



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# HIRSIRUNKOISEN TALON KORJAUSSUUNNITELMA JA KUSTANNUSARVIO

TEKIJÄ: Ossi Kauppinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Ossi Kauppinen			
Työn nimi Hirsirunkoisen talon korjaussuunnitelma ja kustannusarvio			
Päiväys	1.4.2013	Sivumäärä/Liitteet	29 + 10
Ohjaaja(t) Lehtori Viljo Kuusela ja pt. tuntiopettaja Matti Ylikärppä			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Hannu ja Ulla Lappeteläinen			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kuntoarvio ja korjaussuunnitelma Vieremällä sijaitsevaan, vuonna 1948 rakennettuun hirsirunkoiseen taloon. Työn tavoitteena oli arvioida eri rakennusosien kunto sekä laatia niiden korjaussuunnitelma ja kustannusarvio korjauksissa käytettävistä materiaaleista. Ulkoseinärakenteeseen suunniteltiin myös tarpeellinen lisälämmöneristys.</p> <p>Kuntoarvio tehtiin silmämääräisesti tarkastelemalla ja rakenteita rikkomatta. Lisälämmöneristys suunniteltiin hirsiseinän lisälämmöneristysohjeiden mukaan käyttäen apuna D.O.F. Tech Oy:n DOF-lämpöohjelmaa. Ohjelman avulla vertailtiin myös uuden ja vanhan seinärakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa sekä tutkittiin nykyisen alapohjan toimivuus.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin talon omistajille esiteltyä talon korjausta vaativat kohteet sekä niiden korjaustapa ja kustannusarvio, kuin myös toimiva ulkoseinän lisäeristysratkaisu. Korjausten avulla rakennuksesta saadaan energiatehokkaampi ja sekä asumismukavuudeltaan että ulkonäöltään viihtyisämpi.</p>			
Avainsanat hirsitalo, korjaussuunnitelma, kustannusarvio, lisälämmöneristys			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Ossi Kauppinen			
Title of Thesis Renovation plan and cost estimation of a log-framed house			
Date	1.4.2013	Pages/Appendices	29 + 10
Supervisor(s) Lecturer Viljo Kuusela and teacher Matti Ylikärppä			
Client Organisation /Partners Hannu and Ulla Lappeteläinen			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to conduct a condition assessment and a renovation plan for a log house built in 1948. The most important aim was to assess the condition of different parts of the building and plan a renovation plan and cost estimation for needed materials. In addition, a necessary thermal insulation for exterior walls was planned.</p> <p>The condition assessment was carried out by using visual inspection. Additional thermal insulation was planned according to the regulations of thermal insulation of a log-framed house. For this purpose, a software called DOF-Therm created by D.O.F. Tech Oy was used. With this software current and new, suggested wall structures were compared, concentrating on thermal and humidity conditions. Functionality of current basefloor was also examined.</p> <p>As a result of this thesis, current owners of the building received important advices concerning both the renovation plan and cost estimation. By the means of these renovations, the building will become more energy efficient and also the outlook of the building, as well as comfort of living will be improved.</p>			
<p>Keywords</p> <p>log house, renovation plan, cost estimation, thermal insulation</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	JÄLLEENRAKENTAMISKAUDEN RAKENTAMINEN.....	2
2.1	1940 - 1950-luvun rakentaminen .....	2
2.2	1940 - 1950-luvun tyypilliset rakenteet ja materiaalit .....	2
2.3	Kuntoarvion tarkoitus .....	4
3	KOHTTEEN KUNTOARVIO .....	6
3.1	Tutkimuskohteen historia rakentamisesta nykypäivään .....	6
3.2	Kartoitetut kohteet ja nykytila .....	7
3.2.1	Perustukset.....	7
3.2.2	Alapohja .....	8
3.2.3	Ulkoverhous.....	10
3.2.4	Yläpohja .....	12
3.2.5	Vesikatto .....	12
3.2.6	Ikkunat ja ulko-ovi .....	13
4	LISÄERISTÄMINEN .....	15
4.1	Hirsiseinän lisäeristäminen.....	15
4.2	Tutkimuskohteen seinien lisäeristäminen .....	16
4.3	Lisäeristäminen Ekovillalla .....	16
4.4	Ilmatiiveys.....	16
5	RAKENTEIDEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSTUTKIMUS .....	18
5.1	DOF-lämpöohjelma .....	18
5.2	Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo .....	18
5.3	Lämmöneristys- ja kosteustutkimus kohteeseen .....	18
6	KORJAUSSUUNNITELMA .....	23
6.1	Korjausrakentaminen ja määräykset.....	23
6.2	Korjausrakentaminen ja luvanvaraisuus .....	23
6.3	Perustukset .....	24
6.4	Alapohja.....	25
6.5	Ulkoverhous .....	25
6.6	Yläpohja.....	26

6.7	Vesikatto .....	26
6.8	Ikkunat ja ulko-ovi .....	26
7	MATERIAALIKUSTANNUKSET.....	27
8	YHTEENVETO.....	29

LÄHTEET

LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä kuntoarvio ja korjaussuunnitelma vuonna 1948 - 1949 rakennettuun hirsirunkoiseen taloon. Työssä arvioidaan eri rakennusosien kunto sekä laaditaan niiden korjaussuunnitelma ja kustannusarvio korjauksissa käytettävistä materiaaleista. Ulkoseinärakenteeseen suunnitellaan myös tarpeellinen lisälämmöneristys.

Opinnäytetyön kohteena on hirsirunkoinen lautaverhoiltu talo, joka sijaitsee Vieremällä Pohjois-Savossa. Koska talo on rakenteiltaan lähes alkuperäinen, rakenteet ovat hieman puutteellisia ja kuluneita. Ajatus talon peruskorjaukseen lähtikin rakennuksen huonokuntoisesta julkisivusta. Kohteeseen on tarkoituksena tehdä korjaussuunnitelma tarvittavilta osin sekä laatia kustannusarvio korjauksissa käytettävistä materiaaleista. Korjauksissa tarvittavan työn osuutta ei arvioida, koska työ tultaisiin tekemään käyttämättä ulkopuolista työvoimaa.

Julkisivun uudistaminen on suhteellisen suuritöinen ja kallis projekti , joten sen yhteydessä kannattaa huomioida myös talon mahdollinen lisäeristäminen, sillä muutoin lisäeristäminen ei ole kannattava toimenpide. Kuntoarvion perusteella pyritään selvittämään rakenteiden kunto ja korjausta vaativat kohteet ja syyt niiden vaurioihin. Kuntoarvion perusteella määritetään myös nykyisten seinä-, alapohja rakenteiden kosteustekninen toimivuus ja eristävyys. Näiden toimenpiteiden avulla voidaan miettiä tarkemmin, mitä näistä kohteista kannattaa ryhtyä korjaamaan ja mitä ei.

Kuntoarvion tekemisen jälkeen suunnitellaan uudet rakenteet. Näiden pohjalta laaditaan myös kustannusarvio materiaaleista, jolloin voidaan varautua tuleviin kustannuksiin ja hankintoihin. Sekä uudet että vanhat ala- ja yläpohjarakenteet sekä seinärakenteet tutkitaan Doftech-ohjelmalla, jolla saatiin määriteltyä niiden kosteustekninen toimivuus.

Korjauksessa halutaan säilyttää talon nykyinen ulkoasu ja rakennuksen sisäpuolisiin osiin ei työssä oteta kantaa, koska ne ovat hyväkuntoiset. Opinnäytetyön avulla talon omistajille saadaan esitettyä talon korjausta vaativat kohteet sekä niiden korjaustapa ja kustannusarvio.

## 2 JÄLLEENRAKENTAMISKAUDEN RAKENTAMINEN

### 2.1 1940 - 1950-luvun rakentaminen

Opinnäytetyön kohteena oleva talo on tyypillinen jälleerakentamiskauden talo eli tutummalta nimeltään rintamamiestalo. Tosin sen runkorakenteena on rintamamiestalolle ei niin tyypillinen umpihirsirakenne.

Jälleerakennuskausi käsittää maassamme ajanjakson, joka alkoi talvisodan päätyttyä vuonna 1940, jatkuen ainakin vuoteen 1952. Koska maan väestöstä 2/3 asui maaseudulla vielä 1950-luvun alussa, keskitettiin jälleerakentaminen ensisijaisesti sinne. Olosuhteet olivat rakennusalalle äärimmäisen vaativat: oli rakennettava paljon enemmän, pienemmillä resursseilla ja nopeammassa tahdissa kuin aiemmin. Ongelmia rakentamisessa aiheuttivat sekä asunto- että materiaalipula. Oli pystyttävä rakentamaan asuntoja nopeasti ja saatavilla olevista materiaaleista. (Arkkitehtuurimuseon [www-sivut](#))

Jälleerakentamiskauden vallitsevaksi pientalotyyppiksi muodostui jälleerakennusajan tyyppitalo, ns. rintamamiestalo. Se perustui lähinnä sotien aikana ja niiden jälkeen omatoimirakentajille suunniteltuihin tyyppitalopiirustuksiin. Rintamamiestalo on puolitoistakerroksinen, puurakenteinen ja harjakattoinen noppamainen omakotitalo. Rakennuksen keskellä olevan savupiipun ympärille sijoitettiin kaikki asuintilat. Näin saatiin kaikki asuintilat lämmitettyä yhden hormin kautta. (Rakennusperinnön [www-sivut](#))

### 2.2 1940 - 1950-luvun tyypilliset rakenteet ja materiaalit

Vaikka puusta oli pulaa, oli se silti ainoa materiaali, jota ylipäänsä oli tarjolla asuntotuotannon tarpeisiin. Rintamamiestalossa saattoi olla hirsirunko, mutta yleisin oli 1930-luvulla yleistynyt runkotyyppirakenne, jossa kantavana rakenteena oli määrämittäisestä sahatavarasta naulaamalla koottu kehikko. Se jäykistettiin vinolaudoituksella. Jäykisteenä käytettiin myös erilaisia rakennuslevyjä, mm. insuliittia. Niin seinä ja lattia- kuin kattorakenteetkin eristettiin pääasiassa sahanpurulla ja kutterilastulla. Rakenteiden tuulensuojana ja tiivisteinä käytettiin tervapaperia ja pinkopahvia. Rungon sisäpuolinen verhous tehtiin tiivistä laudoituksesta, joka päällystettiin pinkopahvilla. Sisäverhouksena yleistyivät myös erilaiset huokoiset puukuitulevyt ja rakennuslevyt. Ulkopuolelta rakennus verhoitiin laudasta, yleisimmin pystysuuntaisena peiterimaverhouksena, jossa leveämpien lautojen rakoa peittää kapeampi rima. (Rakennusperinnön [www-sivut](#))

SPU-Eristeiden julkaiseman korjausoppaan Eristä oikein –korjausoppaan (2010) mukaan perustukset tehtiin yleensä sementti pulan vuoksi käyttämällä ”sästöbetonia”, jossa kiviä lisättiin valun joukkoon ja näin saatiin säästettyä kallista betonia. Betonin raudoittamisessa käytettiin kaikkea saatavilla olevaa rautaa. Perustamistapana käytettiin syväperustusta, jolloin perustukset ulotettiin roudattomaan syvyyteen, joten ne ovat säilyneet huonoista materiaaleista huolimatta

routavaurioitta. Siikanen (2008, 198) toteaa, että perustukset olivat vielä 1940-luvulla yleensä salaojittamattomia. Rakennukset pyrittiin perustamaan mahdollisimman vähän routivalle maaperälle, yleensä lähiympäristöään korkeammalle paikalle. Taloihin rakennettiin joko kellari tai sitten lämpimän lattiarakenteen ja maanpinnan väliin jätettiin tuulettuva ilmatila, ryömintätila. Kellarin seinät olivat monesti eristämättömiä, mutta monesti kosteuseristys tehtiin sivelemällä sisäpintaan bitumia.

