

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Eronen Heikki

RINTAMAMIESTALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN
ULKOVAIPAN KORJAUKSEN YHTEYDESSÄ

Opinnäytetyö
Lokakuu2014

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto..... | 6 |
| 1.1 | Työn lähtökohdat | 6 |
| 1.2 | Työn tavoitteet | 6 |
| 1.3 | Työn rajaukset | 6 |
| 2 | Käsitteitä | 7 |
| 3 | Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät ja tietoperusta..... | 8 |
| 3.1.1 | Määräykset ja ohjeet rakennusfysikaaliseen suunnitteluun | 8 |
| 3.1.2 | Määräykset rakennesuunnitteluun | 8 |
| 3.1.3 | Kustannuslaskenta | 8 |
| 4 | Kohde | 9 |
| 5 | Kuntotutkimus | 10 |
| 6 | Kohteen vanhat rakenteet..... | 10 |
| 6.1 | Vesikatto/ yläpohjat..... | 10 |
| 6.2 | Ulkoseinät..... | 13 |
| 6.3 | Alapohja..... | 14 |
| 6.4 | Ikkunat ja ovet..... | 15 |
| 7 | Vanhojen rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta | 15 |
| 7.1 | Kosteuden mittauspisteet | 15 |
| 7.2 | Kosteusmittausten tulokset..... | 17 |
| 8 | Vanhojen rakenteiden rakennusfysikaalinen tarkastelu | 18 |
| 8.1 | Kosteuslaskennassa käytetyt menetelmät..... | 18 |
| 8.2 | Vanhan osan yläpohjat | 20 |
| 8.3 | Laajennusosan yläpohja | 23 |
| 8.4 | Ulkoseinät..... | 23 |
| 8.5 | Alapohja..... | 26 |
| 9 | Uusien rakenteiden rakennesuunnittelu..... | 26 |
| 9.1 | Yläpohja/ vesikatto..... | 26 |
| 9.2 | Kattopalkkien rakenteellinen mitoitus..... | 28 |
| 9.3 | Ulkoseinät..... | 34 |
| 9.4 | Alapohjat..... | 34 |
| 10 | Suunniteltujen rakenteiden rakennusfysikaalinen tarkastelu..... | 35 |
| 10.1 | Yläpohjat..... | 35 |
| 10.2 | Ulkoseinät..... | 36 |
| 11 | E-luvun laskenta ja energiankulutuksen vertailu | 36 |
| 11.1 | E-luku vanhoilla rakenteilla | 37 |
| 11.2 | E-luku uusilla rakenteilla | 39 |
| 11.3 | Lämpöhäviö rakennetyypeittäin | 40 |
| 11.4 | Energiansäästö rakennetyypeittäin..... | 41 |
| 12 | Uusien rakenteiden kustannuslaskenta | 41 |
| 12.1 | Rakenteiden hinnat..... | 42 |
| 12.2 | Takaisinmaksuaika | 44 |
| 13 | Korjausratkaisujen valinta | 44 |
| 13.1 | Lämmöneristysvaatimusten täyttymisen osoittaminen..... | 45 |
| 13.2 | Rakennusfysikaalinen toiminta | 45 |
| 14 | Määrälaskenta valituilla rakenneratkaisuilla..... | 46 |
| 15 | Suunnitelmien tekeminen..... | 46 |
| 16 | Loppupäätelmät | 47 |
| | Lähteet..... | 50 |

Liitteet

Liite1 Tarkastuslomake

Liite 2 Laskennassa käytetyt sääolosuhteet v. 2012

Liite 3 Vanhan YP1-yläpohjan kosteuskäyttäytyminen

Liite 4 Vanhan YP 2-yläpohjan kosteuskäyttäytyminen

Liite 5 Vanhan US1-seinärakennetyypin kosteustekninen toiminta

Liite 6 Kattovasojen mitoituksen tulos

Liite 7 Korotuspalkkien mitoituksen tulos

Liite 8 Palkkien kiinnitysten mitoitus

Liite 9 Rakennekokonaisuudet

Liite 10 Uusien yläpohjien kosteustekninen toiminta

Liite 11 Esimerkki uuden ulkoseinärakenteen kosteusteknisestä toiminnasta

Liite 12 E-luku vanhoilla rakenteilla

Liite13 Yhteenveto rakennekokonaisuuksien hinnoista ja takaisinmaksuajoista

Liite 14 Takaisinmaksuaika E-luvun mukaan

Liite 15 Rakennekokonaisuuden valinta

Liite 16 Korjattavien rakenteiden lämpöhäviöiden tasauslaskenta

Liite 17 Määrälaskenta

Liite 18 Uudet rakennetyypit

Liite 19 Leikkaukset ja detaljipiirrokset

**OPINNÄYTETYÖ**

Lokakuu 2014

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200JOENSUU
+358 50 260 6800Tekijä(t)
Heikki Eronen

Nimeke

Rintamamiestalon energiatehokkuuden parantaminen ulkovaipan korjauksen yhteydessä

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut tehdä suunnitelmat rintamamiestalon ulkoverhouksen ja kattoremontin yhteydessä rakenteisiin tehtävään energiatehokkuuden parantamiseen Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaisesti, sekä vertailla eri rakenneratkaisujen kustannustehokkuutta.

Työn aluksi kohteeseen tehtiin rakennuksen ulkovaippaan keskittyvä kuntotarkastus, jossa tutkittiin vanhojen rakenteiden kunto. Tarkastuksen perusteella suunniteltiin jokaiseen kolmeen yläpohjarakenteeseen yksi sopiva korjausratkaisu. Ulkoseiniin suunniteltiin useita korjausvaihtoehtoja erilaisilla eristeillä. Näistä rakenneratkaisuista muodostettiin 14 rakennekokonaisuutta, joita vertailtiin keskenään.

Rakennevaihtoehtojen rakennusfysikaalinen toiminta tutkittiin DOF-Lämpö 2.2-ohjelmalla, jonka avulla saatiin selville kosteustekninen toiminta sekä vuotuinen lämpöhäviö. Lisäksi laskettiin eri rakennevaihtoehtojen E-luvut CADS Planner House Pro-ohjelmistolla.

E-lukulaskelmien, lämpöhäviötietojen sekä rakenteiden kustannuslaskennan avulla saatiin määritettyä rakenteiden kustannukset ja takaisinmaksuajat.

Takaisinmaksuajan, alkuinvestoinnin suuruuden sekä rakennuksen ulkonäköön vaikuttavien seikkojen perusteella valittiin käytettävä korjausratkaisu sekä tehtiin valittuun ratkaisuun detaljipiirustukset, määräluettelo ja kustannusarvio.

Kieli
SuomiSivuja 51
Liitteet 19
Liitesivumäärä 52Asiasanat
Energiatehokkuus, kustannustehokkuus, lämpöhäviö, rintamamiestalot

**THESIS**

October 2014

Degree Programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3

FI 80200 JOENSUU

FINLAND

+358 50 260 6800

Author(s)

Heikki Eronen

Title

Energy Efficiency Improvement in an Exterior Shell Renovation of a Detached House

Abstract

The aim of this thesis was to make the plans for the energy efficiency improving with exterior cladding and roof renovation in a "rintamamiestalo" that is the type of detached house which were built after the Second World War. Plans have been made according to decree 4/13 of the Ministry of the Environment. The idea is to compare the structures cost efficiency with each other.

The work was began by conducting the building condition inspection which focused on the exterior shell. In the outer walls several different insulation solutions were planned. Also a repair solution for all three roof structures was planned. All these solutions were based to the building condition inspection. From these plans 14 structural options were made and they were compared with each other.

The physical operation of the structural options was studied research using DOF-Lämpö 2.2-software which found out the moisture physical behavior and annual heat losses. In addition E-factors were calculated by the Cads Planner House Pro software for every structure options.

The repayment period of structural options were defined with the help of the thermal losses and E-factor calculations and using the cost accounting.

The solution to be used for repair was selected based on the pay-off time, the amount of initial investment and factors affecting the appearance of the building. After that the chosen solution detail drawings, the bill of quantities and cost estimate were made.

Language

Finnish

Pages 51

Appendices 19

Pages of Appendices 52

Keywords

Energy efficiency, cost efficiency, heat loss, detached houses

1 Johdanto

1.1 Työn lähtökohdat

Lähtökohtana työlle oli lieksalaisen toimeksiantajan tarve uusia rintamamiestalon vesikatto ja ulkoverhous. Hanke edellyttää toimenpidelupaa, jonka liitteiksi tarvitaan rakennuspiirustukset. Lisäksi tarvitaan suunnitelmat käytännön työn toteuttamiseksi.

1.9.2013 käyttöön otetun Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaan mittavampien, rakennus- tai toimenpidelupaa vaativien korjausten yhteydessä on mahdollisuuksien ja työhön käytettävien resurssien puitteessa suoritettava energiatehokkuuden parantamista.

1.2 Työn tavoitteet

Päätavoitteena oli löytää kohteeseen soveltuvin ja kustannustehokkain korjausratkaisu. Työssä vertailtiin korjausvaihtoehtoja keskenään ja verrattiin lisäeristysten tuomaa energiansäästöä ja takaisinmaksuaikaa entiseen rakenteeseen nähden eri vaihtoehtojilla, rakennusfysikaalista ja rakenteellista toimintaa unohtamatta. Työn lopputuloksena käytettävissä on kohteeseen sopivin korjausvaihtoehto laskelmineen ja piirustuksineen, määräluetteloineen sekä kustannusarvioineen.

1.3 Työn rajaukset

Työstä jätin pois toimeksiantajan toiveen ympärilasitetusta terassista ja keskityin ainoastaan energiatalouteen ja rakennusfysiikkaan vaikuttaviin osaluaisiin.

2 Käsitteitä

| | |
|-----------------------------|---|
| Asetus 4/13 | Ympäristöministeriön 1.9.2013 julkaisema määräys rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta rakennuslupaa vaativan korjaus- tai muutostyön yhteydessä. Määrää vähimmäisarvot korjausten yhteydessä tehtävälle energiatehokkuuden parantamiselle. |
| Diffuusio | Kosteuden siirtyminen vesihöyrynä rakenteen läpi. Siirtymisen suunta on aina suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään päin, rakennuksissa yleensä sisältä ulospäin [1, s.56]. |
| E-luku | Energiamuotokertoimella painotettu laskennallinen osatoenergian kulutus vuodessa rakennuksen nettoalaa kohti. Yksikkö kWh/(m ² a) [2]. |
| Lämpöhäviö | Lämpötilaerosta riippuva johtumalla tapahtuva lämpöenergian siirtyminen rakenneosan läpi. Yksikkö kWh/m ² . |
| Suhteellinen kosteus | Ilmoittaa ilmassa olevan todellisen kosteuden (absoluuttisen kosteuden) ja kyllästyskosteuden välisen suhteen. Suhteellinen kosteus ei voi ylittää kyllästyskosteuden eli 100 %:n rajaa [1, s.55]. |
| Tiivistyminen | Sama asia kuin kondensoituminen. Tarkoittaa ilmiötä, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi tilanteessa, jolloin ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Tapahtuu aina ilmaa kylmemmälle kovalle pinnalle [1, s.57]. |
| U-arvo | Kuvaa ulkovaipan rakenteiden lämmöneristyskykyä, mitä pienempi arvo, sitä paremmin rakenne eristää lämpöä. Yksikkö W/(m ² K) [3]. |
| Ulkovaippa | Rakennuksen ulkoilmaan tai maahan rajoittuvat rakenneosat kuuluvat ulkovaippaan. |

3 Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät ja tietoperusta

Tutkimusmenetelminä käytin tietokoneavusteista kosteuden diffuusiosiiirtymisen ja lämpöhäviöiden mallinnusta sekä E-luku-laskentaa ja Excel-
taulukkolaskentaa.

Teoriapohjana työssä käytin aiheeseen liittyviä määräyksiä, ohjeistuksia, kirjallisuutta sekä Internetissä olevaa aineistoa.

3.1.1 Määräykset ja ohjeet rakennusfysikaaliseen suunnitteluun

Rakennusfysikaalisessa ja energialaskentaan liittyvässä suunnittelussa määräyksinä käytin rakennusmääräyskokoelman osia C2, C4, D3, D5 sekä ympäristöministeriön asetusta energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- tai muutostyön yhteydessä (asetus 4/13). Ohjeina käytin ympäristöministeriön ja RT-kortiston ohjeita sekä Internetiä ja kirjallisuutta.

3.1.2 Määräykset rakennesuunnitteluun

Rakennesuunnittelussa, eli tässä tapauksessa puurakenteiden mitoituksessa, käytin määräyksinä Euronormin osaa 1995-1-1 kansallisen liitteen kanssa, sekä kyseisestä normista tehtyä lyhennettyä suunnitteluohjetta.

3.1.3 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskennan tietoperustana käytin Ratu-kortteja, joista otin työmenekit laskentaan.

4 Kohde

Opinnäytetyön kohteena on perinteinen, v.1952 rakennettu puuverhoiltu rintamamiestalo (kuva 1), jonka vesikatto ja ulkoverhous ovat tulossa käyttöikänsä päähän.



Kuva 1. Sisäänkäynti julkisivu

Rakennukseen on tehty v. 1992 laajennus, jossa sijaitsevat WC, kodinhoitotila sekä pesuhuone ja sauna. Kohteen lämmitystapana on suora sähkölämmitys pattereilla sekä vanhoihin pystyuuneihin asennetuilla sähkövastuksilla, lisäksi on varaava puulämmitteinen uuni.

Ilmanvaihtona toimivat savuhormissa olevat ilmakehanavat painovoimaisesti sekä laajennuksessa oleva huippuimuri silloin, kun pesutiloja käytetään.

5 Kuntotutkimus

Tein kohteeseen kuntotarkastuksen/ tutkimuksen tarvittavassa laajuudessa, keskittyen ulkoseinien ja yläpohjan rakenteisiin, sekä mahdollisiin vaurioihin. Lisäksi otin rakenteista tarvittavat mitat suunnittelua varten. Käytävissä oli v. 1992 rakennuksen laajennuksen yhteydessä käsin piirretyt lupapiirustukset, sekä jonkin verran rakennepiirustuksia. Tarkastuksen perusteella ryhdyin suunnittelemaan tarvittavia toimenpiteitä.

Tutkimukseni keskittyivät erityisesti vanhan osan ulkoilmaan rajoittuviin rakenteisiin, koska piirustuksien osalta rakenteista ei saanut selville materiaaleja eikä rakennepaksuuksia. Laajennusosasta on olemassa rakennepiirustuksia, joista sai tietoa soveltuvilta osin, kuitenkin varmistin mahdollisuuksien mukaan rakenteiden piirustusten mukaisen toteutuksen. Liitteenä olevaan taulukkoon keräsin vanhojen rakenteiden tiedot rakennusosakohtaisesti, ulkopinnasta sisäpintaan, alapohjissa sisäpinnasta ulkopintaan (liite 1). Lisäksi suoritin kosteusmittauksia riskialttiiksi katsomistani paikoista.

6 Kohteen vanhat rakenteet

6.1 Vesikatto/ yläpohjat

Rakennuksessa on peltikate, joka oli asennettu suoraan entisen huovan ja ponttilaudoituksen päälle, ilman tuuletusrakoa. Kantavana rakenteena toimii 50x125 mm:n kehärakenteinen palkisto, yläpohjan vinoilla osilla eristeenä toimii n.100 mm sahanpurua. Tuuletusrako ponttilaudoituksen ja purun päällä olevan tervapahvin välissä oli vain n. 25 mm, osin tuuletusrako oli täysin ummessa (kuva 2).



Kuva 2. Tuuletusrako ummessa

Suoralla osalla vaakapalkistona toimii 50x125 mm palkit, joiden välissä eristeenä 125mm mineraalivillaa, villan päällä purueristys n.150 mm. Eristeet olivat kuivia.

Yläpohjan tuuletus oli puutteellinen, koska päädyissä ei ollut ollenkaan tuuletusaukkoja, jolloin ilma vaihtuu huonosti yläkolmiotilassa. Puutteellisen tuuletuksen ja jossakin vaiheessa tapahtuneen kattovuodon takia, etenkin savuhormin vieressä ja alapuolella olevat kattopohjalaudat olivat selvästi tummentuneita. Myös paikoissa, joissa vähäinenkin tuuletusrako oli sivu-ullakolta katsottuna tukittu, laudoissa näkyi tummentumia.

Savuhormissa ja sen viereisissä palkeissa oli havaittavissa mikrobikasvustoa puutteellisista hormipellityksistä johtuneen kattovuodon seurauksena (kuva 3).



Kuva 3. Vaurioita yläpohjassa.

Laajennusosan yläpohja on palkkirakenteinen suora yläpohja, jonka eristeenä on 250 mm mineraalivillaa. Rakenteiden kunnosta ei saanut tietoja, koska yläpohjatilaan ei ollut minkäänlaista kulkuaukkoa.

6.2 Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteena toimii perinteinen rintamamiestalon seinärakenne, jossa kantavana runkona on 50x100 mm:n puurunko, rungon molemmin puolin on vinolaudoitus ja väli on täytetty tiivistetyllä sahanpurulla.

Ulkoverhouksena rakennuksen vanhassa osassa oli alkuperäinen rimalaudoitus ilman tuuletusrakoa, verhouksen ja vinolaudoituksen välissä oli tiivis tervahuopa, joissakin paikoissa oli käytetty jopa kattohuopaa (kuva 4). Verhous oli huonossa kunnossa puuttuvan tuuletusraon ja heti verhouksen takana olevan tiiviin kerroksen, sekä pitkän käyttöiän takia.



Kuva 4. Bitumihuopa verhouksen takana

Rakennuksen laajennuksen yhteydessä v.1992 seinän sisäpuolelle oli tehty 50mm puukoolaus ja eristys mineraalivillalla, höyrynsulkumuovi on asennettu koolauksen ja sisäverhouslevynä toimivan kipsilevyn väliin.

Laajennusosan ulkoseinä rakenteena toimii puurunkoinen 125 mm mineraalivillieristeinen seinä, jonka ulkopuolella on 50 mm vaakakoolaus ja eriste, tuulensuojalevy, 22mm ilmarako/ koolaus ja rimalaudoitus. Sisäpinnassa on höyrynsulkumuovi ja kipsilevy.

6.3 Alapohja

Alapohjarakenteena vanhalla osalla on ryömintätilainen tuulettuva puupalkkirakenteinen rossipohja, jossa eristeenä purueristys n.300 mm, alapinnassa umpilaudoitus. Sisäpintaan on lisätty 100mm:ä mineraalivillaa ja höyrynsulkumuovi, muovin päällä on lautakoolaus ja lastulevy pintamateriaaleineen.

Ryömintätila oli hyväkuntoinen eikä rakenteissa näkynyt vaurioita, tuuletusaukot ovat olleet auki, jolloin ryömintätila on päässyt tuulettumaan ja pysynyt näin kuivana. Tuuletusaukkoja oli näkyvillä rakennuksen koillispuolella 3 kpl ja lounaispuolella 2 kpl. Ryömintätilassa oli kuitenkin paljon jätetavaraa (kuva 5). Jätteet tulisi poistaa.



Kuva 5. Ryömintätila

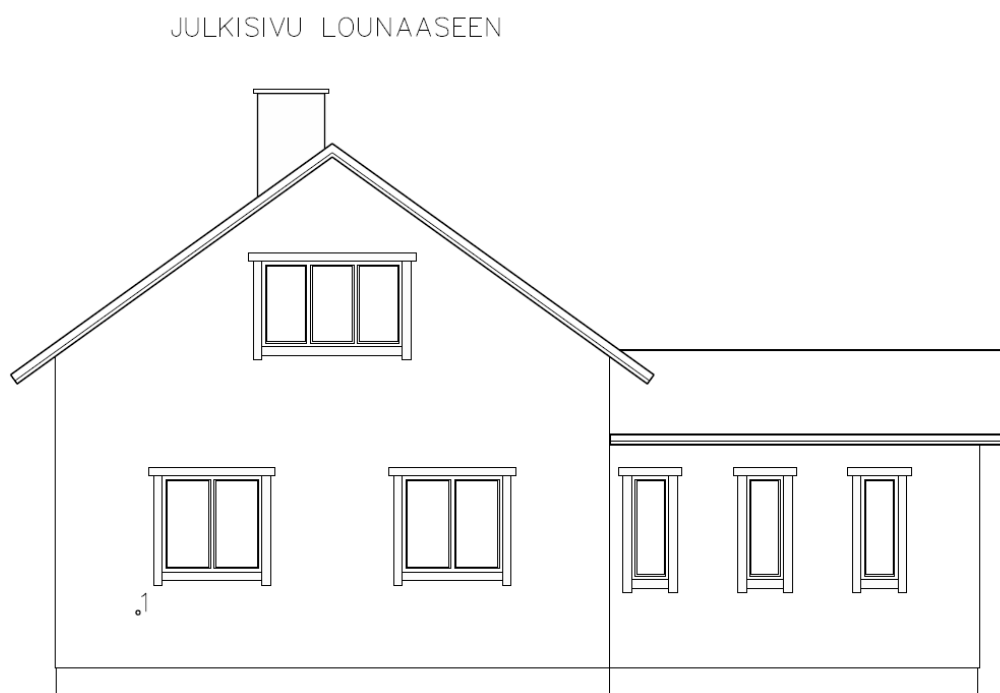
6.4 Ikkunat ja ovet

Rakennuksen ikkunat ja ovet on vaihdettu 2000-luvulla uusiin. Ne ovat hyväkuntoisia eikä niillä ole vaihtotarvetta.

7 Vanhojen rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta

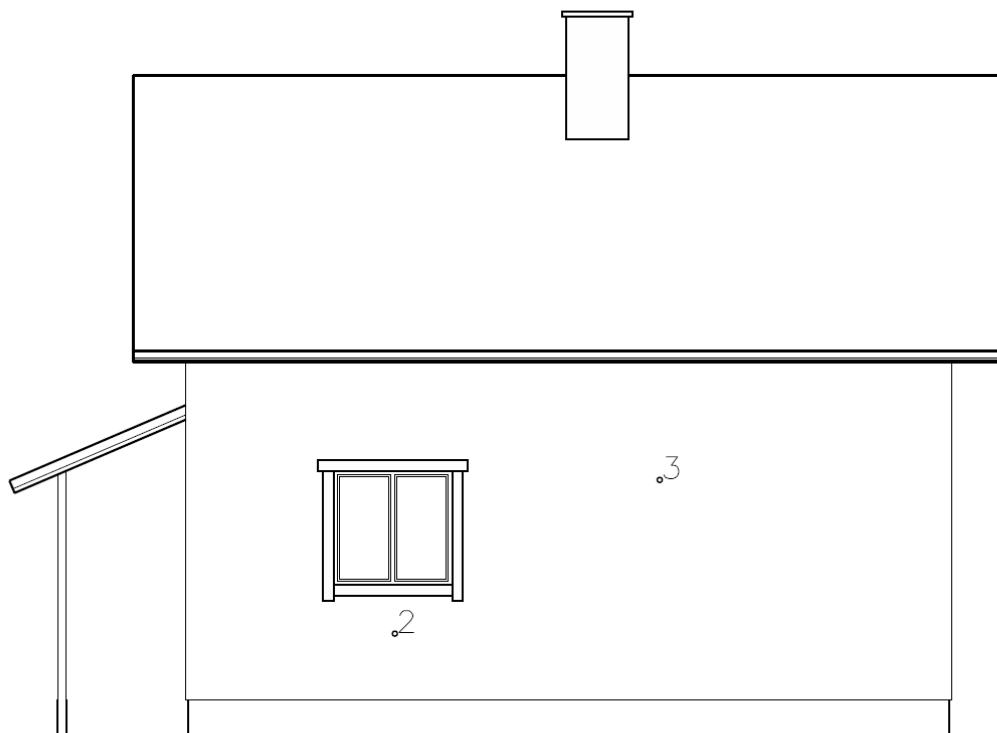
7.1 Kosteuden mittauspisteet

Mittasin seinärakenteen kosteuksia ulkopuolelta porattujen reikien kautta eri-puolilta taloa (kuvat 6-8). Mittalaitteena käytin Vaisala HM141-lämpö- ja kosteusmittaria sekä HMP42-mittapäätä. Mittaukset suoritin jokaisesta reiästä ulkopinnan laudoituksen ja purun rajapinnasta sekä sisäpuolisen laudoituksen ja purun rajapinnasta. Mittaukset suoritin n. 750 mm:n korkeudelta sokkelin yläpinnasta mitattuna, yhden mittaustuloksen otin puolivälistä seinää, n. 2,5 m:n korkeudelta.



Kuva 6. Mittauspisteet lounaisseinältä

JULKISIVU LUOTEeseen



Kuva 7. Mittauspisteet luoteisseinältä

JULKISIVU KOILLISEEN



Kuva 8. Mittauspisteet koillisseinältä

7.2 Kosteusmittausten tulokset

Kuntotarkastuksen yhteydessä 17.4.2014 suorittamieni kosteusmittausten tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kosteusmittausten tulokset

| Mittauspiste | Lämpötila t [°C] | Suht. kosteus- pit. RH [%] | Abs.kost pit. v_k [g/m ³] (kaava 1) | Mittaussyvyys [cm] |
|--|-----------------------|------------------------------------|---|-----------------------|
| 1. Julkisivu lounaaseen (kork n. 0,75 m) | 9,9 | 58 | 5,45 | 2 |
| | 8,5 | 46,9 | 4,03 | 10 |
| 2. Julkisivu luoteeseen (Korkeus n.0,75 m) | 8,9 | 64,3 | 5,67 | 2 |
| | 8,5 | 63,2 | 5,43 | 10 |
| 3. Julkisivu luoteeseen (korkeus n. 2,5 m) | 10 | 53,2 | 5,03 | 2 |
| | 9,3 | 45 | 4,07 | 10 |
| 4. Julkisivu koilliseen (korkeus n. 0,75 m) | 8,5 | 56,4 | 4,85 | 2 |
| | 8,4 | 49,7 | 4,25 | 10 |
| 5. Julkisivu koilliseen (Laajennus) | 10,7 | 58,4 | 5,77 | 5 |
| | | | | |
| Alapohja | 8,5 | 58,5 | 5,03 | 2 |
| | 8,6 | 52,2 | 4,51 | 20 |
| Ulkoilma | 9,1 | 41,7 | 3,72 | |
| Sisäilma | KA= 19,5 | KA=27,2 | 4,57 | |
| Sivu-ullakot | KA=10,0 | KA=54,3 | 5,13 | |
| Ryömintätila | 7,1 | 60,7 | 4,77 | |

Absoluuttinen kosteuspitoisuus (kaava 1) [4, s.43]:

$$Vk = \frac{RH\%}{100\%} * \left[4,85 + 3,47 \left(\frac{t}{10} \right) + 0,945 * \left(\frac{t}{10} \right)^2 + 0,158 * \left(\frac{t}{10} \right)^3 + 0,0281 * \left(\frac{t}{10} \right)^4 \right] \quad (1)$$

Laskuesimerkki: $Vk = \frac{58\%}{100\%} * \left[4,85 + 3,47 \left(\frac{9,9}{10} \right) + 0,945 * \left(\frac{9,9}{10} \right)^2 + 0,158 * \left(\frac{9,9}{10} \right)^3 + 0,0281 * \left(\frac{9,9}{10} \right)^4 \right] = 5,45 \text{ g/m}^3$.

Kriittisenä kosteutena lahon syntymiselle pidetään 80 %:n suhteellista kosteutta ja lämpötila-alueena +3—+45 astetta, homeella lämpötilat ovat samat, mutta kosteus voi olla hieman alhaisempi, 75 %. [4, s.60].

Kyseisissä mittausolosuhteissa kosteudet ja lämpötilat rakenteissa olivat sillä tasolla, ettei homeen ja lahon muodostumisesta ole vaaraa (taulukko 1). Kuitenkin kosteuspitoisuus rakenteen ulkopinnassa oli kautta linjan huomattavasti korkeampi kuin ulkoilman kosteuspitoisuus, johtuen pääosin ulkopinnan tiiviistä tervahuopakerroksesta. Mittaustulosten ulomman mittauksen sisempää korkeammat lämpötilat johtuvat todennäköisesti auringon säteilyn aiheuttamasta rakenteen ulkopinnan lämpenemisestä.

8 Vanhojen rakenteiden rakennusfysikaalinen tarkastelu

Ennen uusien rakenteiden suunnittelua testasin vanhat rakenteet rakennusfysikaalisella laskennalla, saadakseni selville millaisia rakenneratkaisuja kyseiseen kohteeseen voi suunnitella, ettei niistä aiheudu vaaraa entiselle rakenteelle.

8.1 Kosteuslaskennassa käytetyt menetelmät

Tarkastelin rakenteidenkosteus- ja lämpöteknisen toiminnan käyttäen Doftech Oy:n DOF-Lämpö 2.2-nimistä ohjelmaa. Kyseinen ohjelma laskee rakenteeseen diffuusiolla siirtyneen kosteuden sekä lämpötilan jokaisesta rakenteen rajapinnasta käyttäen ohjelmaan syötettyjä materiaalin vesihöyrynläpäisevyys- sekä lämmönjohtavuusarvoja.

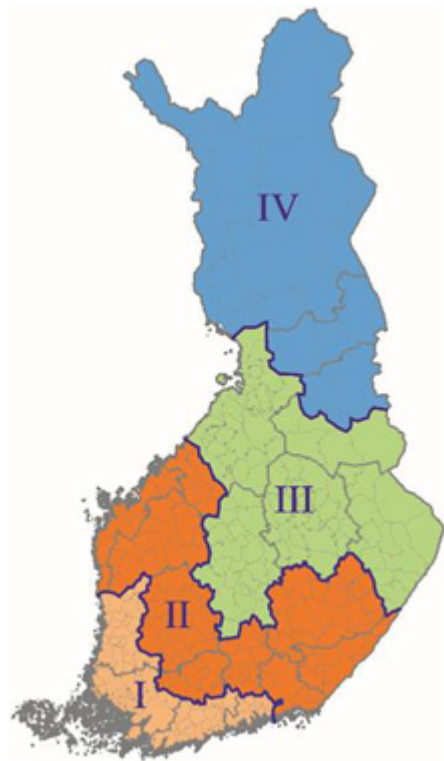
Lisäksi ohjelma laskee rakenteen U-arvon standardin EN832/ EN 13790 mukaisesti, rakenteen U-arvon perusteella saadaan selville rakenneosan vuotuinen lämpöhäviö säämallin mukaisissa olosuhteissa.

Ensimmäiseksi mallinsin ohjelmaan rakennuksen vanhat rakenteet alkuperäisten piirustusten ja kuntotarkastuksen perusteella, sekä asetin rakennekerrosten lämmön- ja vesihöyrynläpäisykertoimet oikeiksi.

