.00
1-2:	0.00
2-3:	0.00
3-4:	0.00
4-5:	0.00
5-6:	0.00
6-7:	0.00
Ulkopinta:	0.00

Alapohja SPU 50 + EPS 200 + LECAS. 570 (rakennuksen tilavuus 1511m<sup>3</sup>):

Lisää uusi kerros				Poista kaikki kerrokset			
Kerros:	Paksuus (mm):	Materiaali:	Lamda (W/mK):	Kylmäsilta:			
1.	180.00	Betoni, raudoitettu (2 % terästä)	2.500	-	Muuta...	Poista	
2.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
3.	50.00	Ureetaani / polyuretaani	0.023	-	Muuta...	Poista	
4.	0.05	Alumiinikalvo 0,05 mm	10.000	-	Muuta...	Poista	
5.	200.00	Styrofoam 300 A-N (121-150 mm)	0.037	-	Muuta...	Poista	
6.	570.00	Lecasora kost. 30%	0.170	-	Muuta...	Poista	
7.	0.00	Täytesora	2.000	-	Muuta...	Poista	

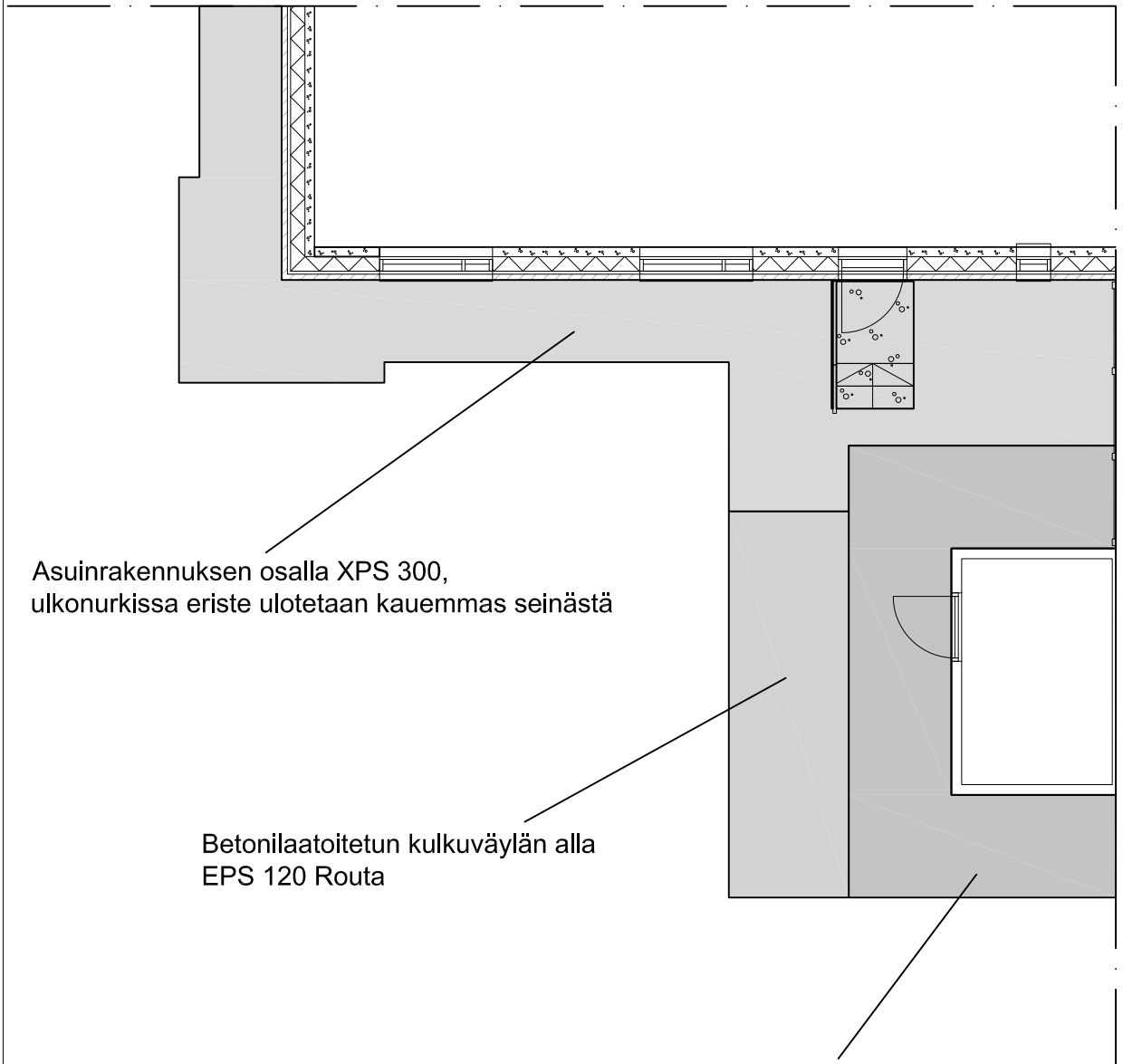


#### U-arvon ja kosteuslaskennan tulokset:

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:	11.214 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alakiiarvo:	11.214 m <sup>2</sup> K/W
Rakennusosan kokonaislämmönvastus:	11.214 m <sup>2</sup> K/W
U-arvo (ilman korjaustermiä)	0.089 W/m <sup>2</sup> K
Laskettu/annettu korjaustermi:	0.010 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (korjaustermi huomioiden):	0.099 W/m <sup>2</sup> K
U-arvo (pyöristetty arvo):	<b>0.10 W/m<sup>2</sup>K</b>
Uudiskohteen vertailuarvo:	<b>0.16 W/m<sup>2</sup>K</b>



<b>Tarkasteluhetki/jakso:</b>	<b>Mitoitustilanne</b>	
<b>Lämpötilat eri kerroksissa (Celsius):</b>	<b>Mitoitustilanne</b>	
Sisätila:	21.00	
Sisäpinta:	20.74	
1-2:	20.63	
2-3:	20.63	
3-4:	17.34	
4-5:	17.34	
5-6:	9.14	
6-7:	4.06	
Ulkopinta:	4.06	
Ulkotila:	4.00	
<b>Kyllästymiskosteus eri kerroksissa (g/m3):</b>	<b>Mitoitustilanne</b>	
Sisätila:	18.32	
Sisäpinta:	18.05	
1-2:	17.94	
2-3:	17.94	
3-4:	14.77	
4-5:	14.77	
5-6:	8.90	
6-7:	6.39	
Ulkopinta:	6.39	
Ulkotila:	6.36	
<b>Kosteusmäärä eri kerroksissa (g/m3):</b>	<b>Mitoitustilanne</b>	
Sisätila:	7.33	(RH=40.00%)
Sisäpinta:	7.33	(RH=40.60%)
1-2:	7.32	(RH=40.82%)
2-3:	6.85	(RH=38.19%)
3-4:	6.84	(RH=46.34%)
4-5:	6.37	(RH=43.14%)
5-6:	6.37	(RH=71.56%)
6-7:	6.36	(RH=99.60%)
Ulkopinta:	6.36	(RH=99.60%)
Ulkotila:	6.36	(RH=100.00%)
<b>Kondensaation suuruus (g/m2):</b>	<b>Mitoitustilanne</b>	
Sisäpinta:	0.00	
1-2:	0.00	
2-3:	0.00	
3-4:	0.00	
4-5:	0.00	
5-6:	0.00	
6-7:	0.00	
Ulkopinta:	0.00	

