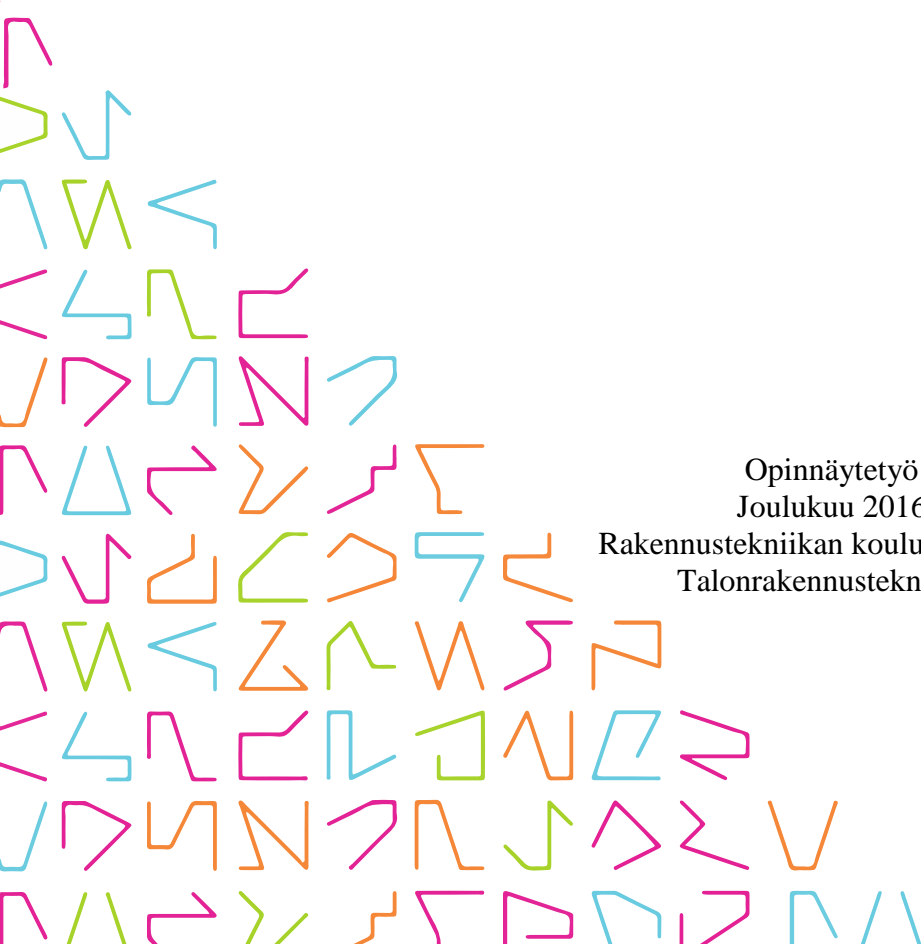




TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# OMAKOTITALON LAAJENNUKSEN RAKENNESUUNNITTELU JA KUSTANNUS- ARVIO

Eira Ruonavaara



Opinnäytetyö  
Joulukuu 2016  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka

RUONAVAARA, EIRA:

Omakotitalon laajennuksen rakennesuunnittelu ja kustannusarvio

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Joulukuu 2016

---

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin Akaan Toijalaan omakotitalon laajennuksen rakennepiirustukset ja tehtiin kustannuslaskelmat, joiden perusteella tilaaja voi päättää, aloittaako rakentamisen. Opinnäytetyön lähtökohtana oli tilaajan tontti ja toiveet sekä arkkitehdin tekemät luonnokset autotallista, katoksesta ja uuden porraskuistin rakentamisesta. Koska nykyinen porraskuisti liikkuu vuodenaikojen vaihdellessa, tilalle haluttiin saada paremmin perustettu kuisti.

Suunnittelussa pyrittiin mahdollisimman edulliseen mutta silti laadukkaaseen rakentamiseen. Runkorakenne detaljeineen piirrettiin, mutta pinnoitusvalinnat jätettiin tilaajalle.

Tilaajalle päädyttiin suosittelemaan valuharkoista rakennettua tallia, jolloin tilaaja voi säästää rahaa tekemällä työtä itse ja toisaalta jakaa kustannuksia pidemmälle aikavälille. Porraskuisti suunniteltiin arkkitehdin toiveen mukaisesti rakennettavaksi puusta, koska se liittyy puurakenteiseen taloon.

Harkkotoimittajalta ja maanrakennusurakoitsijalta saatiin kustannusarviot harkkorakenteisiin ja maanrakennuskustannuksiin. Muihin osiin käytettiin yleisiä kustannuslaskennan viitearvoja. Koska mukana oli vanhan purkamista ja vanhan yhteyteen rakentamista, ja olemassa olevat pohjarakenteet selviävät vasta auki kaivettaessa, kustannusarvioon sisältyy epävarmuutta. Laskelmien avulla tilaajalle annettiin kuitenkin riittävästi tietoa päättää, aloittaako tilaaja rakentamisen tulevana keväänä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering  
Building Construction

**RUONAVAARA, EIRA:**  
Structural Design and Cost Estimate of an Expansion to a Detached House

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 6 pages  
December 2016

---

This thesis consists of designing of the structural plans for an expansion to a detached house in Toijala, Akaa, as well as making a cost estimate for the expansion. The client will utilize these plans and calculations when making a decision about starting the construction. The planned expansion is composed of a garage with a car shelter and also the rebuilding of the client's old porch as the current porch moves when temperatures change.

The client's property and wishes, along with the architect's initial drafts of the garage, the shelter and the new porch, served as the basis for this thesis. These factors were also taken into account when the structural plans and the cost estimate were made. The goal was to achieve an economical but still first-rate building. The client will choose the coatings, which is why they are not discussed in this thesis.

The garage was proposed to be built with ingots, thus allowing the client to do some of the work themselves. This would reduce the costs of the project and allow the costs to be distributed to a longer period of time. The porch was planned to be built from timber, making it easier to connect it to the existing wooden house.

The ingot supplier provided a cost estimate for the ingots, and common reference values were used for calculating the costs for the other parts. The project involved demolishing and building on old structures, which introduced some uncertainty to the cost estimates. The client was, however, provided with enough information for the decision as to whether or not to proceed to the construction phase of the project.

---

Key words: designing the structures, garage, structural plans, cost estimate

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄHTÖTIEDOT .....	7
2.1	Kohteen tiedot.....	7
2.2	Kohteen suunnittelun lähtökohdat .....	7
2.2.1	Tilaajan toiveet.....	8
2.2.2	Arkkitehdin suunnitelmat.....	8
3	KUORMAT.....	11
3.1	Yleistä .....	11
3.2	Lumikuorma.....	11
3.3	Tuulikuorma.....	13
3.4	Oma paino.....	15
4	RAKENNESUUNNITTELU .....	17
4.1	Yleistä .....	17
4.2	Paloluokan määrittäminen.....	17
4.3	Rakeneratkaisut.....	18
4.3.1	Pohjarakennus ja perustukset .....	18
4.3.2	Runko .....	21
4.3.3	Kattorakenne .....	22
4.3.4	Jäykistys .....	23
4.3.5	Lattiat .....	24
4.4	U-arvot.....	24
4.4.1	Autotalli .....	25
4.4.2	Porraskuisti.....	25
4.5	Kestävyyksien tarkastukset.....	26
4.5.1	Katoksen kantavat palkit.....	26
4.5.2	Porraskuistin nurkkapilarit.....	27
4.5.3	Autotallin seinät .....	29
4.5.4	Porraskuistin sokkeli .....	33
5	KUSTANNUSARVIO .....	34
6	YHTEENVETO .....	36
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET .....	41
	Liite 1. Rakennekuva, autotalli YP / US .....	41
	Liite 2. Rakennekuva, autotalli AP / US .....	42
	Liite 3. Rakennekuva, porraskuisti YP / US .....	43
	Liite 4. Rakennekuva, porraskuistin AP / US .....	44

Liite 5. Alapohjan laskenta Puuinfon laskurilla .....	45
Liite 6. Korkean sokkelin laskenta DOFlämmöllä .....	46

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin rakennepiirustukset omakotitalon laajennuksesta ja tehtiin kustannuslaskelmat. Laajennus sisältää porraskuistin purkamisen ja uudisrakennuksen sekä siitä suoraan jatkuvan autokatoksen ja siihen liittyvän autotallin.

Työn tilaajana oli arkkitehti, mutta tässä työssä käytetään nimitystä ”tilaaja” perheestä, joka tilasi arkkitehdiltä piirustukset. Tilaaja päättää kustannusarvion ja rakennekuvien perusteella, rakennuttaako se laajennuksen. Autotalli-katos-laajennus rakennetaan Akaan Toijalaan.

Rakennesuunnittelu toteutettiin ArchiCad ja AutoCad -piirustusohjelmilla. Kustannuslaskenta tehtiin Microsoftin Excel-taulukkolaskennalla käyttäen apuna Ratun Rakennustöiden menekit –kirjaa, verkkokauppojen hintatietoja sekä toimittajilta pyydettyjä kustannusarvioita. U-arvojen laskennassa käytettiin Puuinfon ja DOFlämpö 2.2 -laskentaohjelmaa. Kuormitusten kestävyys laskettiin käsin sekä käytettiin Lammin suunnitteluohjetta. Puurakenteiden kestävyys tarkistettiin Finnwood 2.3 -laskentaohjelmalla.

## 2 LÄHTÖTIEDOT

### 2.1 Kohteen tiedot

Kohde sijaitsee Akaan Toijalassa kaava-alueella. Kaavaan on haettu muutosta, jotta puistoalueelle saadaan ajoliittymä. Kaavan puistoalue on nykyään soratie.

Tontilla sijaitsee jo omakotitalo. Lähtötilanne on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Arkkitehdin piirtämä asemapiirrosluonnos ja ilmakuva tontista (Google Maps)

### 2.2 Kohteen suunnittelun lähtökohdat

Tilaaaja halusi selvittää, onko heillä taloudellisia mahdollisuuksia rakennuttaa autotalli ja katos, jotka sopivat olemassa olevaan taloon ja ympäristöön. Arkkitehti pyysi rakennesuunnittelijan mukaan aikaisessa vaiheessa, jotta ehdolle saataisiin mahdollisimman edullisesti toteutettava, tilaajan tarpeisiin sopiva rakennus. Rakennusoikeutta on jäljellä riittävästi.

Suunniteltujen rakennusten kohdalla on kaksi maalämpökaivoa ja niiden putket talolle. Tilaajalla ei ole tarkkaa tietoa kaivojen sijainnista eikä putkien reiteistä tai syvyyksistä. Mikäli kaivettaessa huomataan, että putket ovat anturoihin nähden sopimattomalla kohdalla, suunnitelmia muutetaan tarpeen mukaan. Kuvassa 5 nähdään oletetut kaivojen paikat.

### 2.2.1 Tilaajan toiveet

Tilaajan toiveissa on harjakattoinen autotalli, joka liittyy autokatoksella porraskuistiin. Autotalli on tarkoitus rakentaa rajoittumaan viereiseen tonttiin, joka nyt kuuluu tilaajalle. Autotallin naapuritonttiin rajoittuvan seinän tulisi muodostaa palomuurin, mutta koska tilaaja ei halua rakennukseen kattomuotoa, joka mahdollistaisi palomuurin, täytyy naapuritontille perustaa rasite. Talli on kuitenkin syytä suunnitella niin, että palomuurin rakentaminen myöhemmin on mahdollisimman pienillä muutoksilla mahdollista.

Koska nykyinen porraskuisti liikkuu vuodenaikojen vaihdellessa, halutaan tilalle saada paremmin perustettu kuisti. Samalla tilaajan toive on, että ulko-ovi käännetään pihan puolelle, jotta kulku keittiöstä pihaan helpottuu.

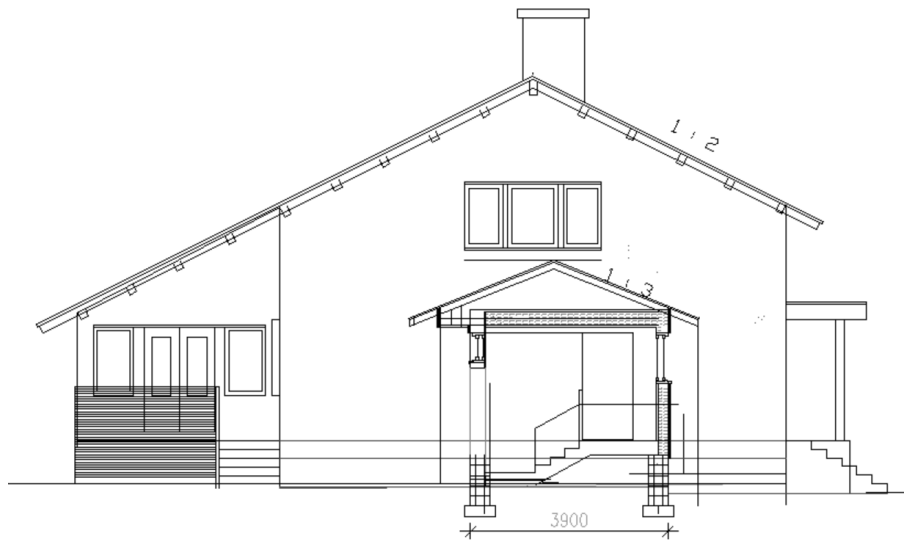
### 2.2.2 Arkkitehdin suunnitelmat

Rakennesuunnittelu aloitettiin arkkitehdin luonnosten pohjalta (kuvat 2 – 7).



