



Anne Mikkonen

HUVILARAKENNUKSEN RAKENTAMISTAVAN VALINTA

HUVILARAKENNUKSEN RAKENTAMISTAVAN VALINTA

Anne Mikkonen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Talon- ja korjausrakentaminen

Tekijä: Anne Mikkonen

Opinnäytetyön nimi: Huvilarakennuksen rakentamistavan valinta

Työn ohjaaja: Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 45+ 5 liitettä

Insinööriyön tavoitteena oli löytää edullisin ulkoseinärakenne huvilarakennukselle. Rakennuskohteena oli pääsääntöisesti kesäkäyttöön tuleva huvila, jonka ulkoseinärakennevaihtoehdot olivat hirsi- ja rankorakenne. Työssä otettiin huomioon, että kohde on talvella kylmillään ja sen tulisi kestää siihen kohdistunut kosteusrasitus. Kohteeseen ei myöskään ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää, minkä vuoksi rakennuksen ei tarvitse täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisia vaatimuksia. Työssä saatuja tietoja tullaan käyttämään myöhemmin loma-asunnon rakennuttamisessa.

Insinööriyössä tutustuttiin hirsi- ja rankorakentamiseen sekä vertailtiin huvilan rakentamisen teknisiä eroja. Rakenteiden edullisuuden selvittämiseksi työssä käytettiin arvoanalyysiin perustuvaa menetelmää, jossa määritettiin rakenteiden arvotekijät ja kustannukset. Menetelmän avulla tarkasteltiin rakenteiden ominaisuuksia, kustannuksia sekä niiden suhdetta toisiinsa. Näiden tietojen pohjalta pystyttiin arvioimaan rakenteiden edullisuutta ja selvittämään paras vaihtoehto.

Arvoanalyysin perusteella edullisemmaksi vaihtoehdoksi saatiin hirsirakenne. Kustannuksiltaan hirsirakenne on kalliimpi rakentaa, mutta sen ominaisuudet osoittautuivat sopivimmiksi kyseessä olevalle huvilarakennukselle. Työtä tehdessä kuitenkin huomattiin, että edullisuuden arviointi on hyvin riippuvainen ominaisuuksien arvostamisesta ja siitä kuinka niitä painotetaan. Tässä työssä saatua tulosta voidaan kuitenkin pitää hyvänä suunnannäyttäjänä.

Asiasanat: Puurakentaminen, hirsirakentaminen, arvoanalyysi, edullisuus.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme of Civil Engineering, House Building and Renovation

Author: Anne Mikkonen

Title of thesis: Choosing Wall Structure for Villa

Supervisor: Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013

Pages: 45 + 5 appendices

The aim of this study was to find the best exterior wall solution for a summer cottage. There were two choices for the wall structure: a framed wall and timber wall. The building is designed mainly for summer use. Because there is no heating system designed for keeping the temperature high enough through the whole year, it is not needed to fill the requirements of Finnish Building Codes.

This Bachelor's Thesis concerns the differences between two different wooden structures. The purpose was to find the most affordable structure by using value analysis. The value analysis or value engineering is a method that weighs the costs and benefits of the product. It breaks down a product into components and enables to analyze each component on its own, evaluating its importance and efficiency. For the value analysis, it is crucial to know the values and the costs of the building and these two factors were defined in this thesis. By knowing these two factors it was possible to compare the structures.

The study implies that the timber structure was the most affordable structure even though it showed to be more expensive to build. The values and the function of timber were more suitable for this building. Nevertheless, the value analysis proved to be a slightly uncertain method to define the most suitable solution. The values are always dependent on their weighing and on their importance for the user. Still it proved to be a good way to scrutinize and question each benefit and value of the two structures.

Keywords: Timber construction, log house, value analysis.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 RANKORAKENTEISEN JA HIRSISEN HUVILAN OMINAISUUKSIA	8
2.1 Rakentaminen hirsirakennuksena ja lautarakennuksena	8
2.1.1 Hirsirakenne	9
2.1.2 Rankorakenne	13
2.2 Tekniset erot	15
2.2.1 Tiiveys	16
2.2.2 Eristävyys	20
2.2.3 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus	21
2.3 Rakentamistavan valinnan vaikutus hintaan	23
3 ARVOANALYYSI	24
3.1 Arvonmuodostuminen	24
3.2 Rakennuksen arvotekijät	25
3.2.1 Toimintaa palvelevat arvot	26
3.2.2 Abstraktit arvot	26
3.2.3 Taloudellinen arvo	27
3.3 Arvoanalyysin soveltaminen tuotevertailussa	28
3.4 Edullisuusohjaus ja laatu	29
4 KOHTEEN ESITTELY JA ARVOANALYYSI	33
4.1 Huvilarakennus	33
4.2 Rakennevaihtoehtojen hinnat	35
4.3 Kohteen arvoanalyysi	36
4.3.1 Hirsirunkoisen ratkaisun arvot	37
4.3.2 Rankorakenteisen ratkaisun arvot	38
4.3.3 Painoarvojen määrittäminen	40
4.4 Edullisuusanalyysi arvojen ja hintojen perusteella	41

5 POHDINTA	44
LÄHTEET	45
LIITTEET	47

1 JOHDANTO

Puuta on käytetty rakennusmateriaalina jo satojen vuosien ajan. Lähes puoles-
sa nykypäivän rakennuksista runkomateriaalina on puu ja lukumääräisesti val-
taosa Suomen rakennuksista onkin puurakenteisia. Rankorakenteen ohella hir-
restä rakennetaan vielä nykyäänkin pientaloja ja etenkin mökeissä se on ehkä
perinteisin ja suosituin materiaali. Insinööriyössä tutustutaan hirsi- ja rankora-
kentamiseen, niiden eroihin ja ominaisuuksiin sekä arvotekijöihin.

Insinööriyön tavoitteena on vertailla huvilan rakentamisen teknisiä eroja hirsi- ja
rankorakentamisen välillä. Työssä esitetään arvoanalyysiin perustuva menetel-
mä, jonka avulla rakentamishankkeeseen ryhtyvä voi arvioida vaihtoehtoja. Ar-
voanalyysin tekemiseksi määritetään hirsi- ja rankorakenteelle arvotekijät ja
kustannukset. Arvoanalyysissä tarkastellaan rakenteiden ominaisuuksia, kus-
tannuksia ja niiden suhdetta toisiinsa. Näiden tietojen pohjalta pystytään arvioi-
maan rakenteiden edullisuutta.

Arvoanalyysin luotettavuus voi nousta ongelmalliseksi. Arvoanalyysi on hyvin
tapauskohtainen ja tulokset riippuvat siitä, mitä kunkin rakennuksen osalla ar-
vostetaan ja kuinka arvoja painotetaan. Arvoanalyysiä voidaan pitää hyvänä
suunnannäyttäjänä, mutta on kuitenkin hyvä muistaa myös pohtia sen luotetta-
vuutta.

Työ rajataan käsittelemään vain ulkoseinärakenteita. Ylä- ja alapohjarakenteet
pysyvät samanlaisina sekä hirsi- ja rankorakenteessa. Tässä työssä saatuja
tuloksia tullaan myöhemmin käyttämään hyödyksi huvilarakennuksen rakennut-
tamisessa.

2 PUURAKENTEISEN HUVILAN OMINAISUUKSIA

Yleisin huviloiden rakentamisessa käytetty materiaali on puu. Vapaa-ajan asunnon kantavana rakenteena on useimmiten hirsi- tai puurunko. Suomalaisessa vapaa-ajan rakentamisessa hirsi on ollut aina valtamateriaali ja sen suosioon on vaikuttanut hirsien teollinen valmistaminen 1950-luvulta lähtien. Nykyään 2/3 vapaa-ajan asunnoista rakennetaan hirrestä ja paikalla rakennettujen lautaverhoiltujen mökkien osuus uusista vapaa-ajan asunnoista on noin neljännes. (Koskenvesa – Nissinen – Penttilä 2000, 49, 58.)

Hirsi- ja rankorakenteella on teknisiä eroja, josta johtuu niiden erilaiset rakentamistavat. Rakenteet poikkeavat toisistaan muun muassa tiiveyden eristävyys- ja kosteusteknisen toimivuuden kannalta.

2.1 Rakentaminen hirsirakennuksena ja lautarakennuksena

Nykyään suurin osa hirsihuviloista rakennetaan teollisesti esivalmistetuista ja -työstetyistä hirsistä, kun perinteisesti hirsimökit on rakennettu käsin veistäen. Teollisesti valmistetussa hirsitalossa kaikki hirret työstetään ja sovitetaan toisiinsa valmiiksi tehtaalla. Rakennuspaikalla hirsikehikko ainoastaan kootaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Monesti hirsimökki valitaan valmistajien mallistosta, minkä jälkeen mökkiin voidaan tehdä muutoksia. (Koskenvesa ym. 2000, 49.)