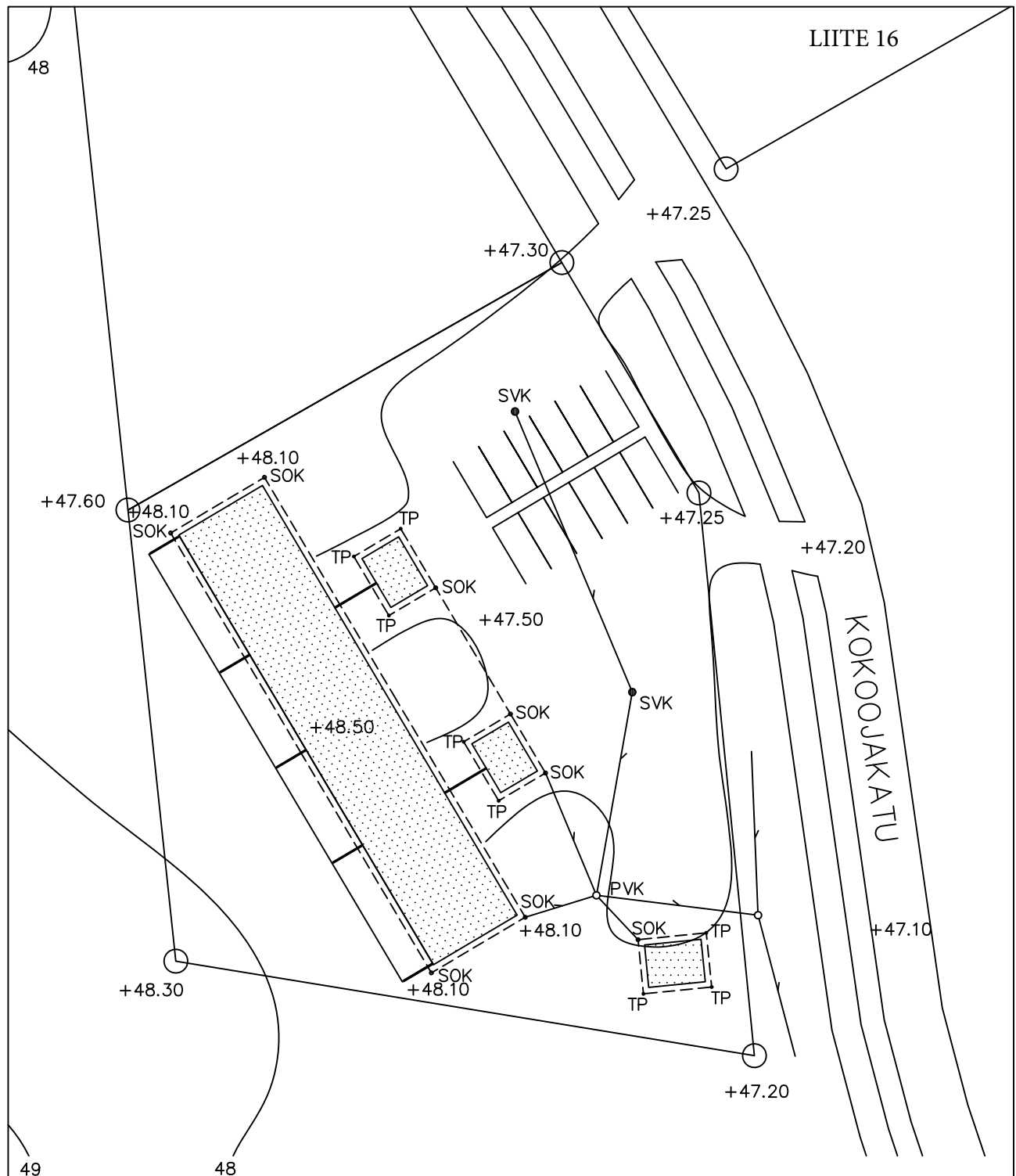


Asuinrakennuksen osalla XPS 300,  
ulkonurkissa eriste ulotetaan kauemmas seinästä

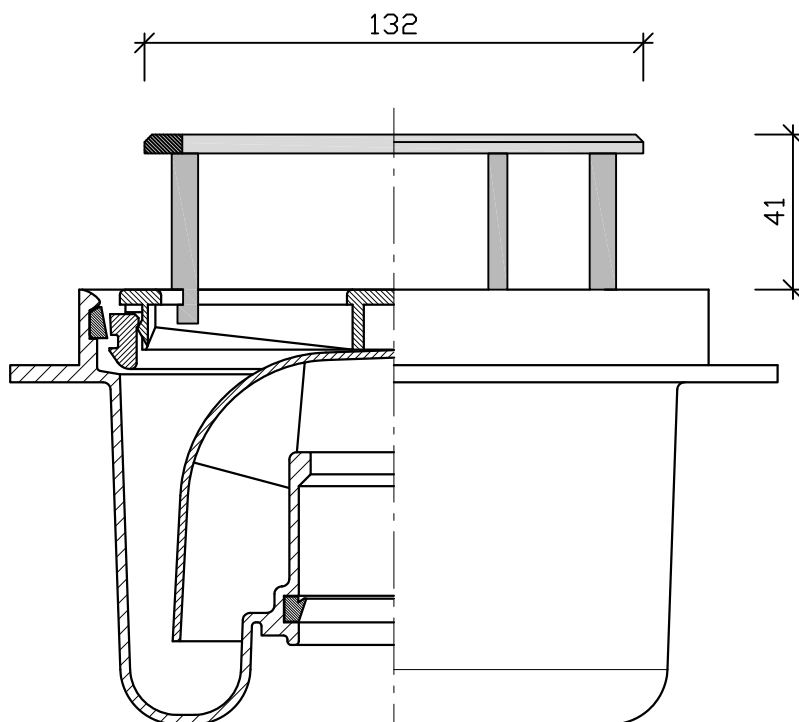
Betonilaatoitetun kulkuväylän alla  
EPS 120 Routa

Kylmän piharakennuksen osalla XPS 300,  
eriste ulotetaan kauemmas seinästä kuin  
lämpimässä rakennuksessa

K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RN <sub>o</sub> 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI HAVAINNEPIIRUSTUS	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ROUTASUOJAUKSEN PERIAATE	MITTAKAAVAT 1:100
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.			SUUN.ALA ARK	TYÖ No 2013-10
			PÄIVÄYS 11.11.2014	PIIR.No MUUTOS YHT.HENK.