Kuva 2. Julkisivu kaakkoon, arkkitehdin luonnos

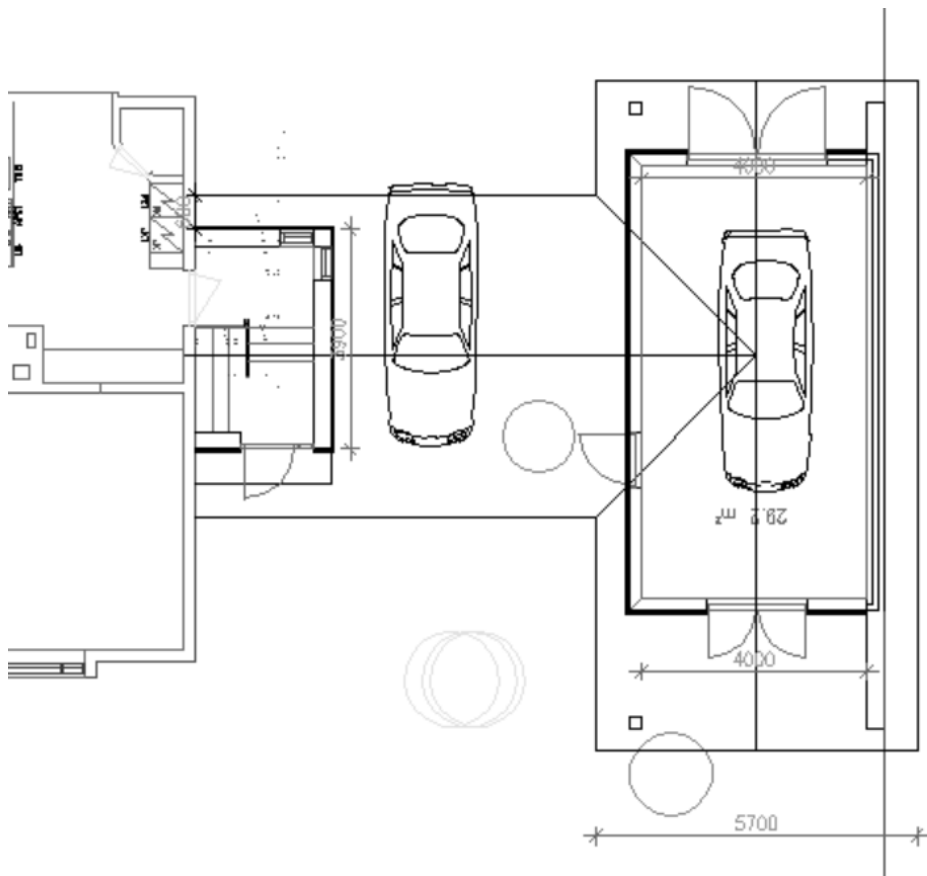




Kuva 3. Julkisivu koilliseen, arkkitehdin luonnos



Kuva 4. Julkisivu pihan puolelle, arkkitehdin luonnos



Kuva 5. Pohjakuva, arkkitehdin luonnos



Kuva 6. Arkkitehdin alustava havainnekuva pihalta



Kuva 7. Arkkitehdin alustava havainnekuva kadulta

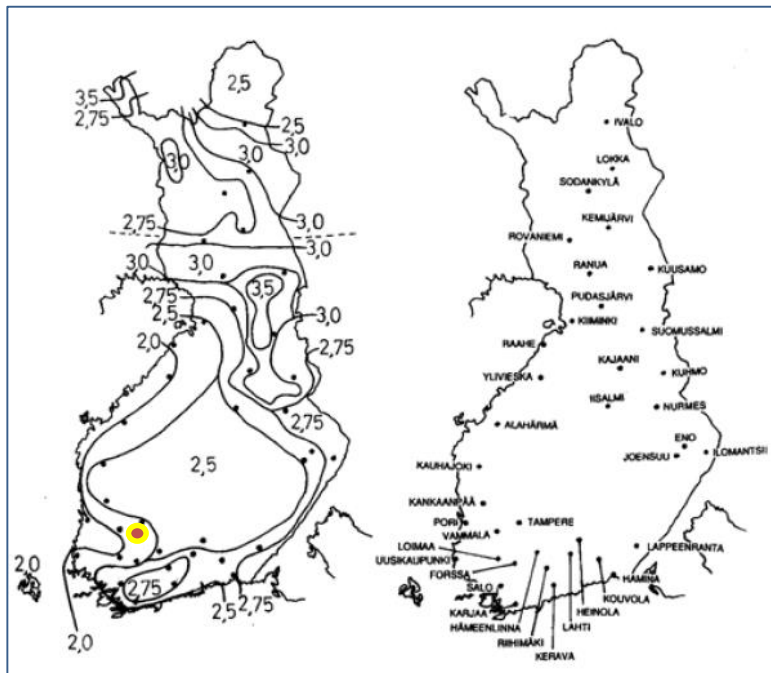
### 3 KUORMAT

#### 3.1 Yleistä

Kuormat lasketaan eurokoodi 5:n mukaan. Samoin rakennesuunnittelussa on kaikkialla huomioitu eurokoodin vaatimukset. Tietoja on etsitty sekä alkuperäisestä koodistosta (RIL 205-1-2009 Puurakenteiden suunnitteluohje. 2009) että lyhennetystä suunnitteluohjeesta (Eurokoodi 5 lyhennetty ohje - Puurakenteiden suunnittelu. 2013). Eurokoodi 5:n kaavoihin ja kuviin viitataan jatkossa eurokoodin mukaisilla kaava- ja kuvanumeroilla merkinnällä *EC 5 kaava/kuva*.

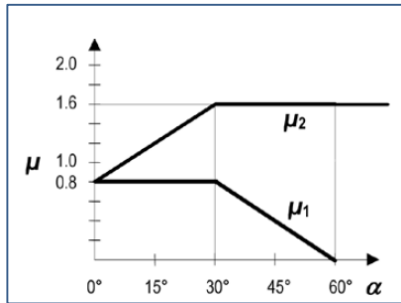
#### 3.2 Lumikuorma

Rakennusten kattoja rasittavien lumikuormien laskemisessa tarvitaan maanpinnan lumikuorman ominaisarvo  $s_k$  sekä kattokaltevuudesta ja katon muodosta riippuva muotokerroin  $\mu_i$ . Suomen lumimäärien mukaan jaetuista vyöhykkeistä (kuva 8). Akaan Toijalan lumikuorman ominaisarvo  $s_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$  (Pohri Oy).



Kuva 8. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot  $s_k$  (EC 5 kuva 2.1), Toijala korostettuna.

Katot ovat harjakattoja, joiden kaltevuuskulma osuu välille  $0^\circ$ -  $30^\circ$ , jolloin muotokertoimeksi saadaan  $\mu_i = 0,8$  (kuvio 1).

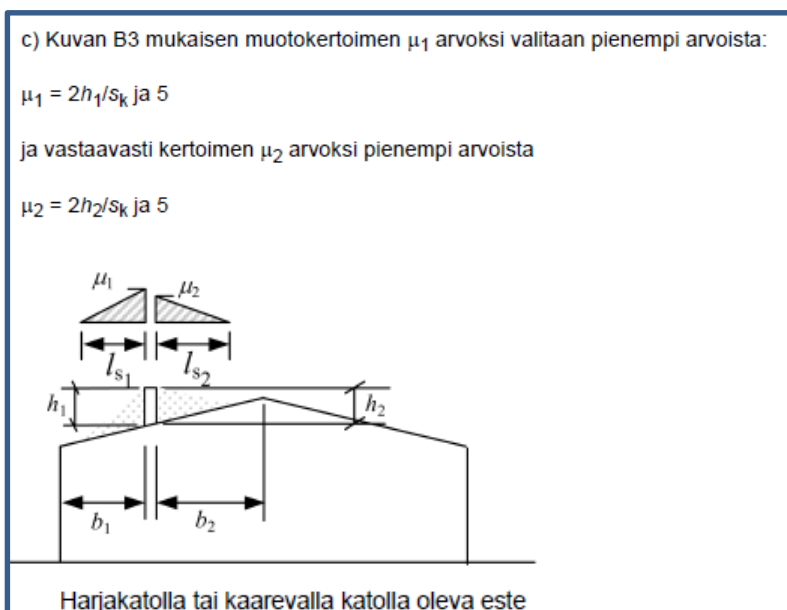


Kuvio 1. Lumikuorman muotokertoimet (EC 5 kuva 2.2).

$$q_{k, \text{lumi}} = s_k \cdot \mu_i = 2,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 = 1,84 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{EC 5 kaava 2.9})$$

jossa:  $q_{k, \text{lumi}}$  = katon lumikuorman ominaisarvo  
 $s_k$  = maanpinnan lumikuorman ominaisarvo  
 $\mu_i$  = katon muotokerroin

Korkeampaa rakennusta vasten olevalle katolle ei pääse liukumaan lunta ylemmältä katolta, koska ylemmän katon harja on toisen suuntainen. Tuuli voi kinostaa lumen harjakattojen liittymäkohtaan ja talon seinää vasten. Tuulen vaikutus lumen kinostumiseen tulee siis ottaa huomioon (kuva 9).



Kuva 9. Poikkeuksellisia lumikinoksia vastaavat muotokertoimet kattojen yhteydessä, joilla ulkonemat tai esteet kinostavat lunta (EC 5 kuva B3)

Lumikuormat kinostaessa:

- tallin ja katoksen liitos:

$$\mu_1 = \mu_2 = \frac{2 \cdot 1,14}{2,3} = 0,99$$

$$s = 2,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,99 = 2,28 \text{ kN/m}^2$$

- porraskuistin ja talon liitos:

$$\mu_2 = \frac{2 \cdot 3,5}{2,3} = 3,04$$

$$s = 2,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,04 = 6,99 \text{ kN/m}^2$$

Taulukko 1 esittää lumikuormat katoilla:

Taulukko 1. Kattojen lumikuormat

Katto-osa	Maksimikuorma [kN/m <sup>2</sup> ]
<i>Autotallin katto</i>	<i>1,84</i>
<i>Porraskuistin katto, tuulen kinostus</i>	<i>6,99</i>
<i>Autokatoksen katto</i>	<i>1,84</i>
<i>Katoksen ja tallin liitoskohta</i>	<i>2,28</i>

$$q_{k, \text{lumi}} = 1,84 \text{ kN/m}^2$$

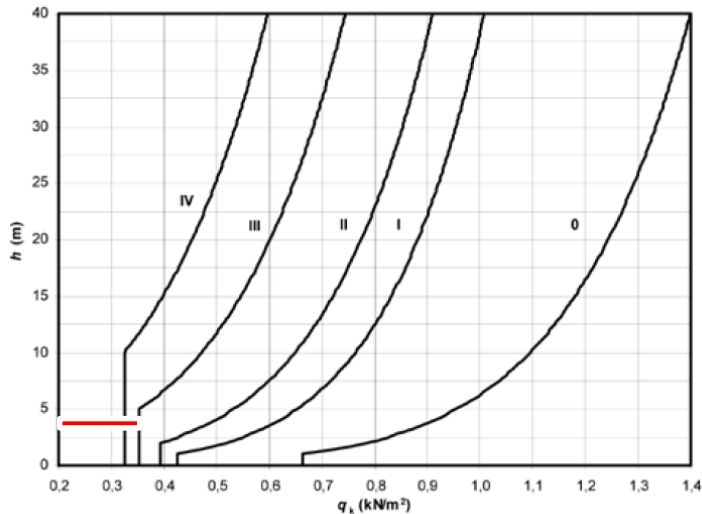
$$q_{k, \text{lumi, kinos}} = 2,28 \text{ kN/m}^2$$

### 3.3 Tuulikuorma

Tuulikuorman suuruuteen vaikuttavat maastoluokka ja rakennuksen harjakorkeus.

Näillä arvoilla voidaan kuvaajasta lukea tuulen nopeuspaineen  $q_k(h)$  arvo (kuvio 2).

Tässä kohteessa maastoluokka on 3 (matala pientaloalue) (EC 5 taulukko 2.2) ja harjakorkeus  $h = 4\text{m}$ .



Kuvio 2. Nopeuspaineen ominaisarvot  $q_k(h)$  eri maastoluokissa. (EC 5 kuva 2.4.)

$$q_k(4\text{m}) = 0,35\text{kN/m}^2$$

Pienessä kohteessa kuten tämä voidaan käyttää yksinkertaistettua menetelmää, jossa tuulelle käytetään varmuuskerrointa 1,3. Tällöin rakenteen kestävydestä tulee varmasti riittävä.

$$1,3 \cdot 0,35\text{kN/m}^2 = Q_{w,k} = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$

Hetkellinen aikaluokka ei tule mitoittavaksi lumi- ja tuulikuormalla rasitetuissa rakenteissa, joten niitä ei nyt tarkastella. Kattorakenteiden kiinnitykset tuulen imulle tulee kuitenkin tarkistaa käyttäen osapintojen paikallista tuulenpainetta. Tavallisissa tapauksissa kokonaistuulikuorman ominaisarvo saadaan kaavasta

$$F_{w,k} = c_f \cdot q_{k(h)} \cdot A_{\text{ref}} \quad (\text{EC 5 kaava 2.10})$$

$F_{w,k}$  = tarkasteltavan seinäosan kokonaistuulikuorman ominaisarvo korkeudella 0,6h

$c_f$  = rakenteen voimakertoin, joka luetaan EC 5 taulukosta 2.3 (taulukko 2).

$q_{k(h)}$  = rakennuksen korkeutta vastaava nopeuspaine

$A_{\text{ref}}$  = tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

$$F_{w,k} = 1,6 \cdot 0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 28 \text{ m}^2 = \mathbf{F_{w,k} = 15,8 \text{ kN}}$$

Taulukko 2.  $c_f$  (EC 5 taulukko 2.3)

Kuvaus	$c_f$
Umpinainen rakennus yleensä	1,3
Pulpettikattoinen umpinainen rakennus tarkasteltaessa kattolapteen suuntaista tuulta, kun katon kaltevuus on 5°...40° (toisessa suunnassa $c_f = 1,3$ )	1,5
Osittain avoin rakennus, kun tuulen puoleisella sivulla olevien aukkojen pinta-ala on enintään 30 % rakennuksen ulkoseinien kokonaispinta-alasta.	1,6
Erillinen seinämä	2,1

Rakennuksen runkotolppien mitoitusta varten laskettiin nopeuspaineen avulla myös tuulenpaineen nettopaine  $q_{w,k}$ . Laskentaa varten tarvittiin myös kerroin  $c_{p,net}$ , joka saadaan taulukosta 3.

Taulukko 3.  $c_{p,net}$  (EC 5 taulukko 2.4)

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

Runkotolppa mitoitetaan alueelta, johon kohdistuu suurin pystykuorma. Runkotolppana mitoitettiin porraskuistin päädyn tolppa, joka sijaitsee nurkka-alueella, eli  $c_{p,net}$  arvona käytetään arvoa -1,5.

Rakenteen osapinnoille kohdistuva paikallinen tuulenpaine (imu):

$$q_{w,k} = C_{p,net} \cdot q_k(h) = -1,5 \cdot 0,35 \text{ kN/m}^2 = -0,53 \text{ kN/m}^2$$

### 3.4 Oma paino

Katon oma paino, kattoristikot ja muu kattorakenne kattopelteineen, laskettiin. Kattorakenne on periaatteessa sama kaikissa kolmessa eri osassa, mutta eroja on, esim. katoksessa ei ole eristeitä. Taulukossa 4 esitetään autotallin katon laskelma.

Taulukko 4. Autotallin katon oma paino

Rakenneosa	koko / paketti	jako	paino/massa	massa[kg/m <sup>2</sup> ]
Rannila Classic peltikate				6,2
ruoteet	32 x 66	k 200	5 kN/m <sup>3</sup>	5,45
aluskate	10,5 kg/75 m <sup>2</sup>			0,14
aluskatteen kiinnitys	22 x 100	k 900	5 kN/m <sup>3</sup>	1,22
NR – ristikot		k 900	10 kg/m	11,1
höyrynsulku	25,8 kg/135 m <sup>2</sup>			0,19
lämmöneriste, Ekovilla	300 mm		32 kg/m <sup>3</sup>	9,6
tuulenojhauslevy	6 mm		900 kg/m <sup>3</sup>	5,4
ristiinlaudoitus	2 x 22 x 100	k 400	5 kN/m <sup>3</sup>	5,5
kipsilevy	13 mm		9 kg/m <sup>2</sup>	9

Katon oma paino yhteensä  $54 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{G_{k,OP,katto} = 0,54 \text{ kN/m}^2}$



## 4 RAKENNESUUNNITTELU

### 4.1 Yleistä

Tässä luvussa suunnitellaan rakennuksen kaikki kantavat osat, ja varmistetaan laskelmilla, että suunnitelma on mahdollinen toteuttaa ja turvallinen käyttää. Suunnittelussa otetaan huomioon kaikki kuormat ja niiden siirtäminen kantavia rakenteita pitkin maaperään.

