

# RINNETALON KORJAUSSUUNNITELMA

Energiatehokkuuden parantaminen

Willman Taneli

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

---

|                                |                               |              |      |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------|------|
| <b>Tekijä</b>                  | Taneli Willman                | <b>Vuosi</b> | 2019 |
| <b>Ohjaaja</b>                 | Juha Vesa                     |              |      |
| <b>Työn nimi</b>               | Rinnetalon korjaussuunnitelma |              |      |
| <b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> | 43 + 3                        |              |      |

---

Opinnäytetyö on vuonna 1981 rakennetun kaksikerroksisen rinnetalon korjaussuunnitelma energiatehokkuuden parantamiseksi. Työ tehtiin helpottamaan tulevan remontin suunnittelua ja toteuttamista. Rakennuksessa ilmenneet ikääntyneelle pientalolle tyypilliset viat kertoivat rakenteellisista ongelmista. Lämmöneristeet havaittiin osittain hyvin huonokuntoisiksi ja kellarikerroksen alkuperäinen kosteudensulku maanvastaisten seinien ulkopinnassa tiedostettiin riskirakenteeksi.

Opinnäytetyössä yhdistettiin kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä. Lähtötietojen keräämisessä käytettiin laadullisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmiä, kuten osallistuvaa havainnointia sekä talon omistajien haastatteluita. Tutkimuksessa käsiteltiin myös numeerisia aineistoja, joiden analysoinnit perustuivat todistettuihin ja tunnettuihin materiaalien ominaisuuksiin ja niiden toimivuuteen esimerkiksi lämmön- tai vedeneristeinä. Työssä käytiin yksityiskohtaisesti läpi kunkin saneerattavan kohteen korjaussuunnitelma tarkoituksenmukaisin materiaaliesimerkein. Korjaussuunnitelmasta tehtiin myös kokonaiskustannusarvio.

Korjaussuunnitelmassa päädyttiin säilyttämään toimivaksi koettu hengittävä rakenne ilman höyrynsulkumuovia käyttämällä nykyaikaisia rakennusmateriaaleja. Vanhojen lasivillojen tilalle vaihdettiin nykyaikainen ja ekologinen puukuituvilla. Vaipan tiivistämiseen käytettiin tyypillisen höyrynsulkumuovin asemesta ilmansulkupaperia, joka jättää rakenteen hengittäväksi. Maanvastaiset seinät vesieristettiin huolellisesti ja eristeen ulkopuolelle valittiin XPS-lisälämmöneriste. Vanha lämminvesivaraaja korvattiin uudella, huomattavasti pienemmällä ja 30-kertaisesti pienempitehoisella varaajalla. Puurunkoisten seinien, kevytbetoniharkkoseinien sekä yläpohjan U-arvoja saatiin parannettua osittain moninkertaisesti vanhoja arvoja paremmiksi. Kaikki toimenpiteet paransivat rakennuksen energiatehokkuutta voimassa olevien korjausrakentamista koskevien määräysten mukaisesti.

**Avainsanat** omakotitalot, korjausrakentaminen, lämmöneristys, puukuitueriste, hengittävä rakenne, kosteudeneristys, energiatehokkus

Technology, Communication and  
Transport  
Degree Programme in Civil Engineering  
Bachelor of Engineering

---

---

|                          |   |      |      |
|--------------------------|---|------|------|
| <b>Author</b>            | Taneli Willman                              | Year | 2019 |
| <b>Supervisor</b>        | Juha Vesa                                   |      |      |
| <b>Subject of thesis</b> | Repair Plan for a Two-Storey Hillside House |      |      |
| <b>Number of pages</b>   | 43 + 3                                      |      |      |

---

The purpose of the thesis was to improve energy efficiency of a two-storey hillside house built in 1981. The thesis was done to facilitate the design and implementation of the house renovation. The house has encountered problems typical of an older detached house, which indicates structural flaws.

This thesis was a combination of qualitative and quantitative research. The source data was collected by interviewing the house owners. The information of the used construction materials and types were based on several scientific and commercial publications.

The repair plan recommends preserving the breathable structure without a vapor barrier, by using the most modern building materials. The U-values of the repaired wood-framed walls, the lightweight concrete blocks, and the top floor became multiple times better compared to the old values. The old hot water heater was replaced with a new, much smaller sized and more energy efficient version. All the measures significantly improved the building's energy efficiency in accordance with the modern renovation regulations.

**Key words** detached houses, renovations, thermal insulation, wood fiber insulation, breathable structure, moisture insulation, energy efficiency

## SISÄLLYS

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1 JOHDANTO.....                    | 8  |
| 2 RINNETALON RAKENNE.....          | 9  |
| 2.1 Kantavat rakenteet.....        | 9  |
| 2.2 Hengittävä rakenne.....        | 9  |
| 2.2.1 Perusteet.....               | 9  |
| 2.2.2 Lähtötilanne.....            | 10 |
| 2.3 Muut rakenneosat.....          | 12 |
| 2.4 Ilmanvaihto.....               | 12 |
| 3 ONGELMAKOHDAT.....               | 14 |
| 3.1 Lämminvesivaraaja.....         | 14 |
| 3.2 Puurakenteiset ulkoseinät..... | 14 |
| 3.3 Kevytbetoniharkkoseinät.....   | 16 |
| 3.4 Yläpohja.....                  | 17 |
| 4 KORJAUSSUUNNITELMA.....          | 18 |
| 4.1 Lämminvesivaraaja.....         | 18 |
| 4.2 Kevytbetoniharkkoseinät.....   | 18 |
| 4.2.1 Lähtötilanne.....            | 18 |
| 4.2.2 Kaivutyöt.....               | 19 |
| 4.2.3 Kosteudensulku.....          | 21 |
| 4.2.4 Lämmöneristeet.....          | 22 |
| 4.3 Salaojat.....                  | 22 |
| 4.4 Puurunkoiset ulkoseinät.....   | 24 |
| 4.5 Yläpohja.....                  | 28 |
| 5 U-ARVO.....                      | 29 |
| 5.1 U-arvon määritelmä.....        | 29 |
| 5.2 U-arvon laskeminen.....        | 29 |
| 5.3 Puurunkoiset ulkoseinät.....   | 30 |
| 5.4 Kevytbetoniharkkoseinät.....   | 31 |
| 5.5 Yläpohja.....                  | 33 |
| 6 KUSTANNUSARVIO.....              | 34 |
| 6.1 Rakennusmateriaalit.....       | 34 |

|   |    |
|---|----|
| 6.1.1 Materiaalien ostaminen ja kuljetus.....                         | 34 |
| 6.1.2 Puurunkoisten ulkoseinien ja yläpohjan rakennusmateriaalit..... | 34 |
| 6.1.3 Kevytbetoniharkkoseinien eristeet.....                          | 35 |
| 6.1.4 Salaojitus ja routaeristeet.....                                | 35 |
| 6.1.5 Rakennusmateriaalien kustannusarvio.....                        | 35 |
| 6.2 Muut kustannukset.....  | 36 |
| 6.2.1 Työntekijöiden palkat.....                                      | 36 |
| 6.2.2 Puumateriaali.....  | 36 |
| 6.2.3 Kaivutyöt.....  | 36 |
| 6.2.4 Maa-ainekset.....   | 37 |
| 6.2.5 Lämminvesivaraaja.....  | 37 |
| 6.2.6 Rakennusvälineet.....   | 37 |
| 6.2.7 Muiden kustannusten kustannusarvio.....                         | 37 |
| 6.3 Kokonaiskustannusarvio.....                                       | 38 |
| 7 POHDINTA.....   | 39 |
| LÄHTEET.....  | 41 |
| LIITTEET .....  | 44 |

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

**U-arvo** – rakenteen lämmönläpäisykerroin  $\left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$

**(lambda)-arvo** – materiaalin lämmönjohtavuusarvo  $\left[ \frac{W}{mK} \right]$

## TERMIT JA KÄSITTEET

**Diffuusio** on pitoisuuserojen tai lämpötilan aiheuttama kaasumolekyylien liikkeestä johtuva ilmiö, jossa aineen pitoisuudet pyrkivät tasoittumaan korkeammasta pitoisuudesta matalampaan (Heikanen 2015, 5).

**Hygroσκοoppisuus** tarkoittaa aineen kykyä sitoa itseensä ilman vesihöyryä ja luovuttaa hygroσκοoppisesti sitoutunutta kosteutta höyrynä takaisin ilmaan, silloin kun ilman suhteellinen kosteus muuttuu (Kokko 2002, 8).

**Vesihöyryn konvektio** tarkoittaa ilman sisältämän vesihöyryn liikkumista ilmavirtauksen mukana (Kokko 2002, 7).

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää eri tapoja parantaa 1981 rakennetun kaksikerroksisen rinnetalon energiatehokkuutta ja lisätä rakennuksen käyttöikä. Kohdetalo sijaitsee Savukosken Tanhuassa ja on vakituisesti asuttu. Teen korjaussuunnitelman talon omistajan toiveesta.

Talo on lukuisten pienten remonttien ansiosta sisätiloiltaan erinomaisessa kunnossa. Rakennusteknisesti selkein ongelma on muutamat kylmät kohdat toisessa kerroksessa. Kesälle 2019 on suunnitteilla laajempi saneeraus, jonka toteutuksen pohjana opinnäytetyöni toimii.

Keskityn työssäni rakennuksen neljään ongelmakohtaan, jotka kaikki vaikuttavat energiatehokkuuden kautta suoraan ylläpitokustannuksiin. Korjaussuunnitelma kattaa kaikkien neljän saneerauskohteen rakentamisohjeet materiaaleineen sekä kustannusarvion koko remontista.

Saneeraussuunnitelman neljä pääkohtaa ovat lämminvesivaraajan vaihtaminen, kellarikerroksen lisäeristys, toisen kerroksen ulkoseinien uusiminen ja yläpohjan lämpöarvon parantaminen. Toimenpiteisiin on haettava asianmukainen rakennus- tai toimenpidelupa kunnan rakennusviranomaisilta.

Käytän korjaussuunnitelmassa tuotekohtaisesti esimerkkinä jonkin tietyn valmistajan tuotetta, joka soveltuu käyttötarkoitukseen. Kaikista rakennusmateriaaleista löytyy lukuisia vaihtoehtoja eri valmistajilta. Esimerkkituotteet helpottavat kustannusarvion tekoa.

Uusittu rakentamismääräyskokoelma perustuu maankäyttö- ja rakennuslain säädösvaltuuksiin. Määräykset ovat pykälämuotoon kirjoitettuna asetuksina ja niitä täydentävät perustelumuiiot. (Koponen 2017, 2.) Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä mainitaan, että *”maankäyttö- ja rakennuslain 117g §:n toisen momentin mukaan energiatehokkuutta on parannettava rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa”* (Kauppinen 2017, 3).

## 2 RINNETALON RAKENNE

### 2.1 Kantavat rakenteet

Opinnäytetyön kohdetalo on 1981 rakennettu kaksikerroksinen rinnetalo, jonka kokonaisala on 200 m<sup>2</sup>. Alakerran ulkoseinistä kolme on maanvastaisia ja kyseiset seinät on muurattu 300 mm leveistä kevytbetoniharkoista. Harkkoseinän sisäpuolella on tervapaperi, 30 mm pystyrimoitus ja tuuletusväli sekä 30\*180 mm vaakasuuntainen sisäverhouspaneeli. Alakerran lounaisseinä on puurunkoinen (100\*50 mm) ja eristeenä on käytetty lasivillaa. Alapohja on maanvarainen ja eristetty 200 mm:n kerroksella styroxia. Alakerrassa on yksi tiilistä muurattu kantava väliseinä, joka osaltaan tukee puurakenteista välipohjaa.

Yläkerta ja lounaan puoleinen alakerran seinä on toteutettu puurunkoisina (100\*50 mm) 600 mm:n jaolla ja eristetty 100 mm lasivillalla. Rungon sisäpinnassa, paneloinnin alla on tervapaperi. Ulkopinnassa on 20 mm vahvuinen huokoinen tuulensuojalevy. (Kuvio 1.) Välikatossa on kattoristikot 900 mm jaolla, joiden päällä on harvalaudoitus, aluskate ja aaltoprofiilinen betonitiilikatto.