Vesikatkon kantavina rakenteina käytettiin tavallisesti yksinkertaisia puisia kattokannattajia. Ne tuettiin ulkoseinille ja kantaville väliseinille, jotka erottivat ullakon asuintilat kylmistä sivu-ullakoista. Pienillä jänneväleillä tämä rakenne oli riittävä ja tilat saatiin mahdollisimman tehokkaasti hyötykäyttöön. Toinen vaihtoehto oli ns. ruotsalainen kattotuoli, joka on tuettu ja jäykistetty vinotuin läheltä ulkoseinää. Tämäkin rakenne jätti keskiosan asuintilat vapaasti käytettäviksi. Tyypillinen kattokaltevuus oli jyrkähkö 1:1,5. (Rakennusperinnön www-sivut)

Vesikattemateriaaleista oli pulaa yhtä lailla kuin kaikesta muustakin. Alkuun päre oli lähes ainoa saatavilla oleva kateaine ja jopa korsi- eli olkikaton rakentamiseen annettiin ohjeet.

Rintamamiestalolle ominaisia katemateriaaleja ovat kolmiorimoitettu bitu-mihuopa, konesaumattu pelti ja sementtikattotiili. (Rakennusperinnön www-sivut)

Ylä-, ala, ja välipohjien eristeenä käytettiin tavallisesti sammalta, sahanpurua ja kutterinlastua (kuva 1). Eristeiden oli oltava ehdottomasti kuivia ja ne oli sullottava tiukkaan. Eristeiden päälle jätettiin painokerros, joka oli kuivaa muuraus- ja rappausjätettä tai kuivattua hiekkaa ja savea. Lämmöneristeiden ja painotäyteen välillä käytettiin sanomalehtiä tai saatavilla olevaa rakennuspaperia. Vaakarakenteiden kantavien palkistojen kuormituksia ei tarvinnut laskea tapauskohtaisesti vaan ne löytyivät taulukoista jännevälin ja kuormituksen perusteella. (Spu-eristeet, Eristä oikein)



Kuva 1. Vanhan rossipohjan purueriste. Kuva: Rakennusperinnön www-sivut.

Rintamamiestalot lämpesivät tietenkin puulla. Koska tiilistä oli pulaa, taloon oli rakennettu vain yksi hormi, jonka ympärille koko talo rakennettiin. Tulisijoina olivat uuni, puuhella, valurautaliedet, kamiinat ja pönttöuunit. Ne kaikki liittyivät yhteen hormiin. Jälleenrakennuskauden loppupuolella yleistyivät keskuslämmitysjärjestelmät. Uuni-lämmitys piti talon rakenteet kunnossa, koska hyvin vetävät hormit poistivat kosteutta sisätiloista. Hatarien rakenteiden vuoksi korvausilman määrää ei tarvinnut miettiä. (Spu-eristeet, Eristä oikein)

Ikkunat ja ovet olivat rintamamiestaloissa standardimitoitettuja. Mitoitus oli viiden sentin välein. Tyypillinen ikkuna oli kaksilasinen puuikkuna. Se avautui pystysuunnassa sisään ja ulos. Ne olivat jaettu kahdeksi tai kolmeksi ruuduksi, joissa ison ruudun vieressä oli kapeampi tuuletusikkuna. Ulko-ovi oli sijoitettu erilliselle kuistille ja se oli verhottu pystypaneelilla. (Spu-eristeet, Eristä oikein).

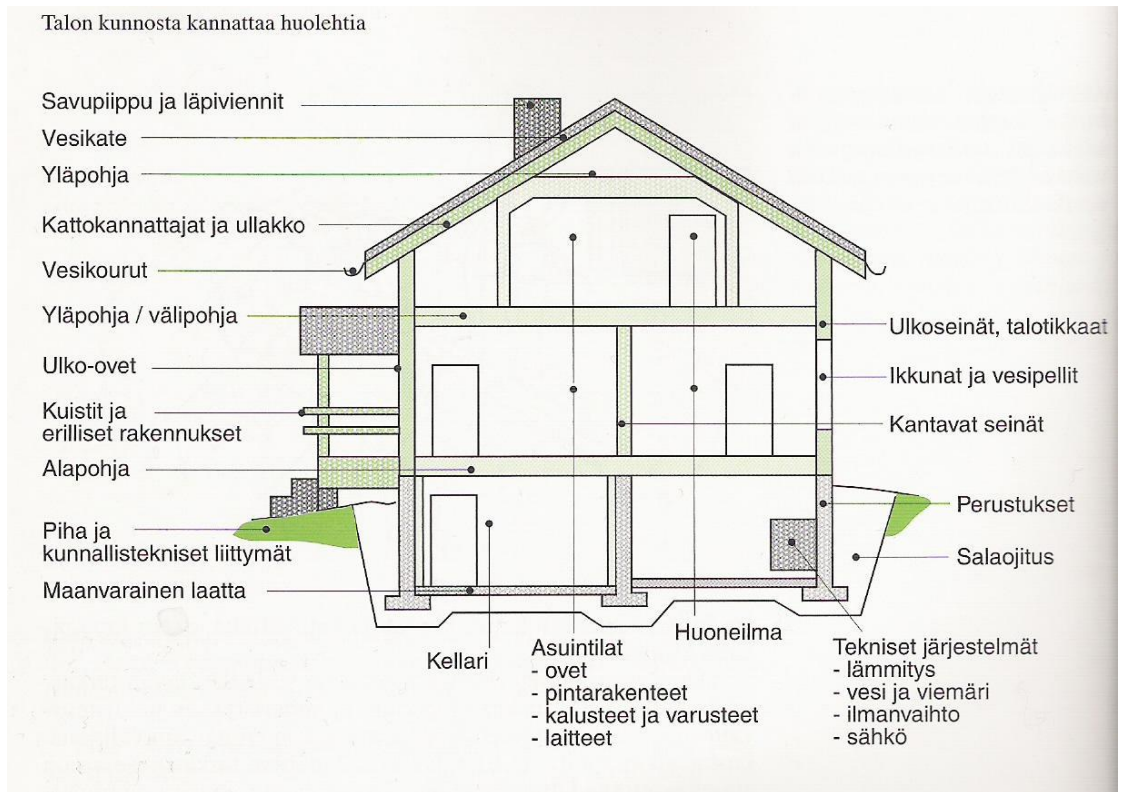
### 2.3 Kuntoarvion tarkoitus

Kiinteistön järjestelmällisen, taloudellisesti ja teknisesti hallitun kunnossapidon edellytyksenä on oikea tieto kiinteistön kunnosta sekä luotettava ennuste tulevista korjaustarpeista ja niiden kustannuksista. Rakennuksen kunto ja sen korjaustarpeet voidaan selvittää kuntoarviolla. Kuntoarviolla tarkoitetaan lähinnä silmämääräiseen katselmukseen perustuvaa suuntaa-antavaa arvioita rakenteen kunnosta ja korjaustarpeesta. (Valtion ympäristöhallinnon www-sivut)

Kuntoarvion pohjalta voidaan käynnistää systemaattinen olemassa olevan kiinteistön kunnossapito- ja korjaustoimenpiteet. Laajemmat korjaustoimenpiteet vaativat usein kuntotutkimuksia vaurioiden syiden ja korjaustapojen selvittämiseksi.

Kuntoarviossa tarkastellaan talon korjausta vaativat rakenteet ja selvitetään niiden nykytila ja syyt niiden vaurioihin. Hekkanen (1998, 10) toteaa, että ensimmäiseksi on hyvä selvittää, miten talo sijaitsee ilmansuuntiin nähden. Kun tämä on selvinnyt, on keskityttävä pihan rakenteisiin ja taloon tuleviin vesi- ja viemärijohtoihin sekä muihin liittymisjohtoihin. Pihan rakenteista on suositeltavaa keskittyä tutkimaan rakennuksen asemaa ympäristöön nähden, maanpinnan muodostusta ja pintavesien poisjohtamista. Sen jälkeen tutkitaan perustukset, alapohja, ulkoseinät, räystäät, ikkunat, ulko-ovet ja muut ulkoseinään liittyvät rakennusosat, vesikatto varusteineen sekä yläpohja (kuva 2).

Kyseisen kohteen kuntoarviossa keskitytään tutkimaan perustuksia, alapohjaa, ulkoseiniä, ikkunoita, ulko-ovea ja muita ulkoseinään liittyviä rakennusosia sekä vesikattoa ja yläpohjaa, koska ne ovat kyseisen talon korjausta vaativia kohteita. Talon sisäpuolisiin rakenteisiin ei puututa, sillä ne ovat pääosin hyvässä kunnossa.



Kuva 2. Suositus kuntoarviossa tarkastettavista rakenneosista (Hekkanen 1998, 12)

### 3 KOHTEEN KUNTOARVIO

#### 3.1 Tutkimuskohteen historia rakentamisesta nykypäivään

Kohde sijaitsee Pohjois-Savossa Vieremän kunnassa Vuorisen kylällä Myllykankaan tilalla. Talon nykyiset omistajat ovat Ulla ja Hannu Lappeteläinen. Heitä ennen omistajina olivat Aune ja Matti Kärkkäinen, jotka ovat Ullan vanhemmat. Talo on siis toisen sukupolven käytössä. Talo on hirsirunkoinen, 1,5-kerroksinen maatalan päärakennus. Huoneistoala on noin 175 m<sup>2</sup>. Talon rakentaminen aloitettiin vuonna 1948 ja asukkaat muuttivat taloon 2.12.1949. Aluksi talossa oli asuintilat vain ensimmäisessä kerroksessa: eteinen, pirtti, keittiö ja kaksi makuuhuonetta. Ensimmäinen makuuhuone yläkertaan tehtiin vuonna 1960. Saunatilat, wc ja toinen makuuhuone yläkertaan tehtiin 1970-luvun alussa. Sauna- ja pesutilat olivat siihen aikaan ensimmäiset yläkerrassa sijaitsevat pesutilat koko pitäjässä (kuva 3).

Sukupolven vaihdos tapahtui vuonna 1987, jolloin Ulla ja Hannu Lappeteläinen ryhtyivät maanviljelijöiksi tilalle. Ennen sukupolven vaihdosta ikkunat uusittiin vuonna 1980 ja pirtissä sijaitseva uuni uusittiin vuotta myöhemmin. Saunatiloja peruskorjattiin vuonna 1993 ja muutaman vuoden päästä yläkerran makuuhuoneisiin tehtiin pientä pintaremonttia. Keittiö uusittiin vuonna 2002.

Alkuperäisenä seinärakenteena rakennuksessa on ollut hirsi. Lautaverhous taloon tehtiin vuonna 1964. Rungon ja ulkoverhouksen välissä on eristeenä tervapaperi kahden sentin tuuletusraolla. Ikkunat ovat kolminkertaiset ja ne on uusittu 1980-luvun alussa. Vesikattona on alun perin ollut pärekatto, jonka päälle on tehty myöhemmin huopakatto ja vuonna 1981 huopakaton päälle laitettiin varttikate.

Lämmitysmuotona on puulla lämmitettävä vesikeskuslämmitys. Pirtissä on myös suuri leivinuuni ja keittiössä puuhella, joita lämmitetään lähinnä kovimmilla pakkasilla. Ilmanvaihto on painovoimainen.



Kuva 3. Näkymä talon sisäänkäynnin puolelta. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

### 3.2 Kartoitetut kohteet ja nykytila

Kuntoarviossa on käytetty silmämääräistä tarkastelua sekä tunnustelemalla mahdolliset lahovauriot. Koska tarkkoja piirustuksia rakennuksesta ei ollut saatavilla, pyrittiin kartoittamaan nykyiset rakenteet haastattelemalla talon entistä isäntää, joka on ollut rakentamassa taloa.

#### 3.2.1 Perustukset

Talo on perustettu soralla täytetyn peruskuopan päälle. Sora ulottuu 1,5 metrin syvyyteen ja 1 metrin päähän talon perustuksista pois päin. Maaperä talon ympärillä metrin säteellä on siis routimatonta.

Salaojitusta talon ympärillä ei ole. Vaikka ympäristöä ei ole salaojitettu, ei talossa ole näkyviä routavaurioita. Syynä tähän lienee se, että talo sijaitsee pihapiirin korkeimmalla kohdalla pienen 1,5 metrin paksuisen sorapatjan päällä, joten sade- ja sulamisvedet ovat päässeet valumaan pois perustuskuopasta jotakin kautta, luultavasti talon viemäriputkien ojia pitkin.