Tontti sijaitsee kaava-alueella, jossa kaava ei rajoita pintamateriaaleja. Yleisten määräysten mukaan rakennuksen tulee sopia ympäristöönsä ja maisemaan, eikä rakentamisella saa olla suurempaa haittatekijää ympäristölle tai kaavoitukselle.

### 4.2 Paloluokan määrittäminen

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa E1 (Suomen rakentamismääräyskokoelma. E1, rakennusten paloturvallisuus. 2002) kantavien rakenteiden paloluokkia on kolme:

- Paloluokassa P1 kantavien rakenteiden oletetaan kestävän palon aikana sortumatta.
- Paloluokassa P2 kantavat rakenteet voidaan suunnitella paloteknisesti heikomiksi kuin paloluokassa 1.
- Paloluokassa P3 ei ole erityisiä paloteknisiä vaatimuksia kantaville rakenteille.

Rakennusosien paloluokat muodostuvat vaatimusten merkinnöistä R, E ja I, joissa kantavuus (R), tiiviys (E) ja eristävyys (I) säilyvät määrätyn ajan (minuuttia).

Rakennusten käyttötarkoitukset ovat asunto ja autosuoja, jolloin palokuormaryhmä on alle  $600 \text{ MJ/m}^2$  (Suomen rakentamismääräyskokoelma. E1, rakennusten paloturvallisuus. 2002). Tässä tapauksessa paloluokka asuinrakennuksen ja autotallin osalta on P3. Autotalli erotetaan omaksi palo-osastokseen katoksen kipsilevytyksellä. Osastoivien rakennusosien vaatimus on EI 30, joten autotallin ikkunoita ja ovia tilatessa on otettava huomioon, että niidenkin rakenneosavaatimus on EI 30. Lammi-harkkojen paloluokka on A1 (Lammin Betoni 2013), joten harkkoseinä voi toimia myös palomuurina.

<b>Taulukon merkinnät:</b>	-	= ei vaatimusta		
<b>Taulukon huomautukset:</b>	<sup>1)</sup>	Vähäisiä osia seinäpinnoista voidaan verhota luokkiin kuulumattomilla tarvikkeilla.		
Autokorjaamot ja -huoltamot, autosuojat (autosuojissa on lievennysmahdollisuus RakMK osan E4 mukaisesti)	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1
<b>TAULUKKO 8.2.2 SISÄPUOLISTEN PINTOJEN LUOKKAVAATIMUKSET</b>				
<b>Käyttötapa</b>	<b>Kohde</b>	<b>Rakennuksen paloluokka</b>		
		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
Asunnot	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 <sup>1)</sup> -	B-s1, d0 <sup>2)</sup> -	D-s2, d2 <sup>1)</sup> -

8.2.4  
Pinnoille voidaan sallia yhtä pääluokkaa lievemmat vaatimukset, jos osaston käyttötapaan nähden

- syttymisen tai palon leviämisen vaara on huomattavasti tavallista vähäisempi tai
- poistumismahdollisuudet ovat erittäin hyvät.

Tämä ei kuitenkaan koske sisäisiä käytäviä, uloskäytäviä eikä sellaisia tiloja, joissa vaatimuksena on luokka D-s2, d2.

**Ohje**  
Lievennyksiä tapauskohtaisesti harkittaessa otetaan huomioon myös rakennustarvikkeen savuntuotto ja palavien pisaroiden tuotto.

Kuva 10. Paloluokan määrittäminen (Suomen rakentamismääräyskokoelma E1)

Edellä olevasta ja kuvan 10 mukaisesti saadaan materiaaleille vaatimukseksi D-s2, d2.

Siinä

- D on tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä
- s2 tarkoittaa, että savuntuotto on vähäistä
- d2 tarkoittaa, että palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

## 4.3 Rakenneratkaisut

### 4.3.1 Pohjarakennus ja perustukset

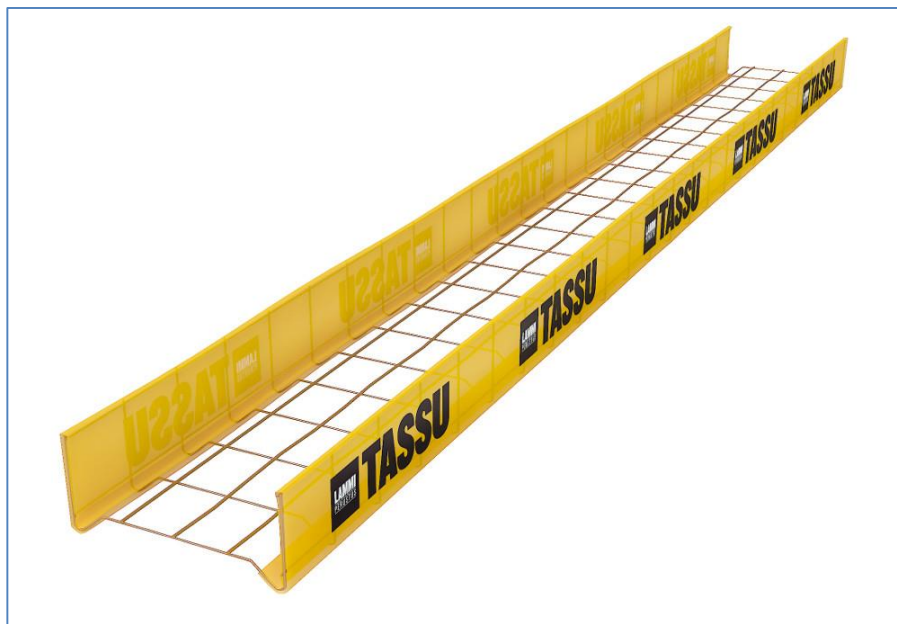
Pohjamaan laadusta ei ole tarkka tietoa, koska pohjatutkimusta ei ole tehty. Koska nykyinen kuisti liikkuu vuodenaikojen myötä, voidaan kuitenkin olettaa, että maa on routivaa. Massoja pitää siis vaihtaa riittävän syvältä anturoiden alta, ja sen lisäksi tasokaivuuna koko rakennusalueelta. Autotallin keskelle kaivetaan myös tila viemäroinnille ja pienelle öljynerotuskaivolle. Talliin ei suunniteltu vesipistettä, jotta ei tarvita suurta erotuskaivoa.

Pintamaan poiston yhteydessä tulee perusmaa kallistaa kohti salaojia vähintään kaltevuu-  
teen 1:100. Pohjamaan ja täyttökerrosten väliin asennetaan suodatinkangas. (RT 81-  
10427 Rakennuspohja ja tonttialueen kuivatus. 1990)

Perustus suunniteltiin olettaen, että anturat voidaan toteuttaa raudoittamattomana seinä-  
anturana, koska kumpikin rakennus on pieni. Anturamuotiksi valittiin Lammi Tassu  
600 x 200 (kuva 11), joka saadaan samaan tilaukseen käytettävien Lammi -valuharkkojen  
kanssa. Tassussa on halkeamaraudoitukset valmiina (kuva 12), joten se on helppo ja no-  
pea asentaa, ja asennus onnistuu haluttaessa tilaajalta itseltään ohjeistuksen mukaan  
(Lammi-perustus Oy a, Lammi-perustus Oy b).

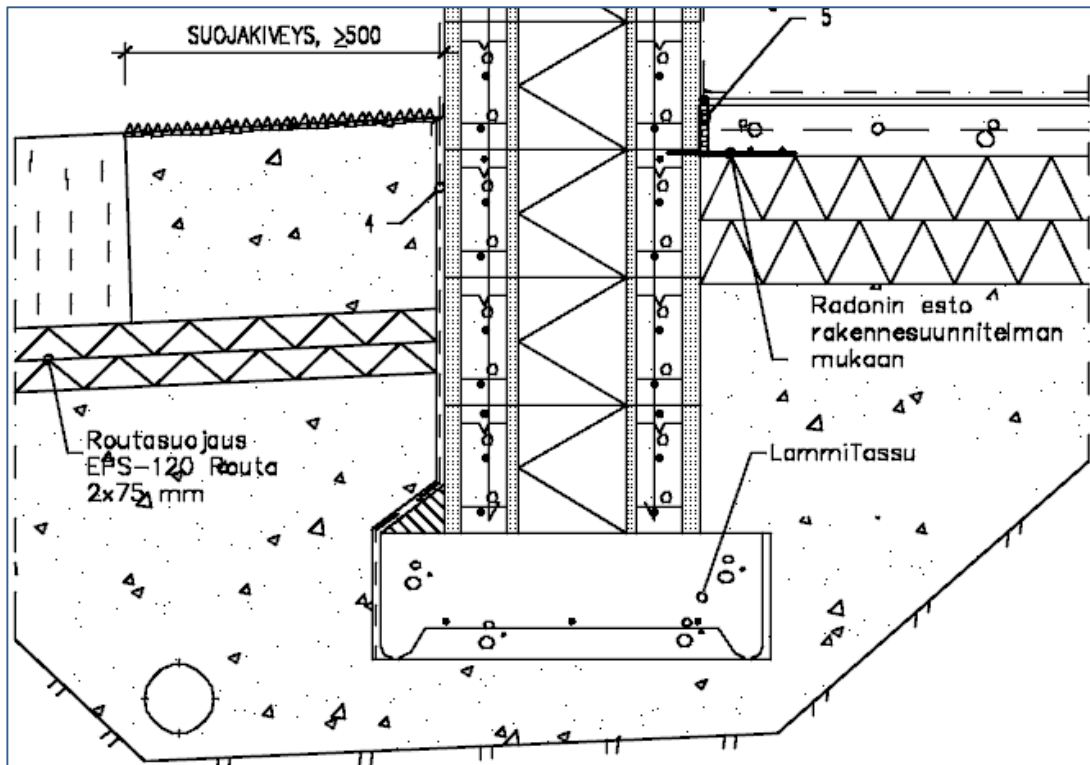
Typpi	Pituus	Leveys	Korkeus	Perusraudoitus	
				1.	2.
LT24	5000	400	200	3T8	T6K200
LT25	5000	500	200	3T8	T6K200
LT26	5000	600	200	3T8	T6K200

Kuva 11. Lammi Tassu koko ja raudoitus (Lammi-perustus Oy)

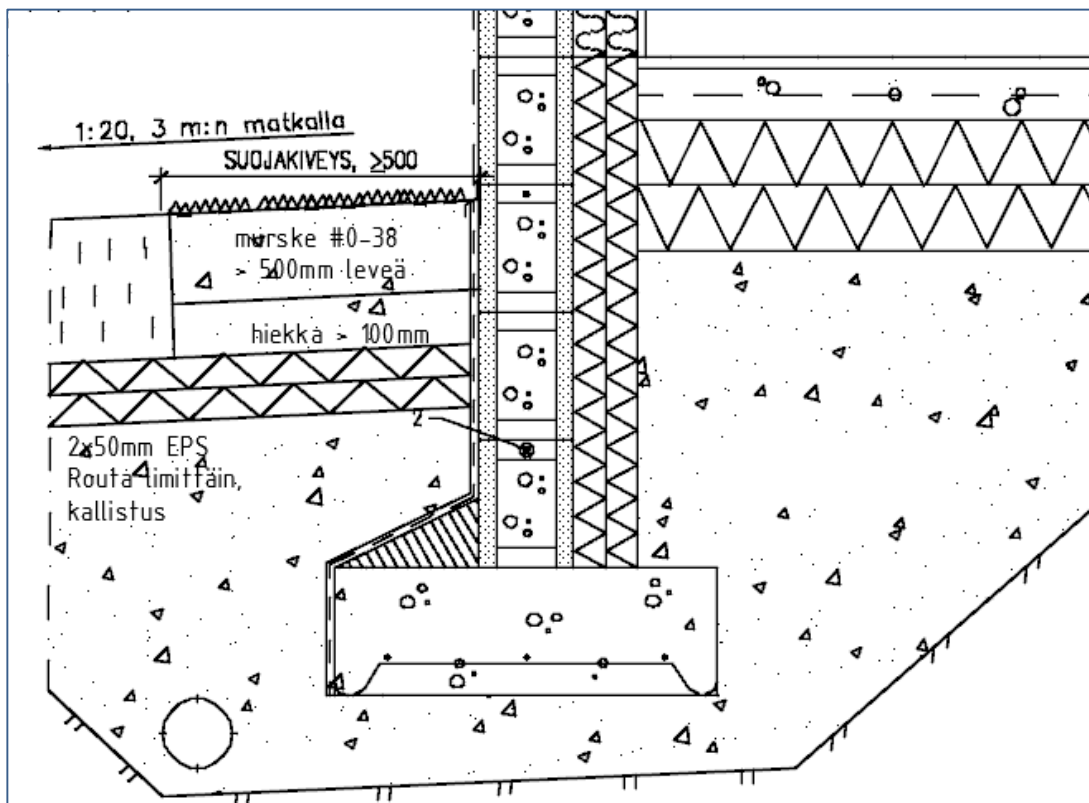


Kuva 12. Lammi Tassun rakenne (Lammi-perustus Oy)

Maata poistetaan noin kahden metrin leveydeltä rakennusten ympäriltä, jotta routalevyt  
saadaan asennettua oikein. Routalevyt asennetaan myös katoksen alle, jotta maa ei roudi  
epätasaisesti (kuvat 13 ja 14).



Kuva 13. Autotallin perustus



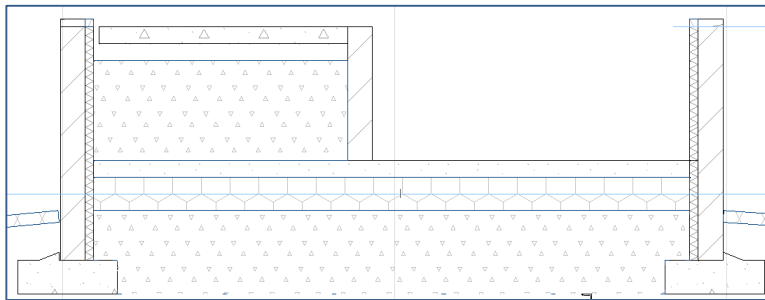
Kuva 14. Porraskuistin perustus

### 4.3.2 Runko

Autotallin runko rakennetaan ladottavista Lammi -harkoista. Tilaajan toiveissa oli harjakattoinen autotalli. Tilaaja haluaa varautua siihen, että viereinen, nyt tilaajan omistuksessa oleva, tontti myydään. Siinä tapauksessa rajan vastaisen seinän tulee olla palomuurina. Tästä syystä päädyttiin suunnittelemaan koko talli harkoista. Kuormituksen muuttuessa ei tule ongelmia kantokyvyn kanssa, jos harjakatto vaihdetaan pulpettikattoon. Pulpettikaton kuormitus on epäsymmetrinen, mutta harkkoseinä kestää kasvaneenkin kuormituksen. Seinää ei lasketa palomuuriksi, kun tallissa on harjakatto. Jos harjakatto vaihdetaan pulpettikattoon, ja muurin korkeus nostetaan korkeammaksi kuin katon ylin kohta, niin seinä toimii palomuurina.