### 2.2 Hengittävä rakenne

#### 2.2.1 Perusteet

Usein vesihöyryn siirtymistä rajoittava kerros on riittävä, eikä muovista höyrünsulkua tarvita (Ojanen, Peuhkuri, Tanskanen & Viitanen 2008, 16). Hengittävyys on kykyä sitoa, siirtää ja luovuttaa kosteutta (Ekovilla 2018a).

Hengittävässä rakenteessa kosteuskuormituksen aikana siirtyy vesihöyryä huoneilmasta hengittävään rakenteeseen ja sitoutuu siihen hygroskooppisena kosteutena. Huoneilman kosteuskuormituksen päättyessä huoneilma kuivuu nopeasti sisäilman vaihtuessa. Hengittävien rakenteiden kahdesta perustyyppistä toisessa tehollinen kosteuskapasiteetti on suoraan rakenteen sisäpinnassa. Tehokkaasti huoneilman kosteuden kanssa vuorovaikutuksessa olevia

pintakerrosmateriaaleja ovat esimerkiksi puu ja vaneri. Puupintojen käyttö edes osittain käytettynä tasaa merkittävästi myös esimerkiksi betonirakenteisissa asunnoissa tilojen vuorokautisia kosteusvaihteluita. (Siikanen 2014, 80.)

Tyypillisiä esimerkkejä klassisista hengittävän rakenteen toteutustavoista ovat massiivipuinen hirsiseinä ja 1940-luvulla paljon käytetty purueristetty puurunkoseinä. Edellä mainitun tyyppisistä rakenteista on pitkäaikaisia ja hyviä kokemuksia siinä määrin, ettei niitä kyseenalaisteta eikä toimivuudesta vaadita selvityksiä. Puurunkoinen, nykyaikaisella puukuitueristeellä eristetty hengittävä rakenne on purueristetyn rakenteen kehittyneempi sukulainen. (Kokko 2002, 20.)

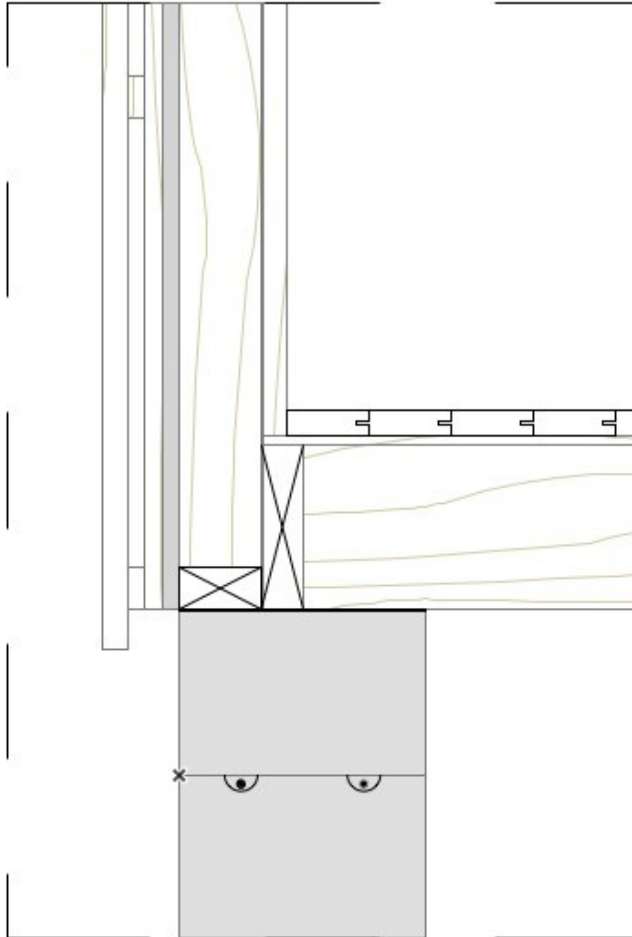
Puukuitueriste pystyy hygroskooppisena materiaalina sitomaan ja luovuttamaan nestettä jopa kymmenkertaisesti painoonsa nähden. Hygroskooppisuus on samaa luokkaa raakapuutavaran kanssa. Vesihöyry läpäisee puukuitueristeen helposti ja se tasaa rakenteiden kosteutta ja lämpövirtoja sekä mahdollistaa myös kaasujen, kuten hiilidioksidi ja happi, siirtymisen rakenteen läpi diffuusiolla. (Lähdesmäki 2013, 18.) Puukuitueristeet ovat olleet Suomen markkinoilla 1970-luvulta lähtien. Systemaattisesti esiintyviä ongelmia kyseistä rakennetta käytettäessä ei ole tullut suuremmissa määrin ilmi, vaan kokemukset ovat yleensä hyviä. (Kokko 2002, 20.)

### 2.2.2 Lähtötilanne

Vanhat sisäverhouspaneelit ovat 30 mm:n vahvuiset, ja aikoinaan talon valmistuttua ne on käsitelty puun hengittäväksi jättävällä hirsisuoja-aineella. Paneelit ovat hyväkuntoiset ja soveltuvat tarkoitukseen erinomaisesti, joten niihin ei ole tarvetta tehdä mitään toimenpiteitä. Panelointi kattaa lähes kaikki oleskelu- ja makuutilojen katto- ja seinäpinnat, joten rakennuksen verrattain hyvä ilmanlaatu lienee ratkaisevasti laadukkaan puupaneloinnin ansiota.

Talossa ei ole höyrynsulkukerrosta, vaan rakenne on hengittävä. Hengittävää rakennetta kuvaavassa kappaleessa Siikanen (2014, 80) toteaa Kokkoon (2002) viitaten, että *"pintakäsittely ei saa estää vesihöyryn imeytymistä*

*puuverhoukseen eikä poistumista siitä. Liian tiivis pintakäsittely estää puun luontaisen hygroskooppisen toiminnan”.*



Kuvio 1. Puurunkoisten seinien alkuperäinen rakenne (Willman 2019)

Puurunkoisten seinien alkuperäinen rakenne ulkoa sisäänpäin:

- 30\*180 mm pystysuuntainen ulkoverhouslaudoitus
- 22\*50 mm vaakakoolaus k600
- 22\*50 mm pystykoolaus k600
- 20 mm tuulensuojalevy
- 50\*100 mm pystyrunko ja 100 mm lasivilla
- Ilmansulkupaperi
- 30 mm sisäverhouspaneeli.

### 2.3 Muut rakenneosat

Talossa on tuulettuva yläpohja, jossa on käytetty eristeenä 200 mm lasivillaa. Villalevyt ovat säilyneet hyväkuntoisina hyvän tuuletuksen ja vankan betonitiilikaton ansiosta. Lisäksi tuuletusaukoissa olevat verkot ovat estäneet pieneläinten pääsyn välikattoon.

Talossa on ikäisekseen erittäin laadukkaat, 4-kerroksiset ikkunat, joiden kunto on moitteeton. Ikkunoiden kanssa ei ole koko talon eliniän aikana ilmennyt ongelmia, eikä niiden vaihtaminen ei ole tarpeellista. Talon kaikki kolme ulkovea ovat seitsemän senttimetriä vahvaa massiivipuuta ja ne ovat hyväkuntoiset, joten vaihtaminen on tarpeetonta.

Talossa on vuosien saatossa ollut käytössä erilaisia lämmitysmuotoja. Alkuperäinen puulämmitys vaihdettiin 1980-luvun lopulla öljylämmitykseen ja 2000-luvun alun remontissa alakertaan asennettiin uusi vesikiertoinen keskuslämmitystakka. Massiivinen, luonnonkivillä vuorattu takka lämmittää itsessäänkin alakertaa, minkä lisäksi alakerrassa on lattialämmitys. Mikäli keskuslämmitystakkaa ei lämmitetä, voidaan lämminvesivaraajan vesi lämmittää myös sähköllä. Yläkerrassa on alkuperäiset lämminvesipatterit, joita keskuslämmitystakassa kiertävä vesi lämmittää. Yläkerrassa on lisäksi isokokoinen avotakka.

### 2.4 Ilmanvaihto

Talossa on painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu kylmän ja lämpimän ilman sekä tuulen aiheuttamaan paine-eroon (Sandberg 2014, 114). Poistoilmaventtiilit löytyvät ainoastaan wc-tiloista, pesuhuoneesta sekä saunasta, joista hormit johtavat suorina katolle. Poistoilman imua voidaan tehostaa koneellisesti saunassa erillisellä kytkimellä sekä keittiössä liesituulettimella.

Korvausilma tulee rakennukseen epätiivin vaipan läpi sieltä mistä sillä on helpoin reitti, eli käytännössä ilmavuotojen ja ikkunatuuletuksen kautta (Sandberg 2014, 115). Kyseisessä rakennuksessa on suurien ikkunoiden

yläosassa tuloilmaventtiilit, jotka voidaan tarvittaessa sulkea kovalla pakkasella. Huoneiden väliovissa ei ole kynnyksiä, joten ilma pääsee siirtymään sitä kautta huoneesta toiseen. Molemmissa kerroksissa sijaitsevat takat osallistuvat lämmityksen lisäksi tehokkaasti myös sisäilman vaihtumiseen (Suomirakentaa 2019). Jos tulisijat ovat talvella kylminä, virtaa kylmää ilmaa takan kautta sisään. Alakerran keskuslämmitystakka on kuitenkin käytännössä aina lämmin ja toimii tällöin tehokkaasti ilmanpoistokanavana.

Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmana on sen vaikea säädeltävyys, sillä ilmanvaihtoon vaikuttaa voimakkaasti ulkoilman tila, mihin asukas ei luonnollisesti pysty vaikuttamaan. Talvella ilma vaihtuu tehokkaammin mutta kesällä ilman vaihtumista on syytä tehostaa säännöllisellä tuulettamisella. Ongelmia voi syntyä pesutiloissa, kun kosteaa ilmaa ei saada poistettua tehokkaasti. Pesutilan poistoventtiiliin sijoitettu sähkötuuletin auttaa asiaa huomattavasti. (Suomirakentaa 2019.)

Talon asukas on tottunut tuulettamaan taloa kesäisin päivittäin ja pesutilan tarvittaessa päälle kytkettävä poistoilmaventtiilin tuuletin on ahkerasti käytössä. Näin ollen remontissa ei lähdetä muuttamaan talon hyvin toimivaa painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää. *”Hengittävä rakenne ei korvaa ilmanvaihtoa, mutta lievittää merkittävästi sen puutteista aiheutuvia haittoja”* (Kokko 2002, 10).

Painovoimainen ilmanvaihto sopii kyseiseen kohteeseen myös, sillä pitkiksikin venyvät sähkökatkokset eivät ole harvinaisia kyseisellä harvaan asutulla seudulla. Pitkät sähkökatkokset aiheuttavat koneellisen ilmanvaihdon taloissa kosteusteknisiä ongelmia.

### 3 ONGELMAKOHDAT

#### 3.1 Lämminvesivaraaja

Talossa on edelleen käytössä alkuperäinen, vuosimallia 1981 oleva lämminvesivaraaja Oukaterm LV. Kyseinen varaaja on tilavuudeltaan 2000 litraa ja sen teho on 90 kilowattia. Varaaja on sijoitettu alakerran nurkkaan, mihin sille on rakennettu oma pieni eristetty koppi, sillä teräksinen varaaja itsessään ei ole mitenkään eristetty. Lasivillalla eristetyistä kopista huolimatta hukkalämmön voi erityisesti talvisin huomata viereisen huoneen verrattain korkeana lämpötilana. Nykyinen, vanha lämminvesivaraaja on sekä tilavuudeltaan, että tekniikaltaan vanhentunutta teknologiaa, mikä näkyy korkeina sähkölaskuina etenkin talviaikaan.

#### 3.2 Puurakenteiset ulkoseinät

Yläkerta eli maanpäällinen kerros toimii myös sisääntulokerroksena, missä sijaitsee oleskelu- ja ruokailutilat sekä kaksi makuuhuonetta. Ulkoseinät ovat verhoiltu 30\*180 mm pystysuuntaisin limilaudoituksin.

Tällä hetkellä yläkerran ulkoseinät ovat ulkoverhoilun, eristeiden sekä tuulensuojalevyjen osalta kipeästi päivityksen tarpeessa. Yläkerran ulkoseinien tämänhetkinen U-arvo on ehjänäkin vain 0,441 W/m<sup>2</sup> K (Liite 1). Kuten taulukosta 1 yksi käy ilmi, ei ulkoseinien eristys ole valmistuttuaan päässyt lähellekään asetettua, silloista tavoitelukemaa, eli 0,35 W/m<sup>2</sup> K.

