

# **PIENTALON BETONISTEN PERUSTUSRAKEN- TEIDEN KUSTANNUSVERTAILU JA NIIHIN SI- SÄLTÄVÄT MAANRAKENNUSTYÖT**

Honkanen Sami

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2012  
081351  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

HONKANEN, SAMI: Pientalon betonisten perustusrakenteiden kustannusvertailu ja niihin sisältyvät maanrakennustyöt

Opinnäytetyö 52 s., josta liitteitä 4 s.  
Toukokuu 2012

---

Pientalon perustamisen kustannukset vaihtelevat huomattavasti perustustavoitain. Huomioonotettavia asioita ovat mm. salaojitukset, täyttötöyt, perustustapa ja näihin sisältyvät työt kuten routasuojaus ja muottityöt. Eri vaihtoehtojen toteutusaika työmaalla vaihtelee, millä on vaikutusta työvaiheiden kokonaiskustannuksiin.

Perustustapojen kustannuksia lähdettiin tutkimaan kolmen eri vaihtoehdon osalta. Vaihtoehdot olivat Soklex-perustustapajärjestelmä, lautamuotti ja lautamuotin sekä sokkelielementin käyttö yhdessä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mikä perustustavoista on kustannustehokkain ja kuinka suuria erot ovat sekä mitä työvaiheita perustustapoihin sisältyy.

Opinnäytetyössä laskettujen kustannusten perusteella Soklex-muotteja käytettäessä kustannukset ovat alhaisimmat sekä materiaalien että tehdyn työn osalta. Palkkakustannukset ovat suuri osa perustustapojen kokonaishinnasta. Lautamuottien käytössä materiaalien hinta on korkeampi ja työvaiheisiin kuluu huomattavasti enemmän aikaa. Anturan valmistus lautamuottia käyttämällä ja sokkelielementin asentaminen anturan päälle on kolmesta vaihtoehdosta toiseksi kallein/halvin.

Opinnäytetyön jatkotutkimus- ja kehittämissuositukseksi ehdotetaan samankaltaisen tutkimuksen toteuttamista useampaa perustustapaa tarkastellen tai kokonaisrakennuksia tarkastellen aina perustuksista vesikattoon asti.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Option of Civil Engineering

HONKANEN, SAMI: The cost comparison of concrete foundations of detached houses and related excavation works.

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 4 pages  
May 2012

---

The cost's of detached houses foundations varies between foundation systems. It includes subsurface draining, filling, protection against ground frost and mould works. The duration of work phases affects to the labour expenses which increases the final expenses of the foundations significantly.

There are three different foundation systems that are under observation in this thesis: Soklex moulds, board forms and a precast concrete member. The purpose of this thesis was to clear out which one out of the three was the best foundation system in means of cost effectiveness and what the differences in work phases are and how significant they are.

The calculations made in this thesis point out that the Soklex moulds are the most cost effective in terms of material expenses as well as labour expenses because the system requires much less time to complete than the other two. When using the board forms the time needed to complete the forms itself as well as reinforcing the forms takes much more time than while using the Soklex moulds. The second best way to build a natural foundation bed is the precast concrete member that is assembled on top of the foundation base because the material and time needed is less than when using just board forms.

As a developmental suggestion a similar cost effectiveness research could be done to different kinds of foundations and components or different kinds of buildings altogether.

---

Keywords: Detached house, natural foundation bed, Soklex mould, cost effectiveness

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Maanrakennus Sulin Oy:tä ja Tero Sulinia opinnäytetyön aiheen tarjoamisesta sekä Reijo Rasmusta opinnäytetyön ohjaamisesta kirjoitusprosessin ajan. Haluan myös kiittää kihlattuani, perhettäni ja läheisiäni saamastani tuesta. Ilman tukeanne opinnäytetyö ei olisi valmistunut.

Tampereella 12.5.2012

Sami Honkanen

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta.....	7
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus .....	7
1.3 Työn rakenne .....	8
2 PIENTALON PERUSTUKSET .....	9
2.1 Maaperän huomioonottaminen perustustapaa valittaessa .....	9
2.2 Perustustavat .....	9
2.3 Kuivatus.....	9
2.4 Routasuojaus .....	12
2.5 Radon.....	12
3 PIENTALON MAANVARAISET PERUSTUSVAIHTOEHDOT .....	14
3.1 Soklex-perustusjärjestelmä .....	14
3.1.1 Soklex-muottien ominaisuudet.....	14
3.1.2 Soklex-mallisto.....	15
3.1.3 Muottien asentaminen.....	15
3.1.4 Täyttö ja tuentatyöt .....	17
3.1.5 Valutyöt.....	18
3.1.6 Valmis perustus .....	19
3.2 Lautamuotti.....	19
3.2.1 Paikkojen mittaus ja merkintä .....	20
3.2.2 Muotin pystytys .....	21
3.2.3 Lämmöneristyksen asentaminen .....	23
3.2.4 Raudoitus.....	24
3.2.5 Muottien valaminen.....	25
3.2.6 Muottien purku .....	25
3.3 Lautamuotti ja sokkelielementti .....	26
4 ESIMERKKIKOHTTEEN LASKENTA .....	28
4.1 Kohteen sijainti .....	28
4.2 Kohteen toteutus .....	28
4.3 Kohteen kustannuslaskelmat eri perustustapavaihtoehdoilla .....	28
4.3.1 Soklex-perustustapajärjestelmän kustannukset.....	31
4.3.2 Lautamuotin kustannukset.....	33

	6
4.3.3 Betonisen sokkelielementin kustannukset .....	37
5 TULOSTEN TARKASTELU .....	41
6 POHDINTA .....	43
6.1 Lähteiden luotettavuus ja eettisyys.....	43
6.2 Tulosten yhteenveto .....	43
6.3 Oma oppimiskokemus.....	44
6.4 Jatkotutkimus- ja kehittämissuhteet.....	45
LÄHTEET .....	46
LIITTEET .....	48

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Pientalorakentamisessa pitää ottaa huomioon perustamistapa. Perustustapaa mietittäessä on otettava huomioon useat eri työvaiheet, joihin sisältyvät mm. salaojitukset ja kuivatusratkaisut sekä perustustapoihin liittyvät kustannuserot. Jokaisella perustustavalla on omat työvaiheensa ja kestdnsa, jotka vaikuttavat oleellisesti sekä työn etenemiseen että valmiin rakennuksen kustannuksiin.

Yleisimmät pientalotyömaalta löytyvät perustustavat tehdään kivrakenteisina: betoni- tai kevytsoraharkkoista, paikalla valetusta betonista tai betonielementeistä. Nykyään määrällisesti eniten pientalotyömaalta löytyy materiaaleista kevytsoraharkkoa, mutta betonisten elementtien suosio kasvaa jatkuvasti niiden nopeuden ansiosta. (Saarinen 2011, 10.) Erilaisia perustustapoja ovat muun muassa matalaperustukset, syväperustukset ja pilariperustukset. Tässä opinnäytetyössä käsitellään matalaperustuksia ja maanvaraisia perustuksia.

Opinnäytetyön aihe valittiin aikaisempien kesätyökokemusten pohjalta. Opinnäytetyössä esitellään kolme perustustapavaihtoehtoa ja niihin sisältyviä maanrakennustöitä tiettyine rajoituksineen.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tarkoituksena on selventää esiteltävien perustustapavaihtoehtojen keskeisimmät työvaiheet ja niihin liittyvät kustannukset. Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä kolme erilaista perustustapaa ja vertailla niiden kustannuksia ja aikatauluja sekä selvittää, onko esiteltävien perustustapavaihtoehtojen kustannustehokkuuksissa merkittäviä eroja ja mikä on paras vaihtoehto pientalon maanvaraiseksi perustusratkaisuksi. Tarkastelun ulkopuolelle jäi harkkoperustus.

Perustusten tekoa käsitellään vain kesän osalta ja lisäksi kustannuksia laskettaessa pohjamaan oletetaan olevan hyvänlaatuista, jolloin anturan alle tulee kantava kerros murskeesta ja kapillaarikatko sepelistä. Tässä opinnäytetyössä

ei myöskään huomioida kunnallistekniikan, kuten viemäröinnin ja kaukolämmön asentamisen vaikutusta kustannuksissa ja työvaiheissa. Kohteen muoto on kaikkien perustustapojen kustannuksia laskettaessa suorakulmio, ja sen pituus on 26,32 metriä ja leveys 9,41 metriä. Paikkakuntana toimii Tampereen seutu.

### 1.3 Työn rakenne

Tässä työssä käsitellään aluksi pientalon perustuksiin sisältyviä asioita yleisellä tasolla ja selvitetään mitä tulee ottaa huomioon. Tämän jälkeen käsitellään erilaisia pientalojen maanvaraisia perustustapavaihtoehtoja ja niihin liittyviä keskeisiä työvaiheita, jonka jälkeen siirrytään esimerkkikohteen laskentaan ja perehdytään kunkin perustustapavaihtoehdon kustannuseriin. Lopuksi käsitellään kustannuslaskennoista selvitettyjä faktoja ja pohditaan, onko vaihtoehtojen kustannustehokkuuksissa merkittäviä eroja. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Maanrakennus Sulin Oy:n kanssa.



## 2 PIENTALON PERUSTUKSET

### 2.1 Maaperän huomioonottaminen perustustapaa valittaessa

Pientalon rakentamisen tavoitteena on perustaa rakennus kantavalle maapohjalle tai kalliolle. Parhaassa tapauksessa ei tarvitse poistaa kuin pintamaa rakennuksen alta, jonka jälkeen perustusten alusta tasataan ja tiivistetään huolellisesti murskeella. Huonosti kantavalle maapohjalle joudutaan suorittamaan massanvaihto tai pahimmillaan rakennus joudutaan perustamaan paalujen vaaraan. (Saarinen 2011, 9.)

Perustamistapa valitaan usein tontin maanpinnan kantavuuden ja sen korkeus-suhteiden mukaan sekä kantavien rakenteiden ja niiden kuormitusten perusteella (Saarinen 2011, 9). Yleisesti pyritään välttämään erilaisten perustustapojen käyttöä saman rakennuksen alla (Jääskeläinen 2009, 47). Arkkitehtuuri voi vaikuttaa myös osaltaan talon perustusratkaisuun. Perustukselta odotetaan moitteetonta toimintaa, riittävää lujuutta sekä hyvää lämmön- että kosteuseristystä. (Saarinen 2011, 9–10.)

### 2.2 Perustustavat

Perustustavat voidaan jakaa kolmeen luokkaan: matala-, syvä- ja pilariperustuksiin. Matalaperustukset ovat maanvaraisia antura- ja laattaperustuksia sekä kevennysperustuksia, joissa perustukset suojataan routaeristeellä. Syväperustuksissa perustukset viedään syvälle routimattomaan syvyyteen, jolloin erillisen routasuojauksen tarve poistuu. (Saarinen 2011, 10–11.) Tässä opinnäytetyössä käsitellään maanvaraisia perustuksia.

### 2.3 Kuivatus

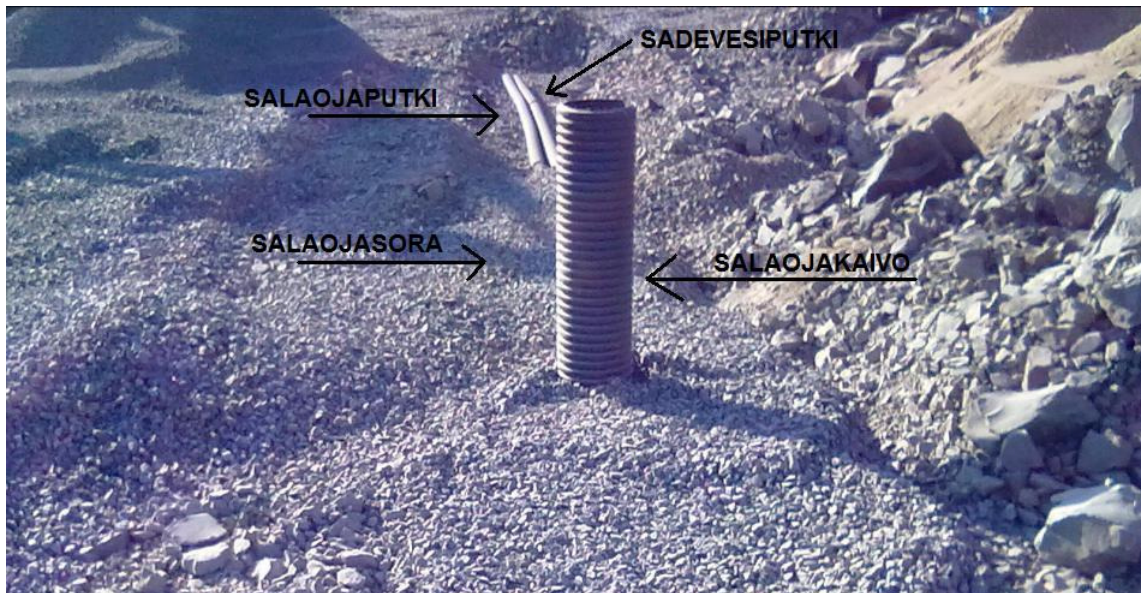
Yleisimmät rakentamisessa esiintyvät vauriot ovat kosteus-, routa- ja painumavaurioita. Myös homeongelmat ovat erityisesti nostaneet kosteuskysymyksiä

vahvasti esille. Kuivatus on erittäin tärkeää rakentamisen kannalta, niinpä ohjeita on tarkennettu ja varmempiin menettelyihin on pyritty ongelmien eliminoinniseksi. (Jääskeläinen 2009.)

