

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Lauri Pukkala

HARKKOTALON MATERIAALIT JA RAKENNETYYYPIT – TEK-
NISET OMINAISUUDET JA KUSTANNUSVERTAILU

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018

Sisältö

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto..... | 6 |
| 1.1 | Tausta | 6 |
| 1.2 | Työn tavoite ja rajausta..... | 7 |
| 1.3 | Tulosten luotettavuus..... | 9 |
| 2 | Anturat..... | 9 |
| 2.1 | Harkkomuottianturat | 11 |
| 2.2 | Valmismuottianturat | 13 |
| 2.3 | Anturamuotti rakennuslevystä..... | 15 |
| 2.4 | Anturan toteutustavan valinta ja perustelu | 16 |
| 3 | Perusmuuri | 17 |
| 3.1 | Paikalla valettava teräsbetoninen perusmuuri | 18 |
| 3.2 | Perusmuuri teräsbetonielementeistä | 22 |
| 3.3 | Perusmuuri harkoista | 26 |
| 3.4 | Harkkoperusmuurin valinta ja perustelut | 28 |
| 4 | Alapohja | 28 |
| 4.1 | Lattian routaeristys | 30 |
| 4.2 | Alapohjan rakentaminen | 32 |
| 5 | Harkkoulkoseinät | 36 |
| 5.1 | Eristemuottiharkko (EMH)..... | 36 |
| 5.2 | Höyrykarkaistu kevytbetoniharkko | 41 |
| 5.3 | Kevytsoraharkko | 44 |
| 5.4 | Kustannukset harkkotyypeittäin | 47 |
| 5.5 | Valinta ja perustelut | 50 |
| 6 | Yläpohjarakenteet..... | 51 |
| 7 | Vesikate..... | 57 |
| 7.1 | Konesaumapeltikate | 58 |
| 7.2 | Lukkosaumakate..... | 59 |
| 7.3 | Profiilipeltikate | 60 |
| 7.4 | Vesikatteen kustannukset | 60 |
| 8 | Kevyet väliseinät..... | 61 |
| 9 | Ikkunat ja ovet | 63 |
| 10 | Tulisijat | 66 |
| 11 | Julkisivujen pintamateriaalit | 68 |
| 12 | Sisäpuolen pintamateriaalit..... | 69 |
| 13 | Excel-laskuri ja sen tarkoitus | 74 |
| 14 | Tulosten yhteenveto ja pohdinta | 76 |
| | Lähteet..... | 77 |

Liitteet

1. Esimerkkikohteen lupakuvat
2. Excel--laskuri

**OPINNÄYTETYÖ****Toukokuu 2018****Rakennustekniikan koulutusohjelma**

Tikkarinne 9

80200 JOENSUU

+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä

Lauri Pukkala

Nimike

Harkkotalon materiaalit ja rakennetyypit – Tekniset ominaisuudet ja kustannusvertailu

Tiivistelmä

Omakotitalon rakenteiden ja rakennusmateriaalien huolellinen suunnittelu ja vaihtoehtojen harkinta on tärkeää, koska vaihtoehtoja on nykyisin paljon. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan harkkoista tehtävän omakotitalon materiaalivaihtoehtoja. Erilaisia harkkotyyppejä on useita, ja harkkoja voidaan käyttää seinien lisäksi anturan ja sokkeleiden teossa. Vaikka kaikissa rakenteissa ei käytetäkään harkkoja, työssä kuvataan harkkotalon kaikkien rakenteiden toteutusvaihtoehtoja.

Materiaalivalintoja ja harkkotalon rakentamista havainnollistetaan esimerkkikohteen avulla. Kyseessä on omakotitalo, joka rakennettiin samalla, kun tätä opinnäytetyötä tehtiin. Hintavertailut perustuvat eri materiaalitoimittajilta saatuihin tarjouspyyntöihin ja eri materiaalien teknisiä ominaisuuksia vertaillaan kirjallisuuden perusteella. Vertailujen lisäksi työssä laadittiin Excel-sovellus, jonka avulla harkkotaloa suunnitteleva voi vertailla eri materiaalien käytöstä aiheutuvia kustannuksia.

Kieli

Suomi

Sivuja 80

Liitteet 2

Liitesivumäärä 5

Asiasanat

Omakotitalo, rakenteet, harkkotyypit, kustannusanalyysi

**THESIS****May 2018**

Degree Programme in Construction Engineering

Tikkariinne 9

80200 JOENSUU

+358 13 260 600

Author

Lauri Pukkala

Title

Materials and Structural Types of Concrete Block House – Technical Properties and Cost Analysis

Abstract

Careful planning of the structures and materials of detached houses is important due to the high number of options. This study compared the prices and technical properties of alternative construction materials for a detached house built of concrete blocks were compared in this study. There are various types of masonry units, and they can be used, not only for walls, but also in foundation footing and foundation walls. Although only a part of the structures can be made of masonry units, this study describes alternative materials for all the main structures of a detached house in a case where the outer walls are made of concrete blocks.

The building steps are illustrated with a case study house, which was constructed simultaneously during the data collection and analyses of this study. The cost comparisons are based on the offers of the sellers of construction materials and the comparisons of technical properties are based on literature. An Excel application was also developed in the course of the study, in addition to the comparative analyses presented in this report.

Language

Finnish

Pages 80

Appendices 2

Appendix pages 5

Key words

detached house, structures, concrete block types, cost analysis

1 Johdanto

1.1 Tausta

Omistusasunnon hankinta on monen perheen suurin taloudellinen ponnistus. Jos kyseessä on rakennettava omakotitalo, on talon rakentaminen tai rakennuttaminen useimman perheen suurin rakennusprojekti. Tekniikan edetessä ja materiaalien kehittyessä huolellinen suunnittelu ja vaihtoehtojen harkinta on tärkeää, koska vaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä on nykyisin todella paljon.

Myös ammattirakentaja joutuu koko ajan päivittämään tietojaan ja omaksumaan uudenlaisia ratkaisuja ja materiaaleja. Ratkaisujen tekemisessä auttavat systemaattiset vertailut olemassa olevista materiaali- ja toteutusvaihtoehdoista. Näiden vertailujen tulisi kattaa vaihtoehtojen tekniset ominaisuudet, hinnat ja käytännön rakentamiseen liittyvät seikat, esim. rakentamiseen vaadittava ammattitaito ja rakentamisen nopeus eri materiaalivaihtoehtoja käytettäessä.

Yksi ratkaisu omakotitalojen rakentamiseen on harkkorakentaminen. Harkkotalon rakentamiseenkin on monia vaihtoehtoja, koska erilaisia harkkoryyppejä on useita, ja harkkoja voidaan käyttää seinien lisäksi anturan ja perusmuurin teossa. Jos rakentaja päättää tehdä talonsa harkkoista, hänellä on tämän päätöksen jälkeen edessään vielä monta valintaa. Harkkoista tekeminen antaa mahdollisuuden toteuttaa monimuotoisia rakenteita kohtuullisella hinnalla.

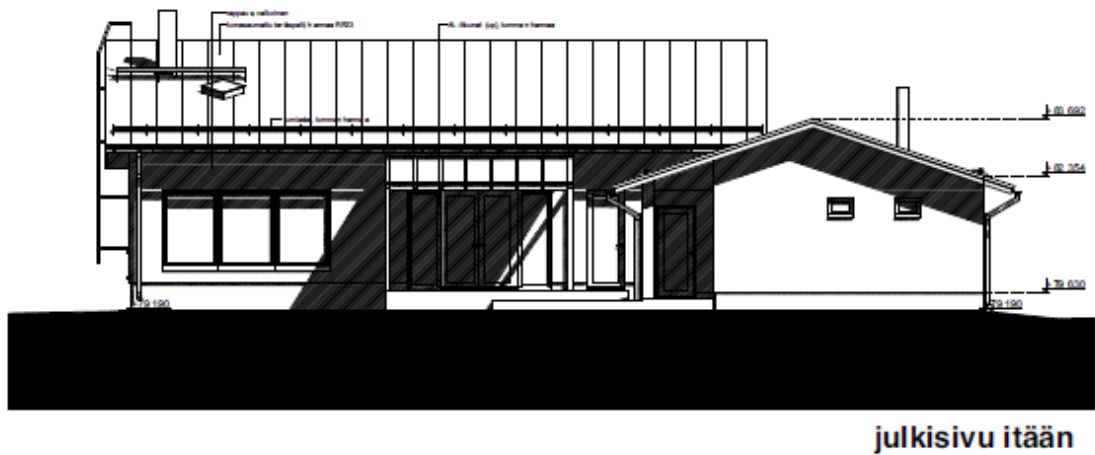
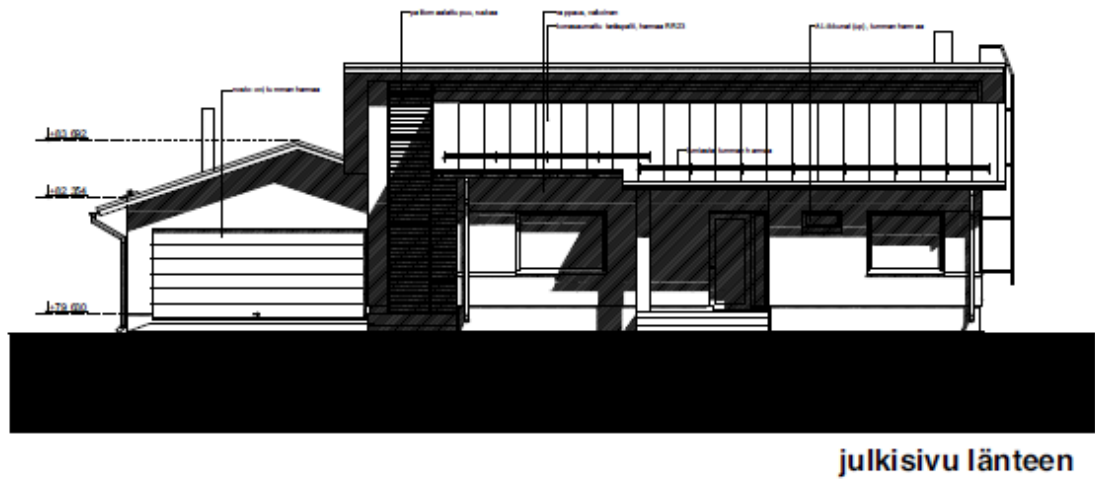
Kivitalon voi tehdä myös teräsbetonielementeistä. Tällöin työmaalla tehtävää työtä on vähemmän mutta suunnittelupöydillä sekä elementtitehtailla tehdään työtä. Teräsbetonielementeillä on helppo tehdä laadukkaita selkeänmuotoisia rakenteita. Elementtirakentamisessa on mittojen kanssa oltava erityisen tarkkana joka vaiheessa.

Teräsbetonirungon voi myös tehdä valamalla eli betonoimalla paikan päällä. Tällöin raudoitus ja mahdollinen LVIS-tekniikka on asennettuna tarkoitukseen soveltuviin muotteihin ennen valutyötä. Paikalla valamisen vaatii erityistä muottikalustoa sekä muotin siirtoihin nostokalustoa. Paikalla valamiseen perustuva rakentaminen eri työvaiheineen vaatii enemmän osaamista kuin harkoista tai elementeistä rakentaminen. Pientaloista ylivoimaisesti suurin osa tehdään edelleen puurakenteisena. Puutalo on erilainen ratkaisu kuin kivitalo ja yleisesti ottaen puutalo on edullisempi.

Harkkotaloratkaisujen vertailua, jossa perehdytään sekä kustannuksiin että työtekniisiin seikkoihin, ei ole opinnäytetyönä tehty. Betoniteollisuus Ry on julkaissut teoksen *Harkkokäsikirja* vuonna 2016 [20], jossa on tietoa kevytsora- ja betoniharkoista. Tätä teosta on käytetty yhtenä tämän opinnäytetyön lähteenä. Teoksen sisältö on teoriaa ominaisuuksista sekä käsitteistä.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin harkoista tehtävän omakotitalon rakenteita ja materiaaleja. Vertailua tehdään rakennusvaiheittain mm. kolmen erityyppisen ulkoseinäharkon välillä. Opinnäytetyön pohjalla toimii esimerkkikohte. Esimerkkikohte käsittää yhteen kerrokseen rakennetun omakotitalon ja talousrakennuksen. Rakentaminen tapahtuu ns. hartiapankkimenetelmällä. Talousrakennuksen huoneala on 61 m² ja talon 116 m². Esimerkkikohte rakennettiin samalla, kun tätä opinnäytetyötä tehtiin. Vertailulaskelmat koskevat nimenomaan tätä omakotitaloa. Hintavertailut perustuvat eri materiaalitöimittajilta saatuihin tarjouspyyntöihin eivätkä esimerkiksi mainoksiin. Opinnäytetyön sisältö sekä Excel-sovellus sopivat parhaiten samantyyppiseen rakennushankkeeseen. Excel-sovellus toimii työkaluna materiaalivalintojen kustannusvaikutuksen esiintuojana, sovellusta käsitellään lisää luvussa 13. Käsityksen esimerkkikohteen tyypistä saa kuvasta 1.



Kuva1. Kaksi julkisivupiirrosta esimerkkikohteesta.

Tutkimusmenetelminä opinnäytetyössä olivat kirjallisuuden tutkiminen, tarjouspyyntöjen lähettäminen ja saatujen tarjousten vertaileminen. Myös käytännön rakentaminen tuo sisältöä opinnäytetyöhön. Opinnäytetyön tavoitteena on

- selvittää, mitä materiaaleja kannattaa käyttää tämän tyyppisessä hankkeessa kustannukset ja ominaisuudet huomioiden
- esitellä harkkotalon rakentamista vaiheittain
- luoda Excel-laskuri, joka voi tulevissa harkkokohteissa olla apuväkalu valintoja kustannus perustein mietittäessä.

Huomiota kiinnitettiin vaihtoehtojen teknisiin ominaisuuksiin, hintaan sekä rakentamisen helppouteen. Työmenekki ja aikataulu käydään läpi maininnan tasolla, koska esimerkki kohde rakennettiin hartiapankki tyylillä, joten työnkustannuksia ei pystytä aukottomasti esittämään. Vaikka pääpaino on rakenteissa, joissa voidaan käyttää harkkoja, työssä kuvataan ja vertaillaan harkkotalon kaikkien rakenteiden toteutusvaihtoehtoja. Anturan, sokkelin ja ulkoseinien materiaalivertailujen lisäksi kuvataan mm. alapohjan, yläpohjan, väliseinien, vesikaton ja lattian toteutusvaihtoehtoja. Opinnäytetyön sisältö käydään läpi rakentamisen mukaisessa järjestyksessä alkaen anturoista.

1.3 Tulosten luotettavuus

Opinnäytetyön teknisiä ominaisuuksia selvittäessä pyrittiin lähdekriittiseen ja selkeään analyysiin. Tiedot perustetaan faktatietoon, ts. osiossa ei esitetä mielipiteitä. Mielipiteisiin perustuvat seikat esitetään siten, että ne erottuvat mielipiteinä. Mielipideperusteista tekstiä voi esiintyä työtekniikoihin ja rakennetyypin valintaan liittyvissä osioissa.

Opinnäytetyön kustannusvertailut perustuvat todellisiin ja oikeisiin määriin, koska tutkimusta tehdään oikean kohteen pohjalta. Tarjouksia antaneiden yritysten nimiä ei mainita hintoja esitettäessä. Käytetyillä menetelmillä saadaan tuloksia, jotka eivät perustu sattumaan. Tiedot esitetään riittävällä tarkkuudella, jotta ne ovat uskottavia. [42.] Opinnäytetyössä käytetään taulukoita ja kuvia selkeyttämään sisältöä. Eettisiä kysymyksiä tähän opinnäytetyöhön ei liity.

2 Anturat

Anturat kannattelevat rakennusta maan päällä. Erilaisia perustamistapoja pientaloissa ovat seinäantura, pilariantura, reunavahvistettu laatta sekä kantava sokkeli. Tässä opinnäytetyön osiossa vertaillaan seinäanturan tekemistä harkkomuotilla, valmismuotilla ja lautamuotilla. Sopivan anturan koon määrittää maaperän kantavuuden ja rakennuksesta tulevien kuormien keskinäinen suhde. Kevyen rakennuksen voi perustaa hyvälle maaperälle

kantavalla perusmuurilla, jolloin rakennuksen kuormat jakautuvat maaperään varsin pienelle pinta-alalle, kun taas huonolle maaperälle rakennettaessa voidaan joutua hakemaan kantavuutta paalutuksen kautta.

Omakotitalojen yleisin anturatyyppe on jatkuva teräsbetoniantura, jota käytetään myös esimerkkikohteessa. Perustustapa valitaan maaperän kantavuuden sekä routivuuden perusteella [7]. Nämä asiat selviävät pohjatutkimuksen avulla.

Anturat tehdään kapillaarisen kosteuden nousun takia 300 mm paksun, kapillaarisen nousun katkaisevan maakerroksen päälle. Ulkoiseen vedentuohon varaudutaan muotoilemalla rakennusta ympäröivä maanpinta pois päin viettäväksi ja asentamalla vesieristys anturan kylkeen. Käytettyjä vedeneristyskeinoja sokkelin kyljessä ovat eristäminen kumibitumikermillä, patolevyllä tai niiden yhdistelmällä. Runsaisiin sulamis- ja sadevesiin sekä niiden pohjavettä nostavaan vaikutukseen varaudutaan salaojaputkistolla, jota pitkin enimmäkseen vedet poistuvat talon perustuksen läheisyydestä. Salaojaputken ja sadevesiputken voi asentaa vierekkäin, kuten kuvassa 2. Sadevesiputki on umpiputkea ja salaojaputki on reiällistä putkea. Näitä putkia ei saa yhdistää toisiinsa, koska on vaarana, että sadevedet siirtyvät reiälliseen salaojaputkitukseen kastellen talon vierustaa.



Kuva 2. Sadevesi- ja salaojaputket vierekkäin, ympärille laitetaan salaojatoraa. [43]

2.1 Harkkomuottianturat

Harkkomuotti on vaihtoehto lautamuottiin valettavalle anturalle. Harkko jää osaksi anturarakennetta, joten anturaharkkoa käytettäessä ei synny purkujätettä. Harkkomuotti on helppo valinta laudoitustaidottomalle rakentajalle. Tietyissä tapauksissa on myös mahdollista säästää yksi valukerta, mikäli käytetään sellaista anturaharkkoa, joka täyttyy betonista sokkelivalun yhteydessä, jolloin anturat ja perusmuuri valetaan kerralla.

Anturaharkkoja valmistavat muun muassa Lakka, Leca ja HB. Lecan anturaharkko on kevytsorasta tehty 400 mm leveä harkko, jonka pinnalla on kouru raudoitusta ja valua varten. Harkkoa voi käyttää hyvin kantavissa perustamisolosuhteissa. Se ei kestä suuria rasituksia.

Lakka ja HB myyvät valettavia anturamuottiharkkoja (kuva 3). Ne ovat 600 mm leveitä, mikä on yleisin omakotitalon anturan leveys. HB:n anturaharkot ja valuharkot ovat yhteensopivia, ja näin ollen anturat ja sokkelit voidaan valaa samalla kertaa. [8; 9; 10.]



Kuva 3. HB:n valuharkkoperustus [9]

Harkkoanturan työtekniset ominaisuudet

Anturaharkot asennetaan paikalleen linjalankojen avulla. Pohjan tulee olla mahdollisimman tasainen, ja asennusta voi helpottaa käyttämällä asennushiekkakerrosta harkkojen alla. Harkot on hyvä liimata päistä toisiinsa kiviliimalla, jotta rakenne kestää valamisen [9]. Rauditus asennetaan harkon kouruun ja valetaan esimerkiksi c25/30:n lujuisella betonilla, jonka raekoko on 16 mm. Raudoittamisen sekä valutyön ajankohta voi toki vaihdella anturaharkko tyyppin mukaan. Esimerkiksi HB:n järjestelmässä rauditus asennetaan raudituskorokkeilla maahan ennen anturaharkkoja. Harkkojen mahdolliseen työstämiseen käytetään kulmahiomakonetta, ja sopiva laikka-tyyppi on timanttilaikka.

HB:n valuanturaharkkoja käytettäessä raudoitusteräukset asetetaan ennen harkkoja. Ne asennetaan 50 mm:n korkeuteen raudoituskorokkeiden avulla. Anturaa ei valeta erikseen, vaan se täyttyy betonista perusmuurin valamisen yhteydessä.

Harkkoanturan kustannukset

Taulukossa 1 on laskelma anturan materiaalien hinnasta Lakan ANT-600-anturaharkolla tehtynä (sis. Alv 24 %). Terästen ja betonoinnin hinta perustuu esimerkkikohteessa toteutuneisiin kustannuksiin. Harkkojen hinnat perustuvat nettirautakaupan listahintoihin [11]. Betonoinnin hinta perustuu betoniasemalta saatuun tarjoukseen ja toteutuneisiin kustannuksiin. Terästen hinta perustuu toteutuneisiin kustannuksiin.