Ympäristöministeriön voimassa olevien esimerkkilaskelmien 2018 (Taulukko 2) mukaan alle kolme kerroksisen uudisrakennuksen ulkoseinän U-arvon on oltava 0,12 W/m<sup>2</sup> K. Täytyy kuitenkin huomioida, että määräykset koskevat nimenomaan uudisrakennuksia. Kun tavoitteena on energiatehokkuuden parantaminen rakennuksen lämmitystarvetta pienentämällä, on lisälämmöneristäminen tehokas tapa (Nieminen & Virta 2016, 10).

Taulukko 1. Rakenteiden tavoitteelliset U-arvot eri aikakausina Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan (Nieminen & Virta 2016, 10)

|                                 | Rakennusluvan vireilletulovuosi |        |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|---------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | -1969*                          | 1969-* | 1976- | 1978- | 1985- | 2003- | 2008- | 2010- | 2012- |
| Lämpimät tilat                  |                                 |        |       |       |       |       |       |       |       |
| Ulkoseinä                       | 0,81                            | 0,81   | 0,40  | 0,35  | 0,28  | 0,25  | 0,24  | 0,17  | 0,17  |
| Maavarainen alapohja            | 0,47                            | 0,47   | 0,40  | 0,40  | 0,36  | 0,25  | 0,24  | 0,16  | 0,16  |
| Ryömintätilainen ala-pohja      | 0,47                            | 0,47   | 0,40  | 0,40  | 0,40  | 0,20  | 0,20  | 0,17  | 0,17  |
| Ulkoilmaan rajoittuvat alapohja | 0,35                            | 0,35   | 0,35  | 0,29  | 0,22  | 0,16  | 0,16  | 0,09  | 0,09  |
| Yläpohja                        | 0,47                            | 0,47   | 0,35  | 0,29  | 0,22  | 0,16  | 0,15  | 0,09  | 0,09  |
| Ovi                             | 2,2                             | 2,2    | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,4   | 1,0   | 1,0   |
| Ikkuna                          | 2,8                             | 2,8    | 2,1   | 2,1   | 2,1   | 1,4   | 1,4   | 1,0   | 1,0   |

\* Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n esittämät ohjearvot.

Taulukoista 1 ja 2 käy selkeästi ilmi U-arvovaatimusten kehitys Suomessa.

Taulukko 2. Rakenteellisen energiatehokkuuden voimassa olevat vaatimukset asuinrakennuksille (Saari 2017, 4)

| RAKENNUSOSAT   | Vertailuarvo  |
|--|---|
| <b>U-arvo, W/(m<sup>2</sup> K)</b>   |   |
| Ulkoseinä (käyttötarkoitusluokka 1)  | <b>0,12</b>   |
| Ulkoseinä (käyttötarkoitusluokka 2)  | <b>0,14</b>   |
| Yläpohja   | <b>0,07</b>   |
| Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)   | <b>0,07</b>   |
| Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva tuuletettu)                            | <b>0,10</b>   |
| Alapohja (maanvastainen)   | <b>0,10</b>   |
| Muu maanvastainen rakennusosa  | <b>0,10</b>   |
| Ikkunat  | <b>0,70</b>   |
| Ulko-ovet ja tuuletusluukut  | <b>0,70</b>   |
| Kattoikkunat   | <b>0,70</b>   |
| Kattovalokuvut   | <b>0,70</b>   |
| <b>RAKENNUKSEN ILMANVUOTOLUKU</b>  |   |
| q <sub>50</sub> , m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )                      | <b>0,6</b>  |
| <b>LTO:n VUOSIHYÖTYSUHDE</b>   |   |
| η <sub>a</sub> , %   | <b>65</b>   |
| <b>KONEELLISEN TULO- JA POISTOILMANVAIHTO-JÄRJESTELMÄN OMINAISÄHKÖTEHO</b> | <b>Enimmäisarvo</b>   |
| kW/(m <sup>3</sup> /s)   | <b>1,5</b>  |
| <b>RAKENNUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ</b>                                     | <b>Vaatimus</b>   |
| Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on käytettävä                            | <b>Kaukolämpöä, maalämpöpumppua tai ilma-vesilämpöpumppua</b> |

Yläkerran pohjoisnurkka on ollut vetoinen talvisin ja kesällä nurkasta on levinnyt epämiellyttävää hajua taloon. Nurkan aukaisun myötä ilmeni, että metsämyyrät olivat löytäneet tiensä tuulensuojalevyn läpi villoihin ja pesineet käytäväverkoston laajuuden perusteella jo pidempään seinien sisällä.

### 3.3 Kevytbetoniharkkoseinät

Alakerta on kolmen seinän osalta maanvastainen eli seinät ovat maan alla. Alkujaan taloon on asennettu kevytbetoniharkkoseinän ulkopuolelle kaksi kerrosta noin millimetrin vahvuista muovia estämään kosteuden imeytyminen seinään. Muovikalvot ovat omistajan tietojen mukaan ainoa kosteudensulku ja niiden kunto on mysteeri. Talossa ei kuitenkaan ole tullut ilmi tunkkaista hajua tai homeen katkua. Myöskään homeelle aiemmin altistunut ja sille yliherkkä henkilö ei ole oireillut lainkaan vieraillessaan talossa.

Kevytbetoniharkkoseinän nykyinen U-arvo on  $0,361 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Liite 3). Seinän U-arvo jää puurunkoisten seinien tavoin ulkoseinille 1978 asetetusta U-arvovaatimuksesta  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Talulukko 1.)

2000-luvun alussa tehdyn alakerran remontin yhteydessä saunan paikka vaihdettiin osittain puurunkoisesta etelänurkasta kokonaan maanvastaiseen pohjoisnurkkaan. Märkätiloja ei kuitenkaan tehty suoraan harkkoseinän pintaan, vaan harkkoseinän sisäpuolelle tehtiin ohutsaumamuurattava kahiharkkoseinä. Kahiharkkoseinän ja kantavan kevytbetoniharkkoseinän väliin jätettiin noin viiden senttimetrin levyinen tuuletusrako, jotta maasta kapillaarisesti siirtyvä kosteus pääsee haihtumaan maanvastaisen seinän sisäpuolelle.

Tuuletusraon ansiosta maanvastaisen seinän ulkopuolinen vedeneristys ei aiheuta ongelmia, koska harkoissa oleva kosteus pääsee haihtumaan sisäpuolelle. Molemmiin puolin eristetty kevytbetoniharkkoseinä aiheuttaisi todennäköisesti ennen pitkää ongelmia perustusten kautta imeytyvän kosteuden takia (Heiskanen 2016, 52).

### 3.4 Yläpohja

Yläpohja on sinällään hyväkuntoinen ehjän betonitiilikatteen ja hyvän tuuletuksen ansiosta. Ilmakerros lasketaan hyvin tuulettuvaksi, kun siihen johtavien aukkojen yhteispinta-ala on suurempi kuin  $1500 \text{ mm}^2$  vaakasuoran ilmakerroksen neliometriä kohden (C4 2012, 24). Kohdetalon välikatto on  $100 \text{ neliometriä}$ , joten tuuletusaukkojen vaadittu yhteispinta-ala on  $100 * 1500 \text{ mm}^2 = 0,15 \text{ m}^2$ . Tuuletusaukot ovat yhteiskooltaan reilusti vaadittua suuremmat. Tuuletuksen mukana yläpohjaan kulkeutuu aina kosteutta, joka voi hetkellisesti tiivistyä kylmiin rakenneseisiin, mutta toimiva tuuletus poistaa kosteuden kuivumisjaksojen aikana (Ojanen, Peuhkuri, Tanskanen & Viitanen 2008, 16).

Eristeenä käytetty  $200 \text{ mm:n}$  kerros lasivillaa on kuivan ja hyväkuntoisen oloinen, mutta kyseinen rakenne tuottaa U-arvoksi vain  $0,264 \text{ W/m}^2$ . (Liite 5.) Yläpohjan tavoitteellinen U-arvo talon rakennusaikaan oli  $0,29 \text{ W/m}^2$ , eli aikanaan rakenne on ollut täysin hyväksyttävä. Uusien määräysten mukaan uudisrakennuksen yläpohjan U-arvon tulisi olla  $0,07 \text{ W/m}^2$  (Taulukko 2), joten muutos on tiukentanut vaatimustasoa yli nelinkertaisesti neljässä kymmenessä vuodessa. Nykyaikaiset eristeet ovat lämpöarvoltaan paljon vanhaa lasivillaa parempia, joten vanhat villat on syytä vaihtaa uusiin, jotta päästään parempaan U-arvoon.

## 4 KORJAUSSUUNNITELMA

### 4.1 Lämminvesivaraaja

Käytössä oleva 2000 litran säiliö 90 kilowatin teholla on reilusti ylimitoitettu nykyisiin tarpeisiin. Taloon kävisi hyvin esimerkiksi Suomen suosituin lämminvesivaraaja Jäspi VLM 300 S, joka 300 litraisena ja kolmen kilowatin tehoisena riittää jopa nelihenkisen perheen tarpeisiin. (Kaukora Oy 2019.) Lisäksi modernit lämpökattilat ovat hyvin eristettyjä, jolloin hukkalämpöä ei juurikaan synny. Lämminvesivaraajan asennuksen tulee suorittaa osaava ammattilainen.

Vanha varaaja on niin suuri, että se ei mahdu kokonaisuina ovesta ulos. Näin ollen varaaja on tyhjennyksen ja irtikytkemisen jälkeen halkaistava. Halkaisun suorittaa tulityökortin omaava ammattilainen kulmahiomakoneella tai plasmaleikkurilla. Työympäristö on suojattava huolellisesti ennen halkaisutyön aloittamista ja paikalla on oltava asiaan kuuluva sammutuskalusto välittömästi käytettävissä tarpeen tullen. Purkutyön jälkeen tilaa on syytä vahtia vähintään kolmen tunnin ajan mahdollisten kytopesäkkeiden varalta.

### 4.2 Kevytbetoniharkkoseinät

#### 4.2.1 Lähtötilanne

Alakerran seinistä kolme on muurattu 300 mm:n levyisistä kevytbetoniharkkoista. Lounaanpuoleinen seinä on puurakenteinen ja siihen tehdään samat toimenpiteet kuin yläkerran seiniin. Puurunkoisten seinien korjaussuunnitelma seuraa kohdassa 4.3.