Hirsirakentamisesta ja hirsirakenteiden suunnittelusta löytyy tietoa RT-kortiston ohjekorteista. Hirsitalon suunnittelun perusteet RT 82-10415 ja Hirsitalon laatuvaatimukset RT 14-10436 -ohjekorteissa on tietoa puun kosteuskäyttäytymisestä rakenne-esimerkkeihin.

Puurunkoiset paikalla rakennetut lautaverhoillut vapaa-ajan asunnot ovat erityisen suosittuja merenranta- ja saaristomaisemissa. Puurunkoinen huvila voidaan rakentaa joko pitkästä puutavarasta, puuelementeistä tai määrämittaan ja -muotoon valmiiksi sahatusta puutavarasta (precut-menetelmä). Tavanomaisin rakentamistapa on paikalla rakentaminen pitkästä puutavarasta.

Hirsi- ja rankorakenteisen huvilan voi toteuttaa samanlaisilla ala- ja yläpohjarakenteilla sekä vesikatteella. Myös perustamistapa voi olla samanlainen.

2.1.1 Hirsirakenne

Talotehtaat toimittavat hirsimökkipaketteja, joista voi valita itselleen sopivimman toimituksen. Usein paketti toimitetaan täydellisenä puuosatoimituksena, johon hirsien lisäksi kuuluu muukin tarvittava puutavara, kuten vesikattopalkit tai kattoristikot, ala- ja välipohjapalkit, lattialaudat, sisäpaneelit, listat, ovet ja ikkunat. Täydellisempi toimitus voi lisäksi sisältää muun muassa katemateriaalit, perustustarvikkeet, kalusteet ja varusteet. Hirsimökkitoimitus voi lisäksi sisältää keihikon asennuksen tai koko mökin rakentamisen alusta loppuun niin sanottu avaimet käteen -toimituksena. Toimitus voi myös sisältää ainoastaan hirsikehikon hirret, jolloin muiden tarvikkeiden hankkiminen ja rakentaminen jäävät rakentajan tehtäviksi. (Koskenvesa ym. 2000, 50.)

Hirttä on käytetty rakennusmateriaalina satojen vuosien ajan ja vanhimmat tunnetut talot ovatkin jopa 800 vuotta vanhoja. Talot paranevat vanhetessaan rakenteiden asettuessa ja tiivistyessä entisestään. Hirsitalot eivät siis menetä arvoaan vanhetessaan. Nykyään erityisesti vanhoja hirsitaloja pidetäänkin arvokaina. Hirsimökki voidaan nykyäänkin pystyttää vanhoja menetelmiä noudattaen. Mökin rakentaminen käsin veistämällä vaatii ammattitaitoisia hirrenveistäjiä, jotka hallitsevat perinteiset työmenetelmät. Työ vaatii muun muassa erityisiä veistämistyökaluja. (Koskenvesa ym. 2000, 51; Honka. 2011, linkit Mökit ja lomakodit -> Hirsi rakennusmateriaalina.)

Hirteen tehdään aina nurkkasalvos sekä varaussalvos, jotta hirsikertoja voidaan pinota päällekkäin seinäksi. Nurkkasalvos tarkoittaa hirsien välistä nurkkaliitosta ja varaus taas hirren alapintaan veistettyä uurretta, jonka avulla päällekkäiset hirret sovitetaan tiiviisti yhteen. Tiiviste asennetaan hirsien saumaan, jossa se toimii eristeenä. Suomessa käytetään eri salvosmuotoja, joista varhaisimmat ovat pitkänurkkaisia. Rakennusten vuoraamisen yhteydessä on alettu sitemmin käyttää lyhytnurkkasalvoksia. Nykyään perinteisen ristinurkan lisäksi käytetään myös lohenpyrstö- ja jiirinurkkia. (Kuva 1.) (Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset

tiedot -> Hirsisanasto; Wikipedia. 2011, hakusana Hirsi; Kuusamo Hirsitalot Oy. 2012, linkit Hirsirakentaminen -> Hirsirakennukset ja hirsirakentaminen.)



KUVA 1. Jiiri- ja lohenpyrstönurkka

Hirsiseinien painuminen on otettava huomioon aina hirsirakenteita suunniteltaessa. Hirren laskeutumisominaisuus voidaan huomioida muun muassa tekemällä rakenteeseen varauksia ja käyttämällä liukuratoja seinä- ja kattorakenteiden yhtymäkohdissa. Painuma on myös muistettava kun liitetään tiiliseiniä, kevyitä väliseiniä, portaita tai pilareita, eli toisin sanoen painumattomia rakenteita, hirsirakenteisiin. Painumattomat rakenteet varustetaan painumavaralla sekä kantavat rakenteet kierrejalalla arvioidun painuman mukaan. Voidaan puhua myös läpipulttauksesta. Kierrejalkaa voidaan säätää siten painuman mukaan. Kevyet väliseinät kiinnitetään hirsiseinään esimerkiksi puulla, jossa on aukot naulojen/ruuvien laskeutumista varten.

Toinen vaihtoehto on kiinnittää runkotolppa hirsiseinään laskeutumisen sallivilla kiinnikkeillä. Myös ikkuna- ja oviaukot vahvistetaan sivuiltaan laskeutumisen sallivilla karapuilla, jotka estävät hirrenpäiden sivuttaissiirtymisen ja pitävät hirsiseinän pään suorassa. Kara on rakenneosia, joka liittää ikkunan, oven tai palomuurin hirsiseinään. (Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsisanasto; Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsirakennuksen ominaisuudet.)

Lisäksi rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon:

1. eritasoperustuksissa hirsien suurempi painuminen alemmalla tasolla,
2. vanhan ja uuden rakennuksen eriaikainen painuminen kun jatketaan tai laajennetaan vanhoja hirsirakennuksia,
3. hormien läpivienneissä väli- ja yläpohjissa sekä vesikatolla vaadittavien paloetäisyyksien pysyminen laskeutumisen jälkeenkin sekä rakenteiden esteetön laskeutuminen (Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsisanasto).

Hirsiseinien painumien johdosta ulkoristinurkissa käytetään koko seinän korkeuden läpi ulottuvaa kiristettävää kierretankoa. Tätä kutsutaan läpipulttaukseksi. Hirsiseinien sivuttaista liikkumista estetään tapituksella, jolloin päällekkäiset hirret liitetään yhteen puutapeilla. (Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsisanasto.)

Perinteisesti hirsitalotehtaat käyttävät raaka-aineena mäntyä, mutta myös kuusta jossain määrin. Mänty on puuainekseltaan punertavaa, kun taas kuusi on vaaleaa, eikä se tummu ajan kuluessa samoin kuin mänty. (Kuva 2.) Kuusen oksankohdat ovat myös pieniä, mikä vaikuttaa puun ulkonäköön, lujuuteen sekä pihkan tihkumiseen. Materiaalina voidaan käyttää myös kelohonkaa, joka on pystyyn kuivunut ja kuorensa pudottanut vanha mänty. Pinnaltaan kelohonka on patinoitunut harmaaksi ja se saa luonnollisen ilmeensä puun halkeamista ja pahkoista. Kelopuunrakenne on lähes aina kierteinen, mikä parantaa sen taivutus- ja vetolujuutta eikä kelohonka myöskään taivu tai väännä samoin kuin tuore hirsi. (Honkatalot. 2012, linkit Tuotevalikoima -> Hirsitalot; Kelohonka. 2013, linkit Tuotteet.)



KUVA 2. Materiaalina vasemmalla kuusi, oikealla mänty

Hirsiprofiileja löytyy erilaisia, muun muassa pyörö-, D-, lamelli- ja pyörölamelli-hirsiä. (Kuva 3.) Pyöröhirrellä saadaan perinteisemmän näköistä seinäpintaa kun taas lamellihirrellä tasaista. Lamellihirsi valmistetaan kuivatuista ja höylätyistä lamelleista liimaamalla ne yhteen ja laittamalla ulkopintaan säätä parhaiten kestävä sydänpuu. Lamellien liimasauma läpäisee kosteutta, joten se hengittää kuten tavallinenkin hirsiseinä. Liimauksen jälkeen aihiot työstetään valmiiksi, mittatarkoiksi seinähirsiksi.

Hirsillä on yleensä hyvät lujuusominaisuudet, jotka lamellihirressä vain paranevat. Lamellihirrellä myös painumat ja halkeamat ovat vähäisempiä kuin normaalihirrellä. Nykyään valmistetaan myös painumattomia hirsisiä, jotka muodostuvat kuudesta ristiin laminoidusta osasta. Painumaton rakenne mahdollistaa muiden materiaalien, kuten kiven, teräksen ja lasin yhdistämisen massiivipuurunkoon. Se myös tarjoaa uudenlaisia mahdollisuuksia suunnitella arkkitehtuuriltaan yksilöllisiä ja moderneja rakennuksia. (Pellopuu Oy. 2011, linkit Hirsirakentaminen -> Lamellihirsi; Honkamajat. 2011, linkit Ekologinen ja energiatehokas; Honka. 2013, linkit Corporate Site:Suomi -> Liiketoimintamme -> Innovaatiot.)