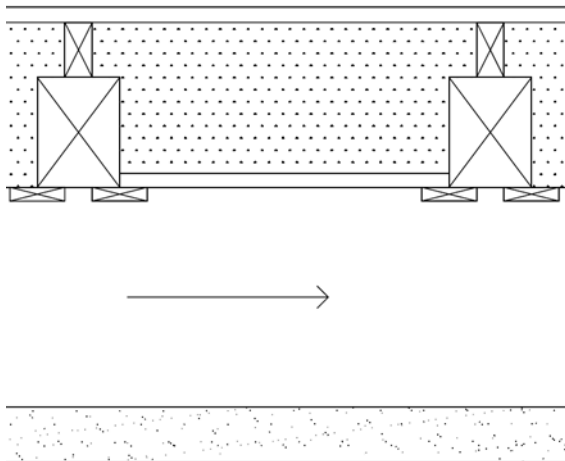
Sokkelin korkeus maasta mitattuna on noin 400 mm. Sokkeli on pinnaltaan hyväkuntoinen. Sokkelin vieressä ei ole kiveystä, joten siinä kasvaa heinää, jotka ylettyvät ulkoseinän alapintaan saakka. Perustusten ympärillä ei ole routasuojaa. Taloa ympäröivä maanpinta viettää sisäänkäynnin puoleisella sivulla ja talon pohjois-päädystä taloon päin, jolloin pintavedet valuvat rakennukseen päin. Se aiheuttaa ylimääräistä kosteusrasitusta rakennukselle. Sadevesikaivoja ei katolta tulevien syöksytorvien alla ole, joten sieltä tulevat sadevedet valuvat suoraan talon perustuksiin (kuva 4).



Kuva 4. Kuva sokkelista ja syöksytorvien alaosa. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

### 3.2.2 Alapohja

Alapohjana talossa on puurakenteinen rossilattia (kuva 5). Se on alkuperäinen siis yli kuusikymmentä vuotta vanha. Kantavana rakenteena siinä on 6 tuuman hirret, joiden alla on umpilaudoitus. Laudoituksen päällä on tervapaperi. Tervapaperin päällä eristeenä on sahajauhoja noin 30 cm, joka on silloisen rakennusajan normaali eristysmateriaali. Eristeiden päällä on vielä tervapaperi ja lattialaudoitus 28 mm lattialaudoista. Lattialaudoituksen alla oleva paperi on viety lattialistan alle, jolla on saatu aikaan ilmatiivis liitos. Alapohjan eristys on hyvä ja se on rakenteeltaan hyvässä kunnossa. Rakenteet eivät roiku mistään kohdasta eikä vedon tunnetta ole lattian kautta tullut. Alapohjan ja sen alla olevan maapohjan välinen ilmatila on noin 40 cm, paikoin hiukan enemmän tai vähemmän. Alapohjan alla oleva maapohja on soraa. Tuuletustilassa on eloperäisiä aineita kuten laudan pätkiä (kuva 6). Alapohjan tuuletus on järjestetty asianmukaisin sokkelin tuuletusaukoin. Alapohjaa ei päästy tutkimaan ryömintätilasta käsin, koska sinne ei ole kulkuaukkoa. Mahdolliset laho- ja homevauriot jäivät näkemättä. Alapohja tutkittiin tuuletusaukoista tähyttämällä. Alapohjan u-arvo on 0,303 w/m<sup>2</sup>k, kun nykyinen vaadittava tuulettuvan alapohjan u-arvo on 0,17 w/m<sup>2</sup>k.



Rakenne ylhäältä alaspäin:

1. Lattialauta 28 mm
2. Tervapaperi
3. Lattian kannattimet 50\*100 mm lankku
4. Sahajauho eriste 300 mm
5. Kantavat hirret 150\*200 mm
6. Tervapaperi
7. Umpilaudoitus 22\*100 mm
8. Tuulettuva tila 400 mm

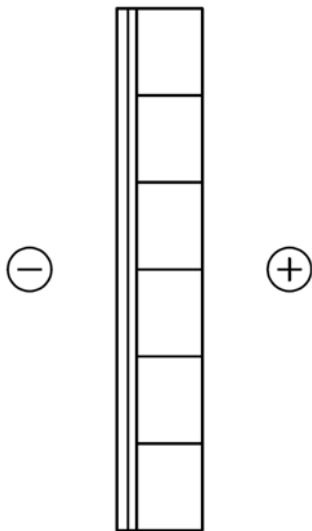
Kuva 5. Puurakenteisen rossilattian rakenne. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.



Kuva 6. Tuuletustilan eloperäisiä aineita. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

### 3.2.3 Ulkoverhous

Taloon on tehty vuonna 1964 ulkoverhous hirsirungon päälle. Hirsirungon ja ulkoverhouksen välissä on 20 mm tuuletusrako (kuva 7). Ulkoverhous on rimalautoitettua 20 mm kuusipuuta ja se on maalattu keltaisella öljymaalilla. Maali on irronnut pahoin verhouksesta sekä auringonpaisteen että veden vaikutuksen takia varsinkin talon sisäänkäynnin puoleiselta julkisivulta (kuva 8). Talon muilla julkisivuilla maalipinta on kohtuullisen hyvässä kunnossa, koska aurinko ja vesisade ei ole päässyt niitä niin pahasti turmelemaan. Rästyspituus on liian lyhyt, jolloin vesisade valuu osittain seinälle ja roiskuu maasta ulkoverhouksen alapäähän. Rakenteessa pitäisi olla 20 mm:n tuuletusrako hirsirungon ja ulkoverhouksen välissä, mutta se on ulkoverhouksen alapäästä tukossa. Rakenne ei pääse tuulettumaan kunnolla ja se aiheuttaa lautaverhoukselle maalivaurioita. Kovin pahoja lahovaurioita ulkoverhouksessa ei ainakaan vielä ole, lukuun ottamatta lautojen alapäiden pientä lahon alkua. Alimman hirsikerran ja sokkelin välissä on bitumihuopa, joten se estää kosteuden nousemisen ja alimman hirren lahoamisen.



Rakenne sisältä ulospäin:

1. Hirsi 150\*200 mm
2. Tervapaperi
3. Tuuletusrako 20 mm
4. Julkisivuverhous 20 mm

Kuva 7. Vanha ulkoseinärakenne. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

Ulkoseinässä eristeenä ei ole muuta kuin tervapaperi ilmansulkuna hirttä vasten. Tuulisella säällä, varsinkin talvella, huomaa selvästi että seinissä ei ole kunnollista eristystä: verhot saattavat heilua hieman ja hirsien saumojen kohdalla tuntee kylmän ilmavirtauksen (kuva 9). Rakenteen lämmöneristyskyky on puutteellinen. Nykyisen seinärakenteen u-arvo on 0,703 W/m<sup>2</sup>K, kun nykyään vaadittava hirsiseinän u-arvo on 0,40 w/m<sup>2</sup>k.



Kuva 8. Julkisivuverhouksen vaurioitunut maalipinta. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.



Kuva 9. Hirsiseinä talon sisältä. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

### 3.2.4 Yläpohja

Välipohjassa kylmän sivu-ullakon kohdalla eristeenä on sahanpurua noin 250 mm, jonka päällä on 25 mm lastulevy, jotta tilassa voidaan liikkua ja säilyttää tavaraa. Sahajauhojen alla on tervapaperi. Sen u-arvo on 0,351w/m<sup>2</sup>k. Yläkerran huoneet on tehty jälkikäteen ja niissä on 2\*4 parrusta tehty runko. Eristeenä on 100 mm mineraalivillaa ja ulkopuolella kylmää ullakkoa vasten on tuulensuojalevy. Sekä villan sisä- että ulkopuolella on ilmansulkuna tervapaperi. Huoneiden sisäverhous on tehty lastulevystä. Vinossa yläpohjassa on eristeenä 300 mm mineraalivillaa. Sen lämmöneristävyys on hyvä. Vesikaton suuntaisen vinon yläpohjan ja yläkerran ulkoseinän välinen tuuletusrako on tukittu sivu-ullakolta päin laudoin (kuva 10).

Yläpohjan yläpuolisen ullakon tuuletus on puutteellinen, sillä talon päätykolmioissa ei ole tuuletusaukkoja. Se saattaa aiheuttaa kosteusvaurioita vinon yläpohjan rakenteisiin. Sita ei päästy tarkastamaan, koska rakenteita ei haluttu hajottaa. Asia selviää tehtäessä kattoremonttia.



Kuva 10. Vesikaton ja vinon yläpohjan välinen laudoin tukittu tuuletusväli. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

### 3.2.5 Vesikatto

Vesikattona toimii nykyään varttikate, joka on tehty entisen huopakaton päälle, joka on taas tehty talon alkuperäisen pärekaton päälle. Vesikaton kannatinrakenteina on 4\*4 tuuman parrusta 900 mm välein tehdyt kattotuolit. Kuntoarvion yhteydessä vesikatto tarkastettiin katolta ja mahdolliset vuotokohdat (savupiipun ja tuuletusputkien ympäristö) tutkittiin. Katto osoittautui vedenpitäväksi ja asukkaiden mukaan vesikatossa ei ole ollut vuoto-ongelmia. Katon alapuolisia rakenteita ei päästy tarkastelemaan yläpohjan yläpuoliselle ullakolle, koska sinne ei ole luukkua. Kylmän ullakkotilan puolelta tarkasteltuna alin vesikate eli pärekatto näytti terveeltä (kuva 11). Yläpohjan yläpuolisella ullakkotilalla asia voi olla toisin. Katon pinta on osittain sammaloitunut, joten ongelma on lähinnä kosmeettinen. Savupiippu on pellitetty. Räystäät ovat liian lyhyet nykyiseen seinärakenteeseen

nähdessä. Rästaiden pituus on ulkoseinästä mitattuna noin 400 mm. Rästait ovat olleet alkuperäisen pärekaton ja silloisen pelkän hirsiseinän kanssa kunnolliset, mutta jääneet tehtyjen ulkovuoraus- ja kattoremonttien jälkeen alimittaisiksi. Sadevesikourut ja syöksytorvet ovat kunnossa ja oikein asennettu, mutta syöksytorvien alapäässä ei ole sadevesikaivoja, joten katolta tulevat sadevedet valuvat suoraan talon perustuksiin.



Kuva 11. Alin kattorakenne eli pärekatto kuvattuna kylmältä ullakolta. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

### 3.2.6 Ikkunat ja ulko-ovi

Talon ikkunat on uusittu vuonna 1981. Vaikka ikkunoilla on jo ikää, ovat ne suhteellisen hyvässä kunnossa. Ne ovat kolminkertaiset ja ehjät rakenteiltaan. Maali on alkanut vähän hilseillä ikkunan pielistä. Lahovaurioita ikkunoissa ei ainakaan vielä ole. Ikkunan pellitykset ovat asianmukaiset, tosin hieman ruman näköiset (kuva 12).

Ulko-ovi on puuta ja erittäin huonokuntoinen: maali on hilseillyt ja pintamateriaali on pullistellut ja halkeillut liitoksistaan (kuva 13). Oven päällä ei ole katosta, joten sade rasittaa sitä jatkuvasti. Lisäksi ovesa ei ole ehjiä tiivisteitä, joten ovi ei ole ilmatiivis. Talvella tämä korostuu, jolloin kuuraa kerääntyy oven pieluksiin ja eteinen on todella kylmä. Sisäänkäyntirappuset ovat päässet vuosien saatossa rapistumaan. Puiset rappuset ovat kärsineet kosteusvaurioita (lahoa alapuolisissa osissa) ja ne ovat epäsiistin näköiset.



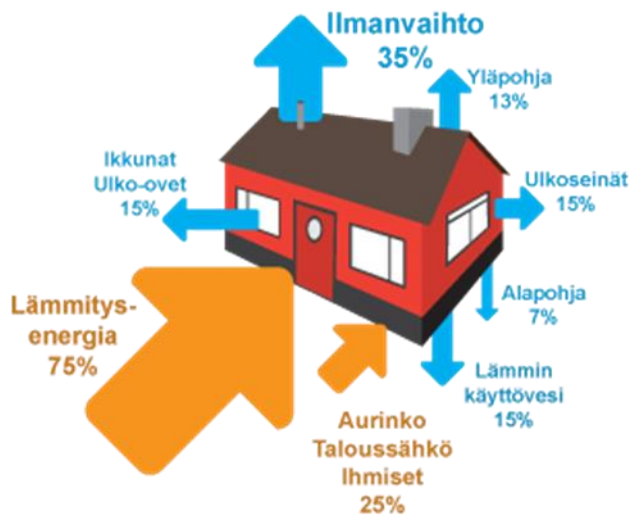
Kuva 12. Maalivaurioita kärsinyt ikkunanpieli. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.