Taulukko 2. Vanhojen rakenteiden laskennassa käytetyt materiaalitiedot [5; 6, s. 153]

| Materiaali | Lämmönläpäisykerroin λ [W/mK] | Vesihöyrynläpäisy [kg/msPa] |
|------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Puu | 0,12 | $4,0 \cdot 10^{-12}$ |
| Sahanpuru | 0,12 | $9,8 \cdot 10^{-12}$ |
| Mineraalivilla | 0,040 | $1,05 \cdot 10^{-10}$ |
| Höyrynsulkumuovi | 0,33 | $5,0 \cdot 10^{-16}$ |
| Maalikerros | 1,0 | $6,66 \cdot 10^{-15}$ |
| Tervapap. 0,2mm | 1,0 | $2,22 \cdot 10^{-13}$ |
| Tervah. 1,0 mm | 1,0 | $2,095 \cdot 10^{-13}$ |
| Bitumihuopa | 0,23 | $4,0 \cdot 10^{-15}$ |

Laskennan säämalliksi asetin ilmatieteenlaitoksen rakennusten energialaskentaan suorittaman testivuoden (v. 2012) vyöhykkeen 3 (kuva 9) kuukausittaiset keskiarvot lämpötilalle ja ulkoilman kosteuspiitoisuudelle (liite 2). Sisälämpötilana käytin $+ 21 \text{ }^\circ\text{C}$ ja sisäkosteutena etenkin lämmityskaudelle tavanomaista korkeampaa 50 %:n suhteellista kosteutta. Lisäksi mallinsin rakenteet viikon pituisella pakkasjaksolla, jossa ulko-olosuhteina käytin lämpötilaa $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja kosteutena 90 %:n suhteellista kosteutta.



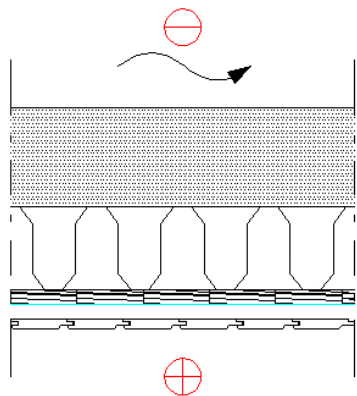
Kuva 9. Energialaskennan vyöhykejako [7].

Tulosten analysointia varten tiivistymistarkasteluun otin vuoden kylmimmän kuukauden sekä viikon pakkasjakson. Homeen kasvulle otollisen olosuhteen tarkasteluun käytin kuukautta, jolloin rakenteen sisällä oleva suhteellinen kosteus ja lämpötila vastasivat tai olivat lähellä kirjallisuudessa ilmoitettuja homeen ja lahon kasvulle otollisia olosuhteita.

8.2 Vanhan osan yläpohjat

Vanhan osan yläpohjan rakenteet mallinsin ilman höyrynsulkua, koska rakenteessa ei ole höyrynsulkumuovia. Ainoa tiiviimpi kerros on pintaverhouksen alle jätetty maalattu pinkopahvi.

Kyseisen rakenneosan höyrynläpäisevyysominaisuuksia ei ole varmistettu, joten käytin vesihöyrynläpäisevyytenä pelkän maalikerroksen höyrynläpäisevyyttä, tällöin laskenta on varmemmalla pohjalla.



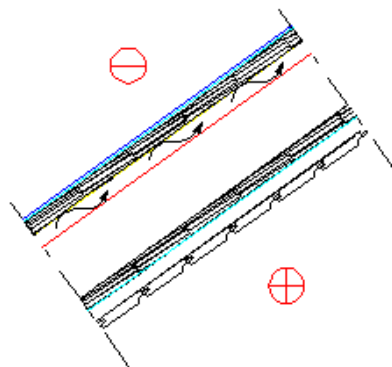
YP 1: SUORA YLÄPOHJA

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouspaneli tai Haltex
- Koolaus
- Maalattu pinkopahvi
- Umpilaudoitus
- Kattopalkkisto 50x125 k850+ mineraalivilla 125 mm
- Purueriste 150 mm
- Yläkolmiotila

U-ARVO 0,24 W/m²K

Kuva 10. YP 1, Yläpohjan suora-osa



YP 2: VINO YLÄPOHJA+ VESIKATE

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouspaneli tai Haltex
- Koolaus
- Maalattu pinkopahvi
- Umpilaudoitus
- Kattopalkkisto 50x125 k850+ puru 100 mm
- Tarvapaperi
- Tuuletusrako 0- 25 mm
- Umpilaudoitus
- Bitumihuopa
- Peltikate

U-ARVO 0,79 W/m²K

Kuva 11. YP2, Yläpohjan vino-osa

Mallinnuksen perusteella suoran osan rakenteissa ei ole kosteuden tiivistymisvaaraa (liite 3 s.1). Laskennallisesti olosuhteet suoralla osalla, mineraalivillan ja purun rajapinnassa ovat elokuussa hetkellisesti lähellä homeen kasvulle otollisia olosuhteita (liite 3 s.2), kuntotarkastuksessa ei kuitenkaan ollut viitteitä homeesta.

Vinolla osalla, jossa tuuletusrako on tukossa, kosteuden tiivistyminen on mahdollista kattopohjalaudoitukseen (liite 4 s.1). Laskennallisesti kosteuden tiivistymistä tapahtuu 7 kuukauden ajanjaksolla, lokakuusta huhtikuuhun. Tuona aika-

na arvioitu diffuusion vaikutuksesta tiivistynyt kosteus määrä on noin 412 g/m^2 . Koska laskelma ei ota huomioon konvektion eli rakenteen läpi tapahtuvien ilmavirtausten mukana siirtyvää kosteutta, voi tiivistyvä kosteus määrä olla todellisuudessa huomattavasti suurempi.

Lisäksi lämpötilat ja kosteus (liite 4 s.2) kyseisessä kohdassa ovat elokuusta lokakuuhun tasolla, joka mahdollistaa olosuhteet laho- ja homevaurioille. Kuntotarkastuksessa havaitsinkin selvää tummentumaa kattopohjalaudoituksessa kohdissa, joissa tuuletusrako oli tukittu (kuva 12).

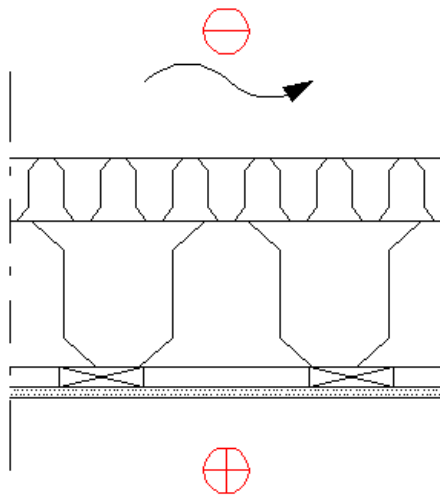


Kuva 12. Tummentumia kattopohjassa

Suoran osan U-arvo DOF-Lämpö 2.2-ohjelmalla laskettuna oli $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja lämpöhäviö $36,60 \text{ kWh/m}^2$ vuoden aikana, vinolla osalla U-arvo oli huomattavasti huonompi $0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$, lämpöhäviö oli vastaavasti $121,65 \text{ kWh/m}^2$.

8.3 Laajennusosan yläpohja

Laajennusosan yläpohjan mallinsin vanhojen piirustusten mukaisesti, käyttäen eristeiden lämmönjohtavuusarvoina laajennuksen rakentamisaikakauden mukaisia arvoja.



YP 3: LAAJENNUKSEN YLÄPOHJA

Rakenne sisältäpäin

- Kipsilevy
- Koolaus 25x100 k300
- Höyrynsulkumuovi
- Kattovasat 50x175 + mineraalivilla 175 mm
- Mineraalivilla 75 mm
- Ullakotila

U-ARVO 0,18 W/m²K

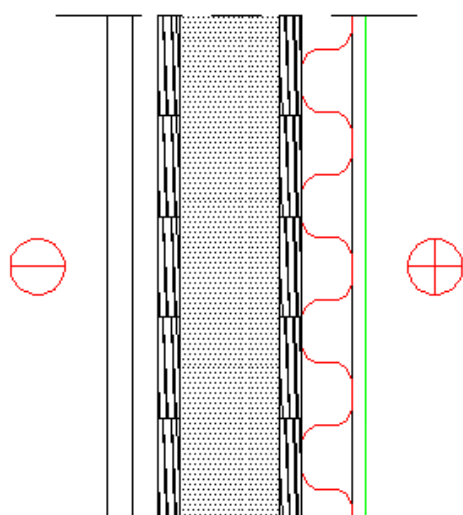
Kuva 13. YP 3, Laajennuksen yläpohja

Rakenteessa ei mallinnuksen mukaan ole kosteuden tiivistymisvaaraa. Tässäkin tapauksessa elokuussa lämpötila ja kosteuspitoisuus ovat hetkellisesti lähellä mikrobikasvustolle otollisia olosuhteita

Yläpohjan U-arvo oli 0,18 W/m²K ja vuotuinen lämpöhäviö 26,82 kWh/m².

8.4 Ulkoseinät

Vanhassa osassa seinärakennetyyppejä on 2, joista molemmat ovat purutäytteisiä. Ulkoseinä 1 (kuva 14) on huonetilan ja ulkoilman välinen seinä, ulkoseinä 2 (kuva 15) on huonetilan ja kylmän sivu-ullakon välinen.



US 1

Rakenne sisältäpäin

- Kipsilevy 13mm
- Höyrinsulkumuovi
- Koolaus 50x50
k600+mineraalivilla 50mm
- Vino umpilaudoitus
- Kantava puurunko 50x100
k600
purueristys 100 mm
- Vino umpilaudoitus
- Tervahuopa tai bitumihuopa
- Rimalautaverhoaus

U-ARVO 0,36 W/m²K

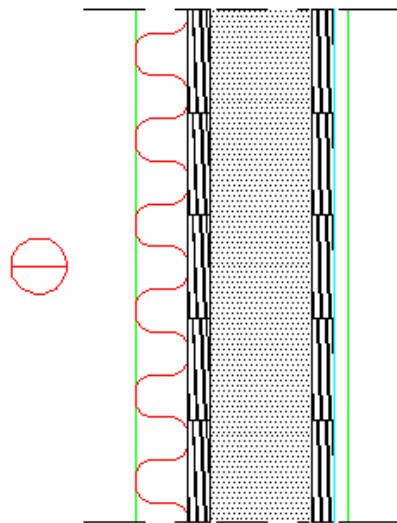
Kuva 14. US1, Ulkoseinä 1

Ulkoseinärakenne 1:n mallinnuksen suoritin kuvan 14 mukaisella rakenteella. Tein mallinnuksesta kaksi eri versiota: toisessa käytin verhouksen alla tervahuopaa ja toisessa bitumihuopaa.

Laskelmien mukaan versiossa, jossa käytin tervahuopaa (liite 5) ei ollut tiivistymisvaaraa. Versiossa, jossa käytin bitumihuopaa tiivistymistä tapahtui vino-laudoituksen ja huovan rajapintaan 5 kuukauden ajanjaksolla marraskuusta maaliskuuhun. Arvioitu tiivistynyt kosteus määrä oli noin 13 g/m², määrä on kuitenkin niin pieni, ettei siitä aiheudu rakenteille suurta vaaraa. Tässäkin tapauksessa rakenteiden epätiiveydestä johtuvan konvektion aiheuttama tiivistyminen voi olla huomattavasti suurempi.

Molemmissa tapauksissa kosteudet ja lämpötilat olivat ajanjaksolla elokuusta lokakuuhun tasolla, joka mahdollistaa mikrobikasvuston syntymisen. Kuntotarkastuksessa tällaisesta ei kuitenkaan ollut havaintoja.

Rakenteen nykyinen U-arvo on 0,36 W/m²K ja vuotuinen lämpöhäviö 55,688 kWh/m². Rakennusaikainen U-arvo oli 0,61 W/m²K.



US 2

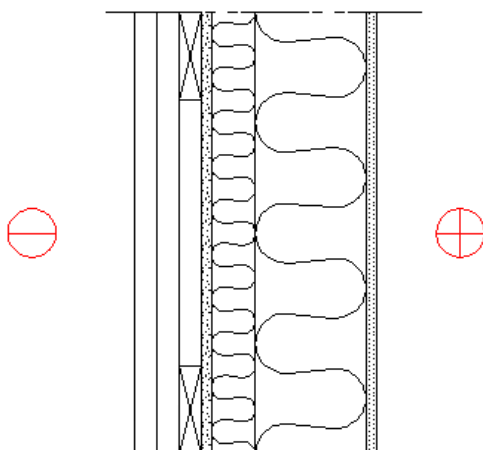
Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouslevy
- Maalattu pinkopahvi
- Vino umpilaudoitus
- Kantava puurunko 50x100 k600
purueriste 100 mm
- Vino umpilaudoitus
- Tuulensuojamateriaalivilla 50 mm

U-ARVO 0,38 W/m²K

Kuva 15. US 2, Ulkoseinä 2

Ulkoseinä 2 toimii kosteusteknisesti hyvin eikä siinä ole kosteuden tiivistymisvaaraa mallinnetuissa olosuhteissa. Rakenteen nykyinen U-arvo on 0,38 W/m²K ja vuotuinen lämpöhäviö 57,393 kWh/m². Rakennusaikainen U-arvo oli 0,70 W/m²K.



US 3

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouslevy
- Höyrnsulkumuovi
- Puurunko 50x125 k600 + Min. villa 125mm
- Vaakakoolaus 50 x 50 k600 + Min. villa 50 mm
- Tuulensuojalevy 12 mm
- Vaakakoolaus 25x100 k600
- Rimalaudoitus

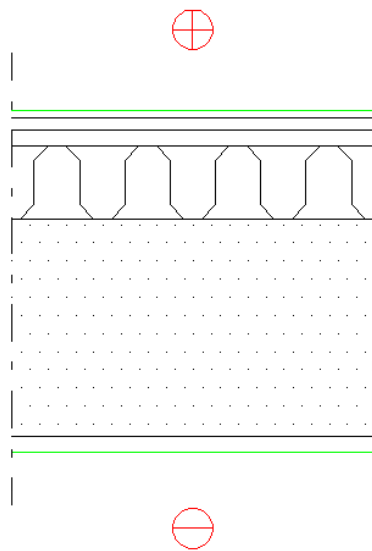
U-ARVO 0,24 W/m²K

Kuva 16. US 3, Ulkoseinä 3

Ulkoseinä 3 toimii kosteusteknisesti hyvin eikä rakenteessa ole kosteuden tiivistymisvaaraa. Rakenteen U-arvo oli $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja lämpöhäviö $37,223 \text{ kWh/m}^2$.

8.5 Alapohja

Vanhan osan alapohjarakenteena toimiva tuuletettu alapohja toimii laskennan mukaan kosteusteknisesti hyvin ja kosteustaso pysyy rakennekerroksissa suhteellisen tasaisena läpi vuoden.



Ap Rossipohja

Rakenne sisältäpäin

- Pintamateriaali
- Lastulevy
- Laudoitus 22x100 k300
- Höyrynsulkumuovi
- Palkit 50x125 + Min. villa 125 mm
- Alapohjapalkkisto + sahanpuru 300 mm
- Tervapaperi
- Umpilaudoitus

U-ARVO $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kuva 17. AP 1, Rossipohja

Rakenteen U-arvo on $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja lämpöhäviö $25,5 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$.

9 Uusien rakenteiden rakennesuunnittelu

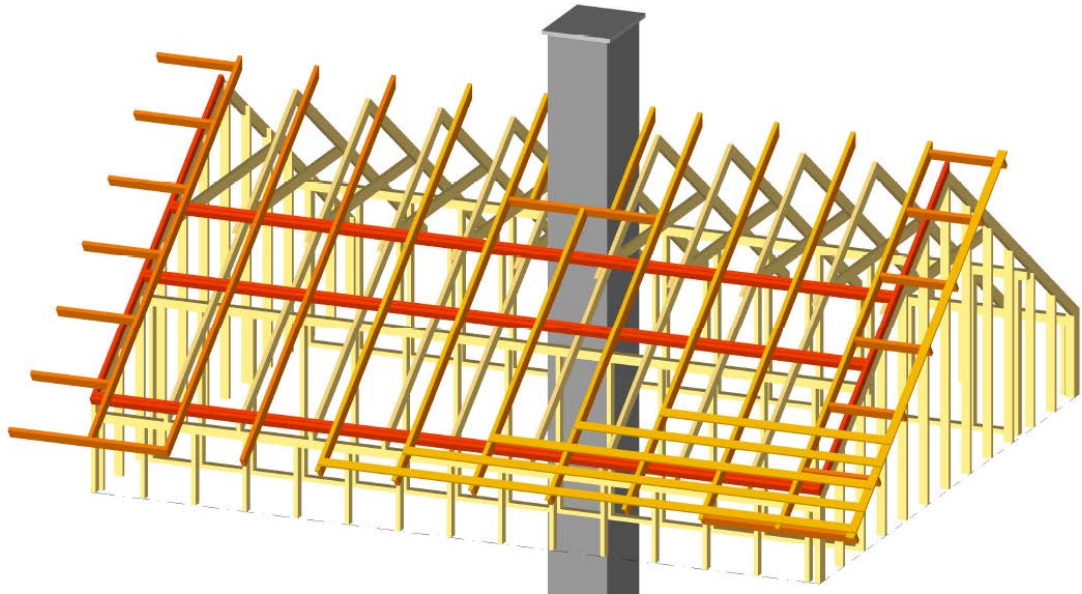
9.1 Yläpohja/ vesikatto

Vanhan osan vesikattoon/ yläpohjaan suunnittelin yhden korjausratkaisun, jossa katosta puretaan vanha peltikate alusrakenteineen pois. Vanhat purueristeet sekä vaurioituneet kattopalkit poistetaan.

Tämän jälkeen kattoon tehdään uusi kattopalkkisto (oranssit palkit kuvassa 18) vanhojen palkkien päälle (vanhat rakenteet keltaisella kuvassa 18), kantavien linjojen kohdalle poikittain asennettujen ”korotuspalkkien” varaan (punaiset pal-

kit kuvassa 18). Tällöin kattorakenne nousee sen verran ylöspäin, että vinojen osien eristyspaksuus kasvaa entisestä 100 mm:n vahvuudesta 245 millimetriin.

Korotuspalkkeilla uusien kattovasojen alusrakenne voidaan tarvittaessa suoristaa, jolloin kattopohjassa olevat painumat saadaan suoraksi ja lopputuloksesta tulee siisti.



Kuva 18. Kattorakenteen 3D-periaatekuva

Uuden palkiston myötä vinon yläpohjan tuuletusväliksi jää 90 mm. Yleisesti suositeltu minimi tuuletusväli olisi vähintään 100 mm [8], kuitenkin vinon osan ollessa tässä tapauksessa jyrkkä (1:1,4) ja lyhyt (alle 2m), minimi tuuletusväli olisi kattoliiton mukaan 50 mm.

Taulukko 3. Suositellut tuuletusvälit yläpohjissa. [9]

Taulukko 13. Jyrkän katon tuuletuksen ohjeellinen mitoitus.

| Kattokaltevuus | min.tuuletusväli ¹⁾ | ilmanottoaukot promillea/ katto-m ² | poistoaukot promillea/ katto-m ² |
|-------------------|--------------------------------|---|--|
| 1:10 tai jyrkempi | 100 mm | 2,0 | 2,0 |
| 1:10–1:20 | 200 mm | 2,5 | 2,5 |

¹⁾ Minimituuletusväli ottaen huomioon lämmöneristeen muodonmuutokset ja työtoleranssit. Pienillä katoilla tai katon osilla tuuletusväli voi olla pienempi kuin taulukon arvo, mikäli poisto- ja korvausilma-aukoilla on riittävä korkeusero (vähintään 500 mm) ja ilman virtausmatka tuuletusvälissä on lyhyt (alle 3 m). Tällöinkin tuuletusvälin täytyy olla vähintään 50 mm.

Entiset purueristeet poistetaan ja vinoille osille rakennetaan ontelo, johon uusi 245 mm:n eristyskerros puhalletaan selluvillalla ontelopuhalluksena. Yläpohjan





vaakaosalta poistetaan vanhat purueristeet ja tilalle puhalletaan 400 mm:ä selluvillaa. Yläkolmiotilan molempien päätyjen yläreunaan tehdään 2 kpl halkaisijaltaan 125 mm:n tuuletusaukkoa.

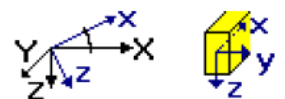
Laajennusosan yläpohjan reunoille asennetaan tuulenohjaimet kattopalkkien väliin sekä koko yläpohjaan lisätään puhallettavaa selluvillaa 125 mm:ä. Päätyyn tehdään 2 kpl halkaisijaltaan 125 mm:n tuuletusaukkoa. Yläpohjien rakennetyypit on esitetty liitteessä 18.

9.2 Kattopalkkien rakenteellinen mitoitus

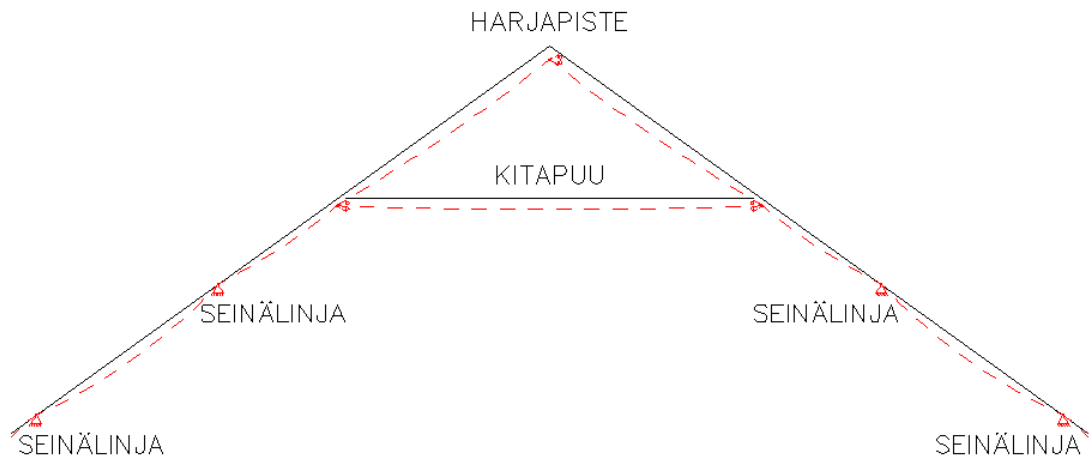
Kattopalkkien mitoituksen suoritin Metsä Wood Oy: n FINNWOOD 2.3 SR1-ohjelmalla. Kyseinen ohjelma mitoittaa yksittäisiä puurakenteita käyttäen mitoitusperusteena normia EN 1995-1-1:2004+A1:2008 sekä Rakennusinsinööriliiton julkaisua RIL 205-1-2009.

Rakenteen mitoittaminen alkaa rakenneosan mallintamisella. Ohjelmassa on valmiita mitoituspohjia erilaisille rakenneosille, tässä tapauksessa käytin pohjana A-kehän yläpaarteen mitoitukseen tehtyä pohjaa, jota muokkasin omaan käyttöön sopivaksi muuttamalla rakenteen mittoja, tuentavälejä ja tukien määrää. Seinälinjojen kohdalla käytin tuentana kiinteää niveltukea ja harjapisteen sekä alkuperäisen A-kehän vaakapuun eli ns. kitapuun kohdalla tuentana käytin Z-suunnan vapaan liikkumisen sallivaa liukuvaa niveltukea (Kuvio1). Tuentatapa käytin tätä, koska seinälinjoista eteenpäin oleva kehä taipuu kokonaisuutena alaspäin (Kuvio2), uudet palkit tukeutuvat alkuperäiseen kehärakenteeseen, jolloin ne liikkuvat sen mukana.

| | |
|---|-------------------------------|
|  | Kiinteä niveltuki (X,Y,Z) |
|  | Liukuva niveltuki (Y,Z) |
|  | Liukuva niveltuki (X,Y) |
|  | Kiinteä tuki (X,Y,Z,RX,RY,RZ) |

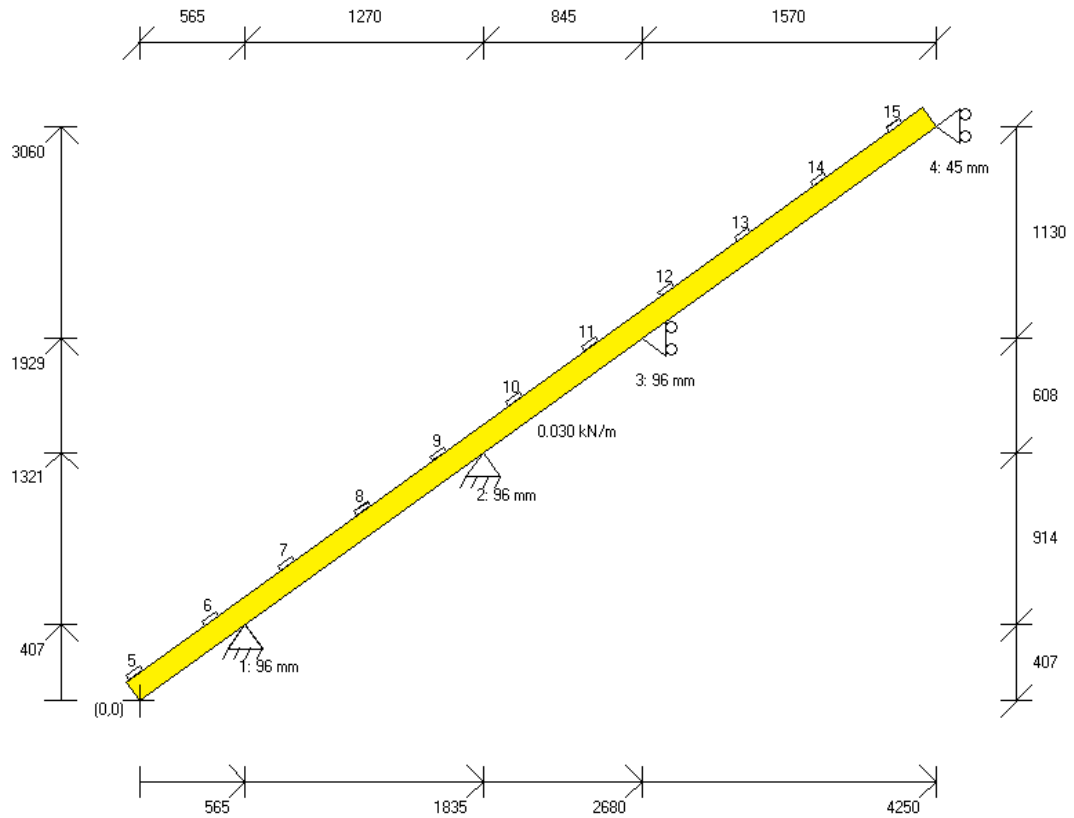


Kuvio1. Tuentatapaukset ja rakenneosan koordinaatisto, suluissa olevat suunnat on kiinnitetty [10]



Kuvio 2. A-kehän muodonmuutoksen periaate (mallinnettu Jigi FEM-ohjelmistolla)

Lisäksi asetin yläpaarteeseen sivuttaistuet 500 mm välein, tämä kuvaa ruodelaudoitusta. Kyseinen väli on huomattavasti suurempi, kuin minkään peltivalmistajan antama ohje ruodejaosta, joten mitoitus on varmemmalla puolella. Tässä tapauksessa ruodelautojen tehtävänä on katteen alustana toimimisen lisäksi ottaa vastaan kuormista palkkeihin aiheutuva kiepahdus- sekä nurjahdusvoima.



Kuvio 3. Rakennemalli

Rakennemallin määrittämisen jälkeen asetin rakenteeseen kuormitukset, joita ovat omapaino, lumikuorma sekä tuulikuorma (kuvio 7).

Omapainon kuormitusarvona käytin $0,3 \text{ kN/m}^2$, tähän kuormaan sisältyy vesikatteen ja alusrakenteiden paino.

Kattojen lumikuorman ominaisarvo saadaan kertomalla maanpinnan lumikuorma kattokulmasta riippuvalla muotokertoimella (kaava 2) [11, s.11].

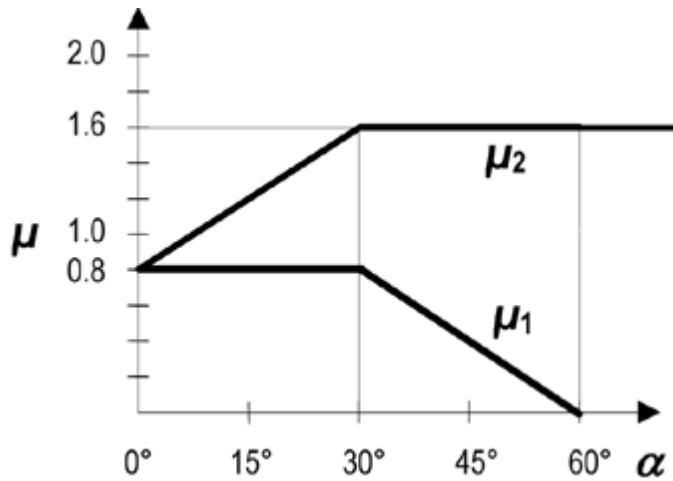
$$q_k = \mu_i * s_k \quad (2)$$

Missä:

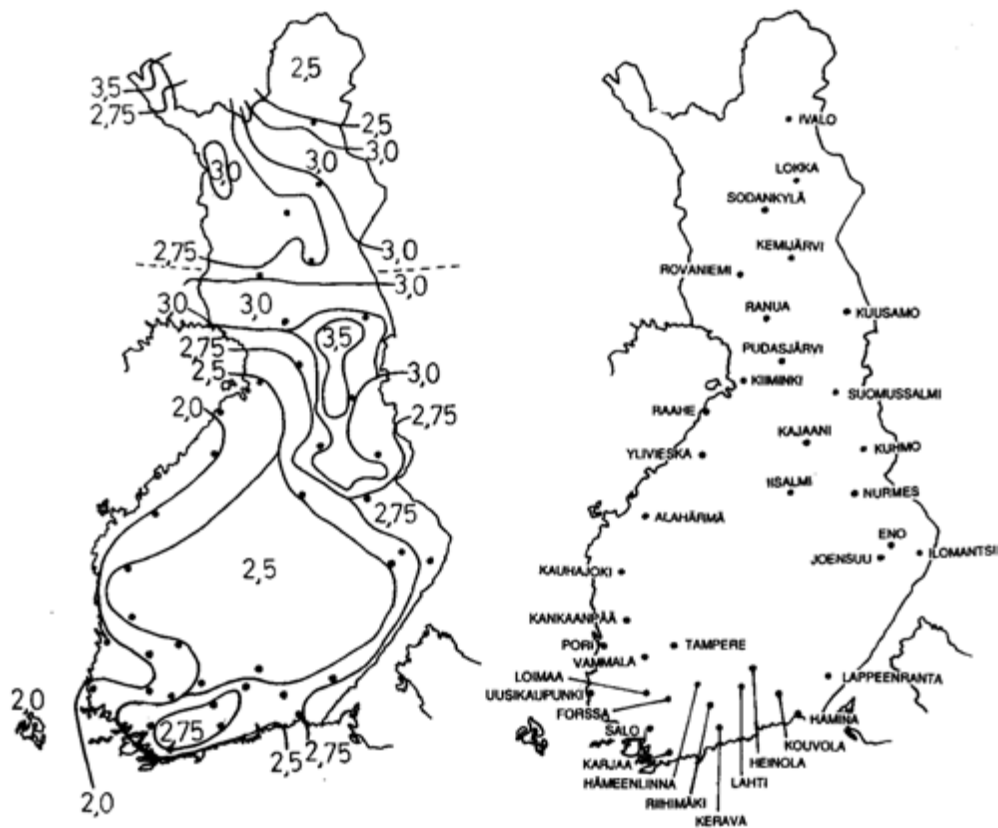
q_k = Kattojen lumikuorman ominaisarvo

μ_1 = Muotokerroin

s_k = Maanpinnan lumikuorman ominaisarvo



Kuvio 4. Lumikuorman muotokertoimet [11, s.12]



Kuvio 5. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvo [11, s.12]

Kohteen katon lumikuorman ominaisarvo on täten: $0,8 * 2,75 \text{ kN/m}^2 = 2.2 \text{ kN/m}^2$.