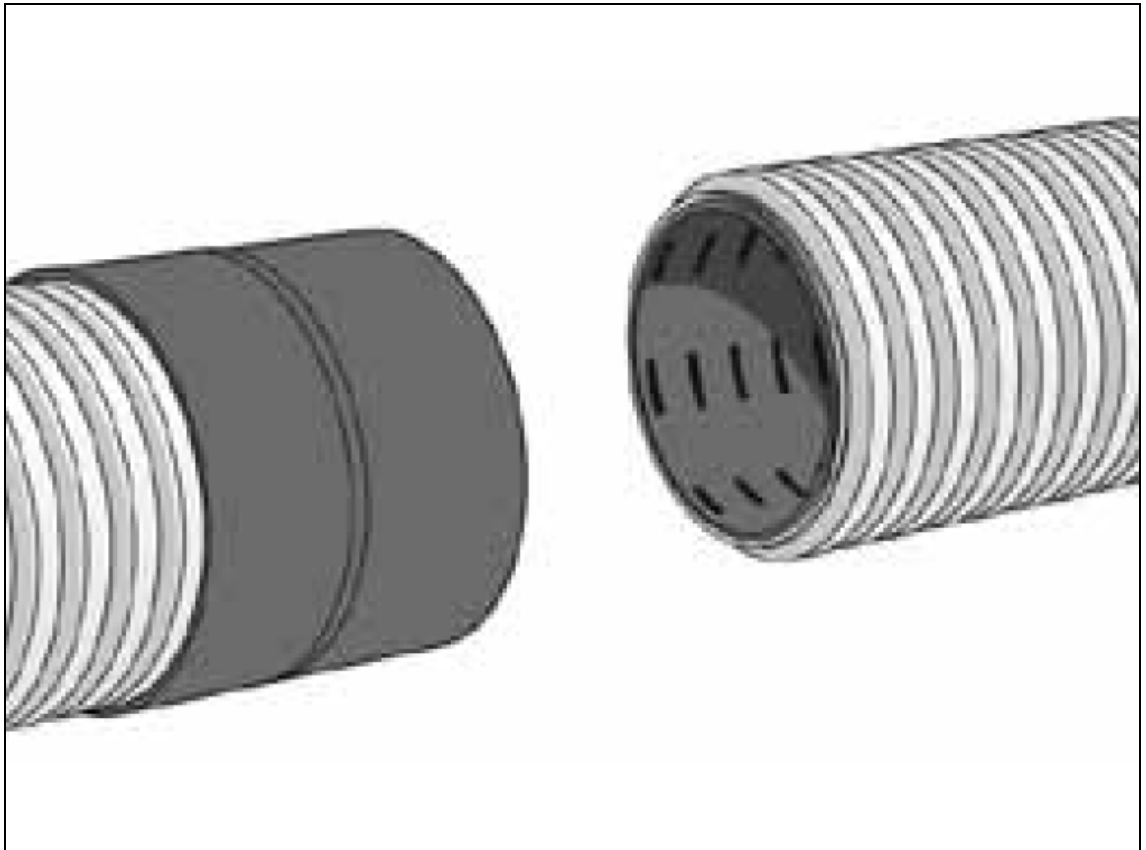
Sadevedet etenkin kaatosateiden aikana saattavat aiheuttaa rankkojakin pintavesivirtauksia ja vajovesiä, jotka joko työntyvät rakenteita kohti tai nostattavat pohjaveden pintaa. Tästä syystä piha-alueiden kuivatus on ensisijaisen tärkeää. (Jääskeläinen 2009.) Perustukset on niin ikään suojattava maasta tulevalta kosteudelta. Maanpinnan kallistuksien avulla sadevedet johdetaan pois päin perustuksista ja lisäksi tonttien rakennuspohjat on salaojitettava aina huolellisesti. (Saarinen 2011, 11.)

Katoilta tulevia sadevesiä ei saa koskaan johtaa salaojiin, sillä sadevedet saattaisivat rankkojen sateiden aikana työntyä salaojien kautta putkien ympärillä oleviin sorastuksiin ja rakenteisiin. Salaojakerroksia käytetään sokkelien sivuilla ja rakennusten alla yleensä aina. Kerrosten tulee johtaa vettä hyvin ja poistaa se nopeasti sisältään. Kerroksen kapillaarisuuden on oltava pieni, jolloin se pitää suojeltavat rakenteet kuivina. Tällöin myös maan tarttumisen rakenteisiin sokkelin sivuilla routaantumisen aikana estyy. Salaojituksen avulla varmistetaan veden nopea poistuminen salaojitustason yläpuolelta. (Jääskeläinen, 2009.)

Salaojakerroksen minimipaksuuden on oltava sokkelien vierustoilla ja salaojaputkien päällä 200 mm ja salaojaputkien alla ja sivuilla vähintään 100 mm. Salaojaputkina käytetään reiitettyjä muoviputkia. Nurmikkoalueiden alla voidaan käyttää kevyempiin olosuhteisiin tarkoitettuja aaltoputkia, mutta suuremmalle rasitukselle joutuvat salaojaputket on oltava 2-seinämäisiä tuplaputkia. (Jääskeläinen, 2009.) Kuvassa 1 näkyy salaojituksen teko ja kuvassa 2 on esitetty salaojaputki.



KUVA 1. Salaojituksen teko



KUVA 2. Uponor-salaojaputki (Uponor 2012)

## 2.4 Routasuojaus

Talonrakennuksen routasuojauksessa on noudatettava Talonrakennuksen routasuojausohjeita vuodelta 2007 (Jääskeläinen 2009, 147). Routaeristyksen tehtävänä on estää lämmön karkaaminen perustuksista ja estää pakkasen pääsy perustusten alla olevaan maaperään. Rakennuspaikan olosuhteet, perustamistapa ja perustamissyvyys vaikuttavat oleellisesti routaeristyksen määrään. Tavallisesti lämpimien rakennusten matalaperustukset vaativat suojausta noin 1,5 metrin leveydelle sokkelin ulkopuolelle. Koska rakennusten ulkonurkissa routa tunkeutuu syvemmälle kuin rakennuksen seinälinjoilla, on nurkissa lisättävä eristepaksuutta 100 % vähintään 1,5–2 metrin etäisyydelle nurkasta. (Thermisol 2012a).

Routasuojauksen määrään vaikuttaa myös rakennettavan talon tyyppi. Matalaenergiatalot ja passiivitalot vaativat suuremman määrän routaeristettä perustusten ulkopuolelle kuin normaalitalo. Tässä opinnäytetyössä laskettava kohde on normaalitalo, ja routaeristeen määrä on mitoitettu sen mukaan Thermisolin routaeristeen laskentaohjelmalla (Thermisol 2012b). Lisäksi mitoitettavan routaeristeen määrään vaikuttaa jatkuvasti muuttuvat määräykset.

## 2.5 Radon

Kunnollinen perustaminen sisältää myös varautumisen maaperästä mahdollisesti haihtuvaan radoniin, joka on ongelma nimenomaan Suomessa. Maa- ja kallioperässä olevan uraanin hajotessa radioaktiivisesti syntyy radonia. Suomessa graniittisen maa- ja kallioperän uraanipitoisuus on suurempi kuin koko maailmassa keskimäärin. (Jääskeläinen 2009, 15–16.)

Radonpitoisuuteen voidaan vaikuttaa heti perustustavan valinnalla, joka on huomattavasti halvempi vaihtoehto radonkorjausten suorittamisen sijaan. Radonturvallisella perustuksella voidaan vaikuttaa myös sisäilman laatuun. Radonturvallisia perustustapoja ovat muun muassa

- tuulettuva alapohja
- yhtenäinen saumaton laattaperustus

- maanvarainen laatta, jossa sokkelin sisään tuleva laatta valetaan erikseen ja sokkelin ja laatan välisen liitoksen tiiveydestä huolehditaan. (STUK 2011.)

### 3 PIENTALON MAANVARAISET PERUSTUSVAIHTOEHDOT

#### 3.1 Soklex-perustusjärjestelmä

##### 3.1.1 Soklex-muottien ominaisuudet

Paikalla valettu teräsbetonirakenne on luonnonvoimia vastaan lujin ja pitkäikäisin perustus. Lämpöeristetyin Soklex-perustusvalumuotin avulla valetaan sekä antura että sokkeli kerralla. Muoteissa olevat valmiit raudoitteet auttavat betonin nopeassa valussa ja hyvän lämmöneristyksen takia valutyöt voidaan suorittaa myös talvella. (Soklex 2012.) Kuvassa 3 on esitetty Soklex-valmismuotti.



KUVA 3. Soklex-perusmuurimuotti

Valtion teknillinen tutkimuskeskus on tutkinut ja testannut muotit. Perusvalu-  
muotit ovat aina 4000 mm pitkiä ja niiden korkeus vaihtelee rakennesuunnitel-  
mien mukaisesti välillä 600–1800 mm. Muottien mitoitukseen vaikuttavat oleelli-  
sesti mm. seinärakenne, verhousteraali, perusmaan kantavuus, näkyviin  
jäävä sokkelin korkeus ja lattian korkeusasema sokkeliin nähden. Lopullisen  
mallin valinnan suorittaa rakennesuunnittelija. Muotteja voidaan käyttää kaikki-  
en runkomateriaalien kanssa ja Soklex soveltuu myös sekä teräspaalu- että te-  
räsbetoniperustamiseen. Muiden Soklex- perustusjärjestelmän tuotteiden avulla  
pystytään kokonaisvaltaisiin perustusratkaisuihin. Näihin perustusjärjestelmän  
tuotteisiin sisältyy muun muassa

- pilarimuotit
- anturalaatikot
- paaluhatut
- paaluanturamuotit
- anturasoirot
- EPS-harkot ja -levyt. (Soklex 2012.)

### 3.1.2 Soklex-mallisto

Mallistoon kuuluvia malleja on kymmeniä. Lämpimien rakennusten perustami-  
seen soveltuvat sokkelin halkaisulla varustetut mallit. Muottimallit, jotka ovat  
halkaisemattomia, soveltuvat kylmien rakennusten tai rakennelmien perustami-  
seen. Muottimalleja voidaan muunnella joustavasti, ja niihin kaikkiin on asennet-  
tu raudoitteet valmiiksi. Raudoitteissa on valmiina 600 mm jatkospituus. Vakio-  
malleissa muottien korkeudet vaihtelevat välillä 600–1200 mm. (Soklex 2012.)

### 3.1.3 Muottien asentaminen

Sokkelilinjat täytetään vähintään 200 mm sorakerroksella rakennuksen pohjan  
kaivutöiden jälkeen. Tämän jälkeen sorakerros tasataan perustamistasoon ja  
tiivistetään kerroksittain tärylevyllä. Sorakerroksen päälle asennetaan poikittain  
muovisia korkolautoja kahden metrin välein. Muottien asentaminen aloitetaan  
jostain rakennuksen nurkasta, jolloin liittyvä muotti työnnetään yhteen nurkkapa-

laan. Muotin jatkoteräkset pujotetaan jo asennetun valmismuotin hakojen sisäpuolelle ja kun rakennuksen kaikki muotit on asennettu, suoritetaan vielä tarkistusmittaukset. Tämän jälkeen asennetaan muottien ulkopuolelle routaeristeet, joiden päälle tulee hiekkaa takaamaan eristeiden paikalla pysyminen. Vasta tämän jälkeen päästään suorittamaan itse muottien tuenta. (Soklex 2012.) Kuvassa 4 näkyy routasuojaus muottien asentamisen jälkeen.



KUVA 4. Routasuojauksen asentaminen muotin ulkopuolelle



### 3.1.4 Täyttö ja tuentatyöt

Muottien tuentatäyttö tehdään valupainetta vastaan noin 100–150 mm muotissa olevan katkaisuviivan yläpuolelle sekä näkyvän sokkelin puolella että muotin sisäpuolella. Tämän jälkeen sidotaan muotin yläosassa olevat raudoitusjatkeet tai irralliset raudoitusjatkeet sitomalangoilla yhteen. Seuraavaksi muottien yläpää on tuettava 50x100 mm ja 22x100 mm puutavarasta tehdyillä ”tikapuilla” paikoilleen. Lisäksi yläreuna voidaan tarvittaessa tukea maahan 3–4 metrin välein muotin yläreunaan asennettavilla vinotuilla. (Soklex 2012.) Kuvissa 5 ja 6 näkyy Soklex-muotin oikeaoppista tuentaa ja täyttöä.



KUVA 5. Soklex-muotin täyttö ja tuenta



KUVA 6. Soklex-muotin tuenta perusmuurin sisäpuolella

### 3.1.5 Valutyöt

Betonointi suoritetaan tasaisesti maksimissaan 400 mm kerroksina sisä- ja ulkokuoren väliin, jolloin kerrokset tiivistetään huolellisesti sauvatäryttimellä. Tiivistyksen ja pumppauksen jälkeen betonin yläpinta hierretään tasaiseksi. Noin 2–5 vuorokautta betonoinnin jälkeen muottien yläpään tuennat voidaan purkaa ja muotin ulkopuolen eristelevy voidaan katkaista katkaisuviivaa myöten ja poistaa. (Soklex 2012.)

### 3.1.6 Valmis perustus

Edeltävien työvaiheiden jälkeen jäljelle jää mattamainen ja karhea betonipinta, joka on helposti uudelleenkäsiteltävissä. (Soklex 2012.) Kuvassa 7 näkyy valmis mattamainen betonipinta, jonka Soklex-muotti jättää jälkeensä.