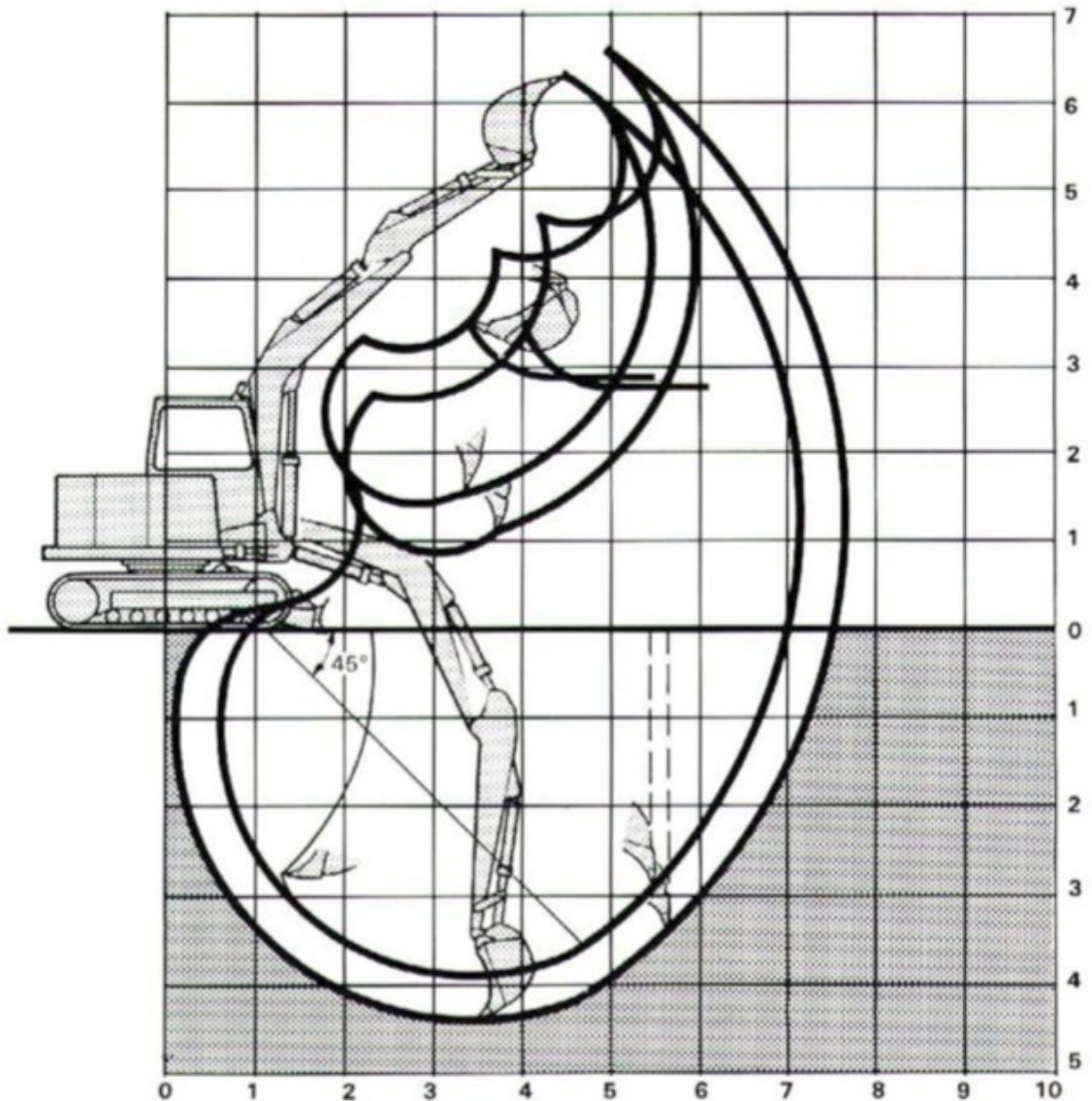
Harkkoseinään on syytä asentaa lämmöneristekerros samalla kun seinä kaivetaan kauttaaltaan anturaan asti auki. Sisäilmayhdistyksen ohjeistuksen mukaan maanvastaisessa kellarinseinässä kosteusteknisesti paras ratkaisu on seinän ulkopuolinen eristys (Sisäilmayhdistys ry 2008a).

#### 4.2.2 Kaivutyöt

Ennen kaivutöiden aloittamista on etupihalta purettava katettu eteinen. Rakennusjätteet kuljetetaan kuorma-autolla lähimmälle jätteenkäsittelylaitokselle Savukoskelle tai Sodankylään. Johtojen ja putkien sijainti on selvitettävä johtokartasta ennen kaivutyöhön ryhtymistä (Raturva 2018, 65).

Kaivutyötä suunniteltaessa on valittava kohteeseen sopiva työkone, jossa kaivussyvyys- ja ulottuma ovat riittävät (Jääskeläinen 2010, 52). Kohteen kaivutyöt tullaan suorittamaan maatilalla Åkerman H3B-tela-alustaisella, puskulevyllä varustetulla kaivinkoneella. Koneessa on kahdesta vaihtoehdosta pidempi, 2,3 -metrinen puomi. Kuviosta 2 käy ilmi, että kyseisen kaivinkoneen kaivussyvyys on yli neljä metriä ja kaivu-ulottuma yli seitsemän metriä. (VME Excavators AB 1991). Yli kahdeksan tonnin painoinen, tela-alustainen kaivinkone puskulevyä alas painettuna on varsin vakaa (Jääskeläinen 2010, 57), joten se sopii oivallisesti kaikilta ominaisuuksiltaan tähän tarkkuutta vaativaan kaivutyöhön.

Maankaivu tulee olemaan niin massiivinen, että piha-alue täytyy joka tapauksessa muotoilla kokonaisuudessaan uudelleen, joten kaivutyöstä syntyvää maa-ainesta ei kuljeteta ainakaan kaivuvaiheessa pois. Jättemaasta suurin osa voidaan käyttää täytemaana ja loppu voidaan käyttää piha-alueen uudelleenmuotoiluun.



Kuvio 2. Åkerman H3B kaivinkoneen kaivussyvyys ja -ulottuma (VME Excavators AB 1991)

Perusmuuriantura kaivetaan kaivinkoneella esiin kauttaaltaan talon ympäri. Viimeistelykaivannot johtojen ja putkien ympärillä sekä kaivannon pohjan kaivu tehdään lapiolla vahinkojen välttämiseksi. Yläpihan puolella on kaivettava yli kolmen metrin syvyyteen. Yli kahden metrin kaivannoissa turvallisuuteen on panostettava riittävästi, sillä sortumavaara kasvaa sateen, kuivumisen, roudan sulamisen ja tärinän johdosta (Raturva 2018, 65). Kaivannot onkin syytä pyrkiä toteuttamaan kuivan sään vallitessa mahdollisuuksien mukaan. Kaivantojen sortuminen aiheuttaa keskimäärin yhdestä kolmeen kuolemantapausta vuosittain joten kaivannon toteuttamisessa tulee noudattaa erityistä huolellisuutta (Harju, Norokorpi, Rantanen & Uusitalo 2013, 6).

Rakennuspaikan maa on keskitiivistä moreenia sekä soraa. Sortumisvaaran vuoksi kaivannon reuna tehdään jyrkimmillään 1:1 kaltevuuteen (Jääskeläinen 2010, 134). Kaivanto tulee siis ulottumaan seinälinjalta yli neljän metrin päähän, sillä pohjalle on syytä jättää noin metrin verran tasaista maata työskentelyn helpottamiseksi. Kaivannon reunalle asennetaan väliaikaiset, vähintään metrin korkuiset lautarakenteiset kaiteet kaivantoon putoamisen estämiseksi.

#### 4.2.3 Kosteudensulku

Vanha kosteudensulkumuovi poistetaan ja seinä sekä anturan reuna puhdistetaan huolellisesti. Anturan harkkoseinän ulkopuolinen osa on oletettavasti tasainen. Anturan reunaan tehdään kallistusvalu ympäri talon betonista noin 45° kulmaan. Kallistusvalun on annettava kuivua kunnolla. Kuivuus on tarkistettava kosteusmittarilla kallistusvalusta sekä seinästä ennen kosteudeneristystöiden aloittamista.

Aineiden kunnollisen kiinnittymisen varmistamiseksi harkkoseinä on syytä tasoittaa ennen liuosten levittämistä (Icopal 2016). Pinta tasoitetaan käyttäen ulkotiloihin soveltuvaa seinätasoitetta (esim. seinätasoite Kiilto TT). Täysin kuivuneen tasoitteen päälle levitetään telalla ja pensseleillä tartuntaliuos (esim. Kerabit 20/85). Tartuntaliuoksen kuivuttua kunnolla seinälle levitetään kylmäbitumiliuosta (esim. Kerabit BIL 105/85). Kylmäbitumia levitetään vähintään kaksi kerrosta. Kerrosten on annettava kuivua kunnolla ennen seuraavan levittämistä. (Nordic waterproofing Oy – Kerabit 2018.) Kaikkien kuivumista vaativien rakennusmateriaalien ohjearvoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Kylmäbitumikerroksen kuivuttua sen päälle asennetaan hitsattava kumibitumikermi nestekaasupolttimen lämmöllä. Kumibitumikermi asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti limittäen. Kermin asentajalla on oltava riittävä pätevyys sekä voimassa oleva tulityökortti. Työ on syytä suorittaa turvallisuuden lisäämiseksi pareittain ja käytössä on oltava alkusammutuskalusto. (Raturva 2018, 99.)

#### 4.2.4 Lämmöneristeet

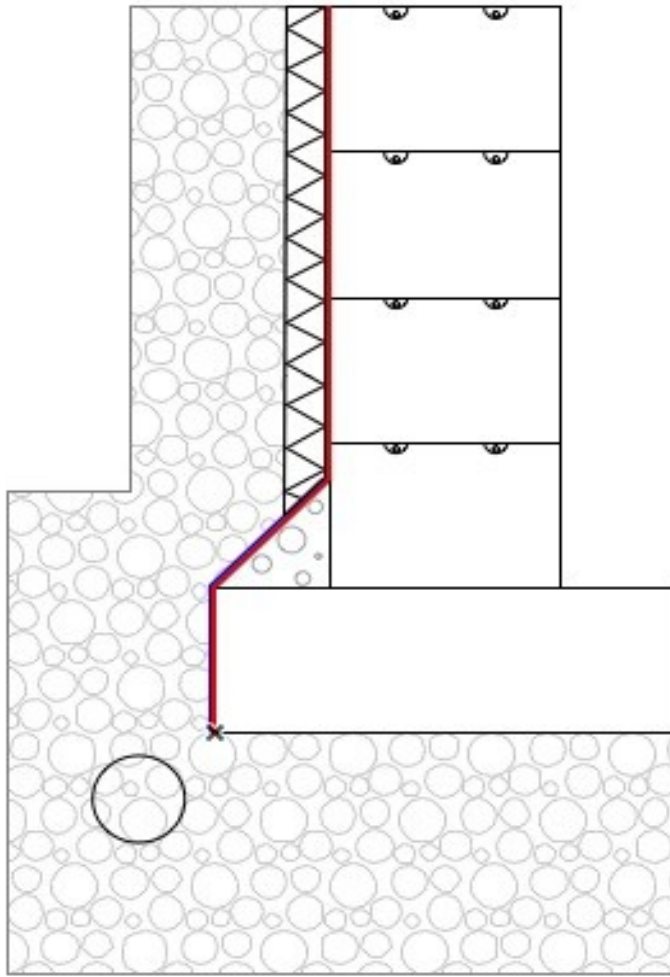
Kumibitumikermin päälle asennetaan pontattu, kova lämmöneriste. Maanvastaisen harkkoseinän lisälämmöneristeeksi sopii XPS-lämmöneriste, eli suulakepuristettu polystyreenilevy, jossa on yhtenäinen, vettä imemätön, suljettu solurakenne. XPS-levyt kestävät hyvin puristusta, kosteutta ja pakkasta (Finnfoam 2019a). Seinän eristämiseen käytetään 50 mm:n vahvuista XPS-levyä (esim. Isover Styrofoam 300–SL–A–N tai Finnfoam FL-300).

Kellarikerroksen ulkopuolinen eristäminen vaatii muutoksia myös rakennuksen julkisivuun, koska eristyskerrosten on peitettävä myös maanpinnan yläpuoliset osat kylmäsiltojen estämiseksi (Heiskanen 2016). Eristelevyt pinnoitetaan maanvastaisilta osin suodatinkankaalla tai patolevyllä. Maanpinnan yläpuolelle näkyviin jäävä osa pinnoitetaan eristerappauksella. XPS-levyt kiinnitetään maanpäälliseltä osaltaan saneerauslaastilla sekä tarkoitukseen sopivilla kiinnikkeillä. Maanpäällinen eristelevyjen ulkopinta karhennetaan karhealla hiomapaperilla ja puhdistetaan paineilmalla ennen rappauslaastin levitystä (Finnfoam 2019b).

#### 4.3 Salaojat

Vanhat salaojat poistetaan ja anturan alapinnan alapuolelle asetetaan uudet salaojaputket vähintään 1:200 kaltevuuteen kohti salaojakaivoa. (Kuvio 3.) Salaojaputket ympäröidään hyvin vettä läpäisevällä 5/16 mm salaojitussorakerroksella. Salaojasorakerroksen vahvuuden on oltava salaojaputken alla ja sivuilla vähintään 100 mm ja päällä vähintään 200 mm. Alapihan puolella on huolehdittava, että salaojaputket tulevat vähintään 500 mm syvyyteen maanpinnasta, vaikka putkien päälle tuleekin routaeristys. (Sisäilmäyhdistys ry 2008b.)

Seinän vierustat täytetään maan pintaan asti salaojasoralla noin 200 mm:n leveydeltä. Muuten voidaan käyttää saatavilla olevaa täyttömaata. (Thermisol 2016.) Rinnetalon maanpinnan muotoilu täytyy tehdä tarkoin ja huolellisesti. Maanpinnan tulee viettää seinästä pois päin vähintään kolmen metrin matkalla 1:20 kaltevuudella (Kosteudenhallinta.fi 2019).