Katon ollessa jyrkkä muotokertoimena olisi voinut käyttää hieman pienempää kerrointa, kuitenkin osalle kattoalueesta tulee lumiasteet, jolloin kertoimena tulee käyttää vähintään arvoa 0,8 [11, s. 12].

Tuulikuorman ominaisarvo saadaan laskettua kaavalla 3 [11, s.13]. Tässä tapauksessa tuulikuormaa tarkastellaan rakenteiden kiinnitysten näkökulmasta.

$$q_{w,k} = C_{p,net} * q_k(h) \quad (3)$$

Missä:

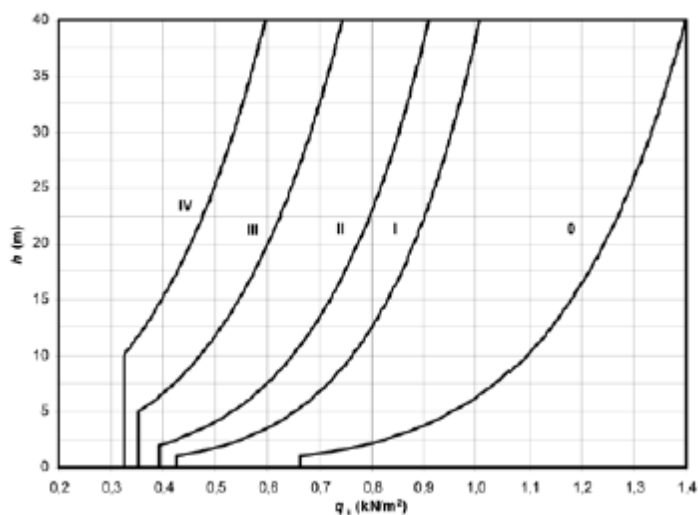
$q_{w,k}$ = Tuulikuorman ominaisarvo

$C_{p,net}$ = Osapinnan nettotuulenpainekerroin

$q_k(h)$ = Rakennuksen korkeutta vastaava nopeuspaine

Taulukko 3. Katon nettopainekertoimet, laskennassa käytetyt arvot ympyröity punaisella [11, s. 14]

| kattotyyppi | katon kaltevuus ¹⁾ | nurkka-alueet ²⁾ | | | reuna-alueet ³⁾ | | | muu alue ⁴⁾ | |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|------|----------|----------------------------|------|----------|------------------------|------|
| | | A≥10 | A≤1 | räys-täs | A≥10 | A≤1 | räys-täs | A≥10 | A≤1 |
| Tasakatto | < 5° | -2,1 | -2,8 | -3,5 | -1,5 | -2,3 | -3,0 | -1,0 | -1,5 |
| Pulpettikatto | 5°...15° | -2,7 | -3,2 | -3,9 | -2,2 | -2,8 | -3,5 | -1,2 | -1,5 |
| | ≥ 30° | -2,4 | -3,2 | -3,9 | -1,8 | -2,3 | -3,0 | -1,3 | -1,6 |
| Harjakatto | 5°...15° | -2,0 | -2,8 | -3,5 | -1,6 | -2,3 | -3,0 | -1,0 | -1,5 |
| | ≥ 30° | -1,4 | -1,8 | -2,5 | -1,7 | -2,3 | -3,0 | -1,2 | -1,5 |

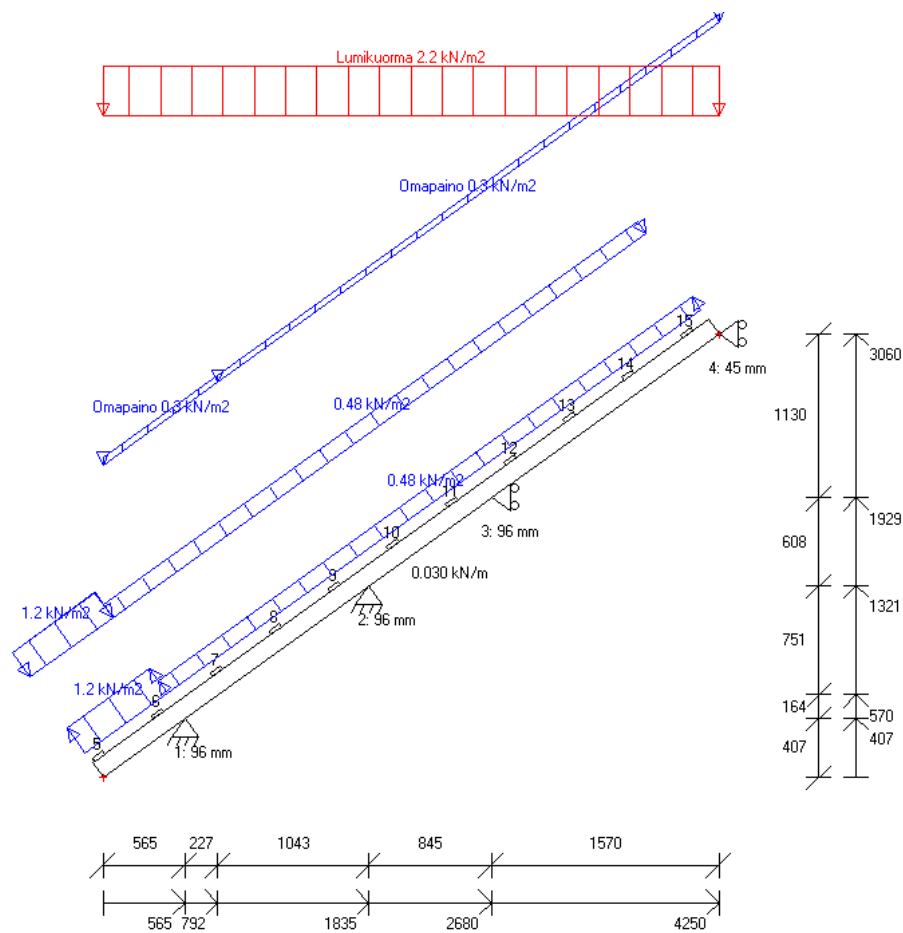


Kuvio 6. Nopeuspaineen ominaisarvot eri maastoluokissa [11, s.13]

Rakennus sijaitsee pientaloalueella, jolloin maastoluokkana käytetään luokkaa 3. Rakennuksen kokonaiskorkeus on n. 7 metriä, jolloin maastoluokka 3:n mukainen nopeuspaine on $0,4 \text{ kN/m}^2$ (Kuvio 6).

Katon keskiosien tuulikuorman ominaisarvo on $1,2 * 0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,48 \text{ kN/m}^2$ ja räystääsalueiden tuulikuorma on vastaavasti $3,0 * 0,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1,2 \text{ kN/m}^2$. Mitoituksessa käytin samoja arvoja sekä tuulen imulle että paineelle.

Tuulikuorma ei normaalitapauksessa vaikuta rakenteeseen mitoittavasti [11, s13], kuitenkin se tulee tarkastella kantavien rakenteiden kiinnitystä varten.



Kuvio 7. Rakenteen kuormitukset

Kuormitusten määrittämisen jälkeen siirrytään mitoitusosioon, jossa valitaan käytettävä puutavara ja sen lujuusluokka. Tässä tapauksessa otin tarkasteluun mitallistetun puutavaran dimensioltaan 48x123, käytettävä lujuusluokka on C 24. Palkkien välisenä etäisyytenä käytin keskeltä keskelle 900 mm:n etäisyyttä. Mitoituksessa otin käyttöön nurjahdus ja kiepahdustarkastelun. Asetuksista valitsin

rakenteen Y-suunnan (kuvio1) nurjahduspituudeksi 500 mm, eli aiemmin määritetyn ruodelautajaon. Z-suunnan nurjahduspituutena käytin rakenteen tukiväliä.

Mitoituksen tuloksena valittu palkkikoko on riittävä kyseiseen kohteeseen (liite 6).

Lisäksi tarkastelin vastaavalla tavalla korotuspalkkien kestävyys (liite 7) sekä palkkien kiinnityksen lyhennetyt suunnitteluohjeet mukaisesti Excel-laskennalla (liite 8). Korotuspalkkien mitoituksessa kuormitustietoina käytin liitteen 8 mukaisia tukireaktioiden resultantteja.

9.3 Ulkoseinät

Ulkoseiniin suunnittelin 14 rakennekokonaisuutta, joista 13 on ratkaisuja, missä eristettä lisätään seinän ulkopintaan. Yhdessä vaihtoehdossa vanhan osan purueriste vaihdetaan selluvillaan ja ulkopintaan tehdään 50 mm:n lisäkoolaus, johon asennetaan 50 mm:ä selluvillaa. Rakennekokonaisuudet on esitetty liitteessä 9.

Kaikkien ulkoseinävaihtoehtojen yhteydessä oleva pintarakenne on sama 25mm:n tuuletusraolla oleva vaakaan asennettava 120 mm ulkoverhouspaneeli.

Varsinainen korjaus suoritetaan purkamalla ulkopinnan rakenteet vinolaudoitukseen asti. Mahdolliset huonokuntoiset vinolaudoituksen osat vaihdetaan ja ikkunoiden alapuolisten purueristeiden mahdolliset painumat korjataan vaihtamalla eriste selluvillaan. Laajennusosalla ulkopinnan rakenteet puretaan tuulensuojalevyyn asti. Tämän jälkeen, uudet rakenteet tehdään valitun korjausratkaisun mukaisesti.

9.4 Alapohjat

Alapohjissa ei ole välttämätöntä tarvetta korjauksille eikä lisäeristykselle.

10 Suunniteltujen rakenteiden rakennusfysikaalinen tarkastelu

Tarkastelin uusien rakennevaihtoehtojen rakennusfysikaalisen ja lämpöteknisen toiminnan käyttäen samaa DOF-Lämpö-ohjelmaa, kuin vanhojen rakenteiden tarkastelussa. Lisäsin vain mallinnettuihin vanhoihin rakenteisiin suunnitellut uudet rakenteet liitteessä 9 olevien rakennekokonaisuuksien mukaan ja suoritin laskennan uudestaan. Olosuhteina käytin samaa säämallia kuin vanhojen rakenteiden tarkastelussa.

Taulukko 4. Suunniteltujen rakenteiden rak. fysikaaliset ominaisuudet [5;12]

| Materiaali | Lämmönläpäisykerroin λ [W/mK] | Vesihöyrynläpäisy [kg/msPa] |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Puu | 0,12 | $4,0 \cdot 10^{-12}$ |
| Sahanpuru | 0,12 | $9,8 \cdot 10^{-12}$ |
| Mineraalivilla | 0,040 | $1,05 \cdot 10^{-10}$ |
| Isover Rkl facade | 0,031 | $8,41 \cdot 10^{-11}$ |
| Isover kl33 | 0,033 | $1,05 \cdot 10^{-10}$ |
| ParocExtra | 0,036 | $1,05 \cdot 10^{-10}$ |
| Paroc Wpb3n | 0,034 | $1,05 \cdot 10^{-10}$ |
| Paroc Wps3n | 0,034 | $1,05 \cdot 10^{-10}$ |
| Ekovillalevy | 0,039 | $8,55 \cdot 10^{-11}$ |
| Ekovilla puhallusv. | 0,040 | $2,03 \cdot 10^{-10}$ |
| Höyrynsulkumuovi | 0,33 | $5,0 \cdot 10^{-16}$ |
| Maalikerros | 1,0 | $6,66 \cdot 10^{-15}$ |

10.1 Yläpohjat

Yläpohjiin suunnittelemani korjausratkaisut toimivat rakennusfysikaalisesti hyvin. Vinoilla osilla tapahtuva kosteuden tiivistyminen loppuu mallinnuksen perusteella täysin, myös rakenteen sisällä olevat kosteuspiitoisuudet laskevat (liite 10 vrt. liite 4)

10.2 Ulkoseinät

Ulkoseinien korjauksen yhteydessä rakenteesta poistettava ulkopinnan tiivis kerros vaikuttaa huomattavasti seinän kosteustekniseen käyttäytymiseen. Suunnitelluilla seinärakenteilla kosteuden tiivistyminen seinärakenteisiin loppuu kaikissa mallinnetuissa olosuhteissa.

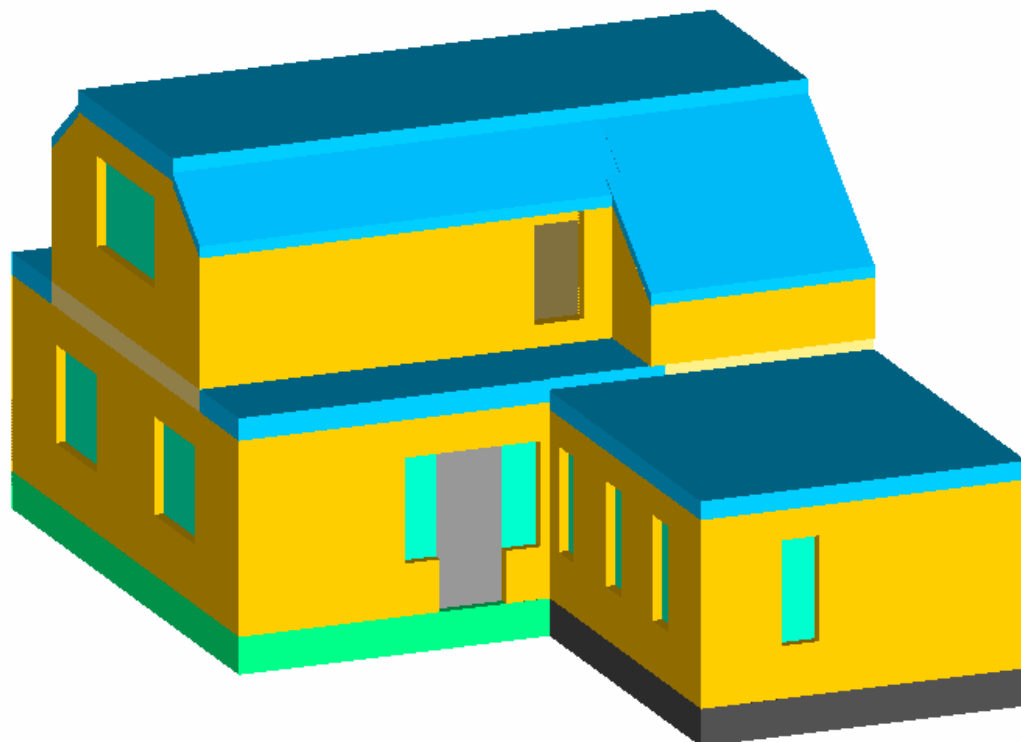
Lisäksi kaikkien suunniteltujen ulkoseinärakenteiden ollessa rakenteita, joissa eristettä lisätään rakenteen ulkopintaan, alkuperäisen rakenteen lämpötila nousee ja kosteuskapasiteetti kasvaa, jolloin kosteus ja homevaurioille altistavat olosuhteet seinän sisällä vähenevät.

Esimerkiksi Isover RKL facade 50 mm:n paksuisella tuulensuojaeristekerroksella ulomman vinolaudoituksen pinnassa oleva suhteellinen kosteuspitoisuus puutoa tammikuussa aikaisemmasta 75,9 %:n arvosta arvoon 37,1 %. (liite 11 s.1 vrt. liite 5). Myös syksyllä samassa kohdassa ilmenevät mikrobikasvustolle otolliset olosuhteet loppuvat (liite 11 s.2 vrt. liite 6)

11 E-luvun laskenta ja energiankulutuksen vertailu

E-luvun laskennan suoritin sekä vanhoilla että uusilla rakenneratkaisuilla. Laskennassa käytin CADS Planner House Pro-ohjelman energialaskenta osiota.

Kyseinen ohjelmisto on monipuolinen rakennus ja rakennesuunnitteluun käytettävä CAD piirto-ohjelma. Ohjelman avulla rakennus piirretään kokonaisuudessaan määrittäen samalla rakennuksen ulkovaipan rakennekerrokset ja ominaisuudet, sekä rakenteessa olevat aukot, kuten ovet ja ikkunat ja niiden ominaisuudet käyttäen ohjelman tilatoimintoa. Tilojen seinärakenteista saadaan mallinnetuksi 3D-kuva, josta voidaan tarkastaa rakenneosien oikeellisuus (kuva 19).



Kuva 19. Laskentaan mallinnetut ulkovaipan osat

Varsinainen energialaskenta tapahtuu energialaskenta osiossa, jossa ohjelma tuo yhdellä klikkauksella piirtovaiheessa määritetyt rakenteiden lämmönjohtumistiedot laskennan käyttöön pinta-aloineen. Mikäli laskettaisiin uudiskohteen E-lukua, myös kylmäsiltojen pituudet saataisiin tuotua automaattisesti laskentaan. Tämän lisäksi määritetään sähkölaitteiden kulutustiedot, ilmanvaihto yms. laskennassa tarvittavat perustiedot.

11.1 E-luku vanhoilla rakenteilla

Laskin E-luvun käyttäen lähtötietoina kuntotarkastuksessa tekemiäni havaintoja sekä vanhoja piirustuksia, joiden perusteella piirsin rakennuksen piirustukset CAD-muotoon ja määritin rakenneosien ominaisuudet (kuva 20) ohjelmaan energialaskentaa varten. Rakenteiden U-arvoina käytin aikaisemmin DOF-lämpö 2.2-ohjelmalla laskemiäni U-arvoja. Rakennuksen ollessa olemassa oleva kohde, käytin kylmäsiltojen aiheuttamana lämpöhäviönä 10 % rakennusosien energiankulutuksesta.

Ikkunoiden ja ovien U-arvosta ei ollut täyttä varmuutta. Kuitenkin ikkunat ja ovet oli vaihdettu uusiin 2000-luvun alkupuolella, jolloin ikkunan U-arvo vaatimus oli $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ [13], täten käytin laskennassa kyseistä arvoa.

The screenshot shows the CADS Planner software interface for energy calculation. The main window is titled "CADS Planner - Energialaskenta D5/2012".

Kohteen yleiset tiedot:

- Rakennuskohde: Rintamamiestalo
- Katuosoite: Niittytie 4
- Rakennustunnus: [empty]
- Postinumero: 81700 Lieksa

Laskennan lähtötietojen tilat:

- Ilmanvaihto: [checked]
- Laitesähkö: [checked]
- Lämpökuorma: [checked]
- Jäähdytys: [checked]
- Yhteenveto, selvitys: [checked]
- Yhteenveto, todistus: [checked]
- Yleistiedot: [checked]
- Perustiedot: [checked]
- Johtuminen: [checked]
- Vuotoilma: [checked]
- Lämmitysjärjestelmä: [checked]
- Käyttövesi: [checked]

Määritetyt johtumistiedot:

| Tyyppi | Ala | U-arvo | Ts/Tuopok | Maalaji |
|--------|------|--------|-----------|---------|
| APm | 11.4 | 0.25 | 21 | 2 |
| APm | 7.2 | 0.38 | 21 | 2 |
| APr | 58.1 | 0.17 | 21 | |
| Ikka | 0.7 | 1.4 | 21 | |
| Ikka | 1.4 | 1.4 | 21 | |
| Ikko | 5.9 | 1.4 | 21 | |
| Ikko | 8 | 1.4 | 21 | |
| Ikku | 1.8 | 1.4 | 21 | |
| OVI | 6.4 | 1.4 | 21 | |
| US | 25.5 | 0.38 | 21 | |
| US | 28.5 | 0.24 | 21 | |
| US | 80.8 | 0.37 | 21 | |
| YP | 14.5 | 0.25 | 21 | |
| YP | 18.6 | 0.175 | 21 | |
| YP | 18.6 | 0.79 | 21 | |
| YP | 40 | 0.74 | 21 | |

Määritetyt kylmäsilat:

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus.
 Qkylmäsilat arvona käytetään 10% Qrakosa-arvosta.

| Tyyppi | Pituus | Kond. | Materiaali |
|-------------------|--------|-------|-----------------|
| Ilmanvaihtolinjat | 40.3 | 0.04 | Puuryönnötä/Puu |
| Ikkuna-jovillitos | 87.2 | 0.04 | Puu |
| Sisänurkka | 2.6 | -0.04 | Puu |
| Ulkonurkka | 20.5 | 0.04 | Puu |
| Välipohja/seinä | 38.9 | 0.05 | Puu/Puu |
| Yläpohja/seinä | 57.1 | 0.05 | Puu/Puu |

Tulokset:

- Pientalot, nettoala < 120m²
- E=514**
- Energiaselvitys: E-luku, vaatimus: 204 kWh/(m²a)
- E-luku ei täytä vaatimusta.
- Tasauslaskelma: Suunnitteluratkaisu ei täytä vaatimuksia.
- Energiatodistus: **G**
- Energialuokan raja-arvot: E-luku >= 485

Kuva 20. Johtumistiedot vanhoilla rakenteilla

Ilmanvuotolukuna käytin arvoa $q_{50} = 4 \text{ (m}^3\text{/(h m}^2\text{))}$, kyseistä lukua käytetään, mikäli ilmanpitävyyttä ei varmisteta mittaamalla [14].

Rakennuksen lämmitysmuotona on suora sähkölämmitys, lisäksi rakennuksessa on varaava tulisija, jonka lämmitystehosta saa laskennassa huomioida vuoden ajalta 2000 kWh [15].

Laskennan lopputuloksena rakennuksen kokonaisenergiankulutus vanhoilla rakenteilla oli $514 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (liite 12, s.1), tällöin rakennus on energialuokassa G, energialuokan raja-arvon ollessa $485 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (liite 12, s.2).

11.2 E-luku uusilla rakenteilla

Uuden E-luvun laskin kaikilla suunnitelluilla rakennekokonaisuuksilla. Kaikissa on samat yläpohjarakenteet (luku 9.2), seinärakenteina toimivat luvussa 9.3 esitetyt seinärakenteet. Alapohjarakenteet ovat samat kuin vanhojen rakenteiden laskennassa, koska niihin ei ole suunniteltu muutoksia.

Taulukko 4. E-luvut uusilla rakenteilla

| Rakennekokonaisuus | E-luku [kWh _E /(hym ² a)] | Parannus entiseen [kWh _E /(hym ² a)] | Energialuokka |
|--------------------|--|---|---------------|
| 1. | 439 | 75 | F |
| 2. | 426 | 88 | F |
| 3. | 414 | 100 | E |
| 4. | 441 | 73 | F |
| 5. | 426 | 88 | F |
| 6. | 433 | 81 | F |
| 7. | 424 | 90 | F |
| 8. | 433 | 81 | F |
| 9. | 425 | 89 | F |
| 10. | 432 | 82 | F |
| 11. | 423 | 91 | F |
| 12. | 458 | 56 | F |
| 13. | 452 | 62 | F |
| 14. | 413 | 101 | E |

11.3 Lämpöhäviö rakennetyypeittäin

Rakenneosien lämpöhäviöt sain selville DOF-Lämpö 2.2-ohjelman säämallin mukaisesta vuoden pituisesta mallinnuksesta. Ohjelma laskee lämpövirran tiheyden kaavalla 4 [16,s.170].

$$\Phi = U * (T_i - T_o) \quad (4)$$

Missä:

Φ = Lämpövirran tiheys [W/m²]

U= Rakenteen lämmönläpäisykerroin [W/m² °C]

T_i= Sisälämpötila [°C]

T_o= Ulkolämpötila [°C]

Lämpöhäviö [Q] saadaan kertomalla lämpövirran tiheys tarkasteltavan olosuhteen kestoajalla [t] ja pinta-alalla [A] (kaava 5) [17,s.27].

$$Q = \Phi * t * A \quad (5)$$

Esimerkki lämpöhäviön laskennasta kuukauden ajalta, esimerkissä käytetty rakenne on US 1 vanhoilla rakenteilla. Olosuhteina on tammikuun keskilämpötila (T_o)= - 8 °C, sisälämpötila (T_i)= +21 °C, kesto aika (t)=744 h. Rakenteen lämmönläpäisykerroin U= 0,363 W/m² °C ja tarkasteltavana pinta-alana 1 m².

$$\Phi = 0,363 \text{ W/m}^2 \text{ °C} * (21 \text{ °C} - (-8 \text{ °C})) = 10,527 \text{ W/m}^2$$

$$Q = 10,527 \text{ W/m}^2 * 744 \text{ h} * 1 \text{ m}^2 = 7832,09 \text{ Wh} \text{ eli noin } 7,83 \text{ kWh.}$$

Vastaavat häviötiedot on laskettu DOF-Lämpö 2.2-ohjelmalla jokaiselle kuukaudelle, kaikille uusille rakenteille.

11.4 Energiansäästö rakennetyypeittäin

Energian säästön laskin kaikille rakennevaihtoehdoille vähentämällä uusilla rakenteilla saavutetun lämpöhäviön vanhojen rakenteiden lämpöhäviöstä. Laskennan tuloksena saatu erotus on säästyneen lämmitysenergian määrä kilowattitunteina vuodessa rakennetyn neliötä kohti.

Energian hintana käytin v. 2014 1. vuosineljänneksen sähköenergian hintaa, joka oli tilastokeskuksen mukaan 0,155 €/ kWh [18].

Energian säästö lasketaan kaavalla 6.

$$\text{Säästö} \left[\frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right] = \text{Säästynyt lämmitysenergia} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} / \text{a} \right] * \text{Energian hinta} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] \quad (6)$$

Rakennetyyppien yhteenlasketut lämpöhäviöt ja energian säästö on esitetty taulukossa liitteessä 9.

12 Uusien rakenteiden kustannuslaskenta

Rakenteiden kustannuslaskennan suoritin Excel-tilinlaskennan avulla. Laskennassa käytin materiaalien hintatietoina rakennustarvikkeiden verkkokauppa Taloon.com:in hintoja. Vesikatteen osalta käytin hintatietona Poimukate Oy:stä kysymääni tarjouta. Nopeuttaakseni hieman laskentaa en ottanut huomioon kiinnitystarvikkeita, koska niitä tarvitaan jokaisessa rakennetyypissä jokseenkin yhtä paljon, joten tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Tarvikkeiden laskennassa käytettävät pinta-alat otin piirtämistäni rakennuksen piirustuksista, materiaalien hukkaprosenttina käytin Ratu-rakennustöiden menetkit 2010 antamia arvoja. Myös työmenekkien laskennassa käytin saman kirjan arvoja.

12.1 Rakenteiden hinnat

Rakenteiden hinta koostuu materiaalikustannuksista ja työkustannuksista. Materiaali- ja työkustannukset lasketaan suunniteltujen rakennetyyppien perusteella.

Ensimmäiseksi laskin materiaalien määrät hukkineen laskennan kohteena olevan rakennetyypin alueelle ja kerroin saadut määrät materiaalin yksikköhinnalla. Tällöin lopputuloksena on rakenteen kokonaishinta materiaalien osalta.

Taulukko 5. Esimerkki materiaalikustannusten laskennasta

| U31 Vanhaosa | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------|--------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Rakenneosa / tarve | Neliöt | Jako/ hyötylev/ menet | Hukka% | Metrit/määrä | Yksikköhinta | Hinta |
| Ulkooverhous: UTV 21x120 | | | | | | |
| Päädyt | 70 m ² | | | | | |
| Stivuseläät | 44 m ² | | | | | |
| Yhteensä | 114 m ² | 0,11 m | 10 | 1140 m | 1,23 €/m | 1402,20 € |
| Koodiaus: 25x100 PL/VL | | | | | | |
| Päädyt | 70 m ² | | | | | |
| Stivuseläät | 44 m ² | | | | | |
| Yhteensä | 114 m ² | 0,6 m | 10 | 210 m | 0,70 €/m | 147,00 € |
| Is over riki facade 50mm | | | | | | |
| Päädyt | 70 m ² | | | | | |
| Stivuseläät | 44 m ² | | | | | |
| Yhteensä | 90 m ² | 1 m ² | 5 | 100 m ² 6,9 pkt | 15,16 €/m ² | 1516,00 € |
| Koodiaus: 48x48 k600 | | | | | | |
| Yhteensä | 24 m ² | 0,6 m | 10 | 50 m | 0,88 €/m | 44,00 € |
| Eristeklinnikkeet 4 kpl/m² | | | | | | |
| Yhteensä | 90 m ² | 4 kpl/m ² | 5 | 380 kpl | 0,32 €/kpl | 120,99 € |
| Saumaustelppi facade | | | | | | |
| Levyjen määrä | 46 kpl | 6 m/levy | 5 | 300 m 6 rll | 36,90 €/rll | 221,40 € |
| Verhouslaudoitukset | | | | | | |
| ikkunat piililaudat 20x120 | | | 10 | 49 m | 1,23 €/m | 60,27 € |
| ikkunat emyygilaudat 20x145 | | | 10 | 44 m | 1,49 €/m | 65,56 € |
| Ovi piililaudat 20x120 | | | 10 | 6 m | 1,23 €/m | 7,38 € |
| Ovi emyygilaudat 20x145 | | | 10 | 6 m | 1,49 €/m | 8,94 € |
| Nurkkalauta 20x120 | | | 10 | 15 m | 1,23 €/m | 18,45 € |
| Nurkkalauta 20x145 | | | 10 | 15 m | 1,49 €/m | 22,35 € |
| Maalit | | | | | | |
| Esim. Tikkuflia Pika - Teho | | 9 m ² /l | | 18 l | 11,1 €/l | 199,00 € |
| | | | | | Kokonais hinta | 3833,54 € |
| | | | | | Hinta/m² | 33,63 €/m² |

Tämän jälkeen laskin jokaiselle rakennusosalle työmenekit. Työmenekit laskin pelkästään uusien rakenteiden tekoon, purkutöitä en ottanut laskennassa huomioon, koska rakennuksen omistaja hoitaa purkamisen itse. Työmenekit lasketaan kaavalla 7 [19, s. 8-11].

$$\text{Suoritemäärä} * T3 * SMK = \text{kokonaisaika } T4 \quad (7)$$

Missä:

Suoritemäärä= Tehtävän työn määrä neliöinä [m²]

T3= Tavoitteellinen työmenekki [tth/m²]

SMK= Suoritemäärästä riippuva kerroin, suuret pinta-alat pienentävät ja pienet alat suurentavat kerrointa.