KUVA 7. Soklex-muotin leikkaamisen jälkeinen jäävä valmis sokkelipinta

### 3.2 Lautamuotti

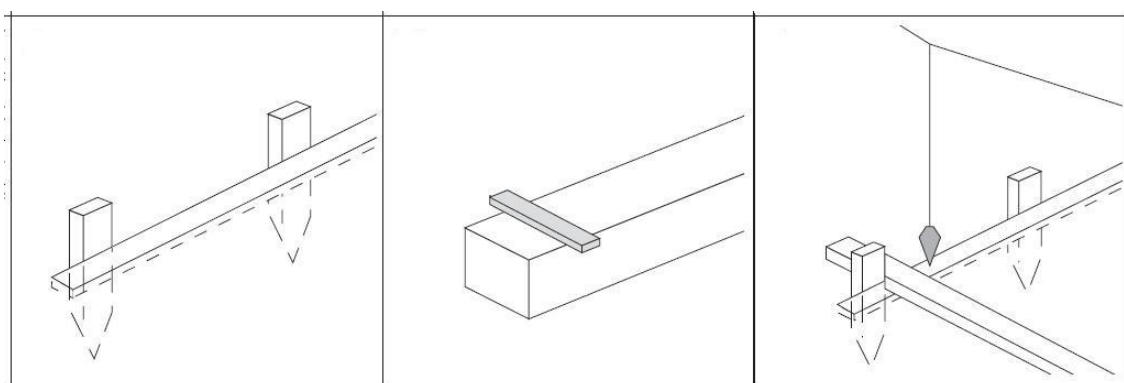
Muottitöitä tehtäessä työmaalla betonipinnan ulkonäköön ja laatuun vaikuttavat oleellisesti muottimateriaali sekä muottirakenteen lujuus ja tiiviys. Muotin mittojen tulee vastata rakenteen mittoja, jotta valettavasta rakenteesta saadaan oikean muotoinen ja kokoinen. Muotin on oltava myös riittävän luja, jotta se kestää betonimassan ja valun aiheuttamat kuormat ilman suuria muodonmuutoksia. Muotin tulee olla myös riittävän tiivis, jotta betonin sementtiliima ja hienommat ainesosat eivät pääse haitallisessa määrin valumaan pois pienistä rei'istä aiheuttaen samalla onteloita ja muita ulkonäköhaittoja valmiiseen rakenteeseen. (Betoniteollisuus 2012.)

Valumuotit voidaan purkaa vasta, kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Anturoissa ja perusmuureissa muotit voidaan purkaa jo hieman aiemmin, koska niihin ei kohdistu heti täyttä suunnittelukuormaa. Muottien purkuajankohta tulee kuitenkin aina selvittää etukäteen rakennesuunnittelijalta tai työmaan vastaavalta työnjohtajalta. (Betoniteollisuus 2012.)

### 3.2.1 Paikkojen mittaus ja merkintä

Ensimmäiseksi asennetaan aluspuut maapohjan päälle rakennettavien perusmuuri- ja anturamuottien alle. Aluspuut upotetaan maahan noin 1,5 metrin välein, jolloin niiden yläpinnan tulee olla pohjamaan tasolla. Aluspuiden liikkuminen estetään kiinnityspaaluilla, jotka lyödään maahan. (Ratu 2012.)

Seuraavaksi alapuoliseen rakenteeseen kiinnitetään aluspuut, joilla varmistetaan muotin alajuoksujen kiinnitys. Tulevan rakenteen paikka mitataan ja merkitään aluspuihin, jonka jälkeen muotin alajuoksun paikka määritetään mitatusta rakenteen paikasta ottaen kuitenkin huomioon muotin tarvitsema tila. Tämän jälkeen muotin alaosa kiinnitetään ja sen leviäminen estetään naulaamalla alajuoksu kiinni aluspuihin. Kuvasta 8 selviää lautamuotin paikkojen mittauksen ja merkinnän työvaiheet. (Ratu 2012.)

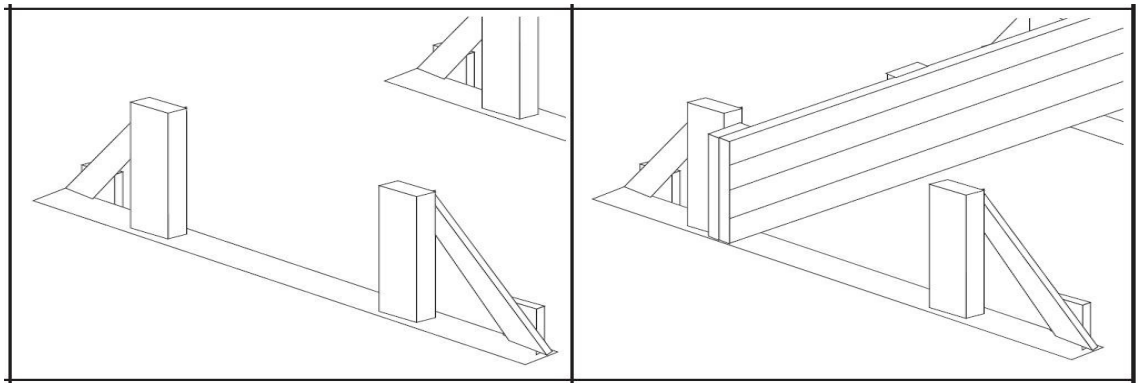


KUVA 8. Lautamuotin paikkojen mittaus ja merkintä (Kuva: Ratu 2012.)

### 3.2.2 Muotin pystytys

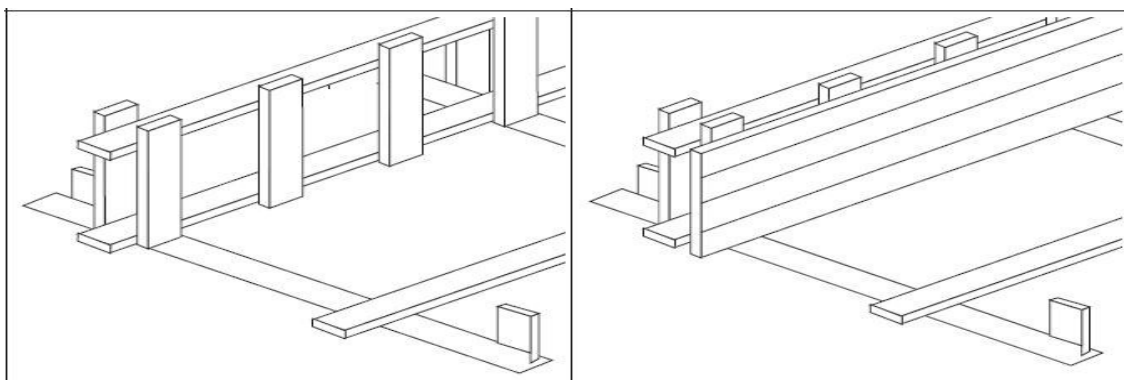
Antura- ja perusmuurimuotit voidaan tehdä joko esivalmistetuista siivuista tai irtolautoista (Ratu 2012). Antura- ja perusmuurimuotteihin käytetään yleensä 22x100 mm mitallistettua lautaa ja muottien tukemiseen käytetään 50x100 mm soiroja (Betoniteollisuus 2012).

Tehtäessä esivalmistetuista siivuista muottia aluspuihin ja alajuoksuihin kiinnitetään koroketolpat, joihin mitataan rakenteen korkeus. Tämän jälkeen muottisiivut kiinnitetään koroketolppiin rakenteen yläreunan korkeudelle, jonka jälkeen muottisiivun pysty- ja vinotuet asennetaan paikoilleen. Kuvasta 9 näkyy kuinka anturamuotin teko onnistuu esivalmistetuista siivuista. (Ratu 2012.)



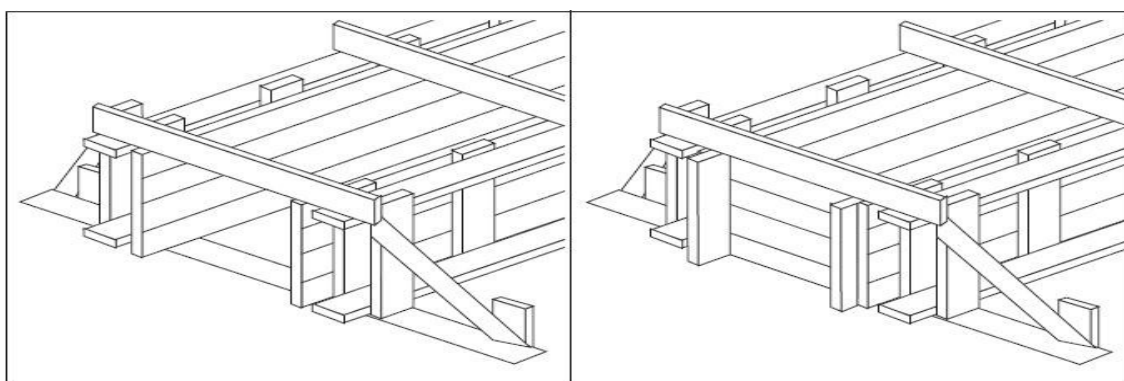
KUVA 9. Anturamuotin tekeminen esivalmistetuista siivuista (Kuva: Ratu 2012.)

Muottia valmistaessa irtolautoista alajuoksun sisäpuolelle kiinnitetään korokelautoja koolaukseksi ja ulkopuolelle asennetaan jokaisen aluspuun kohdalle tukilaudat. Lautojen väliin asennetaan yläjuoksu, jonka jälkeen ylin muottilauta naulataan korokelautoihin ja tihennetään pystykoolausta. Ylimmät muottilaudat kiinnitetään aina jokaiseen korokelautaan. Tällöin muottilaudat muodostavat yhtenäisen muottipinnan, jossa tulee olla tarkkana, että lautojen jatkoskohdat eivät tule vierekkäin. Kuva 10 esittää lautamuotin valmistamista irtolautoista. (Ratu 2012.)



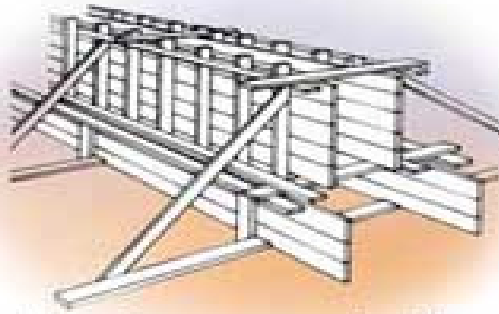
KUVA 10. Lautamuotin valmistaminen irtolaudoista (Kuva: Ratu 2012.)

Muotin pystytyksen jälkeen tarkastetaan muottilaudoituksen pystysuoruus, jonka jälkeen se tuetaan vinositeillä tukilaudan ja kiinnityspaalun välille. Muottilaudoitusten leviämisen ennaltaehkäisemiseksi asennetaan tukilautojen väliin sidelaudat, jotka estävät betonimassan valupaineen aiheuttamat muodonmuutokset muotissa. Muottisiteitä käytetään korkeissa ja suuren valupaineen alaisissa rakenteissa. Lopuksi mitataan varausten paikat ja varausmuotit asennetaan paikoilleen. Kuvassa 11 on esitetty edellä mainitut työvaiheet. (Ratu 2012.)



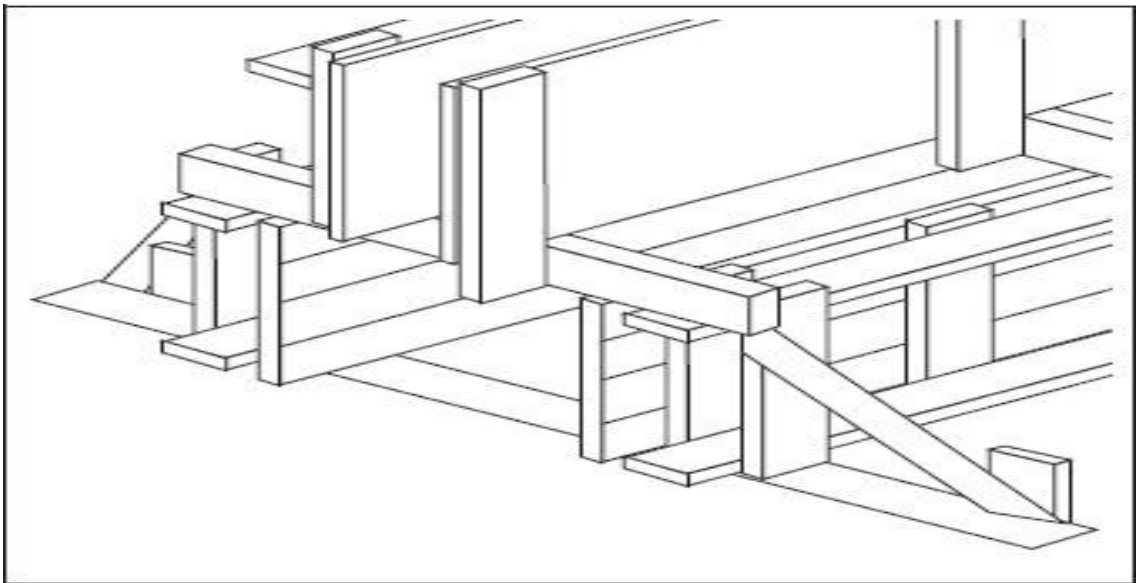
KUVA 11. Lautamuotin pystysuoruuden tarkastaminen ja varausmuottien asentaminen (Kuva: Ratu 2012.)

Matalien betoniperustusten antura- ja perusmuurimuotit voidaan valmistaa myös samalla kertaa, jolloin muotit tehdään yhteen ja valetaan kerralla. Anturaosan muotti rakennetaan irtolaudoista, jotka kiinnitetään sekä ylä- että alajuoksuihin. Anturaosan yläpinnan tasolla olevaan yläjuoksuun kiinnitetään kannatinpuut perusmuuriosalle, jonka jälkeen perusmuuriosan muottirakenne rakennetaan kannatinpuiden varaan ja tuetaan vinositeillä tukipaaluihin. (Ratu 2012.) Kuvissa 12 ja 13 on esitetty anturan ja sokkelin valmistaminen samalla kertaa.



Antura ja perusmuuri voidaan valaa myös kertavalulla

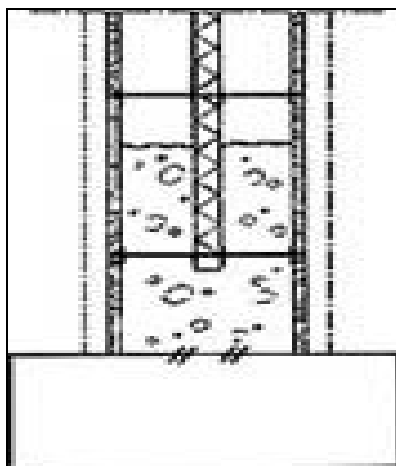
KUVA 12. Anturan ja sokkelin valmistaminen laudoista kerralla. (Betoniteollisuus 2012)



KUVA 13. Anturan ja sokkelin valmistaminen kerralla (Ratu 2012)

### 3.2.3 Lämmöneristyksen asentaminen

Lämmöneristys laitetaan paikoilleen ennen raudotteiden asentamista. Sokkelissa käytetään polyuretaanista valmistettuja jäykkiä ja halkaistuja lämpöeristeitä, jotka pitää sitoa hyvin rakenteisiin, ettei ne pääse liikkumaan perusmuurin valun aikana (Betoniteollisuus 2012.) Kuvassa 14 näkyy miten lämmöneriste sijoittuu sokkelissa.