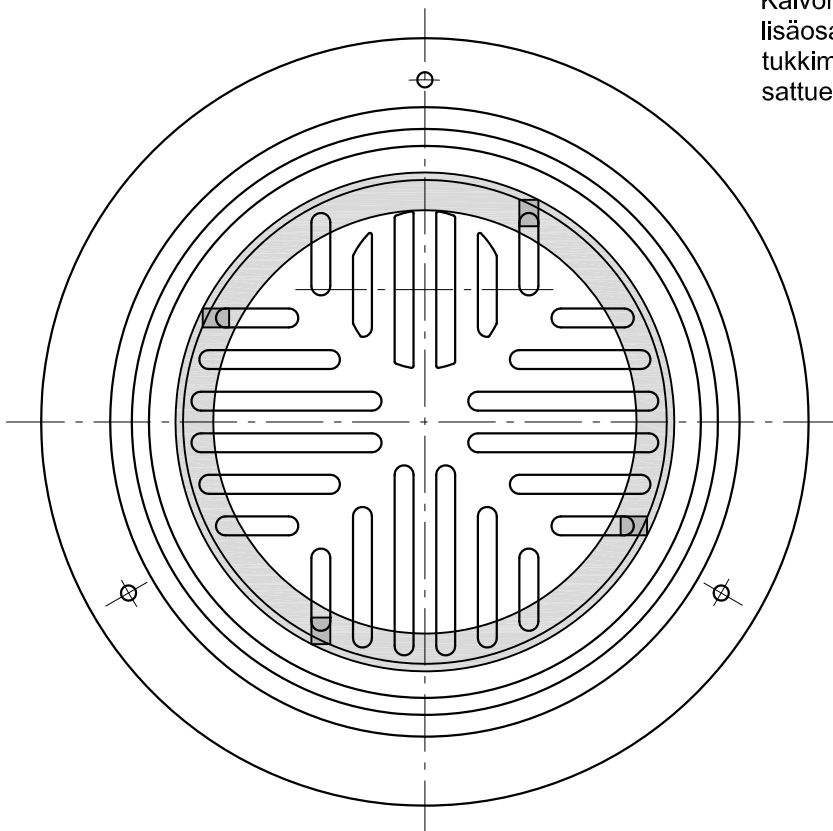




K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI LUONNOSPIIRUSTUS	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE RT MATAALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KUIVATUSSUUNNITELMA	MITTAKAAVAT 1:500
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.			SUUN.ALA ARK	TYÖ No 2013-10
			PÄIVÄYS 11.11.2014	PIIR.No MUUTOS YHT.HENK.



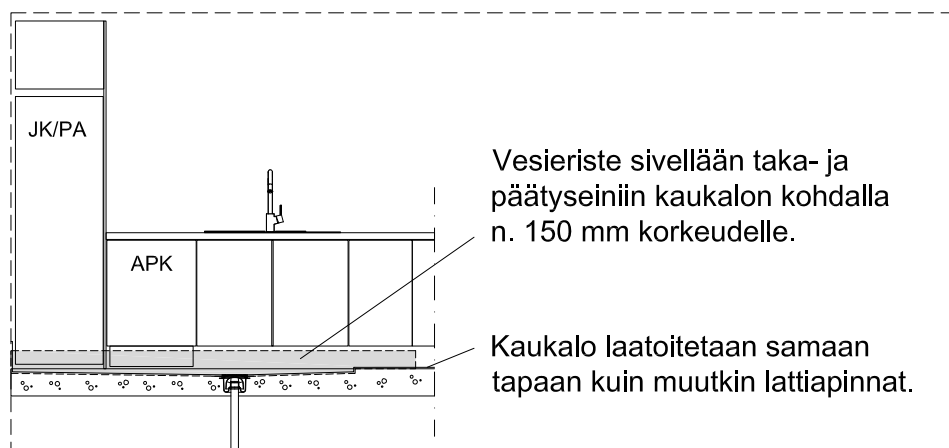
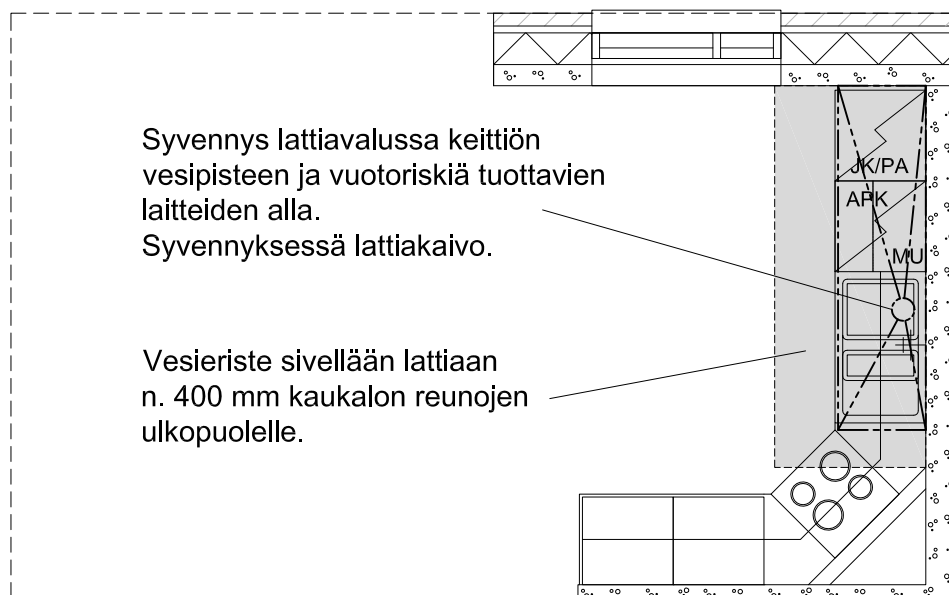
MATERIAALI HD-PE

Kaivon kansi varustetaan irrotettavalla lisäosalla, joka estää kelluvia esineitä tukkimasta lattiakaivoa vesivuodon sattuessa.