Kuvio 3. Alakerran maanvastaisten seinien korjattu rakenne (Willman 2019)

Maanvastaisten seinien korjattu rakenne ulkoa sisäänpäin:

- 20 cm kerros 5/16 salaojasoraa
- suodatinkangas tai muovinen patolevy
- 50 mm XPS eristelevy
- hitsattu kumibitumihuopa
- vähintään 2 kerrosta siveltävää kylmäbitumia
- tartuntaliuos
- sementtipohjainen seinätasoite
- kevytsorabetoniharkko.

#### 4.4 Puurunkoiset ulkoseinät

Toteutettaessa hengittävää rakennetta eristemateriaalin valinta on tärkeässä roolissa. Ilmassa vesihöyrynä olevan kosteuden määrä vaihtelee ulkoilman tavoin myös huoneilmassa ja kosteus pyrkii siirtymään sinne, missä sitä on vähemmän. Tästä syystä on käytännössä mahdotonta estää ilman kosteutta pääsemästä rakenteeseen, joten onkin viisasta valita eristemateriaali, joka kykenee siirtämään vesihöyryä luonnollisella tavalla. (Ekovilla Oy 2018a.)

Lämmöneristeet voidaan jakaa kahteen ryhmään niiden hygroskooppisuuden mukaan. Lievästi hygroskooppisissa eristeissä kosteutta voi sitouta enintään kaksi prosenttia eristeen kuivapainosta. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi mineraalivillat, solumuovieristeet ja muovikuitueristeet. Hygroskooppisissa eristeissä niiden tasapainokosteus on yli kaksi prosenttia eristeen kuivapainosta. Kaikki luonnonkuitueristeet kuuluvat tähän ryhmään. (Lähdesmäki 2013, 15.) Vaikka puukuitueristeellä on suuri kosteuskapasiteetti, kosteus liikkuu kuivempaan suuntaan, eikä kosteus varastoidu kuituihin. Näin ollen kosteus eristeen sisällä ei koskaan nouse normaalioloissa suuremmaksi kuin sisä- tai ulkoilman kosteus. (Ekovilla Oy 2018a.)

Toinen hengittävien rakenteiden perustyypeistä voi koostua vesihöyryä diffuusiolla läpäisevistä ainekerroksista, jolloin hygroskooppinen lämmöneriste on vuorovaikutuksessa huoneilmaan ja sen kosteuteen (Kokko 2002, 9). Vesihöyryä läpäisevä, ilmatiivis ilmansulkupaperi sekä hengittävällä tuulensuojalevyllä suojattu puukuitueriste mahdollistavat hengittävän rakenteen. Tällöin seinä on kuivumiskykyinen molempiin suuntiin (Ekovilla Oy 2018b). Kyseisessä rakenteessa yhdistyvät molemmat hengittävien rakenteiden kahdesta perustyyppistä. Näin muodostetaan homogeeninen, hengittävä rakenne sisäpaneloinnista tuulensuojalevyyn asti.

Puurunkoisten seinien saneeraus tehdään alakerran maanvastaisten seinien eristämisen, salaojatuksien, routaeristysten sekä maan muotoilun jälkeen. Seinät on syytä purkaa ja korjata yksi kerrallaan, jotta minimoidaan kosteuden pääsy rakenteisiin remontin aikana.

Ensimmäisenä korjataan alakerran ainoa puurunkoinen seinä. Saneeraus aloitetaan ulkoverhouslautojen purkamisella. Laudoitusten jälkeen puretaan tuuletusrimat sekä vanha tuulensuojalevy. Tuulensuojalevyjen alta paljastuvat villat ja tervapaperi poistetaan kokonaisuudessaan ja toimitetaan asianmukaiseen kierrätykseen jäteasemalle. Jokainen runkotolppa ja alajuoksu on tutkittava mahdollisten kosteus- tai homevaurioiden varalta. Vialliset lankut korvataan uusilla. Runkotolpat ja niiden välit on puhdistettava huolellisesti vanhasta irtoaineksesta ja roskista.

*”Rakennuksen vaipassa hengittävän rakenteen ilmanpitävyyden tulee olla hyvä, kuten minkä tahansa muun rakenteen”* (Kokko 2002, 9). Ilmatiiveyden lisäksi rakenteiden on syytä olla suojattuja erityisesti sisäilman vuotovirtauksia vastaan (Ojanen, Peuhkuri, Tanskanen & Viitanen 2008, 16).

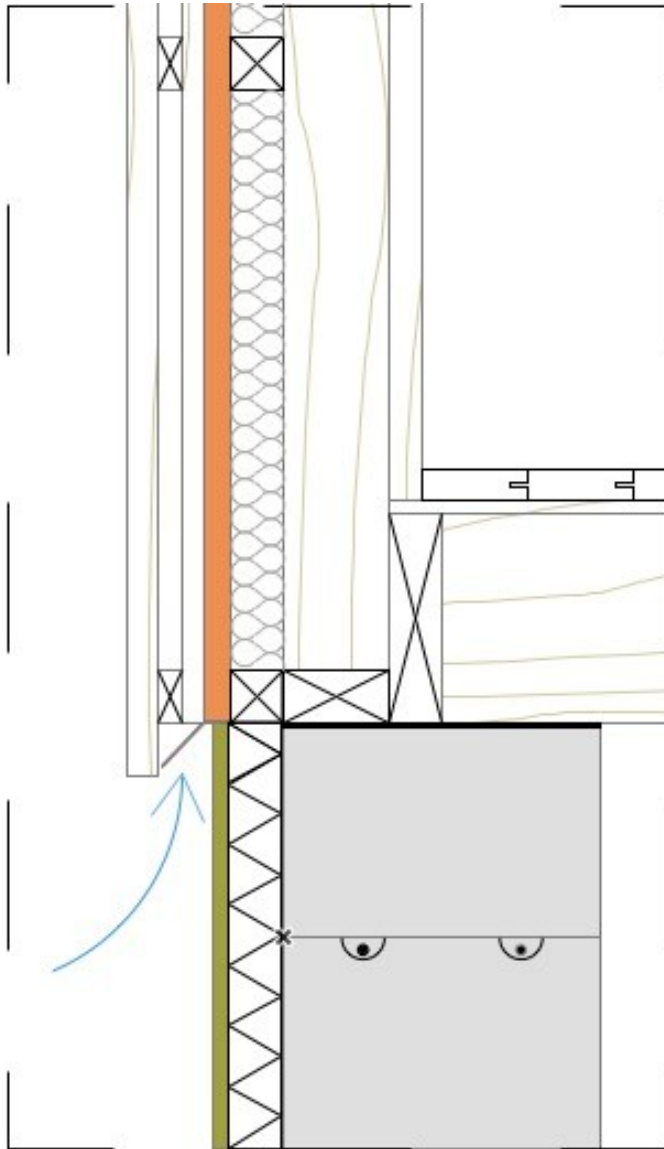
Rungon sisäpuolella, sisäverhouspaneloinnin alla oleva tervapaperi on todennäköisesti haperoitunut vuosien saatossa, etenkin kun villoissa on pesinyt myyräyhdyksuntia. Vanha tervapaperi poistetaan mahdollisimman tarkasti, minkä jälkeen panelointi ja runkotolpat vuorataan ulkopuolelta kauttaaltaan hengittävällä ilmansulkupaperilla (esim. Ekovilla X Reno). Ilmansulkupaperin ja maanvastaisten seinien vesieristyksen liittymäkohtaan on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta saadaan aikaan yhtenäinen ja ilmatiivis rakenne.

Ilmansulkupaperin huolellisen asentamisen jälkeen voidaan runkotolppien väliin asentaa uudet 100 mm villat vanhojen tilalle. U-arvoa saadaan parannettua nykyaikaisten villojen lisäksi lisälämmöneristyksellä, joka toteutetaan 50\*50 mm vaakakoolauksen avulla. Vaakakoolaus asennetaan 600 mm jaolla ja väleihin asennetaan 50 mm puukuituvilla, joka on samaa tuotesarjaa 100 mm puukuituvillan kanssa. Alimpaan ja ylimpään vaakakoolaukseen naulataan jyr sijälästä estämään pieneläinten pääsy tuuletusväliin. (Kuvio 4.)

Eristeiden päälle asennetaan 25 mm vahvuinen puukuituinen tuulensuojalevy (esim. Runkoleijona) valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tuulensuojalevyn on oltava riittävän tiivis kestääkseen eri sääolosuhteita, mutta sen tulee kuitenkin olla myös hengittävä, jotta rakenteisiin mahdollisesti joutunut kosteus pääsee

haihtumaan ulos. Tuulensuojalevy toimii myös runkoa jäykistävänä rakenteena ja 25 mm:n vahvuisena lisäksi lisälämmöneristeenä. (Tuulileijona 2018.)

Tuuletusvälin on oltava minimissään 20 mm ja se on suositeltavaa toteuttaa ristikoolauksena, joka mahdollistaa ilman kierron vaaka- ja pystysuuntaan (Annala ym. 2016, 35). Tuulenasuojalevyjen päälle naulataan koolausrimat (25\*50 mm) ristikkäin 600 mm:n jaolla. Ensimmäiset rimat tulevat pystyyn ja toinen kerros vaakaan. Rimoituksen päälle tulee pystysuuntainen ulkoverhouslaudoitus, joka tehdään 30\*180 mm laudoista. Ulkoverhouslaudoitus käsitellään tummanruskeaksi sävytetyllä kuultavalla puunsuoja-aineella, joka korostaa puun luonnollista pintakuviota (esim. Tikkurila Valtti Arctic). Vanha laudoitus on käsitelty vastaavalla tuotteella talon valmistuttua ja puun pinta on säilynyt yllättävän hyväkuntoisena lähes 40 vuotta.



Kuvio 4. Puurunkoisen seinän korjattu rakenne (Willman 2019)

Puurunkoisen seinän korjattu rakenne ulkoa sisäänpäin:

- 30\*180 mm pystysuuntainen ulkoverhouslaudoitus
- 25\*50 mm vaakakoolaus k600
- 25\*50 mm pystykoolaus k600
- 25 mm tuulensuojalevy
- 50\*50 mm vaakakoolaus ja 50 mm puukuituvilla
- 50\*100 mm pystyrunko ja 100 mm puukuituvilla
- ilmansulkupaperi
- 30 mm sisäverhouspaneeli.

#### 4.5 Yläpohja

Talon yläpohja on näennäisesti hyväkuntoinen, mutta lisälämmöneristys parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Yläpohjan 20 cm vahvuiset lasivillalevyt poistetaan, sillä tilalle tuleva 400 mm:n vahvuinen puhallettava puukuitueristekerros on lämpöarvoltaan huomattavasti vanhaa lasivillaa parempi. Näin saadaan aikaan paras mahdollinen yhtenäinen eriste.

Vanhat villat poistetaan ja samalla tarkistetaan että tervapaperi on hyväkuntoinen. Paperin mahdolliset repeytymät tai reiät paikataan samalla ilmansulkupaperilla, jota käytetään seinien korjauksessa. Piipun ja putkien eristykset käydään tarkasti läpi tyvestä alkaen. Piiput ja kanavat on eristettävä ympäriinsä myös puhallusvillan sisään jääviltä osin ja eristeen on ulotuttava vähintään 100 mm puhallusvillan yläpuolelle. Kulkusiltoja on tarvittaessa nostettava, jotta puhallusvillaa saadaan riittävän paksu kerros myös kulkusiltojen kohdalle. (Isover 2016, 21.)

## 5 U-ARVO

### 5.1 U-arvon määritelmä

U-arvolla tarkoitetaan rakenteen lämmönläpäisykerrointa. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin rakenne eristää lämpöä. U-arvon laskemiseen vaaditaan materiaalien kerrospaksuus, ulko- ja sisäpuolinen pintavastus (taulukko 3) sekä materiaalien lambda ( $\lambda$ )-arvot.  $\lambda$ -arvolla ilmaistaan materiaalin lämmönjohtavuuskykyä. (C4 2012, 6.)