KUVA 14. Lämmöneristys sokkelissa (Betoniteollisuus 2012)

### 3.2.4 Raudoitus

Betonirakenteisiin kohdistuva kuormitus määrää raudotteiden määrän rakenteessa. Perustamistavat ja pohjaolosuhteet voivat vaikuttaa lievästi myös raudotteiden määrään. Rakennesuunnittelija laatii raudoitussuunnitelman, josta selviää käytettävien raudotteiden koot, lukumäärät, pituudet ja sijainnit. (Betoniteollisuus 2012.)

Yleisin pientalotyömaalla käytetty teräslaatu on A500HW harjateräs. Halkaisijaltaan harjateräs on useimmiten 8, 10 tai 12 mm, jolloin se merkitään esimerkiksi Ø12. Pientalotyömailla ei yleensä käytetä halkaisijaltaan suurempia harjateräksiä, koska niitä ei voi työstää ja taivuttaa käsin, mikä puolestaan hidastaa ja vaikeuttaa työmaan etenemistä. (Betoniteollisuus 2012.)

Raudoitukset kiinnitetään muotteihin muovisilla välikkeillä, jotka takaavat riittävän betonipeitteen paksuuden. Maata vasten valettaessa betonipeitteen pitää olla vähintään 50 mm. Mahdolliset irtoteräkset sidotaan yhteen sidelangalla, jotta ne pysyisivät paikallaan betonoinnin aikana. Raudoitustyön aikana kannattaa kiinnittää huomiota myös työturvallisuuteen, sillä anturasta ja perusmuurista saattaa pistää esiin teräviä teräksen päitä, jolloin ne on hyvä taivuttaa koukulle tai peittää suojatulpalla. (Betoniteollisuus 2012.)



### 3.2.5 Muottien valaminen

Muotit on pidettävä kosteina noin vuorokausi ennen betonivalun aloittamista. Tämä ehkäisee betonin tarttumisen muottipintaan, mikä helpottaa puolestaan muottien purkamista myöhemmin ja kosteus tiivistää muotin, jolloin betonimassan sementtiliima ei valu saumakohdista pois valun aikana. Ennen valua pitää huolehtia myös muottipinnan ja muotin pohjan siisteydestä. Roskat, vesilammit sekä talvella lumi ja jää pitää poistaa ennen valun aloittamista. (Betoniteollisuus 2012.)

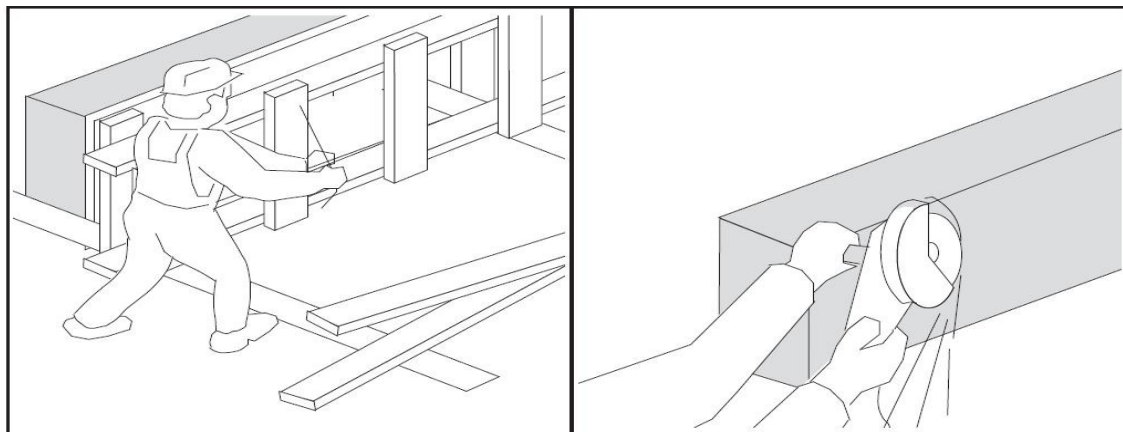
Betoni valetaan muottiin mahdollisimman matalalta suoraan alaspäin. Tällä estetään veden ja kiviainesrakeiden erottuminen massasta. Massan pudotuskorkeus ei saa ylittää 1,5 metriä eikä sitä saa valuttaa muottipintaa pitkin tai vasten. (Betoniteollisuus 2012.)

Korkeissa seinä- ja perusmuurirakenteissa valukerros ei saa ylittää 400 mm, jolloin valupaine saattaisi kasvaa liian suureksi eikä betonimassaa olisi enää helppoa tiivistää. Betonimassaa ei voi valaa enää 2–3 tunnin kuluttua sekoituksesta. (Betoniteollisuus 2012.)

### 3.2.6 Muottien purku

Muotit voidaan purkaa vasta, kun suunnitelmien mukainen purkulujuus on saavutettu ja todettu. Purkamisajankohdan määrittää joko betonimestari tai työmaan vastaava mestari. Muotteja ei saa purkaa ilman edellä mainitun henkilön lupaa. Muotit pyritään purkamaan siten, ettei rakenteille aiheudu ylimääräisiä kuormituksia. Lisäksi mahdolliset valuvirheet todetaan ja kirjataan ylös, jonka jälkeen ne korjataan mahdollisimman pian muotin purkamisen yhteydessä. (Ratu 2012.)

Perustusten muottien purku aloitetaan sidelautojen irrottamisella. Jos on käytetty muottisiteitä, ne on myös poistettava. Tämän jälkeen irrotetaan vinotuet, pystytuet, juoksut ja siivut. Muottien irrottamisen jälkeen katkaistaan ne muottisiteet, joita ei voida irrottaa. (Ratu 2012.) Muottien purku ja muottisiteiden katkaisu on esitetty kuvassa 15.

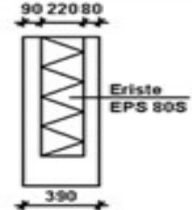
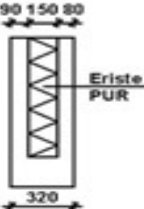
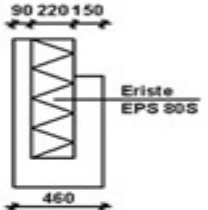
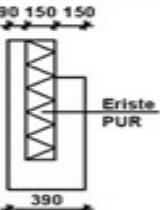
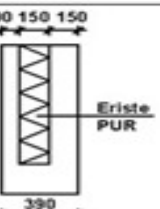
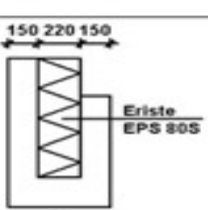


KUVA 15. Muottien purku ja muottisiteiden irrottaminen (Kuva Ratu 2012.)

### 3.3 Lautamuotti ja sokkelielementti

Pientalon perustukset voi tehdä myös käyttämällä lautamuottia ja perusmuurielementtiä yhdessä. Tällöin työvaiheet ovat samat kuin lautamuotin tekemisessä, mutta anturamuotin valmistumisen jälkeen siirrytään anturan raudoittamiseen ja valamiseen. Anturaan tarvitsee asentaa tartunnat elementtiä varten. Elementti ”juotetaan” paikalleen anturan valun ja muottien purkamisen jälkeen.

Sokkelielementtejä valmistetaan sandwich-elementteinä, eristämättöminä sokkelipalkkeina tai ontelolaattoina. Sokkelielementin korkeusasema pyritään valitsemaan niin, että se tukeutuu anturan yläpinnan varaan eikä sitä tarvitse loveta alapinnastaan. (Elementtisuunnittelu 2012.) Kuvassa 16 esitetään erilaisia sokkelielementtirakenteita, suosituskokoja ja niiden yläpuolelle soveltuvia seinärakenteita.

SOKKELITYYPPI	YLÄPUOLINEN SEINÄTYYPPI
 <p>90 220 80 Eriste EPS 80S 390</p>	<p>Ei kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisäkuori 80mm</li> <li>Eriste mineraalivilla tai EPS 240mm</li> <li>Ulkokuori 70mm</li> </ul> <p>Paksuus 390mm</p>
 <p>90 150 80 Eriste PUR 320</p>	<p>Ei kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisäkuori 80mm</li> <li>Eriste EPS 180mm <math>\lambda_d \leq 0,031</math> W/mK</li> <li>Ulkokuori 70mm</li> </ul> <p>Paksuus 330mm</p>
 <p>90 220 150 Eriste EPS 80S 460</p>	<p>Kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisäkuori 150mm</li> <li>Eriste mineraalivilla tai EPS 240mm</li> <li>Ulkokuori 70mm</li> </ul> <p>Paksuus 460mm</p>
 <p>90 150 150 Eriste PUR 390</p>	<p>Kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisäkuori 150mm</li> <li>Eriste EPS 180mm <math>\lambda_d \leq 0,031</math> W/mK</li> <li>Ulkokuori 70mm</li> </ul> <p>Paksuus 400mm</p>
 <p>90 150 150 Eriste PUR 390</p>	<p>Rapattu julkisivu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisäkuori 150mm</li> <li>Eriste mineraalivilla 240mm</li> <li>Ohutrappaus 10mm</li> </ul> <p>Paksuus 400mm</p> <p>Rappausjärjestelmä voi vaihtoehtoisesti olla 220mm eriste ja 25 mm rappaus.</p>
 <p>150 220 150 Eriste EPS 80S 520</p>	<p>Muurattu julkisivu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sisäkuori 150mm</li> <li>Eriste mineraalivilla 220mm</li> <li>Ilmarako 40mm</li> <li>Muuraus 130 mm</li> </ul> <p>Paksuus 540mm</p>

KUVA 16. Sokkelielementtien suosituskoot ja niiden yläpuolelle soveltuvat seinätyypit (Elementtisuunnittelu 2012)

## 4 ESIMERKKIKOHTTEEN LASKENTA

### 4.1 Kohteen sijainti

Opinnäytetyössä käytettävä esimerkkikohde sijaitsee Ylöjärvellä, jossa antura ja perusmuuri rakennettiin käyttämällä Soklex-perustustapajärjestelmää. Kohteeseen rakennettiin pienrivitaloja, joiden kustannustekijöitä tarkastellaan kolmen eri perustustapavaihtoehdon kannalta.

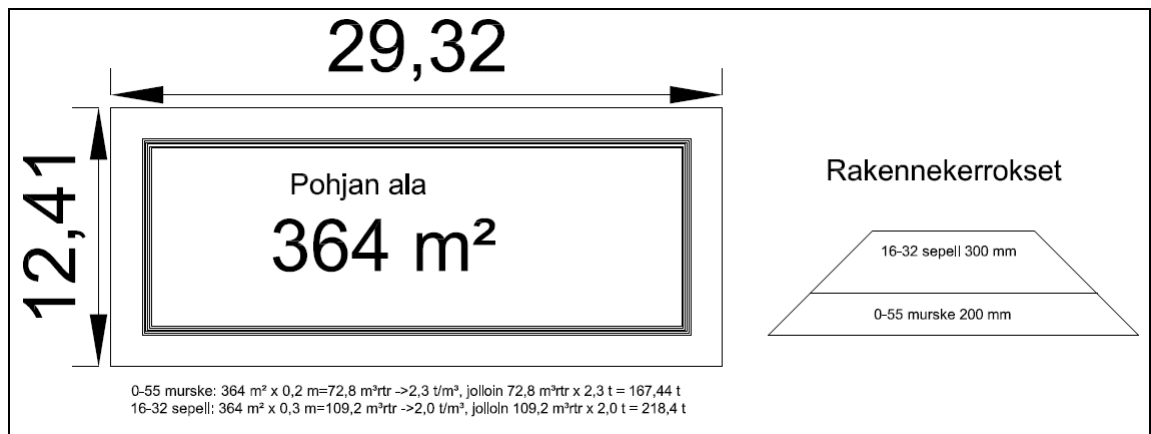
### 4.2 Kohteen toteutus

Kohteessa käytettiin pääosin yhtä rakennusapumiestä ja kaivinkoneen kuljettajaa ja lisäksi muottityöt suoritti kaksi rakennusammattimiestä. Liitteissä 1–3 on taulukoituna työvaiheet järjestyksessä sekä materiaalien määrät ja hinnat. Taulukoissa on käytetty apuna Talo2000-nimikkeistöä soveltaen niiltä osin, kun tarve vaati.

### 4.3 Kohteen kustannuslaskelmat eri perustustapavaihtoehdoilla

Ensimmäisenä tarkastellaan Soklex-perustustapajärjestelmää ja sen kustannustekijöitä, minkä jälkeen siirrytään vastaavan perustuksen valmistamiseen lautamuotteja käyttäen ja lopuksi tarkastellaan vielä lautamuotin ja sokkelielementin käyttökustannuksia. Työvaiheiden kestot, resurssit, edut ja haitat on hankittu työmaan muottitöistä vastaavalta työnjohtajalta Keijo Heikkilältä avointa yksilöhaastattelua apuna käyttäen (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 1997, 204).