Harkoksi valittiin LH 350, koska se on pienin lämpöharkko. Seinärakenne kestää valmistajan ilmoittamien arvojen mukaan huomattavasti suurempia kuormia kuin pienehkölle kattorakenteelle lasketut oma paino ja lumikuormat (Lammin Betoni Oy 2013).

Porraskuistin korkea sokkeli on erikoisrakenne, jossa toisaalla lattia on lähellä maan pintaa, ja toisaalla se on sokkelin yläreunan tasalla (kuva 15). Tämä on otettava huomioon lämmönläpäisykertoimia tarkasteltaessa. Porraskuistin sokkeli valetaan MH-150 muottiharkkoihin (Lammin Betoni Oy).



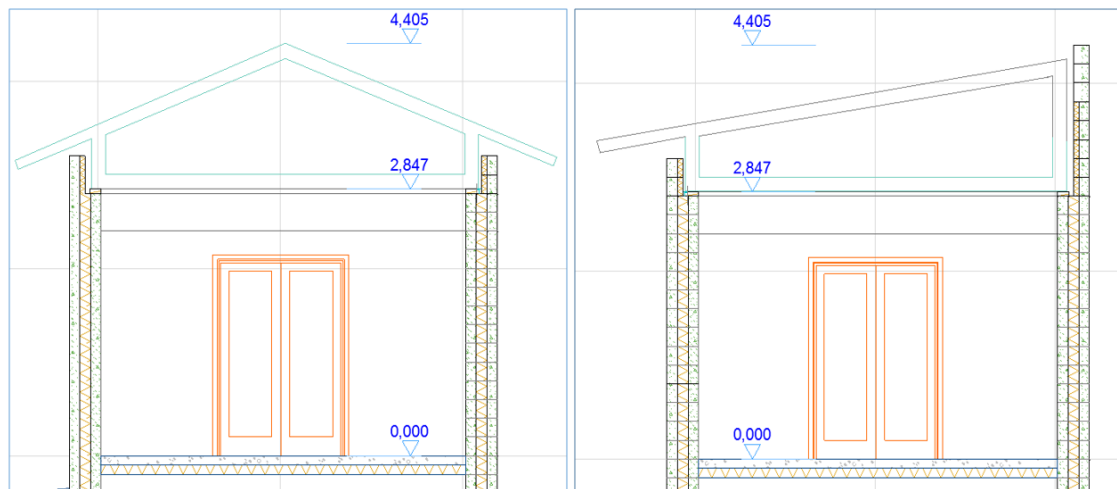
Kuva 15. Porraskuistin sokkelin leikkauskuva

Puurunko rakennetaan sahatavarasta perinteisenä tolpparunkona. Harkkosokkelin yläpintaan asennetaan kumibitumikermi estämään mahdollisesti harkkoja pitkin ylöspäin nousevan kosteuden pääsy alaohjauspuuhun. Alaohjauspuu kiinnitetään muottiharkon betonivaluun holkkiankkureilla 8 x 110 k 1200.

Katon kuormitukset kohdistuvat runkotolppiin, ja lisäksi tuulikuorma aiheuttaa taivutusrasitusta. Runkotolpan kooksi valittiin 150 x 50 ja sen lujuusluokaksi C24. Runkotolpaksi olisi riittänyt kuormien puolesta pienempikin puu, mutta koko seinä haluttiin paksuudeltaan yhtenäiseksi (kestävyystarkastelu kohdassa 4.5.2). Harkkomuurin sisäpuolelle tuleva eristys paksuntaa seinää niin, että runkotolpat suurennettiin, jotta sisäverhouksen kipsilevy saadaan yhtenäiseksi.

### 4.3.3 Kattorakenne

Nyt rakennettavaksi suunniteltiin tilaajan pyynnöstä harjakatto. Mikäli toinen tontti myydään, on rajaseinä korotettava palomuuriksi. Jos palomuurillisessa ratkaisussa halutaan pitää pulpettikaton harjakorkeus samana kuin alkuperäisellä harjakatolla, pitää tallin kaikki kattotuolit vaihtaa (kuva 16). Kauppakirjaan on joka tapauksessa merkittävä rasite toisen tontin puolelle ulottuvista maanalaisista rakenteista.



Kuva 16. Harjakatto- ja pulpettikattorakenne pihan puolelta

Vesikattorakenteet, lumikuormat ja yläpohja päätettiin kantaa kattoristikoidella, jotka asetetaan pääosin 900 mm:n jaolla kantaville ulkoseinille ja katoksen kantaville liimapuupalkeille. Kattoristikoida tulee kolme eri kokoa: autotalli yhdellä, katos ja porraskuisti toisella, ja liitoskohta kolmannella koolla.

Kattotuolit jätettiin ristikkotoimittajan mitoitettaviksi. Mahdollisesti pienin, liitoskohdan ristikko, rakennetaan paikan päällä, jolloin se pitää vielä erikseen mitoittaa.

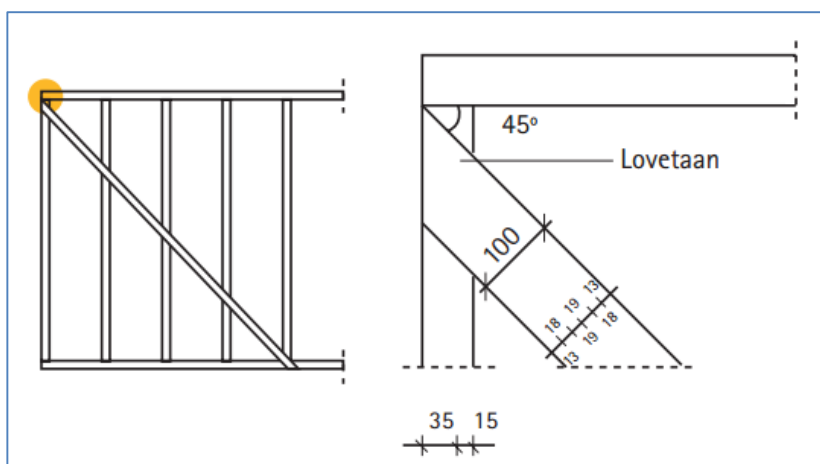
Yläpohjien eristys tehdään puhallusvillalla. Puolilämpimään autotalliin tulee ohuempi kerros eristettä kuin lämpimään porraskuistiin. Kerrosten vahvuus on mitoitettu kohdassa 4.4 U-arvot.

#### 4.3.4 Jäykistys

Puuseinien jäykistys toteutetaan porraskuistin kulmiin sijoitettavilla vinoreevoilla, jotka kuljettavat vaakavoimat sokkelin kautta perustuksiin. Kattoristikoiden alapaarten taso jäykistetään siteillä, jotka naulataan kiinni ristikoihin ja päät ankkuroidaan yläjuoksuun. Yläpaarten taso jäykistyy kattoruoteilla. Kattoristikoiden sivusuuntainen kaatuminen estetään vinoreevoilla, jotka naulataan harjalinjan molemmin puolin (kuvat 17 ja 18).



Kuva 17. Vinoreevat kuistissa ja kattoristikoidissa



Kuva 18. Vinojäykistys, lauta 22x100, naulat 5 kpl 60 x 25 (Suomen Kuitulevy)

Mikäli tuulensuojalevyksi valitaan jäykistävä levy, vinoreevat voidaan jättää porraskuistin seinistä pois.

#### **4.3.5 Lattiat**

Rakennusten lattiat toteutetaan maanvaraisina, jolloin laatan kuormitukset siirtyvät laatan välityksellä maaperään. Tällöin on tärkeää, että maapohja laatan alla on tasoitettu ja tiivistetty huolellisesti.

Betoni pyrkii kutistumaan kuivuessaan. Kuivuessaan betoni halkeilee, ellei halkeilua estetä kutistumisraudoituksella. Kuivumishalkeilu on nyt estetty verkkorauoituksella. Molemmat laatat ovat niin pieniä, että kutistumissaumoja ei tarvita. Betonilaatat pidetään erillään seinärakenteesta solumuovikaistojen avulla.

#### **4.4 U-arvot**

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa määritellään rakennuksen vaipan lämpöhäviö ja vaipan osien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot kokoelman osissa C3 ja C4 (Suomen rakentamismääräyskokoelma. C3. 2010, Suomen rakentamismääräyskokoelma. C4, lämmöneristys. 2003). Näihin viitataan jatkossa merkinnöillä C3 ja C4.

Rakennuksen vertailulämpöhäviön laskennassa käytettävien rakennusosakohtaisten lämmönläpäisykerrointen enimmäisarvot esitetään taulukossa 5. Autotalli suunnitellaan puolilämpimäksi ja porraskuisti lämpimäksi tilaksi.

Yläpohjien tarkastelut tehtiin Puuinfon U-arvon mitoitusohjelmalla. Muissa rakenteissa apuna käytettiin DOFlämpö –ohjelmaa.



Taulukko 5. Lämpimän ja puolilämpimän tilan lämmönläpäisykerrointen enimmäisarvot (C3 Taulukko 3.2)

Rakenneosa	Lämmin tila [W/ m <sup>2</sup> K]	Puolilämmin tila [W/ m <sup>2</sup> K]
Yläpohja	0,09	0,14
Ulkoseinä	0,17	0,26
Alapohja, maata vasten	0,16	0,24
Ikkuna, ovi	1,0	1,4

#### 4.4.1 Autotalli

##### Yläpohja

Puolilämpimän tilan vaatimus: enintään 0,14 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne: 300mm eristevahvuudella puhallusvillaa (liite 1)

YLÄPOHJAN U-ARVO
$U_c = 0.1259 \text{ W/m}^2\text{K}$

U-arvo valitulla rakenteella: 0,13 W/m<sup>2</sup>K (Puuinfon laskentaohjelma)

##### Ulkoseinät

Puolilämpimän tilan vaatimus: enintään 0,26 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne: Lammi EMH 350 (liite 1)

U-arvo valitulla rakenteella: 0,25 W/m<sup>2</sup>K, (valmistajan ilmoittama)

##### Maanvastainen alapohja

Puolilämpimän tilan vaatimus: enintään 0,24 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne: Betonilaatta ja eristys 200mm (liite 2)

U-arvo valitulla rakenteella: 0.23 W/m<sup>2</sup>K (Puuinfon laskentaohjelma, esimerkkikuva laskennasta liitteessä 5.)

#### 4.4.2 Porraskuisti

##### Yläpohja

Lämpimän tilan vaatimus: enintään 0,09 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne: eristevahvuudella 450mm puhallusvillaa (liite 3):

YLÄPOHJAN U-ARVO $U_c = 0.0848 \text{ W/m}^2\text{K}$
--

U-arvo valitulla rakenteella: 0,09 W/m<sup>2</sup>K (Puuinfon laskentaohjelma)

### Ulkoseinä, puurakenne

Lämpimän tilan vaatimus: enintään 0,17 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne puurunko ja eriste 250mm (liite 3)

U-arvo valitulla rakenteella: 0,14 W/m<sup>2</sup>K (laskettu DOFlämmöllä)

### Ulkoseinä, korkea sokkeli

Lämpimän tilan vaatimus: enintään 0,17 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne valuharkko MH 150 ja eriste 100 mm (liite 4)

U-arvo valitulla rakenteella: 0,25 W/m<sup>2</sup>K (laskettu DOFlämmöllä)

Rakennetta on kuitenkin vain 4 m<sup>2</sup> alueella korkeana. Puuseinän vaatimuksia parempi eristävyys korvaa heikommin eristävän pienen seinänosan heikkouden. Esimerkkikuva DOFlämpö-laskennasta liitteessä 6.

### Maanvastainen alapohja

Lämpimän tilan vaatimus: enintään 0,16 W/m<sup>2</sup>K

Valittu rakenne: Betonilaatta ja eristys 200 mm (liite 4)

Valitulla rakenteella: 0,14 W/m<sup>2</sup>K (laskettu DOFlämmöllä)

## 4.5 Kestävyyksien tarkastukset

### 4.5.1 Katoksen kantavat palkit

Lumikuorma keskellä palkkia:		<b>1,84 kN/m<sup>2</sup></b>
Kattorakenne, ei eristystä mutta kaksinkertainen kipsilevytys		
Oma paino yhteensä	64 kg/m <sup>2</sup>	<b>0,64 kN/m<sup>2</sup></b>

Laskennallinen **kuorma yhteensä 2,48 kN/m<sup>2</sup>**

Palkin kooksi saatiin GL32c 90x 270, mitoituksessa käytettiin apuna Finnwood 2.3 –laskeantaohjelmaa (kuva 19).

PROJEKTITIEDOT:	
Projekti:	Talo Sorsa Katos
Nimi:	Katoksen kannatinpalkki
RAKENNETIEDOT:	
Rakennetyyppi:	Kattopalkki/laatta
Materiaali:	GL32c
Poikkileikkaus:	90x270 (B=90 mm, H=270 mm, A=24300 mm <sup>2</sup> , I <sub>y</sub> =147622500 mm <sup>4</sup> , W <sub>y</sub> =1093500 mm <sup>3</sup> )
Käyttöluokka:	1
Seuraamusluokka:	CC2 (KFI=1.0)
Jako/kuormituslev.:	900 mm (pintakuomille)
Uloke-/jännevälipituudet:	
Uloke/jänneväli:	Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1	5400.0



Kuva 19. Kannatinpalkin koko Finnwood-ohjelmalla

Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää Kerto-S 75 x 300 –palkkia.

Rakenteeseen valittiin GL30c 90 x 270, joka on nykynormin mukainen, ja vastaa ominaisuuksiltaan GL32c:tä.

#### 4.5.2 Porraskuistin nurkkapilarit

Heikoimman pilarin kestävyys varmistetaan laskemalla. Heikoimmaksi pilariksi valittiin porraskuistin nurkkapilari oven vieressä. Muilla pilareilla rasitus on samankaltainen. Laskelmat on laskettu Eurokoodi 5, lyhennetty suunnitteluohje -kirjan mukaan.

Seinätolpat oletetaan päistään nivelellisesti tuetuksi. Ulkoseinätolppien heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan tuulensuojalevytyksellä. Yläohjauspuun oletetaan sijaitsevan tolppaan nähden keskeisesti, joten kuorman epäkeskeisyyttä ei ole.