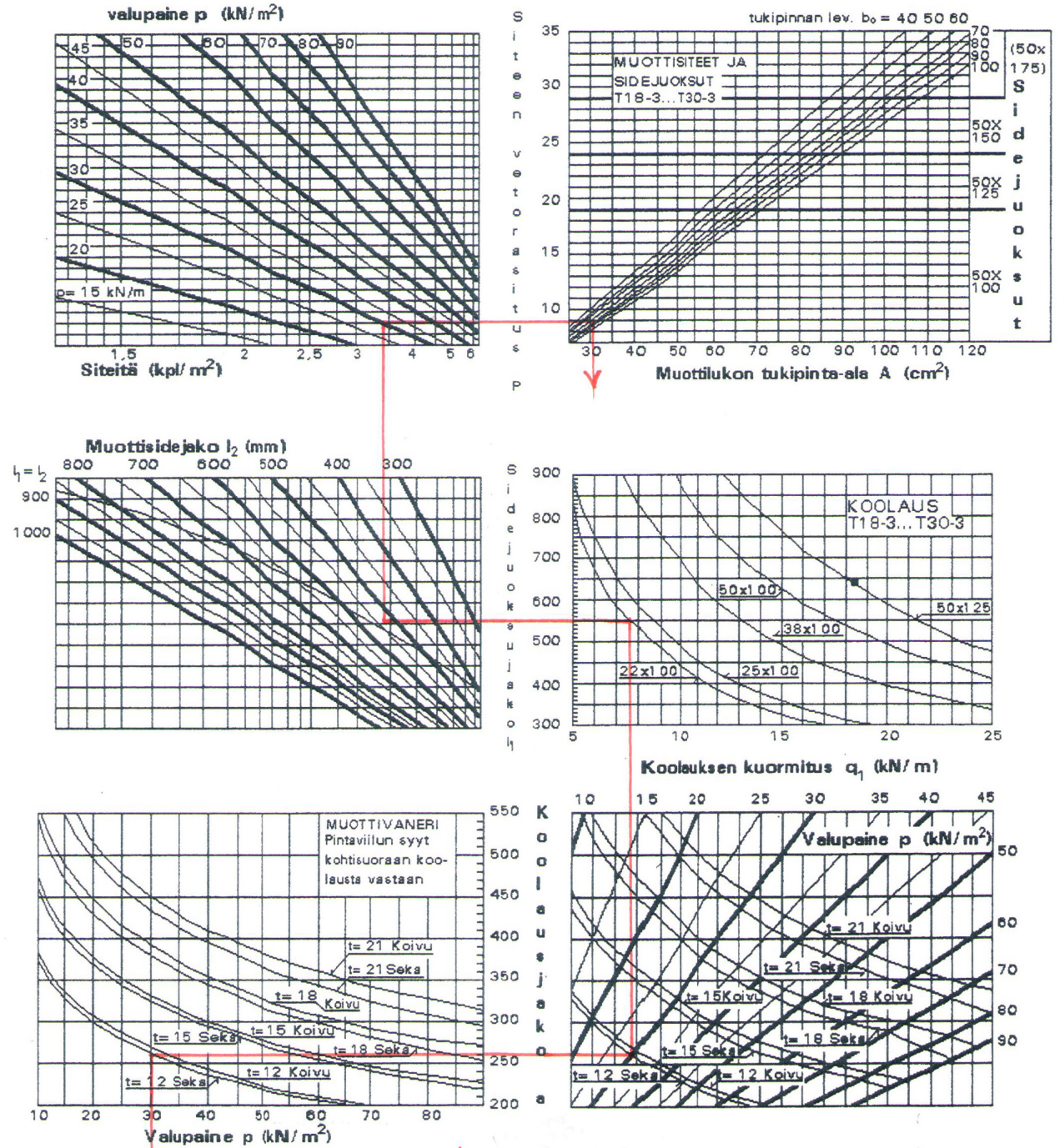
	Nimike	Vieser pystykaivo DN 50
Suun. 26.01.06 VR	LVI nro	3 312 350
	Plk. nro	4910A

K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI DETALJIPIIRUSTUS	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ LATTIACAIVON LISÄOSA	MITTAKAAVAT 1:2
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.			SUUN.ALA ARK	TYÖ No 2013-10
			PÄIVÄYS 12.11.2014	PIIR.No MUUTOS YHT.HENK.



K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RN <sub>o</sub> 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI DETALJIPIIRUSTUS	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ KEITTIÖN LATTIAKAIVOSYVENNYS	MITTAKAAVAT 1:50
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.			SUUN.ALA ARK	TYÖ No 2013-10
			PÄIVÄYS 12.11.2014	PIIR.No MUUTOS YHT.HENK.

3 Levypintainen seinämuotti

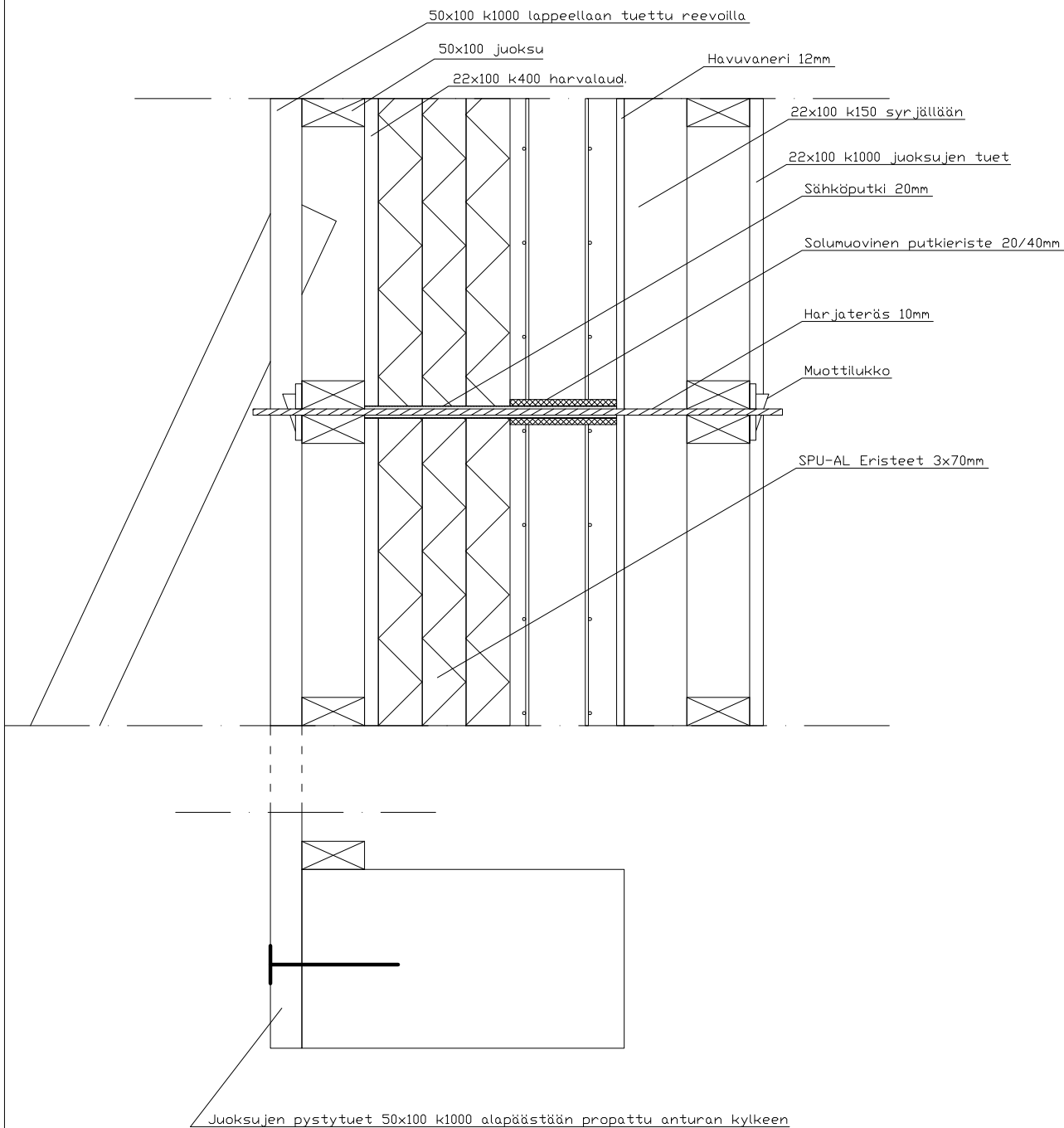


- Merkinnät  
 a = koolauksen k/k  
 A = muottilukon tukipinta-ala  
 b<sub>0</sub> = muottilukon tukipinnan leveys  
 l<sub>1</sub> = sidejuoksun k/k  
 l<sub>2</sub> = muottisidejako k/k  
 p = valupaine  
 P = muottisiteen vetorasitus  
 t = muottivanerin paksuus