Taulukko 1. Anturan materiaalikustannukset Lakan ANT-600-anturaharkolla tehtynä. Esimerkkikohteessa anturaa on anturan keskilinjasta mitattuna 85 m.

| Materiaali | Kustannus, €/jm |
|--|-----------------|
| ANT-600-harkko [€/jm] | 14,60 |
| Raudoitus 3T10 [€/jm] | 1,51 |
| Betonointi C25/30, 0-16 mm. XC2. Notkeus s2, pumpattuna [€/jm] | 9,19 |
| Yhteensä [€/jm] | 25,30 |
| Hinta esimerkkikohteessa [€] | 2150,50 |

2.2 Valmismuottianturat

Valmiiksi perusraudoitetut valmisanturamuotit ovat nopea ja helppo vaihtoehto anturoiden rakentamiseen. Muoteissa seinämänä toimii ohut teräsverkko, joka on laminoitu PE-muovikalvolla. Perusraudoituksena muoteissa on poikkisuuntaan T6k200- ja pituussuuntaan 3T8-raudoitus. Muotit voidaan lisäraudoittaa. Muottia ei tarvitse purkaa valun jälkeen. [12]

Anturamuotit ovat 5 metriä pitkiä ja painavat noin 20 kg/kpl. Ne voidaan pakata limittäin, mikä helpottaa kuljetusta ja varastointia. Anturoita on saatavilla eri levyisinä (400–1000 mm) ja korkuisina (200–600 mm). Muotin korkeus on Lammilla 30 mm enemmän kuin nimelliskorkeus pohjan mahdollisen heiton vuoksi. Lakalla muotit ovat 50 mm nimelliskorkeutta korkeampia. [8;9]



Kuva 4. Anturan valmismuotti asennettuna [8].

Valmismuottianturan rakentaminen

Anturoiden tekeminen onnistuu perustyökaluilla. Valmismuottien avulla omakotitalon anturat voi tehdä päivässä, tosin tarvittava työpanos on tietysti tapauskohtainen. Anturamuottitoimitukseen kuuluu Lammilla työohje, jossa selitetään erilaisten liitosten ja päätykappaleiden tekeminen. Muotit sopivat ympärivuotiseen rakentamiseen.

Muottia ei tarvitse purkaa. Sokkelin rakentaminen voidaan aloittaa heti valun kovettuttua. Anturavaiheen työmenekki on valmismuotteja käytettäessä pienempi kuin esimerkiksi puusta tehtynä.

Valmismuottianturan kustannukset

Valmistajilta saatujen tarjousten perusteella kokoa 600 mm x 200 mm olevien valmismuottien hinnat (sis. Alv. 24%) ovat taulukon 2 mukaiset.

Taulukko 2. Valmismuottianturoiden yksikköhinta ja kokonaiskustannus esimerkkikohteessa (85 m anturaa).

| Muottityyppi | Hinta esimerkkikohteessa [€] | €/jm (10 % limitys) |
|--------------|------------------------------|---------------------|
| valmistaja 1 | 1512,8 | 16,64 |
| valmistaja 2 | 1702,52 | 19,71 |

Valmisbetoniasemalta saadun tarjouksen perusteella anturan betonoinnin hinta ja kokonaishinta (sis. Alv 24 %) ovat taulukon 3 mukaiset.

Taulukko 3. Anturan materiaalikustannukset valmistajan 1 anturamuotteja käytettäessä. Esimerkkikohteessa anturan pituus on 85 m.

| Materiaali | Kustannus |
|---|--------------|
| Anturamuotit Lakka am26 [€/jm] | 16,64 |
| Betonointi C25/30, 0-16mm. XC2. Notkeus s2, pumpattuna [€/jm] | 13,78 |
| Yhteensä [€/jm] | 30,42 |
| Hinta esimerkkikohteessa | 2585,70 |

2.3 Anturamuotti rakennuslevystä

Perinteinen anturamuottien materiaali on puu, ja muotit voidaan tehdä vanerilevyistä, soiroista tai laudoista. Materiaalien ei tarvitse olla uusia, sillä monesti samoja siivuja voidaan käyttää monta kertaa.

Lautamuottianturan työtekniset ominaisuudet

Muotti koostuu yleisesti laudoista tehdyistä siivuista. Anturasivut on hyvä kasata työpöydällä. Siivu koostuu anturan korkeudesta riippuen kahdesta tai useammasta vierekkäisestä laudasta, jotka kiinnitetään toisiinsa siivun taakse tulevaan pystysuuntaiseen laudan pätkään naulaamalla. Myös lankkua ja vaneria voidaan käyttää muottitavarana. Lankku on jopa lautaa kätevämpi muottitavara, mutta se on kalliimpaa, ellei käytettävissä ole ilmaista, esim. kastunutta lankkua.

Siivuja asennetaan paikalleen siten, että ne liittyvät päistään aina seuraavaan siivuun, esimerkiksi naulaamalla lauta saumankohtaan. Anturamuotti voidaan tukea lyömällä puukiiloja muotin viereen tai vaikkapa siirtämällä so-
raa tai harkkoja muotin reunaa vasten. Alareunan voi kätevästi sitoa reikänauhalla. Laudan käyttäminen anturan alla ei ole sallittua, koska se ei ole purettavissa. Muotin yläreunat sidotaan toisiinsa esimerkiksi lautasiteillä.

Muotti raudoitetaan ja betonoidaan. Kun valu on kovettunut riittävästi, lautamuotti on purettava pois. Monesti muotti puretaan seuraavana päivänä.

Lautamuottianturan kustannukset

Lautamuottianturan kustannuksista pääosa syntyy puutavaran ostosta (taulukko 4).

Taulukko 4. Kustannuslaskelma, kun anturamuotti tehdään laudasta.

| Materiaali | Kustannus |
|--|--------------|
| Betonointi C25/30, 0-16mm. XC2. Notkeus s2, pumputuna [€/jm] | 13,78 |
| Teräkset 3T8 [€/jm] | 1,51 |
| Yhteensä lauta 22x100 [€/jm] (10 % hukka) | 3,21 |
| Hinta yhteensä [€/jm] | 18,50 |
| Hinta esimerkkikohteessa (85 m) [€] | 1572,50 |

2.4 Anturan toteutustavan valinta ja perustelu

Puu- ja levymuotti on hyvä ja edullinen. Kohteen anturamuotit päädyttiin rakentamaan vanerista, koska käytettyä kelvollista vaneria oli saatavilla, jolloin muottien teko vanerista tuli halvimmaksi (kuva 4). Siivut kasattiin työpöydällä, aseteltiin tasatulle maalle paikalleen ja liitettiin toisiinsa lautaa käyttäen. On hyvä muistaa, että rakentajan tulisi valita sellainen vaihtoehto,

jonka osaa itse toteuttaa. Mikäli työn toteuttaa ulkopuolinen ammattimies, kannattaa huomioida työkustannusten vaikutus hintaan.



Kuva 4. Anturamuotti esimerkkitilanteessa, kesä 2017.

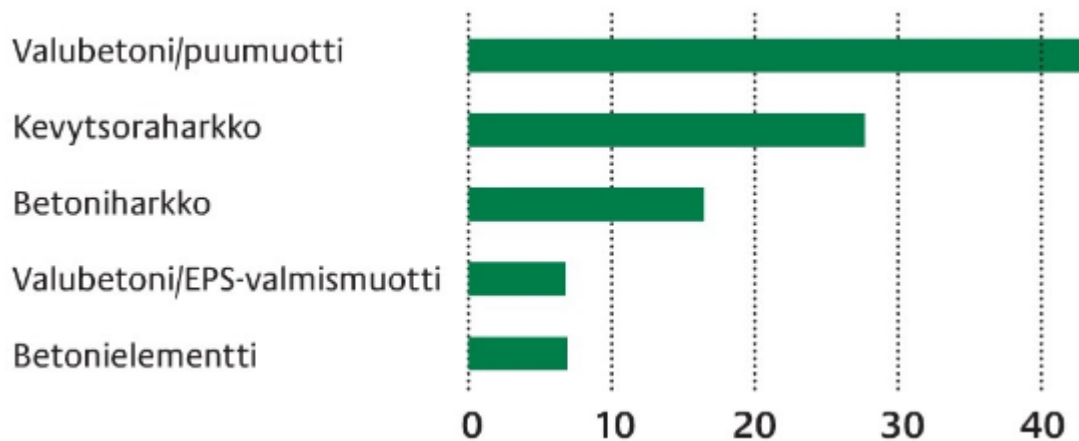
3 Perusmuuri

Perusmuurin rakenteen suunnittelee yleensä rakennesuunnittelija. Hän valitsee sopivan perustustavan ottaen huomioon vaadittavan lämmöneristävyyden, kosteuseristyksen ja lujuuden. Omakotitaloissa käytetään yleisesti jatkuvaa seinäanturaa ja sokkelia. Sokkeli muurataan harkoista tai valetaan puu- tai valmismuottiin. Sokkelit voidaan myös tilata elementteinä, jolloin työmaalla tehdään vain asennus ja juotosvalut. Vähemmän käytettyjä perustamistapoja omakotitalorakentamisessa ovat pilariperustus, joka edellyttää sokkelin toimivan palkkina, ja reunavahvistettu laatta [13]. Esimerkkikohteessa käytettiin jatkuvaa anturaa ja elementtisokkelia.

Kun perustus routaeristetään ulkopuolelta, on mahdollista toteuttaa perustukset huomattavasti matalampina kuin ilman routaeristeitä. Myös perustuksen vieressä olevat maa-ainekset vaihdetaan routimattomiksi. Mikäli tehdään syväperustus, ei ulkopuolista routaeristettä välttämättä tarvita. Tämä

vaatii osassa Suomen kaupungeista 2,6 metrin perustamissyvyyden. Rakennusten nurkka-alueilla on syytä asentaa 1,5-kertainen määrä ulkopuolista roudaneristettä.

Perustuksien routaeristykseen kannalta paras paikka eristeelle olisi sokkelin eli perusmuurin ulkopinta. Ulkopinnassa oleva eriste pitää rakenteen lämpimänä ja voi toimia myös pystysalajana. Ulkopuolinen eriste pitää suojata verkkorappauksella tai levyllä. Sokkelihalkaisua käyttämällä eriste on hyvin suojassa. Sisäpuolinen lämmöneriste taas on helpoin ja halvin toteuttaa, mutta kylmäsiltojen riski on suurempi. [6 s. 28 - 35.] Kun sokkeli eristetään sisäpuolelta, jää sokkelirakenne kylmän puolelle. Kuvassa 5 esitetään Suomessa eniten käytettyjen perusmuuriratkaisujen osuudet.



Kuva 5. Pientalojen perustusmateriaalien osuudet prosentteina [13].

3.1 Paikalla valettava teräsbetoninen perusmuuri

Paikalla valettu teräsbetoninen perusmuuri on materiaalikustannuksiltaan edullinen mutta työläs sokkeli (kuva 6). Muottiin valamalla voi tehdä monenlaisia pitkäikäisiä, saumattomia ja lujia sokkelirakenteita.



Kuva 6. Paikalla valettu perusmuuri sisäpuolisella lämmöneristeellä. [14]

Paikalla valetun teräsbetonisen perusmuurin tekniset ominaisuudet

Valettavan sokkelin teknisiin ominaisuuksiin vaikuttavat valitun betonin ominaisuudet, rauditus ja betonoinnin onnistuminen. Lisäksi vaikuttavia tekijöitä ovat sokkelin vesieristys, lämmöneristys ja sijainti. Sokkelit voidaan lämpöeristää ulkopuolelta, keskeltä tai sisäpuolelta. Näistä helpoin tapa on sisäpuolelta eristäminen.

Ulkopuoliseen eristämiseen on esimerkiksi Finnfoamilla sopivia tuotteita. Niissä on urat, joita pitkin mahdollinen vesi valuu salaojiin. Finnfoam suosittaa ulkopuolista eristämistä, koska kantava rakenne jää silloin lämpimän puolelle lämpötilaa tasaamaan. Lisäksi seinän pinnassa mahdollisesti oleva vedeneristekermi säilyy turvassa teräviltä kiviltä. [15]

Ulkopuolinen routaeristys joudutaan yleensä uusimaan 20–40 vuoden välein, koska ulkoiset rasitukset kuluttavat sitä. Sokkelihalkaisulla eli sijoittamalla eriste keskelle perusmuuria saadaan pidennettyä routaeristyksen kestoikää [16].

Sijoittamalla eriste perusmuurin keskelle saadaan yleensä toteutettua paras anturasta yläpohjaan saakka jatkuva yhtenäinen lämpökatko.

Paikalla valetun teräsbetonisen perusmuurin työtekniset ominaisuudet

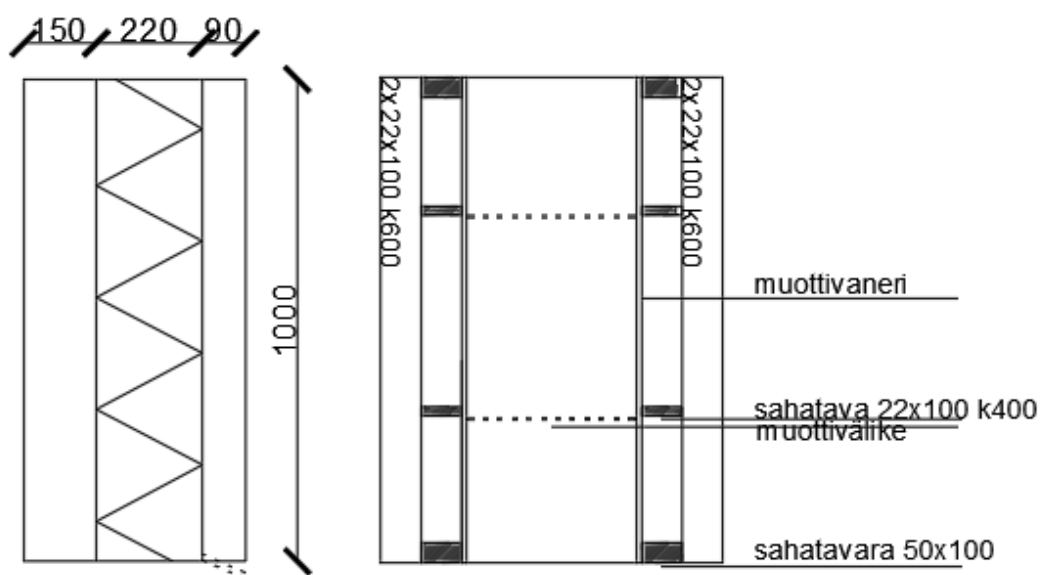
Yksi tapa tehdä paikalla valettu perusmuuri on käyttää muottivaneria muottipintana (kuva 8). Vaneri kannattaa öljytä muottiöljyllä. Vaneri tuetaan sekä vaak- että pystykoolauksella. Kun käytetään vaneria, voidaan tehdä ensin vaakakoolaus ja sitten pystykoolaus. Koolaustavarana toimii hyvin 48x98 tai 22x100 mm puutavara. Muottipinnat kiinnitetään toisiinsa muottisiteillä, jolloin seinämän paksuiseen muoviputkeen pujotetaan harjateräs, joka lukitaan muottilukoilla vanerin ulkopuolelta. Ensin tehdään muotin toinen puoli valmiiksi, minkä jälkeen asennetaan raudoitus, tekniikka yms. valuun tuleva tavara ennen toisen puolen rakentamista. Perusmuuri tuetaan vinotuilla ennen valua.



Kuva 7. Pientalon perusmuurin valumuotti laudasta tehtynä. [17]

Paikalla valetun teräsbetonisen perusmuurin kustannukset

Esimerkkikohteeseen käyvän 460 mm paksuisen (150 mm sisäkuori, 220 mm eriste, 90 mm ulkokuori) sokkelin materiaalikustannukset ovat saatujen tarjousten perusteella taulukon 5 mukaiset.



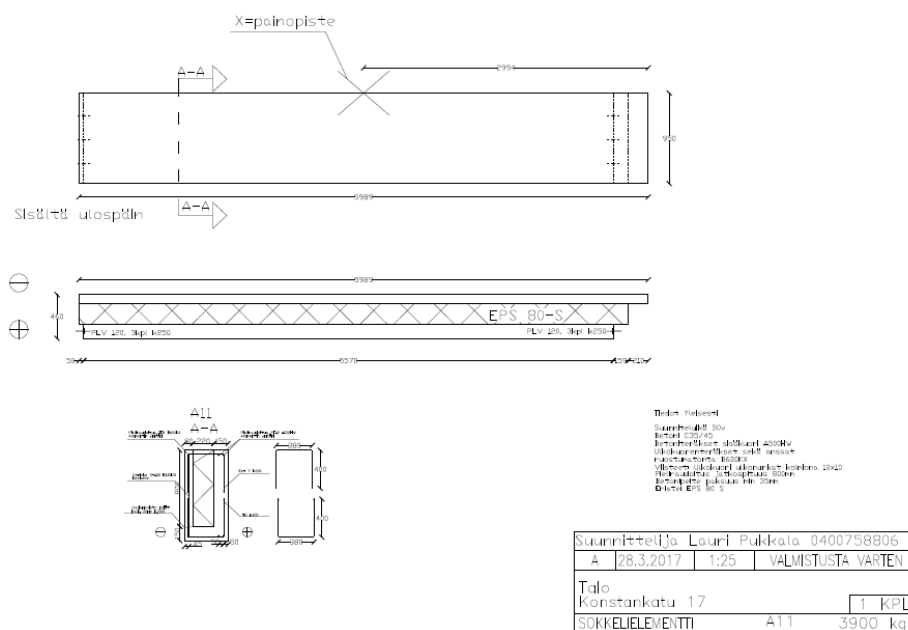
Kuva 8. Perusmuurin leikkaus sekä muotin työkuva.

Taulukko 5. Paikalla tehtävän perusmuurin (paksuus 460 mm, talousrakennuksessa 345 mm) materiaalikustannukset esimerkkikohteessa (sokkelin korkeus 1 m, pituus ulkoapäin 86 m, josta 51m talon ja 35 m talousrakennuksen perusmuuria). ALV (24 %) sisältyy hintoihin.

| Materiaali | €/m ² | € esimerkkikohteessa |
|---------------------------------------|------------------|----------------------|
| Betoni C25/30, 8-16 mm XC2 notkeus S3 | 24,15 | 1932,00 |
| Eps 100 (hukka 10%) | 15,48 | 1085,00 |
| Sokkelihalkaisun välikkeet | 3,00 | 247,50 |
| Puutavara muottiin (hukka 10%) | 7,74 | 638,55 |
| Muottivaneri (hukka 5%) | 21,59 | 1835,15 |
| Rauditus | 11,14 | 946,90 |
| Kaikki materiaalit yhteensä | 83,10 | 6685,10 |

3.2 Perusmuuri teräsbetonielementeistä

Luja ja verrattain joutuisasti valmistuva sokkelivaihtoehto on elementtisokkeli (kuva 9). Niitä voidaan asentaa suoraan maata vasten tai anturoiden päälle riippuen maan kantavuudesta. Pilarianturoiden päälle asennettaessa elementit täytyy suunnitella ikään kuin palkkeina. Eristetty sandwich-ratkaisu on elementtisokkeleissa yleinen. Pientaloissa se on vähemmän käytetty vaihtoehto, koska se on kalliimpi. Elementtitehtaalle täytyy toimittaa valmistuskuvat, mikä osaltaan lisää työtä.



Kuva 9. Esimerkkikohteeseen tulevan elementin valmistuskuva. Kevät 2017.

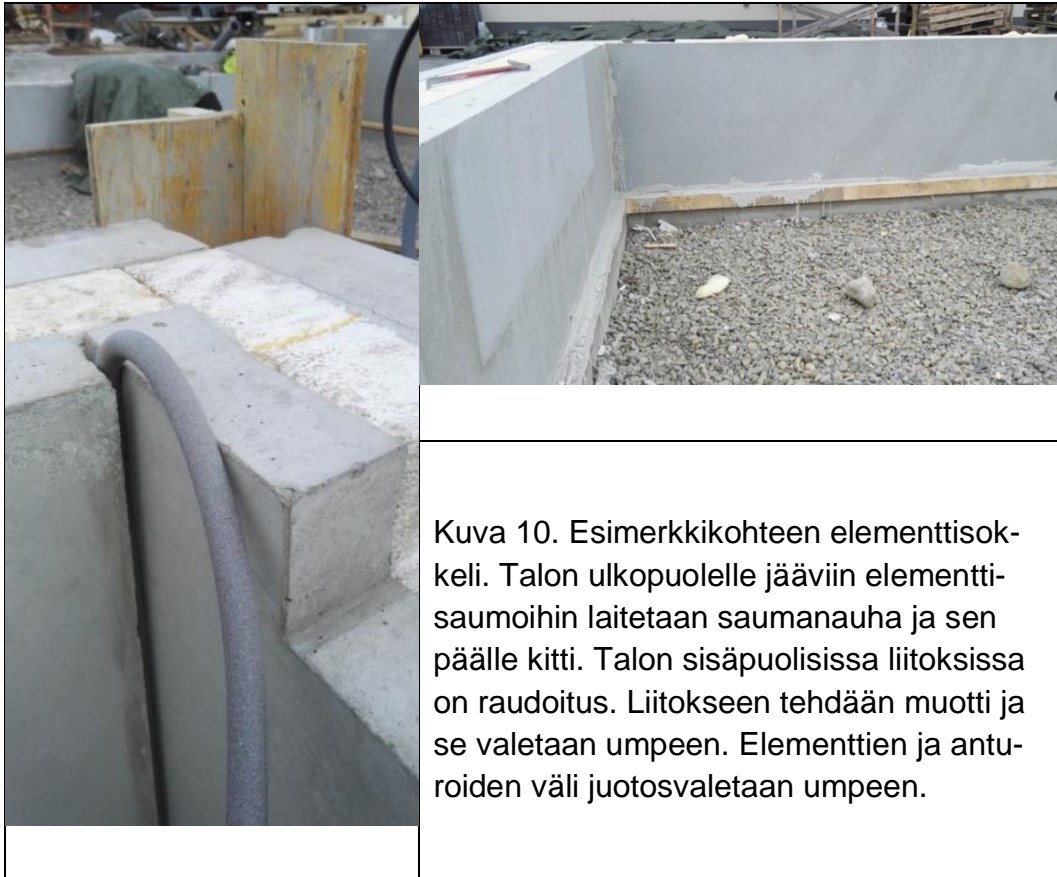
Perusmuurielementtien tekniset ominaisuudet

Perusmuurielementtien teknisiä ominaisuuksia saadaan säädettyä suunnitteluvaiheessa varsin paljon betoni- ja eristepaksuuksia muuttamalla, raudoituksella ja betonin laaduilla. Elementtitehtaalla tehdyt sokkelit ovat lujia. Elementtisokkelit ovat pinnoiltaan siistejä eivätkä vaadi erillistä slammausta eivätkä muutakaan pinnoitusta.