Suurin seinälle tuleva kuorma yhteensä (kinostunut lumi ja oma paino):

$$6,99 \text{ kN/m}^2 + 0,54 \text{ kN/m}^2 = 7,53 \text{ kN/m}^2$$

Seinälle kohdistuva kuorma:

$$7,53 \text{ kN/m}^2 \times 3 \text{ m} = 22,6 \text{ kN/m}$$

$$k \text{ 600, joten yhdelle tolपालle } N_g = 13,6 \text{ kN}$$

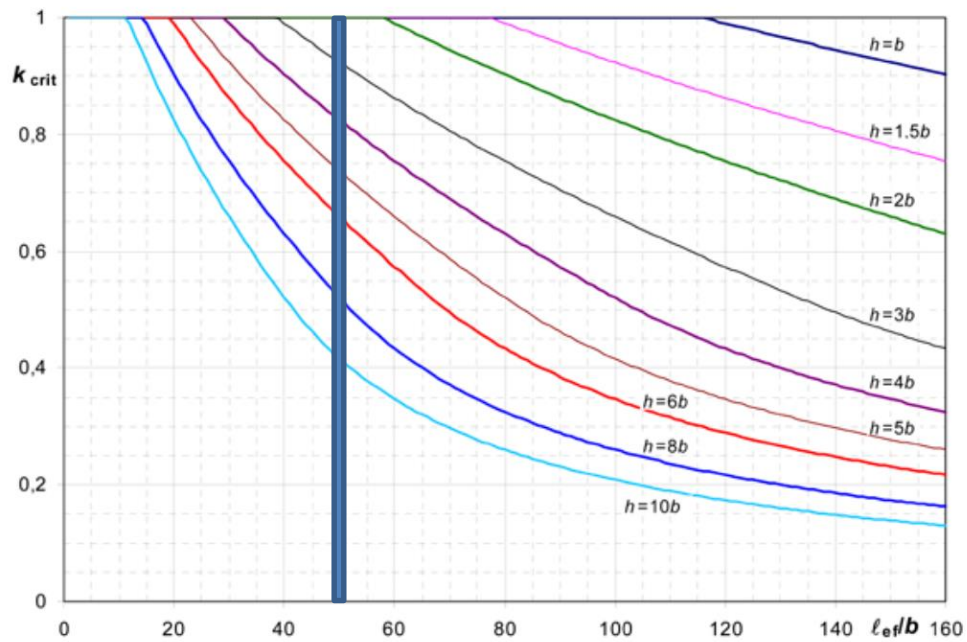
C24 puristuskestävyys  $f_{c,0,k} = 21 \text{ N/mm}^2$

**Maksimi normaalivoima**  $N_d = N_g * 1,35 \Rightarrow N_d = 18,3 \text{ kN}$

Nurjahduspituus  $L_c$  kun  $L=2,3\text{m}$  on  $1 * 2,3\text{m} = 2,3\text{m}$

Nurjahduskerroin saadaan kuvaajasta (kuvio 3).

$$h = 2b, \ell_{ef}/b = 48, k_c = 1$$



Kuvio 3. Kiepahduskertoimen riippuvuus tehollisen pituuden  $\ell_{ef}$  suhteesta palkin leveyteen  $b$  lujuusluokassa C30, kun  $h$  on palkin korkeus (EC 5 kuva 5.4)

**Puristusjännitys**

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b \cdot h} = \frac{18300 \text{ N}}{48 \text{ mm} \cdot 98 \text{ mm}} = 3,89 \text{ N/mm}^2$$

**Puristuslujuus**, kun  $k_{mod} = 0,6$  (taulukko 6)

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

Taulukko 6.  $k_{mod}$  (EC 5 taulukko 3.1)

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka		
		Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Sahatavara, Pyöreä puu, Liimapuu, LVL, Vaneri	1	0,60	0,80	1,10
	2	0,60	0,80	1,10
	3	0,50	0,65	0,90

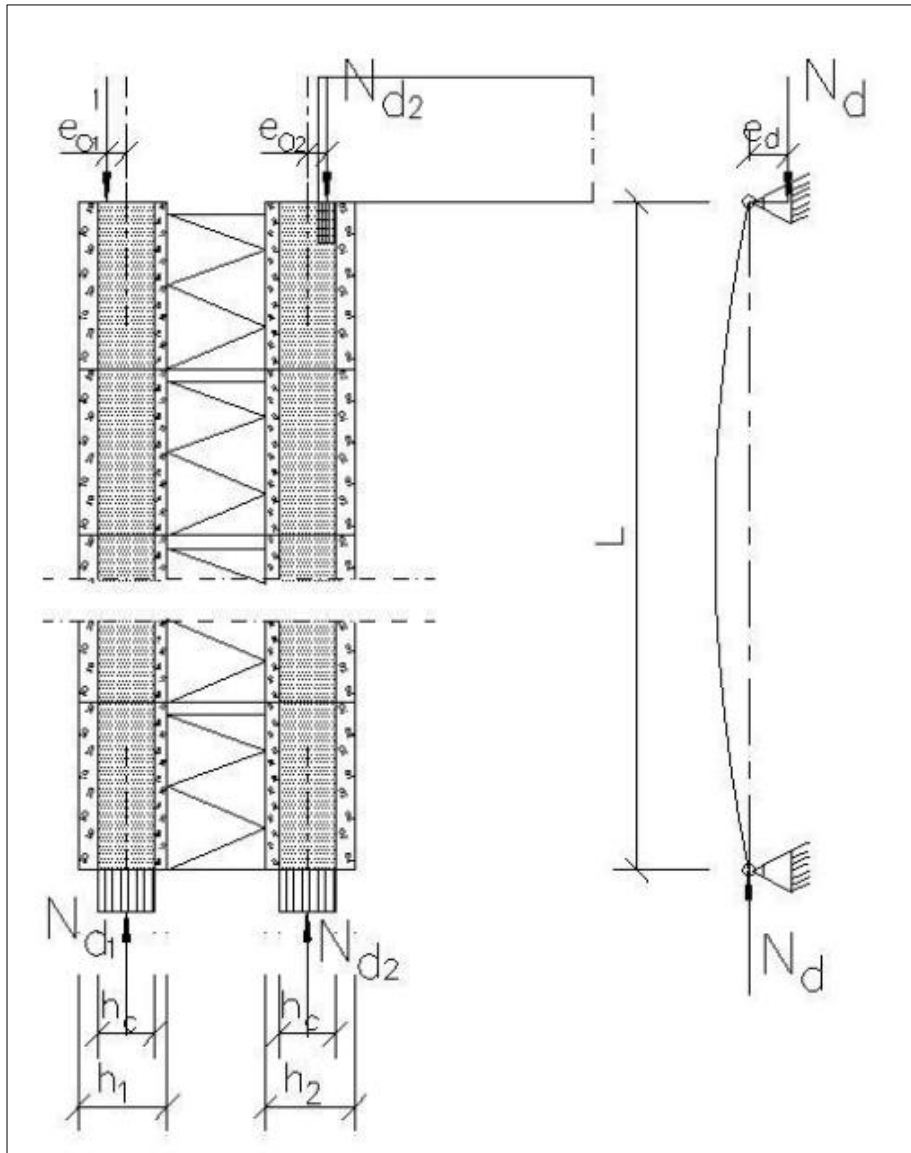
**Mitoitusehto:**  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1$  (EC 5 kaava B.5.7)

$\cdot \frac{3,89 \text{ N/mm}^2}{1 * 9 \text{ N/mm}^2} = 0,43$  eli käyttöaste on 43 %

Runkotolppana olisi kestänyt 98 x 48, mutta muista rakenteellisista syistä päädyttiin leveämpään puuhun 150 x 50 kohdan 4.3.2 mukaisesti.

#### 4.5.3 Autotallin seinät

Seinät on mitoitettu Lammi oy:n mitoitusohjeiden mukaisesti (Lammin Betoni Oy 2013). Seinäharkkojen sisäosat toimivat pystykuormia kantavana rakenteena, kun kattotuolit lepäävät sisäosan varassa (kuva 20).



Kuva 20. Seinän staattinen malli ja pystykuorman epäkeskisyys (Lammi Oy)

Taulukoissa 7 ja 8 on esitetty Lammin käyttämät mitoitusarvot teräkselle ja betonille.

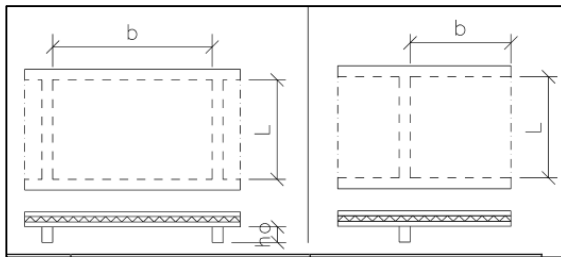
Taulukko 7. Raudituksen lujuusarvot (Lammi Oy)

Rauditus		A 500 HW
Ominaislujuus	$f_{yk}$	500 MPa
Laskentalujuus	$f_{yd}$	417 MPa
Kimmokerroin	$E_s$	200000 MPa
Varmuuskerroin	$\gamma_s$	1,2

Taulukko 8. Betonin lujuusarvot mitoituksessa (Lammi Oy)

Beton		
Betonin lujuusluokka - harkko ja paikallavalubeton (*)		C25/30-2 (ent. K30 )
Puristuslujuus - ominaislujuus - laskentalujuus	$f_{ck} = 0,6 K$ $f_{cd}$	18 MPa 9 MPa
Vetolujuus - ominaislujuus - laskentalujuus	$f_{ctk} = 0,15K$ $f_{ctd}$	1,45 MPa 0,72 MPa
Kimmokerroin	$E_c$	27400 MPa
Varmuuskerroin	$\gamma_c$	2,0

Nurjahduspituutena voidaan käyttää arvoa  $L_c = k_c \cdot L$ , missä  $L$  on seinän vapaa korkeus, ja  $k_c$  on valmistajan ilmoittama kerroin (kuva 21) ja (taulukko 9).



Kuva 21. molemmilta sivuilta ja toiselta sivulta tuetun seinän laskentamerkinnot (Lammi)

Mitta  $b$  on jäykistävien rakenteiden vapaa väli, ja mitta  $L$  on seinän vapaa korkeus.

Tässä tapauksessa  $L = 2,8$  m (kuva 25) ja  $h = 141$  mm = 0,141 m

Taulukko 9. Kerroin  $k_c$  (Lammi Oy)

	Tuki molemmilla pystysivuilla	Tuki vain toisella pystysivuilla
$b/L$	$b/h < 30$ ( $b < 4,2$ m)	$b/h < 15$ ( $b < 2,1$ m)
0,3	0,2	0,5
0,5	0,3	0,7
0,7	0,5	0,8
1,0	0,6	0,9
1,5	0,8	1,0
2,0	0,9	1,0
>2,0	1,0	1,0

Kun  $b < 4,2$  m voidaan käyttää tätä taulukkoa. Nyt  $b = 7,7$  m, kun seinä on tuettu molemmista päistä.  $k_c$  on 1 pihan puolen toisesta päädyistä tuetulla seinällä ( $b = 2$  m).

Seinän nurjahduspituutena käytetään yleensä seinän vapaata korkeutta. Käytetään siis  $L_c = 2,8$  m.

Taulukossa 10 on esitetty keskeisesti raudoitettun seinän sisäosan kantokyky  $N_{uo}$  ilman vaakakuormaa, kun keskeinen pystyraudoitus on T8 k 400, jolloin  $A_s = 126$  mm<sup>2</sup>/m.

Taulukko 10. Keskeisesti raudoitettun seinän sisäosan kantokyky  $N_{uo}$  ilman vaakakuormaa (Lammi Oy)

$e_o$ (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35
$e_d$ (mm)	6	11	16	21	26	31	36	41
$L_c$ (m)	$N_{uo}$ (kN/m)							
1,8	476	414	340	262	199	155	126	104
2,0	460	397	326	251	189	147	120	101
2,2	442	380	310	238	177	137	112	95
2,4	425	362	293	223	165	126	103	88
2,6	409	343	275	207	152	115	94	80
2,8	393	328	264	199	139	105	85	74
3,0	364	304	243	179	127	95	78	67
3,2	344	285	226	165	116	86	70	61
3,4	324	267	210	152	106	78	64	56
3,6	304	250	195	140	97	72	58	51

Taulukossa 11 on esitetty keskeisesti raudoitettun seinän sisäosan kantokyky  $N_{uo}$ , kun seinää rasittaa epäkeskeisen pystykuorman lisäksi tuulikuorma  $q_{wd} = 0,8$  kN/m<sup>2</sup>. Tässä tapauksessa laskettu tuulikuorma on vain 0,46 kN/m<sup>2</sup>, eli noin puolet taulukon laskentavertailusta, eli ollaan selkeästi varmallalla puolella.

Taulukko 11. Keskeisesti raudoitettun seinän sisäosan kantokyky  $N_{uo}$  yhdessä tuulikuorman kanssa. (Lammi Oy)

Keskeinen pystyraudoitus $\phi$ 8 k 400									
$e_o$ (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	$M_{wd}$ (kNm/m)
$e_d$ (mm)	6	11	16	21	26	31	36	41	
$L_c$ (m)	$N_u$ kN/m								
1,8	470	407	333	256	192	150	122	102	0,16
2,0	451	387	315	241	178	137	113	95	0,20
2,2	430	367	296	222	162	124	101	87	0,24
2,4	412	345	274	202	144	109	90	78	0,29
2,6	394	323	250	180	125	94	79	69	0,34
2,8	374	305	234	156	105	80	68	60	0,39
3,0	337	274	203	131	86	68	59	52	0,45
3,2	311	248	173	105	68	57	50	45	0,51
3,4	286	220	143	75	54	47	43	39	0,56
3,6	258	188	108	52	45	40	36	33	0,65

Kestävyudeksi saadaan 305 kN/m, jos oletetaan mukaan rakennusvirheestä syntyvää epäkeskeisyyttä 5 mm.



Suurin katolle tuleva kuorma yhteensä (oma paino ja kinostunut lumi):

$$2,28 \text{ kN/m}^2 + 0,54 \text{ kN/m}^2 = 2,82 \text{ kN/m}^2$$

Seinälle kohdistuva kuorma:

$$2,82 \text{ kN/m}^2 \times 3 \text{ m} = 8,46 \text{ kN/m}$$

Kestävyys jaettuna maksimikuormalla:

$$305 \text{ kN/m} / 8,46 \text{ kN/m} = 35 \text{ (-kertainen)}$$

Suurimmallakin taulukoidulla epäkeskeisyydellä (35 mm) autotallin seinän kantavuus (60 kN/m / 8,5 kN/m) on seitsenkertainen. Betonirakenteen kantavuus on moninkertaisesti suurempi kuin kattorakenteen oma paino ja pahin lumikuorma yhteensä.

#### 4.5.4 Porraskuistin sokkeli

Porraskuistin sokkeli rakennetaan MH-150 -harkoista. Metrin korkuisella seinällä ei valmistajan taulukossa ole kantokykyarvoa. Taulukon 12 mukaan matalin seinä (1,8 m) kestää suurimmalla epäkeskeisyydellä (30 mm) raudoittamattomana 102 kN/m. Puuseinän kuormitettu paino on yhteensä 2,65 kN/m (taulukko 13), joten sokkelirakenne kestää, eikä nurjahdusvaaraa ole.

Taulukko 12. Raudoittamattoman seinän kantokyky  $N_{uo}$  ilman vaakakuormaa (Lammin Betoni)

MH-150							
$e_o$ (mm)	0	5	10	15	20	25	30
$e_d$ (mm)	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5
$L_c$ (m)	$N_{uo}$ (kN/m)						
1,8	574	496	417	338	260	181	102

Taulukko 13. Sokkelin kuormitus

Osa	Neliölle	Metrille
$G_{k,OP,katto}$	0,54 kN/m <sup>2</sup>	3 m*0,54 kN/m <sup>2</sup> = 1,62 kN/m
$G_{k,OP,seinä}$		1,03 kN/m
yhteensä		2,65 kN/m

## 5 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarviot laskettiin puurakenteiselle porraskuistille ja autokatokselle sekä harjoista rakennetulle tallille.