T4= Työn kokonaisaika sisältäen kaikki työhön käytetyt tunnit

Työmenekkien perusteella laskin rakenteen kokonaishinnan työn osalta. Työn tuntihintana käytin 16 €/h ja sosiaalikulukertoimena kerrointa 1,7. Kerroin käsittää arvion palkasta työnantajalle aiheutuvat sivukulut, jolloin todellinen tuntihinta on 27,2 €/h.

Taulukko 6. Esimerkki työkustannusten laskennasta

| U3 1 Vanhaosa | | | | | | | |
|---|--------|------------------|------------------|-----|-----------------|------------------------|-------------------|
| Tehtävä työ | Määrä | Suoritus aika T3 | Suoritekerroimet | | Kokonaisaika T4 | Yksikköhinta | Hinta |
| Ulkoverhoitus sis. Koolauksen | | | | | | | |
| Päädyt | 70 m2 | | | | | | |
| Sivuseinät | 44 m2 | | | | | | |
| Yhteensä | 114 m2 | 0,34 tth/m2 | TL3 | SMK | 45 h | 27,2 €/h | 1217,68 € |
| Lämmöneristys 1 kerros 50 mm | | | | | | | |
| Päädyt | 70 m2 | | | | | | |
| Sivuseinät | 44 m2 | | | | | | |
| Yhteensä | 90 m2 | 0,09 tth/m2 | TL3 | SMK | 10 h | 27,2 €/h | 282,89 € |
| Koolauksen teko | | | | | | | |
| Yhteensä | 24 m2 | 0,28 tth/m2 | TL3 | SMK | 8 h | 27,2 €/h | 230,31 € |
| Ikkunoiden pelliläutojen asennus | | | | | | | |
| Ikkunat ja ovet | 10 kpl | 0,5 tth/kpl | TL3 | SMK | 8 h | 27,2 €/h | 218,96 € |
| Ikkunoiden pellitys | | | | | | | |
| Ikkunat ja ovet | 10 kpl | 0,4 tth/kpl | TL3 | SMK | 6 h | 27,2 €/h | 175,17 € |
| | | | | | | Työkustannukset | 2125,01 € |
| | | | | | | Hinta/m2 | 18,64 €/m2 |

Laskemalla yhteen materiaalien ja työn osuus saadaan lopputulokseksi rakenteen täydellinen kokonaishinta. Neliöhinnan sain selville jakamalla kokonaishinnan rakennusosan pinta-alalla.

Liitteessä 14 on esitetty yhteenveto eri rakennetyyppien kokonais- ja neliöhinoista.

12.2 Takaisinmaksuaika

Neliöhintojen ja aikaisemmin määrittämieni rakenteiden lämpöhäviöiden vähentymisestä tulevien säästöjen perusteella sain selville takaisinmaksuajan jokaiselle rakenteelle (liite13). Takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 7.

$$\text{Takaisinmaksuaika } [a] = \frac{\text{Kustannukset } \frac{\text{€}}{\text{m}^2}}{\text{Säästö } \frac{\text{€}}{\text{m}^2}/a} \quad (7)$$

Laskin takaisinmaksuajan myös E-lukujen avulla, jolloin käytin kustannuksina remontin kustannuksia rakennuksen hyötyneliötä kohti [€/hym²]. Säästöinä käytin vanhan ja uuden E-luvun [kWh_E/hym²/a] erotusta kerrottuna energian hinnalla [€/hym²/a]. Tällä tavalla laskettuna saadaan selville koko remontin takaisinmaksuaika (liite 14).

13 Korjausratkaisujen valinta

Korjausratkaisujen valinnan tein laskelmieni pohjalta kehittämäni pisteytysmenettelyn kautta (liite15), jolla pyrin ottamaan huomioon eri rakennekokonaisuuksien hyviä ja huonoja puolia.

Hyvinä puolina rakenteissa pidin matalaa alkuinvestointia ja energiatehokkuuden paranemista, huonoina puolina pidin suurta alkuinvestointia ja rakenteen kokonaispaksuuden kasvamista US 1 seinärakennetyypin kohdalla.

Lopulliseksi korjausratkaisuksi valikoitui rakennekokonaisuus 2, jossa kaikkiin ulkoseinärakenteisiin asennetaan lisäeristeeksi 50mm:n Isover Rkl facade-tuulensuojaeriste. Yläpohjissa käytetään luvussa 9.1 esitettyjä ratkaisuja.

13.1 Lämmöneristysvaatimusten täyttymisen osoittaminen

Tarkastelin asetus 4/13 mukaisen lämmöneristysvaatimuksen täyttymisen ympäristöministeriön asetusta varten tekemän laskentaliitteen ohjeen mukaisesti, käyttämällä rakenneosien lämpöhäviöiden tasauslaskentaa [20, s.2].

Tasauslaskennan lämpöhäviön vertailuarvon laskennassa käytetään U-arvojen rakenneosakohtaisia vaatimuksia [20,s.2], jotka ovat puolet rakenteen alkuperäisestä U-arvosta [21, s.2].

Alkuperäisenä U-arvona käytetään kohteen rakentamisaikakauden U-arvoa, vaikka rakenteisiin olisi tehty lisäeristystä, kuten tässä tapauksessa v. 1992 oli tehty.

Tasauslaskentaa varten tein aputaulukon Rakmk D3-ohjeen mukaisesti, tasauslaskennan lopputuloksena valitsemani korjausratkaisu täyttää annetut vaatimukset (liite16).

13.2 Rakennusfysikaalinen toiminta

Valitun korjausratkaisun rakenteet toimivat nykyilmastossa hyvin. Tarkastelin kuitenkin rakenteet ennustuksellisella v.2030 säämallilla, tällöin ulkoseinän pintarakenteet ovat noin suunnitellun käyttöikänsä puolivälissä. Säämallin mukaan ilmasto muuttuu lämpimämmäksi ja ilmankosteus nousee.

Taulukko 7. V.2030 Säämalli [22]

| Nro: | Nimi: | T_ulkko [c]: | T_sisä [c]: | SK_ulkko [%]: | SK_sisä [%]: | Kesto [h]: |
|------|-----------|--------------|-------------|---------------|--------------|------------|
| 1 | Tammikuu | -5.31 | 21.00 | 90.40 | 50.00 | 744.00 |
| 2 | Helmikuu | -6.01 | 21.00 | 89.98 | 50.00 | 672.00 |
| 3 | Maaliskuu | -1.79 | 21.00 | 86.98 | 50.00 | 744.00 |
| 4 | Huhtikuu | 3.69 | 21.00 | 76.44 | 50.00 | 720.00 |
| 5 | Toukokuu | 10.03 | 21.00 | 61.72 | 50.00 | 744.00 |
| 6 | Kesäkuu | 14.08 | 21.00 | 65.00 | 50.00 | 720.00 |
| 7 | Heinäkuu | 16.44 | 21.00 | 74.14 | 50.00 | 744.00 |
| 8 | Elokuu | 14.36 | 21.00 | 81.31 | 50.00 | 744.00 |
| 9 | Syyskuu | 10.38 | 21.00 | 80.48 | 50.00 | 720.00 |
| 10 | Lokakuu | 4.82 | 21.00 | 88.16 | 50.00 | 744.00 |
| 11 | Marraskuu | -0.28 | 21.00 | 94.61 | 50.00 | 720.00 |
| 12 | Joulukuu | -3.94 | 21.00 | 90.48 | 50.00 | 744.00 |

Mallinnuksen perusteella rakenteiden sisäiset kosteudet nousevat hieman, kuitenkin kosteuspitoisuudet eivät kohoa riskialttiille tasolle.

14 Määrälaskenta valituilla rakenneratkaisuilla

Määrälaskennan suoritin kaikille rakennekokonaisuuksille jo kustannuslaskentavaiheessa mahdollisimman tarkasti. Korjausratkaisun valinnan jälkeen kokosin kyseiseen ratkaisuun kuuluvat rakennusmateriaalit lajeittain yhteen taulukkoon, jonka perusteella voidaan tehdä esimerkiksi tarkempi tarjouspyyntö rautakauppaan.

Lisäksi lisäsin määrälaskentaan joitakin pienempiä tarvikkeita, kuten kiinnitystarvikkeita yms. joita en ottanut huomioon korjausratkaisun valintaa varten tehdyissä laskelmissa. Lisäksi tarkensin määriä siten, että ne ovat jaollisia kyseisen tuotteen pakkauskoolla. Määrälaskenta on esitetty liitteessä 17.

Tarkennetun määrälaskennan jälkeen Taloon.com:in ja Poimukate Oy:n hinnoilla laskettu lopullinen kustannusarvio on 21 824 €, josta työn osuus on 7 290 € ja materiaalien osuus 14 534 €. Lisäksi tulevat vielä suunnittelu- ja rakennuslupakustannukset, sääsuojauksen aiheuttamat kustannukset sekä telinekustannukset käytettävän telinetyypin mukaan.

15 Suunnitelmien tekeminen

Korjausratkaisun löydyttyä tein kyseisillä rakenneratkaisuilla ainoastaan työssä käsiteltyihin rakenteisiin liittyvät rakennetyyppi- (liite 18) ja liittymädetaljiipiirustukset (liite19).

Varsinaiset rakennuslupapiirustukset teen vasta myöhemmin, koska lupapiirustuksiin kuuluu olennaisena osana omistajien toive lasitetusta terassista. Opinäytetyön puitteissa en kuitenkaan suunnitellut terassia.

16 Loppupäätelmät

Opinnäytetyössäni pääsin asetettuun tavoitteeseen, joka oli kustannusteknisesti optimaalisen sekä rakennusfysikaalisesti turvallisen korjausratkaisun löytäminen ulkoseiniin ja yläpohjiin.

Korjausratkaisun valinnassa oli useita valintaan vaikuttavia tekijöitä, joista tärkeimpinä pidin rakenteiden energian säästön suhdetta rakenteen neliöhintaan, sekä alkuinvestoinnin suuruutta.

Lisäksi tärkeä valintakriteeri oli se, ettei ulkoseinän rakennepaksuus kasva liikaa, jolloin rakennuksen ulkonäkö muuttuisi ratkaisevasti. Valituilla ratkaisulla ulkoseinien paksuus kasvaa 50 mm:ä, yläpohjiin suunnitelluilla korjauksilla rakennuksen vanhan osan korkeus nousee n. 335 mm:ä.

Taulukko 8. Valitut korjausratkaisut

| Rakennekokonaisuus 2 | | | | | | |
|----------------------|---------------------------|------|-------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------------|
| | U-arvo W/m ² K | | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisä eristys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % Säästö €/m ² /a |
| <u>Ulkoseinät</u> | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,24 | 0,39 | 38,874 | Isover rkl facade 50mm | 18,814 | 34 % 2,9 |
| US 2 Sivullakko | 0,233 | 0,33 | 35,789 | Isover rkl facade 50mm | 21,604 | 38 % 3,3 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,216 | Isover rkl facade 50mm | 10,007 | 27 % 1,8 |
| <u>Yläpohjat</u> | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,088 | 0,38 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluilla 400mm | 23,422 | 64 % 3,8 |
| YP 2 Vino | 0,168 | 0,21 | 25,488 | Puru pois, tilalle selluilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 98,187 | 79 % 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,87 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluilla 125 mm | 8,472 | 32 % 1,3 |

Pintamateriaaleina toimii omistajien toiveiden mukaisesti ulkoseinissä vaakaan asennettu ulkoverhouspaneeli ja vesikatteena pystysaumapeltikate.

Taulukko 9. Takaisinmaksuajat

Takaisinmaksuajat valituilla ratkaisuilla

| | |
|-----------------------------------|---------|
| US 1 Vanha-osa | 17,92 v |
| US 2 Ullakko | 7,17 v |
| US 3 Laajennus-osa | 38,76 v |
| YP 1 Suora | 5,24 v |
| YP 2 Vino | 5,06 v |
| YP 3 Laajennus | 4,91 v |
| Koko remontti E- luvun mukaan | 14,1 v |
| Ilman US3 eristystä E- luvun muk. | 14,0 v |

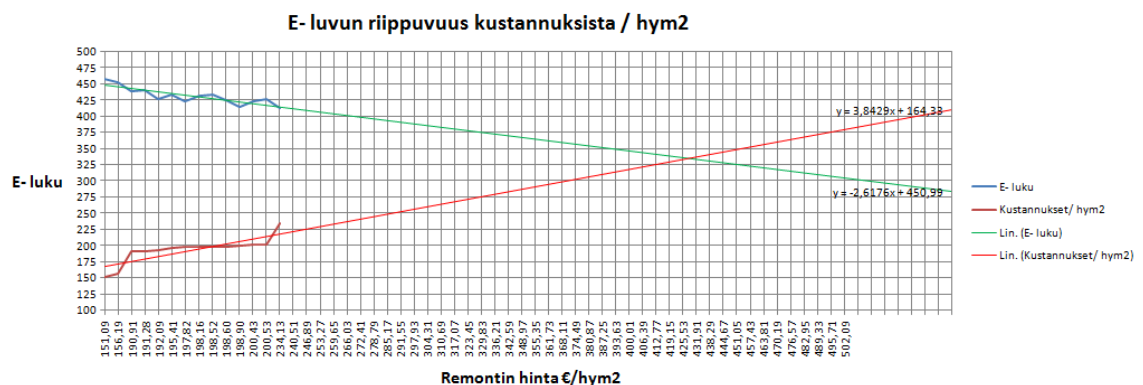
Kuten taulukosta 9 nähdään, yläpohjien eristäminen on kannattavinta ja maksaa itsensä nopeimmin takaisin. Vanhan osan ulkoseinien takaisinmaksuajat ovat kohtuullisella tasolla, jolloin rakenne maksaa itsensä takaisin ennen ulkoeristyksen uusimisen tarvetta.

Laajennusosan ulkoseinien takaisinmaksuaika taas on pitkä, jolloin voisi harkita eristyksen jättämistä pois. Kuitenkin laskin myös tämän vaihtoehdon E-luvun mukaisen takaisinmaksuajan, joka oli hyvin lähellä ratkaisua, jossa eriste asennetaan. Tämä johtuu laajennusosan seinien suhteellisesti pienestä pinta-alasta. Tämän sekä seinän kosteusteknisen toiminnan parantumisen myötä pidin rakennetyypin mukana suunnitelmissa.

Asetus 4/13 mukaisen energiatehokkuuden parantamiseen osoittamiseen valitsin asetuksen antamista vaihtoehdoista rakenneosien lämpöhäviöiden pienentämisen, johon käytin apuna tasauslaskentaa. Valituilla korjausratkaisuilla vaatimus täyttyi reilusti.

Toisena tarkastelemanani vaihtoehtona olisi ollut E-luvun parantaminen 80 % tasolle alkuperäisestä. Tämä vaihtoehto kuitenkin osoittautui kustannustehottomaksi rakenteiden eristävyttä parantamalla.

Taulukko 10. E-luku ja kustannukset



Kuten laskelmieni pohjalta tekemässä taulukossa (Taulukko 10) nähdään, kustannukset nousevat jyrkemmin kuin E-luku pienenee. Tässä tapauksessa asetuksen täyttymiseksi E-luvun olisi pitänyt olla 411 kWh_E/(hym²a), jolloin kustannukset olisivat luokkaa 240 €/hym², kun taas valitsemassani korjausratkaisussa kustannukset olivat 192 €/hym². Rakennuksen hyötyala on 106 m², jolloin remontti olisi tullut noin 5088 € kalliimmaksi.

Mikäli energiatehokkuuden parantamisen haluaa täyttää E-lukua pienentämällä, olisi se kannattavinta toteuttaa talotekniikan kehittämisellä ja lämmitysmuodon vaihtamisella.

Tässä voisikin olla jatkotutkimusaihe opinnäytetyöksi, jossa paneuduttaisiin kustannustehokkaisiin E-lukua pienentäviin rakenne- ja talotekniikkaratkaisuihin tämän opinnäytetyön kohteen tyyppisessä rakennuksessa.

Lähteet

1. Siikanen Unto. Rakennusfysiikka: Perusteet ja sovelluksia. Helsinki 1996. 219 s. ISBN 951-682-340-9
2. Lamit.fi. E-luku on tärkeässä osassa rakennusten energiankulutuksen hillitsemisessä. 2014. [Viitattu 25.8.2014] Saatavilla: <http://www.lamit.fi/fi/e-luku> (28.9.2014)
3. Energiatehokas koti: Määritelmiä ja termejä. 2013. [Viitattu 20.9.2014] Saatavilla: http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/maaritelmia_ja_terminoja (28.9.2014)
4. Björkholz Dick. Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Helsinki 1997. 150 s. ISBN 951-682-432-3
5. Doftech Oy. DOF-Lämpö 2.2-ohjelman tietokanta. Saatavuus: Ohjelman käyttöoikeuslisenssillä
6. Rinne Hannu. Perinnemestarin rintamamiestalo kunnostus ja ylläpito. Riika 2013. 256 s. ISBN 978-951-0-38970-6
7. Ilmatieteenlaitos 2012. Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa. [Viitattu 12.6.2014] Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky> (28.09.2014).
8. RT 85-10767: Metalliset muoto ja poimulevykatteet. S.5. Ohjetiedosto helmikuu 2002.[Viitattu 25.9.2014] Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/tietopalvelu.karelia.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410767%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RT%2495%248482/10767.pdf> (28.9.2014).
9. Kattoliitto. Toimivat katot 2013.[Viitattu 5.9.2014] Saatavilla:http://www.kattoliitto.fi/files/504/Toimivat_Katot_2013_reduced_size_.pdf (28.9.2014)
10. Finnwood 2.3 SR1 ohjelman ohjekirja. [Viitattu 5.9.2014] Saatavilla:<http://www.metsawood.com/fi/tyokalut/Finnwood/Pages/default.aspx?z=df355fa2-ae04-4607-ad59-e9f1f201c242#.VDISlfmsXjR> (28.9.2014)
11. Puuinfo. Puurakenteiden suunnitteluohje: lyhennetty suunnitteluohje kolmas painos. 2013.
12. VTT. Sellukuitueristeiden vesihöyrynläpäisevyyden määrittäminen. Testausselostus Nro VTT-S-04516-12. Espoo 2012

13. Ympäristöministeriö. RAKMK C3 Lämmöneristys määräykset 2003. [Viitattu 10.09.2014] Saatavilla: http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c3_2003.pdf (29.9.2014)
14. Ympäristöministeriö. RAKMK D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta2003. [Viitattu 10.9.2014] Saatavilla:http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5_2012.pdf (29.9.2014)
15. Vuolle, M. 2013. Rakennusten energiatodistus ja sen E-luvun laskeminen 1.6.2013 alkaen. EquaSimulation Finland Oy. [Viitattu 20.6.2014] Saatavilla: http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/tapahtumat/et_vuolle_verkkoon_19032013.pdf (29.09.2014)
16. Hautala M, Peltonen H. Insinöörin (AMK) Fysiikka osa 1. Saarijärvi 2009. 332 s. ISBN 978-952-5191-20-2
17. Doftech Oy 2003. DOF-lämpö 2.2-ohjekirja. [Viitattu 10.9.2014] Saatavilla: <http://www.dof.fi/www/files/DOF-lampo.pdf> (29.09.2014)
18. Tilastokeskus. Lämmitysenergian kuluttajahintoja maaliskuussa 2014. [Viitattu 15.9.2014] Saatavilla: http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2014/01/ehi_2014_01_2014-06-19_tau_003_fi.html (29.09.2014)
19. Ratu talonrakennusteollisuus ry. Rakennustöiden menekit 2010. Rakennustieto Oy Helsinki 2009. 149 s. ISBN 978-951-682-937-4
20. Laskentaliite ympäristöministeriön asetuksen ” rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostyön yhteydessä”. [Viitattu 15.9.2014] Saatavilla: http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d7_laskentaliite.pdf (29.09.2014)
21. 4/13 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostyössä. [Viitattu 15.9.2014] Saatavilla: http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d7_yma20130004.pdf. (29.09.2014)
22. Ilmatieteenlaitos. 2012. Energialaskennan testivuodet tulevaisuuden ilmastossa. [Viitattu 15.9.2014] Saatavilla:http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=f8005a3d-634a-41e3-982b-1b2144eb9b65&groupId=30106 (29.09.2014)

Tarkastuslomake

| KUNTOTARKASTUS/ RAKENNEKARTOITUS | | | | | |
|---|--------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|-----------------|
| KOHDE: Rintamamiestalo [REDACTED] | | OMISTAJAT: [REDACTED] | | PÄIVÄMÄÄRÄ: 17.4.2014 | |
| OLOSUHTEET TARKASTUSTA SUORITETTAESSA | | | | | |
| Sää: Puolipilvinen | | | | | |
| Ulkolämpötila ja suhteellinen kosteus: 9,1 °C, RH: 41,7 % | | | | | |
| Sisälämpötila ja suhteellinen kosteus: Keskiarvo: 19,5 °C, RH keskiarvo: 27,2 % | | | | | |
| VANHAT RAKENTEET RAKENNUSOSAKOHTAISESTI | | | | | |
| VESIKATE JA ALUSRAKENTEET: Vanha osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TAR/RH% |
| Kate | Pelti | | | Huono | |
| Alusrakenne | Kattohuopa | | | | |
| Alusrakenne | Umpilaudoi- tus | | 22x100- 125 | | |

| | | | | | |
|---|----------------|---------------------------|---------------|-----------------|----------------|
| Kantava rakenne | Puupalkisto | k 800-850 | 50x125 | | |
| VESIKATE JA ALUSRAKENTEET: Laajennus osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TA/RH% |
| Kate | Pelti | | | | |
| Alusrakenne | | | | | |
| Kantava rakenne | | | | | |
| VANHAN OSAN YLÄPOHJA: Vino osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TA/RH% |
| Ilmarako | | 25-30 mm | | Osin tukossa | |
| Tuulensuojapahvi | | | | Huono | |
| Eristys | Puru | 125 mm | | | |
| Pinkopahvi | | | | | |
| Koolaus/ eris- | Mineraalivilla | 50 mm | | | Ei kaik- |

| tys | | | | | kialla |
|---|----------------|---------------------------|---------------|-------|--------------------|
| Pintamateriaali | Paneli | | | Ok | |
| | | | | | |
| VANHAN OSAN YLÄPOHJA: Suora osa/ ullakko | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TAR/RH% |
| Eristys | Puru | 150 mm | | Kuiva | |
| Eristys/ palkit | Mineraalivilla | 125 mm | | Ok | |
| Laudoitus | | | | | |
| Pinkopahvi | | | | | |
| Eristys/ koola- us | Mineraalivilla | 50 mm | | | Ei kaik- kialla |
| Paneli | | | | Ok | |
| LAAJENNUSOSAN YLÄPOHJA: | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TAR/RH% |
| Eristys | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------|-------|--|
| Vasat | | | | | |
| Hs-muovi | | | | | |
| Koolaus | | | | | |
| Pintamateriaali | | | | | |
| | | | | | |
| ULKOSEINÄ: Vanha osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TAR/RH% |
| Ulkoverhous | Lauta+rima | | 25x120+ 25x50 | Huono | |
| Bitumihuopa | | | | | Huovan alla RH KA= 58% Maksimi 64,3 % |
| Vinolaudoitus | Lauta | | 22x? | | |
| Kantava runko/ purueristys | Puutolpat/ puru | 100 mm k600 | 50x100 | | RH KA= 54 % |

| | | | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|------------------|-------|----------------|
| Koolaus+ eriste | Mineraalivilla | 50 mm k600 | | | |
| Hs-muovi | | | | | |
| Sisäverhousle- vy | Kipsilevy | 13 mm | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| ULKOSEINÄ: Laajennus osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TA/RH% |
| Ulkoerohous | Lauta+rima | | 25x120+ 25x50 | | |
| Koolaus | Lauta | | 22x100 | | |
| Tuulensuojale- vy | Puukuitulevy | 12 mm | | | |
| Vaakakoolaus/ eristys | | 50 mm | | | 58,4 % |
| Kantava runko | | | | | |
| Hs-muovi | | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|-------|--------------------|
| Sisäverhousle- vy | Kipsilevy | 13 mm | | | |
| ALAPOHJA: Vanha osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TA/RH% |
| Pintamateriaali | | | | Ok | |
| Lastulevy | | | | | |
| Koolaus | Lauta | | 22x100 | | |
| Hs-muovi | | | | | |
| Eristys/ palkit | Mineraalivilla | 100 mm | | | |
| Eristys/ palkit | Puru | 300 mm | | | RH Ka=55,4 % |
| Umpilaudoitus | | | 22X100 | | |
| ALAPOHJA: Laajennus osa | | | | | |
| RAKENNEOSA | MATERIAALI | PITUUS/PAKSUUS/ K-JAKO | DIMEN- SIO | KUNTO | MUU- TA/RH% |
| Laatoitus | | | | OK | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|--------|--------|-------|--|
| Betonilaatta | | | 60 mm | | |
| Eps eriste keskialue | | | 50 mm | | |
| Eps-eriste reuna-alue 1m sokkelista | | | 100 mm | | |
| IKKUNAT | | | | | |
| TYYPPI/ KOKO | ILMANSUUNTA | U-ARVO | | KUNTO | |
| MSE 1900X1350 | LOUNAS | 1,4 | | OK | |
| MSE 1900X1350 | KOILLINEN | 1,4 | | OK | |
| MSE 1300X1350 | LOUNAS | 1,4 | | OK | |
| MSE 1300X1350 | LOUNAS | 1,4 | | OK | |
| MSE 1300X1350 | LUODE | 1,4 | | OK | |
| MSE 1300X1350 | KOILLINEN | 1,4 | | OK | |
| MSE 700X550 | KOILLINEN | 1,4 | | OK | |
| MSE 600X1400 | LOUNAS | 1,4 | | OK | |
| MSE 600X1400 | LOUNAS | 1,4 | | OK | |

| | | | |
|--|-------------|--------|-------|
| MSE 600X1400 | LOUNAS | 1,4 | OK |
| MSE 600X1400 | KAAKKO | 1,4 | OK |
| MSE 600X1400 | KOILLINEN | 1,4 | OK |
| MSE 600X1400 | KOILLINEN | 1,4 | OK |
| MSE 400X1400 | KAAKKO | 1,4 | OK |
| MSE 400X1400 | KAAKKO | 1,4 | OK |
| OVET | | | |
| KOKO | ILMANSUUNTA | U-ARVO | KUNTO |
| 10X21 | KOILLINEN | 1,4 | OK |
| 9X21 | KAAKKO | 1,4 | OK |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| ILMANVAIHTO: PAINOVOIMAINEN/ HUIPPUIMURI KOSTEISSA TILOISSA | | | |

Laskennassa käytetyt sääolosuhteet v. 2012 [7]

Sääsuureiden keskimääräiset arvot kuukausittain vyöhykkeellä III (Jyväskylä)

| Vyöhyke III | Keskimääräinen lämpötila T , °C | Keskimääräinen suhteellinen kosteus RH, % | Auringon kokonaissäteilyenergian summa vaakatasolle G_{rad} , MJ/m ² | Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku $S17$, Kd | Suoran säteilyn kokonaismäärä auringon sädettä vastaan kohtisuoralle pinnalle RD/R , MJ/m ² | Hajasäteilyn kokonaismäärä vaakapinnalle RD/F , MJ/m ² | Tuulen nopeus WS, m/s |
|-------------|-----------------------------------|---|---|--|--|---|-----------------------|
| Tammikuu | -8 | 88 | 19.4 | 775 | 11.2 | 18.4 | 3.2 |
| Helmikuu | -7.1 | 90 | 72.4 | 675 | 124.2 | 46.4 | 2.6 |
| Maaliskuu | -3.5 | 85 | 186.8 | 637 | 173.5 | 125.3 | 3.1 |
| Huhtikuu | 2.4 | 74 | 370.4 | 437 | 404.6 | 182.9 | 2.7 |
| Toukokuu | 8.8 | 61 | 617 | 210 | 725.8 | 244.8 | 2.9 |
| Kesäkuu | 13.4 | 66 | 572.8 | 60 | 525.6 | 283 | 3 |
| Heinäkuu | 15.8 | 73 | 569.5 | 22 | 609.1 | 243 | 2.4 |
| Elokuu | 13.8 | 81 | 410 | 78 | 421.9 | 204.5 | 2.2 |
| Syyskuu | 9.2 | 82 | 256 | 218 | 357.5 | 121 | 3.4 |
| Lokakuu | 4.1 | 87 | 91.1 | 401 | 127.4 | 56.2 | 2.9 |
| Marraskuu | -1.8 | 94 | 26.3 | 563 | 30.2 | 22 | 3.2 |
| Joulukuu | -5.9 | 89 | 11.5 | 711 | 4 | 10.8 | 3.1 |
| Koko vuosi | 3.4 | 81 | 3204 | 4787 | 3514 | 1559 | 2.9 |

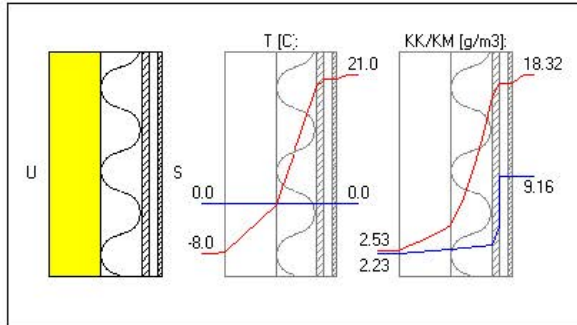
Vanhan YP1-yläpohjan kosteuskäyttäytyminen

| | | |
|--|----------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: YP 1 Tammikuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 11.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.239 W/m²K
Paksuus: 334.100 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 88.68 kg
Hinta: 0.00 euro