Perusmuurielementtien työtekniiset ominaisuudet

Työ alkaa suunnittelulla, se on varsin työläs vaihe. Elementeissä on nostolenkit, joista elementit nostetaan joko autonosturilla tai Hiab-nosturilla sen mukaan, kuinka paljon voimaa ja ulottuvuutta nostossa tarvitaan. Mikäli sokkelit asennetaan suoraan soralle, sokkelin nurkissa yleensä on esimerkiksi pihakivet merkkausta varten. Anturan päälle nosteltaessa sijainti merkataan anturaan esim. piirtämällä, langalla tai nauloilla. Asennus tapahtuu yleensä korkolappujen päälle. Sokkelielementin molempien päiden alle ladotaan päällekkäin eripaksuisia korkolappuja, joiden päälle elementit sitten nostetaan. Koron oikeellisuus tarkistetaan yleensä laserilla.

Elementit tuetaan tarvittaessa. Leveät ja matalat elementit pysyvät paikallaan tukemattakin. Sokkelit liitetään toisiinsa hitsaamalla tai valamalla. Mikäli käytetään hitsaamista, perusmuurielementteihin on asennettu hitsauslätkät valmistusvaiheessa. Jos liitokset tehdään juotosvalamalla, molempien elementtien liitoskohtaan on yleensä asennettu vaijerilenkit. Lenkit liimitetään ja saumaan lisätään pystyteräs. Juotosvalun valaminen vaatii yleensä jonkinlaisen muotin (kuva 10). Eristeen saumoihin suihkutetaan uretaanivaahtoa tiivistämiseksi.



Kuva 10. Esimerkkikohteen elementtisokkeli. Talon ulkopuolelle jääviin elementtisaumoihin laitetaan saumanauha ja sen päälle kitti. Talon sisäpuolisissa liitoksissa on rauditus. Liitokseen tehdään muotti ja se valetaan umpeen. Elementtien ja anturiden väli juotosvaletaan umpeen.

Mikäli sokkeli on asennettu anturan päälle korkolappujen varaan, on väli juotosvalettava (kuva 10). Valua varten täytyy olla muotti. Yksi vaihtoehto on tehdä perusmuurin ulkopuolelle anturan ja perusmuurin liitos kohtaan tuleva viiste valmiiksi ennen perusmuurin alareunan juotosvalua, jolloin muotti (esimerkiksi lauta korotus) tulee tehtäväksi vain sisäpuolelle. Sisäpuolelle voidaan kiinnittää betoniruuveilla tai nauloilla lauta tai lankku siten, että se ei ole liian lähellä sokkeliä vaan mahdollistaa massan kaatamisen ja sen levittämisen saumaan tärysauvan avulla (kuva 10). Valmismuottianturoilla alareunan juotosvalut saattavat onnistua myös ilman muottia, jos muotin yläreuna ylittää anturan pinnan muutamalla senttimetrillä. Teräsbetonista tehtyä perusmuuria ei tarvitse slammata eikä muutenkaan pinnoittaa, mikä tuo kustannussäästöjä (kuva 11).



Kuva 11. Esimerkkikohteen perusmuurielementit paikalleen asennettuna. Kesä 2017

Elementtirakenteisen perusmuurin kustannukset

Esimerkkikohteen 86 sandwich-sokkeli-m² normaalihinta on elementtitehtaan tarjouksen mukaan noin 16 000 € (Alv 24 %), mikä tarkoittaa noin 186 euron hintaa neliömetriä kohti, mikä on lähes kaksinkertaisesti harkko-sokkelin hintainen. Tosin esimerkkikohteessa saatiin elementit tingittyyn hintaan 7500 € (Alv 24 %). Näiden kahden hinnan keskiarvoa (87,2 ja 186 €/m²) 136,6 €/m² on käytetty kustannuksena taulukossa 6. Elementtisokkelin kustannuksia lisäksi myös esimerkiksi nostolaitteen (yleensä autonosturi) kallis hinta sekä asennuslappujen ja juotosvalujen kulut. Työmenekki on pienempi kuin harkkorakenteisessa perusmuurissa. Mikäli elementtisokkeli voidaan asentaa suoraan soralle, säästytään monelta työvaiheelta ja kustannustekijältä.

Taulukko 6. Elementtisokkelin kustannukset esimerkkikohteessa (sokkelia on noin 86 m², eli ulkopinta on metrin korkuinen ja 86 metriä pitkä). ALV (24 %) sisältyy hintaan.

| Elementin hinta, €/m ² | Muut materiaali- ja nosturikulut, €/m ² | Hinta yhteensä, €/m ² | Hinta esimerkkikohteessa € |
|--------------------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------|
| 136,6 | 17,44 | 154,04 | 13247,44 |

3.3 Perusmuuri harkoista

Pientaloissa käytetään paljon harkkoja perusmuurimateriaalina (kuva 12). Harkkosokkeleissa käytetään pääosin muurattavia tai ohutsaumamuurattavia kevytsoraharkkoja sekä ladottavia valuharkkoja. Valuharkkojen seinämät ovat betonia tai kevytbetonia harkosta riippuen ja sisäosan ontelot täytetään betonilla. Kevytbetoniharkkoja ei käytetä sokkeleissa. Kevytsoraharkkoina käytetään sekä eristeharkkoja että eristämättömiä harkkoja. Myös valuharkkoja on saatavissa eristettyinä ja eristämättöminä. Matalat harkkoperustukset muurataan yleensä 200–380 mm leveillä harkoilla ja maanpaineseinät 240-380 mm leveillä harkoilla. [18]



Kuva 12. Sokkelin rakennusta valueristeharkolla. [12]

Harkkoperusmuurin tekniset ominaisuudet

Kevytsoraharkkojen puristuslujuus on yleensä 3–5 N/mm² lähteestä riippuen (Lakka 5 N/mm², RT- kortisto 3 N/mm² 2017). Valuharkkojen puristuslujuus on yli 6 N/mm², mikä riittää isoihinkin rakennuksiin. Harkkosokkelit

eivät ole yhtä lujia kuin betonista valetut sokkelit. Esimerkiksi maan painuminen halkaisee harkkorakenteen helpommin kuin valetun rakenteen.

Harkkosokkelit slammataan, jolloin pinnasta tulee tiivis ja harkkojen saumat saadaan piilotettua näkyvistä. Pintakäsittely voidaan tehdä esimerkiksi maalaamalla tai rouhepinnoituksella. Rapattavissa taloissa sokkelit rapataan samalla kuin ulkoseinätkin tosin erikuosiin. Harkkojen teknisiä ominaisuuksia on käsitelty tarkemmin ulkoseinät- osiossa.

Harkkoperusmuurin työtekniset ominaisuudet

Harkkosokkelit rakennetaan Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaisesti [35]. Harkkojen eristeosan tai muuraussiteiden ei oleteta siirtävän kuormia. Harkkorakenteen molemmat kuoret voidaan mitoittaa kantaviksi.

Yleensä harkot muurataan M100/500 muurauslaastilla, mikä tarkoittaa, että seoksessa on 100 paino-osaa sementtiä ja 500 paino-osaa hiekkaa. Ohutsaumamuurattavat harkot muurataan ohutsaumalaasteilla [18.]

Harkkorakenteita käsitellään opinnäytetyön ulkoseinät-osiossa, ja myös harkkojen työtekniikka selostetaan siellä.

Harkkoperusmuurin kustannukset

Saatujen tarjousten perusteella verollinen hinta esimerkkikohteeseen 420 ja 300 mm leveitä harkkoja käytettäessä on 8762,16 € eli 101,89 €/m², mikä on vain puolet elementtisokkelin lähtöhinnasta, mutta toisaalta hieman valusokkelia enemmän. Työmenekiltään harkkosokkeli sijoittuu myös keskimäiseksi. Harkkosokkelin lisäkuluja ovat slammaus ja/tai pinnoitus. Rapattavassa kohteessa sokkelin pinnoituskulut on kahden tarjouksen perusteella 67,5 €/m² (alv 24 %), joka tarkoittaa esimerkkikohteessa 2322 € olettaen, että sokkelin maan päälle jäävä osuus on noin 40 cm.

3.4 Harkkoperusmuurin valinta ja perustelut

Kohteessa päädyttiin perusmuurielementteihin, koska elementit saatiin erikoishinnalla ja niistä on nopein rakentaa (taulukko 7). Mikäli perusmuuria ei rakenna itse kannattaa ottaa huomioon työmenekki tuomat kustannukset.

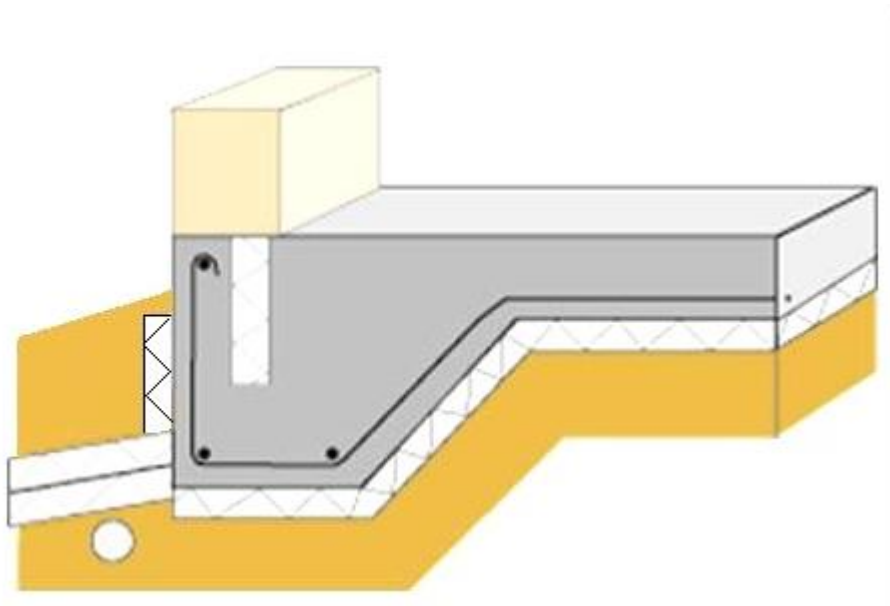
Taulukko 7. Sokkelivaihtoehtojen materiaalikustannukset (€/m²) esimerkki-kohteessa. Kustannukset sisältävät alv:n (24 %).

| Valusokkeli | Harkkosokkeli | Elementtisokkeli |
|-------------|---------------|------------------|
| 136,6 | 101,89 | 77,73 |

4 Alapohja

Vaihtoehdot, joilla pientalojen alapohjia toteutetaan, ovat (1) maanvarainen laatta ja reunapalkki, ts. reunavahvistettu laatta, (2) maanvarainen laatta ja anturallinen perusmuuri sekä (3) kantava alapohja ja perusmuuri.

Maanvaraisen reunapalkkisen laatan (kuva 13) routa- ja lämmöneristys pitää asentaa reunapalkin ulkosivuille ja laatan alapuolelle, jolloin betoni pysyy lämpimänä ja pääsee kuivumaan [5 s.59]. Maanvaraisen laatan, jossa on reunapalkki (ts. reunavahvistettu laatta), vahvuutena on hyvä kantavuus ja huonona puolena hidas kuivuminen. [6 s. 7]



Kuva 13. Reunavahvistettu laatta. [44]

Tuulettuvat alapohjat voivat kärsiä kosteusongelmista, koska ne ovat kesällä viileitä, jolloin ilmaa tulee alapohjaan, jossa se jäähtyy ja ilman suhteellinen kosteus nousee. Kun maan pinta lämpöeristetään, tilanne paranee, koska maapohja on silloin kesällä kylmempi ja luovuttaa vähemmän kosteutta ja toisaalta alapohja on talvella lämpimämpi, ja "talvella lämpimämpi on aina lämpimämpi". [5 s.66]

Kantavan alapohjan voi toteuttaa teräsbetonista, kevytbetonielementeistä, betonielementeistä (esim. ontelolaatoista), betonin ja teräslevyn liittorakenteella sekä puupalkkirakenteisena. Tuulettuvan alapohjan etuna on hyvä rakennettavuus vinolle maalle. Rossipohjassa kantavaksi tarvitsee tehdä vain anturat ja perusmuurit, mikä helpottaa työtä ainakin huonosti kantavilla maaperillä. Radonin kannalta tuulettuva alapohja on hyvä vaihtoehto. [6 s.8-9]

Esimerkkikohteeseen tehtiin maanvarainen alapohja ja anturallinen perusmuuri (kuva 14), mikä on yleisin tapa. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska rakennus sijoittuu kantavalle tasamaa-alustalle. Pidän myös maanvaraista

alapohjaa halvimpana, toimivimpana ja helpoimpana tehdä, tosin osittain nämä valinnat ovat mielipideasioita.

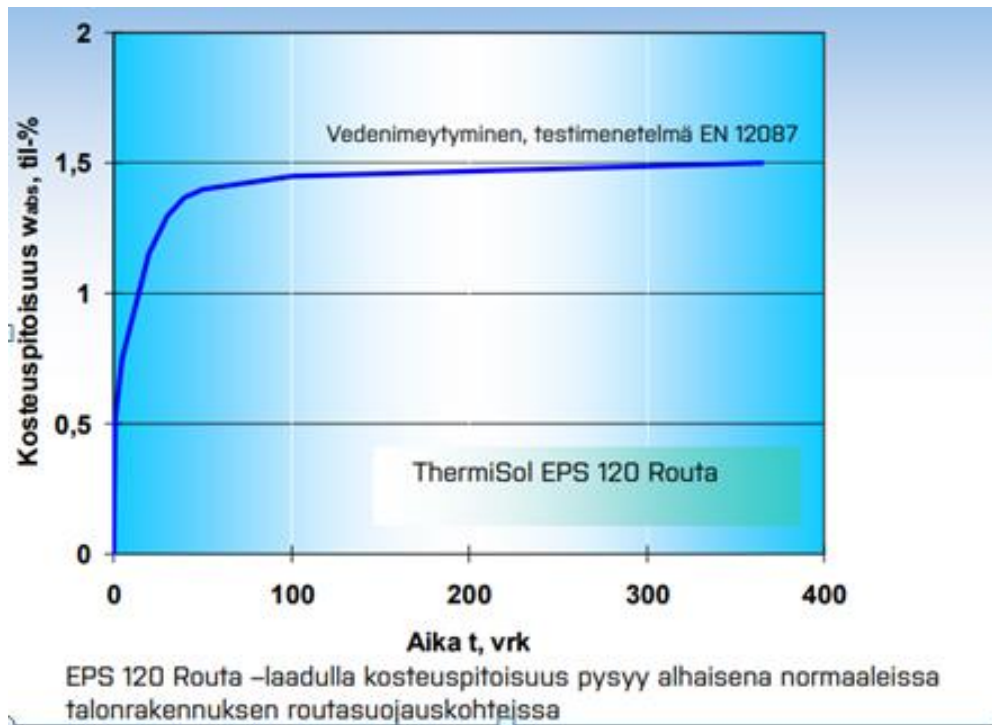
Myös tuulettuvia alapohjia käytetään harkkotaloissa, jolloin rakennuksen lattia yleensä asettuu korkeammalle alapohjan vähintään 800 mm korkean tuuletustilan vuoksi. Tämä korkeusasema muuttaa osaltaan rakennuksen ulkonäköä ja saattaa olla rakennusvalvonnan kannalta ongelma, mikäli talo sijoittuu eri korkeuteen naapureihin nähden. Tässä osiossa käsitellään vain maanvaraista alapohjaa.



Kuva 14. Esimerkkikohteen maanvarainen alapohja työn alla. Kesä 2017.

4.1 Lattian routaeristys

Lattia routaeristetään Xps- tai Eps-eristeillä. Näistä Xps-eristettä pidetään parempana, koska se on lujempaa, imee vähemmän vettä ja sitä saa ponnattuna. Eps- tuotteiden tekniset-tiedot osoittavat, ettei Eps-levykään ime merkittäviä vesimääriä (kuva 15). Xps on monta kertaa kalliimpaa kuin Eps-eriste. Lämmöneristävytydessä ei ole eroa lamda-arvon perusteella.



Kuva 15. Thermisol-tuotteiden vedenimeytyminen. [35]

Eristettä asennetaan nykyään 200 mm kerros, joka voidaan toteuttaa 50 mm tai 100 mm paksuilla eristelevyillä, tosin muutkaan paksuudet eivät ole poissuljettuja. Mikäli eristekerros tehdään 50 mm levyistä, saumojen limityksiä tulee enemmän ja työstäminen onnistuu helposti mattopuukolla. 100 mm levyjä käytettäessä työmäärä on kuitenkin lopulta pienempi.

Xps- ja Eps-eristyslevyjen kustannuserot

Taulukko 8 osoittaa Xps-eristeen tulevan huomattavasti kalliimmaksi kuin Eps-eristelevyjen. Esimerkkikohteessa Xps-eristeet olisivat maksaneet 5200 € enemmän kuin Eps-eristeet, joten kohteessa päädyttiin Eps-eristeisiin. Styrox-eristämisen (Eps) kustannus on vain 41% (50 mm) tai 34% (100 mm) Finnfoam-eristämisen (Xps) kustannuksesta.

Taulukko 8. XPS- ja EPS-eristämisen hintavertailua.

| Eriste | Kustannus, €/m ² | Kustannus 200 mm paksussa lattiassa, €/m ² |
|---------------------------------|-----------------------------|---|
| Finfoam (XPS) FI-300, 50 mm | 9,00 | 36,99 |
| Styrox (EPS) 100 lattia, 50 mm | 3,65 | 14,60 |
| Finfoam (XPS) FI-300, 100 mm | 18,60 | 36,80 |
| Styrox (EPS) 100 lattia, 100 mm | 7,52 | 12,50 |

Alapohjan muut kustannukset

Lattian valutyö teetetään yleisesti alan ammattilaisilla, jotta saadaan kerralla hyvä lattia. Työ maksoi esimerkkikohteessa 7,44 €/m² (sis. Alv 24 %), ja sisälsi betonin levityksen, linjeroinnin tasaiseksi tai kaataen kaivoihin sekä valetun pinnan liippauksen sileäksi. Jälkihoito ja sitä seuraavat työvaiheet eivät sisälly tähän työhön. Tosin mikäli lattia on viallinen ja vaatii esimerkiksi merkittävää oikaisua, on luontevaa, että lattianvaluporukka käy korjaamassa virheensä. Lattia betonoitiin betonitehtaan valmiilla C25/30 8/16 -betonilla, jossa on notkistinta mukana. Hintaa tuli 90 mm paksulle lattialle 2423,22 € (sis. alv. 24 %) eli 13,69 €/m², mikä sisältää betonin ja betonointityön. Betonin osuus tästä hinnasta on siis 6,25 €/m².

Rautakauppalasku lattia- ja ulkopuolen routaeristeistä, radonsuojauksista, raudoituksista oli 6490,83 €, eli 36,67 €/m². Routasuojauksen osalta sokkelimetrit tosin olisivat parempi laskentapohja, koska rakennusten erilainen määrä ja muoto tekevät lattianeliöiden ja sokkeli- tai seinämien suhteesta erilaisen. Esimerkkikohteen perusteella voidaan sanoa, että maanvarainen laatta ja ulkopuolinen routaeristys maksaa 57,8 € lattianeliötä kohden, kun käytetään EPS-eristeitä.

4.2 Alapohjan rakentaminen

Maanvarainen alapohja tehdään joko heti perustusten jälkeen tai vasta myöhemmin, kun on katto ja seinät on tehty. Mikäli alapohjan rakentaminen

sijoittuu kesäaikaan, on alapohjan tekeminen ennen seinä huomattavasti parempi vaihtoehto, koska lattian kuivamiselle jää runsaasti aikaa. Myös rakentaminen on paljon helpompaa, kun ulkoseinät eivät ole edessä pyörimässä. On siis helpompi lisätä tarvittaessa maatayttöjä ja on myös helpompi tuoda eristeet ja vastaavat lähelle työpistettä, valaminenkin on helpompaa kun ei tarvitse pitkällä letkulla ovenraosta betonia laskea. Mikäli rakentaminen alkaa syksyllä tai talvella, pitää seinät ja katto tehdä ensin, jotta tila saadaan säältä suojaan ja betonointiin tarvittavat mahdolliset lämmitykset päälle. Joskus myös rakenteet on suunniteltu siten, että työjärjestys ei ole valittavissa. Esimerkiksi hirsitalopaketeissa betonilaatta saatetaan valaa alinta hirttä vasten. Esimerkkikohteessa alapohja tehtiin heti perustusten jälkeen.

Ennen maanvaraisen alapohjan rakentamista sisäpuolen maataytöt täytyy olla tehtyinä ja rakennuksen sisäpuoliset viemäriinjat asennettuna. Tärylevyllä tiivistetty täyttömaa tasataan eristeen alareunan pinnan korkoon ja eristelevyt asetellaan paikalleen siten, että päällekkäisten kerrosten saumat eivät tule samaan kohtaan. Viemäreiden ja muiden reikien kohdat tehdään huolellisesti, ja ne voidaan tiivistää esimerkiksi uretaanivaahdolla.