Vanhaa purettaessa hintaa on aina hankala arvioida tarkkaan. Uuden liittäminen vanhaan rakennukseen on nyt arvioitu, mutta kustannukset selviävät vasta, kun vanha on purettu, ja oikeasti nähdään, mitä löytyi. Täysin arvailujen varassa on piha, jossa on lämpökaivoja ja niiden putkituksia korkeudella, jota ei tiedetä, eikä kaivojen tai putkien tarkka sijainti ole tiedossa.

Melko monimutkaiset rakennussuunnitelmat aiheuttavat rakennesuunnitelmissa paljon pieniä yksityiskohtia, jotka lisäävät rakentamisen hintaa, kuten eri kattojen monimuotoiset liitokset.

Harkkorakenteiden hinta-arvio saatiin toimittajalta, joten se on melko tarkka. Kaivuutöiden, kuljetusten ja uusien maa-ainesten hinta-arvio kysyttiin maanrakennusalan yrittäjältä. Se, kuinka paljon maalämpökaivojen sijainnit haittaavat kaivuuta, ja kuinka kaukana on lähin läjitysalue, aiheutti hinta-arvioon melko suuren hintahaarukan. Muihin osiin käytettiin yleisiä kustannuslaskennan viitearvoja.

Melko suuren vaihtelun hinta-arvioon aiheuttaa myös eristys: valitaanko maahan ja lattian alle vahvempi, lähes kokoonpainumaton eriste vai heikompi. Talon sähkötaulun sijainnista ei ole tietoa, joten ei voi arvata, kauanko sähkömiehellä kuluu aikaa liittää uudet rakennukset talon sähköihin.

Laskelmassa on oletettu, että autotalliin ja porraskuistiin tulee painovoimainen ilmanvaihto. Tilaaja toimii itse rakennuttajana ja suorittaa hankinnat.

Laskelmassa on mukana

- maanrakennus (kaivuutyöt, maan poiskuljetus, uudet maat)
- salaojitus, sadevesiputket kaivoineen, öljynerotuskaivo viemäriputkineen, räystäskourut, routaeristys
- harkkoseinät valmiina töineen ja raudoituksineen
- puuseinät töineen

- lattioiden valut töineen
- kattorakenteet töineen
- pienimuotoinen sähköistys töineen (maakaapeli, sähköpiuhaa 50 m, pistorasiat ja kytkimet, talliin oma pienkeskus, loisteputkivalaisimet ja lähestymiskytkinlamp-  
puja, ulkovalaisimet, ilmanvaihtopuhallin, betoniin upotettava sähkölämmitys-  
kaapeli).

Mikäli tilaaja haluaa saada hintaa alemmaksi, helppoja säästökohteita itse tehden ovat

- routalevyjen ja lattiaeristyksen asennus
- putkien asennus
- maan tiivistys
- rautojen asennus
- työmaan siivous
- puhallusvillan asennus vuokrakoneella
- sisäpintojen maalaus
- sähkökaapelien ja putkitusten veto (ei kytkeminen).

Laskelmat on esitetty tilaajalle. Yhteenvedo laskelmista on taulukossa 14:

Taulukko 14. Kustannuslaskennan yhteenvedo

	€	
Pohjarakentaminen, maat	4000-6000	alan yrittäjän arvio
Perustukset, kuivatus yms.	3300-3600	
Seinärakenteet, harkko	13 000	valmistajan arvio
Seinärakenteet, puu	1100	
Sähköt ja lattialämmitys	2300	
Lattiat	1100-1700	
Kattorakenteet	5770	
<b>Yhteensä</b>	<b>30600-33600</b>	

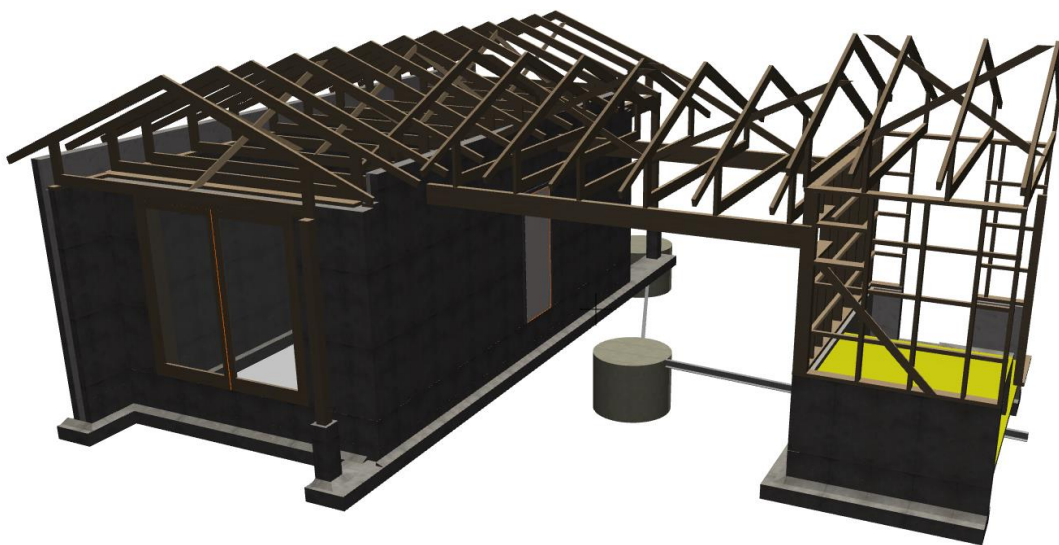
## 6 YHTEENVETO

Yhtenevät rakenteet ja logistiikka ovat tärkeimmät asiat edullisuutta haettaessa. Sen sijaan suuria säästöjä ei saada, jos koetetaan mitoittaa mahdollisimman pienille kestävyyksille.

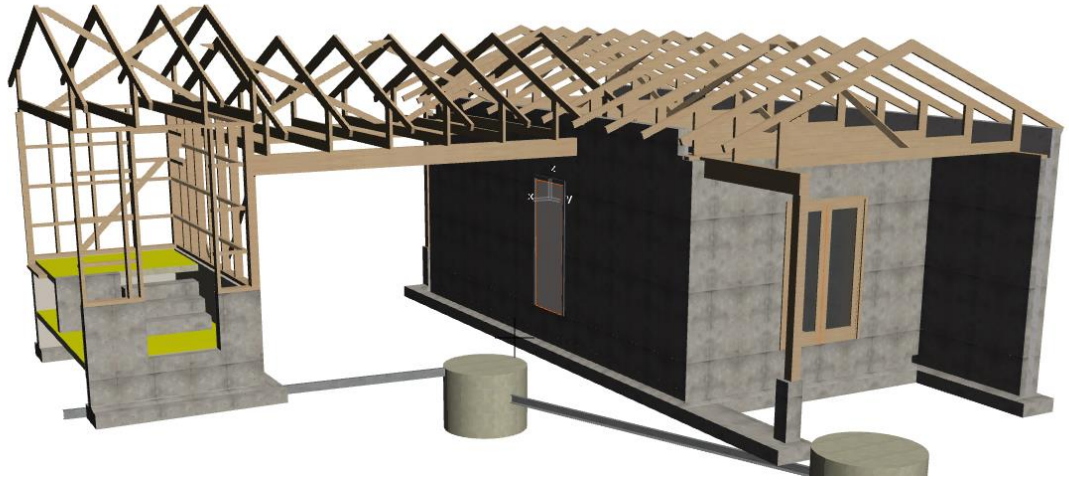
Tilajalle päädyttiin suosittelemaan Lammi-harkoista rakennettua tallia, koska rahaa voidaan tällöin säästää monella tavalla. Harkot voi halutessa pinota itse ohjeiden mukaisesti, ja ulkorappauksen tai ulkopaneloinnin voi tehdä vasta seuraavana vuonna. Anturamuotiksi valittiin Lammi Tassu -perustus helpon asennuksen ja hyvän yhteensopivuuden vuoksi.

Mittatarkat kuvat luovutettiin tilajalle. Varsinaisia rakennuslupakuvia ei piirretty, koska opinnäytetyö on tehty vain sitä varten, että tilaaja voi tehdä päätöksen. Mikäli rakentaminen aloitetaan, pitää kuvat viimeistellä, ja kaivuutöiden alettua piirroksiin tehdään vielä tarkennuksia, kun nähdään, mitä löytyy.

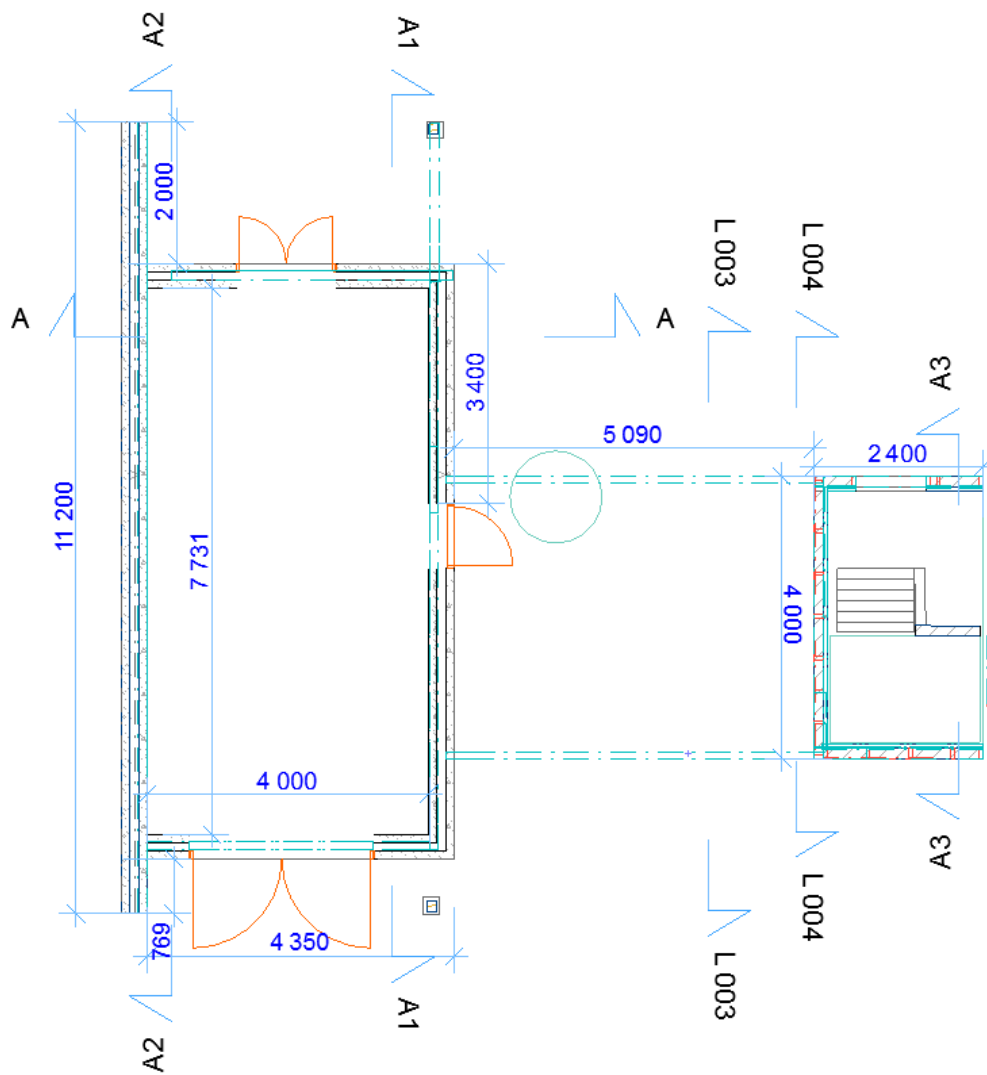
Ohessa kuvia piirustuksista, jotka havainnollistavat opinnäytetyössä suunnitellut rakenteet. Kuvissa 22 ja 23 esitetään suunnitellut rakenteet kolmiulotteisina ja niiden jälkeen on pohjapiirustus ja leikkauskuvia (kuvat 24 – 27).