Kuva 13. Ulko-ovi. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

## 4 LISÄERISTÄMINEN

Talon lämmöneristävyyden kokonaisuus, jonka muodostavat eristepaksuudet, ikkunoiden eristyskyky ja kunto, rakenteiden ilmatiiveys sekä ilmanvaihtojärjestelmä (kuva 14). Talon lisäeristäminen on paras keino parantaa talon energiatehokkuutta. Se pienentää energiankulutusta ja samalla asumismukavuus paranee. Yläpohjan lisäeristäminen on halvin ja helpoin tapa parantaa talon eristyskykyä. Suuret ulkovaipan korjaukset, joilla pyritään parantamaan rakennuksen lämpötaloutta eivät ole kannattavia pelkästään energiansäästö tarkoituksessa. Sen vuoksi niihin kannattaa ryhtyä vasta sitten kun ulkoverhousta pitää uusia tai parantaa.



Kuva 14. Rakennuksen energiankulutuksen jakautuminen. Kuva: Valkeakosken energian www-sivut.

### 4.1 Hirsiseinän lisäeristäminen

Juha Vinha (2012) kertoo tekemässään tutkimuksessa, että hirsiseinän lisäeristäminen tulisi aina tehdä ulkopuolelle hyvin vesihöyryä läpäisevällä eristeellä ja ulkoverhouksen taakse on jätettävä toimiva tuuletusrako. Ulkopuolinen lisäeristys vaikuttaa rakenteen toimintaan siten että sadevesirasitus poistuu, ulkokuoren lämpötila nousee, ulkokuoren RH alenee, sisäilman kosteuslisän aiheuttama riski kosteuden kondensoitumiselle ja homeen kasvulle vähenee. Hirsirakentajan Suunnitteluoppaassa (1996, 34) mainitaan, että hirsiseinän ulkopuolisessa lisäeristämisessä ei kosteusteknisiä ongelmia yleensä esiinny, koska hirsi jää rakenteen lämpimälle eli kuivemmalle puolelle, mutta on muistettava jättää lämmöneristeen ja ulkoverhouksen väliin toimiva tuuletusrako, jotta lämmöneristeeseen mahdollisesti sitoutunut kosteus pääsee tuulettumaan pois.

Seinän sisäpuolinen lisäeristys heikentää rakenteen kosteusteknistä toimivuutta; seinän kuivuminen hidastuu, Eristeen ulkopinnassa herkästi kosteuden tiivistymisriski ja homeen kasvulle otollisia olosuhteita, sisäpuolinen lämmönvarauskyky menetetään.

Lisälämmöneristämisessä käytettävien materiaalien on oltava hirsirakennukseen soveltuvia. Suositeltavaa on käyttää luonnonmateriaaleja tai niistä jalostettuja tuotteita, kuten puuta,

puukuitulevyä, eristyspapereita, puutilkkeitä, selluvillaa ja sahanpurua. Synteettisten aineiden kuten rakennusmuovien, muovisten eristelevyjen, saumausvaahdon kivivillan ja kiviaineisten eristysmateriaalien käyttöä on vältettävä. (Museovirasto, Korjauskortti 2.)

#### 4.2 Tutkimuskohteen seinien lisäeristäminen

Kyseisen talon ulkoseinien lisäeristäminen kannattaa tehdä ulkopuolelle, koska ulkoverhous on huonokuntoinen ja se pitää uusia. Samalla on järkevää lisätä seinien eristyskykyä. Seinien ulkopuolinen lisäeristäminen aiheuttaa talossa rakenteiden suhteiden muuttumista. Seinäpaksuus kasvaa, joten räystäspituutta pitää kasvattaa. Räystäät ovat talossa nykyään muutenkin liian lyhyet ja vesikatto remontin tarpeessa, joten se ei haittaa tässä tapauksessa mitään. Ikkunoiden uusimistakin remontin yhteydessä kannattaa miettiä, joten niitäkin voidaan samalla siirtää ulommas, jotta ne eivät jää syvennykseen. Ylimääräistä työtä ei tässä tapauksessa ulkopuolisessa eristämisessä tulisi.

Ulkoseinien ulkopuolista lisäeristämistä ja alapohjan uutta eristämistä tutkittiin Dof-lämpöohjelmalla, jotta varmistuttiin uusien rakenteiden rakennusfysikaalisesta toimivuudesta (liitteet 7 ja 8). Samalla vertailtiin uusien ja vanhojen rakenteiden lämmöneristyskykyjen eroja. Lisäeristämällä ei tässä tapauksessa tavoitella nykyisiä lämmöneristysvaatimuksia vaan halutaan parantaa talon energiatehokkuutta toimivilla rakenneratkaisuilla.

#### 4.3 Lisäeristäminen Ekovillalla

Tutkittavana lämmöneristeenä käytettiin Ekovillaa, joka on puukuiduista valmistettua selluvillaa. Yläpohjassa Ekovilla voidaan lisätä nykyisen sahajauho-eristeen päälle. Sahajauho on orgaanista ainetta kuten Ekovillakin, joten ongelmia ei ole koska yläpohjassa ei ole höyrynsulkukerrosta vaan ilmatiivis paperi. Vanhan lämmöneristeen (sahajauhon) lämpötila nousee ja se kykenee sitomaan itseensä enemmän kosteutta. Lisälämmöneristeellä tulee olla myös kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta. Ekovillalla tämä kyky on. Ulkoseinissä puhallettava Ekovilla täyttää hirren varaukset ja halkeamat. Ekovilla muodostaa nykyisten rakenteiden kanssa sama-aineisen rakenteen, joka on hengittävä ja kosteusteknisesti toimiva. Kuivumiskykyinen rakenne saadaan, kun koko rakenne tehdään hygroskooppisilla, kosteutta sitovilla ja luovuttavilla puumateriaaleilla. Rakenne hakeutuu aina tasapainokosteuteensa koko vahvuudeltaan. Se siirtää ja luovuttaa rakenteeseen mahdollisesti joutuneen liiallisen vesihöyryn pois jälkiä jättämättä. Tämä ominaisuus vähentää kosteusongelmien riskejä silloinkin kun eristepaksuutta lisätään. (Ekovillan [www-sivut](http://www.ekovilla.fi))

#### 4.4 Ilmatiiveys

Pelkästään lisäeristäminen ei riitä haluttaessa energiatehokkaampaa ja asumismukavuudeltaan parempaa taloa. Rakenteiden pitäisi olla myös ilmatiiviitä. Hyvällä ilmanpitävyydellä taataan rakennuksen pienempi energiankulutus ja lisäksi se pienentää kosteusvausrioiden riskiä ja parantaa

sisäilmastoa ja asumismukavuutta kun hallitsemattomat ilmavuodot saadaan kuriin. Vedon tunne poistuu. Hyvällä ilmanpitävyydellä on myös tekemistä paloturvallisuuden kanssa.

Rakennuksen vaipan hyvä ilmanpitävyys on todella tärkeä seikka sen lämmöneristävyyden toimivuudelle suunnitelmien mukaan. Ilmansulkujen hyvällä toteuttamisella liitos- ja läpimenokohdissa on mahdollista saavuttaa talossa rakennusmateriaaleista riippumatta hyvä ilmanpitävyys. Toimiva tuulensuojaus yhdessä ilmansulkupaperin kanssa takaa rakennuksen ilmanpitävyyden. Ilmanpitävyyttä ilmaisee n50-luku (1/h), joka ilmaisee kuinka monta kertaa tunnissa rakennuksen koko ilmamäärä tunnissa vaihtuu. (Motivan [www-sivut](http://www.motivan.fi))

## 5 RAKENTEIDEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSTUTKIMUS

### 5.1 DOF-lämpöohjelma

Jotta talon omistajat saisivat konkreettista tietoa sekä nykyisen että uuden, suunnitellun seinärakenteen ja vanhan alapohjan toimivuudesta ja lämmöneristävyydestä, vertailtiin niitä Doftech-lämpöohjelmalla tehtyjen laskelmien perusteella. DOF-lämpöohjelma on D.O.F. Tech Oy:n kehittämä sovellus, jolla voidaan rakenteen lämpö- ja kosteuskäyriä, kondensaatiomäärää, U-arvoa (K-arvo) sekä energiankulutusta. Ohjelmalla voi määrittellä rakenteen, joka voi olla seinä, katto tai lattia. (Doftechin www-sivut)

### 5.2 Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo kuvaa rakenteen lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi rakenteen U-arvo on, sitä paremmin se eristää lämpöä. U-arvon yksikkö on  $W/m^2K$ . U-arvo kertoo kuinka monta wattia lämpötehoa siirtyy rakenteen läpi yhtä neliometriä kohden, kun rakenteen yli on yhden lämpötila-asteen lämpötilaero.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaan U-arvo lasketaan kaavalla:

$U = 1 / RT$ , jossa RT on rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön. Kun rakennusosan ainekerrokset ovat tasapaksuja ja tasa-aineisia ja lämpö siirtyy ainekerrokseen nähden kohtisuoraan, lasketaan rakennusosan kokonaislämmönvastus RT-kaavalla:

$RT = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se}$ , jossa:

$$R_1 = d_1 / \lambda_1$$

$$R_2 = d_2 / \lambda_2$$

$$R_m = d_m / \lambda_m$$

$d_1, d_2, \dots, d_m$  = ainekerroksen 1, 2, ...paksuus

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$  = ainekerroksen 1, 2, ...lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus

$R_g$  = rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus

$R_b$  = maan lämmönvastus

$R_{q1}, R_{q2}, \dots, R_{qn}$  = ohuen ainekerroksen 1, 2, ... lämmönvastus

$R_{si} + R_{se}$  = sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa.

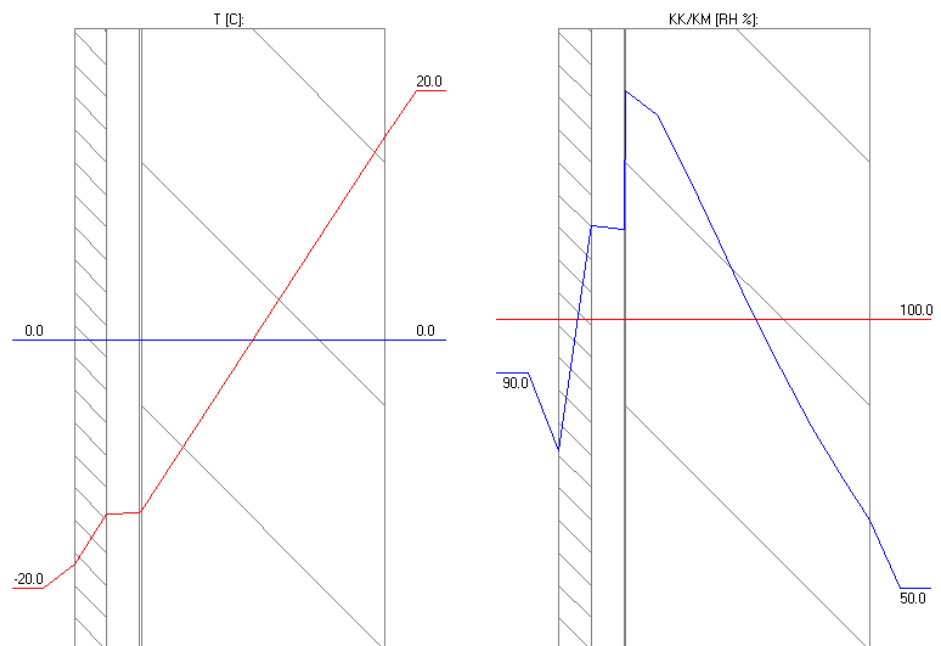
### 5.3 Lämmöneristys- ja kosteustutkimus kohteeseen

Tutkittavat seinärakenteet ovat nykyinen ulkoseinä eli 20 mm ulkoverhouslaudoitus, 20 mm tuuletusrako, tervapaperi ja 150 mm mäntyhirsi. Uusi ulkoseinä on 20 mm ulkoverhouslaudoitus, 20 mm tuuletusrako, 12 mm tuulensuojalevy ja 50 mm Ekovilla ja 150 mm mäntyhirsi. Vertailussa käytetty alapohja on nykyinen ja uusi suunniteltu alapohjarakenne koostuu 28 mm lattialaudasta, tervapaperista, 300 mm Ekovillasta ja 25 mm tuulensuojalevystä. Uutta alapohjaa ei tosin tehdä, mutta se on vertailun vuoksi otettu huomioon laskelmissa.