Valuun tulevat johdot asetellaan paikoilleen. Valuun tulee yleisesti mm. vesijohtoja, sähköjohtoja, viemäreitä ja lattialämmitysputkistoja. Vesijohdot yleensä uritetaan eristeeseen, kylmävesijohdot keskimmäiseen eristekerrokseen ja lämminvesijohdot eristekerroksen päälle. Sähkö- ja vesiputkien sekä viemäreiden sijoittaminen oikeaan paikkaan on tarkkuutta vaativa ja virhealtis työvaihe.

Eristeen päälle tulee raudoitus. Raudoitus asetetaan sopivaan korkeuteen muovisten asennuskorokkeiden avulla. Omakotitaloissa raudoitus tulee keskeisesti valuun, jolloin esimerkiksi 35 mm korkuiset korokkeet käyvät. Pientalojen alapohjan raudoitus tapahtuu esimerkiksi 4#150, 5#200 tai jopa 6#150 verkkoraudoitteella. Rautatyyppejä on B500K. Raudoiteverkot limittää vähintään yhden silmän verran ja sidotaan sidelangoilla. Nurkat ja

muuten herkät paikat, esim. teknisen tilan johtovyöhykset, on hyvä vahvistaa harjaterästangoilla eli irtoteräksin, yleensä 2T10–1500 mm.

Lattia valetaan suunnitelmien mukaisella betonilla, tavoitellen yleensä lujuutta C25/30. Lattiamiehet tasaavat betonimassan linjareilla eli laudankaltaisilla suorilla työkaluilla oikeaan korkoon, ja tarvittavat lattian kallistukset tehdään yleensä tässä vaiheessa. Valun hiukan kovettuttua pinta hierretään tasaiseksi.

Valua voidaan jälkihoitaa liian nopeaa kuivamista vastaan kastelemalla sitä vedellä tai peittämällä lattia muovilla. Betoni siis tarvitsee kosteutta kehittessään lujuutta ja sen takia sitä tulee jälkihoitaa. Jälkihoito tulee aloittaa heti, kun pinta alkaa olla kova, ja jälkihoitoa jatketaan kolme vuorokautta. Kovaan rasitukseen joutuvia, esimerkiksi kemialliselle rasitukselle altistuvia rakenteita jälkihoitetaan seitsemän vuorokautta. Vedellä kasteleminen on paras jälkihoitokeino, mutta sitä ei voi pakkasella käyttää. Jälkihoitoaineella tai pinnan peittämällä toteutettu jälkihoito lyhentää myös hieman pinnan kuivumisaikaa, koska vettä ei silloin lisätä ollenkaan. Mikäli käytetään jälkihoitoaineita, tulee varmistaa, haihtuuko se itsestään pois, vai onko se poistettava hiomalla. Normaalityapauksessa tosin lattiapinnasta hiotaan betoniliima pois joka tapauksessa. [36.] On myös olemassa jälkihoitoon tarkoitettuja aineita. Valun jälkihoito voidaan lopettaa viikon kuluttua. Tämän jälkeen betoniliima hiotaan pyöröhiomakoneella pois valun pinnasta, jotta laatta pääsee kuivumaan.

Esimerkkikohteessa lattia raudoitettiin 4#150-B500K-verkolla ja nurkat vahvistettiin harjateräsviiksin (kuva 16). Lattia valettiin C25/30-betonilla 8/16 mm runkoainekoolla. Valun jälkeen lattia peitettiin rakennusmuovilla viikoksi kuivumisen hidastamiseksi. Lattiaan ei muodostunut halkeamia rakennusaikana. Alapohjaan asennettiin paljon tekniikka, joka jäi valuun (kuvat 16 ja 17).



Kuva 16. Esimerkkikohteen alapohjaan tuli paljon tekniikkaa. Kesä 2017.



Kuva 17. Esimerkkikohteen autotallin lattia on vasta valettu. Kesä 2017

5 Harkkoulkoseinät

Harkot jaotellaan karkeasti muurattaviin kevytsoraharkkoihin ja ladottaviin muottiharkkoihin. Tässä vertailussa otetaan huomioon muurattavat kevytsoraeristeharkot (EH), ladottavat ja valettavat eristemuottiharkot (EMH) ja harvemmin käytetyt liimattavat höyrykarkaistut kevytbetoniharkot (Siporex).

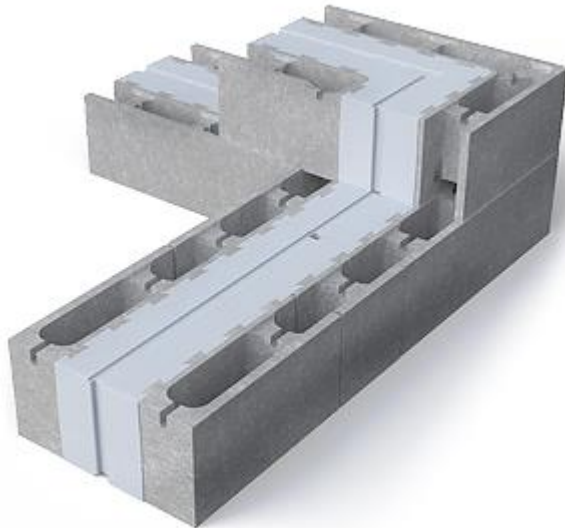
Esimerkkikohteen kohteen runko tehtiin harkoista. Harkkorakenteet ovat lujia, palamattomia ja huoltoa kaipaamattomia. Harkoista tehdyt talot ovat myös energiatehokkaita ja niissä on hyvä sisäilma.

Helpon työmaakäsiteltävyyden, hyvän säänkestävyyden, kosteudenkestävyyden, lujuuden, ilmanpitävyyden ja lämmön- sekä ääneneristävyyden ansiosta harkkorakentaminen on saavuttanut vankan suosion suomalaisessa rakentamisessa [20].

5.1 Eristemuottiharkko (EMH)

Eristemuottiharkko on ladottava muotti, joka koostuu kahdesta ontelollisesta betonikuoresta ja polystyreenieristeestä (kuva 18). Eristeenä käytetään yleensä muotissa valettua EPS-eristettä [21.] Onteloihin asennetaan myös johtovedot ja raudoitteet. Eristemuottiharkoista tehdyt rakenteet ovat lujia, joten ne ovat hyviä korkeaa lujuutta vaativissa kohteissa. Muista harkoista poiketen seinät voidaan raudoittaa myös pystyyn, minkä vuoksi eristemuottiharkkoja käytetään maanpaineseinissä.

Samasta tuotteesta käytetään myös nimityksiä lämpökivi, lämpöharkko, eristeharkko, eristekivi ja valueristeharkko [12.] Eristemuottiharkkoja löytyy monen betonituotevalmistajan mallistosta. Tässä työssä on tutustuttu Lujan, Lakan sekä Lammin harkkoihin. Näiltä valmistajilta on kysytty myös tarjoukset esimerkkikohteeseen.



Kuva 18. Lammin LL400-eristemuottiharkko [12]

Eristemuottiharkkojen tekniset ominaisuudet

Eristemuottiharkko on mittatarkka ja luja tuote. Se täyttää tämän hetken U-arvovaatimukset. Nykyiset ulkoseinien U-arvovaatimukset ovat asuinrakennuksissa enintään $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja puolilämpimissä rakennuksissa enintään $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lujan ME400-tuotteen U-arvo on $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lammin LL400-harkon ja Lakan MEH400-harkon U-arvo on $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Lakalla ja Lamilla on puolilämpimiin tiloihin kuten talousrakennuksiin käyvä 350 mm paksu vaihtoehto, jonka U-arvo on $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Näihin arvoihin päästään tiivistämällä muuraus ruiskuttamalla polyuretaanipalko eristesaumoihin. U-arvot ovat valmiinseinän arvoja.

Harkot ovat palamattomia A1-luokan materiaaleja, mikä tarkoittaa, että materiaali ei osallistu palamiseen missään palon vaiheessa (palamaton) [37]. Harkkojen puristuslujuuden laskenta-arvo on vähintään 6 Mpa. Ääneneristävyyden eristävyys [Rw] on $51 \pm 2 \text{ dB}$ riippuen tuotteesta. Harkkojen kuorirakenne on joko betonia, jonka tiheys on n. 2100 kg/m^3 , tai kevytbetonia, jonka tiheys on noin 1200 kg/m^3 . Muottieristeharkot painavat $26 \pm 2 \text{ kg/kpl}$ tuotteesta riippuen. Harkon teoreettinen menekki on $8,33 \text{ kpl/m}^2$. Ulkoseinärakenteet tehdään anturasta alkaen samalla harkolla, ja

myös aukkojen ylitykset tehdään samoilla harkoilla. Tämä minimoi kylmäsiltojen syntymisen. Työtekniikan, ladonnan ja polyuretaaniuran vuoksi saumakohdilla ei ole merkittävää vaikutusta rakenteen tiivyyteen. [8;12;21]

Eristemuottiharkkojen työtekniset ominaisuudet

Kaikkien valmistajien eristemuottiharkkoseinät tehdään pääpiirteittäin samalla tavalla. Ensin valetaan antura, minkä jälkeen asetetaan ensimmäinen harkkokierros kiilojen tai muurauslaastin avulla tarkasti tasaan. Mahdollinen anturan ja harkon väliin jäävä rako tukitaan uretaanilla tai laastilla.

Tämän jälkeen harkot ladotaan päällekkäin. Suuntaa näyttämässä ovat nurkkalaudat ja linjalangat. Harkkojen vaaka- ja pystyurat täytetään vähän paisuvalla uretaanivaahdolla (kuva 19). Urien määrä vaihtelee harkkomallien välillä.

Harkkojen tiivistys

- Harkkojen vaaka- ja pystysaumoissa käytetään eristeen kohdalla vähän paisuvaa pistooliuretaanivaahtoa.
- Ennen seuraavan harkon ladontaa, uretaanivaahto annostellaan kahtena palkona eristeen ulkolaitoihin.
- Koko harkkokerroksen ladonnan jälkeen, eristeiden välinen pystykolo tiivistetään myös uretaanivaahdolla.



kivi
herää
eloon

Kuva 19. Esimerkki muuraussaumojen tiivistämisestä uretaanivaahdolla. [8]

Harkoissa on paikat vaakaraudoitteille, jotka lisätään rakennesuunnitelmien mukaisesti joka toiseen vaakasaumaan. Yleensä käytetään kahta 8 mm paksua A500HW-harjaterästä. Tarvittaessa lisätään pystyteräkset, joita voi

tulla ikkunanpieliin, nurkkiin ja esimerkiksi maanpaineeseiniin tuomaan lisälujuutta.

Ontelot valetaan täyteen, kun niihin on ensin asennettu teräkset ja talotekniikan vedot. Valun korkeus riippuu harkonvalmistajasta. Lammi ilmoittaa maksimivalukorkeudeksi 3 metriä, Lakka 1,5 metriä ja Luja 2 metriä. Valu tiivistetään puolenmetrin kerroksissa käyttäen 20–25 mm tärysauvaa. Perustusrakenteet suositellaan valettavaksi kerralla. Muuten voi käyttää esimerkiksi säiliöpumppuauton kapasiteettia kertavalun määränä. Valun työsauma jätetään harkon puoleen väliin.

Harkkorakenteiden suunnittelussa käytetään yleensä moduulimitoitusta, mikä helpottaa työn toteuttamista, koska ladonta saadaan tehtyä valmiista osista. Kaikilla valmistajilla korkeusmoduuli on 2M, minkä vuoksi lattialaatan yläpinta tulee ylimmän perustusharkon puoleen väliin. Näin päästään ovien kohdalla käytössä oleviin 21M- tai 23M-aukkokokoihin. Ladonnan limityksen moduuli vaihtelee valmistajan järjestelmän mukaan. Lammilla ja Lakalla se on 2M, kun taas Lujalla 3M (taulukko 9). Myös aukkojen etäisyys nurkista ja aukkojen koko on syytä suunnitella moduulimitoituksen mukaiseksi eli siten, että aukon etäisyys nurkasta on jaollinen 20 cm:llä (2M) tai 30 cm:llä (3M). Tiivistysvara on Lujalla 20 mm, mikä on varsin vähän, koska uretaanipistooli sovi näin pieneen väliin kunnolla. Tiivistysvara huomioidaan ikkuna- ja ovi-tilauksessa. Esim. Lujan harkkotalossa on 1500 mm leveä ja 1400 mm korkea ikkuna-aukko, johon tilataan ikkuna 1480 mm ja 1370 mm karmimitoilla.

Taulukko 9. Ikkuna- ja oviaukkojen koot eri valmistajien harkkoja käytettäessä (n on jaksojen lukumäärä). Taulukolla tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi Lujan 3M vaakamitoituksella ikkuna-aukot ovat kooltaan 300/600/900/1200 mm jne. (300 mm:llä jaollisia).

| | Lakka | Lammi | Luja |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Vaakamitta | $n \times 2M - 30 \text{ mm}$ | $n \times 2M - 30 \text{ mm}$ | $n \times 3M - 20 \text{ mm}$ |
| Pystymitta | $n \times M - 30 \text{ mm}$ | $n \times 2M - 40 \text{ mm}$ | $n \times 2M - 30 \text{ mm}$ |

Eri valmistajilla on erilaisia järjestelmiä aukon ylityksiin sekä päätyjen ja kulmien tekemiseen. Aukon ylityksiin Lammilla on 70x40 mm U-teräsjärjestelmä, jossa harkot ladotaan palkin päälle ja työtä voidaan jatkaa heti (kuva 20). U-teräkseen kiinnitetään harjaterästapit, jotka jäävät valuonteloon leikkausraudoitteeksi.



Kuva 20. Aukon ylitys Lammin U-teräksillä. [38]

Lakalla on samantapainen järjestelmä, jossa käytetään T-teräksiä, joiden päälle harkot ladotaan. Leikkausraudoitteena käytetään teräshakasia, jotka pujotetaan alapäästä T-teräksissä oleviin reikiin ja yläpää nostetaan ylemmänä olevaan vaakateräkseen kannatukseen.

Lujan järjestelmässä aukon ylitykset tehdään puumuotin avulla. Lujalla raudoitukseen on valmiita harjateräsosia, joissa alateräkseen on hitsattu onteloihin tulevat pystyteräkset valmiiksi. Ikkuna- ja ovipielet toteutetaan päätyharkoilla tai muotittamalla aukon reuna puusta siten, että valettava betoni ei karkaa.

Lakan EMH-400 Pro Grafit -muottieristeharkkojärjestelmään kuuluu 5 eri ki-
veä: normikivi, käännettävä kulmakivi, 1/3-kivi, 2/3-kivi ja esikatkaistu pää-
tykivi. Lammin LL400-lämpökivijärjestelmä sisältää normikiven, käännettä-
vän kulmakiven, esikatkaistun kiven, josta saa 1/3- ja 2/3-kiven, esikatkais-
tun päätykiven, jonka voi käyttää kokonaisena tai leikata 400 mm pitkäksi,
sekä halkaistun kiven, jota käytetään välipohjien kohdalla. Lujan ME-400-
järjestelmään kuuluu normiharkon lisäksi käännettävä kulmaharkko, pääty-
harkko sekä puolikas harkko. [8;12;21]

5.2 Höyrykarkaistu kevytbetoniharkko

Höyrykarkaisumenetelmällä valmistettu kevytbetoni on saanut Suomessa
yleisnimen Siporex. Sitä käytetään asuntojen ulkoseinissä, väliseinissä
sekä ylä- ja alapohjissa. Kevytbetoni on yksiaineinen materiaali, joka on ke-
hitetty 1930-luvulla. Sen perusraaka-aineet ovat sementti, vesi, hiekka ja
masuunikuona. (Wikipedia 2016) Reseptejä on toki useita, ja käytetyt raaka-
aineet riippuvat pitkälti tehtaan sijainnista. Ulkoseinissä tuote toimii kanta-
vana rakenteena ja lämmöneristeenä.

Tuotevalmistaja Ytong valmistaa kevytbetoniharkkoja. Pientalon asuinra-
kennuksen ulkoseinään soveltuvat esimerkiksi 480 mm paksut ulkosei-
näharkot ja talousrakennukseen 365 mm paksut harkot. Näiden U-arvot
ovat 0,17 W/m²K ja 0,22 W/m²K. Pakettiin kuuluvat myös valmiit palkit au-
kon ylityksiin sekä päätykolmio- ja väliseinäharkot. Myös laastit sisältyvät
toimitukseen.

Ytong-kevytbetonituotteet valmistetaan kalkista, hiekasta ja vedestä. Niiden
tarina on saanut alkunsa Ruotsista, missä 1920-luvulla alettiin kehittää ke-
vytbetonia raaka-ainepulan vuoksi. Ytong-harkkojen tiheys on 300±25
kg/m³, ja keskimääräinen puristuslujuus on 2,0 N/mm², lämmönjohtavuus
0,072 W/mK ja mittatarkkuus <1 mm. Harkot ohutsaumaliimataan Ytongin
tuotteella, jolloin saumoista tulee 1 mm paksuisia ja ilmatiiviä. [22]

Kevytbetoniharkkojen tekniset ominaisuudet

Höyrykarkaistu kevytbetoni on palonkestävä luokan A1-materiaali, jota voidaan käyttää paloseinissä [23]. Jo 68 mm paksu väliseinälaatta täyttää tunnin paloseinän vaatimuksen [24]. Paikallan pysyvä ilma on paras eriste, ja tähän perustuu kevytbetonin toiminta [5 s.9]. Kevytbetonin ääneneristävyys on hyvä, esimerkiksi 480 mm paksun Ytong-harkon R_w ääneneristävyys on 44dB ja 365 mm paksun Ytong-harkon R_w 42 dB [25]. Siporex kuuluu M1-luokiteltuihin materiaaleihin. Ko. luokka tarkoittaa hyvää sisäilmaa. Kevytbetoni on myös pakkasen kestävä materiaali [18].

Höyrykarkaistun kevytbetonin lämmönvarauskyky, 1,05 kJ/kgK, on samaa suuruusluokkaa kuin betonilla 0,92 kJ/kgK [39], mikä tarkoittaa sitä, että rakenne tasaa ulkoisia lämpötilan vaihteluita, jolloin asuja voi hyödyntää esimerkiksi halvempaa lämmitysenergiaa tehokkaammin. Rakenne tasaa myös sisäilman kosteuden vaihtelevuutta. Yksinkertaisuutensa vuoksi rakenteet ovat tiiviitä, eikä niissä ole kylmäsiltoja. Harkot liimataan millimetrin paksuisella saumalla, ts. saumat ovat käytännössä olemattomia. (Lähde 24 23.12.2016)

Kevytbetonia käytetään myös märkätiloissa väliseinäratkaisuna. VTT on myöntänyt kevytbetoniselle väliseinäratkaisulle märkätilasertifikaatin (Lähde 23 2016). Kevytbetoni ei homehdu eikä lahoa. Siporexin yksiaineisuuden ja höyrysuluttomuuden vuoksi rakenteessa ei ole kosteuden siirtymistä pysäyttävää tiivistä kerrosta.

Kevytbetoniharkkojen työtekniset ominaisuudet

Ytong-kevytbetoniharkot ovat mittatarkkoja tuotteita. Seinäjärjestelmään ei tarvita erillisiä pääty- tai kulmaharkkoja, vaan koko seinä tehdään samalla perusharkolla (kuva 21). Ensimmäisen harkkorivin asennus vaatii eniten tarkkuutta, koska harkot muurataan liimasaumalla, ja jos lähdössä on heittoa, rupeaa muuraus työn edetessä hammastamaan, mitä ei saa oikaistua

kohtuullisella työmäärällä. Ensimmäinen harkkovarvi asennetaan muurauslaastilla bitumikermin päälle siten, että sauman paksuus on noin 20 mm.

Asennus aloitetaan korkeimmasta nurkasta, mikä tarkoittaa sitä kohtaa perusmuurin päällä, joka on ylimpänä. Tämä kohta löytyy tasolaserin avulla. Harkot asetetaan linjalangan mukaan paikalleen. Muurauksen voi aloittaa tästä korkeimmasta kohdasta esimerkiksi 10 mm muurauslaastisaumalla, jolloin sauma kasvaa matalimmassa kohdassa todennäköisesti 20–30 mm paksuiseksi, koska perustukset on harvoin tehty millimetritarkkuudella. Harkkojen päädyissä on kahvat, jotka helpottavat harkkojen asentamista, sekä pontit, jotka mahdollistavat muuraamisen ilman pystysauman laastia. Harkkojen vaakasuoruutta seurataan vatupassilla. Ensimmäisen rivin jälkeen harkot ohutsaumaliimataan 1–2 mm paksuisella saumalla. Yleensä käytetään puolen harkon vaakalimitystä, mutta harkot voi kyllä muurata muullakin tavalla ja niitä on helppo sahata. Pystysaumoihin ei päätyponttien vuoksi tarvita liimaa paitsi nurkissa sekä kohdissa, joissa harkko on leikattu. Harkot koputellaan kiinni kumivasaralla. Ylimääräiset laastipurseet poistetaan.