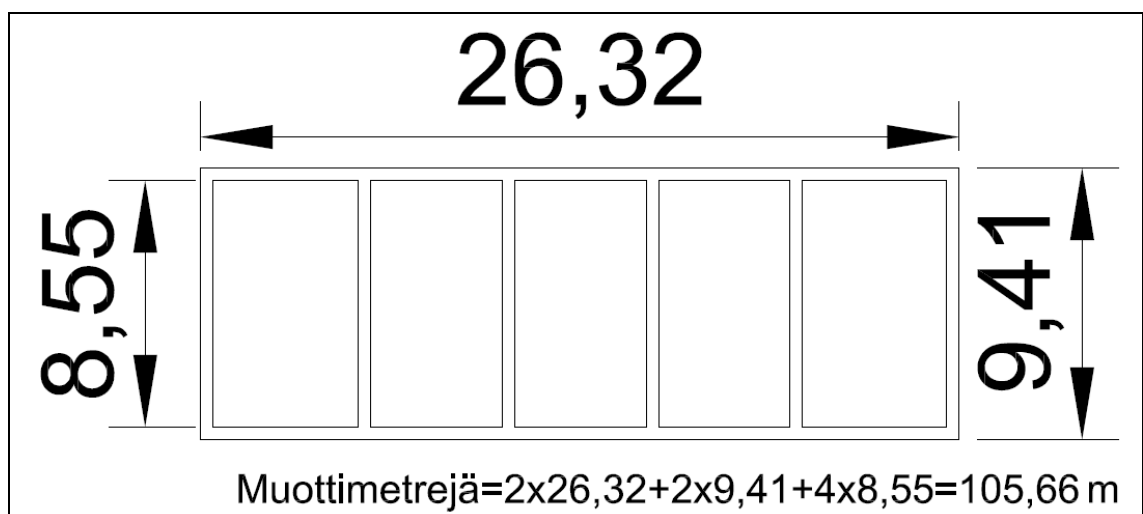
Opinnäytetyössä oletettiin, että kohteen alla oleva pohjamaa on kunnossa, jolloin perustusten alle tulee kantava kerros murskeesta ja kapillaarikatko sepelistä. Perustusten alle tulevien kerrosten rakennepaksuudet ja pohjan ala selviää kuvasta 17.



KUVA 17. Perustusten pohjan ala ja perustusten alle tulevat rakennekerrokset

Kuten kuvasta 17 näkyy, perustusten alle tulee yhteensä kiviainesta noin 180 m<sup>3</sup>tr, josta murskeen osuus on noin 73 m<sup>3</sup>tr ja sepelin osuus lähes 110 m<sup>3</sup>tr. Lisäksi kiviainesta kuluu työmaalla aina enemmän kuin teoreettisesti on laskettu, joten tässäkin lasketaan sepeliä kuluvan 15 % enemmän kuin on laskettu, jolloin kokonaismääräksi sepelille tulee 126 m<sup>3</sup>tr. Murskeen hinta oli 21,80 €/m<sup>3</sup>tr ja sepelin hinta 28,84 €/m<sup>3</sup>tr (Rudus 2012a). Pohjien hinnaksi muodostui täten noin 6800 €, joka sisältää myös konetyön ja työntekijöiden palkat.

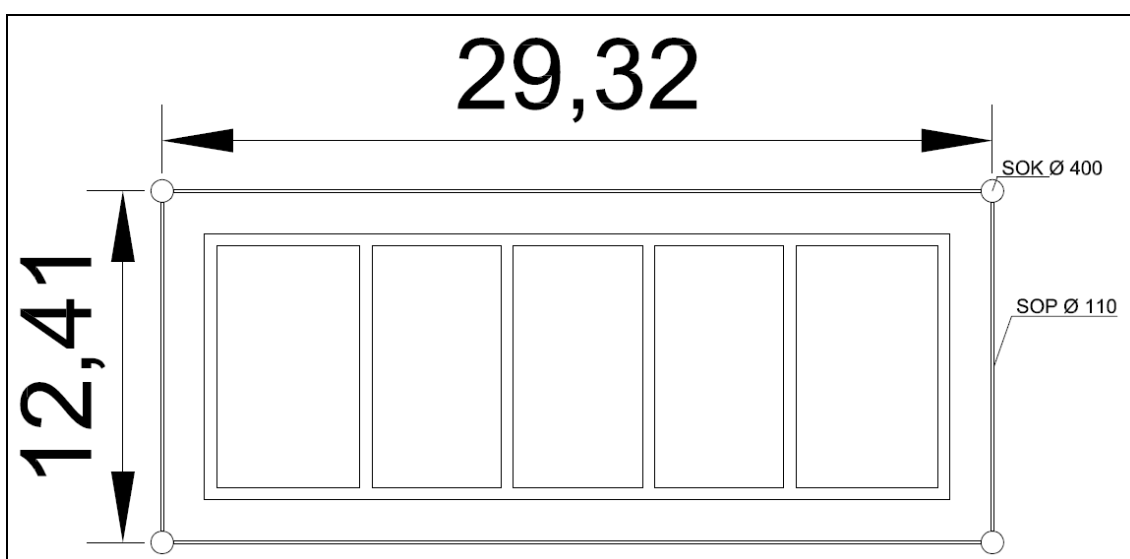
Kohteen kustannuslaskelmia tehtäessä useasta eri perustustavasta ja niitä vertailtaessa on tärkeää pyrkiä laskemaan kustannuserät samankokoiselle pientalolle. Tästä syystä perustusten mitat ovat samat perustustavasta huolimatta (kuva 18).



KUVA 18. Esimerkkikohteen perustusten mitat

Lisäksi perustusten ulkopuolisen routasuojauksen määrä on sama kaikissa perustustavoissa, koska rakennusten sijainti on sama, jolloin pakkasmäärät ovat samat kaikilla. Käytettävä routaeriste oli 100 mm paksu EPS-120 routa. Routasuojauksen määrä laskettiin Thermisolin routasuojauksen laskentaohjelmalla, jonka tulokset löytyvät liitteestä 4 (Thermisol 2012b). Routasuojauksen hinta oli 8,07 €/m<sup>2</sup>, jolloin eristyksen hinta oli 1070 € sisältäen työn (Taloon 2012).

Perustusten salaojitus suoritetaan myös kaikissa perustustavoissa samalla tavalla, vain työn ajankohta vaihtelee hieman. Salaojakaivojen ja putkien sijainnit selviävät kuvasta 19.

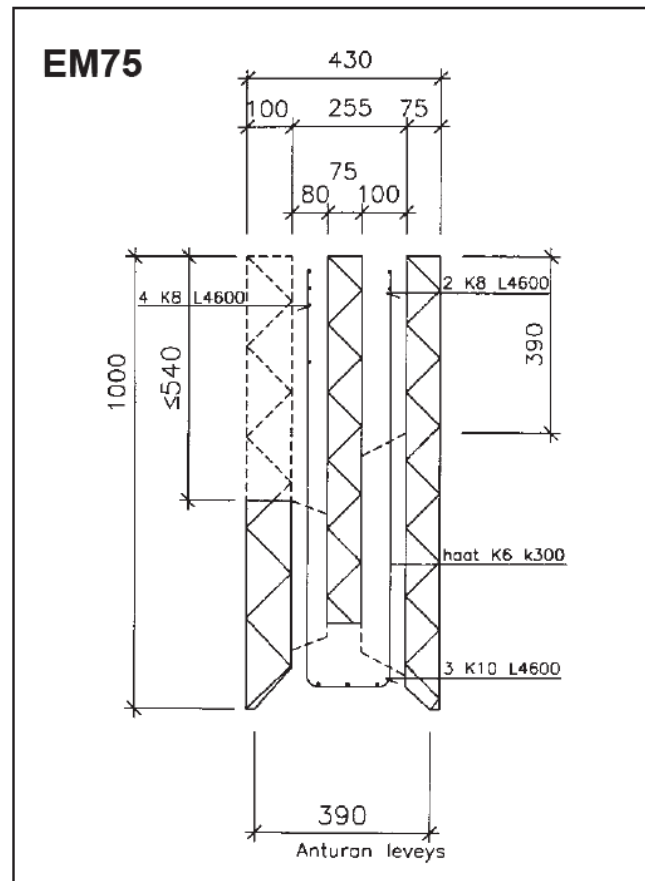


KUVA 19. Salaojakaivojen ja -putkien sijainti, määrä ja pituudet

Salaojakaivoina käytetään Uponor salaojakaivoa 315, jonka arvonlisäverollinen hinta on 54,74 €/kpl (Uponor 2012). Salaojitukseen tarvitaan yhteensä 4 kappaletta kaivoja, joten kaivot maksavat yhteensä noin 220 €. Lisäksi salaojajärjestelmään tarvitaan lähes 84 m halkaisijaltaan 110 mm salaojaputkea, jonka kokonaishinnaksi muodostuu noin 270 €. Salaojituksen kokonaishinta on siis noin 1060 €, joka sisältää konetyön ja asennuksen.

#### 4.3.1 Soklex-perustustapajärjestelmän kustannukset

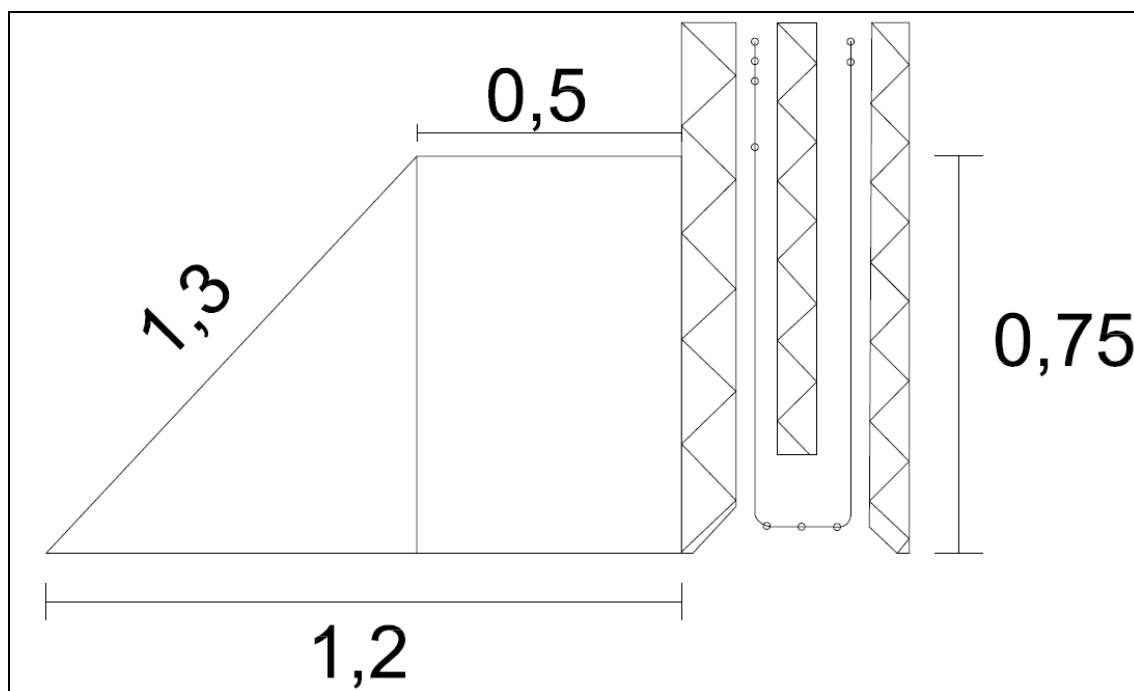
Esimerkkikohteessa käytettiin Soklex-perustustapajärjestelmän muottimallia EM75, joka on esitelty kuvassa 20.



KUVA 20. Soklex-muottimalli EM75 (Soklex 2012)

Soklex-muottien pituus yhteensä oli 105,7 m (kuva 18), mikä maksaa yhteensä noin 7800 € sisältäen niiden asentamisen paikoilleen. Ristiinmittauksen ja väli-seinien asentamisen jälkeen muottien yläpää tuettiin 50x100 soiroista ja 22x100 laudasta tehdyillä tikapuilla, joiden yhteishinta oli noin 500€. Sahatavaroitten hinnat olivat 1,89 €/m (50x100) ja 0,78 €/m (22x100) (Puukeskus 2012).

Muottien tuentaan käytettiin 16–32 sepeliä, jonka pohjalla oli hieman hiekkaa alkupainona routaeristeiden paikalla pitämiseksi, mutta hiekan määrä ei vaikuta oleellisesti kustannuksiin. Tuenta suoritettiin molemmin puolin Soklex-muottia koko muotin matkalta. Kuvasta 21 selviää, kuinka muottien tuenta suoritettiin sepelillä.



KUVA 21. Soklex-muotin tuenta 16–32 sepelillä

Kuvasta 21 näkyy tuennan mitat teoriassa, josta laskennallisesti 16–32 sepelin määräksi saadaan 133 m<sup>3</sup>rtr. Edellisessä luvussa mainittiin 16–32 sepelin hinnaksi 28,84 €/m<sup>3</sup>rtr, jolloin tuennan hinta töineen oli noin 4600 €. Muotin sisäpuolella oleva sepeli hyödynnetään sisätäytössä ja ulkopuolella ollut sepeli levitetään perustusten viereen.

Soklex-muottien valamiseen käytettiin betonilaatua K35-2, jossa K35 kertoo betonin puristuslujuuden ja viimeinen numero betoniluokan, joka määrittelee betonityönjohtajan vaadittavan pätevyyden. Yhteensä muottien valamiseen betonia kului yhteensä 17,49 m<sup>3</sup>, jonka hinta kuutiota kohden on 148,47 € (Rudus 2012b).



Betonia tilataan työmaalle aina 0,5 m<sup>3</sup> välein. Sitä pyritään tilaamaan hieman enemmän kuin on laskettu, koska silloin betonia on vielä helposti saatavilla, mikäli jokin menisi pieleen.

Soklex-perustustapajärjestelmän suurimmat kustannuserät olivat pohjatyöt, muotit, muottien tuenta sekä betonin hinta. Taulukosta 1 selviää Soklex-perustustapajärjestelmän kustannukset. Kaikki perustustapaan liittyvät kustannuserät yksikköhintoineen ja määrineen löytyvät tarkemmin liitteestä 1.