Kuva 17. Muottivanerin ja koolauksen mitoitus

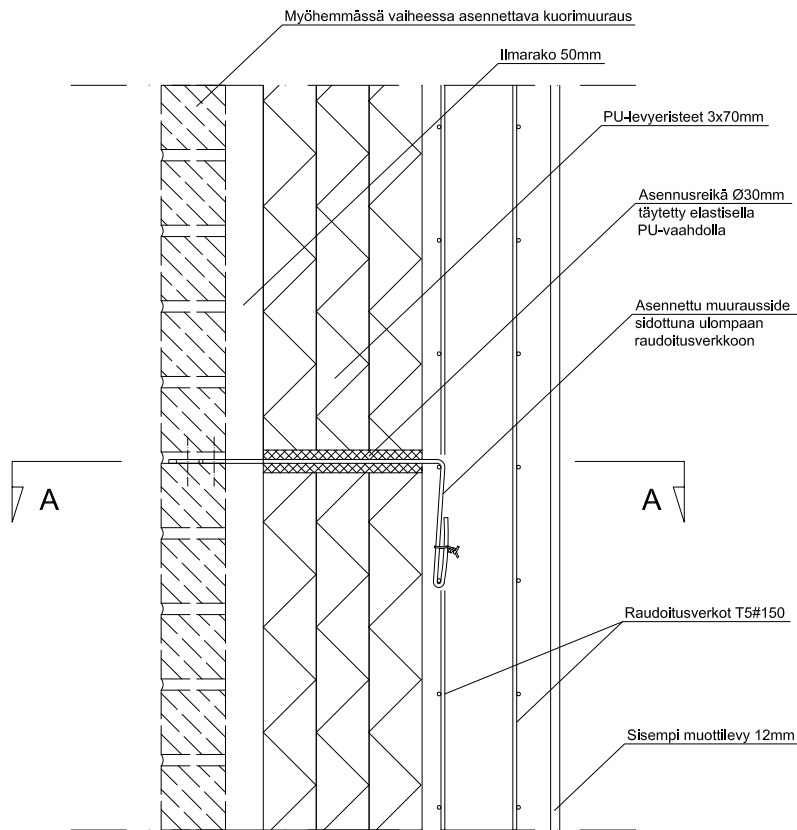
Muottirakenteen valinta (valupaine tiedossa):  
 Valupaine 30 kN/m<sup>2</sup>  
 Sekavaneri 12 mm  
 Koolausjako 260 mm  
 Kuorma koolaukselle 7,5 kN/m  
 Koolaustavara 22x100  
 Sidejuoksujako 550 mm  
 Muottisidejako 520 mm (= 2 x koolausjako)  
 Sidemäärä 3,5 kpl/m<sup>2</sup>  
 Lukon tukipinta-ala 30 cm<sup>2</sup>  
 Sidejuoksutavara 50x100

Muottirakenne muottisiteet poistettavissa valun jälkeen.

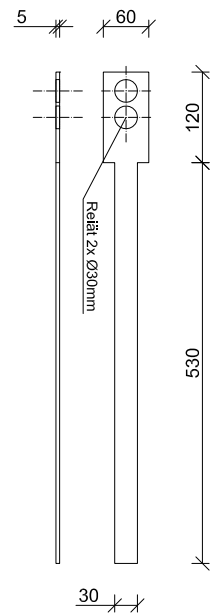


K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI DETALJIPIIRUSTUS	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MUOTTIRAKENNE	MITTAKAAVAT 1:10
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.			SUUN.ALA ARK	TYÖ No 2013-10
			PÄIVÄYS 11.11.2014	PIIR.No MUUTOS YHT.HENK.

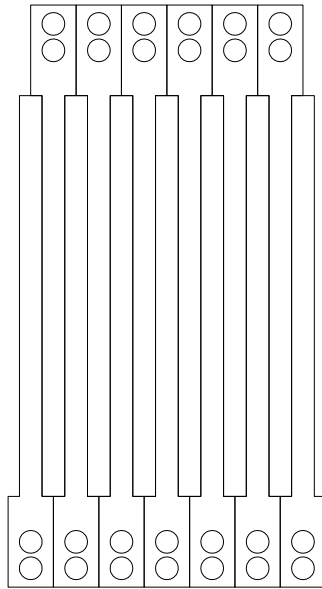
## Muuraussiteen asennustapa runkovalumuottiin



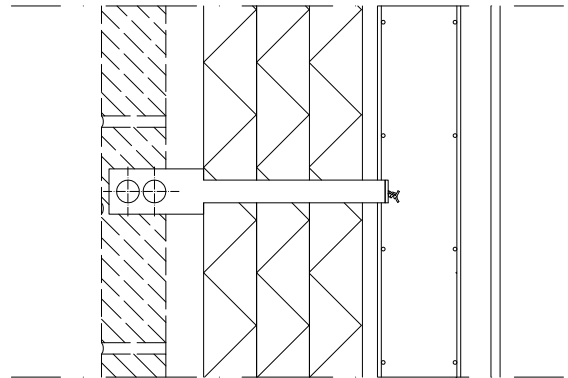
## Muuraussiteen päämitat



## Muuraussiteiden valmistus meistämlä levytavara



## Leikkaus A-A



K.OSA KESKUSTA	KORTTELI/TILA 1	TONTTI/RNo 1	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSOIMENPIDE UUDISRAKENNUS			PIIRUSTUSLAJI DETALJIPIIRUSTUS JUOKS.No
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE RT MATALAENERGIA KOKOOJAKATU 6 21270 NOUSIAINEN			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MUURAUSSIDE HD-PE VALMISTUS JA ASENNUS MITTAKAAVAT 1:10
Jan Lintula Katuosoite 00000 KUNTA puh.			SUUN.ALA TYÖ No PIIR.No MUUTOS ARK 2013-10 PÄIVÄYS 11.11.2014 YHT.HENK.



## LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

## Päätiedot

Rakennuskohde:	Rivitalo
Osoite 1:	
Osoite 2:	21270 NOUSIAINEN
Todistustunnus:	
Rakennustunnus:	
Rakennusluvan hakemisvuosi:	2015
Valmistumisvuosi:	2015
Rakennuksen käyttötarkoitus:	Asuinrakennus
Pääsuunnittelija:	Jan Lintula
Laskelman tekijä:	Jan Lintula
Yritys:	SAMK
Tilaaaja:	?
Päiväys:	10.03.2014
Sijainti/paikkakunta:	Nousiainen=1
<b>Rakennusluokka:</b>	<b>1 Rivi- ja ketjutalot</b>
Kerroslukumäärä:	1
Rakennustilavuus (m <sup>3</sup> ):	1327
Rakennuksen ilmatilavuus (m <sup>3</sup> ):	805
Maanpäällinen kerrostasoala (m <sup>2</sup> ):	369
Lämmitetty nettoala Anetto (m <sup>2</sup> ):	320
Lämpökapasiteetti Crak omin (Wh/m <sup>2</sup> K):	200
Asuntojen lukumäärä:	4
Laskentamallin tila:	Lupa haettu
Rakennuslupa hyväksytty (pvm):	-
Käyttöönottotarkastus suoritettu (pvm):	-