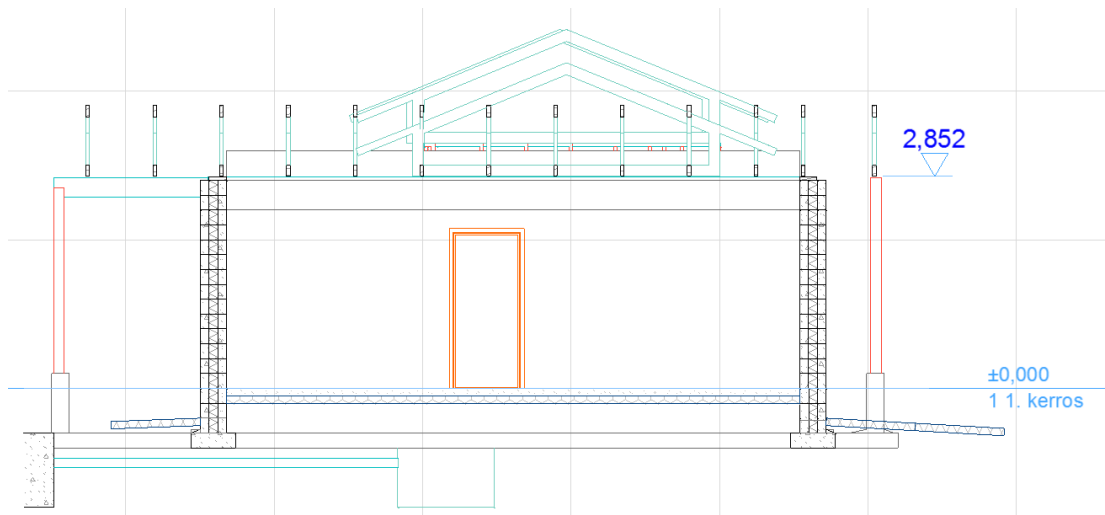
Kuva 22. Havainnekuva kadun puolelta



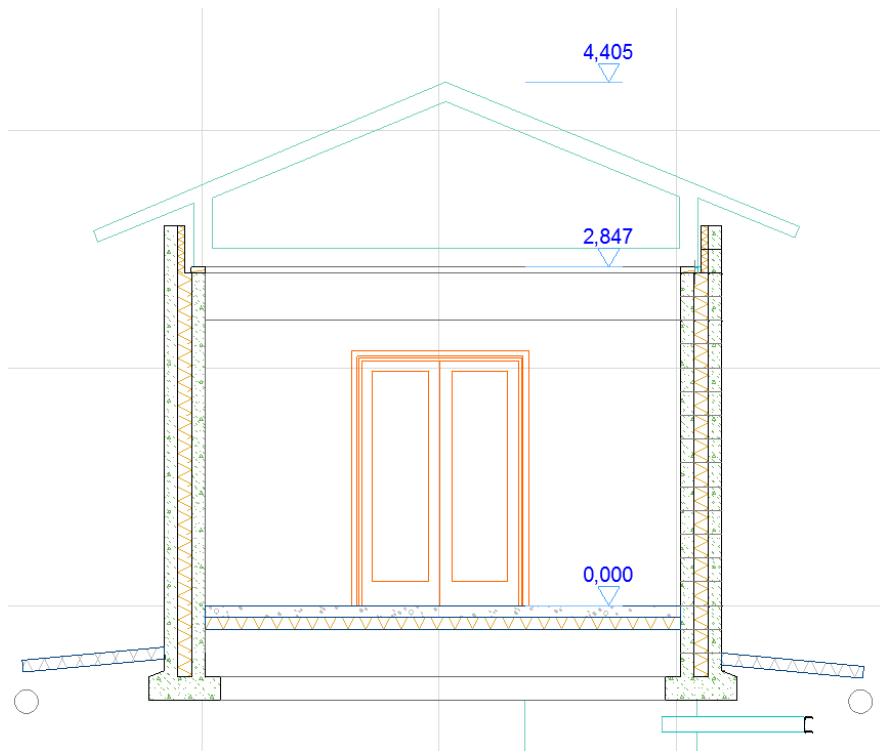
Kuva 23. Havainnekuva pihan puolelta



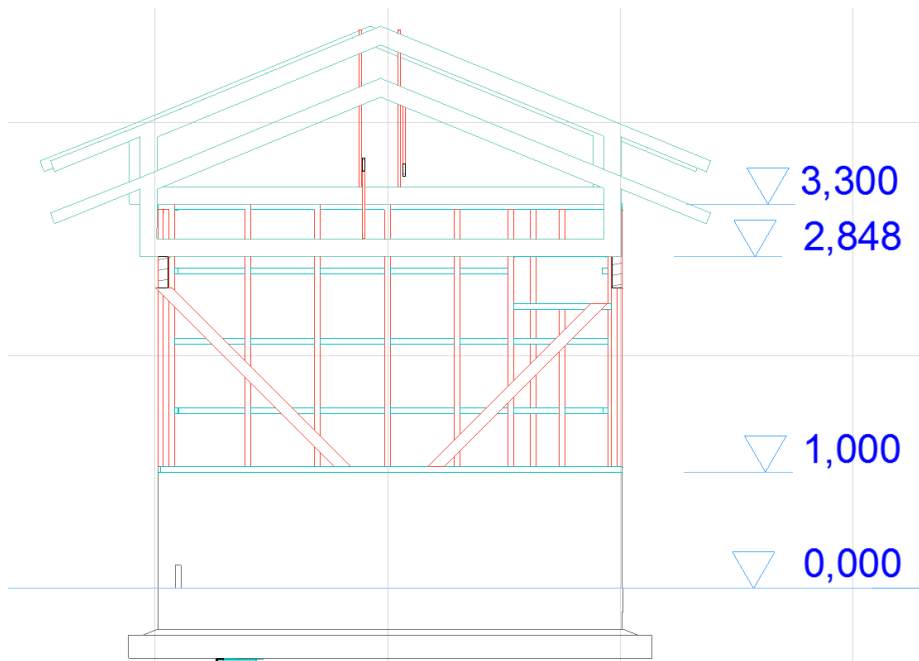
Kuva 24. Pohjakuva



Kuva 25. Leikkaustallin keskeltä pituussuuntaan



Kuva 26. Tallin leikkaus



Kuva 27. Porraskuisti katoksesta päin

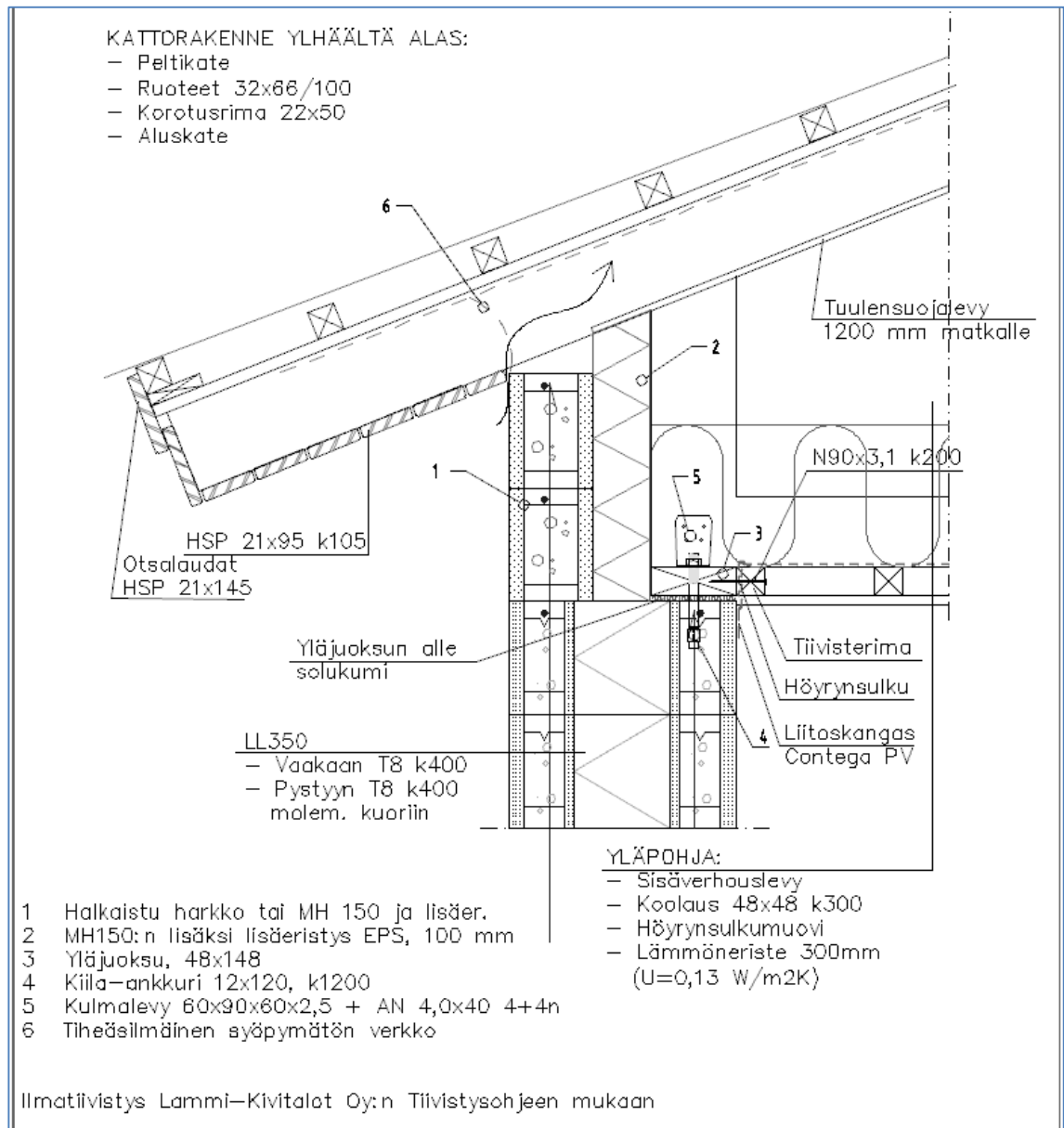
## LÄHTEET

- Eurokoodi 5 lyhennetty ohje - Puurakenteiden suunnittelu. 2013. Kolmas painos. Helsinki: Puuinfo.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. C3. 2010. Helsinki: Ympäristöministeriön asetus rakennuksen lämmöneristyksestä.
- RIL 205-1-2009 Puurakenteiden suunnitteluohje. 2009. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. C4, lämmöneristys. 2003. Helsinki: Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. E1, rakennusten paloturvallisuus. 2002. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.
- RT 81-10427 Rakennuspohja ja tonttialueen kuivatus. 1990. Rakennustieto Oy.
- Lammin Betoni Oy. 2013. Lammi-lämpökivien LL500, LL400 & EMH350 suunnitteluohjeet. Luettu: 12.7.2016. <http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20026/L%C3%A4mp%C3%B6kivet+suunnitteluohje+2013-3.pdf/a73c51b8-8c34-4d6e-a8c8-3ee88efe1ce5>.
- Lammi-perustus Oy. a. Tassu hyvän kodin perustaksi. Luettu: 12.9.2016. [http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20024/TASSU\\_esite\\_FI\\_net.pdf/21c67f9f-d6c2-44d8-ab0a-14966ea855a8?version=1.0](http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20024/TASSU_esite_FI_net.pdf/21c67f9f-d6c2-44d8-ab0a-14966ea855a8?version=1.0).
- Lammi-perustus Oy. b. Työohjeet. Tassu valmismuotti. Luettu: 12.9.2016. [http://www.lammi-kivitalot.fi/media/files/tassu\\_tyohje\\_fi\\_net](http://www.lammi-kivitalot.fi/media/files/tassu_tyohje_fi_net).
- Pohri Oy. Paikkakuntaakohtaiset lumikuormat. Luettu: 19.6.2016. <http://www.pohri.fi/5>.
- Suomen Kuitulevy. Laskenta- ja kiinnitysohje. Luettu: 16.10.2016. [http://www.suomenkuitulevy.fi/files/download/laskenta\\_ja\\_kiinnitysohje.pdf](http://www.suomenkuitulevy.fi/files/download/laskenta_ja_kiinnitysohje.pdf).
- Lammin Betoni Oy. Ladottavien muottiharkkojen suunnitteluohjeet. Luettu: 9.7.2016 [http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20026/mhsuun\\_vihko.pdf/c3ab92a2-5916-460f-af33-a59a9c424ad8](http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20026/mhsuun_vihko.pdf/c3ab92a2-5916-460f-af33-a59a9c424ad8)
- Google Maps. Luettu 30.11.2016. <http://www.maps.google.com/>
- Taloon.com. Luettu: 12.9.-30.10.2016. <http://www.taloon.com/>
- Isover. Luettu 12.6.-30.10.2016. <http://www.isover.fi/>

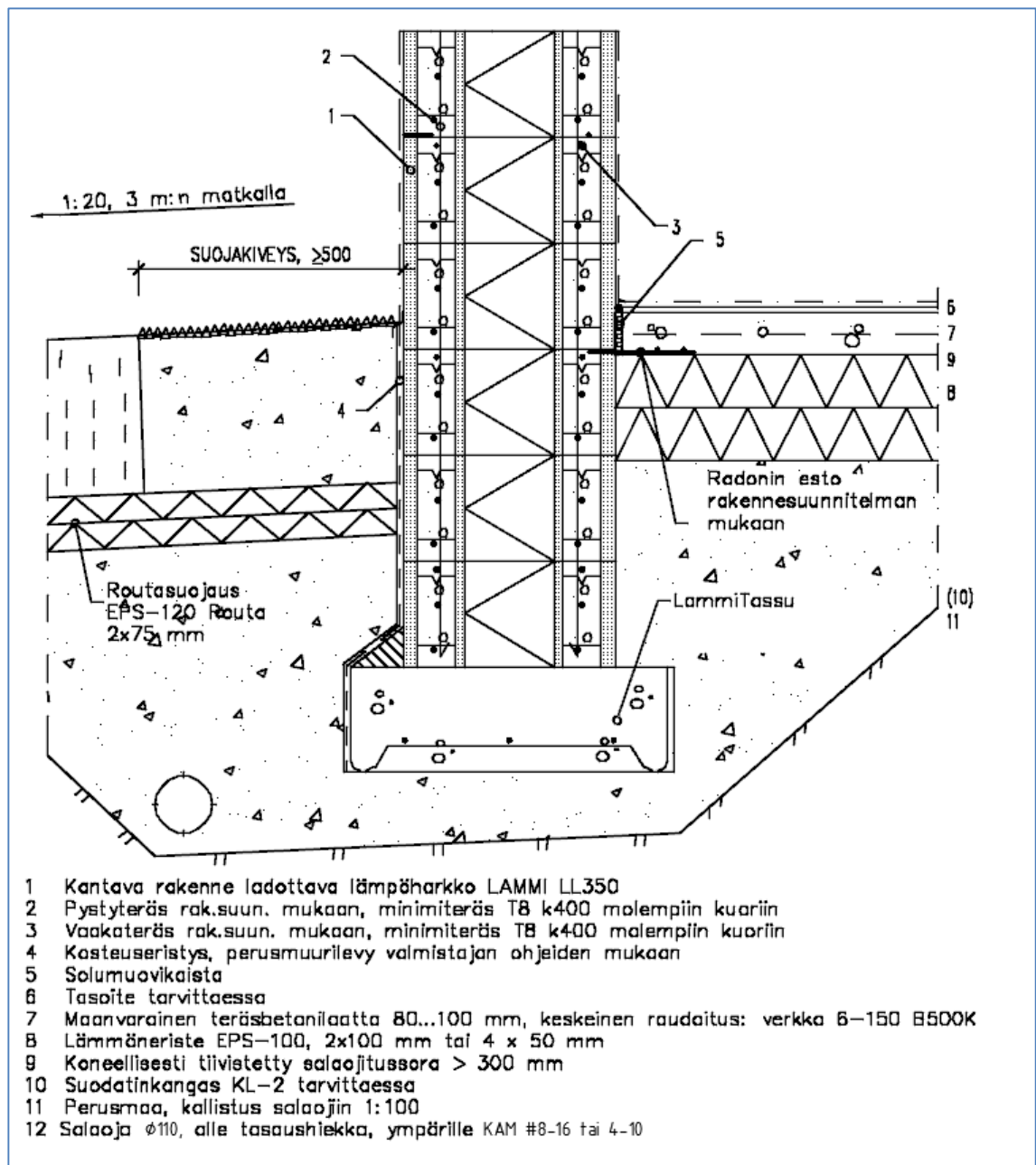


## LIITTEET

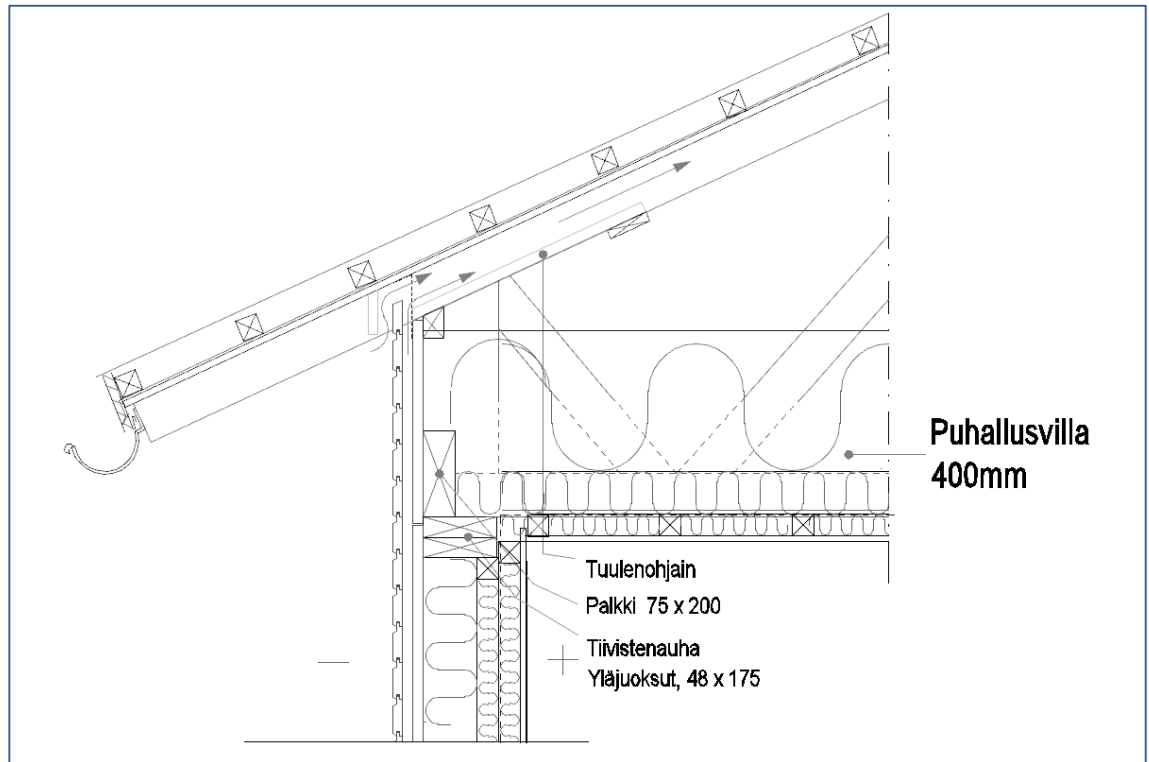
### Liite 1. Rakennekuva, autotalli YP / US