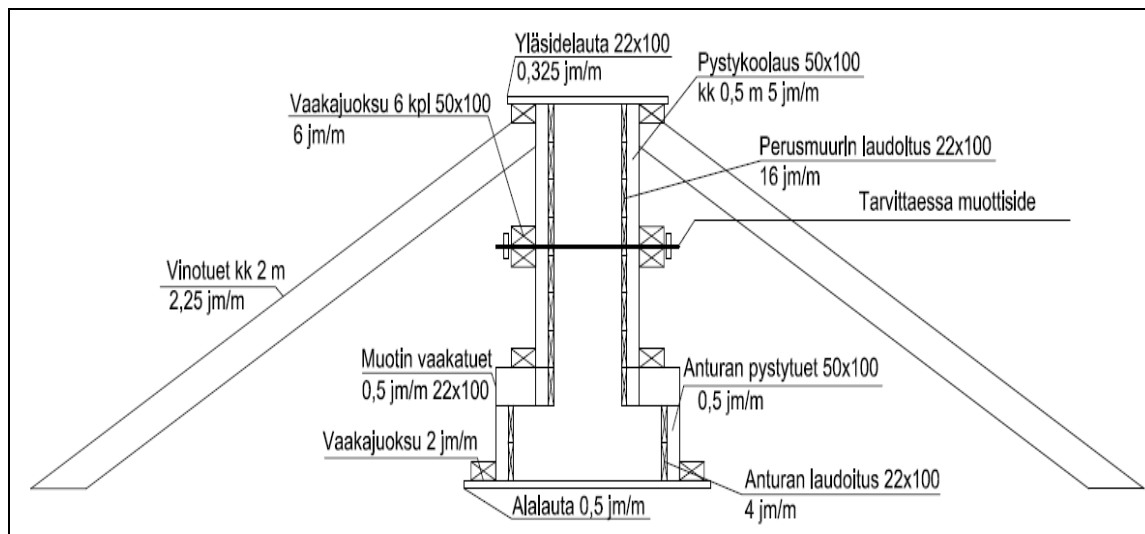
TAULUKKO 1. Soklex- perustustapajärjestelmän kustannukset

TU	RO	Selitys	
<b>1116</b>	<b>22</b>	<b>Salaojat</b>	<b>1059,78 €</b>
1116	22	Salaoja muoviputki 110 mm	
1116	22	Salaojan tarkastuskaivo Konetyö KKHT 30 t	
<b>1114</b>	<b>22</b>	<b>Täyttö</b>	<b>6737,06 €</b>
1114	22	0-55 mm murske	
1114	22	16-32 mm sepeli Konetyö KKHT 30 t	
<b>1212</b>	<b>41</b>	<b>Betonirunkorakentaminen</b>	<b>19364,56 €</b>
1212	41	Soklex-muotit Muovilautojen asentaminen Soklex-muottien asentaminen Muottien yläpään tuenta - 50x100 - 22x100 Routasuojauksen asentaminen EPS-120 routa 100 mm Muottien tuenta 16-32 sepelillä Anturan ja perusmuurin valaminen K35-2 Konetyö KKHT 30 t	
Yhteensä			27161,40 €

#### 4.3.2 Lautamuotin kustannukset

Lautamuottia käytettäessä kustannuserät vaihtelevat Soklex-perustustapaan verrattuna vain muottitöiden osalta. Perustusten pohjat tehdään samalla tavalla kaikissa perustuksissa, vaikka lautamuottia käytettäessä perustusten alle voisi tehdä hieman muotteja leveämmän pohjarakenteen murskeesta ja sepelistä. Pohjien lisäksi salaojitus tapahtuu samalla tavalla, vain salaojituksen ajankohta

vaihtelee. Lautamuottia käytettäessä muotin malli voi olla esimerkiksi seuraavanlainen (kuva 22).

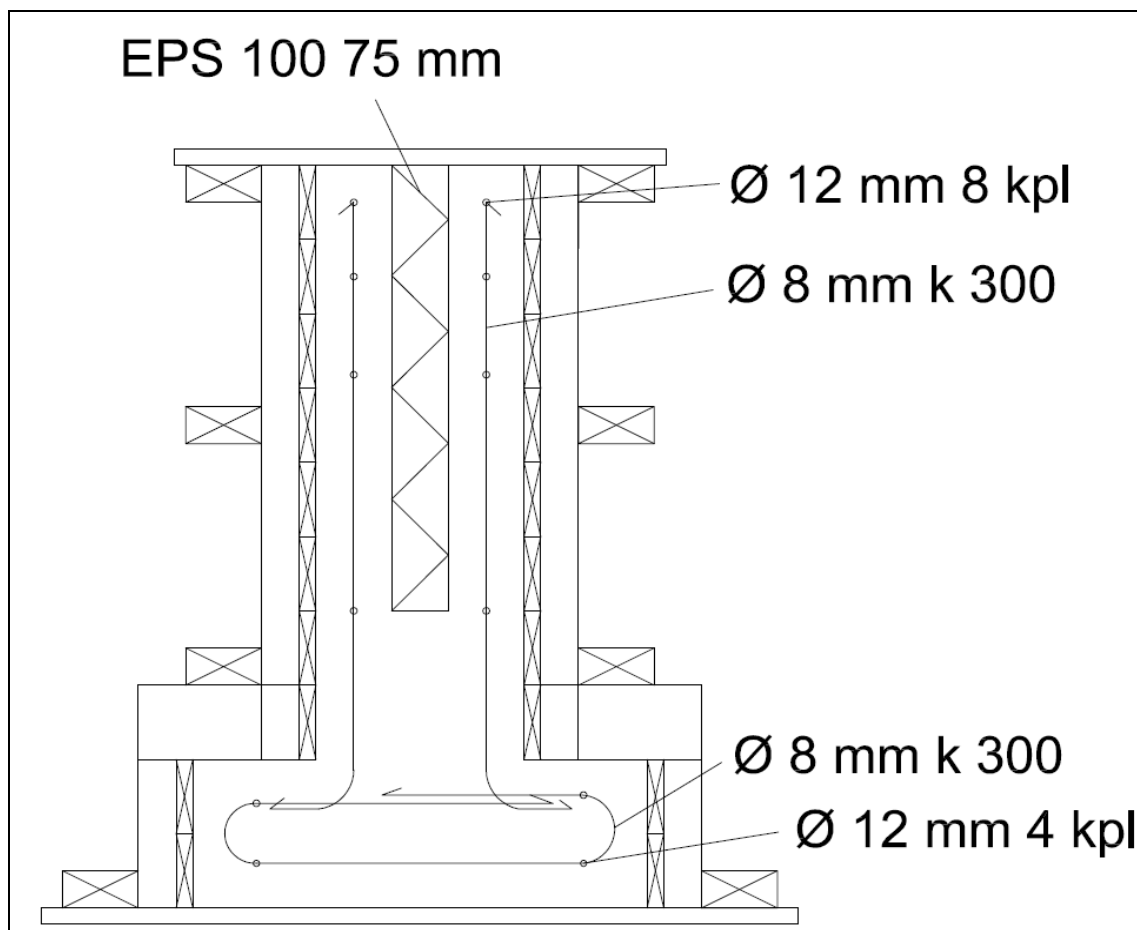


KUVA 22. Lautamuotti

Muotteja valmisttaessa käytetään pääosin 50x100 soiroja ja 22x100 sahatavaraa. Muottien valmistamiseen käytetään yhteensä lähes 2500 m 22x100 sahatavaraa, joiden hinta on yhteensä noin 1950 €. 50x100 soiroja käytetään noin 1430 m, joiden hinta on yhteensä lähes 2700 €.

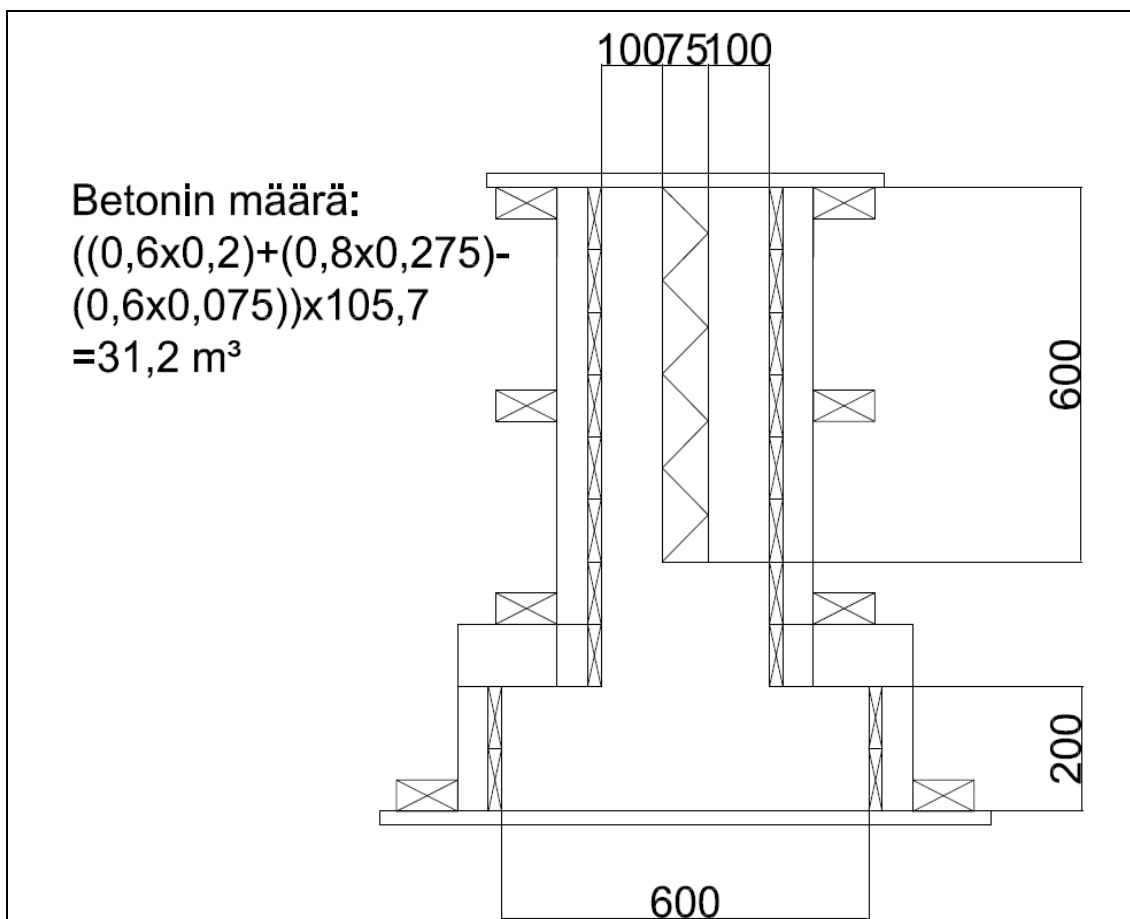
Lautamuottien valmistamisen jälkeen muotin sisälle asennetaan sokkelin lämmöneristys ja raudoitus (kuva 23). Lämmöneristyksessä käytetään polyuretaanista tehtyjä jäykkiä lämmöneristeitä. Tässä tapauksessa valittiin sokkelin sisälle 75 mm paksu EPS 100 lämmöneriste, joka ulottuu 0,6 m syvälle sokkelin sisällä. Tällöin muotin sisälle menee yhteensä 105,66 metrin matkalla 63 m<sup>2</sup> lämmöneristettä, jonka kokonaishinta on noin 300 €.

Lämmöneristyksen jälkeen asennetaan teräkset muotin sisälle. Pientalo työmaalla ei yleensä käytetä halkaisijaltaan 12 mm suurempia harjaterästankoja, koska niitä ei voi työstää ilman mekaanista apua. Kuvasta 23 selviää lautamuotin raudoitteiden määrät ja paksuudet. Yhteensä muotteihin käytetään halkaisijaltaan 8 mm harjaterästä 376 kg ja 12 mm harjaterästä 1126 kg. Nämä maksavat yhteensä noin 2500 €.



KUVA 23. Lautamuotin perusmuurin lämmöneristys ja raudoitus

Lautamuotin valmistuttua voidaan aloittaa muotin valaminen. Käytettävän betonin laatu on sama kuin Soklex-muotteja valettaessa, eli K35-2. Betonia kuluu aavistuksen enemmän kuin Soklex-muotteilla, koska anturan tilavuus on huomattavasti suurempi lautamuotilla. Kuvassa 24 on lautamuotin betonimenekin periaatekuva.



KUVA 24. Lautamuotin betonimenekki

Kuten kuvasta 24 näkyy, lautamuottiin kuluu betonia  $31,2 \text{ m}^3$ , jonka yksikköhinta on  $148,47 \text{ €}$  (Rudus 2012b). Betonin kokonaishinta on siis noin  $4600 \text{ €}$ . Käytännössä betonia tilattaisiin työmaalle hieman enemmän kaiken varalta.

Kaiken kaikkiaan perustusten kokonaishinta lautamuotteja käytettäessä on hieman korkeampi kuin Soklex-muotteja käytettäessä (taulukko 2). Lautamuotteja käytettäessä pitää ottaa huomioon myös muottimateriaalien hyötykäyttö. Mikäli muottimateriaaleja käytetään uudelleen, muottipinnat on jälkikäsiteltävä ja siistittävä, johon kuluu aikaa ja rahaa. Jos materiaaleja ei käytetä uudelleen, tulee ottaa huomioon puutavaroiden käsittelyn kustannukset.