KUVA 3. Hirsiprofiileja

Hirren ominaisuuksiin kuuluvat painuminen, halkeilu ja eläminen. Näitä ominaisuuksia ja muodonmuutoksia ei voida estää, mutta niihin voidaan varautua ja niitä voidaan vähentää eri tavoin. Puun painuminen johtuu kuivumisesta, hirsiseinän saumojen tiivistymisestä ja kuormituksesta. Yksittäinen hirsi kutistuu ajan kuluessa muutaman millimetrin, mikä aiheuttaa koko rakenteen muutaman senttimetrin laskeutumisen. Hirsirakenteet taas painuvat noin 50 mm/korkeusmetri. Halkeilu taas on puun luonnollisista ominaisuuksista johtuvaa kuivumiskutistumista. Hirren kuivuessa siihen syntyy säteen suuntaisia halkeamia ja näitä voidaan ohjata hirteen työstettävillä halkeamisuurilla. Elämistä taas vähennetään erilaisilla sahaus- ja kuivaustekniikoilla. Yksi vaihtoehto on

myös valmistaa hirsi kahdesta tai useammasta lamellista, jotka on liimattu yhteen ja näin ne eivät pääse muuttamaan muotoaan yhtä paljon kuin massiivihirsi. (Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsirakennuksen ominaisuudet; Honkamajat. Linkit Hirsirakenne.)

2.1.2 Rankorakenne

Perinteisin tapa rakentaa rankorakenteinen huvila on paikalla rakentaminen pitkistä puutavarasta. Puurunkoinen vapaa-ajan asunto voidaan rakentaa myös puuelementeistä tai määrämittaan ja -muotoon valmiiksi sahatusta puutavarasta (precut-menetelmä). (Koskenvesa ym. 2000, 58.)

Puurungon pystyttämiseen käytetään lujuusluokiteltua joko täysisärmäistä tai mitallistettua sahatavaraa, viilupuuta, painekyllästettyä puutavaraa sekä tarpeen mukaan myös liimapuuta. Sahatavaran pituuden vaihtelevat 1800 mm:stä 6000 mm:iin. Lisäksi puurungon pystytyksessä tarvitaan kuumasinkittyjä lankanauloja, ruuveja ja eristykseen mineraali- tai puukuituvillaa ja bitumihuopakaistaa. Eristyksen kanssa voidaan höyrynsulkumuovin sijasta käyttää rakennuspaperia. (Koskenvesa ym. 2000, 59.)

Rungon pystytyksessä ensimmäisenä asennetaan alasidepuu, joka on yleensä painekyllästettyä puutavaraa, ja se eristetään perustuksesta bitumikermikaistalla. Nurkkatolppien asentamisen jälkeen mitataan runkotolppien ja aukkojen pie-litolppien paikat noudattaen k600-jakoa reunasta reunaan. Yleisimpiä runkotolppien kokoja ovat 125 x 50 mm ja 150 x 50 mm. Ovi- ja ikkuna-aukot jätetään 20 mm nimellismittaa leveämmiksi. Syrjälleen asennettavien yläsidepuiden varaukset lovetaan piirustusten mukaan ja yläsidepuu naulataan runkotolppien päälle. Aukkojen kohdalla alasidepuu naulataan oikealle korkeudelle ja aukon alapuolelle asennetaan koolaus k600-jaolla.

Seuraavaksi kiinnitetään aukon yläsidepuu mitattuun korkeuteen. Tarvittavat lisäkoolaukset, jäykistykset ja sisäpuoliset kalustetuet asennetaan ennen rungon lämmöneristystä. Lämmöneristys asennetaan tiiviisti paikoilleen runkotolppien väliin. Eristykseen käytetään yleensä joko pehmeää mineraalivillaa tai kovia lämmöneristelevyjä. Eristyksen tulee olla tiivis, sillä pienetkin ilma-
raot hei-

kentävät rakenteen lämmöneristävyyttä. Rakenteeseen jäävät pienet kolot täytetään eritelevyistä leikatuilla paloilla. (Koskenvesa ym. 2000, 59.)

Puurakenteisen loma-asunnon seinissä voidaan käyttää joko ilmansulkupaperia tai tavallista höyrynsulkumuovia. Rakenteen sisäpinnan tulee olla mahdollisimman ilmatiivis, sillä rakenteen sisään virtaava lämmin sisäilma kuljettaa rakenteeseen myös kosteutta. Rakenteen ulko-osiin kulkeutuessaan kosteus voi tiivistyä ja lisätä rakenteen kosteutta haitallisesti. Höyryn- ja ilmansulun toiminnan kannalta on tärkeää, että siinä ei ole reikiä eikä katkoskohtia. Reikien kautta lämmöneristyskerrokseen päässyt kosteus aiheuttaa ajan kuluessa kosteus- ja homevaurioita sekä lämmöneristeen eristyskyky heikentyy. Ilmavuodot ovat suuri syy rakenteissa oleviin kosteus- ja homevaurioihin.

Höyryn- ja ilmansulku asennetaan aina lämmöneristeen lämpimälle puolelle. Asennus tehdään siten, että saumoja tulee mahdollisimman vähän. Kaikki saumat ja läpiviennit sekä jatkoskohdat limitetään ja teipataan huolellisesti. Saumat on myös hyvä tehdä siten, että ne puristuvat rungon ja pintaverhouksen väliin tiiviisti. Työn aikana syntyneet reiät paikataan teipillä. Ilmansulkupaperin tiiveys ei vastaa höyrynsulkumuovia, mutta se on riittävän tiivis esimerkiksi loma-asuntoon, jota käytetään pääsääntöisesti kesäisin. Paperia voidaan käyttää, jos jostain syystä varsinaista höyrynsulkua ei haluta käyttää. (Koskenvesa ym. 2000, 61; Paroc. 2012, linkit Loma-asunnon eristäminen -> Ilmansulku vai höyrynsulku.)

Tuulensuojalevytys voidaan asentaa joko suoraan pystyrunkoon tai vaihtoehtoisesti vaakarakoon. Puurunkoinen seinärakenne tiivistetään tuulensuojalevytyksellä, joka estää kylmän ulkoilman suoran pääsyn lämmöneristekerrokseen. Samalla levytys myös jäykistää runkoa. Mikäli tuulensuojalevynä käytetään mineraalivillaa, mökin jäykistys tulee hoitaa erikseen esimerkiksi vinositeillä tai levytyksellä. Tuulensuojalevyksi voidaan valita kipsi-, puukipsi-, puukuitu-, sementtiselluloosa- tai vanerilevyjä. (Koskenvesa ym. 2000, 60.)

Tärkein edellytys julkisivulaudoituksen pitkälle iälle ja säilyvyydelle on laudoituksen ja puurungon välisen tilan tuuletuksen toimivuus. Tuuletusraon tarkoitus on poistaa julkisivun sisäpuolelle joko sisältä tai ulkoa tullut kosteus ja vesi ra-

kennetta vaurioittamatta. Myös rakenteessa oleva vesihöyry poistuu ulos tuuletusraossa virtaavan ilman mukana. Tuuletusraon on oltava riittävän leveä ja koko matkaltaan avoin, jotta se toimii oikein. Tuuletusraon ylä- ja alareunojen on oltava avoinna ulkoilmaan. Tuulensuojalevyn päälle asennetaan koolaus, joka jättää tuuletusraon rungon ja julkisivulaudoituksen väliin. Laudoitus voidaan asentaa joko pysty- tai vaakasuoraan. Pysty-laudoituksen alla käytetään kaksinkertaista koolausta, jolloin runkotolppien kohdalle kiinnitetään pystysuoraan tuuletuslaudat tai -rimat. Rimojen päälle asennetaan vaakasuoraan naulauspuu k600-jaolla. Vaakalaudoituksen alla tuuletus järjestetään pystysuuntaisilla tuuletusrimoilla runkotolppien kohdalla sekä nurkkien ja aukkojen pielissä. Julkisivulaudoituksen alareunaan tulee sahata tippanokka, jota pitkin vesi pääsee tippumaan pois eikä jää lautojen päähän seisomaan. (Koskenvesa ym. 2000, 62; Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys. 2008, linkit Terveelliset tilat -> Kosteusvauriot -> Kosteusvaurioituminen -> Ulkoseinät.)

Runkorakenteisten mökkien sisäseinät voidaan paneloida tai levyttää. Panelointiin käytetään yleensä 15 - 20 mm:n paksuisia sisäverhous- tai hirsipaneeleja. Levytyksenä taas voidaan käyttää erilaisia puukuitulevyjä, kipsi-, puukipsi- tai lastulevyjä sekä vaneria. Paneloinnin tai levytyksen taakse tehdään tarpeen mukaan koolaus johtojen vetoa ja pistorasioiden asennusta varten. Katon paneelit kannattaa asentaa päävalon suuntaisesti, jolloin ikkunasta tuleva valo ei aiheuta varjoja paneeleihin. (Koskenvesa ym. 2000, 60.)