V esihöyryn vastus: 6.450e+03 m²hPa/g
V esih. läpäisykerroin: 1.550e-04 g/m²hPa
Lämmönvastus: 4.190 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.040 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 0.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
|--------------------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Sahanpuru | 150.00 | 0.1200 | 9.800000e-11 | 0.00 | 450.00 |
| 2 M ineraalivilla (paro) | 125.00 | 0.0400 | 1.050000e-10 | 0.00 | 0.00 |
| 3 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 4 Maali - kiilto | 0.10 | 1.0000 | 6.666667e-15 | 0.00 | 0.00 |
| 5 Koolaus/ilmarako | 22.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 6 Panelointi/halex | 15.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| KYLMÄSILTA: | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: | LK [W/K](kpl): |
| 2 Puumänty | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Veshöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet**Tammikuu (744.0 h)**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U | -8.00 | 2.53 | 2.23 | 88.0 | 0.00 |
| 1 | -7.75 | 2.58 | 2.23 | 86.2 | 0.00 |
| 2 | -0.09 | 4.81 | 2.68 | 55.8 | 0.00 |
| 3 | 19.08 | 16.38 | 3.04 | 18.6 | 0.00 |
| 4 | 20.20 | 17.49 | 4.68 | 26.8 | 0.00 |
| 5 | 20.20 | 17.49 | 9.16 | 52.4 | 0.00 |
| 6 | 20.20 | 17.49 | 9.16 | 52.4 | 0.00 |
| 7 | 20.20 | 17.49 | 9.16 | 52.4 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

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

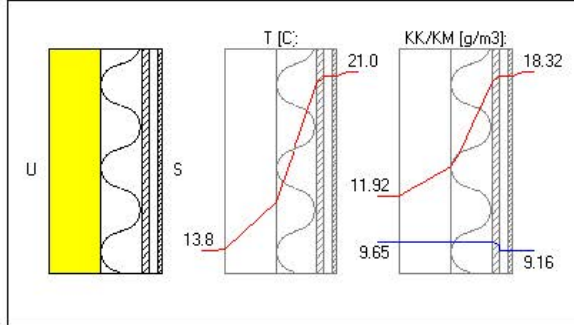
Lisätiedot:

U-arvossa mukana korjaustermit:
Ilmarakojen korjaustekijä 1 = 0.010
W/m²K

| | | |
|--|--------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: YP 1 Elokuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 18.8.2014 | Tunnus: |

Rakenteen pää tiedot:

| | |
|-------------------------|-------------------|
| U-arvo: | 0.239 W/m2K |
| Paksuus: | 334.100 mm |
| Pinta-ala: | 1.00 m2 |
| Paino: | 88.68 kg |
| Hinta: | 0.00 euro |
| Vesihöyryn vastus: | 6.450e+03 m2hPa/g |
| Vesih. läpäisy kerroin: | 1.550e-04 g/m2hPa |
| Lämmönvastus: | 4.190 m2K/W |
| Pintavastus, ulko: | 0.040 m2K/W |
| Pintavastus, sisä: | 0.130 m2K/W |
| Kulma (0-90): | 0.000 |



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m3]: | Paino [kg/m3]: |
|--------------------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 Sahanpuru | 150.00 | 0.1200 | 9.800000e-11 | 0.00 | 450.00 |
| 2 M ineraalivilla (paro) | 125.00 | 0.0400 | 1.050000e-10 | 0.00 | 0.00 |
| 3 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 4 Maali - kiilito | 0.10 | 1.0000 | 6.666667e-15 | 0.00 | 0.00 |
| 5 Koolaus/ilmarako | 22.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 6 Panelointi/ haltex | 15.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |

| KYLM ÄSILTA: | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m3]: | Paino [kg/m3]: | LK [W/K](kpl): |
|--------------|------------|----------|---------------|----------------|----------------|
| 2 Puumänty | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet

Elokuu (744.0 h)

Lisätiedot:

| Piste: | T [C]: | KK [g/m3]: | KM [g/m3]: | SK [%]: | C [g/m2]: |
|--------|--------|------------|------------|---------|-----------|
| U | 13.80 | 11.92 | 9.65 | 81.0 | 0.00 |
| 1 | 13.86 | 11.96 | 9.65 | 80.7 | 0.00 |
| 2 | 15.76 | 13.44 | 9.62 | 71.6 | 0.00 |
| 3 | 20.52 | 17.82 | 9.60 | 53.8 | 0.00 |
| 4 | 20.80 | 18.11 | 9.48 | 52.3 | 0.00 |
| 5 | 20.80 | 18.11 | 9.16 | 50.6 | 0.00 |
| 6 | 20.80 | 18.11 | 9.16 | 50.6 | 0.00 |
| 7 | 20.80 | 18.11 | 9.16 | 50.6 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

U-arvossa mukana korjaustermi:
Ilmarakojen korjaustekijä 1 = 0.010
W/m2K

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

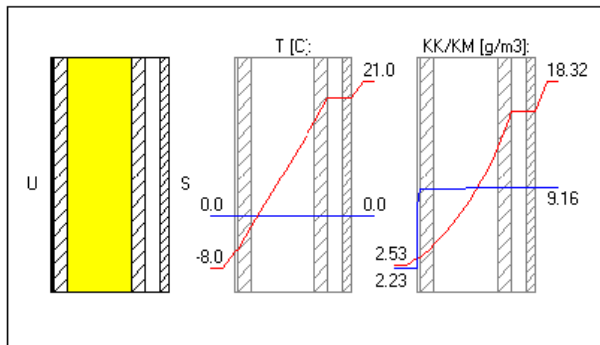
Vanhan YP 2-yläpohjan kosteuskäyttäytyminen

| | | |
|--|--|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: YP 2 Vanha Tammikuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 19.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo: 0.689 W/m²K
Paksuus: 184.800 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 78.78 kg
Hinta: 0.00 euro

V esihöyryn vastus: 9.172e+05 m²hPa/g
V esih. läpäisy kerroin: 1.090e-06 g/m²hPa
Lämmönvastus: 1.452 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.130 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 35.750

**Rakenteen kerrostiedot:**

| | | Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S) | | | |
|-----------------------|---------|---------------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
| 1 Kattopelti | 0.50 | 50.0000 | 2.000000e-16 | 0.00 | 7800.00 |
| 2 Bitumi, Huopa/Kermi | 3.00 | 0.2300 | 4.000000e-15 | 0.00 | 1100.00 |
| 3 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 4 Tervapaperi | 0.20 | 1.0000 | 2.222220e-13 | 0.00 | 0.00 |
| 5 Sahanpuru | 100.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 6 Laudoitus | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 7 Maali - kiilto | 0.10 | 1.0000 | 6.666667e-15 | 0.00 | 0.00 |
| 8 Ilma | 22.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 9 Panelointi / haltex | 15.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| KYL MÄSILTA: | | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
| 5 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = V esihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet

| | | Tammikuu (744.0 h) | | | | |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|--|
| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: | |
| U | -8.00 | 2.53 | 2.23 | 88.0 | 0.00 | |
| 1 | -5.44 | 3.13 | 2.23 | 71.2 | 0.00 | |
| 2 | -5.44 | 3.13 | 7.48 | 100.0 | 0.00 | |
| 3 | -5.18 | 3.20 | 9.05 | 100.0 | 58.92 | |
| 4 | -1.58 | 4.28 | 9.06 | 100.0 | 0.00 | |
| 5 | -1.57 | 4.28 | 9.07 | 100.0 | 0.00 | |
| 6 | 14.83 | 12.69 | 9.12 | 71.8 | 0.00 | |
| 7 | 18.44 | 15.77 | 9.13 | 57.9 | 0.00 | |
| 8 | 18.44 | 15.77 | 9.16 | 58.1 | 0.00 | |
| 9 | 18.44 | 15.77 | 9.16 | 58.1 | 0.00 | |
| 10 | 18.44 | 15.77 | 9.16 | 58.1 | 0.00 | |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 | |

Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)

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

Lisätiedot:

U-arvossa mukana korjaustermi:
Ilmarakojen korjaustekijä 1 = 0.010
W/m²K

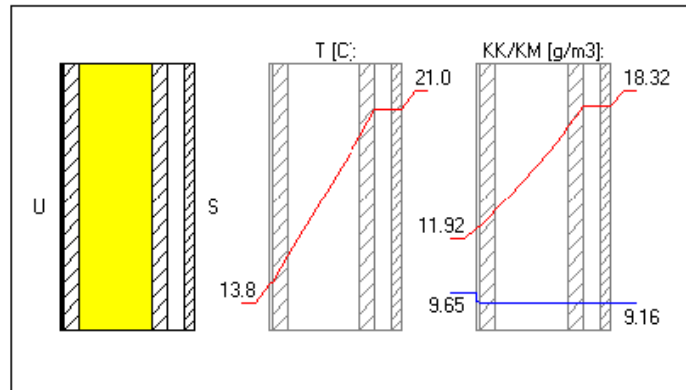
Mallinnus ilman tuuletusrakoa

| | | |
|--|--------------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: YP 2 Vanha Elokuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 19.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo: 0.689 W/m²K
Paksuus: 184.800 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 78.78 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 9.172e+05 m²hPa/g
Vesih. läpäisy kerroin: 1.090e-06 g/m²hPa
Lämmönvastus: 1.452 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.130 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 35.750

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
|-----------------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Kattopelti | 0.50 | 50.0000 | 2.000000e-16 | 0.00 | 7800.00 |
| 2 Bitumi, Huopa/Kermi | 3.00 | 0.2300 | 4.000000e-15 | 0.00 | 1100.00 |
| 3 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 4 Tervapaperi | 0.20 | 1.0000 | 2.222220e-13 | 0.00 | 0.00 |
| 5 Sahanpuru | 100.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 6 Laudoitus | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 7 Maali - kiitto | 0.10 | 1.0000 | 6.666667e-15 | 0.00 | 0.00 |
| 8 Ilma | 22.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 9 Panelointi haltex | 15.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| KYLMÄSILTA: | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: | LK [W/K](kpl): |
| 5 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet**Elokuu (744.0 h)**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U | 13.80 | 11.92 | 9.65 | 81.0 | 0.00 |
| 1 | 14.44 | 12.39 | 9.65 | 77.9 | 0.00 |
| 2 | 14.44 | 12.39 | 9.28 | 74.9 | 0.00 |
| 3 | 14.50 | 12.44 | 9.17 | 73.7 | 0.00 |
| 4 | 15.39 | 13.14 | 9.17 | 69.8 | 0.00 |
| 5 | 15.40 | 13.14 | 9.17 | 69.8 | 0.00 |
| 6 | 19.47 | 16.76 | 9.16 | 54.7 | 0.00 |
| 7 | 20.36 | 17.66 | 9.16 | 51.9 | 0.00 |
| 8 | 20.36 | 17.66 | 9.16 | 51.9 | 0.00 |
| 9 | 20.36 | 17.66 | 9.16 | 51.9 | 0.00 |
| 10 | 20.36 | 17.66 | 9.16 | 51.9 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

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

Lisätiedot:

U-arvossa mukana korjaustermi:
Ilmarakojen korjaustekijä 1 = 0.010
W/m²K

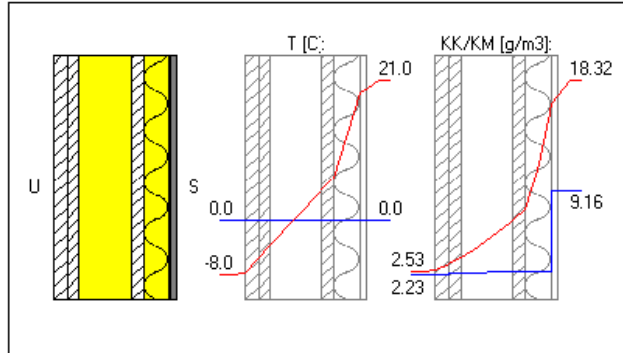
Vanhan US1-seinärakennetyypin kosteustekninen toiminta

| | | |
|--|----------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: US 1 Tammikuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 18.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.373 W/m²K
Paksuus: 233.250 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 88.19 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 1.456e+05 m²hPa/g
Vesih. läpäisy kerroin: 6.868e-06 g/m²hPa
Lämmönvastus: 2.680 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.040 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
|------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 Puu(mänty) | 25.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 2 Tervahuopa | 1.00 | 0.2300 | 2.095000e-13 | 0.00 | 1100.00 |
| 3 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 4 Sahanpuru | 100.00 | 0.1200 | 9.800000e-11 | 0.00 | 450.00 |
| 5 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 6 ISOVER KL 37 | 50.00 | 0.0400 | 1.050000e-10 | 0.00 | 0.00 |
| 7 Höyrynsulkumuovi (Po | 0.25 | 0.3300 | 5.000000e-16 | 0.00 | 920.00 |
| 8 Gyproc GN 13 | 13.00 | 0.2500 | 2.000000e-11 | 0.00 | 693.00 |
| KYLMÄSILTA: | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m³]: | Paino [kg/m³]: | LK [W/K](kpl): |
| 4 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |
| 6 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet**Tammikuu (744.0 h)****Lisätiedot:**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U | -8.00 | 2.53 | 2.23 | 88.0 | 0.00 |
| 1 | -7.60 | 2.62 | 2.23 | 85.1 | 0.00 |
| 2 | -5.50 | 3.11 | 2.31 | 74.2 | 0.00 |
| 3 | -5.46 | 3.12 | 2.37 | 75.9 | 0.00 |
| 4 | -3.62 | 3.63 | 2.45 | 67.4 | 0.00 |
| 5 | 4.76 | 6.69 | 2.46 | 36.8 | 0.00 |
| 6 | 6.60 | 7.55 | 2.53 | 33.5 | 0.00 |
| 7 | 19.16 | 16.46 | 2.54 | 15.4 | 0.00 |
| 8 | 19.17 | 16.47 | 9.15 | 55.6 | 0.00 |
| 9 | 19.69 | 16.98 | 9.16 | 54.0 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

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

U-arvossa mukana korjaustermi =
0.010 W/m²K
Ulkopinnassa tervahuopa

Kattovasojen mitoituksen tulos

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattoremontti

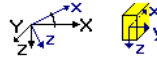
Heikki Eronen

12.9.2014

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakennosalle. Laskelmissa esitetty rakennososan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



PROJEKTITIEDOT:

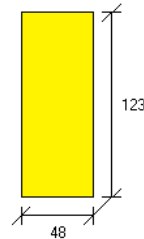
Suunnittelija: Heikki Eronen
 Projekti: Kattoremontti
 Asiakas: Timo Koukkunen

Nimi

J\...\Kattovasa.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 48x123
 (B=48 mm, H=123 mm, A=5904 mm², I_y=7443468 mm⁴, W_y=121032 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamustaluokka: CC2 (KFI=1.0)
 Kulma: 35.8 astetta
 Jako/kuormituslev.: 900 mm (pintakuormille)



Uloke-/jänneväli pituudet:

| Uloke/jänneväli: | Vaakanmitta [mm]: | Pystymitta [mm]: | Aksiaalinen [mm]: |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Vasen uloke | 565.0 | 406.7 | 696.2 |
| Jänneväli 1 | 1270.0 | 914.3 | 1564.9 |
| Jänneväli 2 | 845.0 | 608.3 | 1041.2 |
| Jänneväli 3 | 1570.0 | 1130.2 | 1934.5 |
| Yhteensä: | 4250.0 | 3059.6 | 5236.7 |

| Tuki: | Sijainti x [mm]: | Leveys [mm]: | Tyyppi: | |
|-------|------------------|--------------|---------------------------|---------------|
| 1: | 696 | 96 | Kiinteä niveltuki (X,Z) | Kantava seinä |
| 2: | 2261 | 96 | Kiinteä niveltuki (X,Z) | Kantava seinä |
| 3: | 3302 | 96 | Liukutuki (X) | Kitapuu |
| 4: | 5237 | 45 | Liukutuki (X) | Hajjanivel |
| 5: | 62 | - | Yläpuolinen sivuttaistuki | |
| 6: | 562 | - | Yläpuolinen sivuttaistuki | |
| 7: | 1062 | - | Yläpuolinen sivuttaistuki | |
| 8: | 1562 | - | Yläpuolinen sivuttaistuki | |
| 9: | 2062 | - | Yläpuolinen sivuttaistuki | |
| 10: | 2562 | - | Yläpuolinen sivuttaistuki | |

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattoremontti

Heikki Eronen

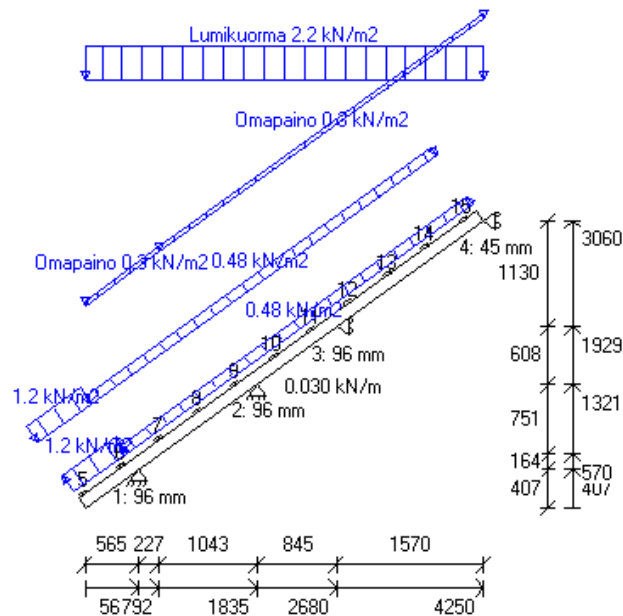
12.9.2014

| | | | |
|-----|------|----|---------------------------|
| 11: | 3062 | -- | Yläpuolinen sivuttaistuki |
| 12: | 3562 | -- | Yläpuolinen sivuttaistuki |
| 13: | 4062 | -- | Yläpuolinen sivuttaistuki |
| 14: | 4562 | -- | Yläpuolinen sivuttaistuki |
| 15: | 5062 | -- | Yläpuolinen sivuttaistuki |

| | |
|----------------|---|
| fm,k (My): | 24.97 N/mm ² |
| fm,k (Mz): | 30.14 N/mm ² |
| fc,0,k: | 21.00 N/mm ² |
| fc,90,k: | 2.50 N/mm ² |
| ft,0,k: | 14.57 N/mm ² |
| fv,k (Vz): | 4.00 N/mm ² |
| fv,k (Vy): | 4.00 N/mm ² |
| E,mean: | 11000 N/mm ² |
| G,mean: | 690 N/mm ² |
| E 0.05: | 7400 N/mm ² |
| G 0.05: | 460 N/mm ² |
| Tilavuuspaino: | 5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten) |

| | |
|-----------------|-------|
| Osavarmuusluku: | 1.40 |
| Aikaluokka: | kmod: |
| Pysyvä: | 0.600 |
| Pitkäaikainen: | 0.700 |
| Keskipitkä: | 0.800 |
| Lyhytaikainen: | 0.900 |
| Hetkellinen: | 1.100 |

| | |
|-------|-------|
| kdef: | 0.800 |
|-------|-------|

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysvä):

| | | |
|---------------------|------------------------------|--|
| Rakennesosan paino: | $Q_Z = 0.030 \text{ kN/m}$ | $x = 0 - 5237 \text{ mm}$ |
| Pintakuorma 1: | $Q_Z = 0.300 \text{ kN/m}^2$ | $x = 0 - 976 \text{ mm}$ (Omapaino 0.3 kN/m^2) |
| Pintakuorma 2: | $Q_Z = 0.300 \text{ kN/m}^2$ | $x = 976 - 5237 \text{ mm}$ (Omapaino 0.3 kN/m^2) |

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):

| | | |
|----------------|------------------------------|--|
| Pintakuorma 1: | $Q_Z = 2.000 \text{ kN/m}^2$ | $x = 0 - 5237 \text{ mm}$ (Lumikuorma 2.2 kN/m^2) |
|----------------|------------------------------|--|

Tuulikuorma (alas) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

| | | |
|----------------|------------------------------|---|
| Pintakuorma 1: | $Q_z = 1.200 \text{ kN/m}^2$ | $x = 0 - 696 \text{ mm}$ (1.2 kN/m^2) |
| Pintakuorma 2: | $Q_z = 0.600 \text{ kN/m}^2$ | $x = 696 - 5237 \text{ mm}$ (0.48 kN/m^2) |

Tuulikuorma (ylös) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

| | | |
|----------------|-------------------------------|---|
| Pintakuorma 1: | $Q_z = -1.200 \text{ kN/m}^2$ | $x = 0 - 696 \text{ mm}$ (1.2 kN/m^2) |
| Pintakuorma 2: | $Q_z = -0.600 \text{ kN/m}^2$ | $x = 696 - 5237 \text{ mm}$ (0.48 kN/m^2) |

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysvä)

 $1.00^*1.35^*Omapaino$

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattoremontti

Heikki Eronen

12.9.2014

 1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 5 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 17 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (ylös)

MITOITUS:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Kattoremontti

Heikki Eronen

12.9.2014

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009
 Kokonaiskäyttöaste: 58.6%

MITOITUSPARAMETRIIT:

Taipumaraja W_{fin} : L/300
 Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
 Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$
 Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 500.00$ mm

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 500.00$ mmKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka $L_{ef1} = L_{k1} + 2 \cdot H$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus rakenteen yläpinnassa)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

| Tarkastelu: | Mitoitusarvo: | Raja-arvo: | Käyttöaste *): | Sijainti x: | |
|---|---------------|------------|----------------|-------------|-----------------------------|
| Leikkaus (z): | 2.34 kN | 9.00 kN | 26.0 % | 3302 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Veto: | 1.98 kN | 67.57 kN | 2.9 % | 3302 mm | Yhdistelmä 9/1, Hetkellinen |
| Puristus: | 12.02 kN | 60.50 kN | 19.9 % | 2261 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Taivutus (M_y): | 0.67 kNm | 1.73 kNm | 38.8 % | 3302 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| (ilman kiepahdusta): | 0.67 kNm | 1.73 kNm | 38.8 % | 3302 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Taivutus+veto: | 0.33 | 1.00 | 33.2 % | 696 mm | Yhdistelmä 4/1, Hetkellinen |
| ($M_y=0.76$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=0.76$ kN) | | | | | |
| Taivutus+puristus: | 0.59 | 1.00 | 58.6 % | 3302 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| ($M_y=0.67$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=10.47$ kN) | | | | | |
| Tukipaine, tuki 1: | 3.22 kN | 13.37 kN | 24.0 % | 696 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.03 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 2: | 2.09 kN | 13.37 kN | 15.6 % | 2261 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.03 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 3: | 3.83 kN | 13.37 kN | 28.7 % | 3302 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.03 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 4: | 1.64 kN | 6.43 kN | 25.6 % | 5237 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.08 | | | | | |
| Vasen uloke, W_{fin} : | 1.6 mm | 4.6 mm | 34.7 % | 0 mm | Yhdistelmä 15/1 |
| Vasen uloke, W_{inst} : | 1.4 mm | -mm | 0.0 % | 0 mm | Yhdistelmä 15/1 |
| jänneväli 1, W_{fin} : | 0.7 mm | 5.2 mm | 12.8 % | 1562 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 1, W_{inst} : | 0.5 mm | -mm | 0.0 % | 1562 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 2, W_{fin} : | -0.1 mm | 3.5 mm | 3.8 % | 2749 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 2, W_{inst} : | -0.1 mm | -mm | 0.0 % | 2749 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 3, W_{fin} : | 3.2 mm | 6.4 mm | 49.9 % | 4320 mm | Yhdistelmä 15/1 |
| jänneväli 3, W_{inst} : | 2.6 mm | -mm | 0.0 % | 4320 mm | Yhdistelmä 15/1 |

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Korotuspalkkien mitoitus

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

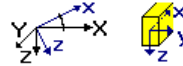
?

18.9.2014

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilausmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)



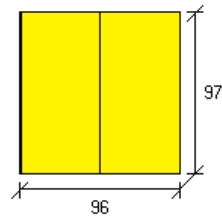
PROJEKTITIEDOT:

Nimi ?

Jä...oikaisupalkki.s01

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne
 Materiaali: C24
 Poikkileikkaus: 2x48x97
 (B=96 mm, H=97 mm, A=9312 mm², I_y=7301384 mm⁴, W_y=150544 mm³)
 Käyttöluokka: 2
 Seuraamusluokka: CC2 (k-F=1.0)
 Jako/kuomitustev.: 4200 mm (pintakuomille)



Uloke-jänneväli pituudet:

| Uloke-jänneväli: | Vaakamitta [mm]: |
|------------------|------------------|
| Jänneväli 1 | 900.0 |
| Jänneväli 2 | 900.0 |
| Jänneväli 3 | 900.0 |
| Jänneväli 4 | 900.0 |
| Yhteensä: | 3600.0 |

| Tuki: | Sijainti x [mm]: | Leveys [mm]: | Tyyppi: |
|-------|------------------|--------------|-------------------------|
| 1: | 0 | 50 | Liukutuki (Z) |
| 2: | 900 | 100 | Kiinteä niveltuki (X,Z) |
| 3: | 1800 | 100 | Kiinteä niveltuki (X,Z) |
| 4: | 2700 | 100 | Kiinteä niveltuki (X,Z) |
| 5: | 3600 | 50 | Kiinteä niveltuki (X,Z) |

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| f _{m,k} (M _y): | 26.19 N/mm ² |
| f _{m,k} (M _z): | 26.24 N/mm ² |
| f _{c,0,k} : | 21.00 N/mm ² |
| f _{c,90,k} : | 2.50 N/mm ² |
| f _{t,0,k} : | 15.28 N/mm ² |
| f _{v,k} (V _z): | 4.00 N/mm ² |
| f _{v,k} (V _y): | 4.00 N/mm ² |
| E _{mean} : | 11000 N/mm ² |

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

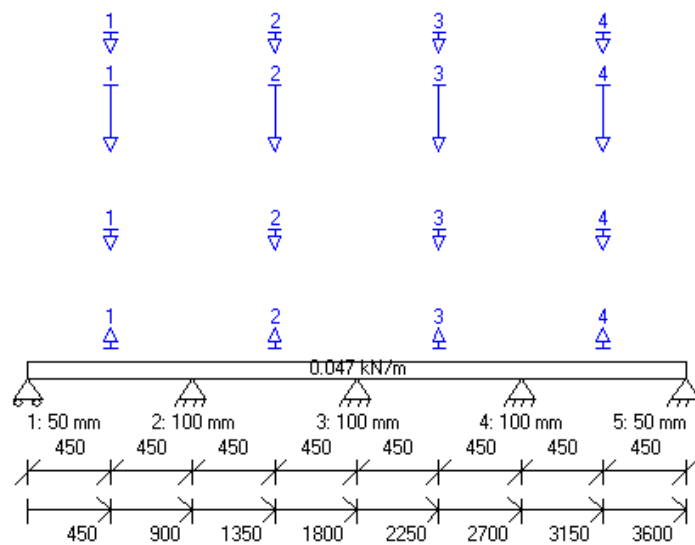
?

18.9.2014

| | |
|----------------|---|
| G,mean: | 690 N/mm ² |
| E 0.05: | 7400 N/mm ² |
| G 0.05: | 460 N/mm ² |
| Tilavuuspaino: | 5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten) |

| | |
|----------------|-------|
| Osavamuustuku: | 1.40 |
| Aikaluokka: | kmod: |
| Pysyvä: | 0.600 |
| Pitkäaikainen: | 0.700 |
| Keskipitkä: | 0.800 |
| Lyhytaikainen: | 0.900 |
| Hetkellinen: | 1.100 |

| | |
|-------|-------|
| kdef: | 0.800 |
|-------|-------|

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

| | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| Pistekuorma: 1: | FZ = 1.56 kN | x = 450.0 mm |
| Pistekuorma: 2: | FZ = 1.56 kN | x = 1350.0 mm |
| Pistekuorma: 3: | FZ = 1.56 kN | x = 2250.0 mm |
| Pistekuorma: 4: | FZ = 1.56 kN | x = 3150.0 mm |
| Rakenneosan paino: | QZ = 0.047 kN/m | x = 0 - 3600 mm |

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

18.9.2014

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):

| | | |
|-----------------|--------------|---------------|
| Pistekuorma: 1: | FZ = 7.58 kN | x = 450.0 mm |
| Pistekuorma: 2: | FZ = 7.58 kN | x = 1350.0 mm |
| Pistekuorma: 3: | FZ = 7.58 kN | x = 2250.0 mm |
| Pistekuorma: 4: | FZ = 7.58 kN | x = 3150.0 mm |

Tuulikuorma (alas) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

| | | |
|-----------------|--------------|---------------|
| Pistekuorma: 1: | FZ = 2.08 kN | x = 450.0 mm |
| Pistekuorma: 2: | FZ = 2.08 kN | x = 1350.0 mm |
| Pistekuorma: 3: | FZ = 2.08 kN | x = 2250.0 mm |
| Pistekuorma: 4: | FZ = 2.08 kN | x = 3150.0 mm |

Tuulikuorma (ylös) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

| | | |
|-----------------|---------------|---------------|
| Pistekuorma: 1: | FZ = -2.08 kN | x = 450.0 mm |
| Pistekuorma: 2: | FZ = -2.08 kN | x = 1350.0 mm |
| Pistekuorma: 3: | FZ = -2.08 kN | x = 2250.0 mm |
| Pistekuorma: 4: | FZ = -2.08 kN | x = 3150.0 mm |

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.35*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 4 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 5 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Lumikuorma + 1.00*1.50*0.60*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 6 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*0.70*Lumikuorma + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 7 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 8 (MRT, Hetkellinen)

1.00*1.15*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 9 (MRT, Hetkellinen)

0.90*Omapaino + 1.00*1.50*Tuulikuorma (ylös)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

18.9.2014

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

1.00*1.15*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Pysyvä)

0.90*Omapaino

Yhdistelmä 12 (KRT)

1.00*Omapaino

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 15 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (alas)

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*Tuulikuorma (ylös)

Yhdistelmä 17 (KRT)

1.00*Omapaino + 1.00*0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma (ylös)

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 89.4 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja $V_{whet,fin}$: L/300

Korotuserroin, vasen uloke: 2.00

Korotuserroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $L_{k1} = 900.00$ mmKiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $L_{k2} =$ Päätukien välimatka $L_{ef1} = L_{k1}$ ja $L_{ef2} = L_{k2}$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$

Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

| Tarkastelu: | Mitoitusarvo: | Raja-arvo: | Käyttöaste *): | Sijainti x: | |
|---------------------|---------------|------------|----------------|-------------|----------------------------|
| Leikkaus (z): | 8.73 kN | 14.19 kN | 61.5 % | 2700 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Taivutus (M_y): | 2.01 kNm | 2.25 kNm | 89.4 % | 3150 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

18.9.2014

| | | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|--------|---------|----------------------------|
| (ilman kiepahdusta): | 2.01 kNm | 2.25 kNm | 89.4 % | 3150 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipaine, tuki 1: | 4.49 kN | 13.71 kN | 32.7 % | 0 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.00 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 2: | 16.04 kN | 27.43 kN | 58.5 % | 900 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.00 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 3: | 11.80 kN | 27.43 kN | 43.0 % | 1800 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.00 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 4: | 16.04 kN | 27.43 kN | 58.5 % | 2700 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.00 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 5: | 4.49 kN | 13.71 kN | 32.7 % | 3600 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.00 | | | | | |
| jänneväli 1, W _{fin} : | 1.7 mm | - mm | 0.0 % | 450 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 1, W _{net,fin} : | 1.7 mm | 3.0 mm | 55.8 % | 450 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 2, W _{fin} : | 0.9 mm | - mm | 0.0 % | 1350 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 2, W _{net,fin} : | 0.9 mm | 3.0 mm | 31.0 % | 1350 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 3, W _{fin} : | 0.9 mm | - mm | 0.0 % | 2250 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 3, W _{net,fin} : | 0.9 mm | 3.0 mm | 31.0 % | 2250 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 4, W _{fin} : | 1.7 mm | - mm | 0.0 % | 3150 mm | Yhdistelmä 13/1 |
| jänneväli 4, W _{net,fin} : | 1.7 mm | 3.0 mm | 55.8 % | 3150 mm | Yhdistelmä 13/1 |

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

| Tulos: | Maksimiarvo: | Sijainti x: |
|--------------------|--------------|-------------|
| V _{z,max} | 9.96 kN | 2700 mm |
| M _{y,max} | 2.30 kNm | 3150 mm |

TUKIREAKTIOT:

| Tuki: | MRT _{max} : | MRT _{min} : | KRT _{max} : | KRT _{min} : |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1: | 5.12 kN | -0.57 kN | 3.12 kN | -0.16 kN |
| 2: | 18.31 kN | -2.04 kN | 11.15 kN | -0.58 kN |
| 3: | 13.47 kN | -1.50 kN | 8.20 kN | -0.43 kN |
| 4: | 18.31 kN | -2.04 kN | 11.15 kN | -0.58 kN |
| 5: | 5.12 kN | -0.57 kN | 3.12 kN | -0.16 kN |

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

| Kuormitustapaus: | Omapaino |
|------------------|----------|
| Tuki: | FZ [kN]: |

Palkkien kiinnitysten mitoitus

Korotuspalkkien kuorman määrittäminen TUKI 1

Koska korotuspalkit ovat kohtisuorassa pääpalkkeihin nähden, tulee ohjelmasta saadut pääpalkkien X ja Z suuntaiset tukireaktiot projisoida kohtisuoraan palkkia vastaan.