## Rakenneosat

rakenneosa:	Pinta-ala: m <sup>2</sup>	U-arvo: W/m <sup>2</sup> K	g-arvo:	Fverho * Fkehä:
Ulkoseinä ulkoilmaa vasten	251.43	0.11		
Yläpohja ulkoilmaa vasten	320.32	0.09		
Alapohja (maanvastainen)	320.32	0.096		
Ikkunat koilliseen	13.08	1.00	0.50	0.75
Ikkunat lounaaseen	23.68	1.00	0.50	0.75
Ulko-ovet	18.9	1.00		
Alapohjan alapuolinen maa	Kallio			

## Kylmäsiilat

Kylmäsiilat:	Pituus: m	Lisäkonduktanssi: W/mK
US-US (ulkonurkka)	10.2	0.04
US-YP	98.6	0.05
US-AP	98.6	0.1
US-ikkunat	107.6	0.04
US-ovet	52.7	0.04

## Ilmanvaihto

## Vaipan ilmanvuodot:

Ilmanvuotoluku q50: 1

## Ilmanvaihto:

Kuvaus Sunair 431-EC (31-106 L/s) (4 kpl)  
 LTO %: 71.6  
 Ominais sähköteho/SFP-luku (kW/m<sup>3</sup>/s): 2.0

## LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköteho (W):	0												
Tuloilman lämpötilan asetusarvo:	18.0 astetta												
Jäteilman lämpötila mitoitustilanteessa:	0.1 astetta												
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo (L/s):	154												
Poistoilmamäärän suunnitteluarvo ilman LTO-vaatimusta (L/s):	0												
Tuloilman suhde poistoilmavirtaan:	0.9												
Lämpötilan nousu puhaltimessa:	0.5 astetta												
IV-laitteessa automaattinen LTO:n poiskytkentä asetustilanteen ylittyessä:						Kyllä							
LTO:n ja jälkilämmityspatterin kuukausipäälläolo:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		x	x	x	x	x				x	x	x	x

## Lämmitysjärjestelmä

## Käyttöveden lämmitys:

Kuvaus	LV-varaaja 300L (2kpl), eriste 100mm
Käyttöveden varaajahäviöt (kWh/vuosi):	1300
Käyttöveden kiertojohtojen häviöt (kWh/vuosi):	0
Käyttöveden siirron hyötysuhde:	0.92
Käyttöveden mitoitusvirtaama (litra/s):	1.2
Käyttöveden kiertojohtojen ominaisteho (W/m <sup>2</sup> ):	0
Sähkölämmityksen hyötysuhde (käyttövesi):	1

## Tilojen lämmitys:

Kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys	
Lämmityksen varaajahäviöt (kWh/vuosi):		650
Häviöt lämmittämättömään tilaan (kWh/vuosi):		0
Lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde:		0.8
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteet (kWh/m <sup>2</sup> ):		0.8
Varaavien tulisijojen lukumäärä:		0
Ilmalämpöpumppujen lukumäärä:		0
Sähkölämmityksen hyötysuhde (tilojen lämmitys):		1
Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmityksestä:		0

## Lämpöpumput

## Maalämpöpumppu:

Kuvaus	Nimetön maalämpöpumppu RakMk D5 taulukkoarvoilla
Tuotto-osuus lämpöenergian tarpeesta:	0.98
SPF-luku tilojen lämmitykselle:	3.40
SPF-luku käyttöveden lämmitykselle:	2.30

## Laskenta ja tulokset

Lämmitystapa:	Maalämpöpumppu
Jälkilämmityspatteri:	Lämmitysjärjestelmä
Oma sähköntuotanto (kWh/a):	0

<b>Rakennuskohde</b> Rakennuslupatunnus	Rivitalo, , 21270 NOUSIAINEN
<b>Rakennustyyppi</b>	Asuinrakennus
<b>Pääsuunnittelija</b>	Jan Lintula
<b>Tasauslaskelman tekijä</b>	Jan Lintula, SAMK
<b>Päiväys</b>	10.03.2014
<b>Tulos: Suunnitteluratkaisu</b>	<b>TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET</b>

**Rakennuksen laajuustiedot**

Rakennustilavuus	1327	rak-m <sup>3</sup>
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	369	m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	320	m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala, puolilämpimät tilat	0	m <sup>2</sup>
Rakennusluokka (1-9)	1	
Rakennuksen kerros määrä	1	kerrosta

**Laskentatuloksia**

- Julkisivujen pinta-ala on 307 m<sup>2</sup>
- Ikkunapinta-ala on 10 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
- Ikkunapinta-ala on 12 % julkisivujen pinta-alasta
- Lämpöhäviö on 66 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
- Lämpöhäviö on 0 % vertailutasosta (puolilämpimät tilat)

Perustiedot						Lämpöhäviöiden tasaus	
RAKENNUSOSAT	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]		U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]			Ominaislämpöhäviö, W/K [Hjoht = A*U]	
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Enimmäisarvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
<b>Lämpimät tilat</b>							
Ulkoseinä	232.84	251.43	0.17	0.60	0.11	39.58	27.66
Hirsiseinä	0.00	0.00	0.40	0.60	0.40	0.00	0.00
Yläpohja	320.32	320.32	0.09	0.60	0.09	28.83	28.83
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)	0.00		0.09	0.60	0.09	0.00	0.00
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) 1)	0.00		0.17	0.60	0.16	0.00	0.00
Alapohja (maanvastainen) 2)	320.32		0.16	0.60	0.10	51.25	30.75
Muu maanvastainen rakennusosa 2)	0.00		0.16	0.60	0.16	0.00	0.00
Ikkunat	55.35	36.76	1.00	1.80	1.00	55.35	36.76
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)	18.90		1.00	-	1.00	18.90	18.90
Kattoikkunat / -kuvut	0.00	0.00	1.00	1.80 / 2.00	1.00	0.00	0.00
<b>Lämpimät tilat yhteensä</b>	<b>947.73</b>	<b>947.73</b>				<b>193.91</b>	<b>142.90</b>
<b>Puolilämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</b>							
Ulkoseinä			0.26	0.60			
Hirsiseinä			0.60	0.60			
Yläpohja			0.14	0.60			
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0.14	0.60			
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) 1)			0.26	0.60			
Alapohja (maanvastainen) 2)			0.24	0.60			
Muu maanvastainen rakennusosa 2)			0.24	0.60			
Ikkunat			1.40	2.80			
Ulko-ovet ja tuuletusluukut 3)			1.40	-			
Kattoikkunat / -kuvut			1.40	2.80			
<b>Puolilämpimät tilat yhteensä</b>							
<b>VAIPAN ILMAVUODOT</b>							
	Ilmanvuotoluku m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> ) [q50]		Vuotoilmavirta, m <sup>3</sup> /s [qv,v = q50/35 x A/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H vuotoilma = 1200* q v, v]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
<b>Vuotoilma</b>							
Lämpimät tilat	2.0	1.00	0.0150	0.0075	18.05	9.03	
Puolilämpimät tilat	2.0						
<b>ILMANVAIHTO</b>							
	Poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s [q v, p]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [na]		Ominaislämpöhäviö, W/K [Hiv = 1200* q v, p * (1-na)]		
	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailu-arvo	Suunnittelu-arvo	Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu	
<b>Hallittu ilmanvaihto</b>							
Lämpimät tilat	0.128		45	71.60	84.48	43.62	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		0.00	0.00	
Puolilämpimät tilat			45				
Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0				
<b>Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus</b>							
						Vertailuratkaisu	Suunnittelu-ratkaisu
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>						296.44	195.55
<b>Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>							

**Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista (osa D3)****Pinta-alat**

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

kyllä	ei
x	

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa

- lämpimissä tiloissa
- Puolilämpimissä tiloissa

x	
x	

**Rakennusosien U-arvot**

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

kyllä	ei
x	

**Rakennusvaipan ilmanpitävyys**

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- Ipuolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
x		4.00	1.00 W/K
x		4.00	1.00 W/K

**Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus**

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

kyllä	ei	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
x		296.44 W/K	195.55 W/K
x		0.00 W/K	0.00 W/K

**Tarkistuslistan yhteenveto**

**Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset**

kyllä	ei
x	

**Lisäselvitykset****Rakennuksen vuotoilma**

Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q50 suunnitteluarvoa. Suunnitteluarvon valinnasta on esitettävä selvitys. Alle 100m<sup>2</sup> loma-asunnon rakennusvaipan ilmanvuotoluvulle q50 ei ole vaatimusta eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvona rakennusvaipan ilmanvuotoluvun vertailuarvoa.

**Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde**

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys. Alle 100 m<sup>2</sup> loma-asunnon ilmanvaihdon LTO:lle ei ole vaatimuksia eikä selvitystä tarvita. Näille rakennuksille voidaan tasauslaskennassa käyttää LTO:n vuosihyötysuhteen suunnitteluarvona LTO:n vuosihyötysuhteen vertailuarvoa.

- 1) Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämmönläpäisykerroimen laskennassa voidaan ottaa huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila, jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta. Tällön osan C4 ohjeen mukaan yksityiskohtaisesti lasketun U-arvon sijaan voidaan käyttää rakenteen U-arvoa kerrottuna kertoimella 0,9. Jos ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on yli 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohja lasketaan ulkoilmaan rajoittuvana.
- 2) Maanvastaisen lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin voidaan osan C4 mukaisesti laskea yksinkertaistetusti kertomalla pelkän lattia- tai seinärakenteen lämmönläpäisykerroin kertoimella 0,9. Kerroin ottaa huomioon maan lämmönvastuksen. Yksinkertaistettu menetelmä ei ota huomioon rakennuksen geometrian vaikutusta.
- 3) Ulko-oviin ja tuuletusluukkuihin sisältyvät myös savunpoisto-, uloskäynti- ja huoltoluukut sekä muut vastaavat luukut.

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Asuinrakennus (Rivi- ja ketjutalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2015	Lämmitetty nettoala	320	m <sup>2</sup>
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	1	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>UxA</b> W/K	<b>Osuus lämpöhäviöstä</b> %
Ulkoseinät	251.43	0.11	27.66	16.81
Yläpohja	320.32	0.09	28.83	17.52
Alapohja	320.32	0.10	30.75	18.69
Ikkunat	36.76	1.00	36.76	22.35
Ulko-ovet	18.90	1.00	18.90	11.49
Kylmäsiilat	-	-	21.61	13.14
Ikkunat ilmansuunnittain				
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>g kohtisuora-arvo</b>	
Koillinen	13.08	1.00	0.56	
Lounas	23.68	1.00	0.56	
Etelä	-	-	-	
Länsi	-	-	-	
Vaakataso	-	-	-	
Vaakataso (kattokupu)	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Sunair 431-EC (31-106 L/s) (4 kpl)			
	<b>Ilmavirta tulo/poisto</b> (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	<b>Järjestelmän SFP-luku</b> kW/(m <sup>3</sup> /s)	<b>LTO:n lämpötilasuhde</b>	<b>Jäätymisenesto</b>
Pääilmanvaihtokoneet	0.128 / 0.128	2.0	>71.6	C 0.00
Erillispoistot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.128 / 0.128	2.0	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		71.6 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	<b>Tuoton hyötysuhde</b>	<b>Jaon ja luovutuksen hyötysuhde</b>	<b>Lämpökerroin (1)</b>	<b>Apulaitteiden sähkönkäyttö (2)</b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	3.40	0.80
LKV:n valmistus	-	92 %	2.30	0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	<b>Määrä</b> kpl	<b>Tuotto</b> kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	<b>Ominaiskulutus</b> dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	<b>Lämmitysenergian nettotarve</b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600.00	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	<b>Käyttöaste</b>	<b>Henkilöt</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Kuluttajalaitteet</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Valaistus</b> W/m <sup>2</sup>
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	- 60 %	2.00	3.00	
Valaistus	10 %			8.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Asuinrakennus (Rivi- ja ketjutalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2015			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	320			
E-luku, kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)	110 (< raja=150)			
<b>E-luvun erittely</b>				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö	20570	1.70	<b>34968</b>	<b>109.3</b>
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>20570</b>		<b>34968</b>	<b>109.3</b>
<b>Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Maalämpö		18236	56.99	
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus</b>				
		Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		0.8	42.5	
Tuloilman lämmitys			1.8	
Lämpimän käyttöveden valmistus			42.1	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		7.0		
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		22.8		
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>30.6</b>	<b>86.4</b>	<b>0</b>
(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
<b>Energian nettotarve</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		10351	32	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		1983	6	
Lämpimän käyttöveden valmistus		11200	35	
Jäähdytys		0	0	
(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
<b>Lämpökuormat</b>				
		kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Aurinko		8125	25.39	
Ihmiset		3364	10.51	
Kuluttajalaitteet		5046	15.77	
Valaistus		2243	7.01	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		650	2.03	
<b>Laskentatyökalun nimi ja versionumero</b>				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (15.12.2013)		









# ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite: **Rivitalo**  
**21270 NOUSIAINEN**

Rakennustunnus:  
 Rakennuksen valmistumisvuosi: **2015**

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: **Asuinrakennus**

Todistustunnus:

		Energiatohokkuusluokka
		
		
		
	Uudisrakennusten määräystaso 2012	
		
		
		

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

110

kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>vuosi

Todistuksen laatija:  
**Jan Lintula**

Yritys:  
**SAMK**

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:  
**10.03.2014**

Viimeinen voimassaolopäivä:  
**10.03.2024**

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup> 320  
 Lämmitysjärjestelmän kuvaus Vesikiertoinen lattialämmitys  
 Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus Sunair 431-EC (31-106 L/s) (4 kpl)

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Sähkö	20570	64	1.70	109.3
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	7290	22.8		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				110

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko Rivi- ja ketjutilat

Luokkien rajat asteikolla

A: ...80	B: 81 ... 110	C: 111 ... 150
D: 151 ... 210	E: 211 ... 340	F: 341 ... 410
G: 411 ...		
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka		
B		

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".