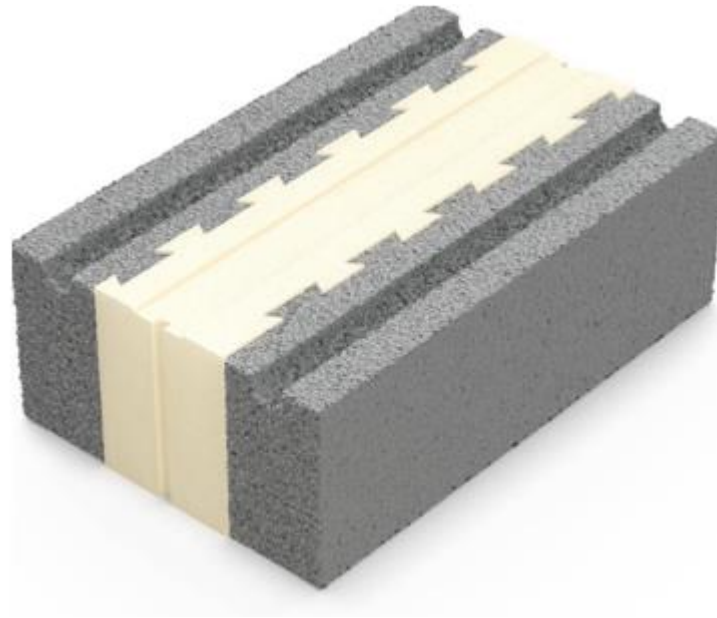
Palkit tulevat valmiina tehtaalta. Liitoksiin levitetään liima ja palkit nostetaan paikalleen. Harkkojen uritus ja helppoa sopivalla urakoneella ja katkaisu sujuu vannesahalla. Työskentely onnistuu myös käsityökaluilla. Uritusta tarvitaan vähintään mm. joka kolmanteen vaakasaumaan tulevia vaakateräksiä ja sähköputkia varten. Vaakaraudoitusta varten on myös litteitä valmisraudotteita, jotka asetetaan liiman päälle saumaan. [26]



Kuva 21. Ulkoseinien muurausvaihe esimerkkikohteessa. Kesä 2017.

5.3 Kevytsoraharkko

Kevytsora- ja kevytsoraeristeharkkoja käytetään rakennusten sokkeleissa sekä seinärakenteissa. Kevytsora-nimi johtuu siitä, että betonin runkoainetta korvataan kevytsoralla, ts. poltetuilla savipavuilla. Kevytsoraharkkoja kutsutaan Suomessa yleisesti nimellä Leca-harkko. Harkot ovat muurattavia tai ohutsaumamuurattavia. Ohutsaumamuurattavissa seinissä ei käytetä laastia pystysaumassa, ellei rakennesuunnitelmissa sitä erikseen vaadita. Harkkoja tehdään samoilla vakiomitoilla kuin muitakin harkkoja. Tällöin pystyetenemä on 200 mm, ja vaakaetenemä on 500 tai 600 mm. Asuinrakennusten ulkoseinissä käytetään eristettyjä kevytsoraharkkoja, joiden paksuus on yleensä 380 tai 420 mm (kuva 22). Tätä ohuempia harkkoja käytetään puolilämpimissä ja kylmissä tiloissa sekä perustuksissa. [8;9;20]



Kuva 22. Kevytsoraeristeharkko. [40]

Kevytsoraharkkojen tekniset ominaisuudet

Leca-harkot ovat rakennusmateriaalina lujia ja pakkasenkestäviä eivätkä ne ime vettä helposti. Leca-harkkojen puristuslujuus on esimerkiksi Lujan MEH-380 Ultra -harkolla 5MN/m^2 ja Lakan EKO-380 P grafit -harkolla 4MN/m^2 . Molemmilla päästään U-arvoon $0,15\text{ W/m}^2\text{K}$, kun käytetään mineraalivillakaistaa vaakasaumassa. U-arvoa voidaan pitää varsin hyvänä 380 mm paksuiselle harkkorakenteelle. Harkoilla on hyvä lämmönvarauskyky. (Lakka ja Lujabetoni 2017) Harkoissa käytetyn kevytsorabetonin tiheys on 700 kg/m^3 tai 1000 kg/m^3 [20].

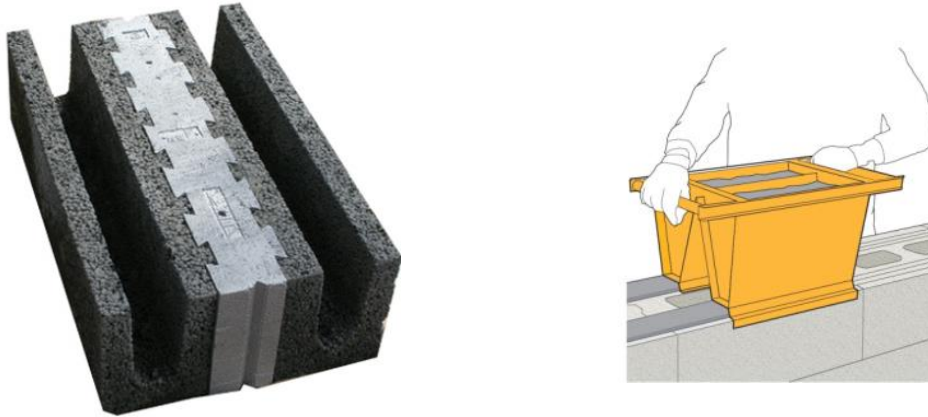
Kevytsoraharkkojen työtekniset ominaisuudet

Kevytsoraharkko rakentamisessa on paljon yhtäläisyyttä kevytbetoni- ja valuharkkorakentamisen kanssa. Harkoista on myös ohutsaumamuurattavia (5 mm) malleja, joissa päätysaumaan ei tarvita laastia, ja muurattavia malleja, joihin tulee 10 mm sauma. Muiden harkkotyyppien tapaan harkkorivien

suoraan saamiseksi laitetaan merkiksi linjalangat ja kaltevuutta tarkastellaan vatupassin avulla. Laastin levityksessä voidaan käyttää muurauskelkkaa, jolla saadaan helpommin oikea määrä laastia vaakasaumaan. Harkon keskellä olevan eristeen kohdalle ei tule laastia vaan siihen vedetään uretaanivaahtoa tai asetetaan villakaista. Myös eristetilän pystysaumot täytetään vähän paisuvalla polyuretaanivaahdolla.

Tuoreeseen laastisaumaan asetetaan muuraussiteet sitomaan harkkokuoret toisiinsa. Siteitä tulee 4 kpl/seinä-m² [8]. Vaakaraudoituksena käytetään 2T8/A500HW-harjateräsraudoitusta vähintään joka kolmannessa vaakasaumassa. Raudoitus on kuitenkin laitettava aina aukkojen ylä- ja alapuolelle. Harjaterästen jatkospituus on 400 mm. [21] Harkoissa on valmiina urat teräksiä varten, joskin nurkissa uria joutuu yleensä hieman työstämään.

Harkot noudattavat samaa moduulia kuin muutkin harkot eli yleensä korkeus on 2M ja pituus 6M. Muurattavan eristeharkon mitat ovat tällöin yleensä 190 mm x 380 mm x 590 mm. Sokkeleissa käytetään reikäuraharkkoja (RUH) alimmissa riveissä, minkä jälkeen sokkelin kolme ylintä kerrosta sekä ulkoseinät tehdään eristeharkolla (EH). Aukkojen ylityksissä ja rengaspalkeissa voidaan käyttää palkkiharkkoja (kuva 23), jotka on mahdollista raudoittaa ja valaa. Mikäli palkkiin tarvitaan suurempaa leikkauslujuutta, palkkiharkoilla voidaan tehdä kaksi päällekkäistä riviä. Palkkiharkot tehdään rakennesuunnitelmien mukaisesti. Kulmaharkot kuuluvat myös kevytsora-harkkojärjestelmiin. Myös väliseinien, päätykolmioiden sekä pilareiden tekemiseen löytyy omat harkkonsa.



Kuva 23. HB:n palkkiharkko [9] ja ja laastikelkka [27].

5.4 Kustannukset harkkotypeittäin

Taulukossa 10 on esitetty joulukuussa 2016 saatujen tarjousten perusteella eri runkotoimitusten hinnat. Hinnat sisältävät esimerkkikohteen kaikki ulkoseinäharkot ja laastit ja mahdolliset aukonylityskappaleet rahteineen. Tarjoukset sisältävät myös väliseinämateriaalit sekä päätykolmio- ja maskiharkot. Väliseinien hintaerot ovat rakennushankkeessa melko olemattomat. Ulkoseinän harkot ovat U-arvosuosituksen (asuinrakennus 0,17, talousrakennus 0,26) täyttäviä. Hinnossa on huomioitu muottieristeharkkojen valukustannukset. Hinnat on laskettu sisällöltään toisiaan vastaavaksi.

Yksikerroksisen esimerkkikohteen kerrosala on 213 m², mikä käsittää talousrakennuksen ja asuinrakennuksen suhteessa 70,5/136,5. Hinnat eivät sisällä harjateräksiä eivätkä sokkelirakennetta. Näihin hintoihin sisältyvät myös väliseinäkivet, joiden rahallinen arvo on pieni. Jos haluaa tehdä väliseinätkin kivistä, ne kannattaa ostaa samalta toimittajalta kuin muutkin harkkotuotteet.

Taulukko 10. Ulkoseinien rungon hinta esimerkkikohteessa vaihtoehtoisia harkkotyyppejä käytettäessä. Taulukossa hinta seinäneliötä kohti sisältää ulkopuoliset seinäneliöt, päätykolmiot ja maskimuuraukset. Aukkojen pinta-alat on vähennetty. Myyjien nimet on poistettu, jotta tarjoukset eivät tule julki.

| Tarjous nro. | Harkkotyyppi | Hinta esimerkki kohteessa [€] ALV.24% | Hinta/krsm ² [€] ALV.24% | Hinta/seinäneliöm ² [€] ALV.24% |
|--------------|-----------------------------------|--|--|---|
| 1 | Eristemuottiharkko | 25504,21 | 123,21 | 112,35 |
| 2 | Eristemuottiharkko | 22437,80 | 108,40 | 98,84 |
| 3 | kevytsotaeristeharkko | 17234,35 | 83,26 | 75,92 |
| 4 | AS: EMH TR: kevytsoraeristeharkko | 19354,96 | 93,50 | 85,26 |
| 5 | Eristemuottiharkko | 19835,20 | 95,82 | 87,37 |
| 6 | kevytsotaeristeharkko | 14954,02 | 72,24 | 65,87 |
| 7 | Ytong-kevytbetoni | 23900,00 | 115,46 | 105,28 |
| 8 | kevytsoraeristeharkko | 24603,32 | 118,86 | 108,38 |

Tarjousten kuvaus:

1. Ulkoseinät lämpökivellä. Asuinrakennus 400 mm ja talousrakennus 350 mm paksulla valuharkolla. Hinta sisältää aukonylitysjärjestelmän. Seinän betonoinnin hinnan osuus on saadun valmisbetonitarjouksen perusteella laskettuna 3810 €. Järjestelmässä sokkeli tehdään samalla kivellä kuin ulkoseinä. Saatavilla on myös x-anturamuotit.
2. Ulkoseinät valueristeharkolla. Asuinrakennus 400 mm ja talousrakennus 350 mm paksulla valuharkolla. Hinta sisältää aukonylitysjär-

jestelmän. Seinän betonoinnin hinnan osuus on saadun valmisbetonitarjouksen perusteella laskettuna 3675 €. Järjestelmässä sokkeli tehdään samalla kivellä kuin ulkoseinä. Saatavilla on myös x-anturamuotit.

3. Asuinrakennuksen ulkoseinä 5 mm ohutsaumalla muurattavalla 380 mm paksulla kevytsoraeristeharkolla ja talousrakennuksen ulkoseinä 300 mm normaalisti muurattavalla harkolla. Järjestelmään kuuluvat aukonylitysteräksket.
4. Ulkoseinät 400 mm paksulla valuharkolla asuinrakennukseen sekä 300 mm paksulla muurattavalla harkolla talousrakennukseen. Järjestelmään kuuluvat aukonylitysteräksket. Onteloiden betonoinnin osuus hinnasta on 2277 €.
5. Ulkoseinät 400 mm paksulla valueristeharkolla asuin- ja talousrakennukseen. Järjestelmässä aukon ylitykset muotitetaan puusta. Onteloiden valamisen osuus hinnasta on 2721 €. Muottiharkoissa on hie-
man pienempi valubetonin menekki.
6. Ulkoseinät, 380 mm paksulla harkolla asuinrakennukseen sekä 300 mm paksulla harkolla talousrakennukseen. Nämä ovat muurattavia kevytsoraeristeharkkoja. Järjestelmään sisältyvät raudoitettavat ja valettavat aukonylitysharkot. Aukon ylitykset tuetaan muotittamalla.
7. Kevytbetonituote tarjous. Asuinrakennuksen ulkoseinään 480 mm paksu harkko ja talousrakennuksen seinään 365 mm paksu harkko. Harkot ovat liimasaumattavia. Aukonylityspalkit tulevat valmiina.
8. Ulkoseinät asuinrakennukseen 380 mm ja talousrakennukseen 290 mm paksuisilla muurattavilla kevytsoraeristeharkoilla. Järjestelmään kuuluvat valettavat ja raudoitettavat aukonylitysharkot, jotka tuetaan puusta muotittamalla.

Taulukossa 11 on esitetty tarjousten keskihinta harkkotyypeittäin.

Taulukko 11. Ulkoseinien rungon materiaali tarjousten keskihinta harkkotyypeittäin. ALV (24%) sisältyy hintoihin.

| | Kevytsoraeris- teharkko | Muottieriste- harkko | Kevytbetoni- harkko |
|---|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| Kokonaishinta esimerkki- kohteessa [€] | 18930,56 | 22592,40 | 23900,00 |
| Tarjousten lukumäärä | 3 | 3 | 1 |
| Hinta, €/krsm ² | 91,45 | 109,14 | 115,46 |
| Suhteellinen hinta [%] | 100 | 119,34 | 126,25 |
| % kokonaiskustannuksista | 8,23 | 9,28 | 10,39 |

Kevytsoraeristeharkko on materiaalikustannuksiltaan halvin vaihtoehto. Tähän kohteeseen saatujen tarjousten perusteella runko tulee muottieristeharkolla 19,34% kalliimmaksi ja kevytbetoniharkolla 26,25% kalliimmaksi. Hinoissa on suurta vaihtelua ja tarjousten määrä on suppeahko, joten tulokset ovat suuntaa antavia. Harkkotyyppin valinnalla on materiaalikustannuksien johdosta esimerkkikohteessa saatujen hintojen perusteella 2,16 % (100x4969,44/230000 €) vaikutus hankkeen kokonaiskustannuksiin. Tässä tapauksessa saman harkkotyyppin kilpailuttamisella useamman valmistajan kesken voi olla 4,2 % vaikutus hankkeen kokonaiskustannuksiin.

5.5 Valinta ja perustelut

Kohteessa päädyttiin kevytbetoniharkkoon sen yksinkertaisuuden takia. Se ei ollut halvin vaihtoehto, mutta helpoin rakentaa ja harkkotyyppin tekniset ominaisuudet ovat myös hyvät. Harkkoa on helpompi urittaa kuin kevytsoraeharkkoa. Muottiharkosta tehtäessä putkituksia tehdään samaan aikaan, jolloin sähkömies joutuu käymään useita kertoja työmaalla. Valuharkkotaloa tehtäessä myös betoniauton täytyy käydä monta kertaa työmaalla. Kevytbetoniharkkoon pitää tehdä urat vaakateräksille. Muissa harkkotyypeissä ne

ovat valmiina. Laastia menee vähemmän kuin ohutsaumamuurauksessa mutta enemmän kuin ladottavissa valuharkoissa.

Aukon ylitykset hoituvat kätevästi valmiilla palkeilla. Niiden asennukseen tarvitaan tosin kurottaja tai muu nostolaite. Kevytbetoniharkoilla muurattu pinta on melko sileä, jolloin tasoitemenekki pysyy kohtuullisena. Kevytbetoniharkon lujuusarvot ovat pienemmät kuin kevytsora- ja valuharkoilla, joten seinä kannattaa verkottaa tasoitetyön yhteydessä. Verkotus ei pahenna mitakaan harkkotaloja. Kevytbetoniharkkomuurauksessa harkkojen väliin ei tarvita uretaania, kuten muissa harkkotyypeissä. Kevytbetoniin on helppo kiinnittää asioita, mutta se vaatii omanlaisia kiinnikkeitä.

6 Yläpohjarakenteet

Esimerkkikohteen kattotyyppi on pientaloissa yleisesti käytetty harjakatto. Valmisristikoiden käyttö yläpohjan rakenteena on järkevää, mikäli muodot saadaan toteutettua niillä. Ristikkorakenteiseen yläpohjaan sopii hyvin eristettä, ja yläpohja sopii tuulettumaan. Yläpohjaan saa mahdollisesti varasto-tilaakin. [5]

Jos katto toteutetaan kantavalla ristikkorakenteella, alapintaan asennetaan tiivis höyrysulku tai vähintäänkin puukuitueristeitä käytettäessä ilmansulkupahvi. Katon voi toteuttaa myös valamalla betonista tai asentamalla yläpohjaan ontelolaatat tai kevytbetonielementit. Elementeillä on mahdollista tehdä myös vinoja kattopintoja. Kevytbetonielementit sopivat tähän tarkoitukseen. Mikäli vaaditaan pitkiä jännevälejä, ovat ontelolaatat hyvä vaihtoehto. Jos ei ole kyse tasakattoisesta talosta, elementtien päälle asennetaan tehdasrakenteiset ristikot. Rakenne voidaan tehdä myös paikan päällä puutavarasta pukittamalla katon muodot. Näissä tapauksissa laatasto on kantava rakenne. Puurakenteinen katto voidaan myös tehdä puupalkeilla, jolloin on kyse kurkipalkkiratkaisusta. Pitemmät jännevälit vaativat varsin järeitä kertopuupalkkeja.

Kantava ristikkorakenne

NR-ristikot (kuva 24) valmistetaan nykyisin lähes poikkeuksetta tehdasolosuhteissa, ja myös laskelmat tehdään tehtaalla. Rakennesuunnittelija piirtää mittakuvat ristikoiden ulkomitoista, minkä jälkeen tehdas määrittää sopivat sauvat. Ristikot ovat halpoja, koska puun määrä on optimoitu ja työmenetelmät ovat tehokkaita. Ristikoissa käytetään normaalia rakennuspuutavaraa lujempaa lujuusluokkaa. Rautakaupan puutavara on C24-lujuusluokkaa, mutta työmaalle tulleissa ristikoissa oli C35-luokan leima.



Kuva 24. Esimerkkikohteen kantavat kattoristikot. Kesä 2017.

Ristikko-yläpohjan tekniset ominaisuudet

Ristikot ovat kevyitä eli ne eivät lisää rakennuksen kuormia juuri lainkaan. Ristikot ovat yksittäisinä kappaleina huteraita. Rakenteen lujuus saadaan aikaan ”reivaamalla” eli ristikoita tuetaan toisiinsa suorin ja vinoin laudoin ohjeiden mukaisesti. Reivaus estää ristikoiden kaatumisen ja ristikon puristettujen sauvojen ja yläpaarten nurjahtamisen.

Ristikot eivät ole palamattomia eivätkä lahoamattomia, koska ne ovat puuta. Oikein rakennettuna ristikot eivät kuitenkaan kastu, ja palon sattuessa puuristikot kestävät tulta verrattain hyvin. Ne kenties hiiltyvät, mutta niissä ei

tapahdu esimerkiksi sellaisia merkittäviä muodonmuutoksia kuin teräsra-kenteissa.

Höyrysulusta saa tehtyä tiiviin, kun on huolellinen. Oikein toteutettuna ra-kenteen pitäisi olla varsin hyvin toimiva, mutta on vaikea ennustaa varmasti, kestääkö teipattu muovirakenne rakennuksen suunnitellun käyttöajan, 50 vuotta. Eristäminen tehdään villalla, ja vaihtoehtoina ovat puhallusvilla ja le-yyvilla. Niitä molempia valmistetaan lasista, kivistä ja puukuiduista. Puukui-tuisen eristeen kanssa riittää ilmansulkupaperin käyttö höyrysulkumuovin sijaan. Villan määrä ja tyyppi vaikuttavat katon U-arvoon sekä äänen eris-tävyyteen.

Puurakenteisen yläpohjan työtekniset pääpiirteet

Yläjuoksuun kiinnitetään kulmaraudat valmiiksi, minkä jälkeen kattotuoleja nostellaan nosturilla tai käsin paikalleen ja naulataan tai ruuvataan kiinni kulmarautoihin. Kulmarautojen koko ja naulojen määrät selviävät rakenne-kuvista. Ristikoiden sijainti esitetään vesikattokuvassa. Työ sujuu, kun risti-kon molemmissa päissä on asentaja. Ristikoita tuetaan toisiinsa reivaus-laudoilla. Tässä vaiheessa reivauksen ei tarvitse olla vielä lopullinen, vaan asennuksen aikainen tuenta voidaan tehdä naulaamalla valmiiksi pätkittyjä metrin mittaisia laudanpätkiä sopiviin paikkoihin. Lopullinen reivaus tehdään pitkillä laudoilla ohjeiden mukaisesti. Tässä työvaiheessa tarvitaan telineitä. Työvaihe on melko nopea, ja tavanomaisen omakotitalon ristikot voi asen-taa muutamassa tunnissa.

Seuraavana on vuorossa poikosien eli päätyräystään palkkien asentami-nen, mihin on monia tapoja. Esimerkkinä toimikoon poikosristikko-tekniikka, jossa laitimaiset kattotuolit on mataloitettu 123 mm, jolloin kattopoikonen tulee reunimmaisen kattotuolin päälle ja toiseksi reunimmaisen kattotuolin kylkeen kiinni (kuva 25). Välit kalikoidaan 2"x5"-lankun (48 mm x 123 mm) pätkillä. Rakenne kestää isältä pojalle.



Kuva 25. Poikosista kuva [28]. Kuvassa näkyy periaate poikosten teosta mataloitettulla päätyristikolla. Kuvan taloon tulee avoräystäät, jolloin räystäsrakenne on laudan verran mataloitettu ulkoseinälinjan ulkopuolelle jäävältä osuudelta.

Talopaketeissa käytetään yleisesti räystäskéhikoita, jotka ruuvataan kattotuolin kylkeen. Tässä tapauksessa katon ruodelaudat osaltaan tukevat päätyräystästä. Lyhyitä räystäitä tehdään myös ilman poikosia, jolloin esimerkiksi umpeen laudoitettu kattopohja ainoastaan tuodaan kattotuolista halutun mitan verran ulommaksi.