Kuormien projisointi

Palkin kuormat käyttörajatilassa (ominaisarvot)

| | |
|--------------------------|----------|
| Tukireaktio FXomap | -0,01 kN |
| Tukireaktio FZomap | 0,46 kN |
| Tukireaktio FXlumi | -0,06 kN |
| Tukireaktio FZlumi | 2,24 kN |
| Tukireaktio FXtuuli alas | -0,78 kN |
| Tukireaktio FZtuuli alas | 1,08 kN |
| Tukireaktio FXtuuli ylös | 0,78 kN |
| Tukireaktio FZtuuli ylös | -1,08 kN |

Kattovasan kulma α 35,75 Astetta

Tukireaktiot kuormitu stapauksittain (ominaisarvot)

| | |
|---|----------|
| Oman painon projisoitu tukireaktio R1 | 0,37 kN |
| Lumikuorman projisoitu tukireaktio R2 | 1,78 kN |
| Tuulikuorman projisoitu tukireaktio (alas) R3 | 0,42 kN |
| Tuulikuorman projisoitu tukireaktio (ylös) R4 | -0,42 kN |

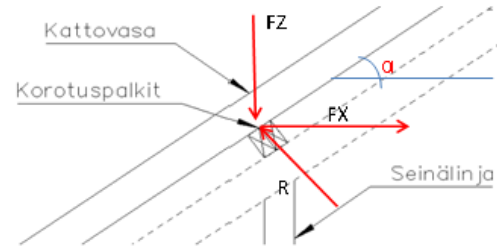
Kaava: $FX \cdot \cos(90-\alpha) + FZ \cdot \cos(\alpha)$

Tukireaktiot kiinnitysten mitoitukseen

Tuuli kuormasta aiheutuva tukireaktio (MRT)

| | |
|---------------------------|---------------|
| Tuki 1 | |
| Tukireaktio FX | -1,24 kN |
| Tukireaktio FZ | -1,21 kN |
| Kattovasan kulma α | 35,75 Astetta |

Tukireaktio R kohtisuoraan palkkia vastaan
Kaava: $FX \cdot \cos(90-\alpha) + FY \cdot \cos(\alpha)$ -1,71 kN



Palkin kiinnityksen mitoitus

Aikaluokka hetkellinen (tuulikuorma ylös)

Naulatyypit: Ankkurinaula 4x40

Kiinnityskohde**Kulmarauta 90 x 90 x 2,5 x 65 - kattovasa 48 x 123**

Naulan pituus 40 mm
 Naulan paksuus d 4 mm
 Naulalevyn paksuus 2,5 mm

Naulan uppoama puussa 37,5 mm 9,375 d

Naulaliitoksen leikkauskestävyyden mitoitusarvo

$$R_d = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_s \cdot 120 \cdot d^{1,7}$$

k_{mod} 1,10
 γ_M 1,40

$$k_s = \begin{cases} \left(0,2 + 0,9 \cdot \frac{t_2}{12d}\right) \cdot k_p & \text{ohuella teräslevyllä } t_t \leq 0,5d \\ \left(0,6 + 0,9 \cdot \frac{t_2}{12d}\right) \cdot k_p & \text{paksulla teräslevyllä } t_t \geq d \end{cases}$$

Missä:

 t_2 = kerroin 8d.....12d 9,375 d t_t =teräslevyn paksuus 0,625 d k_p = Puun tiheydestä riippuva kerroin 1← jos $0,5d < t_t < d$, k_s lasketaan lineaarisesti interpoloimalla k_{s1} $t_t=0,5d$ 0,55 k_{s2} $t_t=d$ 0,88Interpoloitu $k_s = k_{s1} + (t_t - 0,5d) / (1d - 0,5d) \cdot (k_{s2} - k_{s1})$ 0,63

Rd 631,00 N/leike

Naulojen määrä = R/Rd

3 Naulaa**Kiinnityskohde****Kulmarauta 90 x 90 x 2,5 x 65 - korotuspalkki 2x 48 x 98**

Naulatyypit: Ankkurinaula 4x40 Hetkellinen Aikaluokka: Tuulikuorma

Naulan ulosvetokestävyys

$$R_k = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen}$$

Missä:

Naulan ulosvetolujuus $f_{ax,k}$ Pintos ankkurinaulan DOP:n mukaan 5,23 N/mm²Profiloidun osan pituus t_{pen} 26,2 mm

d 4,0 mm

Rk= 548,1 N/naula

Liitoksen naulamäärä

4 Naulaa

Korotuspalkkien kuorman määrittäminen TUKI 2

Koska korotuspalkit ovat kohtisuorassa pääpalkkeihin nähden, tulee ohjelmasta saadut pääpalkkien X ja Z suuntaiset tukireaktiot projisoida kohtisuoraan palkkia vastaan.

Kuormien projisointi

Palkin kuormat käyttörajatilassa (ominaisarvot)

| | |
|--------------------------|----------|
| Tukireaktio FXomap | 1,12 kN |
| Tukireaktio FZomap | 1,11 kN |
| Tukireaktio FXlumi | 5,46 kN |
| Tukireaktio FZlumi | 5,41 kN |
| Tukireaktio FXtuuli alas | 1,45 kN |
| Tukireaktio FZtuuli alas | 1,52 kN |
| Tukireaktio FXtuuli ylös | -1,45 kN |
| Tukireaktio FZtuuli ylös | -1,52 kN |

Kattovasan kulma α 35,75 Astetta

Tukireaktioiden kuormitustapauksittain (ominaisarvot)

| | |
|---|----------|
| Oman painon projisoitu tukireaktio R1 | 1,56 kN |
| Lumikuorman projisoitu tukireaktio R2 | 7,58 kN |
| Tuulikuorman projisoitu tukireaktio (alas) R3 | 2,08 kN |
| Tuulikuorman projisoitu tukireaktio (ylös) R4 | -2,08 kN |

Kaava: $FX \cdot \cos(90-\alpha) + FZ \cdot \cos(\alpha)$

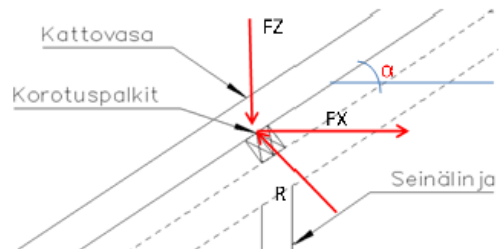
Tukireaktiot kiinnitysten mitoitus

Tuulikuormasta aiheutuva tukireaktio (MRT)

| | |
|---------------------------|---------------|
| Tuki 2 | |
| Tukireaktio FX | -1,17 kN |
| Tukireaktio FZ | -1,28 kN |
| Kattovasan kulma α | 35,75 Astetta |

Tukireaktio R kohtisuoraan palkkia vastaan

Kaava: $FX \cdot \cos(90-\alpha) + FZ \cdot \cos(\alpha)$ -1,72 kN



Palkin kiinnityksen mitoitus

Aikaluokka hetkellinen (tuulikuorma ylös)

Naulatyypit: Ankkurinaula 4x40

Kiinnityskohde

Kulmarauta 90 x 90 x 2,5 x 65 - kattovasa 48 x 123

Naulan pituus 40 mm
 Naulan paksuus d 4 mm
 Naulalevyn paksuus 2,5 mm

Naulan uppoama puussa 37,5 mm 9,375 d

Naulaliitoksen leikkauskestävyyden mitoitusarvo

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot k_s \cdot 120 \cdot d^{1,7}$$

k_{mod} 1,10
 γ_M 1,40

$$k_s = \begin{cases} \left(0,2 + 0,9 \cdot \frac{t_2}{12d}\right) \cdot k_p & \text{ohuella teräslevyllä } t_t \leq 0,5d \\ \left(0,6 + 0,9 \cdot \frac{t_2}{12d}\right) \cdot k_p & \text{paksulla teräslevyllä } t_t \geq d \end{cases}$$

Missä:

 t_2 = kerroin 8d.....12d 9,375 d t_t = teräslevyn paksuus 0,625 d k_p = Puun tiheydestä riippuva kerroin 1← jos $0,5d < t_t < d$, k_s lasketaan lineaarisesti interpoloimalla k_{s1} $t = 0,5d$ 0,55 k_{s2} $t = d$ 0,88Interpoloitu $k_s = k_{s1} + ((t - 0,5d)/(1d - 0,5d)) \cdot (k_{s2} - k_{s1})$ 0,63

Rd 631,00 N/leike

Naulojen määrä = R/Rd

3 Naulaa

Naulatyypit: Ankkurinaula 4x40 Hetkellinen aikaluokka: Tuulikuorma

Naulan ulosvetokestävyys

$$R_k = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen}$$

Missä:

Naulan ulosvetolujuus $f_{ax,k}$ Pintos ankkurinaulan DOP:n mukaan 5,23 N/mm²Profiloidun osan pituus t_{pen} 26,2 mm

d 4,0 mm

Rk= 548,1 N/naula

Liitoksen naulamäärä 4 Naulaa

Rakennekokonaisuudet

Korjattavien rakenteiden lämpöhäviöt

Lämpöhäviöt laskettu Dof-Lämpö ohjelmalla Lämpötilavyöhyke 3:n kuukausilämpötiloilla
 Energian hinta= Sähköenergia+ siirto 0,155 €/kWh

Vanhat rakenteet

| | U-arvo W/m ² K | Lämpöhäviö kWh/m ² a | Akuperäinen eriste | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Ukoseinät | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,37 | 55,688 | Mineraalivilla 50 mm+puru 100mm | U- arvo ennen v. 1992 korjausta | 0,61 W/m ² K |
| US 2 Siv u-ullakko | 0,38 | 57,393 | Puru 100 mm+mineraalivilla 50 mm | U- arvo ennen v. 1992 korjausta | 0,70 W/m ² K |
| US 3 Laajennus | 0,24 | 37,223 | Mineraalivilla 125+50 mm | | |

Yläpohjat

| | | | |
|----------------|-------|---------|------------------------------------|
| YP 1 Suora | 0,24 | 36,603 | Mineraalivilla 125 mm+ puru 150 mm |
| YP 2 Vино | 0,79 | 121,653 | Puru 100 mm |
| YP 3 Laajennus | 0,175 | 26,824 | Mineraalivilla 250 mm |

Uudet rakenteet

* U- arvon suuruus verrattuna entiseen

Rakennekokonaisuus 1

| | U-arvo W/m ² K | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisä eristys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--|----------|----------------------------|------|
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,285 | 0,47 | 43,666 | Isover rkl facade 30mm | 12,023 | 22 % | 1,9 |
| US 2 Siv u-ullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,26 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,198 | 0,83 | 30,419 | Isover rkl facade 30mm | 6,804 | 18 % | 1,1 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vино | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulens uojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

Rakennekokonaisuus 2

| | U-arvo W/m ² K | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisä eristys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--|----------|----------------------------|------|
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,24 | 0,39 | 36,874 | Isover rkl facade 50mm | 18,814 | 34 % | 2,9 |
| US 2 Siv u-ullakko | 0,233 | 0,33 | 35,789 | Isover rkl facade 50mm | 21,604 | 38 % | 3,3 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,216 | Isover rkl facade 50mm | 10,007 | 27 % | 1,6 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vино | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulens uojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

Rakennekokonaisuus 3

| | U-arvo W/m ² K | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisä eristys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--|----------|----------------------------|------|
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,201 | 0,33 | 30,876 | Isover rkl facade 75mm | 24,812 | 45 % | 3,8 |
| US 2 Siv u-ullakko | 0,196 | 0,28 | 30,12 | Isover rkl facade 75mm | 27,273 | 48 % | 4,2 |
| US 3 Laajennus | 0,157 | 0,65 | 24,112 | Isover rkl facade 75mm | 13,111 | 35 % | 2,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vино | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulens uojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

Rakennekokonaisuus 4

| | U-arvo W/m ² K | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisä eristys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--|----------|----------------------------|------|
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,292 | 0,48 | 44,756 | Paroc WPB 3n 30mm | 10,932 | 20 % | 1,7 |
| US 2 Siv u-ullakko | 0,281 | 0,40 | 43,145 | Paroc WPB 3n 30mm | 14,248 | 25 % | 2,2 |
| US 3 Laajennus | 0,202 | 0,84 | 30,907 | Paroc WPB 3n 30mm | 6,316 | 17 % | 1,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vино | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulens uojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

Rakennekokonaisuus 5

| | U-arvo W/m ² K | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisä eristys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--|----------|----------------------------|------|
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,24 | 0,39 | 36,832 | Paroc WPS 3n 55mm | 18,856 | 34 % | 2,9 |
| US 2 Siv u-ullakko | 0,233 | 0,33 | 35,75 | Paroc WPS 3n 55mm | 21,643 | 38 % | 3,4 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,195 | Paroc WPS 3n 55mm | 10,028 | 27 % | 1,6 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vино | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulens uojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 6 | | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|---|----------|---------------|------|
| | U-arvo W/m2K | Lämpöhäviö kWh/m2 | Lisä eristys | Säästö kWh/m2/a | Säästö % | Säästö €/m2/a | |
| Ulkoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,267 | 0,44 | 40,903 | Koolaus/s elluvilla 50 mm+tuulensuojal. 12mm | 14,785 | 27 % | 2,3 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,28 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,216 | Isover rkl facade 50mm | 10,007 | 27 % | 1,6 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 7 | | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|---|----------|---------------|------|
| | U-arvo W/m2K | Lämpöhäviö kWh/m2 | Lisä eristys | Säästö kWh/m2/a | Säästö % | Säästö €/m2/a | |
| Ulkoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,224 | 0,37 | 35,953 | Koolaus/s elluvilla 75 mm+tuulensuojal. 12mm | 19,735 | 35 % | 3,1 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,28 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,157 | 0,65 | 24,112 | Isover rkl facade 75mm | 13,111 | 35 % | 2,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 8 | | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|---|----------|---------------|------|
| | U-arvo W/m2K | Lämpöhäviö kWh/m2 | Lisä eristys | Säästö kWh/m2/a | Säästö % | Säästö €/m2/a | |
| Ulkoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,262 | 0,43 | 40,116 | Koolaus/ Paroc extra 50 mm+tuulensuojal. 12mm | 15,572 | 28 % | 2,4 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,28 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,195 | Paroc WPS 3n 55mm | 10,028 | 27 % | 1,6 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 9 | | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|--------------|---|----------|---------------|------|
| | U-arvo W/m2K | Lämpöhäviö kWh/m2 | Lisä eristys | Säästö kWh/m2/a | Säästö % | Säästö €/m2/a | |
| Ulkoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,229 | 0,38 | 35,064 | Koolaus/ Paroc extra 75 mm+tuulensuojal. 12mm | 20,624 | 37 % | 3,2 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,28 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,157 | 0,65 | 24,112 | Isover rkl facade 75mm | 13,111 | 35 % | 2,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 10 | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|-------------------|--------------|---|----------|---------------|------|
| | U-arvo W/m2K | Lämpöhäviö kWh/m2 | Lisä eristys | Säästö kWh/m2/a | Säästö % | Säästö €/m2/a | |
| Ulkoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,256 | 0,42 | 39,242 | Koolaus/ isover kl 33 50 mm+tuulensuojal. 12mm | 16,446 | 30 % | 2,5 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,28 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,216 | Isover rkl facade 50mm | 10,007 | 27 % | 1,6 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 11 | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|-------------------|--------------|---|----------|---------------|------|
| | U-arvo W/m2K | Lämpöhäviö kWh/m2 | Lisä eristys | Säästö kWh/m2/a | Säästö % | Säästö €/m2/a | |
| Ulkoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,222 | 0,36 | 34,093 | Koolaus/ isover kl 33 75 mm+tuulensuojal. 12mm | 21,595 | 39 % | 3,3 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,28 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,157 | 0,65 | 24,112 | Isover rkl facade 75mm | 13,111 | 35 % | 2,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,086 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,6 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 12 | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------|-------------------------------|---|------------------------------|----------|----------------------------|
| | U-arvo W/m ² K | | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisäeritys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a |
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,361 | 0,59 | 55,409 | Tuulensuojal. 12mm | 0,279 | 1 % | 0,04 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,26 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,24 | 1,00 | 37,223 | Ei muutoksia | 0 | 0 % | 0,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,088 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,8 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 13 | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------|-------------------------------|---|------------------------------|----------|----------------------------|
| | U-arvo W/m ² K | | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisäeritys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a |
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,332 | 0,54 | 50,877 | Tuulensuojal. 25mm | 4,811 | 9 % | 0,7 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,275 | 0,39 | 42,133 | Isover rkl facade 30mm | 15,26 | 27 % | 2,4 |
| US 3 Laajennus | 0,24 | 1,00 | 37,223 | Ei muutoksia | 0 | 0 % | 0,0 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,088 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,8 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

| Rakennekokonaisuus 14 | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------|-------------------------------|--|------------------------------|----------|----------------------------|
| | U-arvo W/m ² K | | Lämpöhäviö kWh/m ² | Lisäeritys | Säästö kWh/m ² /a | Säästö % | Säästö €/m ² /a |
| Ukoseinät | | | | | | | |
| | x entinen* | | | | | | |
| US 1 Vanhaosa | 0,184 | 0,30 | 28,225 | Purut vaihdettu selluvillaan 125 mm + vaakakouluus 50mm+ ts.levy | 27,463 | 49 % | 4,3 |
| US 2 Siv-uullakko | 0,233 | 0,33 | 35,789 | Isover rkl facade 50mm | 21,604 | 38 % | 3,3 |
| US 3 Laajennus | 0,177 | 0,74 | 27,216 | Isover rkl facade 50mm | 10,007 | 27 % | 1,6 |
| Yläpohjat | | | | | | | |
| YP 1 Suora | 0,088 | 0,36 | 13,181 | Puru pois, tilalle selluvilla 400mm | 23,422 | 64 % | 3,8 |
| YP 2 Vino | 0,166 | 0,21 | 25,466 | Puru pois, tilalle selluvilla 245 mm+tuulensuojalevy 12mm | 96,187 | 79 % | 14,9 |
| YP 3 Laajennus | 0,118 | 0,67 | 18,352 | Lisää entisen päälle, Selluvilla 125 mm | 8,472 | 32 % | 1,3 |

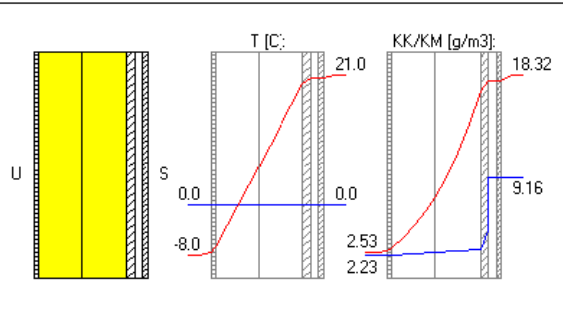
Uusien yläpohjien kosteustekninen toiminta

| | | |
|--|----------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisäilä: YP 2 Tammikuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 19.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.165 W/m²K
Paksuus: 316.100 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 79.43 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 6.122e+03 m²hPa/g
Vesih. läpäisykerroin: 1.633e-04 g/m²hPa
Lämmönvastus: 6.060 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.130 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 35.750

**Rakenteen kerrostiedot:**

| KERROS: | | T [mm]: | LJ [W/mk]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m3]: | Paino [kg/m3]: |
|--------------|-------------------|------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 1 | Tuulileijona | 12.00 | 0.0560 | 3.600000e-11 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | Selluvilla | 120.00 | 0.0400 | 2.030000e-10 | 0.00 | 450.00 |
| 3 | Selluvilla | 125.00 | 0.0400 | 2.030000e-10 | 0.00 | 37.00 |
| 4 | Laudoitus | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 5 | Maali - kiilto | 0.10 | 1.0000 | 6.666667e-15 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | Ilma | 22.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 7 | Panelointi valtex | 15.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| KYLMAÄSILTA: | | LJ [W/mk]: | SPA [%]: | Hinta [e/m3]: | Paino [kg/m3]: | LK [W/K](kpl): |
| 3 | Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet

| Piste: | T [C]: | KK [g/m3]: | KM [g/m3]: | SK [%]: | C [g/m2]: |
|--------|--------|------------|------------|---------|-----------|
| U | -8.00 | 2.53 | 2.23 | 88.0 | 0.00 |
| 1 | -7.44 | 2.65 | 2.23 | 84.0 | 0.00 |
| 2 | -6.53 | 2.86 | 2.33 | 81.5 | 0.00 |
| 3 | 6.30 | 7.40 | 2.52 | 34.0 | 0.00 |
| 4 | 19.66 | 16.95 | 2.71 | 16.0 | 0.00 |
| 5 | 20.44 | 17.74 | 4.44 | 25.0 | 0.00 |
| 6 | 20.44 | 17.74 | 9.16 | 51.6 | 0.00 |
| 7 | 20.44 | 17.74 | 9.16 | 51.6 | 0.00 |
| 8 | 20.44 | 17.74 | 9.16 | 51.6 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

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

Lisätiedot:

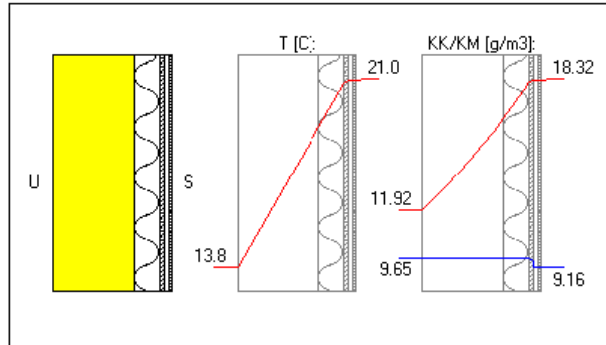
U-arvossa mukana korjaustermi:
Ilmarakojen korjaustekijä 1 = 0.010
W/m²K

| | | |
|--|--------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: YP 1 Elokuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 19.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo: 0.086 W/m²K
Paksuus: 584.100 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 201.18 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 6.572e+03 m²hPa/g
Vesih. läpäisy kerroin: 1.521e-04 g/m²hPa
Lämmönvastus: 11.634 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.040 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 0.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mk]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
|------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 Selluvilla (puhallet | 400.00 | 0.0400 | 2.030000e-10 | 0.00 | 450.00 |
| 2 Mineraalivilla (paro | 125.00 | 0.0400 | 1.050000e-10 | 0.00 | 0.00 |
| 3 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 4 Maali - kiilto | 0.10 | 1.0000 | 6.666667e-15 | 0.00 | 0.00 |
| 5 Koolaus/ilmarako | 22.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 6 Panelointi/ haltex | 15.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| KYLMÄSILTA: | LJ [W/mk]: | SPA [%]: | Hinta [e/m³]: | Paino [kg/m³]: | LK [W/K](kpl): |
| 2 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet**Elokuu (744.0 h)****Lisätiedot:**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U | 13.80 | 11.92 | 9.65 | 81.0 | 0.00 |
| 1 | 13.82 | 11.93 | 9.65 | 80.9 | 0.00 |
| 2 | 19.16 | 16.46 | 9.61 | 58.4 | 0.00 |
| 3 | 20.83 | 18.15 | 9.59 | 52.8 | 0.00 |
| 4 | 20.93 | 18.25 | 9.47 | 51.9 | 0.00 |
| 5 | 20.93 | 18.25 | 9.16 | 50.2 | 0.00 |
| 6 | 20.93 | 18.25 | 9.16 | 50.2 | 0.00 |
| 7 | 20.93 | 18.25 | 9.16 | 50.2 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

U-arvossa mukana korjaustermi:
Ilmarakojen korjaustekijä 1 = 0.010
W/m²K

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

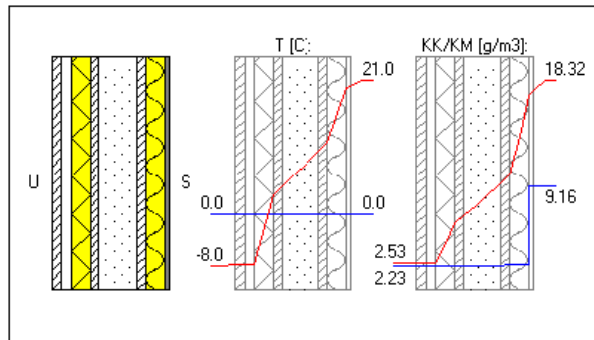
Esimerkki uuden ulkoseinärakenteen kosteusteknisestä toiminnasta

| | | |
|--------------------------------|---------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: US1 Isover 50 Tammikuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 23.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo: 0.240 W/m²K
Paksuus: 307.250 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 87.12 kg
Hinta: 0.00 euro

V esihöyryn vastus: 1.427e+05 m²hPa/g
V esih. läpäisy kerroin: 7.007e-06 g/m²hPa
Lämmönvastus: 4.159 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.040 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
|------------------------|---------|------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Puu(mänty) | 25.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| 2 Ilma | 25.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 3 ISOVER RKL FACADE | 50.00 | 0.0310 | 8.417004e-11 | 0.00 | 0.00 |
| 4 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 5 Sahanpuru | 100.00 | 0.1200 | 9.800000e-11 | 0.00 | 450.00 |
| 6 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 7 ISOVER KL 37 | 50.00 | 0.0400 | 1.050000e-10 | 0.00 | 0.00 |
| 8 Höyrynsulkumuovi (Po | 0.25 | 0.3300 | 5.000000e-16 | 0.00 | 920.00 |
| 9 Gyproc GN 13 | 13.00 | 0.2500 | 2.000000e-11 | 0.00 | 693.00 |

| KYLMÄSILTA: | LJ [W/mK]: | SPA [%]: | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: | LK [W/K](kpl): |
|--------------|------------|----------|----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 5 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |
| 7 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet

Tammikuu (744.0 h)

Lisätiedot:

| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U | -8.00 | 2.53 | 2.23 | 88.0 | 0.00 |
| 1 | -7.73 | 2.59 | 2.23 | 86.0 | 0.00 |
| 2 | -7.73 | 2.59 | 2.23 | 86.0 | 0.00 |
| 3 | -7.73 | 2.59 | 2.23 | 86.0 | 0.00 |
| 4 | 3.18 | 6.02 | 2.23 | 37.1 | 0.00 |
| 5 | 4.43 | 6.54 | 2.31 | 35.3 | 0.00 |
| 6 | 10.06 | 9.44 | 2.32 | 24.6 | 0.00 |
| 7 | 11.30 | 10.21 | 2.40 | 23.5 | 0.00 |
| 8 | 19.76 | 17.05 | 2.40 | 14.1 | 0.00 |
| 9 | 19.77 | 17.05 | 9.15 | 53.7 | 0.00 |
| 10 | 20.12 | 17.41 | 9.16 | 52.6 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

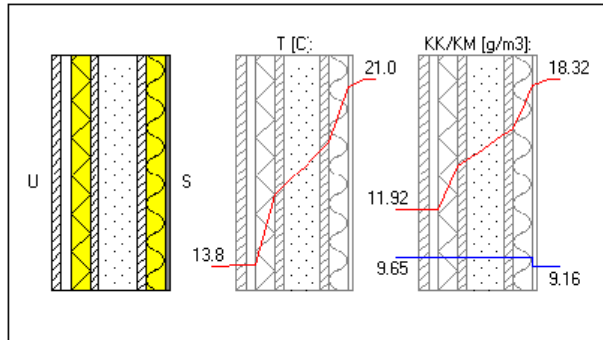
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

| | | |
|--------------------------------|-------------------------------|---------|
| Rakennuskohde: Rintamamiestalo | Sisältö: US1 Isover 50 Elokuu | |
| Suunnittelija: Heikki Eronen | Päiväys: 23.9.2014 | Tunnus: |

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo: 0.240 W/m²K
Paksuus: 307.250 mm
Pinta-ala: 1.00 m²
Paino: 87.12 kg
Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 1.427e+05 m²hPa/g
Vesih. läpäisy kerroin: 7.007e-06 g/m²hPa
Lämmönvastus: 4.159 m²K/W
Pintavastus, ulko: 0.040 m²K/W
Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
Kulma (0-90): 90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

| KERROS: | T [mm]: | LJ [W/mK]: | VHL [kg/msPa] | Hinta [e/m ³]: | Paino [kg/m ³]: |
|------------------------|---------|------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Puu(mänty) | 25.00 | --- | --- | 0.00 | 450.00 |
| 2 Ilma | 25.00 | --- | --- | 0.00 | 1.23 |
| 3 ISOVER RKL FACADE | 50.00 | 0.0310 | 8.417004e-11 | 0.00 | 0.00 |
| 4 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 5 Sahanpuru | 100.00 | 0.1200 | 9.800000e-11 | 0.00 | 450.00 |
| 6 Puu(mänty) | 22.00 | 0.1200 | 4.000000e-12 | 0.00 | 450.00 |
| 7 ISOVER KL 37 | 50.00 | 0.0400 | 1.050000e-10 | 0.00 | 0.00 |
| 8 Höyrynsulkumuovi (Po | 0.25 | 0.3300 | 5.000000e-16 | 0.00 | 920.00 |
| 9 Gyproc GN 13 | 13.00 | 0.2500 | 2.000000e-11 | 0.00 | 693.00 |
| KYLMÄSILTA: | | | | | |
| 5 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |
| 7 Puu(mänty) | 0.1200 | 8.0 | 0.00 | 450.00 | --- |