E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Asuinrakennus (Rivi- ja ketjutilat)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2015	Lämmitetty nettoala	320	m <sup>2</sup>
<b>Rakennusvaippa</b>				
Ilmanvuotoluku q50	1	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>UxA</b> W/K	<b>Osuus lämpöhäviöstä</b> %
Ulkoseinät	251.43	0.11	27.66	16.81
Yläpohja	320.32	0.09	28.83	17.52
Alapohja	320.32	0.10	30.75	18.69
Ikkunat	36.76	1.00	36.76	22.35
Ulko-ovet	18.90	1.00	18.90	11.49
Kylmäsiilat	-	-	21.61	13.14
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>				
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>g<sub>kohtisuora</sub>-arvo</b> -	
Koillinen	13.08	1.00	0.56	
Lounas	23.68	1.00	0.56	
Etelä	-	-	-	
Länsi	-	-	-	
Vaakataso	-	-	-	
Vaakataso (kattokupu)	-	-	-	
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Sunair 431-EC (31-106 L/s) (4 kpl)			
	<b>Ilmavirta tulo/poisto</b> (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	<b>Järjestelmän SFP-luku</b> kW/(m <sup>3</sup> /s)	<b>LTO:n lämpötilasuhde</b>	<b>Jäätymisenesto</b> C
Pääilmanvaihdonkoneet	0.128 / 0.128	2.0	>71.6	0.00
Erillispoistot			-	
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.128 / 0.128	2.0	-	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		71.6 %		
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	<b>Tuoton hyötysuhde</b>	<b>Jaon ja luovutuksen hyötysuhde</b>	<b>Lämpökerroin (1)</b>	<b>Apulaitteiden sähkönkäyttö (2)</b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
	-	-		
Tilojen ja iv:n lämmitys		80 %	3.40	0.80
LKV:n valmistus		92 %	2.30	0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	<b>Määrä</b> kpl	<b>Tuotto</b> kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>				
	<b>Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin</b>			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
<b>Lämmin käyttövesi</b>				
	<b>Ominaiskulutus</b> dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	<b>Lämmitysenergian nettotarve</b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600.00	35		
<b>Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla</b>				
	<b>Käyttöaste</b>	<b>Henkilöt</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Kuluttajalaitteet</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Valaistus</b> W/m <sup>2</sup>
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	2.00	3.00	
Valaistus	60 % 10 %			8.00

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Asuinrakennus (Rivi- ja ketjutalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2015			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	320			
E-luku, kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)	110 (< raja=150)			
<b>E-luvun erittely</b>				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi kWhE/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Sähkö	20570	1.70	34968	109.3
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>20570</b>		<b>34968</b>	<b>109.3</b>
<b>Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Maalämpö		18236	56.99	
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>				
		Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		0.8	42.5	
Tuloilman lämmitys			1.8	
Lämpimän käyttöveden valmistus			42.1	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		7.0		
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		22.8		
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>30.6</b>	<b>86.4</b>	<b>0</b>
<small>(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen</small>				
<b>Energian nettotarve</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		10351	32	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		1983	6	
Lämpimän käyttöveden valmistus		11200	35	
Jäähdytys		0	0	
<small>(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa</small>				
<small>(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa</small>				
<b>Lämpökuormat</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Aurinko		8125	25.39	
Ihmiset		3364	10.51	
Kuluttajalaitteet		5046	15.77	
Valaistus		2243	7.01	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		650	2.03	
<b>Laskentatyökalun nimi ja versionumero</b>				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (15.12.2013)		

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

Ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
<b>Ostetut polttoaineet (1)</b>				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi		
<p>(1) Selostus ostettujen polttoaineiden määrään arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä"</p>					
<b>Toteutunut ostoenergia yhteensä</b>				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö yhteensä Kaukolämpö yhteensä Polttoaineet yhteensä Kaukojäähdytys <b>YHTEENSÄ</b>					
<p>Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. Taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näidensyiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.</p>					

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1

2

3

	Lämpö, ostoenergian säästö	Sähkö, ostoenergian säästö	Jäähdytys, ostoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				
Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä <a href="http://www.motiva.fi">www.motiva.fi</a>				

LISÄMERKINTÖJÄ

# ENERGIASELVITYS

RakMk D3 2012 ja RakMk D5 2012

**Kohde:** Rivitalo

**Osoite:**

21270 NOUSIAINEN

**Käyttöveden lämmitysjärjestelmän kuvaus:**

LV-varaaja 300L (2kpl), eriste 100mm

**Tilojen lämmitysjärjestelmän kuvaus:**

Vesikiertoinen lattialämmitys

**Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:**

Sunair 431-EC (31-106 L/s) (4 kpl)

**Maalämpöpumpun kuvaus:**

Nimetön maalämpöpumppu RakMk D5 taulukkoarvoilla

**Selvityksen antaja:**

Jan Lintula  
SAMK

**Selvityksen tilaaja:**

?

**Allekirjoitus:**

**Selvityksen antamispäivä:**

10.03.2014

ENERGIASELVITYKSEN PÄÄTIEDOT (RakMk D3, kappale 5.)			
<b>Rakennuskohde</b>			
Osoite	, 21270 NOUSIAINEN		
Rakennuksen käyttötarkoitus	Asuinrakennus		
Rakennusvuosi	2015		
Lämmitetty nettoala	320	m <sup>2</sup>	
<b>Rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku)</b>			
	Ostoenergia kWh/(m <sup>2</sup> a)	E-luku kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Tilojen lämmitys (2)	13.89	23.61	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	1.82	3.10	
Lämmin käyttövesi	18.78	31.93	
Sähkölaitteet	29.78	50.63	
Jäähdytys	0.00	0.00	
<b>Yhteensä</b>	<b>64.28</b>	<b>109.27</b>	
(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa.			
(3) jälkilämmityspatteri, laskettu lämmöntalteenoton kanssa.			
	E-luku	110	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	E-luvun raja-arvo	150	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Todellinen ostoenergia</b>			
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Tilojen lämmitys	5334	16.67	
Ilmanvaihdon lämmitys	630	1.97	
Lämmin käyttövesi	6010	18.78	
Sähkölaitteet	9987	31.21	
Jäähdytys	0	0.00	
<b>Yhteensä</b>	<b>21965</b>	<b>68.64</b>	
Laskettu sijaintipaikkakunnan vyöhykkeen mukaisilla säätiedoilla.			
( E-luku laskennassa käytetty vyöhykettä I)			
<b>Energialaskennan lähtötiedot ja tulokset</b>			
RakMk D3 2012 kohdan 5.3 mukaisesti erillisessä liitteessä.			
<b>Kesäaikainen huonelämpötila kohdan 2.2 mukaan ja tarvittaessa jäähdytysteho</b>			
RakMk D3 2012 kohdan 2.2 mukaan.			
(muille kuin pientaloille erillisen laskelman mukaan)			
<b>Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus</b>			
RakMk D3 2012 kohdan 2.4 mukaan erillisessä liitteessä.			
<b>Rakennuksen lämmitysteho mitoitusilanteessa</b>			
	kW	W/m <sup>2</sup>	
Tilojen lämmitys	8.64	27	
Ilmanvaihdon lämmitys (jälkilämmityspatteri)	3.52	11	
Lämmin käyttövesi	251.84	787	
Jäähdytys	0.00	0	
Rakennuksen lämmitystehontarve	293.44	917	
Laskettu sijaintipaikkakunnan vyöhykkeen mukaisilla mitoitusarvoilla.			
Lämpimän käyttöveden tehontarve hetkellisen mitoitusvirtaaman mukaan.			
<b>Rakennuksen energiatodistus</b>			
Energiatodistusasetuksen 2013 mukaisesti erillisessä liitteessä.			
E-luokka:	B	(Energiatodistusasetuksen 2013 mukaisesti)	
<b>Laskentatyökalun nimi ja versio numero</b>			
Laskentatyökalun nimi ja versio numero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 (15.12.2013)	