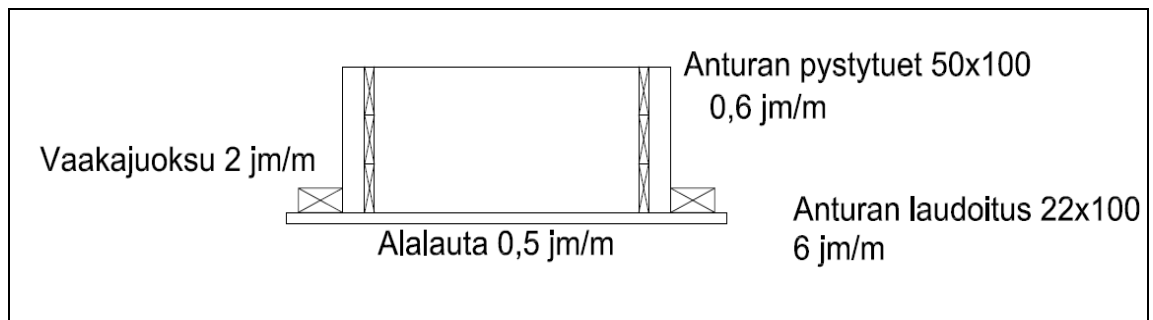
TAULUKKO 2. Lautamuotin kustannukset

TU	RO	Selitys	
<b>1114</b>	<b>22</b>	<b>Täyttö</b>	<b>6737,06 €</b>
1114	22	0-55 mm murske	
1114	22	16-32 mm sepeli	
		Konetyö KKht 30 t	
<b>1212</b>	<b>41</b>	<b>Betonirakentaminen</b>	<b>21511,31 €</b>
1212	41	Lautamuotti	
		Muottien valmistaminen ja pystytys	
		- 22x100 sahatavara	
		- 50x100 soiro	
		Lämmöneristys EPS 100 75 mm	
		Raudoitus	
		- 8 mm A500HW harjateräs	
		- 12 mm A500HW harjateräs	
		Valaminen K35-2	
		Muottien purkaminen	
		Routasuojauksen asentaminen EPS-120 routa 100 mm	
		Konetyö KKht 30 t	
<b>1116</b>	<b>22</b>	<b>Salaojat</b>	<b>1078,91 €</b>
1116	22	Salaoja muoviputki 110 mm	
1116	22	Salaojan tarkastuskaivo	
		Konetyö KKht 30 t	
Yhteensä			29327,28 €

#### 4.3.3 Betonisen sokkelielementin kustannukset

Tehtäessä perustuksia lautamuotista ja sokkelielementistä saadaan työvaiheiden määrää ja kestoja lyhennettyä huomattavasti pelkkään lautamuotin käyttämiseen verrattuna. Antura valmistetaan samaan tapaan lautamuotista, mutta anturan päälle asennetaan työmaalle tilattu valmis elementti, joka sisältää kaiken raudoituksesta betoniin. Tällöin aikaa vievää muottityötä on paljon vähemmän, mikä vaikuttaa jo merkittävästi työn keston.

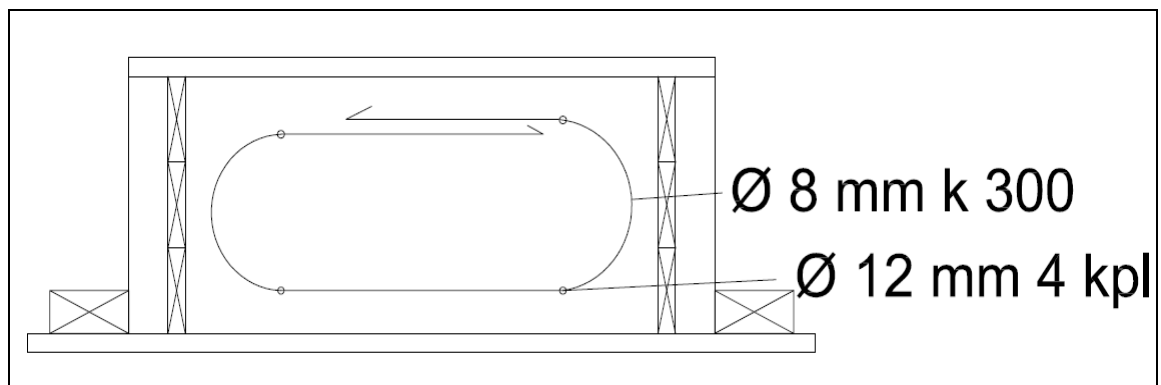
Tässä opinnäytetyössä on pyritty saamaan aikaan lähestulkoon samanlainen perustus perustustavasta huolimatta. Sokkelielementtien korkeus vaihtelee malleittain, mutta tässä tapauksessa korkeuden ollessa 700 mm, anturasta tehtiin hieman isompi, jolloin sen korkeudeksi tuli 300 mm. Kuvassa 25 näkyy anturamuotin periaatekuva.



KUVA 25. Sokkelielementin alle tulevan anturan muotti

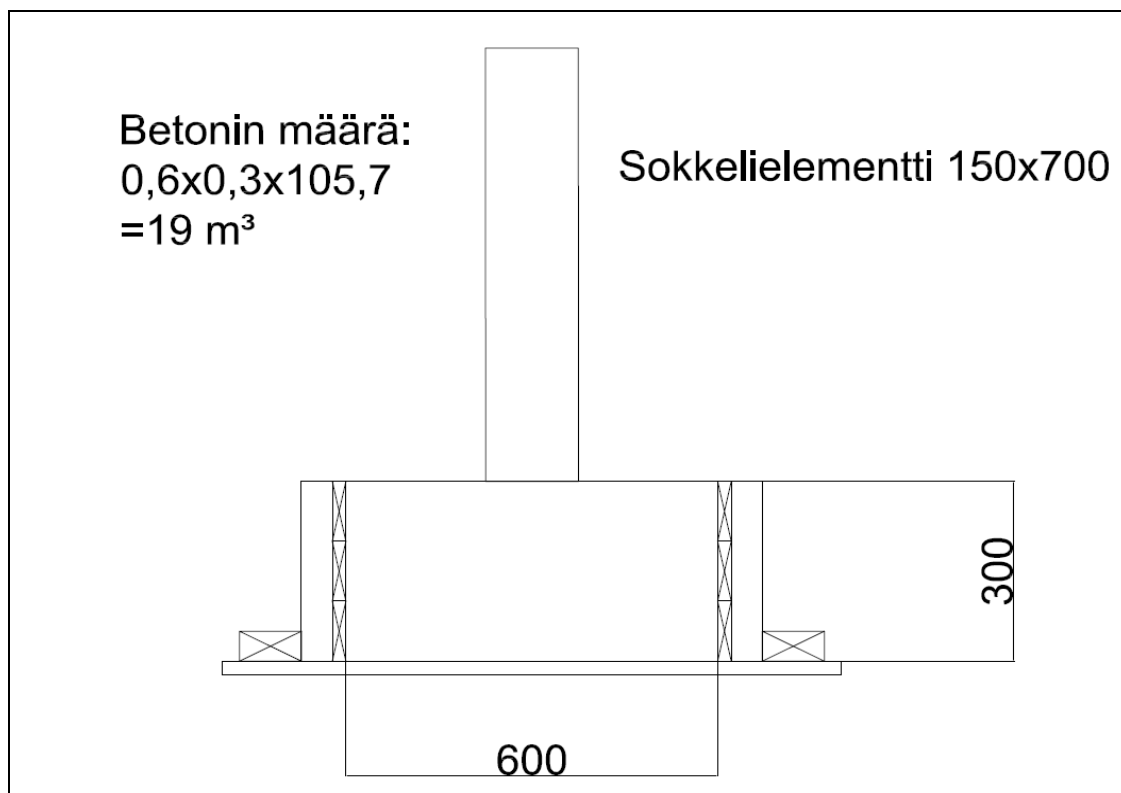
Pelkän anturamuotin tekeminen vie huomattavasti vähemmän puutavaraa kuin sekä sokkelin että anturan tekeminen. Anturamuotin valmistamiseen kuluisi 50x100 soiroja vain 275 m, joka on lähes 1150 m vähemmän kuin antura- ja sokkelimuotissa. Tavallista lautaa (22x100) kuluu noin 700 m ja materiaalien hinnaksi muodostuu noin 1060 €.

Harjaterästä kuluu myös merkittävästi vähemmän valmistettaessa pelkkä antura. Anturan raudoittamiseen käytetään noin 500 kg harjaterästä, mikä maksaa yhteensä 840 €. Anturan terästen laskemisessa käytettiin apuna seuraavaa kuvaa (kuva 26).



KUVA 26. Anturamuotin raudoitus

Anturamuotin ollessa valmis ja raudoitettu, voidaan muotti valaa betonilla, jonka laatu on sama kuin edellisissäkin perustustavoissa K35-2. Betonia kuluu anturan valamiseen vähemmän kuin antura- ja sokkelimuotin valamisessa pienemmän tilavuuden takia, jolloin aikaakin kuluu vähemmän. Kuva 27 esittää anturamuotin valamiseen tarvittavaa betonin määrää.



KUVA 27. Anturamuotin valamiseen tarvittava betonin määrä

Anturan valamisen jälkeen on odotettava hetki, jotta betoni kovettuisi. Tämän jälkeen voidaan asentaa sokkelielementti paikalleen anturan päälle. Opinnäyte-työssä tarkasteltavan elementin asennus tapahtuu aliurakalla, jolloin elementin kokonaishinta kuljetuksineen ja asennuksineen on hieman yli 10.000 € perustuen Internet-sivujen hinnastoihin. Taulukosta 3 selviää anturamuotin ja sokkelielementin kustannukset.

TAULUKKO 3. Anturamuotin ja sokkelielementin kustannukset

TU	RO	Selitys	
<b>1114</b>	<b>22</b>	<b>Täyttö</b>	<b>6737,06 €</b>
1114	22	0-55 mm murske	
1114	22	16-32 mm sepeli	
		Konetyö KKht 30 t	
<b>1212</b>	<b>41</b>	<b>Betonirakentaminen</b>	<b>20924,40 €</b>
1212	41	Lautamuotti	
		Anturamuottien valmistaminen (0,3x0,6) m <sup>2</sup>	
		- 22x100 sahatavara	
		- 50x100 soiro	
		Anturan raudoitus	
		- 8 mm A500HW harjateräs	
		- 12 mm A500HW harjateräs	
		Anturan valaminen K35-2	
		Muottien purkaminen	
		Sokkelielementin asennus 150 mm x 700 mm	
		Routasuojauksen asentaminen EPS-120 routa 100 mm	
		Konetyö KKht 30 t	
<b>1116</b>	<b>22</b>	<b>Salaojat</b>	<b>1078,91 €</b>
1116	22	Salaoja muoviputki 110 mm	
1116	22	Salaojan tarkastuskaivo	
		Konetyö KKht 30 t	
Yhteensä			28740,37 €



## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyössä vertailtiin kolmea eri perustustapavaihtoehtoa, jotka olivat Soklex-muotin käyttäminen, anturan ja perusmuurin valaminen kerralla lautamuottia käyttämällä sekä anturan valaminen lautamuottia käyttämällä ja asentamalla valmis sokkelielementti anturan päälle. Kustannukset laskettiin kaikille kolmelle vaihtoehdolle siten, että pohjatyöt ja salaojitukset tehtiin samalla tavalla kaikille vaihtoehdoille, jolloin varsinaiset kustannuserot muodostuivat itse muottitöistä ja perustusten tekemisestä.

Ennen varsinaisten laskelmien tekemistä opinnäytetyön tekijällä oli ennakkokäsitys siitä, mikä vaihtoehdoista olisi kustannustehokkain aikaisempien työkokemusten takia. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia asiaa ja saada tarkempi kokonaiskuva siitä, mikä työvaihe on kustannuksiltaan kallein eri vaihtoehdoissa ja kuinka kauan työvaiheisiin kuluu aikaa. Kustannuksia ja materiaalien määriä laskettaessa opinnäytetyön tekijä on saattanut tehdä inhimillisiä virheitä, joista on voinut aiheutua epä johdonmukaisuuksia tuloksiin.

Soklex-muotin kustannuksia laskettaessa kävi selväksi, että kallein työvaihe kyseisessä vaihtoehdossa oli muottien hankkiminen, pohjatyöt sekä muottien tuentaan käytettävän materiaalin kustannukset. Yhteensä Soklex-muottien kokonaiskustannukseksi muodostui 27.161 euroa ja aikaa perustusten rakentamiseen kului 58 tuntia eli 7,25 työpäivää. Metriä kohden muottien hinta oli 257 euroa. Perustustapavaihtoehdon kustannukset löytyvät tarkemmin liitteestä 1.

Opinnäytetyön tekijä halusi tutkia, onko lautamuotti kaikista kallein ja aikaa vievin vaihtoehto sekä tarkentaa perustustapavaihtoehtoon liittyviä kustannuksia ja saada selville, mikä työvaihe on kaikkein hintavin ja pitkäkestoisin. Lautamuotin suurimmat kustannuserät olivat muotteihin käytettävät sahatavarat, muotteihin tulevien terästen hinta ja muotteihin kuluvan betonin hinta. Vaikka lautamuottia käytettäessä itse materiaalit olivat halvempia kuin Soklex-muotilla, työvaiheisiin kuluva aika oli merkittävästi suurempi nostoen lautamuotin kustannukset yli Soklex-muottien. Lautamuottien hinnaksi tuli yhteensä 29.327 euroa ja työvai-

heisiin kului 92 tuntia eli 11–12 työpäivää. Metriä kohden lautamuotin hinta oli 278 euroa. Lautamuotin kustannukset löytyvät liitteestä 2.

Sokkelielementin kustannusten tiedettiin koostuvan lähinnä anturan muottien hinnasta, betonista ja elementtien hinnasta. Korkeimmat kustannukset koko vaihtoehdossa olivat pohjatyöt, betonin hinta ja elementtien hinta. Elementit hankittiin alihankintana, jolloin hinta oli hieman halvempi kuin omilla työmiehillä teetettynä. Yhteensä elementtien ja anturan tekeminen lautamuotista maksoivat 28.740 euroa ja työtunteja vaihtoehdolle kertyi 65 tuntia eli 8,1 työpäivää. Lautamuotin ja sokkelielementin käyttämisen hinta on 272 euroa metriltä. Lautamuotin ja sokkelielementin kustannukset löytyvät liitteestä 3.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Lähteiden luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyössä käytettiin sekä kirjoja että Internet-sivustoja lähteenä. Opinnäytetyössä pyrittiin käyttämään mahdollisimman tuoreita lähteitä, koska vanhemmissa teoksissa tiedot voivat olla vanhentuneita. Suurin osa lähteistä oli tuotteiden valmistajien Internet-sivuilta, mutta kirjoitettuja teoksiakin käytettiin riittävästi tukemaan tekstiä. Opinnäytetyössä käytettiin kotimaisia lähteitä, koska työtavat ja materiaalit saattaisivat vaihdella maittain ja Soklex-perustustapajärjestelmä on kotimainen tuote, jolloin parasta tietoa asiasta sai valmistajan Internet-sivulta ja yritykseltä tilatusta esitteestä.