Vesikattopohjan laudoitustapa johtaa juurensa tulevan vesikatteen tarpeesta. Huopakattoon tarvitaan umpilaudoitus, kun taas pelti- ja tiilikattoon tulee tietynlainen ruodelaudoitus. Laudoitus tehdään siis tulevan vesikatteen asettamilla vaatimuksilla (kuva 26). Räystäät verhotaan otsien ja alapuolen osalta verhouslaudalla, mikäli tehdään umpiräystä.



Kuva 26. Tällainen harvalaudoitus käy esimerkiksi kone- ja lukkosaumakatteille. Kuva kesältä 2017.

Ristikkorakenne eristetään villalla, joten sen alapintaan asennetaan höyrynsulku. Yläpohjan eristämiseen on erilaisia villavaihtoehtoja, joista yleisimmin käytettyjä ovat puhallettavat mineraalivillat. Mikäli käytetään puukuitueristeitä, on höyrynsulku mahdollista korvata ilmansulkupaperilla. Höyrynsulkumuovi asennetaan huolellisesti kattoristikoiden alapintaan nitojalla kiinnittäen. Sen saumat limitetään puolen metrin verran ja teipataan höyrynsulkuteipillä. Mahdollisten läpivientien juuret ym. reiät on tiivistettävä teippaamalla.

Villan laatu ja asennus vaihtelevat tapauskohtaisesti, mutta yleisesti käytetään puhallusvillaa. Puhaltaja menee rakennuksen yläpohjaan letkun kanssa, ja samanaikaisesti alhaalla oleva työtoveri syöttää villapaketteja puhalluskoneeseen.

Sisäkatto koolataan siten, että pintamateriaali saadaan kiinnitettyä koolauspuihin. Koolatun tilan tulee olla sen verran korkea, että siihen pystyy asen-

tamaan sähkökaapeleita ja jakorasioita, myös upotettavien valaisimien vaatima syvyys on syytä tarkastaa (kuva 27). Sisäkaton pintamateriaalina käytetään yleisesti mdf- tai puupaneelia tai kipsilevyä. Kuvassa 27 näkyy sähkökaapeleita asennettuna koolaustilaan. Pintamateriaaliksi tulee kipsilevy.



Kuva 27. Esimerkkikohteen höyrysulutettu ja koolattu alakatto. Syksy 2017.

Ristikkorakenteisen yläpohjan kustannukset

Taulukossa 12 on esitetty esimerkkikohteessa toteutuneet kustannukset.

Taulukko 12. Yläpohjan rakenteiden kustannukset esimerkkikohteessa. Hinnat sisältävät ALV:n (24 %). Hinnat eivät sisällä työkustannuksia, vesikatetta, räystäänalusulautusta eivätkä sisäpuolen tasoitusta ja maalausta.

| Materiaali | Hinta esimerkkikohteessa, € |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Kattoristikot | 4092 |
| Telinevuokrat | 384 |
| Nosturi | 390 |
| Rautakauppatavara | 4347 |
| Yhteensä | 9213 |
| Hinta / rakennettava krs-ala | 43,25 €/m² |

7 Vesikate

Vesikatteen valintaan vaikuttavat kustannusten sekä tavoiteltavien ominaisuuksien lisäksi myös kaavamääräykset. Esimerkkikohteessa kaavassa on määritelty vain katteen väri, joka on musta tai tummanharmaa. Omakotitalojen vesikatteita toteutetaan mm. kumibitumihuopa-, pelti- ja tiiliratkaisuina.

Huopakatto on halvin vesikatevaihtoehto, ja se sopii parhaiten loiville katoille. Toisaalta se on myös lyhytikäinen. Huopakatoissa voi myös säästää lumiesteiden osalta, sillä loiville huopakatoille ei tarvita lumiesteitä, koska lumi ei putoa katolta. Huopakatot vaativat tarkastuskäyntejä ja puhdistusta. Lumityöt huopakatoilla on tehtävä varoen, jottei huopa rikkoonnu, mielellään jättäen pieni lumikerros huovan ja kolan väliin. Mikäli huovassa näkyy kuplia, on se merkinä huovan alle kertyneestä kosteudesta. Huopakattoja on perinteisen mallin lisäksi myös palahuopa- ja kolmiorimamallia. [5 s.85,96-97]

Näyttävän ja pitkäikäisen vesikatteen voi tehdä savi- tai betonikattotiilistä. Tällainen vesikate voi kestää 50–100 vuotta. Tiilinen katto vaatii huoltoa: roskat pitää poistaa säännöllisesti ja rikkoutuneet tiilet pitää vaihtaa ehjiin. Tiilikatoilla liikkuminen rikkomatta tiiliä on haasteellista. Betonikattotiilet ovat lujempia, monipuolisempia ja halvempia, mutta vanhetessaan ne sammutuvat ja rumenevat. Savikattotiilet ovat kevyempiä ja vanhenevat kauniimmin. [5 s.85-88]

Vähemmän käytettyjä vesikatetyyppejä ovat puu-, päre-, turve-, maksaruoho-, olki- ja kuitusementtikatot sekä luonnonkiviset katteet. [5 s.89-103]

Esimerkkikohteessa vertailtavat vesikatevaihtoehdot ovat konesauma-, lukkosauma- ja tiilikuvio-peltikatteen. Nämä vaihtoehdot olivat vertailussa, koska haluttiin konesaumakaton tyyliä. Lukkosaumakatto on samantyyli-

nen. Peltikatto on Suomen käytetyin vesikate sen kohtuullisen edullisen hinnan, helpon asennettavuuden ja kestävyuden vuoksi. Näistä tiilikuvio-peltikate on kaikkein yleisin. [30]

Peltikatot ovat esimerkiksi tiilikattoihin verrattuna erittäin kevyitä, mutta niiden huonona puolena pidetään hieman suurempaa meluisuutta sateella. Markkinoilla on saatavilla erityistuotteita melupelkoisille peltikattojen ystäville. Tallainen on mm. Ruukki Classic Silense -lukkosaumakate, jonka alapinnassa on ääntä eristävä pinta [41].

7.1 Konesaumapeltikate

Konesaumatussa katossa peltirivit on saumattu kaksinkertaisesti toisiinsa kiinni, eikä kattoon tule ainuttakaan reikää. Saumaus tehdään yleensä koneella, mikä käy ilmi jo katon nimestä, mutta saumauksen voi toisaalta tehdä käsityökaluillakin. Konesaumakatolla on pitkä käyttöikä ja kattomateriaali on muovattavissa monimuotoisille katoille. Konesaumattu pelti vaatii melko tiiviin aluslaudoituksen: 25x100 lauta 50 mm välein, ja alaräystä sekä harjan alue umpeen laudoittaen. Mikäli ei käytetä aluskatetta (konesaumakatossa se ei ole pakollinen), suositellaan ruodelautojen rakoja pienennettävän 20 millimetriin, jollin laudoitus tasaa kondensiokosteutta. Myös läpiviennit ja kattoturvatuotteiden asennus saadaan toteutettua ilman ainuttakaan reikää. [Lähde 31]

Konesaumatut peltikatot käyvät myös loiville katoille [5 s.86]. Nykyisin käytetään yleisesti sinkittyä teräspeltiä, mutta saatavilla on myös alumiini- ja kuparipeltiä. Jälkimmäiset hapettuvat ajan kanssa, mutta hapettuminen tuo näille pelleille vain lisäsuojaa. Ajan patinoima vihreäksi muuttunut kuparikatto on tuttu näky vanhoissa rakennuksissa. Konesaumakatot ovat kalliimpia kuin esimerkiksi tiilikatot. [5 s.92.] Konesaumakatto ei sovi omatoimiraentäjälle vaan vaatii peltisevän, koska asentamiseen tarvitaan erikoistykäluja ja osaamista. Kattoa kutsutaan myös rivipeltikatteeksi ja saumakattoksi [23 20.11.2017.].

7.2 Lukkosaumakate

Lukkosaumakatteessa (kuva 28) on havaittu vuotoja loivilla katoilla [32]. Kestopelti on kehitelty lukkosaumapeltien ponttiin vesiuran, joka on testeissä todettu toimivaksi ratkaisuksi, ja se on suojattu hyödyllisyydellä ja mallisuojuksella [33]. Myös muilla merkeillä on erilaisia tiivistysmekanismeja tämän tyyppin peltissä. Toimintavarmuus voi olla kiinni valmistajasta.



Kuva 28. Ruukki Classic -lukkosaumakatto on konesaumakaton näköinen. [41]

Kone- ja lukkosaumattujen peltikattojen hyvänä puolena voidaan pitää kattoturvien kiinnitystapaa, jossa ei tarvitse tehdä katteen läpäiseviä ruuvireikiä, kuten esimerkiksi tiilikuvio-peltikatteeseen asennettaessa. Kone- ja lukkosaumakatteiden erona on se, että konesauma katteessa pellit saumataan kaksin kertaisella saumalla toisiinsa kiinni, kun taas lukkoponttikatossa peltien reunat painetaan päällekkäin. Lukkosaumakatteen voi asentaa haratiapankkirakentaja itse ja täten säästää kustannuksissa.

7.3 Profiilipeltikate

Profiilipeltivesikate muovipinnoituksella voi muistuttaa tiilikattoa. Peltiä on myös olemassa sirotepinnoitettuna, jolloin se ei ole yhtä liukas. Se on hiljaisempi ja muistuttaa vielä enemmän tiilikattoa. Profiilipeltikatteita ei saumata vaan ne limitetään päällekkäin ja ruuvataan kiinni, minkä vuoksi vesikatteesta ei tule kovin tiivistä ja se vaatii vähintään 14 asteen kattokulman. [Lähde 5 s.92]

7.4 Vesikatteen kustannukset

Pellin paksuus vaikuttaa katon hintaan (taulukko 13). Kourutuotteen tarjouksen perusteella 0,6 mm paksu pelti on 1,9 €/m² (ALV.0%) kalliimpi kuin 0,5 mm paksu pelti. Esimerkkikohteessa tämä tarkoittaa 730 euron kustannuseroa verollisessa hinnassa. Peltikatteen hintaan vaikuttaa pinnoite. Pural ja matta ovat hyviä vesikatteisiin tehtyjä pinnoitteita, joiden esteettinen takuu on 20 v ja tekninen takuu 50 v [33]. Tuotteen laatua voi arvioida yleensä takuuajan perusteella.

Taulukko 13. Vesikatteen hinnat tyypeittäin saatujen tarjousten perusteella. Konesauma on paksummalla 0,6 mm pellillä. Hinnat sisältävät myös kaiken työn, läpiviennit, reunapellit yms. Neliöhinta on laskettu vesikatteen neliömetriä kohti.

| Vesikate | Hinta esimerkki- kohteessa, [€] alv 24 % | Hinta [€/m ²] alv 24 % |
|--|--|---------------------------------------|
| Konesauma | 11362,5 | 36 |
| Lukkosauma | 10701 | 34 |
| Profiilipelti | 9075 | 29 |
| Kattoturva ja sadevesivarusteet ¹ | 3485 | - |

1

Määrät vaihtelevat kohteittain. Taulukossa olevat hinta on esimerkin omainen.

8 Kevyet väliseinät

Väliseinät tehdään yleensä puu- tai peltirankaisina kipsilevyseininä, mutta kylpyhuoneen seinät muurataan yleensä kivistä, voi toki tehdä myös levyrakenteisina. Toisinaan kaikki seinät tehdään kivistä. Kiviväliseinät muurataan yleensä tiilistä tai harkoista. Kahi-väliseinäpontit (kuva 29) ovat yleisiä, ja niitä saa reiällisenä ja umpinaisena. Myös väliseinääharkkoja on erityyppisiä.



Kuva 29. Muurattu Kahi-väliseinäponttiseinä, jota tasoitetaan. [41]

Esimerkkikohteen väliseinät

Esimerkkikohteessa väliseinät (kuva 30) tehtiin kivistä, mikä on luonnollinen valinta kivitalossa. Tuote on kevytbetoninen väliseinääharkko, kooltaan 100 mm x 599 mm x 399 mm. Tuote on samalta valmistajalta kuin ulkoseinääharkot. Harkot muistuttavat ulkoisesti Kahi-väliseinäponttia, mutta ovat isompia eikä niissä ole pontteja. Harkot muurataan irrotuskaistan päälle liimalla. Muuratessa ulkoseinäliitoksessa ei käytetä liimaa vaan esimerkiksi alumiinipiikkejä tartunnoiksi. Seinien väliin jäävä rako täyttyy sisäseinien tasoitusvaiheessa. Väliseinä-väliseinä liitokset muurataan ristiin. Harkkoja sahataan vannesahalla ja uritetaan urakoneella.

Väliseinien rakentaminen

Väliseinien rakentamiseen kuuluu paikkojen määrittäminen, minkä jälkeen muuraus tehdään linjojen ja vatupassin avustuksella suoraksi. Tämän jälkeen seiniin uritetaan ja piikataan urat ja kolot johdoille, putkille ja rasioille (kuva 31), myös ulkoseiniin tuleville johdoille. Mikäli käytetään kiveä, joiden sisällä on reiät johtoja varten, johdot ja putket vedetään pääosin valmiita reikiä pitkin. Kun johdot ja putket on saatu paikoilleen, täytetään urat ja rasioiden ympärykset laastilla. Väliseinävaihe kokonaisuutena on melko työläs.



Kuva 30. Kevytbetoniharkoista tehtyjä väliseiniä esimerkkikohteessa. Syksy 2017.



Kuva 31. Urituslaite ja sillä seinään tehty ura. Talvi 2017.

9 Ikkunat ja ovet

Ikkunat ja ovet ovat jo kauan olleet taiteellisia tyylikausittain vaihtelevan muotoilun kohteita, joiden yksityiskohdat valitaan talon luonteen mukaan. Ikkuna-alan haasteita ovat kosteus, lämpötilan vaihtelut sekä aurinko. [4 s.110]

Ikkunoiden ensisijainen tarkoitus on päästää valoa sisään (kuva 32) ja toissijainen tarkoitus on rakennuksen tuulettaminen. Ovet ovat liikkumista varten. Molemmat vaikuttavat suuresti rakennuksen ulkonäköön, ja ovat osa rakennuksen arkkitehtuurin suunnittelua. Ikkunoilla on suuri vaikutus raken-

nusten energiatehokkuuteen. Ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöiden osuus rakennuksen energiankulutuksesta on 17% [5 s.43]. Saumat ovat iso osa lämpöhäviötä, minkä vuoksi karmin ja rakenteen välit on tiivistettävä huolella villalla tai vaahdolla. Lisäksi suositellaan elastista massaa laitettavaksi ruudun saumojen sisäpintoihin [5 s. 134].

Nykyisenlaisiksi ikkunat ovat kehittyneet ajan saatossa. Suomessa ikkunoiden teollinen valmistus alkoi 1900-luvun alkupuolella. Sitä ennen puusepät tekivät ikkunat. Ensimmäiset nauhatiivisteet tulivat markkinoille 1930-luvulla, ja ensimmäinen ikkunoita koskeva laatumääräys julkaistiin v. 1944. Sisäänpäin aukeavat ikkunat yleistyivät 1960-luvulla ja alumiinisten pintojen käyttö ikkunoissa yleistyi Suomessa vasta 1990-luvulla. [5 s.10-12] Ikkunoita on joka suuntaan aukeavia, on vaakasaranoituja, pystysaranoituja, yläsaranoituja ja alasaranoituja. On myös työntöikkunoita [4 s.113].



Kuva 32. Ikkuna-aukoista tulee valoa. Kuvan ikkunat ovat kiinteitä. Kesä 2017.

Ikkunoiden laatu ja varusteet

Pientaloissa ikkunat ovat yleensä joko avattavia karmillisia tai kiinteitä karmillisia. Avattaviin ikkunoihin saa asennettua sälekaihtimet lasien väliin, mikä ei ole mahdollista kiinteissä ikkunoissa. Kiinteissä ikkunoissa on vähemmän pestäviä pintoja ja suurempi valoaukko. Tuuletus onnistuu avattavien ikkunoiden kautta. Avattavat ikkunat ovat kevyitä asentaa, koska ne

voidaan purkaa osiin. Kiinteät ikkunat ovat raskaita asentaa, koska niitä liikutellaan kokonaisena. Avattavat ikkunat saa pestyä sisältä käsin, mikä on erittäin hyvä ominaisuus, kun ollaan ensimmäistä kerrosta ylempänä. Ylempänä avattavat ikkunat voivat toimia myös hätäpoistumistienä [5 s.94].

Ikkunoihin on saatavilla erilaisia varusteita, joilla kullakin on oma tarkoituksensa. Varusteita ovat mm. hyönteispuitteet, kaihtimet ja korvausilmaventtiilit. Ikkunapintoja on erityyppisiä ja erinäköisiä, ja ulkonäköä voi muuttaa jakamalla ikkunapintaa osiin puitteilla. [5 s.20-22]

Ikkunoiden ominaisuuksiin voi vaikuttaa erilaisilla keinoilla. Esimerkiksi äänen eristävyysparantamiseen paras keino on karmisyvyyden kasvattaminen. Tällä hetkellä syvin karmi on 210 mm muiden vaihtoehtojen ollessa 130 ja 170 mm. Karmisyvyyden kasvattaminen vaikuttaa lähinnä avattavissa ikkunoissa, joiden äänieristävyys on muutoinkin parempi, koska lasit ovat kauempana toisistaan. Kun halutaan estää sisätilan liiallinen lämpiäminen, valitaan auringonsuojalasi, joka tulee uloimpaan ikkunapintaan. Se heijastaa osan auringon lämpösäteilyä rakennuksesta pois päin. Silloin kun halutaan pitää sisäpuolinen lämpö tallessa, voidaan valita selektiivilasi, jonka toiminta muistuttaa auringonsuojalasin toimintaa, tosin päinvastaisesti eli sisäpuolinen säteily heijastuu takaisin sisään päin. Tämän vuoksi ikkunan sisäpinta on lämmin. [5 s.43,79,93]

Tehokkain auringonsuoja on ikkunan ulkopuolinen auringonsuoja eli säleiköt ja markiisit yms. Lasien välissä oleva sälekaihdin on myös toimiva ratkaisu, kun taas sisäpuolinen verho on huono ratkaisu. [4 s.124]

Kun lasilta vaaditaan erityistä lujuutta, on lämpökarkaistu turvalasi yleinen vaihtoehto. Se valmistetaan lämmittämällä lasia reilusti ja tämän jälkeen jäähdyttämällä se nopeasti. Prosessin johdosta lasiin jää jännityksiä, jotka tekevät lasista jopa viisi kertaa normaalia lujempaa. [5 s.85] Turvalasi vaaditaan, mikäli lasiin on yleisissä tiloissa matkaa lattiasta alle 1500 mm, tai yksityisessä tilassa, kun etäisyys lattiasta on alle 700 mm. Yksityisissä tiloissa 6 mm paksu tasolasi on riittävän turvallinen. [4 s.111]

Ikkunoiden ja ovien asentaminen

Ikkunoiden asennus onnistuu kirvesmiehiltä tai vastaavalta osaajalta. Tavanomaisen omakotitalon ikkunat ja ovet saa pari asentajaa paikalleen yhdessä tai kahdessa päivässä. Karmit kiinnitetään runkomateriaalista riip-puen sopivilla ruuveilla aukkoon oikealle paikalle, minkä jälkeen rungon ja karmin väli täytetään uretaanilla. Uretaania laitetaan noin puolet kar-misyvyydestä, koska se turpoaa ja kovettuu täyttäen koko raon. Uretaani liimaa ikkunan lujasti kiinni ja toimii lisäksi lämpöeristeenä. Myös villaa käytetään rakojen tiivistämisessä.

10 Tulisijat

Suomalaisessa omakotitalossa on yleensä vähintään yksi tulisija. Onkin jär-kevää olla jokin sähköstä riippumaton lämmön lähde sähkökatkojen varalle ja alentamaan lämmityskustannuksia. Päätökset tulisijoista täytyy tehdä suunnittelun alkuvaiheessa, koska tulisija vaikuttaa tilojen suunnitteluun sekä lujuuslaskelmiin tulisijan ja hormin painavuuden tähden [1 s.139].

Tulisija on tarkoitettu ruuan valmistukseen tai lämmittämään kotia ja sau-naa. Tulisijat tuovat myös tunnelmaa. Hormi varaa myös lämpöä, jos se on muurattu tiilestä. Mikäli hormi muurataan tiilestä, on kustannustehokkuuden kannalta järkevä vaihtoehto muurata myös tulisija tiilestä. Valmisuunit ja -hormit ovat helpompi tapa pystyttää tulisija. Ne toimivat varmasti ja niissä on takuu. Mikäli hormoneja tarvitaan useammalle tulisijalle, ei sopivia valmiita ratkaisuja välttämättä ole. Harkkohormeja on kaksiaukkoisia ja peltihormit ovat yksiaukkoisia. Piippu kannattaa sijoittaa harjan lähelle, jolloin se on helppo nuohota ja veto on hyvä. [1 s.141]

Kaakeliuuni keksittiin 1700-luvulla. Se oli edelläkävijä lämmönvarauskyvyn suhteen, koska savu kiersi tulisijan sisällä ennen ulospääsyä samalla tavalla kuin nykyaikaisissa tulisijoissa. [5 s.267]

Tulisijavaihtoehdot

Tulisija valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Tulisijan lämmönvarauskykyyn vaikuttavat tulisijan paino ja kivimateriaali. Vuolukivi varaa lämpöä enemmän kuin saman kokoinen keraaminen tulisija.