2.2 Tekniset erot

Hirsirakenteella ja rankorakenteella on monia teknisiä eroja keskenään. Rakenteiden kosteustekninen toimivuus sekä kosteuskapasiteetti poikkeavat toisistaan. Rankorakenteessa tulee miettiä sen toimivuutta enemmän, varsinkin jos kyseessä on kesäkäyttöinen rakennus, joka jää talvella kylmilleen. Rakenteet poikkeavat toisistaan myös eristävytyksessä. Rankorakenteella on mahdollista saavuttaa suhteellisen ohuellakin eristämällä parempi lämmöneristävyys kuin hirsirakenteella.

2.2.1 Tiiveys

Vanhoissa taloissa lämpöhäviöt ovat erittäin suuria, koska esimerkiksi ovissa, ikkunoissa ja rakenteiden liittymissä on epätiivaitä kohtia. Nämä aiheuttavat suurta ja hallitsematonta ilman kulkeutumista rakennuksesta ulos. Epätiivaitin talon lämmittäminen on kallista ja siksi talon on oltava ilmatiivis. (Rockwool. 2012, linkit Eristämisen pikkujätti -> Talon tiivistäminen.)

Suomen rakennusmääräyksissä asetetaan myös tiiviyvaatimuksia rakennusten osille. Ilmavuodot ja kylmäsiilat vaikuttavat rakennuksen sisäilmaan aiheuttamalla hallitsemattomia paine-eroja. Tästä syystä rakenteisiin pääsee ilmaa. Vedon tunne ja lattioiden kylmyys johtuu usein rakenteiden epätiiviyksistä. Rakenteiden jäähtyminen voi aiheuttaa kosteuden muodostumista rakenteisiin, mikä edesauttaa homeen muodostumista. Rakenteiden tiivistämisellä ja eristämisellä on tarkoitus vähentävää näitä vaaroja. (Rockwool. 2012, linkit Eristämisen pikkujätti -> Talon tiivistäminen.)

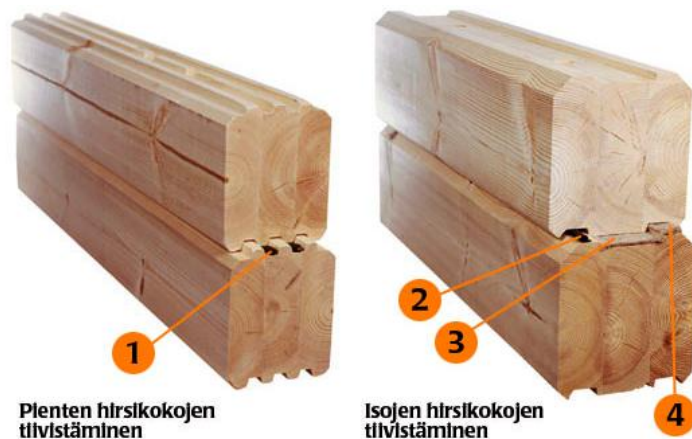
Rakennuksen tiiveyttä kuvataan ilmavuotoluvulla (1/h). Se kertoo, kuinka paljon ilmaa menee rakennuksen ulkovaipasta läpi yhden tunnin aikana paine-eron sisä- ja ulkotilan välillä ollessa 50 Pa. Vertailuluku on rakennusmääräysten mukaan 4. Jos luku on 1 - 2, se määritellään erittäin hyväksi. Passiivitalossa ilmanvuotoluvun pitää olla alle 0,6. (Rakennustaito. 2012, hakusana ilmanvuotoluku, linkit 10; RakMk D3. 30.3.2011/2.3.2.)

Hirsirakenteen ja rankorakenteen tiivistäminen tehdään eri lailla. Syynä tähän on hirsirakenteen yksiaineisuus ja rankorakenteen koostuminen useasta eri rakennekerroksesta. Hirsirakennuksen tiiveyteen vaikuttaa olennaisesti hirsivälilen, nurkkien sekä aukkojen tiivistys, mutta sen kosteuden sitomiskyvyllä ei ole vaikutusta tiiveyteen eli ilman kulkeutumiseen seinärakenteen läpi. Hirsissä on aina pontit helpottamassa asennusta ja tiivistämässä rakennetta. Ponttien väleihin asennetaan tiiviste, joka pitää rakenteen varmasti ilmatiiviinä. Rankorakenteessa taas tiivistys tehdään tuulensuojalevytyksellä sekä höyryn- ja ilman-sululla.

Nykytekniikalla toteutetun hirsirakennuksen ilmatiiveys voidaan saada yhtä hyväksi kuin höyrynsulkumuovilla varustetulla runkorakenteisella talolla. Ilmatiiveydessä voidaan päästä jopa passiivitalovaatimukset alittaviin arvoihin. Oulussa on tehty ilmanpitävyysmittauksia uusiin pientaloihin. Vuonna 2008 mittauksissa oli mukana 41 pientaloa – sekä puu- että kivitaloja. Kaikkien talojen ilmanpitävyysluvun keskiarvo asettui 1,3:een. Pelkästään puutaloja oli mukana 22 ja niiden tilastollisesti määritelty ilmanvuotoluku oli 1,3. Eri puutaloissa erot olivat hyvin pieniä. Erikoisia olivat kahden mukana olleen hirsitalon tulokset: toisessa ilmanpitävyysluku oli 0,3 ja toisen 0,4. Tämä osoittaa, että hirsitalostakin voidaan tehdä tiivis. (Hirsikoti. 2011, linkit Media -> Ekotehokkaaksi todettu hirsitalo täyttää uudet energiatehokkuusmääräykset; Rakennusperintö. 2011, linkit Hoito ja korjaaminen -> Artikkelit -> Hirsirakennuksien vauriot; Rakennustaito 2008.)

Hirsirakenteen tiivistäminen

Hirsitehtaat ovat kehittäneet erilaisia patenteja, jotka parantavat seinän tiiveyttä. Honka on kehittänyt pyöröhirteen kiilahirsitekniikan, halkeilunohjaustekniikan sekä kuivaustekniikan, joiden ansiosta rakennuksesta tulee erityisesti käsin veistettyyn verrattuna tiiviimpi. Nämä ominaisuudet auttavat myös halkeiluun ja painumiseen. Honkamajat on taas kehittänyt Tiivishirsirakenteen, jossa käytetään EPDM-kumitiivistettä. (Kuva 4.). Tämän on myös osoitettu parantavan tiiveyttä oleellisesti. (Honka. 2011, linkit Mökit ja lomakodit -> Seinäratkaisut -> Pyöröhirret; Honkamajat. 2011, linkit Hirsirakenne.)



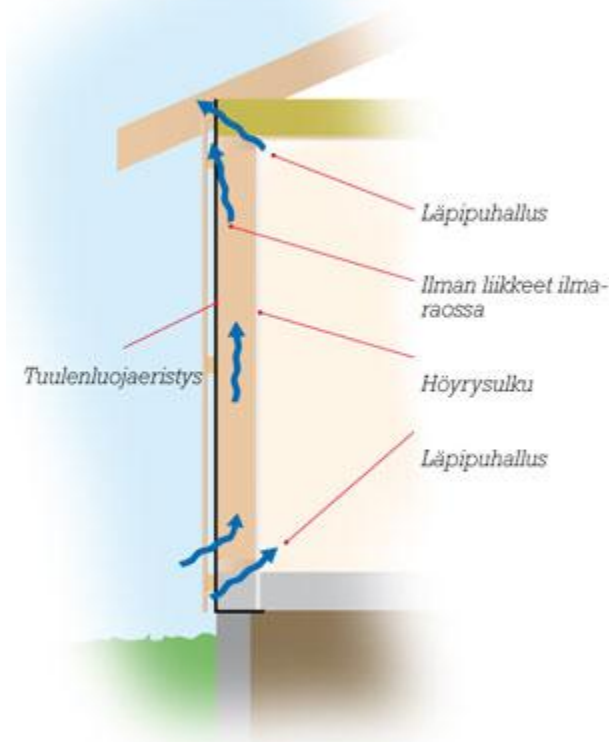
KUVA 4. Hirsien tiivistäminen kumitiivisteellä

Tiivisteet, joita käytetään hirsien varauksissa, estävät haitalliset ilmavuodot. Näin hirsien välistä tuleva ilma suodattuu tasaisesti koko seinän lävitse. Hirsien nurkkasalvokset tiivistetään ja se voidaan tehdä muun muassa kumisilla nurkka-tiivisteillä, pellavanauhapaloilla sekä tiivistemassalla. Tällainen ratkaisu takaa vedottoman ja vesitiiviin liitoksen. (Aihki-hirsi Oy, 2011. Linkit Tekniset tiedot -> Hirsirakennuksen ominaisuudet; Pellopuu Oy, 2011. Linkit Hirsirakentaminen -> Seinän tiivistys.)