Opinnäytetyössä käytetyt lähteet merkittiin huolellisesti tekstiin sekä lähdeluetteloon plagioinnin välttämiseksi. Opinnäytetyö on kirjoitettu Tampereen ammattikorkeakoulun opinnäytetyön rakenne- ja muotovaatimusten mukaisesti, ja siinä noudatettiin hyvää kieltä. Opinnäytetyö pyrittiin tekemään johdonmukaisesti ja selkeästi, jotta lukija pystyisi seuraamaan vaivattomasti eri työvaiheiden tehtäviä ja kustannuksia. Opinnäytetyössä esiintyviltä henkilöiltä kysyttiin lupaa heidän nimensä ja ammattinimikkeensä mainitsemiseen raportissa.

### 6.2 Tulosten yhteenveto

Opinnäytetyön tekijällä oli ennakkokäsitys perustustapojen kustannuksista jo ennen raportin kirjoittamista, mikä helpotti työn tekemistä. Työssä käytettävät lähtötiedot olivat opinnäytetyön tekijän mielestä luotettavia, koska ne olivat suureksi osaksi valmistajien kotisivuilta. Työmenekitkään eivät olleet yhden ihmisen arvioita, vaan niitä vertailtiin Ratu-kortiston ilmoittamiin menekkeihin ja pohdittiin, kumpi tieto on luotettavampi. Kiviainesten ja elementtien hintaa laskettaessa pyrittiin löytämään valmistaja mahdollisimman läheltä, jolloin kuljetuskustannukset olisivat mahdollisimman pienet.

Soklex-perustustapajärjestelmä on selkeästi kustannustehokkain tapa perustaa pientalo, sillä perustukset on suhteellisen helppo koota eikä materiaalien hinta ole päätähuimaava. Perustustavassa kuluu vähiten aikaa, jolloin palkkakustannuksissakin tulee säästöä. Perustustavan etuina mainittakoon työvaiheiden nopeus ja muottien asennuksessa tulevan lämmöneristyksen valmius. Haittana perustustavalla on virheiden paikkaamisen vaikeus. Etenkin muottien tuentavaiheessa tehdyt virheet on hankala korjata, mikäli muotti vahingoittuu niin pahasti, ettei valua voida suorittaa ja muotti joudutaan vaihtamaan.

Toiseksi edullisin ja kustannustehokkain tapa on käyttää lautamuottia ja sokkelielementtiä. Materiaalien hinta on halvempi kuin lautamuottia käytettäessä ja aikaakin kuluu vielä merkittävästi vähemmän. Etuna perustustavalla on nopeus verrattuna lautamuotin käyttöön sekä elementin asennuksen helppous. Haitaksi voidaan laskea riippuvuus elementin toimittajasta. Elementin myöhästyessä kustannukset nousevat.

Kaikkein epäedullisin vaihtoehto on pelkän lautamuotin käyttäminen. Muottien valmistamiseen, raudoittamiseen ja lämmöneristämiseen kuluu eniten aikaa, jolloin kustannukset ovat korkeat jo pelkästään niiden takia. Materiaalien ollessa kaikkein kalleimmat vaihtoehtoista, ei lopputuloksesta ole epäselvyyttä. Haittoiksi mainittakoon työvaiheiden hitaus ja kustannukset, ja eduksi valuvaiheen korjausten helppous verrattuna Soklex-muottien käyttöön. Opinnäytetyön tuloksissa tulee ottaa huomioon inhimillisen virheen mahdollisuus laskennoissa. Tarkastelun ulkopuolelle jäi harkkoperustus.

### 6.3 Oma oppimiskokemus

Opinnäytetyön tekeminen auttoi opinnäytetyön tekijän ammatillista kasvua monesta näkökulmasta. Opinnäytetyön avulla opinnäytetyön tekijä pystyi syventämään asiantuntemustaan perustustavoista ja niihin sisältyvistä kustannuksista. Perustustapojen kustannusten laskeminen oli aikaa vievin vaihe, sillä laskentapohjaa muutettiin pariin otteeseen parhaan mahdollisen ulkoasun saavuttamiseksi, mutta laskelmien tekeminen auttoi opinnäytetyöntekijää ymmärtämään paremmin kustannusten tarkkailun tärkeyden työvaiheita seurattaessa. Opinnäy-

tetyöntekijä joutui perehtymään erittäin tarkasti oman alansa aineistoon, mikä osaltaan auttoi ammatillista kasvua, ja se opetti tiedonhaun kannalta oleellisia asioita. Opinnäytetyö oli työläs ja pitkä projekti, mutta eteni suunnitelmien mukaisesti.

#### 6.4 Jatkotutkimus- ja kehittämissuhteet

Jatkotutkimus- ja kehittämissuhteena ehdotetaan useamman eri perustustavan kustannustehokkuuksien laskemista, sillä tässä opinnäytetyössä käytettyjen lautamuottien käyttö vähenee jatkuvasti, sillä tilalle on tullut vanerilevytuotteita. Lisäksi kustannustehokkuuksia voisi selvittää esimerkiksi tarkastelemalla kolmea eri rakennusta, jotka on perustettu eri tavoilla.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus Ry, 2012. Betoniopas. Betonityöt. Luettu 9.2.2012.  
<http://www.betoni.com/fi/Betoniopas/Betonity%C3%B6t/Muottity%C3%B6/>

Celsa 2012. Harjaterästankojen ominaisuudet. Luettu 19.4.2012.  
[http://www.celsa-steelservice.com/finland/fi/zonapublica/tuotteet.aspx?contenido=contenido/tuotteet\\_yleista.ascx](http://www.celsa-steelservice.com/finland/fi/zonapublica/tuotteet.aspx?contenido=contenido/tuotteet_yleista.ascx)

Elementtisuunnittelu 2012. Sokkelielementit. Luettu 27.4.2012.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/sokkelielementit>

Saarinen, S. 2011. Pientalon perustuksiin vain varmat valinnat. Pientalorakentaminen 2011 Helsingin rakennusmestarit ja –insinöörit AMK Ry. Luettu 8.2.2012. [http://www.hrmy.fi/pdf/HRI1106b\\_01-28.pdf](http://www.hrmy.fi/pdf/HRI1106b_01-28.pdf)

Hetivalmisperustus 2012. Hinnasto. Luettu 19.4.2012.  
<http://www.hetivalmisperustus.fi/3>

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Jyväskylä: Tammertekniikka / AMK-Kustannus Oy.

Puukeskus 2012. Sahatavaran hinta. Luettu 26.3.2012.  
<http://www.puukeskus.fi/tuotteet/puutavara/sahatavara>

Rakennusmestarit ja – insinöörit AMK RKL ry ja Rakennustietosäätiö. 2008. Rakentajain Kalenteri 2008. Antti Koskenvesa. Rakennustieto Oy.

Ratu, 2012. Ratu 0269 lautamuottityö. Luettu 27.2.2012.  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/0269.html.stx>

Rudus 2012a. Kiviaineshinnasto, Tampere-Vaasa (Pirkanmaa). Luettu 28.4.2012. <http://www.rudus.fi/pienrakentajalle/aineistot/hinnastot>

Rudus 2012b. Betonihinnasto Etelä-Suomi. Luettu 26.3.2012.  
<http://www.rudus.fi/Download/24600/Betonihinnasto%20Etel%c3%a4-Suomi%20L%c3%a4nsi-Pohjois-lt%c3%a4-Uusimaa.pdf>

Sahakonttori 2012. Rautakaupan tuotteet. Luettu 19.4.2012.  
<http://www.sahakonttori.fi/shop/products.php?g1=613ded&g2=e819c3&n=2>

Soklex Oy, 2012. Soklex – perustusjärjestelmäesite. Luettu 9.2.2012.  
<http://www.soklex.fi/fi/pdf/esitteet/perustusmuotit/Yleisesite%20perustusmuotit.pdf>

STUK 2011. Perustustavan vaikutus radonpitoisuuteen. Päivitetty 24.1.2011.  
Luettu 9.2.2012.  
[http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily\\_ymparistossa/radon/uudisrakentaminen/fi\\_FI/perustustapa/](http://www.stuk.fi/sateilytietoa/sateily_ymparistossa/radon/uudisrakentaminen/fi_FI/perustustapa/)

Taloon 2012. Routaeristeiden hinnat. Luettu 26.3.2012.  
<http://www.taloon.com/tuotteet/742/dg>

Thermisol, 2012a. Maanvastaisen perustuksen routasuojaus. Luettu 14.2.2012.  
<http://www.thermisol.fi/erista-oikein/eristaminen/maanvastaisen-perustuksen-routasuojaus>

Thermisol, 2012b. Routaeristykseen laskentaohjelma. Luettu 8.5.2012.  
<http://www.mittaviiva.fi/thermisol/>

Uponor.fi 2012. Rakennusten kuivatus – Pientalon kuivatusputkistot. Luettu 29.3.2012.  
[http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/House%20drainage/Brochures/38001\\_Pientalon\\_kuivatusputkistot\\_08\\_2011.pdf](http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/House%20drainage/Brochures/38001_Pientalon_kuivatusputkistot_08_2011.pdf)

## LIITTEET

Liite 1: Soklex-perustustapajärjestelmän kustannuslaskelmat

Liite 2: Lautamuotin kustannuslaskelmat

Liite 3: Lautamuotin ja sokkelielementin kustannuslaskelmat

Liite 4: Thermisol routaeristyksen laskentaohjelman tulokset











## ThermiSol routaeristyslaskin

### Kohteen nimi: Lohkaretie

Laskettu: 26.3.2012 18:40

Energialuokitus: normaali  
Pakkakunta: Ylöjärvi  
Mittauspakkasmäärä F50: 45000 Kh  
Perustamissyvyys: 0.5 m

Routaeristeen pinta-ala  
Seinustolla: 89.1 m<sup>2</sup>  
Nurkissa: 27 m<sup>2</sup>  
Routasuojauksen leveys B määritetään anturan ulkopinnasta. Laskennassa käytetty sokkelin ja anturan reunan etäisyys on 100mm. Mikäli käytetään leveämpää anturaa, on routasuojauksen leveyttä kasvatettava vastaavasti.

Eristeen laskennallinen paksuus EPS 120 Routa  
Seinustolla: 70 mm  
Nurkissa: 98 mm

Routaeristys EPS 120 Routa  
Seinustolla: 70 mm  
Nurkissa: 100 mm, nurkista 1.5 metrin malkalle (kuvasssa Lc)  
Eristeen leveys sokkelista (B): 1.5 m, sisältäen sokkelin ja anturan välisen etäisyyden 0.1 m

Eristeen tilavuus  
Seinustolla: 6.2 m<sup>3</sup>  
Nurkissa: 2.7 m<sup>3</sup>  
Yhteensä: 8.9 m<sup>3</sup>

Alapohjan eristys  
Alapohjan eriste ThermiSol PLATINA Lattia 150 mm (100 + 50), saumat limetty, U-arvo 0,16 W/m<sup>2</sup> K

Alapohjan eristeen pinta-ala 220 m<sup>2</sup>, kun seinän paksuus on 400 mm

#### Routaeristykseen huomioitava

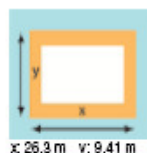
Perustukset ja alapohja ovat pysyvästi kuivattu salaojituksella ja pintavesien pojohtamisella.

Tarkastuspukien ja -kalvojen aiheuttamat kylmäsillat eristettävissä Talonrakennuksen routasuojausohjeen mukaisesti.

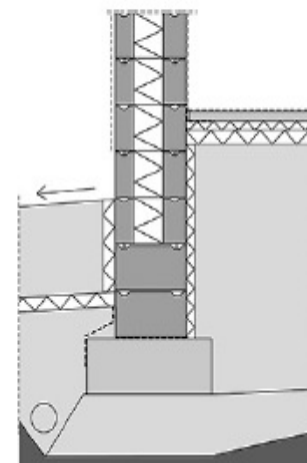
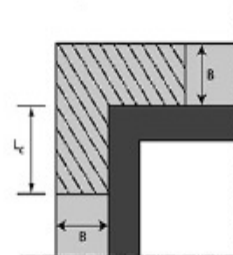
Perustuseristys on laskettava tapauskohtaisesti.

Jos ryömintätien lämpötila on pitkäaikaisesti alle 0°C, routaeristettävän rakennuksen sisäpuolel samalla tavalla kuin ulkopuolel.

Alapohjan radonpiston mahdollisesti aiheuttama lämpötilan lasku ei ole otettu huomioon routaeristyslaskennassa.



x: 26.3 m y: 9.41 m



Maarvastainen alapohja

Lämpimien rakennusten yhteydessä olevat kylmät osat kuten perustusten ulkoiset, ulkopuoliset, parvekkeiden kannattimipiirit, kuulit routaeristettävän kylmät rakenteet.

ThermiSol Oy ei ota vastuuta virheellisistä suunnittelutuloksista tai ohjelman tai käyttöön aiheuttamien toimien aiheuttamista katojen, rahan tai muun omaisuuden tuhoutumisesta.

Perustussyvyys on ulkopuolen maanpinnan ja anturan alapinnan välinen mitta.

Rytmien rakenteiden routasuojauksen mitoitus on laskettu huhtikuun vuorokauden rakenteiden mukaan. Lumen suojaava vaikutus ei ole otettu laskennassa huomioon.

#### Edellinen

kohteen valinta - muoto - mitat ja nimi - aluevalinta - perustamistapa - perustamissyvyys - tuloste