### 5.2 U-arvon laskeminen

$$\text{U-arvo eli rakenteen lämmönläpäisykerroin } U = \frac{1}{R_T} \quad \left[ \frac{W}{m^2K} \right] \quad (1)$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i}$$

|       |   |                                 |
|-------|---|---------------------------------|
| jossa | $R_T$ on rakenneosan kokonaislämmönvastus                 | $\left[ \frac{m^2K}{W} \right]$ |
|       | $R_{si}$ ja $R_{se}$ ovat sisä- ja ulkopinnan pintavastus | $\left[ \frac{m^2K}{W} \right]$ |
|       | $R_i$ on materiaalikerroksen lämmönvastus                 | $\left[ \frac{m^2K}{W} \right]$ |
|       | $d_i$ on ainekerroksen paksuus                            | $[m]$                           |
|       | $\lambda$ on ainekerroksen lämmönjohtavuus                | $\left[ \frac{W}{mK} \right]$   |

Taulukko 3. Rakenneosan sisä- ja ulkopuolen pintavastukset ( $R_{si}$  ja  $R_{se}$ ). (C4 2012, 22.)

| Pintavastus<br>$m^2 K/W$            | Lämpövirran suunta |              |          |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|----------|
|                                     | Ylöspäin           | Vaakasuoraan | Alaspäin |
| sisäpuolen pintavastus ( $R_{si}$ ) | 0,10               | 0,13         | 0,17     |
| ulkopuolen pintavastus ( $R_{se}$ ) | 0,04               | 0,04         | 0,04     |

### 5.3 Puurunkoiset ulkoseinät

Yläkerran ulkoseinät ovat huonokuntoiset ja villakerros on useissa kohdissa lähes olematon. Tästä huolimatta rakenteelle lasketaan U-arvo (1), joka vastaa rakenteen lämmönläpäisykerrointa uudenveroisenä. Näin pystymme helpommin vertailemaan korjattua rakennetta vanhaan.

Taulukko 4. Yläkerran alkuperäinen seinä

| MATERIAALIKERROS                    | PAKSUUS [m] | $\lambda$ -ARVO [W/(m*K)] |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> - Sisäverhouspaneeli | 0,03        | 0,12                      |
| R <sub>2</sub> - Tervapaperi        | 0,001       | 0,3                       |
| R <sub>3</sub> - Lasivilla          | 0,1         | 0,06                      |
| R <sub>4</sub> - Tuulensuojalevy    | 0,02        | 0,11                      |

Kymmenen sentin lasivillakerroksella eristetyille yläkerran ulkoseinille saadaan U-arvoksi 0,440 W/m<sup>2</sup>K (Liite 1). Korjatussa rakenteessa villan määrää lisätään 50% ja käytettävän puukuituvillan  $\lambda$ -arvo on huomattavasti vanhaa lasivillaa parempi.

Taulukko 5. Yläkerran korjattu seinä

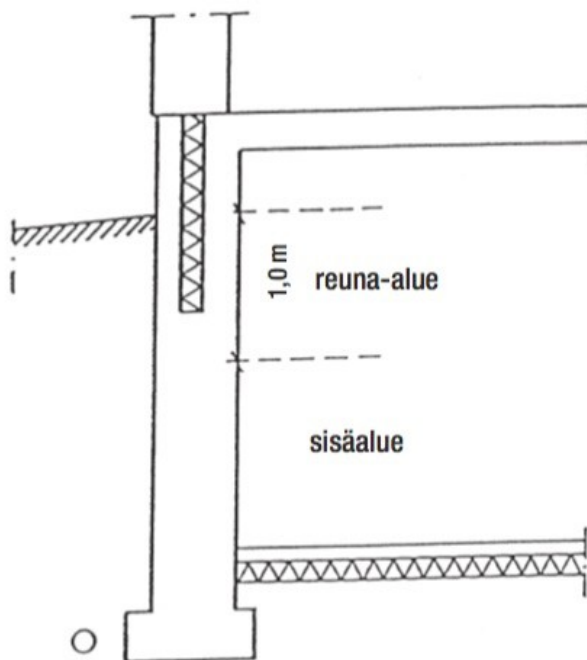
| MATERIAALIKERROS                    | PAKSUUS [m] | $\lambda$ -ARVO [W/(m*K)] |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> - Sisäverhouspaneeli | 0,03        | 0,12                      |
| R <sub>2</sub> - Ilmansulkupaperi   | 0,0003      | 0,3                       |
| R <sub>3</sub> - Puukuituvilla      | 0,15        | 0,039                     |
| R <sub>4</sub> - Tuulensuojalevy    | 0,025       | 0,049                     |

Korjatussa rakenteessa säilytetään hengittävä rakenne ja uusien villojen, lisäkoolauksen sekä tuulensuojalevyn ansiosta U-arvoksi saadaan huomattavasti parempi  $0,209 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Liite 2). Uudella rakenteella U-arvo paranee  $(0,440/0,209)$  2,1 kertaisesti eli 110 %.

#### 5.4 Kevytbetoniharkkoseinät

Alakerran maanvastaisten seinien U-arvo lasketaan muuten samoin kuin ulkoilmaan rajoittuvat seinät, mutta ulkopuolen pintavastus määritellään eri tavalla.

Ulkopuolinen pintavastus on tässä tapauksessa maan lämmönvastus ( $R_b$ ), sillä seinä on maanvastainen. Kellarin seinä jaetaan reuna- ja sisäalueeseen kuvion 5 mukaisesti. (C4 2002, 18). ”Maanvastaisen osan U-arvo on seinän reuna- ja sisäalueen korkeuksien mukaan painotettu keskiarvo” (Heiskanen 2016, 41). Rakennuksen alakerran sisäkorkeus on 2,5 metriä.



Kuvio 5. Seinän maanvastaisen osan aluejako (C4 2002, 19)

Maan lämmönvastuksena käytetään C4:n taulukossa 6 annettuja arvoja, joissa on otettu huomioon ulkopuolinen pintavastus  $R_{se}$  (C4 2002, 19).

Taulukko 6. Maan lämmönvastukset (C4 2002, 19)

| Maa-aines   | Normaalinen lämmönjohtavuus<br>$\lambda_n$<br>W/m K | Maan lämmönvastus $R_b$<br>m <sup>2</sup> K/W |           |                           |           |
|---|---|---|-----------|---------------------------|-----------|
|   |   | Perusmaa alapohjan alla                       |           | Perusmuurin viereinen maa |           |
|   |   | reuna-alue                                    | sisä-alue | reuna-alue                | sisä-alue |
| 1   | 2   | 3   | 4         | 5                         | 6         |
| Savi<br>Hiekka ja sora,<br>salaojitettu                         | 1,4   | 0,8   | 3,20      | 0,40                      | 1,60      |
| Hiesu ja hieta<br>Hiekka ja sora,<br>salaojittamaton<br>Moreeni | 2,3   | 0,50  | 2,00      | 0,25                      | 1,00      |
| Kallio  | 3,5   | 0,30  | 1,20      | 0,15                      | 0,60      |

$$\text{Maan lämmönvastus } R_b = (1 / 2,5 * 0,4) + (1,5 / 2,5 * 1,6) = 1,12 \text{ (m}^2\text{K)/W} \quad (2)$$

Taulukko 7. Alakerran alkuperäinen ulkoseinä

| MATERIAALIKERROS                       | PAKSUUS [m] | $\lambda$ -ARVO [W/(m*K)] |
|--|-------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> - Sisäverhouspaneeli    | 0,03        | 0,12                      |
| R <sub>2</sub> - Tervapaperi           | 0,001       | 0,11                      |
| R <sub>3</sub> - Kevytsorabetoniharkko | 0,3         | 0,24                      |
| R <sub>4</sub> - Vedeneristysmuovi     | 0,002       | 0,20                      |

Alakerran alkuperäisen, eristämättömän kevytbetoniharkkoseinän U-arvoksi saadaan 0,361 W/m<sup>2</sup>K (Liite 3).

Taulukko 8. Alakerran korjattu ulkoseinä

| MATERIAALIKERROS                       | PAKSUUS [m] | $\lambda$ -ARVO [W/(m*K)] |
|--|-------------|---------------------------|
| R <sub>1</sub> - Sisäverhouspaneeli    | 0,03        | 0,12                      |
| R <sub>2</sub> - Tervapaperi           | 0,001       | 0,30                      |
| R <sub>3</sub> - Kevytsorabetoniharkko | 0,3         | 0,24                      |
| R <sub>4</sub> - Kylmäbitumikerros     | 0,002       | 0,17                      |
| R <sub>5</sub> - Bitumikermi           | 0,003       | 0,23                      |
| R <sub>6</sub> - XPS-eristelevy        | 0,05        | 0,034                     |

Korjatussa rakenteessa alakerran maanvastaiset seinät on vesieristetty huolellisesti ulkopuolelta. Lisäksi vedeneristyskerrosten päälle tulee 50 mm XPS-eristelevy. Uuden rakenteen U-arvoksi saadaan 0,235 W/m<sup>2</sup>K (Liite 4).

U-arvoa saadaan näin parannettua (0,361/0,235) 54 %.

## 5.5 Yläpohja

Hyvin tuulettuvaa ilmakerrosta ja sen ulkopuolisia osia ei oteta huomioon rakenteen U-arvolaskuissa. Tällöin ulkopinnan pinnanvastuksena voidaan käyttää sisäpinnan pinnanvastusta vastaavaa arvoa. (C4 2012, 24.)

Taulukko 9. Yläpohjan alkuperäinen rakenne

| MATERIAALIKERROS                    | PAKSUUS [m] | $\lambda$ -ARVO [W/(m <sup>2</sup> *K)] |
|-------------------------------------|-------------|---|
| R <sub>1</sub> - Sisäverhouspaneeli | 0,03        | 0,12                                    |
| R <sub>2</sub> - Tervapaperi        | 0,001       | 0,3                                     |
| R <sub>3</sub> - Lasivilla          | 0,2         | 0,06                                    |

Alkuperäisen rakenteen U-arvo on 0,264 W/m<sup>2</sup>K (Liite 5).

Taulukko 10. Yläpohjan korjattu rakenne

| MATERIAALIKERROS                    | PAKSUUS [m] | $\lambda$ -ARVO [W/(m <sup>2</sup> *K)] |
|-------------------------------------|-------------|---|
| R <sub>1</sub> - Sisäverhouspaneeli | 0,03        | 0,12                                    |
| R <sub>2</sub> - Tervapaperi        | 0,001       | 0,3                                     |
| R <sub>3</sub> - Puukuituvilla      | 0,4         | 0,04                                    |

Korjatussa rakenteessa tuulettuvan yläpohjan 200 mm:n vanhat lasivillat vaihdetaan tuplasti vahvempaan kerrokseen puhallettavaa puukuituvillaa. Toimenpiteen ansiosta U-arvoksi saadaan 0,096 W/m<sup>2</sup>K (Liite 6). Yläpohjan U-arvo paranee toimenpiteiden ansiosta (0,264/0,096) 175 %.

## 6 KUSTANNUSARVIO

### 6.1 Rakennusmateriaalit

#### 6.1.1 Materiaalien ostaminen ja kuljetus

Rakennustarvikkeiden määrä tulee olemaan ilman puumateriaalejakin sen verran suuri, että helpoin ja todennäköisesti edullisin tapa hankkia tarvikkeet on pyytää tarjous kaikista tarvittavista materiaaleista kuljetuksineen useammasta rautakaupasta. Lähetin tarjouspyynnön kahteen rakennusalan liikkeeseen, jotka toimivat jälleenmyyjinä kaikille kohteessa tarvittaville tuotteille. Kaikki mainitsemani hinnat sisältävät arvonlisäveron.

Tarjousten vertailua helpottaa, kun kirjoittaa tarjouspyynnön huolellisesti siten, että siitä käy ilmi jokaisen tilattavan tuotteen valmistaja, tuotenimi, pakkauskoko ja tilattava kappalemäärä. Pakkauskoot ja tuotteiden menekit saa selville valmistajan tai jälleenmyyjän nettisivuilta. Edullisimmaksi tulee lähes poikkeuksetta suurin mahdollinen pakkauskoko. Usein esimerkiksi kymmenen ja viiden litran pakkausten hintaero on lähes olematon, jolloin isomman pakkauksen valinta on kannattavampaa, varsinkin jos todellisen menekin arviointi on vaikeaa.

Liiteluettelossa on eriteltynä eri korjauskohteiden rakennusmateriaalit siinä muodossa, jossa lähetin tarjouspyynnöt. Mikäli haluttua tuotetta ei ole rautakaupan valikoimassa, ehdotetaan tilalle usein eri valmistajan vastaavaa tuotetta. Tässä tapauksessa sain tarjoukset jokaisesta valitsemastani tuotteesta.

#### 6.1.2 Puurunkoisten ulkoseinien ja yläpohjan rakennusmateriaalit

Kohteessa tarvitaan kolmea erityyppistä puukuituvillaa. Villat valitaan samasta tuoteperheestä eristyksen toimivuuden varmistamiseksi. Puurunkoisiin seiniin tarvitaan levyvillaa 50 mm sekä 100 mm vahvaisina. Yläpohja eristetään saman tuotesarjan puhallusvillalla 400 mm:n vahvuisesti.