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet**Elokuu (744.0 h)****Lisätiedot:**

| Piste: | T [C]: | KK [g/m ³]: | KM [g/m ³]: | SK [%]: | C [g/m ²]: |
|--------|--------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| U | 13.80 | 11.92 | 9.65 | 81.0 | 0.00 |
| 1 | 13.87 | 11.97 | 9.65 | 80.7 | 0.00 |
| 2 | 13.87 | 11.97 | 9.65 | 80.7 | 0.00 |
| 3 | 13.87 | 11.97 | 9.65 | 80.7 | 0.00 |
| 4 | 16.58 | 14.11 | 9.65 | 68.4 | 0.00 |
| 5 | 16.88 | 14.37 | 9.65 | 67.1 | 0.00 |
| 6 | 18.28 | 15.63 | 9.65 | 61.7 | 0.00 |
| 7 | 18.59 | 15.91 | 9.64 | 60.6 | 0.00 |
| 8 | 20.69 | 18.00 | 9.64 | 53.6 | 0.00 |
| 9 | 20.69 | 18.00 | 9.16 | 50.9 | 0.00 |
| 10 | 20.78 | 18.09 | 9.16 | 50.6 | 0.00 |
| S | 21.00 | 18.32 | 9.16 | 50.0 | 0.00 |

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

E-luku vanhoilla rakenteilla

| ENERGIATODISTUS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| Rakennuksen nimi ja osoite: | Rintamamiestalo Niittytie 4 81700 Lieksa | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rakennustunnus: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rakennuksen valmistumisvuosi: | 1952 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoitusluokka: | 1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Todistustunnus: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatodistusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A </td> <td></td> </tr> <tr> <td>B </td> <td></td> </tr> <tr> <td>C </td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">----- <small>Uudisrakennusten määräystaso 2012</small></td> </tr> <tr> <td>D </td> <td></td> </tr> <tr> <td>E </td> <td></td> </tr> <tr> <td>F </td> <td></td> </tr> <tr> <td>G </td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | Energiatodistusluokka | A | | B | | C | | ----- <small>Uudisrakennusten määräystaso 2012</small> | | D | | E | | F | | G | |
| | Energiatodistusluokka | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ----- <small>Uudisrakennusten määräystaso 2012</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) 514 kWh_e/(m²vuosi) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Todistuksen laatija: | Yritys: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Heikki Eronen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allekirjoitus: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Todistuksen laatimispäivä: | Viimeinen voimassaolopäivä: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

| YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-----------------------|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|
| Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus | | | | | | | | | | | | | |
| Lämmitetty nettoala | | 106 m ² | | | | | | | | | | | |
| Lämmitysjärjestelmän kuvaus | | Painovoimainen | | | | | | | | | | | |
| Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus | | Painovoimainen | | | | | | | | | | | |
| Käytettävä energiamuoto | Laskettu ostoenergia | | Energiamuodon kerroin | Energiamuodon kertoimella painotettu energia | | | | | | | | | |
| | kWh/vuosi | kWh/(m ² vuosi) | | | | | | | | | | | |
| Sähkö | 31031 | 292.7 | 1.7 | 497.7 | | | | | | | | | |
| Uusiutuva polttoaine | 3333 | 31.4 | 0.5 | 15.7 | | | | | | | | | |
| Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajajalatesähkö | 2414 | 22.8 | | | | | | | | | | | |
| Kokonaisenergiankulutus (E-luku) | | | | 514 | | | | | | | | | |
| Rakennuksen energiatehokkuusluokka | | | | | | | | | | | | | |
| Käytetty E-luvun luokitteluasteikko | | | | | | | | | | | | | |
| Luokkien rajat asteikolla | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>A (≤94)</td> <td>B (≤164)</td> <td>C (≤204)</td> </tr> <tr> <td>D (≤284)</td> <td>E (≤414)</td> <td>F (≤484)</td> </tr> <tr> <td>G (>484)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | | | | | A (≤94) | B (≤164) | C (≤204) | D (≤284) | E (≤414) | F (≤484) | G (>484) | | |
| A (≤94) | B (≤164) | C (≤204) | | | | | | | | | | | |
| D (≤284) | E (≤414) | F (≤484) | | | | | | | | | | | |
| G (>484) | | | | | | | | | | | | | |
| Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | |
| <small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäyttöä lämmitettyä nettoalaa kohti, jolloin eri rakennuksen E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajajalatesien ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sularapitolämmitykset ja ulkoverot eivät sisälly E-lukuun.</small> | | | | | | | | | | | | | |

| ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET | |
|--|--|
| Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi | |
| Tämä osio ei koske uudisrakennuksia | |
| Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi". | |

| E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT | | | | |
|---|---|--|----------------------|---|
| Rakennuskohde | | | | |
| Rakennuksen käyttötarkoitusluokka | 1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo) | | | |
| Rakennuksen valmistusvuosi | 1952 | Lämmitetty nettoala | 106 | m ² |
| Rakennusvaippa | | | | |
| Ilmanvuotoluku q50 | 4 | m ³ /(hm ²) | | |
| | A | U | UxA | Osuus lämpöhäviöistä |
| | m ² | W/(m ² K) | W/K | % |
| Ulkoseinät | 135 | 0.34 | 46 | 33.1 |
| Yläpohja | 92 | 0.34 | 31 | 22.3 |
| Alapohja | 77 | 0.2 | 15 | 10.8 |
| Ikkunat | 18 | 1.4 | 25 | 18 |
| Ulkio-ovet | 6 | 1.4 | 9 | 6.5 |
| Kylmäsiilat | - | - | 13 | 9.4 |
| Ikkunat ilmansuunnittain | | | | |
| | A | U | gkohtisuora | |
| | m ² | W/(m ² K) | - | |
| Pohjoinen | 0 | 0 | 0 | |
| Koillinen | 6 | 1.4 | 0.5 | |
| Itä | 0 | 0 | 0 | |
| Kaakko | 2 | 1.4 | 0.53 | |
| Etelä | 0 | 0 | 0 | |
| Lounas | 8 | 1.4 | 0.5 | |
| Länsi | 0 | 0 | 0 | |
| Luode | 2 | 1.4 | 0.5 | |
| Ilmanvaihtojärjestelmä | | | | |
| Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: | Painovoimainen | | | |
| | Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s) | Järjestelmän SFP/Juku kW/(m ³ /s) | LTO:n lämpötilasuhde | Jäätymisenesto °C |
| Pääilmanvaihtokoneet | 0.04/0.04 | 0 | - | |
| Erillispoistot | 0 | 0 | - | |
| Ilmanvaihtojärjestelmä | 0.04/0.04 | 0 | | |
| Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosiyhteyssuhde: | 0% | | | |
| Lämmitysjärjestelmä | | | | |
| Lämmitysjärjestelmän kuvaus: | Tuoton hyötysuhde | Jaon ja luovutuksen hyötysuhde | Lämpökerroin (1) | Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi) |
| | - | - | - | - |
| Tilojen ja iv:n lämmitys LKV:n valmistus | 1 | 0.93 | - | 0.5 |
| | 1 | 0.75 | - | - |
| 1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) Lämpöpumppujärjestelmässä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen | | | | |
| | Määrä kpl | Tuotto kWh | | |
| Varaava tulisija | 1 | 2000 | | |
| Ilmalämpöpumppu | | 0 | | |
| Jäähdytysjärjestelmä | | | | |
| | Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin | | | |
| Jäähdytysjärjestelmä | - | | | |
| Lämmin käyttövesi | | | | |
| | Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi) | Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi) | | |
| Lämmin käyttövesi | 600 | 35 | | |
| Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla | | | | |
| | Käyttöaste | W/m ² | | |
| Henkilöt | 0.6 | 2 | | |
| Kulttjalaitteet | 0.6 | 3 | | |
| Valaistus | 0.1 | 8 | | |

Yhteenveto rakennekokonaisuuksien hinnoista ja takaisinmaksuajoista

Yhteenveto rakenneosista järjestettynä takaisinmaksuajan mukaan

| US 1 Vanha-osa | | | | | | |
|--------------------|----------------------------|-------------------|---------------|------------|-------------|-------------------|
| | Eriste | Rakenteen U- arvo | Kokonaishinta | Neliöhinta | Säästö | Takaisinmaksuaika |
| 1 | Isover rkl facade 75mm | 0,20 W/m2K | 6402,23 € | 56,16 €/m2 | 3,85 €/m2/a | 14,80 v |
| 2 | Isover KL33 75 mm | 0,222 W/m2K | 6446,95 € | 56,55 €/m2 | 3,35 €/m2/a | 16,90 v |
| 3 | Paroc extra 75 mm | 0,229 W/m2K | 6529,34 € | 57,27 €/m2 | 3,20 €/m2/a | 17,92 v |
| 4 | Isover rkl facade 50mm | 0,24 W/m2K | 5958,55 € | 52,27 €/m2 | 2,92 €/m2/a | 17,92 v |
| 5 | Paroc WPS 3n 55mm | 0,24 W/m2K | 6685,00 € | 58,64 €/m2 | 2,92 €/m2/a | 20,06 v |
| 6 | Purut vaihdettu ekovillaan | 0,184 W/m2K | 10415,19 € | 91,36 €/m3 | 4,26 €/m2/a | 21,46 v |
| 7 | Isover KL33 50mm | 0,256 W/m2K | 6378,70 € | 55,95 €/m2 | 2,55 €/m2/a | 21,95 v |
| 8 | Paroc extra 50 mm | 0,262 W/m2K | 6278,70 € | 55,08 €/m2 | 2,41 €/m2/a | 22,82 v |
| 9 | Ek ovilla 75 mm | 0,224 W/m2K | 6723,27 € | 74,70 €/m2 | 3,06 €/m2/a | 24,42 v |
| 10 | Isover rkl facade 30mm | 0,285 W/m2K | 5802,05 € | 50,90 €/m2 | 1,86 €/m2/a | 27,31 v |
| 11 | Ek ovilla 50 mm | 0,267 W/m2K | 6340,12 € | 70,45 €/m2 | 2,29 €/m2/a | 30,74 v |
| 12 | Paroc WPB 3n 30mm | 0,292 W/m2K | 6027,55 € | 52,87 €/m2 | 1,69 €/m2/a | 31,20 v |
| 13 | Tuulensuojal. 25mm | 0,332 W/m2K | 4758,61 € | 41,74 €/m2 | 0,75 €/m2/a | 55,98 v |
| 14 | Tuulensuojal. 12mm | 0,361 W/m2K | 4218,61 € | 37,01 €/m2 | 0,04 €/m2/a | 855,71 v |
| US 2 Ullakko | | | | | | |
| | Eriste | | Kokonaishinta | Neliöhinta | Säästö | Takaisinmaksuaika |
| 1 | Isover rkl facade 75mm | 0,196 W/m2K | 722,41 € | 26,81 €/m2 | 4,23 €/m2/a | 6,34 v |
| 2 | Isover rkl facade 50mm | 0,233 W/m2K | 646,51 € | 23,99 €/m2 | 3,35 €/m2/a | 7,17 v |
| 3 | Paroc WPS 3n 55mm | 0,233 W/m2K | 700,31 € | 25,99 €/m3 | 3,35 €/m2/a | 7,75 v |
| 4 | Isover rkl facade 30mm | 0,275 W/m2K | 563,57 € | 20,91 €/m2 | 2,37 €/m2/a | 8,84 v |
| 5 | Paroc WPB 3n 30mm | 0,281 W/m2K | 628,31 € | 23,32 €/m2 | 2,21 €/m2/a | 10,56 v |
| US 3 Laajennus-osa | | | | | | |
| | Eriste | | Kokonaishinta | Neliöhinta | Säästö | Takaisinmaksuaika |
| 1 | Isover rkl facade 75mm | 0,157 W/m2K | 2724,88 € | 64,94 €/m2 | 2,03 €/m2/a | 31,96 v |
| 2 | Isover rkl facade 50mm | 0,177 W/m2K | 2522,95 € | 60,13 €/m2 | 1,55 €/m2/a | 38,76 v |
| 3 | Paroc WPS 3n 55mm | 0,177 W/m2K | 2637,04 € | 62,85 €/m2 | 1,55 €/m2/a | 40,43 v |
| 4 | Isover rkl facade 30mm | 0,198 W/m2K | 2637,04 € | 62,85 €/m3 | 1,55 €/m2/a | 40,43 v |
| 5 | Paroc WPB 3n 30mm | 0,202 W/m2K | 2386,46 € | 56,87 €/m2 | 1,05 €/m2/a | 53,93 v |

| YP 1 Suora | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|-------------------|
| | Eriste | Rakenteen U- arvo | Kokonaishinta | Neliöhinta | Säästö | Takaisinmaksuaika |
| | Selluvilla puhalluseriste 400 mm | 0,086 W/m2K | 431,13 € | 19,01 €/m2 | 3,63 €/m2/a | 5,24 v |
| YP 2 Vино | | | | | | |
| | Eriste | | Kokonaishinta | Neliöhinta | Säästö | Takaisinmaksuaika |
| | Selluvilla puhalluseriste 245 mm | 0,166 W/m2K | 1902,93 € | 75,51 €/m2 | 14,91 €/m2/a | 5,06 v |
| YP 3 Laajennus | | | | | | |
| | Eriste | | Kokonaishinta | Neliöhinta | Säästö | Takaisinmaksuaika |
| | Selluvilla puhalluseriste 125mm | 0,118 W/m2K | 138,66 € | 6,45 €/m2 | 1,31 €/m2/a | 4,91 v |
| Vesikate Vanha -osa | | | | | | |
| | | | Kokonaishinta | Neliöhinta | | |
| | | | 6061,85 € | 55,66 €/m2 | | |
| Vesikate Laajennus -osa | | | | | | |
| | | | Kokonaishinta | Neliöhinta | | |
| | | | 2699,06 € | 63,14 €/m2 | | |

Takaisinmaksuaika E-luvun mukaan, rakenteet järjestetty kokonaishinnan mukaan

| Vaihtoehdot | Rakennuksen nettoneilöt | 100 hym2 | Energian hinta | 0,165 €/kwh | Akuperäinen E- luku | 514 | Takaisinmaksuaika E- luvun perusteella |
|-----------------------|-------------------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|-----|--|
| | Kokonaishinta | Hinta/ hym2 | E- luku | E- luvun parannus | | | |
| Rakennekokonaisuus 12 | 16015,81 € | 151,09 € | 458 | 56 | | | 17,4 v |
| Rakennekokonaisuus 13 | 16555,81 € | 155,19 € | 452 | 62 | | | 16,3 v |
| Rakennekokonaisuus 1 | 20236,30 € | 190,91 € | 439 | 75 | | | 16,4 v |
| Rakennekokonaisuus 4 | 20275,98 € | 191,28 € | 441 | 73 | | | 16,9 v |
| Rakennekokonaisuus 2 | 20361,65 € | 192,09 € | 426 | 88 | | | 14,1 v |
| Rakennekokonaisuus 10 | 20712,95 € | 195,41 € | 433 | 81 | | | 15,6 v |
| Rakennekokonaisuus 8 | 20988,04 € | 197,82 € | 423 | 91 | | | 14,0 v |
| Rakennekokonaisuus 11 | 21005,15 € | 198,16 € | 432 | 82 | | | 15,6 v |
| Rakennekokonaisuus 6 | 21043,43 € | 198,52 € | 433 | 81 | | | 15,8 v |
| Rakennekokonaisuus 9 | 21051,43 € | 198,60 € | 425 | 89 | | | 14,4 v |
| Rakennekokonaisuus 3 | 21083,16 € | 198,90 € | 414 | 100 | | | 12,8 v |
| Rakennekokonaisuus 7 | 21245,36 € | 200,43 € | 424 | 90 | | | 14,4 v |
| Rakennekokonaisuus 5 | 21255,98 € | 200,53 € | 426 | 88 | | | 14,7 v |
| Rakennekokonaisuus 14 | 24818,28 € | 234,13 € | 413 | 101 | | | 15,0 v |

Rakennekokonaisuuden valinta

| Pisteytys ja rakennekokonaisuuden valinta | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|--------------------------------|-----------------|--|----------------------------------|--------------|-----------|--|--|
| | Akuinvestointi | E-luvun muutos | Seinä paksuuden muutos (Us 1) | Kokonaispisteet | Rakennesien yhteislaskettu takaisinmaksuaika | Takaisinmaksuaika E-luvun mukaan | Loppupisteet | | | |
| | | | mm | Pisteet | | | | | | |
| Rakennekokonaisuus 2 | 30 p | 132 p | 49 | 24,5 | 137,5 p | 79,07 a | 14,1 | 44,35 p | | |
| Rakennekokonaisuus 3 | 12 p | 150 p | 74 | 37 | 125 p | 68,11 a | 12,8 | 44,06 p | | |
| Rakennekokonaisuus 8 | 24 p | 136,5 p | 61 | 30,5 | 130 p | 87,31 a | 14,0 | 28,67 p | | |
| Rakennekokonaisuus 1 | 38 p | 112,5 p | 29 | 14,5 | 134 p | 91,80 a | 16,4 | 25,78 p | | |
| Rakennekokonaisuus 13 | 39 p | 93 p | 24 | 12 | 120 p | 80,03 a | 16,3 | 23,72 p | | |
| Rakennekokonaisuus 14 | 3 p | 151,5 p | 64 | 32 | 122,5 p | 85,96 a | 15,0 | 21,59 p | | |
| Rakennekokonaisuus 9 | 15 p | 133,5 p | 86 | 43 | 105,5 p | 73,93 a | 14,4 | 17,18 p | | |
| Rakennekokonaisuus 10 | 27 p | 121,5 p | 61 | 30,5 | 118 p | 85,64 a | 15,6 | 16,80 p | | |
| Rakennekokonaisuus 11 | 21 p | 123 p | 86 | 43 | 101 p | 72,91 a | 15,6 | 12,50 p | | |
| Rakennekokonaisuus 5 | 6 p | 132 p | 54 | 27 | 111 p | 84,86 a | 14,7 | 11,44 p | | |
| Rakennekokonaisuus 7 | 9 p | 135 p | 86 | 43 | 101 p | 80,43 a | 14,4 | 6,20 p | | |
| Rakennekokonaisuus 6 | 18 p | 121,5 p | 61 | 30,5 | 109 p | 93,66 a | 15,8 | -0,37 p | | |
| Rakennekokonaisuus 4 | 33 p | 108,5 p | 29 | 14,5 | 128 p | 110,90 a | 16,9 | 0,19 p | | |
| Rakennekokonaisuus 12 | 42 p | 84 p | 11 | 5,5 | 120,5 p | 879,77 a | 17,4 | -776,68 p | | |
| Arviointipisteet | | | | | | | | | | |
| Pienin alkuinvestointi 42 p | | | | | | | | | | |
| Suurin alkuinvestointi 3p | | | | | | | | | | |
| E-luvun muutos 1,5p/luvun muutos | | | | | | | | | | |
| Seinän paksuuden muutos - 0,5p/mm | | | | | | | | | | |
| Alkuperäinen seinäpaksuus (Us 1) 258 mm | | | | | | | | | | |
| Lopullinen pistemäärä = Kokonaispistemäärästä vähennetään rakennekokonaisuuteen kuuluvien rakenteiden yhteislaskettu takaisinmaksuaika sekä E-luvun mukaan laskettu takaisinmaksuaika. | | | | | | | | | | |

Korjattavien rakenteiden lämpöhäviöiden tasauslaskenta

Aputyökalu korjauskohteen rakennusosien tasauslaskentaan

Korjauskohteen asetus 4/13 mukaisen korjattavien rakenteiden lisäeristysvaatimuksen osoittaminen lämpöhäviöiden tasauslaskennalla.

Mikäli useampia rakennusosia korjataan yhtä aikaa, voidaan niiden vaatimustenmukaisuus osoittaa tasauslaskennalla siten, että vertailuarvoina toimivat korjattavien rakennusosien osakohtaiset vaatimukset. Tasauslaskenta tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 "Rakennusten energiatehokkuus" kohdan 2.5 mukaisesti niiden rakennusosien osalta, jotka ovat korjauksen kohteena. [1]

Vertailuarvot: Kohteen rakennusosien pinta-alat ja alkuperäiset U - arvot, vaikka kohteeseen on tehty lisäeristystä, U - arvoina käytetään kohteen rakennusaikakauden arvoja.

Rakennusosat

Painotettu vertailu arvojen keskiarvo $U = ((U1*0,5)*A1+(U2*0,5)*A2....)/(A1+A2....)$
Kokonaispinta- ala $\Sigma A = A1+A2....$

Ulkoseinät

| | | | | | |
|----|------|-------|----|------|----|
| U1 | 0,61 | W/m2K | A1 | 80,8 | m2 |
| U2 | 0,7 | W/m2K | A2 | 25,5 | m2 |
| U3 | 0,24 | W/m2K | A3 | 28,5 | m2 |

$$U_{\text{Ulkoseinät}} = 0,27 \text{ W/m2K} \quad \Sigma A_{\text{Ulkoseinät}} = 134,8 \text{ m2}$$

Yläpohjat

| | | | | | |
|----|------|-------|----|------|----|
| U1 | 0,24 | W/m2K | A1 | 40 | m2 |
| U2 | 0,79 | W/m2K | A2 | 18,6 | m2 |
| U3 | 0,18 | W/m2K | A3 | 18,6 | m2 |

$$U_{\text{Yläpohjat}} = 0,18 \text{ W/m2K} \quad \Sigma A_{\text{Yläpohjat}} = 77,2 \text{ m2}$$

2.5.3

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan yhtälön (1) mukaan

$$\Sigma H_{\text{ohj}} = \Sigma (U_{\text{iltaseinä}} A_{\text{iltaseinä}}) + \Sigma (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma (U_{\text{aluspohja}} A_{\text{aluspohja}}) + \Sigma (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (1)$$

Kaava 1. Lämpöhäviöiden tasauslaskenta [2]

Korjattavien rakenteiden ominaislämpöhäviön asetus 4/13 mukainen vertailuarvo

$$\Sigma H_{\text{ohj vertailu}} = 50,81 \text{ W/K}$$

Suunnitteluarvot: Kohteen rakennusosien korjauksen jälkeiset pinta-alat ja suunnitellut U - arvot

Rakennusosat

Painotettu suunniteltu keskimääräinen $U = (U1*A1+U2*A2....)/(A1+A2....)$
Kokonaispinta- ala $\Sigma A = A1+A2....$

Ulkoseinät

| | | | | | |
|----|-------|-------|----|------|----|
| U1 | 0,24 | W/m2K | A1 | 80,8 | m2 |
| U2 | 0,233 | W/m2K | A2 | 25,5 | m2 |
| U3 | 0,177 | W/m2K | A3 | 28,5 | m2 |

$$U_{\text{Ulkoseinät}} = 0,23 \text{ W/m2K} \quad \Sigma A_{\text{Ulkoseinät}} = 134,8 \text{ m2}$$

Yläpohjat

| | | | | | |
|----|-------|-------|----|------|----|
| U1 | 0,086 | W/m2K | A1 | 40 | m2 |
| U2 | 0,166 | W/m2K | A2 | 18,6 | m2 |
| U3 | 0,118 | W/m2K | A3 | 18,6 | m2 |

$$U_{\text{Yläpohjat}} = 0,11 \text{ W/m2K} \quad \Sigma A_{\text{Yläpohjat}} = 77,2 \text{ m2}$$

Korjattavien rakenteiden ominaislämpöhäviön suunnitteluarvo

$$\Sigma H_{\text{ohj suunn}} = 39,10 \text{ W/K}$$

Suunnitteluratkaisun vaatimuksen toteutuminen tulee olla: $\Sigma H_{\text{ohj suunn}} < \Sigma H_{\text{ohj vertailu}}$

OK

Lähteet:

- Laskentaliite ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen korjaus ja muutostyöstä. Saatavilla http://www.ymparisto.fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma (17.9.2014)
- RAKMK D3 s.12. Saatavilla http://www.ymparisto.fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma (17.9.2014)

Määrälaskenta

MÄÄRÄLASKENTA/ TARKENNETTU KUSTANNUSARVIO

Puutavarat

| Tarvike | Määrä | Määrä pakkauksina | Yks. hinta Taloon.com | Hinta |
|--|--------|-------------------|-----------------------|-----------|
| Ulkoverhouspaneli UTV 20x120 pohjamaalattu | 1560 m | | 1,23 €/m | 1918,80 € |
| Verhouslautu HSL 20x120 pohjamaalattu | 375 m | | 1,23 €/m | 461,25 € |
| Verhouslautu HSL 20x145 pohjamaalattu | 105 m | | 1,49 €/m | 156,45 € |
| Sahatavara 48x98 Pit. 4,5 tai 4,8 m | 140 m | | 1,85 €/m | 259,00 € |
| Sahatavara 48x123 Pit. Väh. 5,4 m | 165 m | | 2,5 €/m | 412,50 € |
| Lauta PLVL 25x100 | 960 m | | 0,7 €/m | 672,00 € |
| Rima 22x50 | 300 m | | 0,44 €/m | 132,00 € |
| Rima 48x48 | 50 m | | 0,88 €/m | 44,00 € |

Eristeet

| Tarvike | Määrä | Määrä pakkauksina | | Hinta |
|---------------------------------------|---------|-------------------|------------|-----------|
| Isover Rkl facade 50mm | 180 m2 | 21 pkt | 15,16 €/m2 | 2728,80 € |
| Ekovilla puhalluseriste | 23,5 m3 | 47 sk | 16,5 €/sk | 775,50 € |
| Tuulensuojalevy puukuitu 12x1200x2700 | 46 m2 | 15 levyä | 3,5 €/m2 | 161,00 € |

Vesikatto

| Tarvike | Määrä | | | |
|--|--------------|--|--|--|
| Pelti: Poimukate Nostalgia, pituudet ja määrät valmistetaan tilauksen yhteydessä | 152 m2 | | | |
| Harjapelti | 16 m | | | |
| Harjatiiviste | 32 m | | | |
| Vaimennusnauha | 300 m | | | |
| Alaräystäspelti | 32 m | | | |
| Päätyräystäspelti | 32 m | | | |
| Jiiripelti | 2 m | | | |
| Jiiritiiviste | 4 m | | | |
| Seinävieruslista | 3,6 m | | | |
| Vesikouru | 31 m | | | |
| Kourun päädyt | 8 kpl | | | |
| Syöksypaketti (räystäältä maahan n. 4,5 m) | 4 kpl | | | |
| Syöksypaketti (räystäältä maahan n. 3,5 m) | 2 kpl | | | |
| Lapetikas | Pituus 5,4 m | | | |
| Seinätikas | Pituus 4,2 m | | | |
| Poistumistikas 2 kpl | Pituus 3,3 m | | | |

TARJOUSHINTA POIMUKATE 4405,05 €

Muut tarvikkeet

| Tarvike | Määrä | Määrä pakkauksina | | |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|--------------|----------|
| Naulausvälike 50mm 250 kpl/pkt | 680 kpl | 3 pkt | 79,60 €/pkt | 238,80 € |
| Facade saumausteippi 60 mm 50m/rl | 540 m | 11 rll | 36,90 €/rll | 405,90 € |
| Aluskate 60 m2/ rll | 151,65 m2 | 3 rll | 74,5 €/rll | 223,50 € |
| Tuulenhjain | 12 kpl | | 4,75 €/kpl | 57,00 € |
| Kulmarauta 90x90x2,5x65 vahvistettu | 110 kpl | | 0,63 €/kpl | 68,93 € |
| Lankanauha 2,8x75 | 10 kg | 1 pkt | 33,90 €/pkt | 33,90 € |
| Konenauha 2,9x90 | 3000 kpl | 1 pkt | 48,80 €/pkt | 48,80 € |
| Rullanauha 2,1x50 | 9600 kpl | 1 pkt | 196,00 €/pkt | 196,00 € |
| Ankkurinauha 4x40 | 750 kpl | | 0,02 €/kpl | 13,50 € |
| Uppokantaruuvi 5x100 | 750 kpl | 3 pkt | 25,10 €/pkt | 75,30 € |
| Naulatulppa 8x100 | 100 kpl | 1 pkt | 19,80 €/pkt | 19,80 € |
| Huippumuri Vilpe E120P | 1 kpl | | 195 €/kpl | 195,00 € |
| Tuuletusputki Vilpe 110mm | 1 kpl | | 40,5 €/kpl | 40,50 € |
| Läpivientisarja Classic | 2 kpl | | 59,9 €/kpl | 119,80 € |
| Ikkuna ja ovipellit | 14 kpl | | 26,6 €/kpl | 372,40 € |
| Maali Esim. Tikkurila Pika- Teho | 27 ltr | | 11,1 €/ltr | 298,50 € |

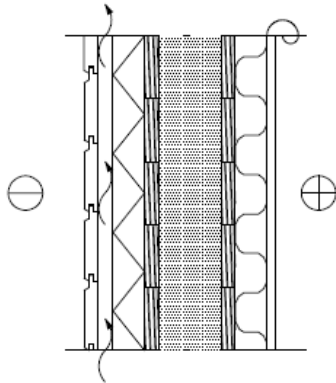
Materiaalit 14533,98 €

Työt 7290,09 €

Kokonaishinta 21824,07 €

Uudet rakennetyypit

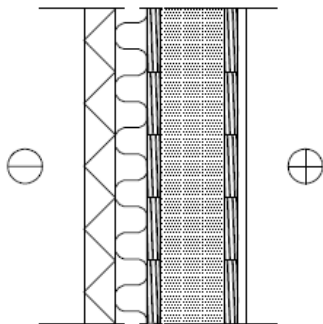
Ulkoseinät



US 1

Rakenne sisältäpäin

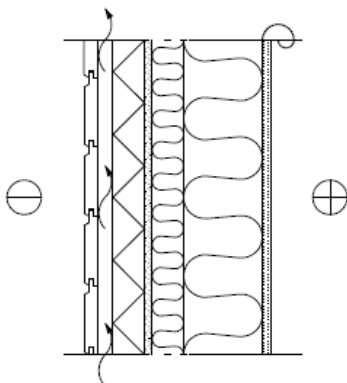
- Kipsilevy 13mm
- Höyrnsulkumuovi
- Koolaus 50x50 k600+mineraalivilla 50mm
- Vino umpilautoitus
- Kantava puurunko 50x100 k600
- purueristys 100 mm
- Vino umpilautoitus
- Isover RKL facade tuulensuojaeriste 50mm
- Tuuletusrako/ koolaus 25x100 k 600
- Ulkoverhouspaneli UTV 20x120

U-ARVO 0,24 W/m²K

US 2

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouspaneli
- Maalattu pinkopahvi
- Vino umpilautoitus
- Kantava puurunko 50x100 k600
- purueriste 100 mm
- Vino umpilautoitus
- Tuulensuojamineraalivilla 50 mm
- Isover RKL facade tuulensuojaeriste 50 mm