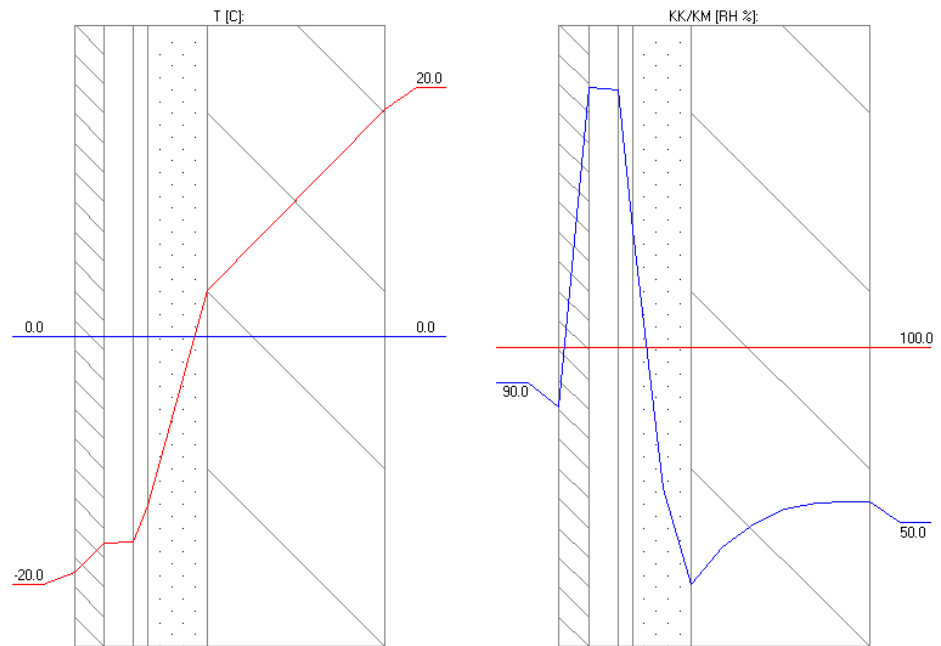
Taulukosta 1 näkee selvästi kuinka rakenteiden lämmön eristävyys paranee lämpöhäviön ja u-arvon molemmissa tapauksissa reilusti puolittuen.

Taulukko 1. Lämpöhäviön ja U-arvon muutokset. Taulukko: Ossi Kauppinen 2012.

Rakenne	Lämpöhäviö (Kwh)	Sisälämpötila (°C)	Ulkolämpötila (°C)	U-arvo (W/m2K)
Vanha ulkoseinä	93,231	20	-20	0,703
Uusi ulkoseinä 50mm ekovilla	45,004	20	-20	0,339
Vanha alapohja	40,230	20	-20	0,303
Uusi alapohja	15,886	20	-20	0,120



Kuva 15. Nykyisen ulkoseinärakenteen lämpö- ja kosteuskäyrät. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.



Kuva 16. Uuden ulkoseinärakenteen lämpö- ja kosteuskäyrät. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

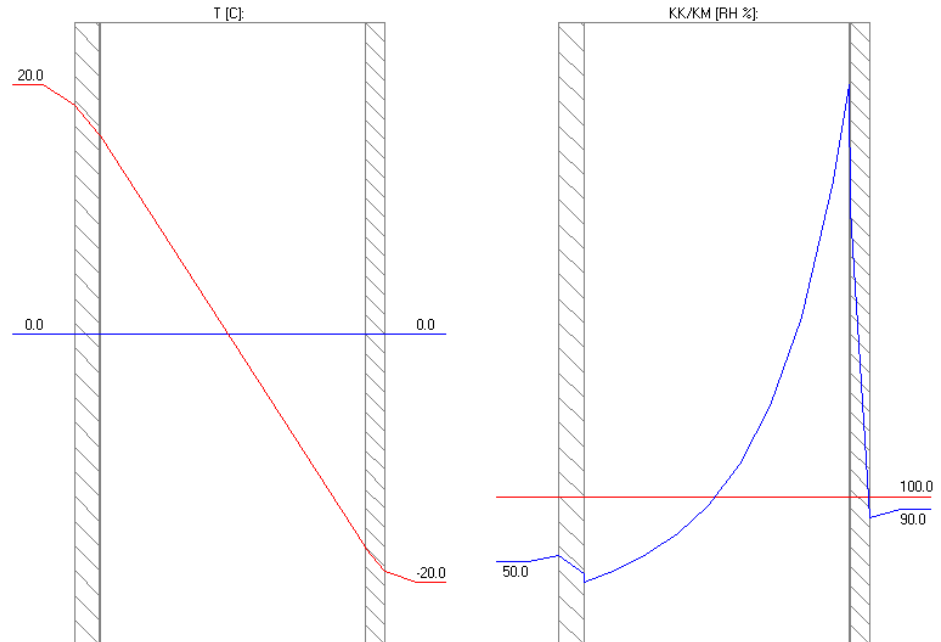
Hirsiseinä on hengittävä rakenne. Puu on materiaalina hygroskooppinen eli sillä on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta. Näin ollen hirsiseinä sitoo sisäilman kosteutta ja siirtää sitä ulospäin. Vesihöyry siirtyy hirsiseinässä konvektiona hirsien välisten saumojen kautta ulospäin. (Lauharo 2002, 17.)

Kyseisten seinärakenteiden eli nykyisen ja uuden seinärakenteen kosteus- ja lämpötekniestä toimivuutta ja eroja vertailtaessa voidaan huomata, että nykyisessä eli eristämättömässä seinärakenteessa lämpötila hirren sisä- ja ulkopinnan välillä laskee huomattavasti nopeammin ja kosteus nousee samassa suhteessa ollen yli 100 % jo hirren puolivälissä. Samalla kohti myös lämpötila painuu alle 0°C. Kosteuspitoisuus laskee hirren ulkopinnan ja tuuletusraon kohdalla, joten sinne jäänyt kosteus tuulettuu pois. Nykyisen seinärakenteen kosteus vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Nykyisen ulkoseinän lämpöhäviö ja lämmöneristyskyky ovat merkittävästi uutta seinärakennetta heikommät (kuva 15).

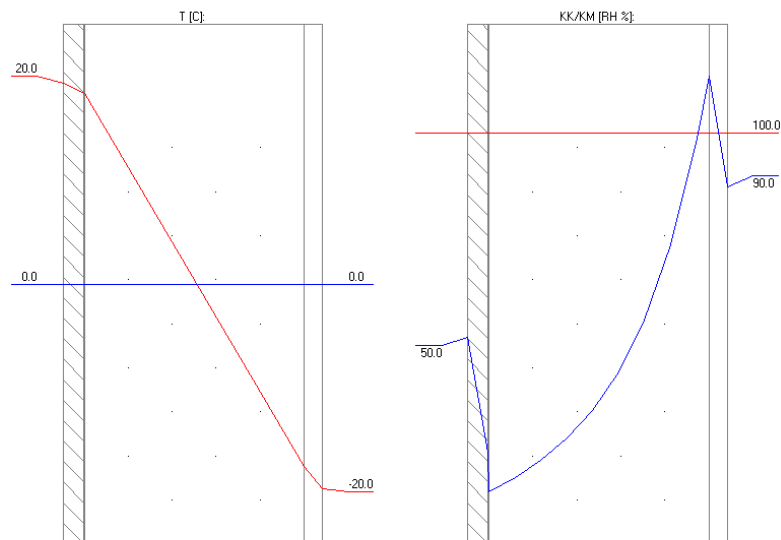
Uuden seinärakenteen kosteuspitoisuus nousee ja lämpötila laskee ulospäin mentäessä huomattavasti hitaammin kuin nykyisen seinän ja siinä rh nousee yli 100 % vasta lisäeristeenä olevan 50 mm Ekovilla-eristeen puolivälin jälkeen ja lämpötila putoaa alle 0°C lähes samalla kohti. Hirren kosteuspitoisuus pysyy verratain alhaisena. Ekovillalla ja tuulileijona-tuulensuojalevyllä on myös hygroskooppiset ominaisuudet, joten ne luovuttaa kosteuden itsestään tuuletusrakoon ja kosteus tuulettuu sitä kautta pois ulkoilmaan (kuva 16).

Tutkimuksessa käytettiin ajankohtana DOF-lämpöohjelmassa vuoden kolmen kylmimmän päivän olosuhteita, jolloin ulko- ja sisätilan kosteuserot ovat suurimmillaan. Voidaankin sanoa, että uudella seinärakenteella on huomattavasti paremmat lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet kuin nykyisellä

rakenteella. Rakenne kerää kosteutta talvella ja kuivuu kesäkuukausina. Uusi seinärakenne on turvallinen ratkaisu kosteusteknisesti eli homehtumis- ja lahovaaraa ei ole.



Kuva 17. Nykyisen alapohjan lämpö- ja kosteuskäyrä. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.



Kuva 18. Uuden alapohjan lämpö- ja kosteuskäyrä. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

Kuten kuvista 17 ja 18 näkyy, on nykyisellä ja uudella suunnitellulla alapohjarakenteella eroja lämmöneristävyydessä ja kosteuspitoisuudetkin vaihtelevat. Rakenteen lämpötila muuttuu molemmissa lähes tulkoon samaan tahtiin rakenteen ulkoa sisällepäin, mutta kosteuspitoisuus on huomattavasti alhaisempi uudessa Ekovillalla eristetyssä alapohjarakenteessa. Siinä rh on yli 100 %

vain hieman tuulensuojalevyn ja eristeen rajapinnassa ja putoaa reilusti alle 50 % eristekerroksen sisäpuolelle mentäessä ollen 50 % lattian pinnassa. Nykyisessä alapohjassa rh menee alle 100 % vasta sahajauhoeristeen puolella välissä ollen 50 % lattian pinnassa. Mutta se ei ole ongelma, koska sahajauholla on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta ja näin ollen se luovuttaa itseensä sitoutuneen kosteuden alapohjan tuuletustilaan ja tuulettuu sitä kautta ulkoilmaan. Talvella molemmat rakenteet keräävät kosteutta ja kesällä kuivuu.

## 6 KORJAUSSUUNNITELMA

Korjaussuunnitelma tehtiin talon omistajien pyynnöstä, koska talon julkisivu oli päässyt vuosien saatossa päässyt ränsistymään huonoon kuntoon. Julkisivun huonokuntoisuus oli hyvä peruste tarkastella koko talon kuntoa sekä suunnitella mahdolliset korjaustavat. Perusparannuksen avulla pyrittiin parantamaan talon ulkonäköä ja energiatehokkuutta. Talon alkuperäistä ulkonäköä ei haluttu muuttaa, vaan korjaukset kohdistuivat puutteellisiin tai vaurioituneisiin rakenteisiin. Uudet seinä- ja alapohjarakenteet suunniteltiin DOF-lämpöohjelmaa käyttäen, jotta saatiin tieto rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toimivuudesta.

### 6.1 Korjausrakentaminen ja määräykset

Korjausrakennettaessa on otettava erilaiset rakennusmääräykset ja -lait. Rakentamista Suomessa ohjaa Suomen rakentamismääräyskokoelma, joka sisältää rakentamisen lait ja määräykset. Sen sisältämät määräykset koskevat pääsääntöisesti uudisrakentamista ja ovat velvoittavia. Määräyksiä voidaan soveltaa, jollei määräyksissä toisin mainita, niiltä osin kuin toimenpiteen laajuus ja rakennuksen korjattavat osat vaativat.