Seinän korkeus lappeen suuntaisesti yläpihalla on kolme metriä. Talon ulkomitat ovat 10 m \* 10 m, eli yhden seinän pinta-ala on 30 m<sup>2</sup>. Korjattavaa puurunkoista seinää on siis yhteensä noin 150 neliometriä. Ovet ja ikkunat pienentävät korjattavaa pinta-alaa noin 32:lla neliometrillä. Villoille on syytä laskea hukkaprosentiksi 20, sillä levyvillat on pyrittävä asentamaan mahdollisimman vähin saumoin. Molempien levyvillojen menekki on noin 150m<sup>2</sup>. Puhallusvillaa tarvitaan 0,4 m \* 10 m<sup>2</sup> = 4 m<sup>3</sup>. Lisäksi tarvitaan puhallusvillan levityskone vuokralle kahdeksi vuorokaudeksi (liite 7). Ilmansulkupaperia kuluu seiiniin ja yläpohjaan arviolta noin 160 m<sup>2</sup>. (Liite 8.)

### 6.1.3 Kevytbetoniharkkoseinien eristeet

Alakerran maanvastaisiin seiiniin tulee betonitasoite, bitumimassa, bitumikermi, XPS- eristelevyt ja patolevy. Maanvastaiset kolme seinää ovat kolme metriä korkeita ja kymmenen metriä pitkiä, eli eristettävää seinää on 90 m<sup>2</sup>. Tavaraa tilataan varmuuden vuoksi noin sadan neliön edestä (liite 9).

### 6.1.4 Salaojitus ja routaeristeet

Talon ympärille tulee uudet salaojat kahdessa kerroksessa. Alempi salaojaputkisto kiertää koko rakennuksen ympäri anturan alapinnassa. Ylempi salaojitus kulkee vain talon kolmella sivulla. Jokaiseen neljään nurkkaan tulee salaojakaivo, johon putket laskevat.

Routaeristeeksi valitsin Thermissolin EPS Routa 120 50 mm:n vahvuisena. Eristyslevyt ladotaan tasaiselle maalle kahdessa kerroksessa saumat limittäen. Routaeristys ulottuu 120 cm:n etäisyydelle seinälinjasta. Lisäksi rakennuksen nurkkiin laitetaan kolmas kerros eristettä, jolloin eristevahvuus on seinälinjalla 100 mm ja nurkissa 150 mm. (Liite 10.)

### 6.1.5 Rakennusmateriaalien kustannusarvio

Tarjouspyyntö lähetettiin kahteen rakennusalan liikkeeseen, joilla on tunnetusti laaja valikoima. Parempi tarjous oli kuljetuksineen 9 997,10 €, joka voidaan pyöristää 10 000:n euroon. Voittanut tarjous oli noin 500 euroa edullisempi kuin

kilpailijan tarjous. Hintaeroa tuli siis noin 5 %. Tämä osoittaa, että kilpailuttamalla voidaan säästää suuriakin summia, varsinkin suuremmissa rakennushakkeissa.

## 6.2 Muut kustannukset

### 6.2.1 Työntekijöiden palkat

Kustannusarviosta jätetään pois rakennustyöntekijöiden palkkojen osuus, sillä työ tullaan suorittamaan kokonaisuudessaan perheenjäseniin kuuluvien ammattirakentajien toimesta talkootyönä. Talkootyöntekijät on kuitenkin vakuutettava. Vakuutusten kokonaishinnaksi arvioidaan 1 500 €. Kohteessa täytyy tehdä myös erilaisia sähkö- ja putkiötä, joten lvis-asentajien palkoiksi arvioidaan yhteensä 1 000 €.

### 6.2.2 Puumateriaali

Toinen talon omistajista on metsäkoneurakoitsija ja maatilalta löytyy harvesteri sekä ajokone. Maatila sijaitsee metsän keskellä ja kaikki saneerauksessa käytettävä puumateriaali kaadetaan omasta metsästä. Puut sahataan tarvittaviin profiileihin kolmen kilometrin päässä sijaitsevalla kenttäsiirkkelillä.

Itse siirkkelöimällä saadaan tuotettua halutun kokoista puuprofiilia huomattavasti edullisemmin kuin rautakaupasta tilaamalla. Ulkoseiniin suunnitellut, oman erityisilmeensä antavat ulkoverhouslaudat eivät ole standardimittaisia, joten kyseisen profiilin hankkiminen olisi muuten varsin hankalaa ja kallista. Puumateriaalien hankinnasta seuraavat kustannukset rajoittuvat metsäkoneiden polttoainekuluihin sekä siirkkelimiehen palkkaan, mitkä arvioidaan tässä tapauksessa yhteensä 600:n euron arvoiseksi.

### 6.2.3 Kaivutyöt

Maatilalla on tela-alustainen Åkerman H3B -kaivinkone, jolla kaivutyöt suoritetaan. Kone on seitsemän tonnin painoisena juuri sopivan kokoinen kyseisen kohteen kaivutöihin. Näin ollen kaivutöistä aiheutuvat kustannukset

rajoittuvat polttoainekuluihin. Kaivutöiden polttoainekulujen yhteissummaksi arvioidaan 200 €.

#### 6.2.4 Maa-ainekset

Maatilan ympäristöstä on helposti saatavissa ja traktorin kipattavalla peräkärriellä kuljetettavissa laadukasta täytemaata. Salaojasora voidaan hankkia muutaman kilometrin päässä sijaitsevalta maanrakennusyrittäjältä. Itse kuljettamalla ja lähitoimijalta ostamalla vältetään kuljetuskustannuksilta lähes kokonaan. Salaojasoraa 5/16 mm menee kohteeseen noin 20 m<sup>3</sup>, jonka hinnaksi arvioidaan tässä tilanteessa 200 €.

#### 6.2.5 Lämminvesivaraaja

Lämminvesivaraaja voidaan tilata valmistajan valtuuttamalta jälleenmyyjältä. Itse varaajan hinta on noin 700 €. Asennuksen hinnaksi voidaan laskea matkakulujen kanssa noin 800 €, eli lämminvesivaraajan kokonaishinnaksi tulee noin 1500 € (Varaaja.fi 2019).

#### 6.2.6 Rakennusvälineet

Työn suorittavat kolme perheenjäsentä ovat ammattirakentajia, joten käytössä on valmiiksi laaja kirjo rakennusvälineitä ja -tarvikkeita. Tästä syystä välineille, kuten työkaluille, telineille sekä vähemmän tarvittaville rakennustarvikkeille ei ole tarvetta laskea hinta-arviota.

#### 6.2.7 Muiden kustannusten kustannusarvio

Muihin kustannuksiin tässä tapauksessa lukeutuvat kohdat muodostavat normaalitilanteessa suurimman osuuden koko kohteen kustannuksista. Tässä kohteessa on kuitenkin useita erityispiirteitä, joiden ansiosta vältetään suurimmilta menoeriltä. Kustannusarvio on huomattavasti pienempi, kun rakennusmiesten palkat, koneiden vuokra ja puutavaran hinta voidaan jättää pois. Muiden kustannusten kokonaismääräksi arvioidaan noin 5 000 €.

### 6.3 Kokonaiskustannusarvio

Korjauskohteen kokonaiskustannusarvioksi muodostui 15 000 €, mikä on verrattain pieni ottaen huomioon kohteen kohtalaisen laajan saneerauksen. Ammattirakentajien talkootyönä toteutettuna sekä omia koneita ja puita käyttäen kustannukset jäävät huomattavasti pienemmäksi kuin jos työ teetettäisiin ulkopuolisen yrityksen toimesta.

## 7 POHDINTA

Tutkimuksessa selvisi, että kohteen alkuperäinen hengittävä rakenne voidaan säilyttää korjaamalla ongelmakohdat käyttämällä nykyaikaisia, hengittäviä rakennusmateriaaleja. Hengittävä rakenne tukee painovoimaista ilmanvaihtoa, joten rakennuksen tekninen toimivuus ei ole sähkön varassa. Talo pysyy asumiskelpoisena vesipumpun toimiessa, mihin riittää pienikokoinenkin aggregaatti. Tämä on mahdollisten kriisitilanteiden varalle hyvä ominaisuus haja-asutusalueiden autioituessa ja palveluiden heiketessä.

Käytettäessä luonnonmukaisia rakennusmateriaaleja, kuten puukuitueristettä ja ilmansulkupaperia, on rakentaminen ekologisempaa. Normaalisti edellä mainitut materiaalit sisältävät suuren määrän muovia, jonka käytöltä nyt vältytään.

Rakennuksen kaikki seinät tullaan purkamaan runkoon asti, joten rungon kunto pystytään toteamaan kauttaaltaan. Mikäli kosteusvaurioita tai muusta syystä viallisia rakenteita tulee ilmi, pystytään ne korjaamaan samalla. Rakennusta vuosia vaivannut jyrssiäongelma tulee jäämään historiaan tiiviin rakenteen ja jyrssiälistojen ansiosta. Rakenteiden huolellinen korjaaminen tekee talosta ilmatiiviin, jolloin vetoisat nurkat ja muut kylmät kohdat saadaan eliminoidua.

Puurunkoisten ulkoseinien korjatulla rakenteella saavutetaan 110:n prosentin parannus U-arvoon, eli lämmöneristävyyskyky yli tuplaantuu. Alakerran maanvastaisten kevytbetoniharkkoseinien korjattu rakenne parantaa niiden U-arvoa 53 %. Yläpohjassa korjattu rakenne tuottaa lähes kolminkertaisesti paremman lämmönläpäisykertoimen U-arvon parantuessa 175 prosenttia. Paremmat lämmöneristeet pienentävät rakennuksen lämmitystarvetta, mikä tulee näkymään sähkön kulutuksen pienenemisenä.

Lähes 40 vuotta vanhan rakennuksen vuotavat ja huonokuntoiset seinät ja kevyesti eristetty yläpohja sekä eristämättömät alakerran maanvastaiset seinät ovat saneerauksen jälkeen U-arvoltaan huomattavasti alkuperäisiä parempia. Kaikki korjaustoimenpiteet parantavat talon energiatehokkuutta huomattavasti, joten kohteessa toimitaan maankäyttö- ja rakennuslain 117 g §:n toisen

momentin mukaisesti. Teknisen puolen lisäksi täysin uudistetut seinät tuovat talon nykyaikaan myös ulkonäöllisesti.

Maanvastaisten seinien kunnollinen ulkopuolinen eristäminen lisää rakennuksen käyttöikää kymmenillä vuosilla. Alakerran kevytbetoniharkkoseinien sisäpuolinen rakenne mahdollistaa ulkoseinien kosteuden haihtumisen sisätiloihin. Märkätilojen kahitiiliseinän ja ulkoseinän väliin jätetty ilmaväli mahdollistaa rakenteen kuivumisen sisäänpäin myös pesuhuoneen ja saunan kohdalla.

Vanha, 2000:n litran ja 90 kilowatin tehoinen lämminvesivaraaja vaihtuu 300 litraiseksi ja kolmen kilowatin tehoiseksi. Lämminvesivaraajan vaihto nykyaikaiseen malliin tulee näkymään etenkin talviaikaan sähkölaskun pienenemisenä,. Muutos parantaa myös asumismukavuutta, kun käyttövesi saadaan tarvittaessa lämpimäksi huomattavasti aiempaa nopeammin lämminvesivaraajan pienemmän vesimassan ansiosta.

Saneerauksen kustannusarvio pysyy varsin alhaisena, kun kohteessa ei tarvita ulkopuolista työvoimaa lvis-asentajia lukuunottamatta. Kaikki taloon tehtävät toimenpiteet parantavat energiatehokkuuden lisäksi asumismukavuutta.

Kaikkiin neljään ongelmakohtaan löytyi korjausratkaisu, joka parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Opinnäytetyöni pohjalta saneeraus pysytään suorittamaan turvallisesti ja rakennusteknisesti toimivasti. Rakennusmateriaaleiksi valitaan tunnettujen valmistajien testattuja ja pitkällä aikavälillä yleisesti hyväksi koettuja tuotteita.