U-ARVO 0,233 W/m²K

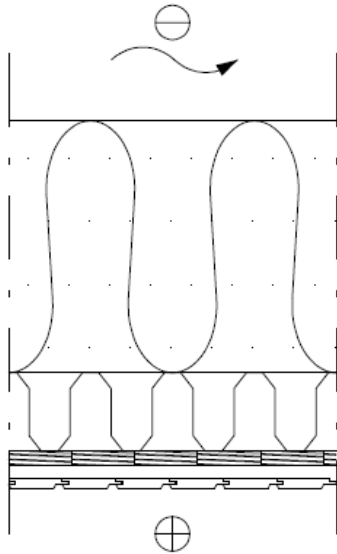
US 3

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouspaneli
- Höyrnsulkumuovi
- Puurunko 50x125 k600 + Min. villa 125mm
- Vaakakoolaus 50 x 50 k600 + Min. villa 50 mm
- Tuulensuojalevy 12 mm
- Isover RKL facade tuulensuojaeriste 50 mm
- Tuuletusrako/ koolaus 25x100
- Ulkoverhouspaneli UTV 20x120

U-ARVO 0,177 W/m²K

Yläpohjat

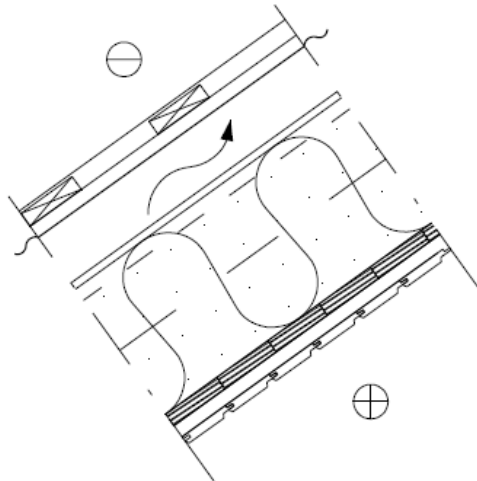


YP 1: SUORA YLÄPOHJA

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouspaneli tai Haltex
- Koolaus
- Maalattu pinkopahvi
- Umpilaudoitus
- Kattopalkkisto 50x125 k850+
- mineraalivilla 125 mm
- Ekovilla puhalluseriste 400 mm
- Tuuletettu yläkolmiotila

U-ARVO 0,086 W/m²K

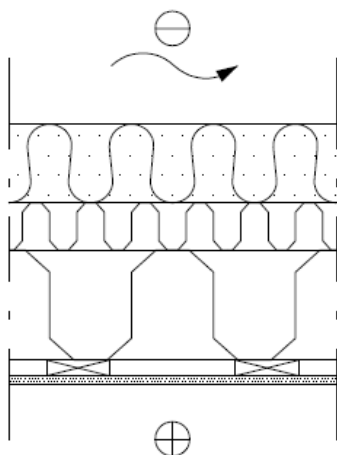


YP 2: VINO YLÄPOHJA+ VESIKATE

Rakenne sisältäpäin

- Sisäverhouspaneli tai Haltex
- Koolaus
- Maalattu pinkopahvi
- Umpilaudoitus
- Kattopalkkisto 50x125 k850+ Ekovilla 125 mm
- Korotuspalkkisto 48x98 + tuulensuojalevyn kannatusrimat 22 mm + Ekovilla 120 mm
- Tuulensuojalevy 12 mm
- Kattovasat 48x123 k900 / tuuletusväli 90 mm
- Aluskate
- Korokerima 22x50
- Ruodelaudoitus 25x100 k- jako peltivalm. ohjeen mukaan
- Peltikate

U-ARVO 0,166 W/m²K



YP 3: LAAJENNUKSEN YLÄPOHJA

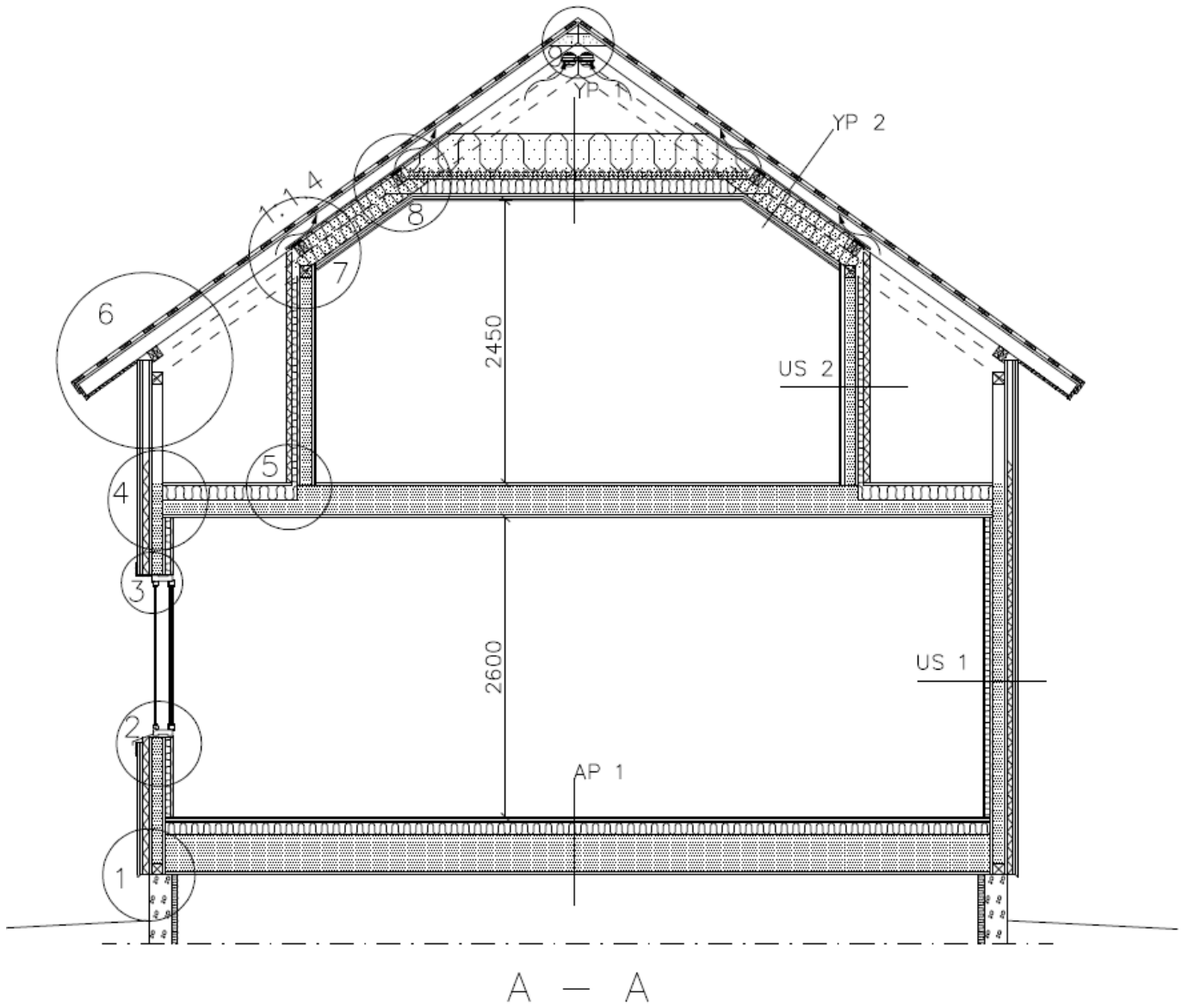
Rakenne sisältäpäin

- Kipsilevy
- Koolaus 25x100 k300
- Höyrynsulkumuovi
- Kattovasat 50x175 + mineraalivilla 175 mm
- Mineraalivilla 75 mm
- Ekovilla puhalluseriste 125 mm
- Ullakkotila

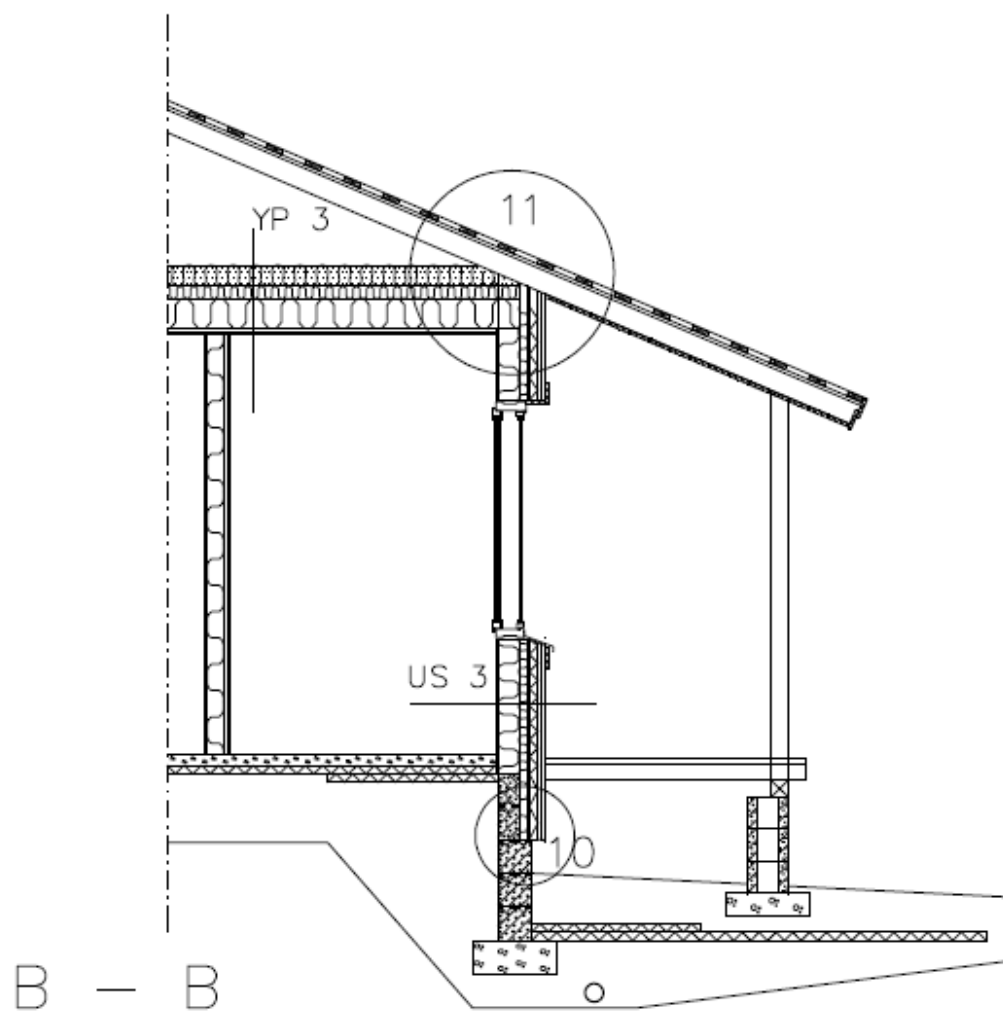
U-ARVO 0,118 W/m²K

Leikkaukset ja detailjipiirrokset

Vanha— osa



Laajennus



DET 1

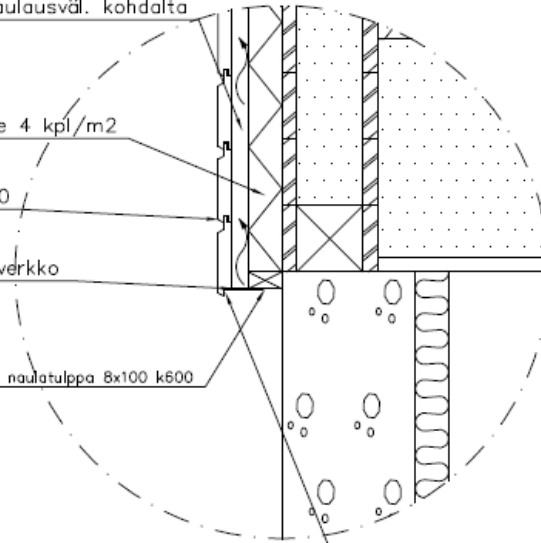
Koolaustalauta 25x100 k600, kiinnitys ruuveilla 5x100 naulausväl. kohdalta

Isover RKL Facade 50mm, kiinnitys naulausvälike 4 kpl/m²

Ulkoverhouspaneli UTV 20x120

Pieneläinverkko

Rima 25x50 kiinnitys naulatulppa 8x100 k600



Alimmasta laudasta poistetaan takaosa pontista, tai reuna viistotetaan tippanokaksi

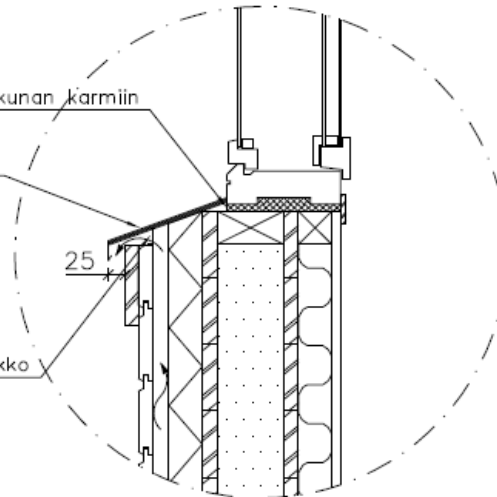
DET 2

Tuulensuojakangas taitetaan ja teipataan kiinni ikkunan karmiin

Ikkunapellin alle tueksi 6mm vaneri

25

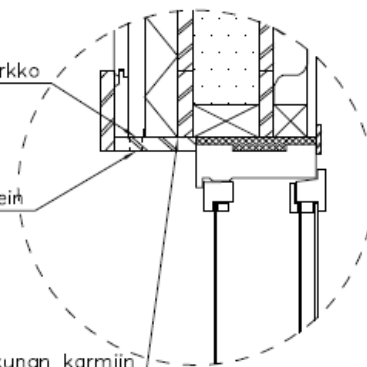
Pieneläinverkko



DET 3

Pieneläinverkko

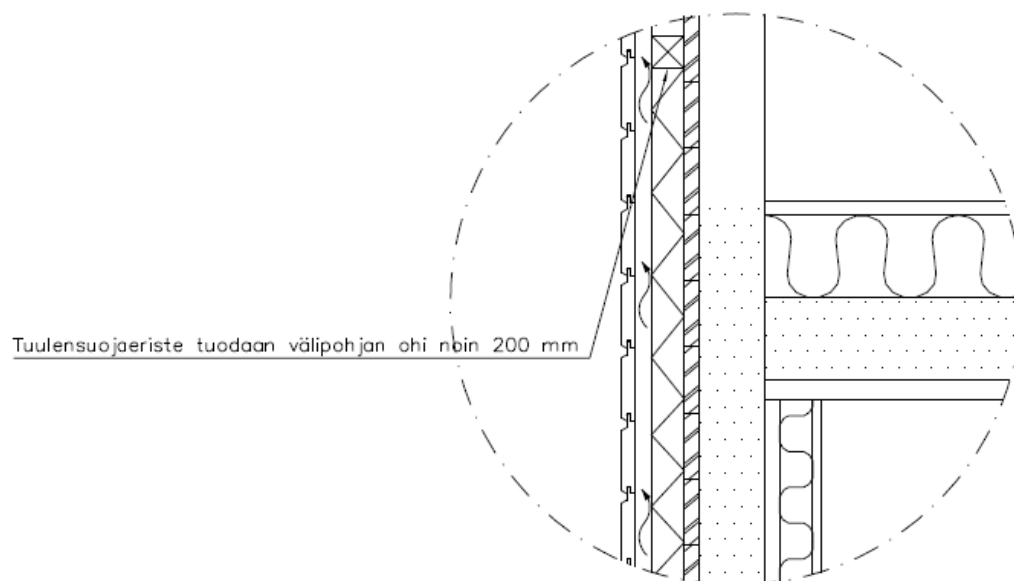
20 mm:n tuuletusreiät 100mm:n välein



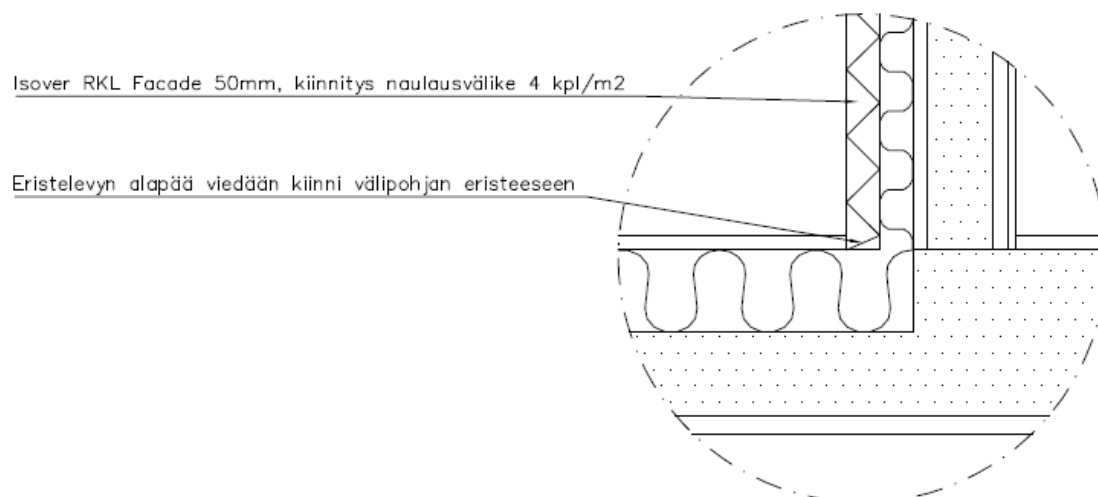
Tuulensuojakangas taitetaan ja teipataan kiinni ikkunan karmiin

Huom! Det 3 ja 4 Käyt. myös laajennusosassa

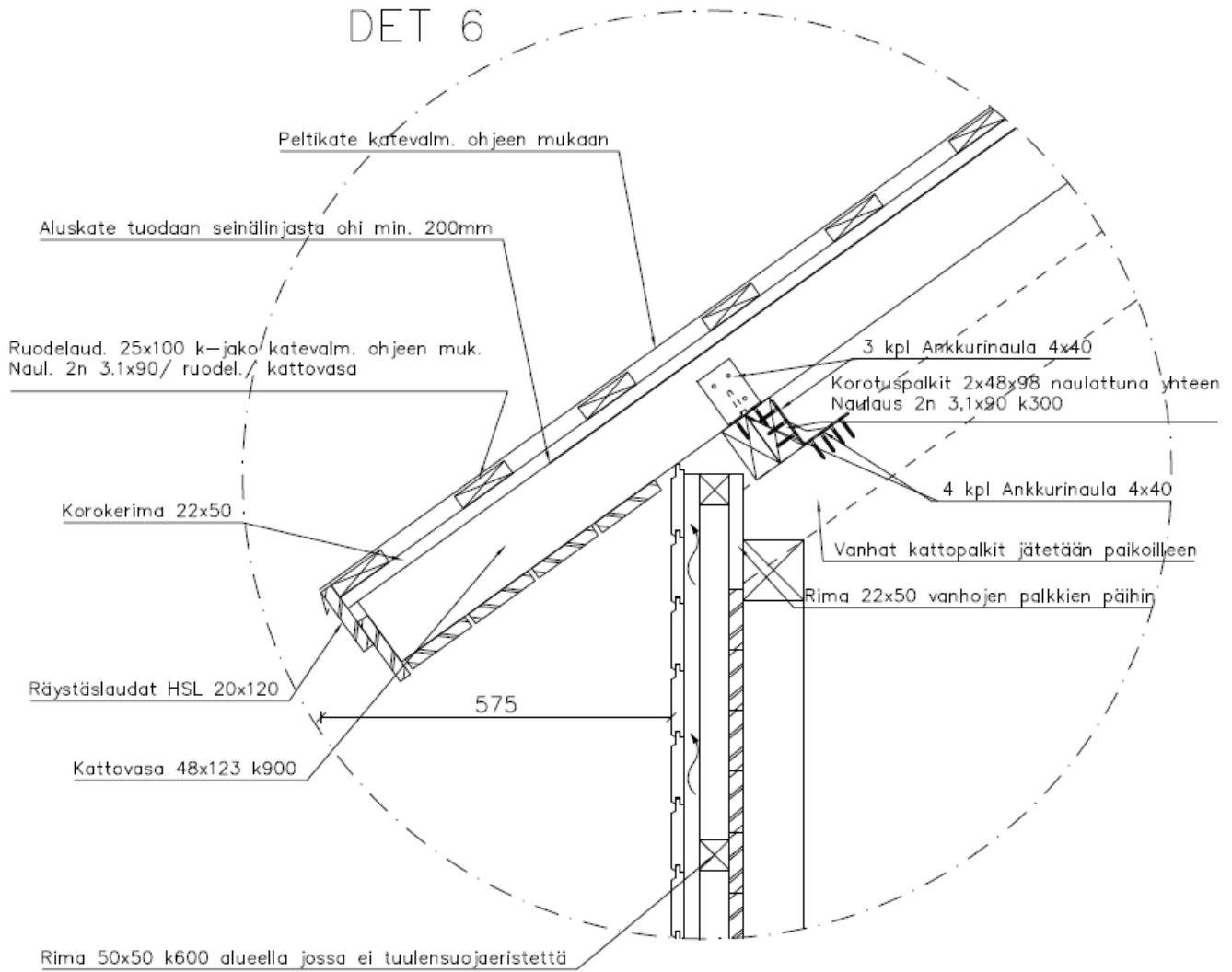
DET 4



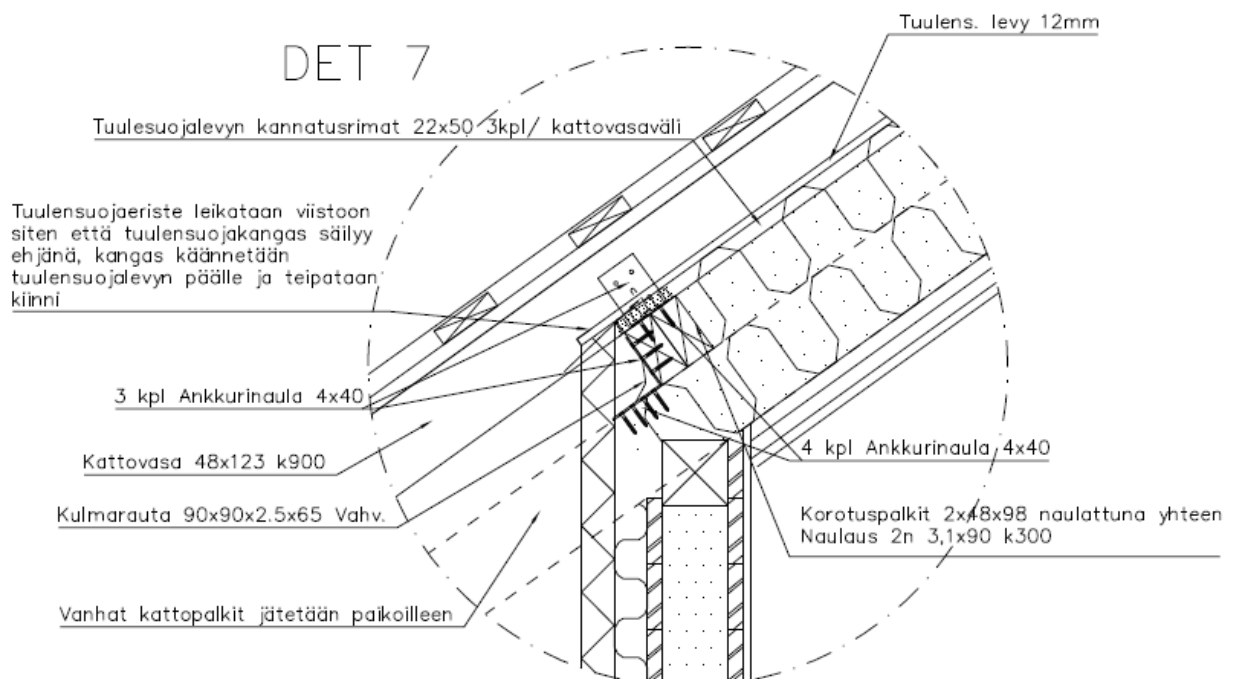
DET 5



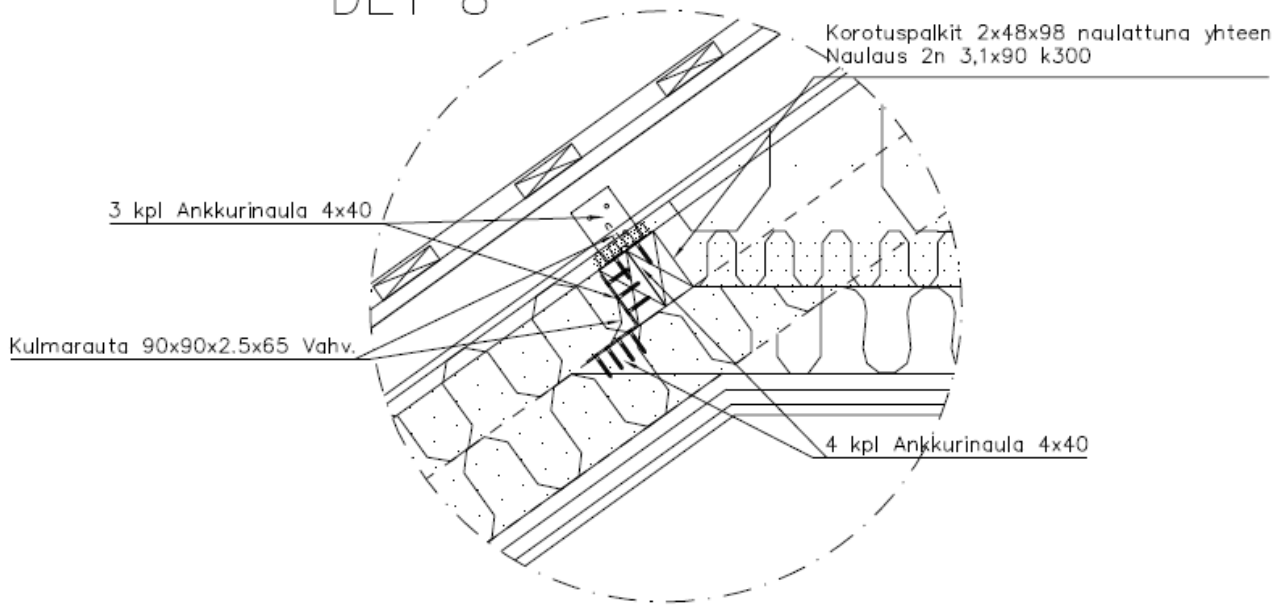
DET 6



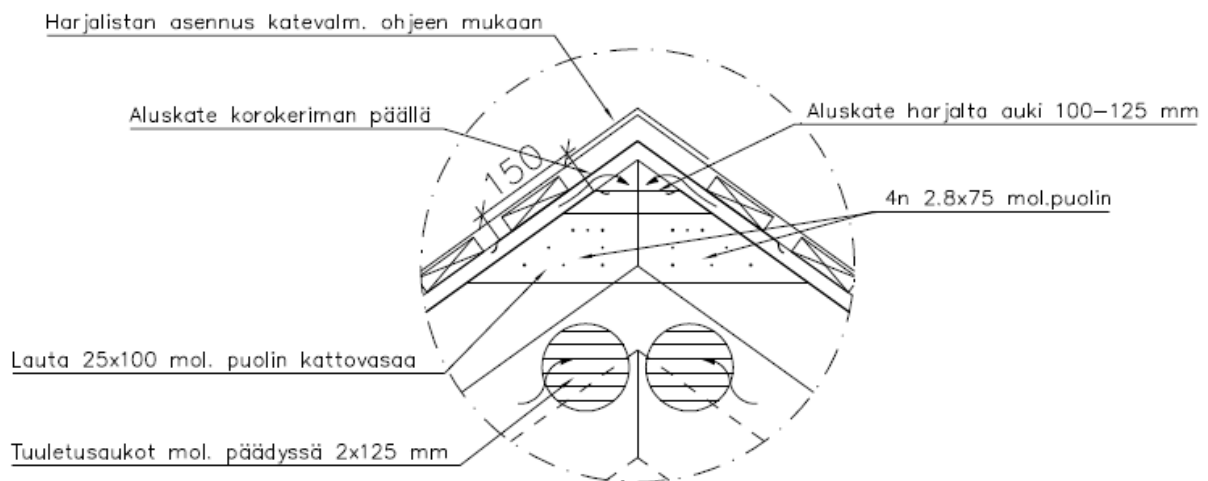
DET 7



DET 8

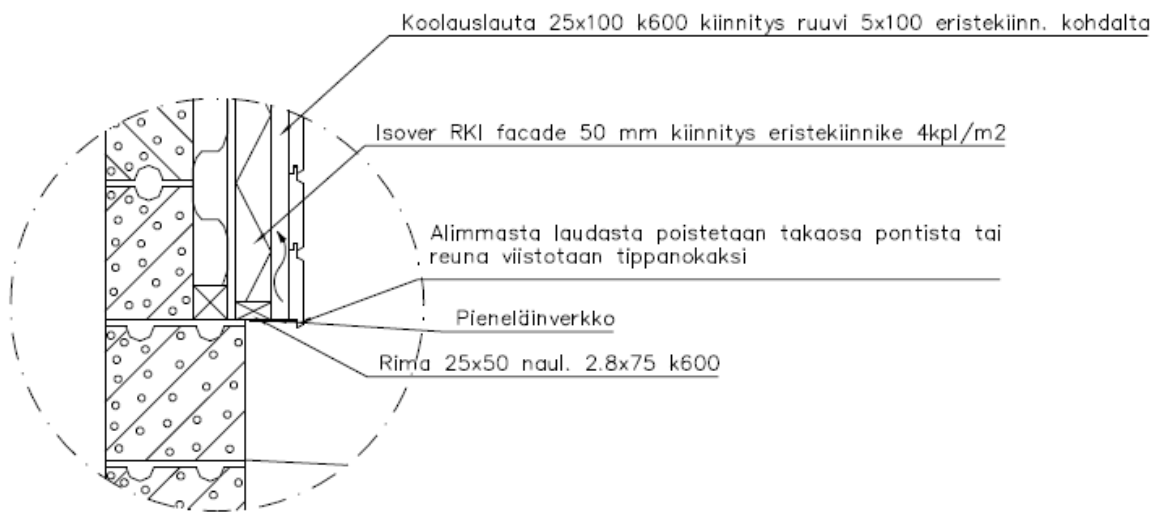


DET 9



Huom! Käyt. myös laajennusosassa

DET 10



DET 11