Hirsien kuivumishalkeamilla ei ole vaikutusta seinän tiiveyteen sillä ne eivät ulotu koko hirren läpi. Myöskään puun kosteudensitomiskyvyllä ei ole vaikutusta tiiveyteen mikäli kosteus pääsee kuivumaan. (Aihki-hirsi Oy, 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsirakennuksen ominaisuudet; Honkamajat, 2011, linkit Hirsirakenne.)

Rankorakenteen tiivistäminen

Rankorakenteisen loma-asunnon tiivistäminen tehdään tuulensuojalevytyksellä sekä ilman- tai höyrynsululla. Hyvä eristyskyky perustuu eristeessä paikallaan pysyvään ilmaan. Siksi eriste on tärkeää suojata ilman liikkeiltä tuulensuojaeristyksellä. (Kuva 5.)



KUVA 5. Ilman liikkeet seinärakenteessa

Tuulensuojakerroksen on estettävä ilmaa pääsemästä rakenteisiin. Mikäli eristyksistä löytyy vuotokohtia, ilma pääsee virtaamaan eristeeseen ja heikentää sen eristyskykyä. Ilmanvirtaus rakenteessa syntyy sisä- ja ulkopuolen ilmanpaine-erosta. Tämän vuoksi tuulensuojakerroksen on pidettävä hyvin ilmanpaineita, mutta lisäksi sillä on oltava alhainen vesihöyrynvastus. Tuulensuojakerroksen on oltava hengittävä, jotta kosteus pääsee kulkeutumaan rakenteen läpi, eikä jää sinne vaurioittamaan rakennetta. On tärkeää muistaa tiivistää tuulensuojakerroksen saumat ja liittymät muihin rakenteisiin. (Rockwool. 2012, linkit Eristämisen pikkujähti -> Talon tiivistäminen.)

Ilman virtaus rakenteen läpi voidaan estää myös höyrysululla, ilmansululla tai esimerkiksi ilmatiiviillä rungolla. Lämmitettävissä, kevyissä seinä- ja kattorakenteissa on käytettävä diffuusiotiivistä höyrysulkuja eristeen lämpimällä puolella. Höyrysulun on estettävä konvektion tai diffuusion aiheuttama lämpimän ja kos-

tean ilman tunkeutuminen seinään tai yläpohjaan. (Rockwool. 2012, linkit Eristämisen pikkujätti -> Talon tiivistäminen.)

2.2.2 Eristävyys

Eristävyydessä rankorakenteinen loma-asunto voittaa hirsirakenteisen. Samalla seinävahvuudella rankorakenteisen asunnon lämmönläpäisykerroin (U-arvo) on parempi kuin hirsisen asunnon (taulukko 1). Rankorakenteisilla ratkaisuilla päästään passiivitaloluokkiin, kun taas hirsirakenteisilla ei. Kuitenkin hirrellä, erityisesti massiivihirrellä, on muita ominaisuuksia, jotka voivat korvata sen heikomman eristävyys.

TAULUKKO 1. Hirsi- ja rankorakenteisen seinän U-arvojen ja seinävahvuuksien vertailu

Vaihtoehdon rakenne/ U-arvo [W/m ² K]	0,80	0,52	0,40	0,24	0,20	0,16
Hirsi [mm]	130	204	280	-	-	-
Ranko + Mineraalivilla [mm]	25	55	80	150	190	250

Hirsiseinän lämmöneristyskykyyn vaikuttaa hirsiseinän paksuus – mitä paksumpi hirsiseinä, sitä parempi on sen lämmöneristyskyky. Tämä sama ei suoraan päde rankorakenteiseen ratkaisuun, vaikka nykyään passiivitalomallien seinärakenteet alkavat olla melko massiivisia. Eristeen lämmönjohtavuudella (lambda-arvo) on merkitystä U-arvoon. Mitä pienempi lämmönjohtavuus, sitä paremmin rakenne eristää. Valitsemalla pienemmän lämmönjohtavuuden omaavan eristeen voidaan vähemmällä eristepaksuudella päästä samaan U-arvoon.

Nyky määräysten mukaan loma-asunnoissa hirsiseinän U-arvon tulee olla 0,8 ja muiden seinien rakenneratkaisusta riippumatta 0,24. Tällä on taas vaikutusta siihen, kuinka paksu hirsiseinän tulee olla, jotta määräykset täyttyvät. Kuitenkaan pelkästään kesäkäytössä olevan rakennuksen ei tarvitse täyttää tätä vaatimusta. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D3 on annettu määräykset vain loma-asuntoon, johon on suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä. (RakMk D3. 30.3.2011/2.10.)

Hirsi pystyy varastoimaan lämpöä ja tasaamaan lämpötilavaihteluita sisällä. Eri-tyisesti massiivihirrellä on hyvä kyky varastoida lämpöä ja sitten luovuttaa sitä huoneilmaan tasaisesti. Rankorakenteisella asunnolla ei ole tätä kykyä. Kevyt-puuseiniin verrattuna massiivisen hirsirakenteen etuna on auringon energian hyödyntäminen kevät- ja syysaikaan. Tällöin aurinko paistaa matalalta ja lämpöenergia varastoituu seiniin. Seinä luovuttaa lämmön yöaikaan hitaasti ja näin säästetään merkittävästi lämmityskustannuksissa. Kesäoinä taas viileys varastoituu seiniin, jolloin sisälämpötila ei nouse päiväsaikaan. Hellekausinakin hirsiseinät hidastavat lämmönjohtumista sisätiloihin. Näin säästetään jäähdyttämiseen käytettävää energiaa ja luodaan tasaisempi sisälämpö. Nykyään varsinkin passiivitalojen ongelma on liiallinen kuumeneminen ja sen seurauksena jäädyttäminen ja kasvavat energiakustannukset. (Honka. 2011, linkit Mökkit ja lomakodit -> Hirsi rakennusmateriaalina; Pellopuu Oy. 2011, linkit Hirsirakentaminen -> Yleistä.)

2.2.3 Rakenteiden kosteustekninen toimivuus

Puu pystyy sitomaan ylimääräistä kosteutta sisäilmasta ja luovuttamaan sitä, kun ilma kuivuu liikaa. Puu siis pyrkii koko ajan kosteustasapainoon. Hirsiseinä on massiivinen rakenne, ja se pystyy tasoittamaan ilman kosteusvaihteluita sen hyvän kosteuskapasiteetin vuoksi. Rankorakenteisella asunnolla ei ole samanlaista kykyä tasoittaa kosteusvaihteluita. (Honkatalot. 2011, linkit Tuotevalikoima -> Hirsitalot -> Miksi hirsitalo.)

Hirren ja puun säilyvyyteen vaikuttaa eniten niiden kosteuspitoisuus. Lahottaja- ja sinistäjäsienet alkavat kasvaa, kun puun kosteus on vähintään 20 % ja lämpötila vähintään +5°C. Ilman suhteellisen kosteuden pitää olla pitkäaikaisesti yli 85 % ennen kuin puun suhteellinen kosteus ylittää 20 %:n arvon. Alimmat hirret sekä rankorakenteisen seinän alareuna ovat herkimpiä lahoamiselle, koska ne ovat alttiita sade- ja roiskevedelle. Hirsirakenteen varauksessa oleva tiivisteiden kastuminen on estettävä, sillä kastunut tiiviste säilyttää kosteuden pitkään ja luo suotuisat olosuhteet lahoamiselle. Myös perustukset on eristettävä esimerkiksi bitumi-huovalla, sillä betonissa oleva kosteus riittää kasvukosteudeksi joillekin lahottajasienille. Myös rakenteellinen suunnittelu on tärkeää vahinkojen välttämiseksi,

sillä esimerkiksi räystäät ja sadevesikourut suojaavat seiniä. (Aihki-hirsi Oy. 2011, linkit Tekniset tiedot -> Hirsirakennuksen ominaisuudet.)

Hirsirakenne, jossa ei ole muovisia höyrynsulkuja seinissä, on mahdollista jättää talveksi kylmilleen. Tämä on perusteltua kesämökeille, joita käytetään vain satunnaisesti talvella. Hirsi on yksiaineista eikä mihinkään pääse muodostumaan kylmäsiltoja eikä rajapintoja, joihin kosteus voisi tiivistyä. Yksiaineisiin massiivirakenteisiin ei liity niin paljon kosteusteknisiä riskejä kuin kerroksellisiin rakenteisiin.