Kamiinat painavat 100–200 kg eivätkä vie paljon tilaa, tarvitse pohjan vahvistusta eivätkä maksa kovin paljoa. Kamiina tuottaa kotiin lämpöä nopeasti, mutta se ei toisaalta varaa lämpöä juuri ollenkaan. Kamiinat ovat edullisia. Samaa kokoluokkaa ovat puuhellat, joita voi käyttää ruuan valmistuksessa.

Varaava takka luo tulen tunnelmaa kotiin ja lämmittää kotia seuraavan vuorokauden ajan. Varaava takka painaa yleensä 1000–2000 kg ja vaatii jonkin verran tilaa sekä pohjan vahvistusta; esimerkiksi 10 cm paksumpi lattia-laatta takan kohdalla muutamalla lisäteräksellä vahvistettuna on riittävä ratkaisu. On myös erilaisia kevyt- tai kiertoilmatakkvoja, jotka ovat kevyempiä ja toiminnaltaan erilaisia, tavallaan varaavan takan ja kamiinan välimuotoja. Niiden asennus voi onnistua ilman pohjan vahvistusta painoin ollessa korkeintaan 500 kg. Avotakkoja ei juuri käytetä, koska niiden energiatehokkuus on lähellä nollaa [5 s.267].

Leivinuunit ja erilaiset yhdistelmätulisijat ovat isoja, kalliita ja raskaita, ja varaavat lämpöä pitkään. Niitä käytetään myös ruuanlaitossa. Leivinuunit ja yhdistelmät painavat yli 2000 kg vaatien vahvan pohjan. Isot leivinuunit varaavat lämpöä pariiksi seuraavaksi vuorokaudeksi.

Tulisijan kustannukset

Tulisijan hinta muodostuu tulisista ja sen hormista. Esimerkkikohteen vuolukivinen kevyttakka sekä teräshormi maksoivat asennettuina yhteensä 6890,00 €, josta hormin osuus asennettuna oli 1789,50 €. Isomman keraamisen nurkkamallisen takan hormoneineen olisi saanut asennettuna hintaan 8310,00 €. Kyseessä oli tarjoustuote. Suomalainen yritys tarjosi vuolukivistä takkaa asennettuna, ilman hormia hintaan 6490,00 €. Eräs yritys tarjosi tiilestä muurattavan tulisijan ja teräshormin asennettuna hintaan 7859,39 €.

Tässä tarjouksessa asennuksen hinta oli muita tulisijoja suurempi, n.1800 €. Hinnat siis vaihtelevat tuotteen, tarjouksen ja tekotavan mukaan.

Mikäli esimerkkikohteen perusteella tehdään johtopäätös tulisijan kustannuksesta, päätelmä on, että tulisija maksaa tyypillisesti 7500–8500 €.

11 Julkisivujen pintamateriaalit

Sokkelin pinnoittaminen ja kustannukset

Sokkeli täytyy tasoittaa, minkä jälkeen sen voi maalata, rapata tai pinnoittaa rouhepinnoitteella. Sokkelin voi myös verhoilla esimerkiksi liuskekivillä. Mikäli kyseessä on valubetonisokkeli tai elementti, voi pinnan pitää sellaisenaan. Ohjeita työn suorittamiseen löytyy laastinvalmistajien verkkosivuilta. Sekä materiaalien hinta että työmäärä kasvavat yksinkertaisesta menetelmästä monimutkaisempaan mentäessä.

Perusmuurin eli sokkelin rappaaminen maksaa yhden tarjouksen mukaan 67,5 €/m². Maan päälle jäävä osuus, joka rapataan, on yleensä noin 40 cm.

Ulkoseinät

Julkisivuja on rapattu pohjolassa keskiajalta asti, mikä on todiste rappauksen hyvistä ominaisuuksista. Rappaukselle paras alusta on muuraus, mutta muitakin pintoja voidaan rapata. Rappaus voi kestää 50 vuotta vaatimatta ollenkaan huoltoa. [5 s.76]

Jos rapattava alusta on huokoinen, esimerkiksi eriste, se raudoitetaan ruostumattomalla metalliverkolla. Mikäli alusta on kovempi, esimerkiksi harkko, riittää yleensä ikkunavierustojen sekä nurkkien raudoittaminen. [5 s.77]

Tiiliverhous on huoltovapaa verhoustyyppi, jota on tehty tuhansia vuosia. Nykyisin tiiltä käytetään verhoilumateriaalina, mutta ennen tehtiin myös

täyskiviseiniä tiilestä. Tiiliverhouksen voi rapata tai pitää sellaisenaan. [5 s.79] Kivitaloihin voi tehdä myös koolauksen ja puuverhouksen, jolloin talo näyttää puutalolta.

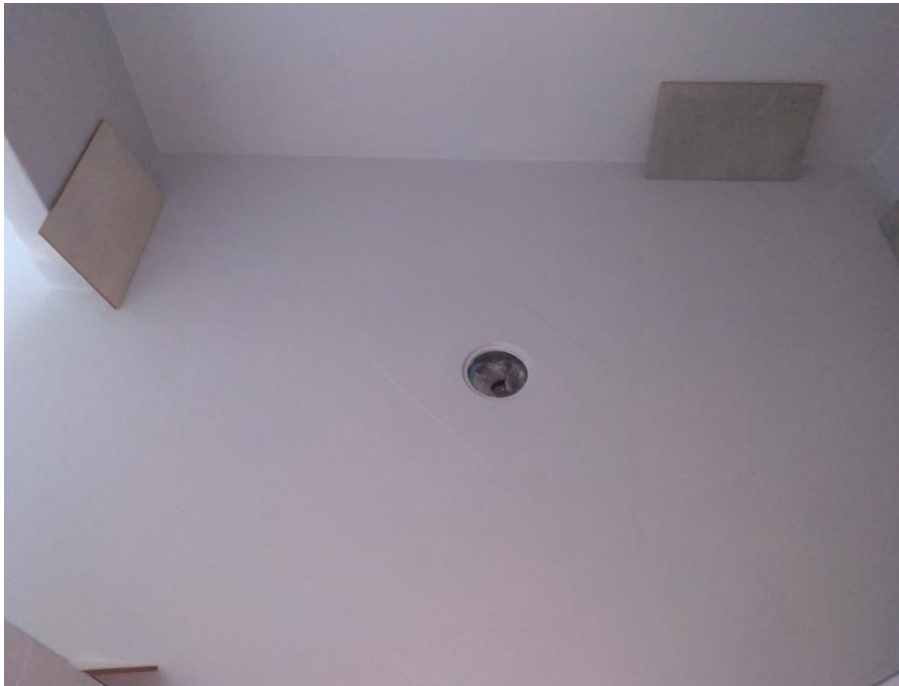
Pintamateriaalien valinta esimerkkikohteeseen ja kustannukset

Esimerkkikohteeseen tulee Silico-kuitulaastirappaus verkoilla vahvistettuna. Hintaa pinnalle tulee 67,5 €/m² (alv 24 %), ts. rappaus on varsin kallista. Rappaus on näyttävä ja kestävä valinta.

12 Sisäpuolen pintamateriaalit

Harkkosisäseinillä on muutamia erilaisia pinnoitusmahdollisuuksia. Niitä ovat tapetointi, maalaus ja laatoitus, tosin seinät voi myös koolata ja paneloida. Tapetoitavat seinät vaativat kaksinkertaisen tasoituksen, hionnan, pohjamaalauksen ja sitten tapetoinnin. Maaliseinät vaativat kolme tasoituskerrosta. Lasikuituvahvikeverkon käyttö on suositeltavaa, ja se painetaan ensimmäiseen tasoitekerrokseen. Tämän jälkeen pinta hiotaan ja maalataan kaksi kertaa. Laattaseinät tasoitetaan märkätilatasoiteella kerran tai tarvittaessa kahdesti. Sen jälkeen pinta hiotaan, ja sitten levitetään tarvittaessa vesieristys (kuivissa tiloissa ei tarvita vesieristystä). Tämän jälkeen voidaan laatoittaa (kuva 33). [20]

Esimerkkikohteessa kylpyhuoneen ja yhden wc:n seinät laatoitettiin, saunan seinät paneloitiin ja loput seinät tasoitettiin ja maalattiin. Sisäpuolen pinnoittamisen kustannukset ovat pitkälti materiaali valinnoista kiinni, joten tässä opinnäytetyössä ei kustannuksia esitetä. Työmenekki tasoite työssä on ammattilaisella noin 0,58h per huoneistoneliometri, sisältää harkkoseiniä ja levykaton tasoittamisen. Seinän tasoitus sisältää lasikuituverkotuksen ja kolme tasoitus kertaa maalattavissa seinissä sekä yhden tasoituskerroksen laatoitettavissa seinissä. Kattojen tasoittaminen sisältää pohjatasoitteen ja sumupinnan tai tasaiseksi tehdyn pintakerroksen joka maalataan. Saunaa ei tarvitse tasoittaa.



Kuva 33. Pesuhuone on vesieristetty. Laatoitus alkaa seinistä. Kun seinät on laatoitettu, on lattiaan hyvä lisätä vielä kerros vesieristettä, koska sen päällä on jouduttu kulkemaan seiiniä laatoitettaessa. Talvi 2018.

Maalausvaiheen työmenekki sisältäen pohja ja pintamaalauksen ja akryylimassan sisänurkkiin, on noin 0,42tt per huoneistoneliömetri. Nämä työmenekit on arvioitu esimerkkikohteen perusteella.

Tietoa seinien pintamateriaaleista

Seinäpinnat valitaan tilan käyttötarkoituksen, tyylin ja pinnan takana olevan rakenteen ehdoilla. Tavoitteena on saada miellyttävän näköiset ja käyttöä kestävät pinnat asuntoon. Yleensä myös hinnalla on vaikutusta valintoihin [4 s.207].

Pientaloissa yleisimmin käytetty seinäpinta on tapetointi tai maalaus kipsilevyn päälle. Kipsilevyseinä on paloturvallinen, helpohko tehdä ja edullinen, tosin se ei ole kovin luja eikä siihen ole hyvä tehdä kiinnityksiä. Maalattavan

kipsilevyseinän voi päällystää lasikuitukankaalla, jolloin pinnasta tulee hie-
man elävämpi ja huoneen akustiikasta parempi. Myös lastulevyä käytetään.
Lastulevyt valmistetaan teollisuusjätteistä. Lastulevy on kipsilevyä lujem-
paa, eikä siinä ole nykyisin myrkkyjä, mutta kipsilevystä poiketen saumoja
ei saa kestävästi nauhoituksella eikä niitä saa kittaamalla piiloon. Ne pitää
puun liikkeen takia jättää suosiolla avonaisiksi. [1 s.164]

Lujia ja tyylikkäitä seinäpintoja voi toteuttaa myös paneeleilla ja puulevyillä.
Näillä saa luotua erilaisia ilmeitä taloon. Pinnat ovat kestäviä mutta kalliita
[1 s.164]. Kiviaineiset, esimerkiksi tiilistä muuratut, sekä hirsiset seinäpinnat
voi pitää sellaisenaan, eikä niitä tarvitse pinnoittaa [1 s.193].

Harkkotalossa tasoitustyö on iso työvaihe. Väliseinän kivimateriaali vaikut-
taa tasoite- ja tasoitustyömenekkiin, kuten myös muurauksen ja tasoituksen
valmistelun laatu. Tasoitustyössä on erilaisia tyylejä, mutta yleisesti kuiten-
kin suositellaan ensin levittämään pohjatasoite, johon painetaan vahvike-
verkot vähintään riskikohtiin (ikkunanurkat, materiaalien risteyskohdat). Tä-
män kerroksen päälle tulee kaksi tasoitekerrosta hiottavilla tasoitteilla. Toi-
saalta osa ohjeista neuvoo verkottamaan kaikki maali- ja tapettiseinät ja
käyttämään jopa kulmavahvikkeita. [2, 3]

Etenkin kevytbetonitaloissa kaikki maalipinnalle jäävät seinät on hyvä ver-
kottaa lasikuituverkolla, jolloin tasoituskertoja tulee vähintään kolme. Lasi-
kuituverkon tarkoitus on estää halkeamien syntymistä valmiisiin pintoihin.
Verkotus lisää laasti- ja työmenekkiä jonkin verran. Laattapinnalle jäävät
seinät tasoitetaan märkätilatasoiteella, jota kutsutaan mustaksi tasoit-
teeksi. Näissä tiloissa riittää yksi tasoituskerta. Paneloitavia seiniä ei tarvitse
tasoittaa. Tasoitetyön aikana rakennus muuttuu raakileesta paljon valmiim-
man tuntuiseksi tilaksi, kuten kuvasta 34 huomaa.



Kuva 34. Sisätilat ennen tasoitusvaihetta (ylhäällä) ja sen jälkeen, osa tasoitekerroksista on levitetty (pintatasoitteet puuttuvat). Talvi 2017.

Lattioiden pintamateriaalit

Lattiapinnoitteet valitaan tilan käyttötarkoituksen sekä tyylin mukaan, ja valintaa ohjaavat myös kustannustekijät. Muovimatot ovat helppohoitoisia ja

kulutusta kestäviä. Tähän ryhmään kuuluvat vinyylilaatat ja luonnonmukaisempi samantapainen linoleumi. Näitä tuotteita saa hyvin monipuolisesti eri näköisinä, ja monesti ne jäljittelevät muita lattiatyyppejä kuten parketteja ja laattalattioita. [5 s. 183 - 186.] Vaihtoehtona on myös tekstiilinen matto, joka on mukava ja pehmeä, mutta likautuu helposti [5 s. 203].

Puu- ja laminaattilattiat ovat hyvin sopivia vaihtoehtoja kuiviin tiloihin. Näissä on keskenään samoja ominaisuuksia. Parketin pintaviilu on puuta, kun taas laminaatissa se on teollisesti tuotettu (kuva 35). Parketin pinta on pehmeämpi, mutta sitä pystyy hiomaan ja lakkaamaan lattian vanhetessa. [5 s. 190-193]

Kovaa käyttöä kestäviä ja loisteliaan näköisiä lattiapintoja voidaan toteuttaa luonnonkivistä sekä laatoista. Näille sopiva alusta on betoninen, ja mukavuutta tuo lattialämmitys. Laatta- ja kivilattioita voidaan käyttää kosteissa tiloissa, mutta kannattaa huomioida laattapinnan liukkaus. Kiviset lattiat ovat kalliimpia ja työläämpiä tehdä kuin muut lattiat. [5 s.197.] Sisäpintojen valinta on pitkälti makuasia, seuraavassa kuvassa yksi näkemys makuuhuoneesta.



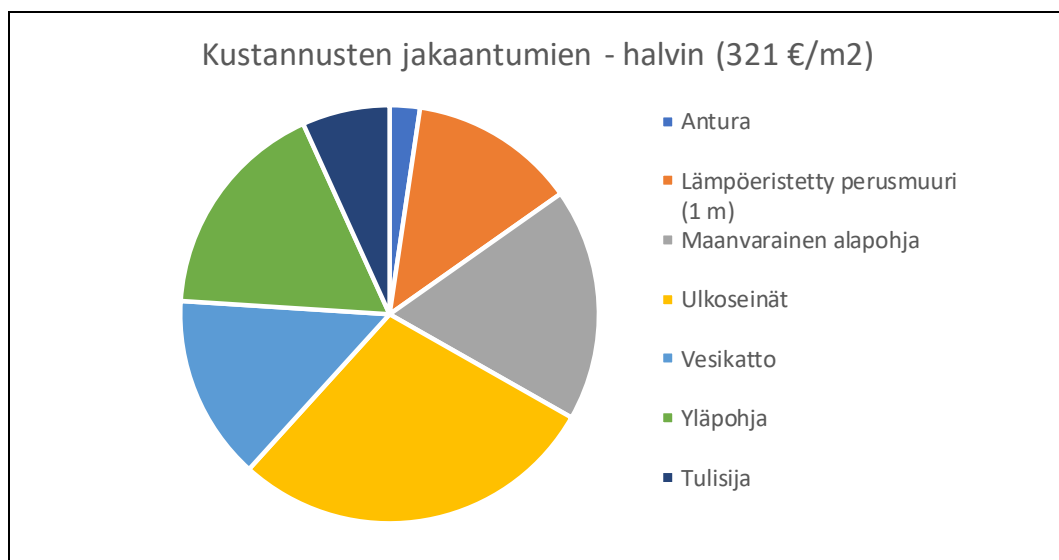
Kuva 35. Laminaattilattia esimerkkikohteen yhdessä makuuhuoneessa. Kevät 2018.

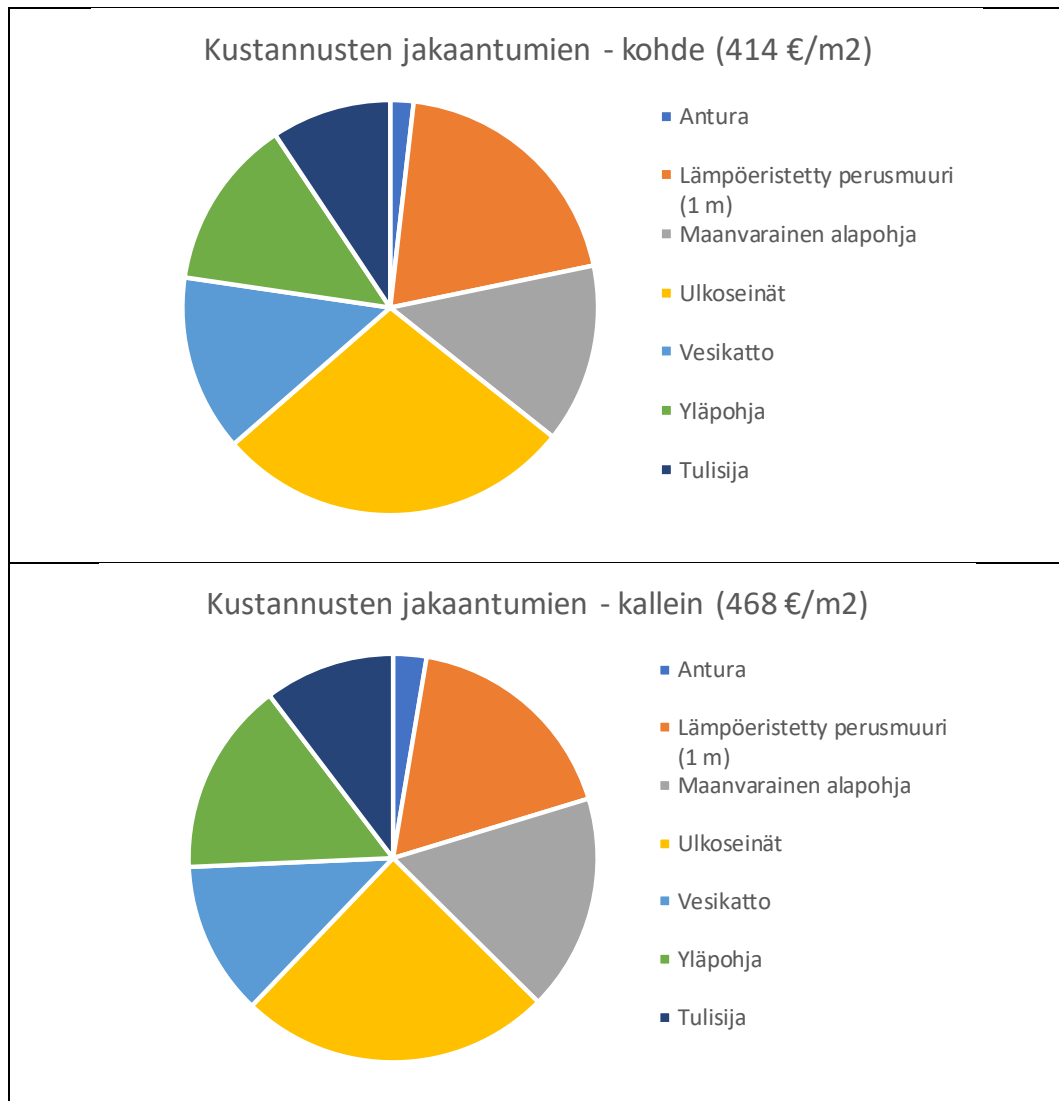
13 Excel-laskuri ja sen tarkoitus

Opinnäytetyössä luotiin Excel-laskuri, joka esittää materiaalivalintojen vaikutusta hankkeen hintaan. Excelin sisältö ja toiminta pidettiin selkeän yksinkertaisena. Sovellukseen syötettävät tiedot ovat kerrosala, ulkoseinän pituus ja katon kaltevuuskulma. Ulkoseinän pituus vaikuttaa anturan, perusmuurin ja ulkoseinän materiaalikustannuksiin. Perusmuurin korkeudeksi oletetaan 1 m ja rakennuksen oletetaan olevan yksikerroksinen ja huonekorkeudeltaan tavanomainen. Kerrosala vaikuttaa alapohjan ja yläpohjan materiaalikustannuksiin. Vesikatteen pinta-ala lasketaan lisäämällä kerrosalaan ensin 0,6 metrin räystäs ($0,6 \text{ m} \times \text{ulkoseinän pituus}$) ja muuttamalla näin saatu vaakapinta-ala todelliseksi vesikatteen pinta-alaksi kattokulman kosinin avulla.

Excelin tiedot perustuvat esimerkkikohteen toteutuksessa ja opinnäytetyötä tehdessä ilmentyneisiin seikkoihin. Excel-sovelluksessa valittavina ovat ne materiaalivaihtoehdot, joiden kustannukset selvitettiin tämän opinnäytetyön teon aikana. Ohjelma laskee sekä materiaalien kokonaiskustannukset, että eron halvimpiin materiaaleihin verrattuna. Käyttäjä voi näin analysoida, paljonko materiaalikustannukset nousevat kaikkiaan ja kerrosneliötä kohti, kun halvimpien materiaalien sijasta käytetään jotain muita materiaaleja.