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan korjaustyössä on luontevaa tavoitella uudisrakentamisen tasoa, jos korjaustyö johtuu todetusta turvallisuus- ja/tai terveyshaitasta tai mitä enemmän rakennuksen käyttötarkoitusta muutetaan. Rakennusta tai rakennusosaa ei kuitenkaan tarvitse korjata yksinomaan siitä syystä, että ne eivät täytä nykyisiä määräyksiä. (Valtion ympäristöhallinto, Suomen rakentamismääräyskokoelma)

### 6.2 Korjausrakentaminen ja luvanvaraisuus

Tärkein rakentamista, korjaamista ja maankäyttöä koskeva säädös on maankäyttö- ja rakennuslaki (2000). Näissä laissa- ja asetuksissa määritellään rakentamista koskevat vähimmäisvaatimukset ja luvanvaraisuus. Maankäyttö- ja rakennuslain 125 § :ssa korjausrakentamisen luvanvaraisuudesta todetaan, että rakennuslupa tarvitaan

- sellaisessa korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen,
  - rakennuksen laajentamisessa tai
  - sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämisessä,
  - jos työllä ilmeisesti voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin, tai
  - muutettaessa olennaisesti rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitusta
- (Valtion ympäristöhallinto, Maan käyttö- ja rakennuslaki)

Rakennuslupaa tarvitaan muun muassa silloin, kun: muutetaan kantavia rakenteita, tehdään muutoksia kosteisiin tiloihin, muutetaan LVI-järjestelmiä, toteutetaan julkisivumuutoksia, lisätään lämmöneristystä energiatehokkuuden parantamiseksi, uusitaan tai rakennetaan savuhormi tai tulisija

tai muutetaan kattomuotoa. Lupaa ei vaadita ylläpitokorjauksiin kuuluvissa toimenpiteissä, kuten pintaremonteissa. (Milloin remonttiin tarvitaan lupa, 2006, 20-21.)

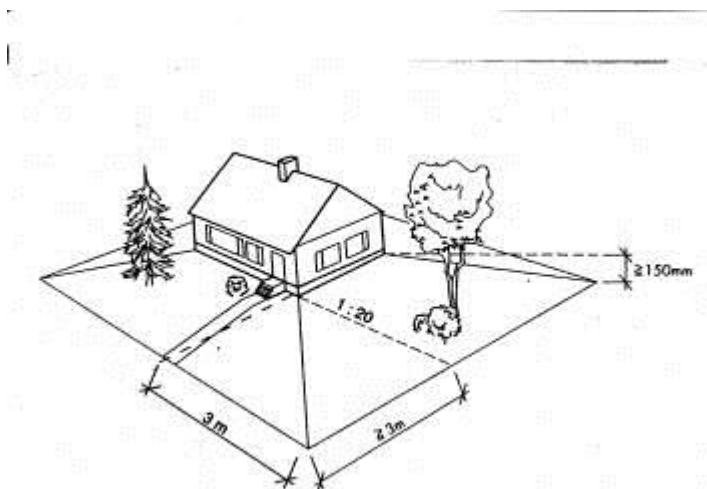
### 6.3 Perustukset

Kuten kuntoarviossa selvisi, talon ympäristöä ei ole salaojitettu. Tämä ei ole kuitenkaan asukkaiden mukaan ollut ongelma. Hirsirakentajan suunnitteluoppaassa (1986, 25) todetaan, että perustettaessa sora- tai hiekkapohjalle jossa pintavesien johtuminen maakerrosten läpi on tehokasta, salaojitus ei ole välttämätöntä.

Talon perustusten ympärille ei ole välttämätöntä tehdä routasuojaa, koska talo on perustettu routimattomalle, 1,5 metrin pohjalle. Lämpimien rakennusten perustusten roudaton perustussyvyys on 1,4 – 1,8 metriä (VTT Yhdyskuntatekniikka, 1997). Talo on selvinnyt routavauriotta vuosien ajan ja jos maapinnan muotoilu ja sadevesikaivot toteutetaan, routavaurioiden riski pienenee muutenkin.

Sokkelin viereen tehdään koko rakennuksen ympäri 60 senttimetriä leveä kiveys, jotta heinä ei kasva sokkeliä vasten ja sadevesi ei roisku seinälle ja lahota ulkoverhouksen alaosia. Tämä myös parantaisi yleistä ulkonäköä. Sokkeli on hyväkuntoinen, joten siihen ei tarvitse tehdä korjauksia. Taloa ympäröivä maanpinta viettää sisäänkäynnin puoleisella sivulla ja talon pohjois-päädystä taloon päin, jolloin pintavedet valuvat rakennukseen päin. Maaperä muotoillaan talon ympäriltä vähintään kolmen metrin matkalta kaltevuuteen 1:20 (kuva 19). Tämä toimenpide on suhteellisen helppo toteuttaa kaivinkoneella.

Syöksytorvien alle lisätään sadevesikaivot, jotta katolta tulevat sadevedet eivät valu suoraan talon perustuksiin, vaan ne saadaan poistettua hallitusti rakennuksesta pois päin.



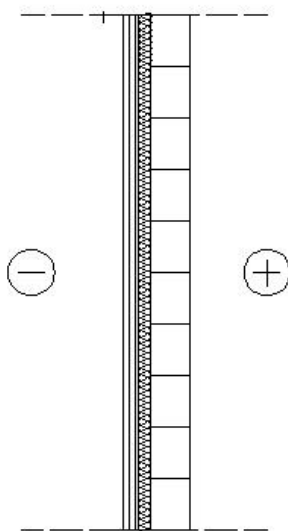
Kuva 19. Maapinnan muotoilu rakennuksen ympärillä. Kuva: Sisäilmayhdistyksen www-sivu.

## 6.4 Alapohja

Alapohjaa ei päästy tutkimaan ryömintätilasta käsin, koska sinne ei ole kulkuaukkoa. Tämän takia alapohja tutkittiin tuuletusaukoista tähytämällä. Silmämääräisesti tutkimalla alapohjassa ei esiintynyt korjaustarpeita. Talon omistajien kertomukset alapohjan rakenteesta ja toiminnasta vahvistavat tiedon hyväkuntoisesta, puurakenteisesta rossilattiasta. Tuuletuskin on toimiva, mutta olisi syytä poistaa tuuletustilassa olevat eloperäiset aineet, jotta niistä ei aiheudu laho- tai homevaurioita. Tulevaisuuden mahdollisia korjaustöitä varten suunniteltiin kuitenkin uusi alapohjarakenne, jota vertailtiin nykyisen alapohjan kanssa aiemmin.

## 6.5 Ulkoverhous

Talon vanha ulkoverhous puretaan täysin ja hirttä vasten oleva tervapaperi poistetaan myös. Hirsirunkoon tehdään koolaus 50 x 50 puutavarasta K600 -jaolla. Koolausvälit täytetään ruiskutettavalla ekovillalla hirttä vasten, mikä täyttää hirren varaukset ja halkeamat, jolloin hirren välien tilkitsemistä ei tarvita. Eristekerroksen päälle laitetaan huokoinen tuulensuojalevy käyttäen 12 mm Tuulileijona -levyä. Tuulensuojalevyn päälle tehdään julkisivuverhous 20 x 120 mm ja 20 x 95 laudasta lomalaudoituksena. Tuulensuojalevyn päälle tehdään koolaus vaakatasoon k600-jaolla käyttäen 20 x 95 mm lautaa, joka muodostaa 20 mm:n tuuletusraon laudoituksen ja tuulensuojalevyn väliin. 20 x 95 lauta jää alimmaiseksi. (kuva 20). Tuuletusrako tuulettaa laudoituksen ja tuulensuojalevyn väliin tiivistyneen kosteuden pois. Ulkoverhouslautojen alapääät viistetään noin 30 asteen kulmaan, jotta vesi valuu lautojen alapäästä pois. Julkisivuverhous maalataan kartanonkeltaisella öljymaalilla. Rakenteen u-arvo on 0,339 W/m<sup>2</sup>K. Tarkemmat tulokset ovat nähtävillä liitteessä 8.



Rakenne sisältä ulospäin:

1. Hirsi 150\*200
2. Ekovilla 50mm ja koolaus 50\*50k600
3. Tuulensuojalevy 12 mm
4. Tuuletusrako 20 mm
5. Julkisivuverhous 20 mm

Kuva 20. Uusi ulkoseinärakenne. Kuva: Ossi Kauppinen 2012.

## 6.6 Yläpohja

Samalla kun vesikatto remontoidaan, on hyvä tehdä korjauksia vinoon yläpohjaan. Vinoa yläpohjaa ei päästy tutkimaan perinpohjaisesti, koska rakenteita ei haluttu hajottaa. Vinossa yläpohjassa on eristeenä mineraalivillaa 300 mm. Lämmöneristystä ei tarvitse lisätä vinon yläpohjan osalta, mutta kylmien ullakoiden kohdalla voisi laittaa entisen 250 mm sahanpurueristeen päälle 150 mm ekovillaa.

Yläpohjan ja vesikaton välinen tuuletus hoidetaan kuntoon jättämällä niiden väliin 100 mm:n tuuletusväli ja lisäämällä talon päätykolmioihin 200 x 200 mm:n kokoiset tuuletussäleiköt.

## 6.7 Vesikatto

Vanhat kattorakenteet, eli päre-, huopa- ja varttikatto, puretaan pois. Koska ulkoseinän paksuus kasvaa, täytyy räystäitä pidentää noin 20 cm. Kattotuolien päälle asennetaan aluskate ja aluskatteen päälle tuuletusrimat kattotuolien suuntaisesti 22 x 50 mm rimaa käyttäen. Tuuletusrimojen päälle asennetaan kattoruoteet 32 x 100 mm laudasta 350 mm:n välein laudan keskeltä keskelle. Sen jälkeen asennetaan itse vesikate eli tiilikuvioinen peltikatto. Räystäsyliityksenä käytetään 40 - 45 mm pituutta. Lisäksi kattoremontin yhteydessä asennetaan uudet sadevesirännit, syöksytorvet ja sadevesikaivot syöksytorvien alle. Näin saadaan sadevedet johdettua pois talon vierustalta.

## 6.8 Ikkunat ja ulko-ovi

Kun ulkoseinälle tehdään julkisivu- tai lämmöneristyskorjaus, jäävät ikkunat hieman syvennykseen. Tällöin on siis syytä pohtia ikkunoiden uusimista samalla, jolloin ikkunat saataisiin sijoitettua ulommaksi. Itse energiansäästämielessä se ei ole järkevää, koska niillä ei saada aikaan kovin merkittävää energiansäästöä. Tässä tapauksessa olisikin järkevintä vain kunnostaa nykyisten ikkunoiden puitteet, joista maali on rapistunut. Ikkunan pielet pitää siis maalata. Ikkunapellit kannattaa uusida samalla ulkonäön takia.

Taloon hankintaan uusi ulko-ovi vanhan tilalle. Ulko-oven päälle rakennetaan lippa, joka estää oven lähes kokoaikaisen kosteusrasituksen. Uusi ulko-ovi on tiivis ja näin ollen se parantaa huomattavasti talon verannan lämpötilaa talvisin.

## 7 MATERIAALIKUSTANNUKSET

Kustannusarvio tehtiin tässä työssä koskemaan pelkästään materiaaleja, koska mahdolliset korjausrakentamistyöt tehdään suurilta osin omana työnä. Kustannusarviossa ei otettu huomioon talon sokkelin viereen tehtävän kiveyksen materiaalikustannuksia, koska se on suhteellisen halpa toimenpide. Kustannusarvioon sisällyttiin ulkoverhouksen, ulko-oven, ikkunapeltien, vesikaton ja sadevesijärjestelmän uusimisessa tarvittavat materiaalit, koska ne ovat kyseisen talon kiireellisimmät ja tärkeimmät korjauskohteet. Materiaalimäärät laskettiin ja arvioitiin talon piirustusten avulla ja materiaalien hukkaprosentit otettiin RATU Rakennustöiden menekit 2010 -kirjasta. Materiaalien hinnat saatiin Taloon.com Internet-sivun materiaalihinnastosta. Ekovillan hinnan kysyin ekovillan asennusfirmalta.

Taulukosta 2 näkee eri rakennusosien korjauksissa tarvittavien materiaalien määrät ja yksikköhinnat. Vesikaton ja ulkoseinien uusiminen ovat luonnollisesti kustannuksiltaan suurimmat. Yksittäisistä materiaaleista kalleimmat ovat lisäeristyksessä käytettävä Ekovilla-eriste ja vesikattoon tarvittava kattopelti.