Rankorakenteen ongelma on sen kerroksellisuus, mahdolliset kylmäsiltoja ja materiaalien rajapinnat. Talvella rajapintoihin voi päästä tiivistymään kosteutta. Mikäli kosteus ei pääse tai kerkeä kuivua rakenteesta kesän aikana, voi kosteusvaurioita syntyä. Herkimmät kohdat rankorakenteessa on mineraalivillan ja tuulensuojan välinen rajapinta.

Rankorakenteisen loma-asunnon voi rakentaa ilman höyrynsulkumuovia, jolloin se vastaa ominaisuuksiltaan enemmän hirsirakennetta. Tämä ratkaisu voi olla hyvä vaihtoehto talvella kylmillään olevassa loma-asunnossa. Höyrynsulkumuovin tilalle voidaan asentaa ilmansulkupaperi ja eristeeksi voidaan valita kosteuskapasiteettia omaava luonnonkuitueriste. Tällaisia eristeitä ovat muun muassa selluvilla, pellava ja turve. Myös ennen eristeinä käytetyt sahanpuru ja kutterinlastu voivat tällaisessa rakentamisessa olla nykypäivänäkin toimivia. Vaihtoehtoja ovat myös sellaiset materiaalit, jotka eivät kärsi huomattavasti lyhytaikaisesta kostumisesta, kuten kivivilla tai tuulileijona. (Talotori. 2012, linkit Tietotori -> Uudisrakentaminen -> Puurakentaminen.)

Seinärakenteiden pinnoitteisiin on hyvä kiinnittää huomiota. Jos rakennetaan hyvän kosteuden sitomiskyvyn omaava loma-asunto, myös pinnoitteiden on läpäistävä kosteutta. Joissain tapauksissa pinnoite voi toimia jopa höyrynsulkuna, jolloin kosteus ei pääse poistumaan rakenteesta. Näin myös estetään hirsirakenteen luonnollinen kosteustekninen toimivuus. Jos puu ei pysty vaihtelevaan kosteuteen, ei se elä oikein, ja on ajan kysymys, kun homeen leviäminen käynnistyy ja lahoaminen alkaa. (Pajutex. 2012, linkit Tietopankki -> Toimit hirsien parhaita ominaisuuksia vastaan.)

2.3 Rakentamistavan valinnan vaikutus hintaan

Rakentamistavan valinnalla on vaikutusta hintaan. Eniten hintaan vaikuttaa työtuntien määrä. Hirsirungon pystytys on nopeaa verrattuna vastaavan kokoiseen rankorakenteiseen rakennukseen. Riippuen rakennuksen koosta hirsirunko saadaan muutaman työmiehen ryhmällä hyvinkin nopeasti pystyyn nosturia apuna käyttäen. Esimerkiksi noin 100 m² rakennuksen runko on pystyssä 1 - 2 päivässä, kun taas rankorakenteisen rakennuksen pystyttämiseen menee enemmän aikaa. Rankorakenne on monikerroksinen ja työvaiheita on enemmän, kuten rungon pystytys, eristäminen, levytys ja ilmansulun asentaminen. Kaiken lisäksi nämä työt on tehtävä huolella, jottei ilmapuotoja pääse syntyämään rakenteeseen.

Materiaalivalinnoilla on myös vaikutusta hintaan. Hirsi on materiaalina huomattavasti kalliimpaa kuin puutavara. Rankorakenteen monikerroksisuudesta huolimatta se jää yleensä halvemmaksi vaihtoehdoksi rakentaa (taulukko 2). Rankorakenteella on saavutettavissa myös parempi U-arvo verrattuna hirteen. Jos hirsirakenteelle halutaan mahdollisimman hyvä U-arvo, rakenteet muuttuvat jo melko massiivisiksi, millä taas on suoranaisten vaikutus hintaan.

TAULUKKO 2. Hirsi- ja rankorakenteen U-arvon ja hinnan vertailu

Vaihtoehdon hinta/ U-arvo [W/m ² K]	0,80	0,52	0,40	0,24	0,20	0,16
Hirsi [€/jm]		21,75		-	-	-
Mineraalivilla [€/m ²]	3,07	5,62	8,48	13,78	18,25	23,19

3 ARVOANALYYSI

Arvoanalyysin tarkoitus on ohjata rakennushankkeen edullisuutta. Arvoanalyysin tekemiseksi on määritettävä rakennuksen arvotekijät ja kustannukset sekä hankkeen ohjaamiseksi näiden muodostumistapa on tunnettava ja hallittava. Arvoanalyysissä tarkastellaan tutkimuskohteen ominaisuuksia, kustannuksia ja niiden suhdetta toisiinsa. Arvoa pyritään parantamaan joko ominaisuuksia kehittämällä tai kustannuksia alentamalla. Lopullisena tavoitteena on arvoa lisäävien aiheuttajien optimointi ja arvoa lisäämättömien aiheuttajien minimointi tai kokonaan eliminointi. (Taloussanomat. 2012, linkit Pörssi -> Taloussanakirja, hakupäivä 5.4.2012, hakusana arvoanalyysi.)

3.1 Arvonmuodostuminen

Arvoanalyysi on systemaattinen prosessi sopivan suhteen löytämiseksi tuotteen tai hyödykkeen yleisen käyttötarkoituksen mukaisen kelpoisuuden tai tietyssä sovellutuksessa merkityksen ja kustannusten välille. Tämä määritelmä perustuu seuraaviin sitaatteihin:

”Arvoanalyysi on järjestelmällinen luova menetelmä, jonka tarkoituksena on löytää tarpeettomat kustannukset ts. ne, jotka eivät paranna tuotteen laatua, käyttöä, ikää ulkonäköä tai kulutuskelpoisuutta.”

”Sopiva suhde tuotteen merkityksen ja tuotteen kustannuksen välille on se arvo, jota arvoanalyysi etsii.” (Kahri 1972, 22.)

Arvotekijät ovat rakennuksen niitä ominaisuuksia, joilla on kyky tyydyttää tarpeita. Mitä suurempi tarpeidentyydytyskyky, sitä merkittävämpi arvotekijä on kyseessä. Arvotekijöiden merkitsevyys vaihtelee tarkastelijasta ja ajankohdasta riippuen, sillä eri henkilöt kohdistavat rakennuksiin eri tarpeita. Ominaisuudesta tekee arvotekijän siis ominaisuuden arvostus, joka taas on riippuvainen ominaisuuden määrästä. (Aikkila ym. 1987, 80.)

Arvoa voidaan myös kuvata näin: ”Kuluttajan käsitys tuotteen arvosta tulee hänen henkilökohtaisista käyttömahdollisuuksistaan. Tuotteen täytyy palvella jo-

tain hänen tarvettaan ennen kuin hän edes huomioi hintaa. Sitten hän vertaa mikä on tuotteen merkitys hänelle ja mitä se tulisi hänelle maksamaan.” Tästä seuraa, että arvo on eri käyttäjille ja eri sovellutuksissa erilainen. (Kahri. 1972, 34.)

Arvoanalyysin käyttö rakennussuunnittelussa edistää tuottavuuden parantamista lisäämällä rakennusten edullisuutta ja kuluttajien vaikutusmahdollisuuksia. Se tekee mahdolliseksi myös rakennusten käyttöarvon paremman mittaamisen. Siten se antaa edellytykset asialliselle kuluttajien ohjaamiselle ja tosiasioihin ja asiantuntemukseen perustuvien vaihtoarvojen muodostumiselle. ”Arvo”- käsite sisältää tuotteen tai palveluksen fyysisen ja psyykkisen merkityksen käyttäjälle ja sen hankkimiseen vaadittavan uhrauksen. (Kahri. 1972, 36.)

Tuotteen valmistuksen tekee mielekkääksi jokin tarve. Tarpeen tyydyttämiseksi täytyy tuotteella olla ominaisuuksia, jotka voivat suorittaa toimintoja. Tuotteen kyky suorittaa siltä odotettavia toimintoja on sen toimintakelpoisuus, joka mitattuna on kelpoisuusaste. Tuotteen toimintojen ja kelpoisuuden laadusta sekä asteesta riippuu millainen merkitys tuotteella on sen tarvitsijalle. Lopuksi punnitaan tuotteen merkitys tarpeen näkökulmasta ja tuotteen kustannus tai hinta resurssien näkökulmasta. Tämän punninnan tuloksena syntyy arvo. (Kahri 1972, 51.)

3.2 Rakennuksen arvotekijät

Rakennuksen arvo muodostuu useista tekijöistä. Arvonmuodostukseen vaikuttavat rakennuksen arvotekijät, jotka muodostuvat toimintaa palvelevista ominaisuuksista, abstrakteista ominaisuuksista, käyttäjän tarpeista sekä taloudellisesta arvosta. (Aikkila - Hekkanen 1987, 28.)