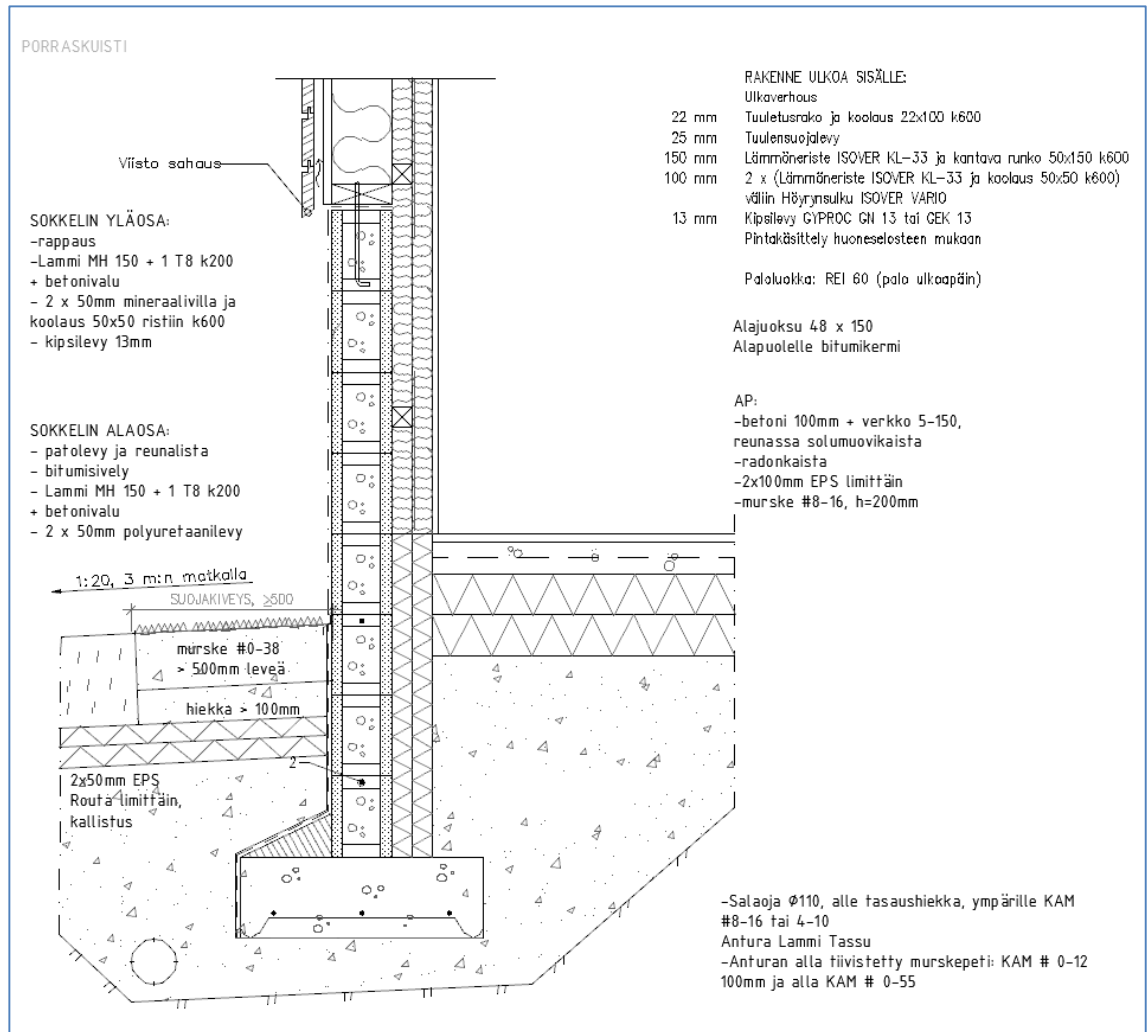
## Liite 2. Rakennekuva, autotalli AP / US



## Liite 3. Rakennekuva, porraskuisti YP / US

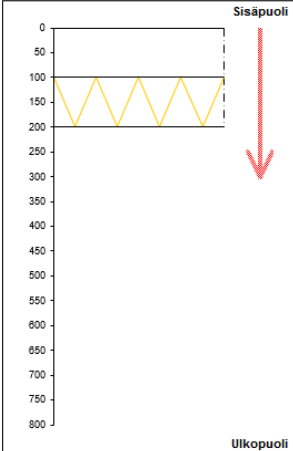


## Liite 4. Rakennekuva, porraskuistin AP / US

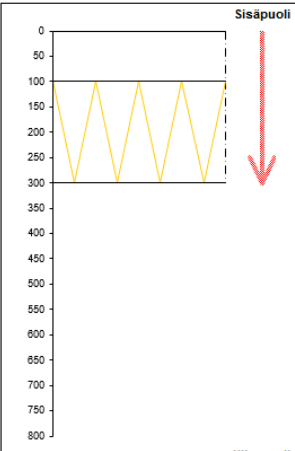


## Liite 5. Alapohjan laskenta Puuinfon laskurilla

## Autotalli AP:

Autotalli Sorsa		U-arvon määrittäminen (EN ISO 13370)																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ALAPOHJA</th> <th>d [mm]</th> <th><math>\lambda</math> [W/mK]</th> <th>R [m<sup>2</sup>K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sisäpinta</td> <td></td> <td></td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>1 Betonilaatta</td> <td>100</td> <td>2,500</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>2 Polystyreeni (EPS)</td> <td>100</td> <td>0,034</td> <td>2,94</td> </tr> <tr> <td>Ulkopinta</td> <td></td> <td></td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table>				ALAPOHJA	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sisäpinta			0,17	1 Betonilaatta	100	2,500	0,04	2 Polystyreeni (EPS)	100	0,034	2,94	Ulkopinta			0,04
ALAPOHJA	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]																				
Sisäpinta			0,17																				
1 Betonilaatta	100	2,500	0,04																				
2 Polystyreeni (EPS)	100	0,034	2,94																				
Ulkopinta			0,04																				
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SUHTEELLINEN LATTIAMITTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>31,0 m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>46,0 m</td> </tr> <tr> <td>B'</td> <td>1,348 m</td> </tr> </tbody> </table>				SUHTEELLINEN LATTIAMITTA		A	31,0 m <sup>2</sup>	P	46,0 m	B'	1,348 m												
SUHTEELLINEN LATTIAMITTA																							
A	31,0 m <sup>2</sup>																						
P	46,0 m																						
B'	1,348 m																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>w</td> <td>0,350 m</td> </tr> <tr> <td>d<sub>t</sub></td> <td>6,732 m</td> </tr> <tr> <td><math>\lambda_{perusmaa}</math></td> <td>2,000 W/mK</td> </tr> <tr> <td>R<sub>si</sub></td> <td>0,170 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> <tr> <td>R<sub>se</sub></td> <td>0,040 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> <tr> <td>R<sub>t</sub></td> <td>2,981 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> <tr> <td>R<sub>g</sub></td> <td>0,308 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> </tbody> </table>				LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS		w	0,350 m	d <sub>t</sub>	6,732 m	$\lambda_{perusmaa}$	2,000 W/mK	R <sub>si</sub>	0,170 m <sup>2</sup> K/W	R <sub>se</sub>	0,040 m <sup>2</sup> K/W	R <sub>t</sub>	2,981 m <sup>2</sup> K/W	R <sub>g</sub>	0,308 m <sup>2</sup> K/W				
LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS																							
w	0,350 m																						
d <sub>t</sub>	6,732 m																						
$\lambda_{perusmaa}$	2,000 W/mK																						
R <sub>si</sub>	0,170 m <sup>2</sup> K/W																						
R <sub>se</sub>	0,040 m <sup>2</sup> K/W																						
R <sub>t</sub>	2,981 m <sup>2</sup> K/W																						
R <sub>g</sub>	0,308 m <sup>2</sup> K/W																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>z</td> <td>- m</td> </tr> <tr> <td>d<sub>w</sub></td> <td>- m</td> </tr> <tr> <td>R<sub>w</sub></td> <td>- m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> </tbody> </table>				SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS		z	- m	d <sub>w</sub>	- m	R <sub>w</sub>	- m <sup>2</sup> K/W												
SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS																							
z	- m																						
d <sub>w</sub>	- m																						
R <sub>w</sub>	- m <sup>2</sup> K/W																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">U-ARVO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\Psi_{s,e}</math></td> <td>-0,03</td> </tr> <tr> <td>U<sub>o</sub></td> <td>0,27 W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>U<sub>ef</sub></td> <td>- W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>U<sub>ow</sub></td> <td>- W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> </tbody> </table>				U-ARVO		$\Psi_{s,e}$	-0,03	U <sub>o</sub>	0,27 W/m <sup>2</sup> K	U <sub>ef</sub>	- W/m <sup>2</sup> K	U <sub>ow</sub>	- W/m <sup>2</sup> K										
U-ARVO																							
$\Psi_{s,e}$	-0,03																						
U <sub>o</sub>	0,27 W/m <sup>2</sup> K																						
U <sub>ef</sub>	- W/m <sup>2</sup> K																						
U <sub>ow</sub>	- W/m <sup>2</sup> K																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ALAPOHJAN U-ARVO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U<sub>c</sub></td> <td><b>0,2246 W/m<sup>2</sup>K</b></td> </tr> </tbody> </table>				ALAPOHJAN U-ARVO		U <sub>c</sub>	<b>0,2246 W/m<sup>2</sup>K</b>																
ALAPOHJAN U-ARVO																							
U <sub>c</sub>	<b>0,2246 W/m<sup>2</sup>K</b>																						

## Porraskuisti AP:

Porraskuisti Sorsa		U-arvon määrittäminen (EN ISO 13370)																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ALAPOHJA</th> <th>d [mm]</th> <th><math>\lambda</math> [W/mK]</th> <th>R [m<sup>2</sup>K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sisäpinta</td> <td></td> <td></td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>1 Betonilaatta</td> <td>100</td> <td>2,500</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>2 Polystyreeni (EPS)</td> <td>200</td> <td>0,034</td> <td>5,88</td> </tr> <tr> <td>Ulkopinta</td> <td></td> <td></td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table>				ALAPOHJA	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sisäpinta			0,17	1 Betonilaatta	100	2,500	0,04	2 Polystyreeni (EPS)	200	0,034	5,88	Ulkopinta			0,04
ALAPOHJA	d [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]																				
Sisäpinta			0,17																				
1 Betonilaatta	100	2,500	0,04																				
2 Polystyreeni (EPS)	200	0,034	5,88																				
Ulkopinta			0,04																				
																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SUHTEELLINEN LATTIAMITTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>9,6 m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>12,8 m</td> </tr> <tr> <td>B'</td> <td>1,500 m</td> </tr> </tbody> </table>				SUHTEELLINEN LATTIAMITTA		A	9,6 m <sup>2</sup>	P	12,8 m	B'	1,500 m												
SUHTEELLINEN LATTIAMITTA																							
A	9,6 m <sup>2</sup>																						
P	12,8 m																						
B'	1,500 m																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>w</td> <td>0,170 m</td> </tr> <tr> <td>d<sub>t</sub></td> <td>12,435 m</td> </tr> <tr> <td><math>\lambda_{perusmaa}</math></td> <td>2,000 W/mK</td> </tr> <tr> <td>R<sub>si</sub></td> <td>0,170 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> <tr> <td>R<sub>se</sub></td> <td>0,040 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> <tr> <td>R<sub>t</sub></td> <td>5,922 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> <tr> <td>R<sub>g</sub></td> <td>0,343 m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> </tbody> </table>				LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS		w	0,170 m	d <sub>t</sub>	12,435 m	$\lambda_{perusmaa}$	2,000 W/mK	R <sub>si</sub>	0,170 m <sup>2</sup> K/W	R <sub>se</sub>	0,040 m <sup>2</sup> K/W	R <sub>t</sub>	5,922 m <sup>2</sup> K/W	R <sub>g</sub>	0,343 m <sup>2</sup> K/W				
LATTIAN EKVIVALENTTI PAKSUUS																							
w	0,170 m																						
d <sub>t</sub>	12,435 m																						
$\lambda_{perusmaa}$	2,000 W/mK																						
R <sub>si</sub>	0,170 m <sup>2</sup> K/W																						
R <sub>se</sub>	0,040 m <sup>2</sup> K/W																						
R <sub>t</sub>	5,922 m <sup>2</sup> K/W																						
R <sub>g</sub>	0,343 m <sup>2</sup> K/W																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>z</td> <td>- m</td> </tr> <tr> <td>d<sub>w</sub></td> <td>- m</td> </tr> <tr> <td>R<sub>w</sub></td> <td>- m<sup>2</sup>K/W</td> </tr> </tbody> </table>				SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS		z	- m	d <sub>w</sub>	- m	R <sub>w</sub>	- m <sup>2</sup> K/W												
SEINÄN EKVIVALENTTI PAKSUUS																							
z	- m																						
d <sub>w</sub>	- m																						
R <sub>w</sub>	- m <sup>2</sup> K/W																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">U-ARVO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\Psi_{s,e}</math></td> <td>-0,01</td> </tr> <tr> <td>U<sub>o</sub></td> <td>0,15 W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>U<sub>ef</sub></td> <td>- W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> <tr> <td>U<sub>ow</sub></td> <td>- W/m<sup>2</sup>K</td> </tr> </tbody> </table>				U-ARVO		$\Psi_{s,e}$	-0,01	U <sub>o</sub>	0,15 W/m <sup>2</sup> K	U <sub>ef</sub>	- W/m <sup>2</sup> K	U <sub>ow</sub>	- W/m <sup>2</sup> K										
U-ARVO																							
$\Psi_{s,e}$	-0,01																						
U <sub>o</sub>	0,15 W/m <sup>2</sup> K																						
U <sub>ef</sub>	- W/m <sup>2</sup> K																						
U <sub>ow</sub>	- W/m <sup>2</sup> K																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ALAPOHJAN U-ARVO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U<sub>c</sub></td> <td><b>0,1360 W/m<sup>2</sup>K</b></td> </tr> </tbody> </table>				ALAPOHJAN U-ARVO		U <sub>c</sub>	<b>0,1360 W/m<sup>2</sup>K</b>																
ALAPOHJAN U-ARVO																							
U <sub>c</sub>	<b>0,1360 W/m<sup>2</sup>K</b>																						

## Liite 6. Korkean sokkelin laskenta DOFlämmöllä