Taulukko 2. Kustannusarvio materiaaleista.

Peruskorjauksen kustannusarvio: Myllykangas				
Rakennusosa	materiaalimenekki	yksikkö	hinta/yksikkö	materiaalikustannukset €
<b>ULKOSEINÄ</b>				
Ulkoverhouslauta 20 x 120	1300	jm	1,04	1 352,00
Ulkoverhouslauta 20 x 95	1800	jm	0,84	1 512,00
Tuulileijona 12 mm x 1200 x 2700	76	kpl	10,7	810
Ekovilla 50mm	217	m2	12	2 604,00
50 x 50 puutavara	400	jm	0,94	376
22 x 50 puutavara	105	jm	0,33	34,65
Naulat 50 x 21	40	kg	5,95	238
Maali Tikkurila Pikateho	3 x 18	prk	179	537
YHTEENSÄ				7 463,65
<b>ULKO-OVI JA IKKUNAPELLIT</b>				
10 x 21 valkoinen Fenestra	1	kpl	469	469
Ovikatos Superroof 1200 x 950	1	kpl	125	125
Ikkunapelti 2000mm	30	jm	8,95	134,25
YHTEENSÄ				728,25
<b>VESIKATTO</b>				
Kattokannattajat 50 x 125	100	jm	1,95	195
Kattopelti Ruukki Tiilikainen	220	m2	14,73	3 240,60
Aluskate 60 m2/rulla	4	rl	60,5	242
Kateruuvi RAS 1WO 4,8 x 28 100kpl/ltk	15	ltk	13,15	197,15
Korotusrimat 22 x 50	250	jm	0,33	82,5
Harvalaudoitus 32 x 100	800	jm	0,68	544
Harjalista 2100mm	10	kpl	22,92	229,2
Harjan päätykappale	3	kpl	5,44	16,32
Räystäslista 2000mm	22	kpl	12,24	269,28
Päätylista 3000mm	12	kpl	19,55	234,6
Räystäskouru 4000mm	10	kpl	36,9	369
Päätykappale	6	kpl	3,39	20,34
Laajennusjuoksutusosa	6	kpl	12,5	75
Kulmakouru musta 90 astetta sisäkulm	2	kpl	9,99	19,98
Muovikannatin	70	kpl	2,59	181
Ulosheittäjä	6	kpl	6,25	37,5
Syöksyputki 90mm 3m	10	kpl	29,5	295
Taivutettu putki	6	kpl	6,25	37,5
Putken kiinnitysarja 4kpl/pkt	12	kpl	22,5	150
Räystäslauta 18*95	445	jm	0,8	356
Räystäslauta 20*120	165	jm	1	165
Rännikaivo	6	kpl	15,5	93
Naulat 50*21 10kg/ltk	2	kpl	59,5	119
Maali Tikkurila pikateho 18l	1	kpl	179	179
Sadevesiputki 6000mm	20	kpl	16,5	330
Muhvihaara	4	kpl	16,9	67,6
YHTEENSÄ				7 745,57
<b>SISÄÄNKÄYNTIRAPPUSET</b>				
Kestopuu runkoon 48 x 98	55	jm	2,2	121
Kestopuu pintarakenteisiin 48 x 98	70	jm	2,2	154
Kestopuu kaiteisiin 48 x 48	30	jm	1,17	35,9
Kestopuu verhoukseen 28 x 95	35	jm	1,23	43,05
Palkkikenkä 3kpl/pkt	6	kpl	20,8	124,8
Ruuvit 200kpl/pkt 4,8 x 90	2	kpl	32,7	65,4
Ruuvit 200kpl/pkt 4,2 x 55	1	kpl	32,9	32,9
YHTEENSÄ				577,05
<b>KAIKKI MATERIAALIT YHTEENSÄ (SIS. ALV.)</b>				<b>16 514,52</b>

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli arvioida vuonna 1948 - 1949 rakennetun Myllykankaan tilan päärakennuksen kuntoa ja tehdä korjaussuunnitelma tarvittaviin osiin sekä korjauksista aiheutuvien materiaalikustannuksien kustannusarvio. Lisäksi tavoitteena oli vertailla ja tutkia nykyisten ja uusien seinä- ja alapohjarakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta. Rakennuksen kunnonarviointi suoritettiin silmämääräisesti rakenteita rikkomatta. Korjausta vaativat kohteet tulivat hyvin esille ja näin ollen oli helppoa suunnitella tarpeellisimmat korjaukset kohteeseen.

Rakennus on sisäpuolisilta osin hyvässä kunnossa. Korjaustarpeita onkin lähinnä rakennuksen ulkopuolisissa osissa: vesikatossa ja ulkovuorauksessa. Ajatus talon peruskorjaukseen lähtikin juuri huonokuntoisesta julkisivusta. Uusittaessa ulkovuorausta on viisasta miettiä mahdollista lisäeristämistä. Lisäeristämistä tutkittiin DOF-lämpöohjelman avulla ja siten saatiinkin suunniteltua hirsiseinään sopiva ja toimiva uusi lämmöneristysratkaisu. Ulkoseinän lisäeristäminen päätettiin tehdä hirren pintaan ruiskutettavalla 50 mm paksulla Ekovilla-sellueristeellä, jonka päälle laitetaan huokoinen 12 mm paksu Tuulileijona-tuulensuojalevy. Tuulensuojalevyn päälle tehdään ulkoverhous ja väliin jätetään 20 mm:n tuuletusrako.

Korjauksissa tarvittavien materiaalien kustannusarvion tulos on 16 514,52€. Arvioin, että tämä on aika lähellä totuutta, tosin vanhaa korjatessa tulee varmasti yllätyksiä ja budjetti voi näin ollen kasvaa työn edetessä. Työkustannukset olisivat luultavasti materiaalikustannusten kanssa samaa hintaluokkaa. Materiaalikustannuksissa talon omistajat voivat säästää käyttämällä itse sahautettua puutavaraa.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö oli hyödyllinen, sillä talon omistajat saivat tietoa korjausta vaativista kohteista ja niiden toteuttamistavasta. Kustannusarvio antaa mahdollisuuden varautua tulevien korjaustöiden kustannuksiin. Kun korjaustyöt toteutetaan, on asuinrakennus sekä ulkonäöltään että asumismukavuudeltaan huomattavasti viihtyisämpi ja energiatehokkaampi.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ARKKITEHTUURIMUSEON www-sivu [viitattu 29.11.2012]. Saatavissa:

<http://www.mfa.fi/jalleenrakennuska>

DOFTECHIN www-sivu [viitattu 2.1.2013]. Saatavissa:

<http://www.dof.fi/www/index.php?lang=fin&page=proglampo>

EKOVILLA OY:n www-sivu [viitattu 17.12.2012]. Saatavissa: [http://www.ekovilla.com/miksi-](http://www.ekovilla.com/miksi-ekovilla/lammin-ja-kestava/)

[ekovilla/lammin-ja-kestava/](http://www.ekovilla.com/miksi-ekovilla/lammin-ja-kestava/)

HEKKANEN, Matti. 1998. Pientalon kuntoarvio. Tammerpaino Oyj, Tampere.

LAUHARO, Kimmo. 2002. Hirsi rakennusaineena ja teollinen hirsitalo. Oy Unipress Ab, Tampere.

MILLOIN REMONTTIIN TARVITAAN LUPA? [verkkodokumentti]. Lommi, J. 2006.

Pientalorakentamisen Kehittämiskeskus PRKK Ry [viitattu 10.12.2012]. Saatavissa:

<http://www.prkk.fi/files/pdf/1201/Milloin%20remonttiin%20tarvitaan%20lupa.pdf>

MOTIVAN www-sivu [viitattu 16.12.2012]. Saatavissa:

[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen\\_suunnittelu/lammoneristys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_suunnittelu/lammoneristys)

MUSEOVIRASTO. 2000. Korjauskortti 2 – Lämmöneristyksen parantaminen. Museovirasto [viitattu

17.12.2012]. Saatavissa:

<http://www.nba.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennusperinto/restaurointi/korjauskortit>

RAKENNUSPERINNÖN www-sivu [viitattu 29.11.2012]. Saatavissa:

[http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus\\_artikkelit/fi\\_FI/Pientalojen\\_rakenteet\\_1940-1970/\)](http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Pientalojen_rakenteet_1940-1970/)

RAKENTAJAN TIETOPALVELU RTI OY. 1996. Hirsirakentajan suunnitteluopas. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

RAKMK C4. Lämmöneristys 2003. 2003. Helsinki: Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS.

SIIKANEN, Unto. 2008. Puurakentaminen. Esa Print Oy, Tampere.

SISÄILMAYHDISTYKSEN www-sivu [viitattu 17.12.2012]. Saatavissa:

[http://www.sisailmayhdistys.fi/ap-pics/teti/maanpinna\\_muotoilu.jpg](http://www.sisailmayhdistys.fi/ap-pics/teti/maanpinna_muotoilu.jpg)

SPU-ERISTEET. 2010. Eistä oikein – Rintamamiestalo. SPU-Eristeet [viitattu 30.11.2012].

Saatavissa: [http://www.spu.fi/files/spu/oppaat/58990\\_Rintamamiestalo\\_LOW\\_nettiin.pdf](http://www.spu.fi/files/spu/oppaat/58990_Rintamamiestalo_LOW_nettiin.pdf)

TALOON.COM – Rautakauppa netissä www-sivu [viitattu 2.1.2013]. Saatavissa:  
<http://www.taloon.com/rakentaminen/4093/dg>

VALKEAKOSKEN ENERGIAN www-sivu [viitattu 17.12.2012]. Saatavissa:

<http://www.valkeakoskenenergia.fi/Vinkit/Kodinenergians%C3%A4%C3%A4st%C3%B6hjeita/L%C3%A4mmitys/tabid/2721/Default.aspx>

VALTION YMPÄRISTÖHALLINNON www-sivu [viitattu 10.12.2012]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=49549>

VINHA, Juha. 2012. Energiatehokkuuden parantamisen keinot ja vaikutukset korjausrakentamisessa. Savonia AMK:lle sunnattu rakentamisen teemapäivä, Kuopio 24.2.2012. Luento.

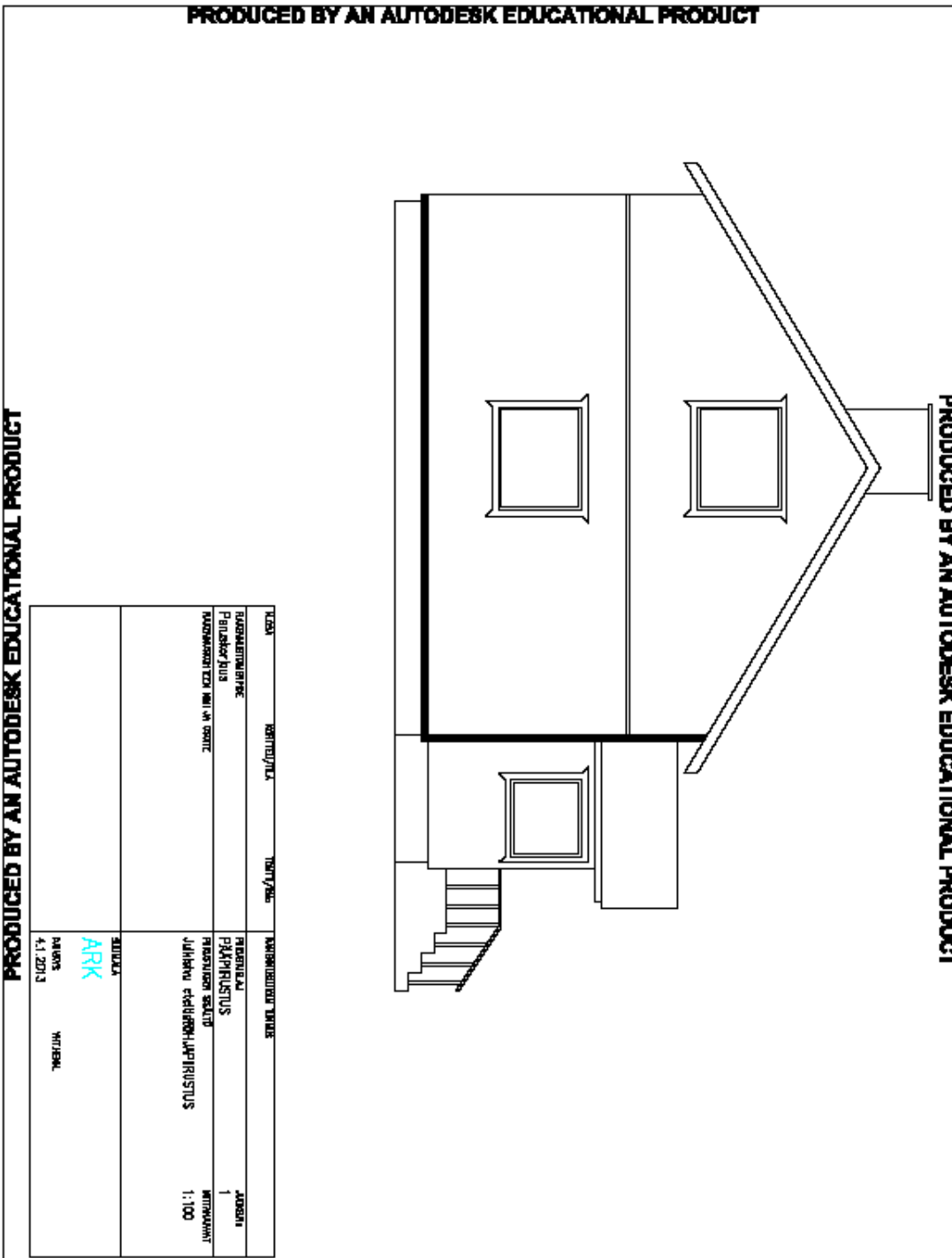
VTT YHDYSKUNTATEKNIikka. 1997. Talonrakennuksen routasuojausohjeet. Tammerpaino Oyj. Tampere.