Osa ominaisuuksista on mitattavissa ja määriteltävissä numeroilla, tehokkuusluvuilla ja normeilla, esimerkiksi kerroskorkeudet, rakennusalat ja autopaikkojen määrät, keittiön suunnittelussa minimi- ja maksimitat, ergonomiset vaatimukset työtasoille tai normit valaistukselle. Ympäristö koetaan kuitenkin muinakin asioina kuin pelkästään mitattavina. Esteettiset, immateriaaliset ja tunneperäiset asiat ovat myös tärkeitä, sillä rakennuksesta vaistotaan myös sen kauneus, viih-

tyisyys tai ympäristön miellyttävyys. Näiden vaikutelmien taustalla on monia ei-mitattavia tekijöitä, joita on vaikea määritellä, mutta ne muodostavat kuitenkin hyvän ja miellyttävän ympäristön. Esimerkiksi keittiöstä tulee viihtyisä luonnonvalon järjestelyn, materiaalien ja värien onnistuneen valinnan sekä tilan muodon kautta. (Aikkila ym. 1987, 28.)

Joskus on vaarana, ettei saada oikeanlaista käsitystä rakennuksen, ympäristön ja arkkitehtuurin ei-mitattavista (immateriaalisista) ominaisuuksista ja päätöksiä tehdään vain teknistaloudellisten tavoitteiden perusteella. Asioista päätetään liian yksipuolisesti tehokkuuksien ja kerrosalojen perusteella, eikä oteta huomioon tilantuntua, mittakaavaa tai visuaalista ilmettä. (Aikkila ym. 1987, 29.)

3.2.1 Toimintaa palvelevat arvot

Toimintaa palvelevia arvoja tarkastellaan käyttäjän rakennukselle asettamien vaatimusten pohjalta. Arvotekijät syntyvät niistä ominaisuuksista, jotka vaikuttavat rakennuksen käyttömahdollisuuksiin sekä lyhyellä että pitkällä tähtäimellä. (Aikkila ym. 1987, 31.)

Käyttäjän vaatimukset ominaisuuksille voidaan ryhmitellä eri luokkiin. Näitä ominaisuuksia ovat: rakennuksen vakavuus, rakennusfysikaalinen toimivuus, sisäilman puhtaus, käyttö- ja huoltoturvallisuus, näkemismahdollisuudet, pintamateriaalien käyttöominaisuudet, tilojen soveltuvuus käyttötarkoitukseensa ja varustelutaso. (Aikkila ym. 1987, 31.)

3.2.2 Abstraktit arvot

Abstraktit arvot voidaan jakaa esteettisiin arvoihin ja historiallisiin arvoihin. Suppeassa mielessä estetiikka on oppi kauneuden olemuksesta ja elämyksestä. Kauneuden käsityksen vaihdellessa aikojen kuluessa myös esteettiset säännöt muuttuvat. Esteettisyys on subjektiivinen kokemusvarainen asia ja on olemassa joukko ominaisuuksia, jotka aiheuttavat esteettisen mielihyvän kokemuksen. Kokemus syntyy kokijan tunnelatauksen perusteella rakennuksen ominaisuuksien havaitsemisesta.

Ruotsalainen Sven Hasselgrenin mukaan esteettisen arvostelman syntyyn vaikuttavat kohteen visuaalinen muoto, värit, valaistus sekä erilaiset kosketus- ja kuulohavainnot. Näistä muodostuu kokonaisuus tilallisen ilmaisun myötä. Tilahahmoon vaikuttavat myös tilan dynaamisuus tai staattisuus, umpinaisuus tai avoimuus sekä tilan koko. Keskeisimmässä asemassa on näköhavaintoon perustuva visuaalinen laatu. Myös muihin aisteihin pohjautuvat huomiot muokkaavat kokonaisvaikutelmaa. Kaikkien tehtyjen havaintojen perusteella syntyy emotionaalinen kokemus miellyttävyydestä tai epämiellyttävyydestä. Visuaalisen laadun kannalta määräävämmässä osassa ovat rakennusmassojen suhde maisemaan ja kaupunkikuvaan, ulkotilat, julkisivu sekä sisätilaratkaisut. Muihin aisteihin liittyvät vaatimukset koskevat esimerkiksi meluisuutta, raikasta ilmaa ja miellyttäviä tuoksuja. Tavallinen kriteeri on myös materiaalien ja varusteiden kosketuspintojen miellyttävyys. (Aikkila ym. 1987, 32.)

Abstraktien arvojen luokkaan kuuluu myös rakennuksen historiallinen arvo. Historiallisia ominaisuuksia ovat rakennuksen ikä, rakennushistoria ja käyttötarkoitus. Yhteiskunnan historiassa ja kulttuurikehityksessä ilmenneet virtaukset, pyrkimykset sekä olosuhteet näkyvät aina rakennuksessa. Rakennuksen arvo voi liittyä myös jonkin henkilön tai ryhmän toimintaan tai historialliseen tapahtumaan. Lisäksi historiallinen mielenkiinto on henkilökohtaista, jolloin rakennus on jollain tavalla yhteydessä kunkin henkilön omaan kokemuspäiriin. Historialliset arvotekijät voidaan ryhmitellä seuraavasti: rakennushistoriallinen arvo, miljööarvo, merkitysarvo, ainutlaatuisuusarvo ja tyyppisyysarvo. Kulttuurihistoriallisesta arvosta puhutaan usein historiallisten rakennusten kohdalla. Se tarkoittaa rakennuksen historiallisen ja rakennustaiteellisen arvon yhteisvaikutusta. Arvot liittyvät usein toisiinsa erottamattomasti ja niiden yhteisvaikutus saa aikaan kohteen koko merkittävyyden. (Aikkila ym. 1987, 36.)

3.2.3 Taloudellinen arvo

Rakennuksilla on aina taloudellista arvoa. Niille voidaan laskea euromääräinen arvo, joka kuvaa rakentamiseen käytetyn taloudellisen panoksen jäännöstä rakennuksen ikääntymisen jälkeen. Kun rakennuksen arvioidusta jälleenrakentamiskustannuksista vähennetään niin sanottu ikäalennus, saadaan rakennuksen

teknillinen arvo. Kiinteistön tekninen arvo saadaan taas lisäämällä rakennuksen tekniseen arvoon rakentamattoman tontin arvo. (Aikkila ym. 1987, 38.)

Kiinteistön euromääräistä arvoa on mahdollista arvioida myös hintavertailun, tuottoarvon tai ostotarjousten perusteella. Hintavertailussa määritetään vastaavan kohteen vaihtoarvo käyttäen erilaisia kauppahintojen tietolähteitä, kuten kiinteistörekisterit, tilastot ja niin edelleen. Tuottoarvo määritetään puolestaan laskemalla kiinteistöstä tulevaisuudessa todennäköisesti saatavien nettotuottojen summa. (Aikkila ym. 1987, 38.)

Rakennuksen iän ohella rakennuksen hoidon ja kunnossapidon vaikutuksilla on merkitystä tarkasteltaessa arvonalennusta. Arvonalennus on aikasidonnainen ja hoidon ja kunnossapidon merkitys korostuu rakennuksen ikääntyessä. Lyhytikäisten rakenteiden ja varusteiden hoidon ja kunnossapitokorjausten laiminlyönti lyhentää usein pitkäikäisten rakenteiden käyttöaika. Jos rakennus sekä siinä olevat kiinteät laitteet ja varusteet ovat säilyneet käyttökelpoisina tai alkuperäistä vastaavassa kunnossa, on rakennukselle saatavissa taulukoituja arvonalentumistietoja. Teknistä arvoa määritettäessä on otettava huomioon myös rakennuksessa tehdyt peruskorjaukset, sillä ne vähentävät arvonalennusta. (Aikkila ym. 1987, 39.)

Rakennuksen jälleenhankinta-arvolla tarkoitetaan sitä rahamäärää, joka tarvitaan uuden samanlaisen rakennuksen hankkimiseen. Päivänarvolla taas tarkoitetaan sitä rahamäärää, kun jälleenhankinta-arvosta vähennetään ne, mitä rakennus on arvossa menettänyt iän, käytön, käyttökelpoisuuden alentumisen tai muun syyn johdosta. (Aikkila ym. 1987, 39.)

3.3 Arvoanalyysin soveltaminen tuotevertailussa

Tuotevertailussa voidaan soveltaa arvoanalyysiä. Tällöin voidaan analysoida tietyn tuotteen arvoja edellä kuvatulla tavalla. Tuotteen arvo muodostuu toiminnallisten, abstraktien ja taloudellisten arvojen pohjalta. Riippuen tuotteesta, toiminnalliset arvot voivat liittyä rakennusfysikaaliseen toimivuuteen, käyttö- ja huoltoturvallisuuteen sekä pintamateriaalien käyttöominaisuuksiin. Tuotteen abstraktit arvot taas muodostuvat esteettisistä ja historiallisista arvoista. Tuote

on koettava miellyttäväksi ja siihen vaikuttavat visuaalinen muoto, värit, valaistus sekä erilaiset kosketus- ja kuulohavainnot.