Excel-sovellus helpottaa harkkotalon suunnittelua, koska se näyttää edullisimman vaihtoehdon ja selvittää kalliimman vaihtoehtojen kustannuseron. Kustannukset perustuvat esimerkkikohteen aikana tehtyyn vertailuun eli saatuihin tarjouksiin ja toteutuneisiin kustannuksiin. Huom! Kuvaajissa näkyvät vertailussa olevien rakennuksenosien hinnat ja niiden jakaantuminen, ei kokohankkeen! Seuraavan sivun kuvassa on esimerkki tällaisesta analyysistä.





Kuva 36. Esimerkkejä Excel-sovelluksella lasketuista materiaalikustannuksista, kun kerrosala on 207 m², ulkoseinän pituus 84 m, ja kattokulma 20 astetta.

14 Tulosten yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyössä vertailtiin anturamuotin toteutustapaa. Vertailussa oli mukana puumuotti, harkkomuotti ja valmismuottivaihtoehdot. Vaihtoehdoista puumuotti on halvin, mutta työmenekiltään se ei ollut helpoin vaihtoehto.

Perusmuureista vertailtiin elementti-, harkkovaihtoehtoja sekä perusmuurin valamista rakennuspaikalla. Näistä valusokkeli todettiin halvimmaksi mutta

työläimmäksi, harkkoperusmuuri asettuu keskimmäiseksi ja paras perusmuuri eli elementtiperusmuuri on kallein. Toisaalta se vaatii vähemmän työtä työmaalla, mikä tasaa jonkin verran kustannuseroja.

Opinnäytetyössä vertailtiin kolmea eri harkkotyyppiä talon seinärakenteeksi. Vertailussa olivat kevytsora- kevytbetoni- ja valuharkot. Näiden hinnat vaihtelivat hiukan, mutta nämä erot eivät vaikuta paljonkaan hankkeen kokonaiskustannuksiin. Työstettävyys harkoissa on erilainen; kevytbetoni luultavasti vaatii vähiten työaikaa ja valuharkot eniten, kun valaminenkin otetaan huomioon.

Opinnäytetyössä tutustuttiin puuristikkorakenteiseen yläpohjaan, joka on yleensä kustannusten kannalta ja muutenkinärkevin valinta yläpohjan toteutukseen. Myös peltisiä vesikatteita vertailtiin keskenään. Huomioon otettiin profiilikate sekä lukkosauma- ja konesaumakatteet. Näistä konesaumakatto on paras, mutta sen tekeminen vaatii ammattilaisen työkaluineen, joten konesaumapeltikatto tulee kalleimmaksi.

Opinnäytetyössä on tarkasteltu hieman myös harkkotalojen pintamateriaaleja, tulisijoja ja väliseiniä.

Opinnäytetyön esimerkkikohteen perusteella voidaan päätellä, että harakoista tehty kivitalo (asuinrakennus 130 m² ja sivurakennus 70 m²) maksaa isolla oman työn osuudella ja hyvillä materiaalikaupoilla 250 000€. Tähän kokonaiskustannukseen kuuluvat kaikki kustannukset paitsi tontti. Tätä pienemmällä budjetilla ei kannata ruveta rakentamaan, ellei pienennä rakennusten kokoa, esimerkiksi jättämällä talousrakennuksen tekemättä. Materiaalivalintoja ja rakennusten kokoa kannattaa pohtia tarkasti jo hankesuunnitteluvaiheessa. Tällä tavoin kulut saa pidettyä kurissa, mutta kuitenkin rakentaja saa itselleen mieluiset materiaalit ja mieluisan talon.

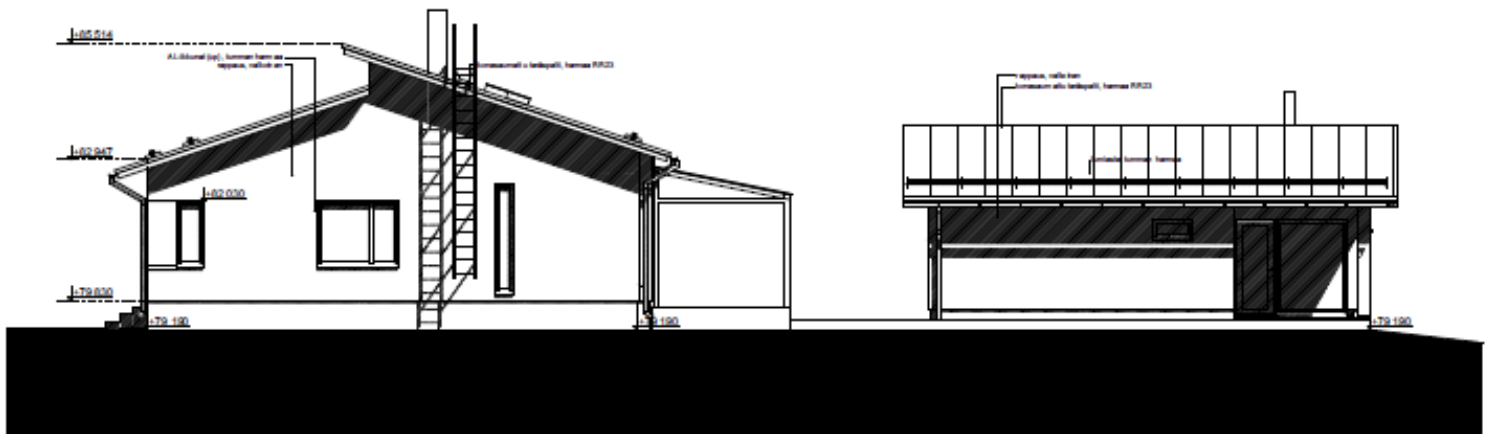
Lähteet

1. Parempi pientalo. Ojala K. Alfamer Oy, Helsinki. 2009.
2. 5.3.2018 H+H Sisäseinän pinnoitus. <http://www.hplush.fi/sisaseinan-pinnoitus>

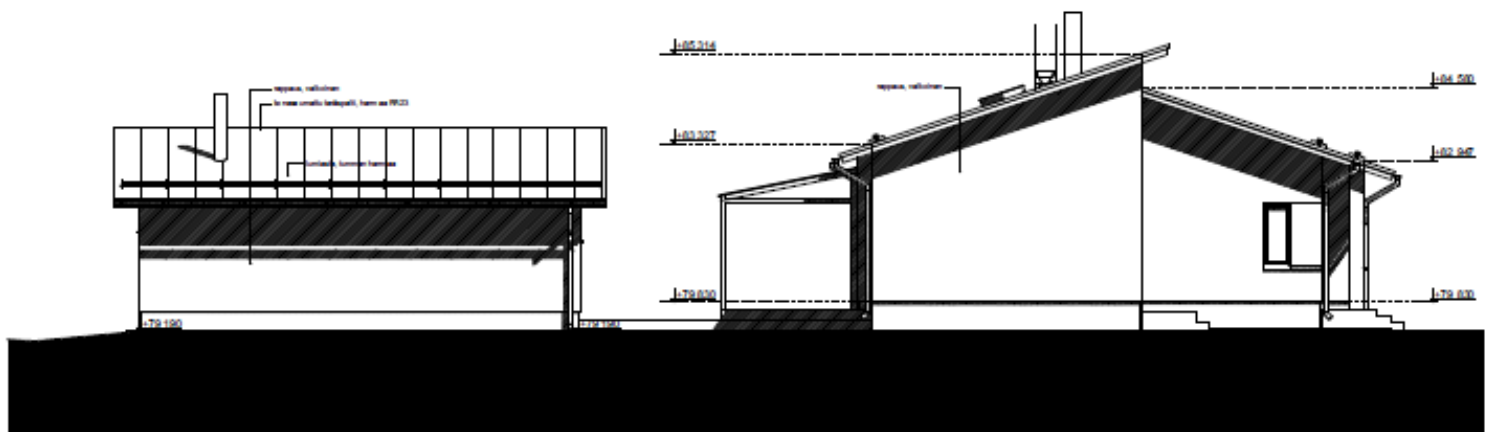
3. 2017 Fescon Oy, Harkkotalon rappaus- ja tasoitusopas.
4. Hemgren P. ja Wannfors H. 2012 Uusi Pientalon käsikirja. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
5. Sundell K. Ikkunakäsikirja. Rakennusteollisuus RT, puutoimiala. 2004
6. Rakennusalan Tutkimuskeskus Oy. Rossipohja. Gummerus Oy, Jyväskylä. 1998
7. 2016 Suomirakentaa.fi. Neuvontaa rakentajille ja remontoijille. www.suomirakentaa.fi.
8. Lakka 2016. <http://www.lakka.fi/tuotteet/anturamuotit/anturamuotit/> 20.12.2016
9. HB 2016 <http://www.hb.fi/tuotteet/harkot/eristeharkot/hb-eristeharkot.html> 20.12.2016
10. 20.12.2016 Weber 2016 <https://www.kodinterra.fi/fi/terra/lakka-anturaraharkko-ant-600-500x600x200-mm>
11. 20.12.2016 Kodinterra 2016
12. 20.12.2016, 20.3.2018 Lammin esite
3.1.2017 Lammin verkkosivu
http://lammi-perustus.fi/wp-content/uploads/2015/05/TASSU_esite_FI_net.pdf
<http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20028/DoP+LL400+1306.pdf/94c9b23e-deec-424d-8ec1-1d2e277a31f8>
13. 16.2.2017 <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/perustukset-ja-alapohja/perustusratkaisun-valinta>
14. 20.3.2018 <http://wildbuildoy.blogspot.fi/2012/08/>
15. 13.11.2017 Finnfoam 2017 www.finnfoam.fi
<https://www.finnfoam.fi/kayttokohteet/perustukset/kellarin-seina/>
16. 13.11.2017 Rytmirakennus 2017 <http://www.rytmirakennus.fi/ulkoremontit/julkisivuremontti/perustusten-lisalammoneristys/>
17. 20.3.2018 Blogi <http://mustapeltikatto.blogspot.fi/2011/08/perusmuuri-ja-sokkeli.html>
18. Rakennustieto 2017
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070303.pdf> s.41
<http://m1.rts.fi/>
19. Stark 2017
<https://www.stark-suomi.fi/fi/rakennustarvikkeet/levyeristeet>
20. Harkkokäsikirja 2016.
21. Lujabetoni 2016
3.1.2017 http://www.lujabetoni.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/lujabetoniwwwstructure/20709_Valuharkkojen_ME-400_ja_ME380_suunnitteluohje_11102013.pdf
22. Ytong tuotteet 2016 <http://www.ytong.fi/>
23. Wikipedia 2016

- <https://fi.wikipedia.org/wiki/Konesaumakatto>
24. H+H Finland Oy, 2008, 2004
<http://www.hplush.fi/documents/33973/35196/Ayleinen.pdf>
25. Xella yleisesite 2016
26. 28.4.2009 Mnr444. Youtube 2016
27. Tuotokuva 2017
https://www.google.fi/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fesales.hartman.fi%2FImages%2FThumb-nails%2F400x300%2FItems%2FTUOTEKUVA_UI89_18215.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fesales.hartman.fi%2FItems%2Fkevytsoraharkot&docid=Paez41RFTT6WPM&tbnid=ZOewSortZPE7sM%3A&vet=1&w=400&h=300&bih=882&biw=1777&q=muuraukelkka&ved=0ahUKEwjps5DRu-TRAhUHISwKHQRNDcUQMwhhKD4wPg&iact=mr&uact=8
28. Woodshop 2017
<https://www.woodshop.fi/AR-1200-Precut-hevostalli-juoksumetritavarat>
29. Betoni.com 2017
<http://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/ala-vali-jalylapohjat/>
30. Kattoremontti.org 2017 <http://www.kattoremontti.org/peltikatto>
31. Konesaumakatto info 2017 <https://www.konesaumakatto.info/konesaumattu-peltikatto/>
32. www.kattoremontti.org 2017
33. www.kestopelti.fi 2017
34. Suomen rakennusmääräyskokoelma B5 2017
35. Thermisol 2.5.2018
http://www.thermisol.fi/uploads/pdf/materiaalipankki/tekni-settiedot_eps_kosteudenkestavyys.pdf
36. 3.5.2018 <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/>
37. VTT 3.5.2018 http://www.vttexpertservices.fi/ajankohtaista/uutiset/news2014_rakennustuotteiden-paloluokitus
38. Blogi 3.5.2018 http://www.vttexpertservices.fi/ajankohtaista/uutiset/news2014_rakennustuotteiden-paloluokitus
39. 3.5.2018 http://www.taulukot.com/fysiikka/mekaniikka_termodynamiikka/
40. 3.5.2018 <https://www.taloon.com/eristeharkko-ako-houses-eh-380-muurattava-eps/RB41600/dp>
41. Rakentaja.fi 3.5.2018 https://www.rakentaja.fi/artikkelit/13296/ruukki_construction_ropinat_taltuttava_vesikatto.htm
42. Metsämuuronen J. Laadullisen tutkimuksen perusteet. International Methelp Oy, Helsinki 2000.
43. 7.5.2018 <http://www.asennusjarakennuspalvelu.fi/salaojat.html>

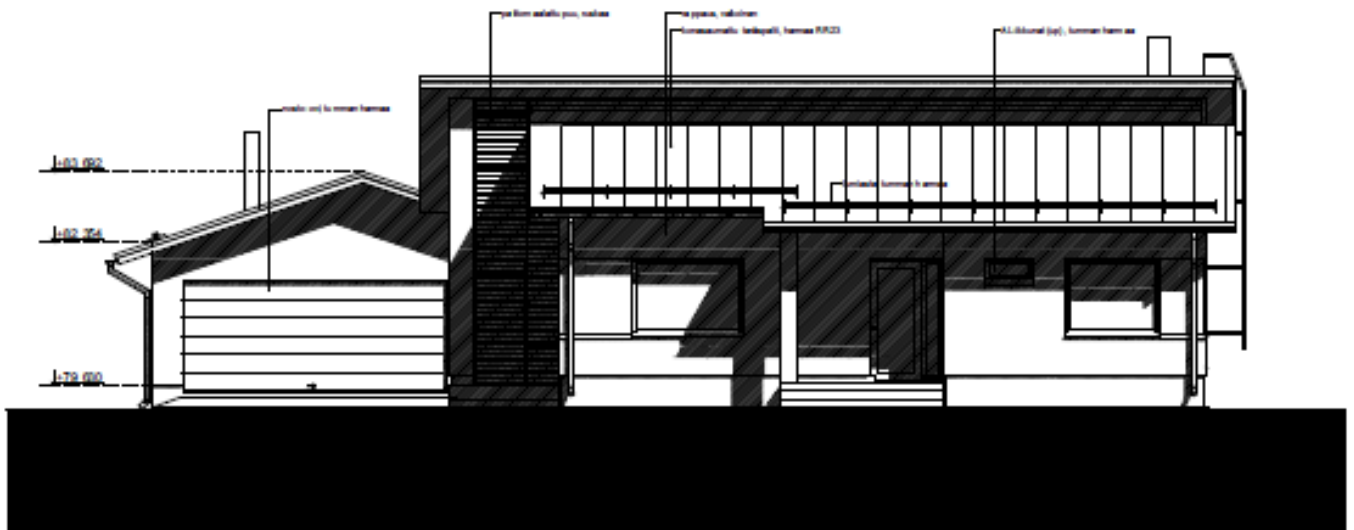
44.7.5.2018 <http://www.masinistit.com/keskustelupalsta/viewtopic.php?t=54405&start=20>



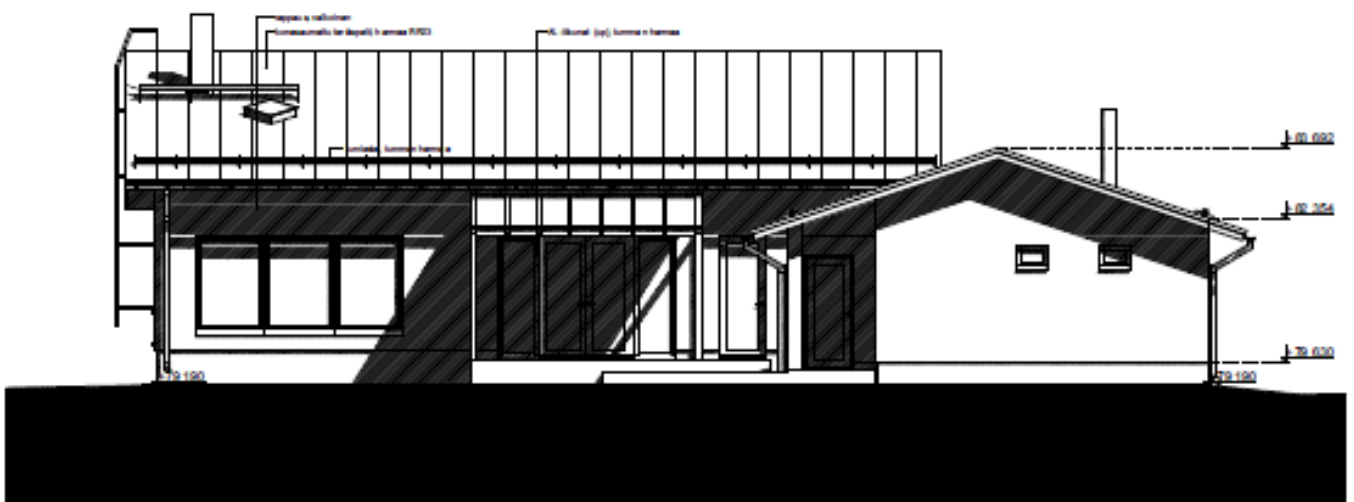
julkisivu etelään



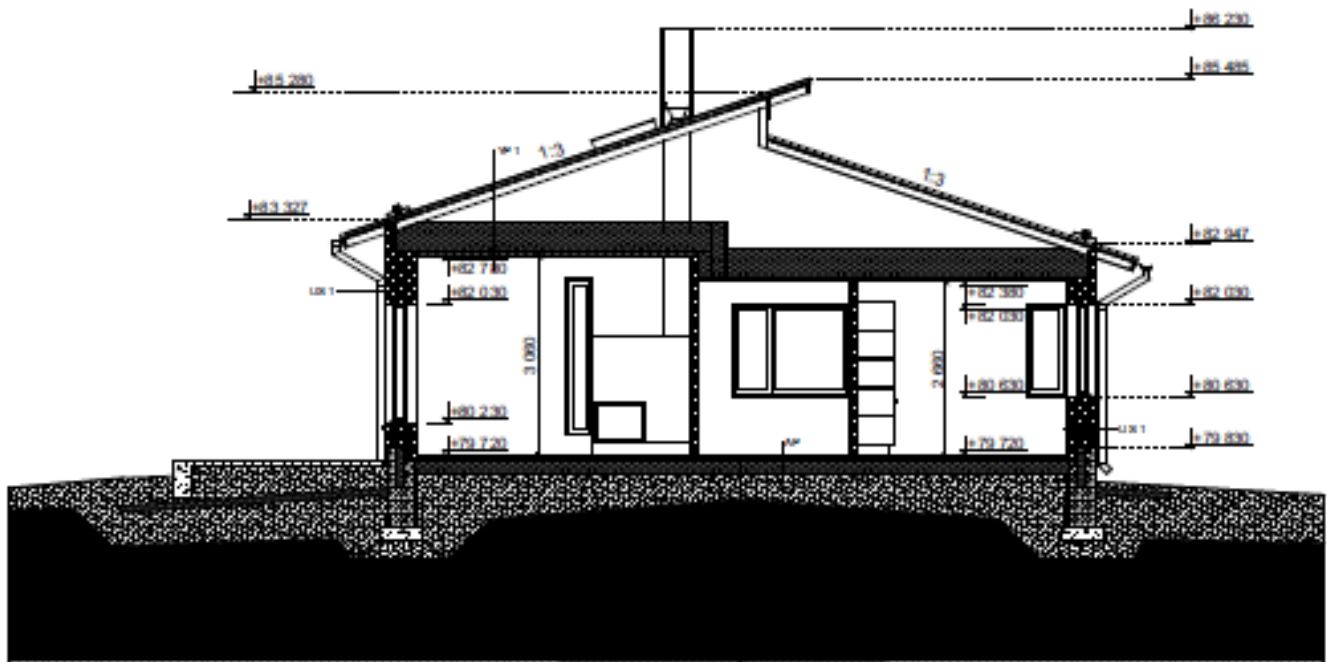
julkisivu pohjoiseen



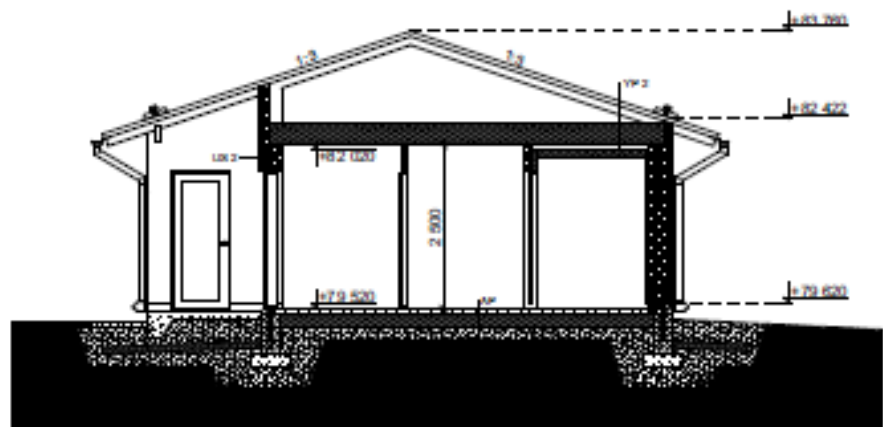
julkisivu länteen



julkisivu itään



LEIKKAUS A



LEIKKAUS A