Työtä voisi jatkaa raportoimalla saneerauksen käytännön toteutumisesta ja lopullisista kustannuksista. Olisi myös mielenkiintoista verrata keskenään nykyistä ja remontin jälkeistä vuotuista sähkönkulutusta. Energiatehokkuuden paranemisen johdosta seuraava sähkönkulutuksen pieneneminen kattaa ennen pitkää remontista aiheutuneet kulut. Sähkölaskuja vertailemalla voitaisiin helposti laskea remontin kulujen kattamiseen kuluva aika.

Työ lisäsi omaa osaamistani rakennusurakan suunnittelun eri vaiheista.

## LÄHTEET

Annala, P., Koivisto, M., Lahdensivu, J., Lemberg, A-M., Pakkala, T. & Pikkuvirta, J. 2016. Tuulettuvat julkisivut 2016. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

C4 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristys ohjeet. Ympäristöministeriö. Viitattu 20.3.2019 <https://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>.

C4 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristys ohjeet. Ympäristöministeriö. Viitattu 20.3.2019 <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE3549160-2ED6-4807-8556-230BDC60275B%7D/30749>.

Ekovilla Oy 2018a. Miksi ekovilla? – Hengittävä. Viitattu 10.11.2018 <https://www.ekovilla.com/miksi-ekovilla/hengittava/>.

Ekovilla Oy 2018b. Tuotteet – Ekovilla- X RENO- ilmansulku. Viitattu 20.11.2018 <https://www.ekovilla.com/tuotteet/ekovilla-ilmatiiviystuotteet/ekovilla-xreno-ilmansulku/>.

Finnfoam 2019a. Peruslevyjen mitat ja tyypit. Viitattu 25.3.2019 <https://www.finnfoam.fi/tuotteet/finnfoam-eristelevyt/levyn-mitat-ja-tyypit/>.

Finnfoam 2019b. Sokkelin rappausohje. Viitattu 25.3.2019 [https://www.finnfoam.fi/files/7813/8381/6155/Finnfoam\\_CW-300\\_rappausohje\\_-\\_weber.pdf](https://www.finnfoam.fi/files/7813/8381/6155/Finnfoam_CW-300_rappausohje_-_weber.pdf).

Harju, M. Norokorpi, L. Rantanen, E. & Uusitalo, J. 2013. Vaara vaanii kaivannoissa – Tutkimushanke kaivantojen turvallisuudesta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Viitattu 10.11.2018 [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts\\_2013-09\\_vaara\\_vaanii\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts_2013-09_vaara_vaanii_web.pdf).

Heiskanen, R. 2016. Maanvastaisten seinien sisäpuolinen lisälämmöneristäminen. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennesuunnittelu, diplomityö.

Icopal 2016. Vedeneristys kumibitumikermeillä. Viitattu 10.12.2018 <http://www.icopal.fi/Tuotteet/Perustusten%20vedeneristys/Vedeneristys%20kumibitumikermeilla.aspx>.

Isover 2016. Eristämisen taskutieto. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Viitattu 25.3.2019 [https://www.isover.fi/sites/isover.fi/files/assets/documents/taskutieto\\_web.pdf](https://www.isover.fi/sites/isover.fi/files/assets/documents/taskutieto_web.pdf).

Jääskeläinen, R. 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Tampere: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Kaukora Oy 2019. Jäspi VLM 300 lämminvesivaraaja. Viitattu 25.3.2019 <https://jaspi.fi/tuote/vlm-vedenlammitin/>.

Kauppinen, J. 2017. Yli-insinööri. Perustelumuistio rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 27.2.2017. Ympäristöministeriö. Viitattu 28.3.2019 [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus).

Kokko, E. 2002. Hengittävä puukuiturakenne - Fysikaalinen toimintaperiaate ja vaikutukset sisäilmaan. Wood Focus Oy, Helsinki. Viitattu 12.2.2019 <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/hengittava-puukuiturakenne/koko-ohje.pdf>.

Koponen, A. 2017. Rakentamista ohjaavat säädökset uudistuvat. Rakennusteollisuus. Viitattu 24.3.2109 <http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/maaraykset-ja-standardisointi/rakmk-uusiminen-20170601-.pdf>.

Kosteudenhallinta.fi 2019. Pihan ja rakennuspohjan vedenpoisto. Viitattu 10.2.2019 <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakennussuunnittelu/pihan-ja-rakennuspohjan-vedenpoisto>.

Lähdesmäki, K. 2013. RIL 255-2013 Luku 9 Toimituksellinen kooste kommentointia varten. Viitattu 15.2.2019 [https://www.ril.fi/media/luku-9\\_rakennusmateriaalit\\_28062013.pdf](https://www.ril.fi/media/luku-9_rakennusmateriaalit_28062013.pdf).

Nieminen, J. & Virta, J. 2016. Rakennusten lisälämmöneristäminen. Kiinteistöalan kustannus Oy. Ympäristöministeriö. Viitattu 20.3.2018 [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus).

Nordic waterproofing Oy - Kerabit 2018. Viitattu 10.12.2018 <https://www.kerabit.fi/tuotteet/massat-ja-jalosteet/71/kerabit-bil-10585-kylmabitumi>.

Ojanen, T., Peuhkuri, R., Tanskanen, K. & Viitanen, H. 2008. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. VTT. Ympäristöministeriö. Viitattu 15.1.2019 <http://www.ym.fi/download/noname/%7B648A4BF3-D2F6-4FEB-9DD4-8B90C1A49D2D%7D/31293>.

Raturva 2018. Rakennustöiden ja -koneiden turvallisuusohjeet. Mittaviiva Oy, Rakennuskonepäälliköt ry, Rakennustietosäätiö RTS sr & Talonrakennusteollisuus ry. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Saari, M. 2017. Esimerkkilaskelmat 2018 - Rakenteellisen energiatehokkuuden määräysten mukaisuuden osoittaminen. VTT Expert Services Oy. Ympäristöministeriö. Viitattu 28.3.2019 [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus).

Sandberg E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät – Ilmastointitekniikka osa 1. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Siikanen U. 2014. Rakennusfysiikka – Perusteet ja sovelluksia. Helsinki:Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys ry 2008a. Kellarin seinät. Viitattu 20.11.2018  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Kellarin-seinat>.

Sisäilmayhdistys ry 2008b. Salaojat. Viitattu 13.12.2018  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Kuivatusjarjestelmat/Salaojat>.

Suomirakentaa 2019. Rakennustutkimus RTS Oy & Rakentajan tietopalvelu RTI Oy. Viitattu 8.2.2019  
<https://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/ilmanvaihto/ilmanvaihtotavan-valinta>.

Thermisol 2016. Kellarin ulkoseinän eristäminen. Viitattu 15.11.2018  
<http://www.thermisol.fi/erista-oikein/kellarin-ulkoseinaen-eristaeminen.html>.

Tuulileijona 2018. Runkoleijona. Suomen Tuulileijona Oy. Viitattu 1.12.2018  
<http://www.tuulileijona.fi/fi/tuotteet/runkoleijona>.

Varaaja.fi 2019. Lämminvesivaraajat. Jäspi VLM 300 S. MrLvi. Viitattu 28.3.2019  
<https://www.varaaja.com/index.php/laemminvesivaraajat-2/modulimallit/jaespi/jaespi-vlm-300-s>.

VME Excavators AB 1991. Åkerman H3B –esite. Machine Market 2019. Viitattu 6.2.2019 <https://machine.market/specification-3671>.

## LIITTEET

Liite 1. Alkuperäisen puurunkoisen ulkoseinän U-arvo:

Sisäpuolinen pintavastus  $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

Ulkopuolinen pintavastus  $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + \frac{0,03}{0,12} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{0,02}{0,11} + 0,04 = 2,272 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,272} = 0,440 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Liite 2. Korjatun puurunkoisen ulkoseinän U-arvo:

Sisäpuolinen pintavastus  $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

Ulkopuolinen pintavastus  $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + \frac{0,03}{0,12} + \frac{0,0003}{0,3} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,025}{0,049} + 0,04 = 4,777 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,777} = 0,209 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Liite 3. Alakerran alkuperäisen kevytbetoniharkkoseinän U-arvo:

Sisäpuolien pintavastus  $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

Maan lämmönvastus  $R_b$  (2)

$$= (1 / 2,5 * 0,4) + (1,5 / 2,5 * 1,6) = 1,12 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_b$$

$$R_T = 0,13 + \frac{0,03}{0,12} + \frac{0,001}{0,11} + \frac{0,3}{0,24} + \frac{0,002}{0,2} + 1,12 = 2,769 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{2,769} = 0,361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

## Liite 4. Alakerran korjatun kevytbetoniharkkoseinän U-arvo

Sisäpuolien pintavastus  $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ Maan lämmönvastus  $R_b$ ,

$$R_b = (1 / 2,5 * 0,4) + (1,5/2,5 * 1,6) = 1,12 \text{ (m}^2\text{K)/W}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_b$$

$$R_T = 0,13 + \frac{0,03}{0,12} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,3}{0,24} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,003}{0,23} + \frac{0,05}{0,034} + 1,12 = 4,255 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{4,255} = 0,235 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

## Liite 5. Yläpohjan alkuperäisen rakenteen U-arvo:

Sisäpuolien pintavastus  $R_{si} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ Ulkopuolinen pintavastus  $R_{se} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ 

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$$

$$R_T = 0,1 + \frac{0,03}{0,12} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,2}{0,06} + 0,1 = 3,787 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{3,787} = 0,264 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

## Liite 6. Yläpohjan korjatun rakenteen U-arvo:

Sisäpuolien pintavastus  $R_{si} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ Ulkopuolinen pintavastus  $R_{se} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ 

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se}$$

$$R_T = 0,1 + \frac{0,03}{0,12} + \frac{0,001}{0,3} + \frac{0,4}{0,04} + 0,1 = 10,453 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{10,453} = 0,096 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Liite 7. Yläpohjan uudet lämmöneristeet:

Ekovilla 1100 Eriste Ekovilla IA 13 kg, 100 kpl.  
VM Puhallusvillakone Vuokraus/vrk, 2kpl.

Liite 8. Puurunkoisten seinien rakennustarvikkeet:

Eristelevy Ekovilla 100\*565\*870 2,95m<sup>2</sup>, 50 pkt.  
Eristelevy Ekovilla 50\*565\*870 5,9m<sup>2</sup>, 25 pkt.  
Ilmansulkupaperi Ekovilla X5 1,3m\*46,2m 60m<sup>2</sup> Vihreä, 3 kpl.  
Tiivistysteippi Ekovilla X5 50mm 25m, 10 kpl.  
Hiirilista Isola 1,25m, 32kpl.  
Yleisruuvi Prof kupu A2 3,0\*20mm Täyskierre T10 200kpl, 1pkt.  
Tuulensuojalevy Runkoleijona 25\*1200\*3000mm 3,6m<sup>2</sup>, 50 kpl.  
Konenaula Senco 90\*3,1 KS HC59ASBKR 2000kpl, 2 pkt.  
Konenaula Senco 50\*2,9 KS Kampa GE51ASBKR 2000kpl, 3 pkt.  
TikkurilaValtti Arctic Helmiäiskuullote EP 9L sävytettynä  
(tumma ruskea), 3 kpl.

Liite 9. Maanvastaisten kevytbetoniharkkoseinien rakennustarvikkeet:

Seinätaasoite Kiilto TT 20 kg, 15 kpl.  
Bitumiliuos Kerabit BIL 20/85 10 L, 1kpl.  
Bitumiliuos Kerabit BIL 105/85 10 L, 8 kpl.  
Aluskermi Kerabit 4100 UT Hitsattava 1\*10 m, 10 pkt.  
Eristyslevy Finnfoam FI-300 50\*600\*2500 (7,5 m<sup>2</sup>/pkt), 14 pkt.  
Sokkelilevy Katepal Musta 1,5\*20 m, 3 pkt.

Liite 10. Salaojituksen ja routaeristeiden rakennustarvikkeet:

Salaojaputki Tupla 110/95 6M SN8, 14 kpl.  
Rumpuputki Uponor 315\*6000 SN4, 3 kpl.  
Kaivon kansi/pohja Uponor 315, 8 kpl.  
Sadevesiputki Muhvilla Uponor 110/95\*6000 SN8, 2 kpl.  
Kulmayhdiste Taipuisa Uponor 110 mm 0-90 Astetta, 2 kpl.  
Eristyslevy Thermisol EPS 120 ROUTA 50\*1000\*1200 mm  
(12m<sup>2</sup>/pkt), 10 pkt