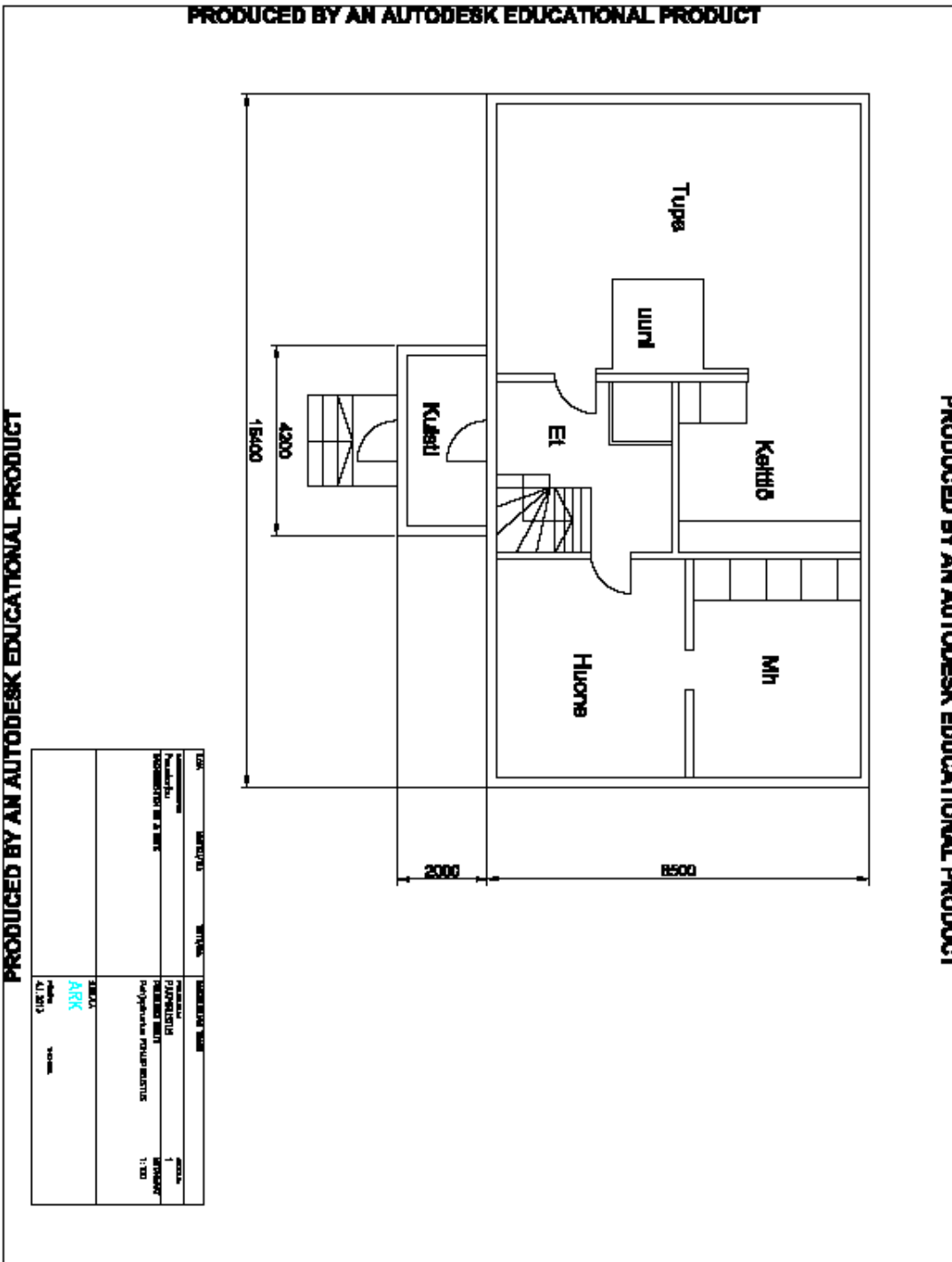


## LIITE 4. JULKISIVU ETELÄSTÄ.



**PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT**

LIITE 5. POHJAPIIRROS 1. KERROS.





## LIITE 7. NYKYISEN ULKOSEINÄN LÄMPÖ- JA KOSTEUSKÄYRÄT.

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 12/17/2012	Tunnus:

<b>Rakenteen päätiedot:</b> U-arvo: 0.703 W/m2K Paksuus: 191.000 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 80.80 kg Hinta: 0.00 euro  Vesihöyryn vastus: 17868.058 m2hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000056 g/m2hPa Lämmönvastus: 1.423 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.070 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m2K/W Kulma (0-90): 90.000	
--	--

<b>Rakenteen kerrostiedot:</b>						Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	
1 Puu (kuusi)	20.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00	
2 Tuulettuva ilmarako	20.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00	
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00	
4 Puu (mänty)	150.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00	
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys						

<b>Lämpötilat ja kosteudet:</b>					<b>3:n päivän kylmin (0.0 h)</b>	<b>Lisätiedot:</b>
Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00	
1	-18.03	100.0	75.5	75.5	0.00	
2	-14.02	100.0	117.3	100.0	0.00	
3	-13.96	100.0	116.6	100.0	0.00	
4	-13.76	100.0	142.4	100.0	0.00	
5	16.35	100.0	62.8	62.8	0.00	
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00	
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %) T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus						

## LIITE 8. UUDEN ULKOSEINÄN LÄMPÖ- JA KOSTEUSKÄYRÄT.

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 12/17/2012	Tunnus:

<b>Rakenteen päätiedot:</b> U-arvo: 0.339 W/m <sup>2</sup> K Paksuus: 262.000 mm Pinta-ala: 1.00 m <sup>2</sup> Paino: 88.95 kg Hinta: 0.00 euro  Vesihöyryn vastus: 17743.389 m <sup>2</sup> hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000056 g/m <sup>2</sup> hPa Lämmönvastus: 2.949 m <sup>2</sup> K/W Pintavastus, ulko: 0.070 m <sup>2</sup> K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m <sup>2</sup> K/W Kulma (0-90): 90.000	
--	--

<b>Rakenteen kerrostiedot:</b>		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)			
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Puu (kuusi)	25.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
2 Tuulettuva ilmarako	25.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00
3 Puukuitulevy, huokoi	12.00	0.0560	1.080000e-04	0.00	350.00
4 Puukuitueriste	50.00	0.0390	3.780000e-04	0.00	35.00
5 Puu (mänty)	150.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

<b>Lämpötilat ja kosteudet:</b>					<b>3:n päivän kylmin (0.0 h)</b>	<b>Lisätiedot:</b>
Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.05	0.95	0.79	83.2	0.00	
2	-16.63	1.18	1.89	100.0	0.00	
3	-16.59	1.19	1.89	100.0	0.00	
4	-13.69	1.57	1.94	100.0	0.00	
5	3.70	6.28	2.00	31.9	0.00	
6	18.24	15.59	8.64	55.4	0.00	
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00	

Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)  
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

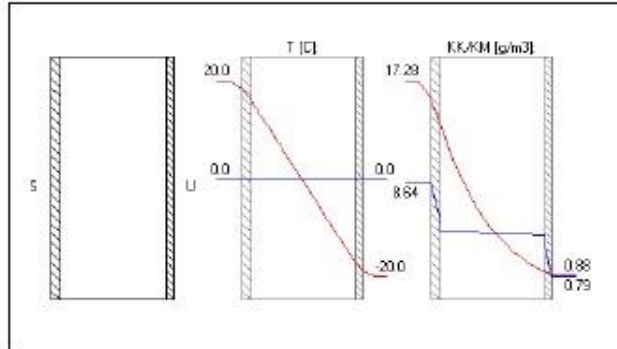
## LIITE 9. NYKYISEN ALAPOHJAN LÄMPÖ- JA KOSTEUSKÄYRÄT.

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 12/21/2012	Tunnus:

## Rakenteen pää tiedot:

U-arvo: 0.303 W/m<sup>2</sup>K  
Paksuus: 352.000 mm  
Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
Paino: 71.12 kg  
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 7190.657 m<sup>2</sup>hPa/g  
Vesih. läpäisykerroin: 0.000139 g/m<sup>2</sup>hPa  
Lämmönvastus: 3.299 m<sup>2</sup>K/W  
Pintavastus, ulko: 0.070 m<sup>2</sup>K/W  
Pintavastus, sisä: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
Kulma (0-90): 0.000



## Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Puu (mänty)	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00
2 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
3 Sahanpuru	300.00	0.1100	6.600000e-04	0.00	160.00
4 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
5 Puu (kuusi)	22.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

## Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00
1	18.42	15.77	8.64	54.8	0.00
2	16.00	13.65	5.58	40.9	0.00
3	15.91	13.58	4.64	34.1	0.00
4	-17.16	1.12	4.14	100.0	0.00
5	-17.25	1.12	3.19	100.0	0.00
6	-19.15	0.94	0.79	83.9	0.00
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00

## Lisätiedot:

Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

L:\Dof lämpö rakenteet\Vanha alapohja 300mm sahanpuru.LAM

## LIITE 10. UUDEN ALAPOHJAN LÄMPÖ- JA KOSTEUSKÄYRÄT.

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 12/21/2012	Tunnus:

<b>Rakenteen pää tiedot:</b> U-arvo: 0.120 W/m <sup>2</sup> K Paksuus: 354.000 mm Pinta-ala: 1.00 m <sup>2</sup> Paino: 32.69 kg Hinta: 0.00 euro  Vesihöyryn vastus: 4693.188 m <sup>2</sup> hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 0.000213 g/m <sup>2</sup> hPa Lämmönvastus: 8.354 m <sup>2</sup> K/W Pintavastus, ulko: 0.070 m <sup>2</sup> K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m <sup>2</sup> K/W Kulma (0-90): 0.000	
---	--

<b>Rakenteen kerrostiedot:</b>				Kerrokset sisältä (S) ulos (U)		
	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1	Puu (mänty)	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00
2	Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
3	Puukuitueriste	300.00	0.0400	3.780000e-04	0.00	35.00
4	Puukuitulevy, huokoi	25.00	0.0560	1.080000e-04	0.00	350.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

<b>Lämpötilat ja kosteudet:</b>					<b>3:n päivän kylmin (0.0 h)</b>	<b>Lisätiedot:</b>
Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:	
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00	
1	19.38	16.67	8.64	51.8	0.00	
2	18.42	15.76	3.96	25.1	0.00	
3	18.39	15.73	2.50	15.9	0.00	
4	-17.53	1.09	1.18	100.0	0.00	
5	-19.66	0.90	0.79	87.5	0.00	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	

Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)  
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