Tuotevertailussa historiallisella arvolla ei ole niin paljon painoarvoa. Kuitenkin poikkeuksia voi olla, kuten hirsi. Hirttä on käytetty vuosisatoja rakennusmateriaalina, joten sillä voi olla niin sanottua tunnearvoa. Nykyaikana on myös yleistynyt vanhojen materiaalien käyttö tietyissä paikoissa katseenvangitsijoina tai sisustuselementtinä. Tällaisissa paikoissa joillakin tuotteilla voi olla historiallistakin arvoa.

Taloudellinen arvo on tuotevertailussa tärkeää. On hyvä vertailla, kuinka hyvin tuote säilyttää arvonsa tai toimivuutensa sen ikääntyessä. Mitä paremmin ja pidempään tuote kestää, sitä taloudellisempi se on. Tuotteen kohdalla on myös hyvä miettiä, kuinka kauan sitä tarvitaan. Toisten tuotteiden halutaan kestävän pitkään ja toiset voidaan haluta vaihtaa lyhyenkin ajan päästä. Tällaiseen lyhyempään tarkoitukseen hankittuun tuotteeseen ei kannata sijoittaa liian paljon, sillä se ei ole taloudellista. (Aikkila ym. 1987, 31.)

3.4 Edullisuusohjaus ja laatu

Rakennushankkeen ohjaus voidaan kohdistaa joko tuloksen tai rakennustoiminnan ohjaukseen. Tuloksen ohjauksen kannalta ratkaisevat päätökset tehdään hankkeen alkuvaiheessa, kun taas vaikutusmahdollisuudet toiminnan ohjaukseen ovat tällöin vähäisemmät. (Aikkila ym. 1987, 20.)

Pyrittäessä edullisuuden optimointiin etsitään sitä ominaisuuden tasoa, jonka tuottama ominaisuuden arvostus on suurin suhteessa aiheuttamiinsa kustannuksiin. Ominaisuuden parantaminen voidaan aluksi saavuttaa suhteellisen pienillä kustannuksilla, mutta lopulta vähäinen ominaisuuden parantaminen aiheuttaa suurta lisäystä kustannuksiin. Edullisin vaihtoehto on se, jolla saavutettu arvonmuutos suhteessa kustannuksiin on suurin. Edullisimman vaihtoehdon jälkeen käytettävillä kustannuksilla ei enää saavuteta yhtä tehokasta arvon lisääntymistä. (Aikkila ym. 1987, 26.)

Pyrkimys edullisuuteen edellyttää, että tiedetään, mihin käytettävissä olevat resurssit tulisi kohdentaa. Ongelmalliseksi resurssien tehokkaan kohdentamisen

tekee epäselvyys siitä, mikä koetaan rakennuksessa tärkeäksi. Rakennuksen ominaisuudet tulisi asettaa arvojärjestykseen. Tarkastelemalla ominaisuuksien suhteellisia painoarvoja saadaan selville ne tekijät rakennuksessa, joihin kohdistetuilla resursseilla saavutetaan merkittävintä arvonnousua.

Arvotekijätiedot tulee selvittää ensimmäisenä, mikäli hankesuunnittelun päätteeksi päätetään ryhtyä uudisrakennushankkeeseen. Tietoa arvotekijöistä käytetään apuna ja lähtötietona esisuunnitteluvaiheessa. Nämä ovat olennaisimmat reunaehdot esisuunnittelulle, kun pyritään edullisuuden optimointiin. Esisuunnitteluvaiheessa päätetään, mitä toimenpiteitä tullaan tekemään. Käytännössä tämä tarkoittaa rakennukseen kohdistettavien tarpeiden ja vaatimusten yhdistämistä reunaehtoihin. (Aikkila ym. 1987, 93.)

Sisäiset reunaehdot löytyvät rakennuksesta, ja niitä ovat aikaisemmin määritetyt arvotekijät. Ulkoiset taas tulevat viranomais määräyksistä sekä suunnittelu- ja toteutustekniikan asettamista rajoituksista. Esisuunnittelussa edullisuusohjaus kohdistetaan toimenpidemahdollisuuksien vertailuun ja valintoihin. Valintakriteeri on jokaisen vaihtoehdon rakennuksen arvoa kohottava vaikutus suhteessa kustannuksiin. Toimenpiteen vaikutus rakennuksen arvoon voidaan selvittää tarkastelemalla rakennuksen ominaisuuksien painoarvoa. Tuloksena saadaan suunnittelupäätös, joka sisältää kuvauksen valituista toimenpiteistä ja kustannusennusteen sekä hankkeen karkean aikataulun. (Aikkila ym. 1987, 93.)

Tuotteiden tai rakennuksen arvoa mietittäessä törmätään myös sanaan laatu. Laatutaso-käsitteeseen sisältyy usein ajatus, että kaikki ominaisuudet saavuttavat saman asteen; äärilaidoissaan heikkotasoinen rakennus on kaikilta osiltaan heikko ja erinomainen taas kokonaisuutena hyvä. Nämä ääritapaukset ovat kuitenkin ideaalisia ja käytännössä ominaisuuksien hyvyydet vaihtelevat suhteessa toisiinsa. Tämä tarkoittaa, että laatutasoja on useita. Monitasoisuus tulee ilmi, kun verrataan esimerkiksi korkeatasoista kesämökkiä korkeatasoiseen omakotitaloon. Nämä ”korkeat tasot” ovat käytännössä eritasoisia. Taso on siis suhteellinen ja riippuu vertailukohteesta samoin kuin vertailussa painotettavista ominaisuuksista. Laatutasotavoitteita voidaan rakennukselle asettaa useita. Niitä voivat olla esimerkiksi rakennuksen vakavuus, rakennusfysikaalinen toimi-

vuus, ääneneristys ja akustiikka, paloturvallisuus, sisäilman puhtaus, valaistus sekä pintamateriaalien käyttö. (Aikkila ym. 1987, 41.)

Edullisuus kuvaa arvon suhdetta kustannuksiin. Tästä johtuen voidaan edullisuuden ohjausta pitää hankkeen laajuuden ja laadun ohjauksen yhteisvaikutuksena. Käytännössä tämä tapahtuu maksimoimalla rakennuksen arvotekijät suhteessa kustannuksiin. Kuitenkin edullisuutta voidaan ohjata vain osittain, sillä jotkut toimenpiteet ovat pakollisia muun muassa viranomaisten asettamien vaatimusten vuoksi. Ohjausta voidaan toteuttaa harkinnanvaraisten toimenpiteiden kohdalla. (Aikkila ym. 1987, 21.)

Jotta edullisuutta voitaisiin arvioida,

1. ominaisuudet on voitava jakaa selvästi rajautuviksi ominaisuuksiksi tai ominaisuusryhmiksi
2. ominaisuuksien on oltava toisistaan riippumattomia
3. ominaisuuksien tulee olla mitattavia (myös subjektiivinen mittaus esimerkiksi arviointiryhmän arvostusten pohjalta tulee kysymykseen)
4. ominaisuuksien keskinäistä tärkeyttä (painotusta) on voitava vertailla (Kahri 1972, 83).

Arvo ja edullisuus voidaan laskea panosten ja tuottojen suhteenä. Tällöin edullisuus kuvaa suoritteiden yksikköhintaa tai yksikkökustannusta ja arvo kuvaa vastaavasti saavutettavaa hyötyä (tuottoa tai kelpoisuutta) kustannus- tai hintayksikköä kohti (Kahri 1972, 61):

Edullisuus = panokset/tuotot (kustannus/kelpoisuus)

Arvo = tuotot/panokset (kelpoisuus/kustannus)

Arvo ja edullisuus muodostuvat analysoitavan kohteen kelpoisuuden ja kustannusten yhteisvaikutuksesta. Tuloksia etsittäessä on oleellista, että tulomuoto sallii keskeisimpien arvostuksia vaativien ratkaisujen jättämisen päätöksenteki-

jälle. Tällaisia keskeisiä kysymyksiä ovat kelpoisuuden ja kustannusten keskinäinen painotus sekä riskikysymykset. (Kahri 1972, 83.)

4 KOHTEEN ESITTELY JA ARVOANALYYSI

Kohde on kesäkäyttöön tarkoitettu huvilarakennus ja se rakennetaan joko hirsirakenteisena tai rankorakenteisena. Ratkaisut poikkeavat toisistaan vain ulkoseinien osalta. Tarkoituksena on selvittää arvoanalyysin ja kustannusten perusteella vaihtoehtojen edullisuus ja kumman ratkaisun rakentaminen olisi kannattavampaa. Edullisuuden selvittämiseksi määritellään rakenteiden arvot ja epäkelpoisuustekijät, annetaan sen pohjalta ominaisuuksille arvosanat ja lopuksi mietitään ominaisuuksien painoarvot. Työssä ei huomioida perustusten tekoa eikä maanvaihtoja.

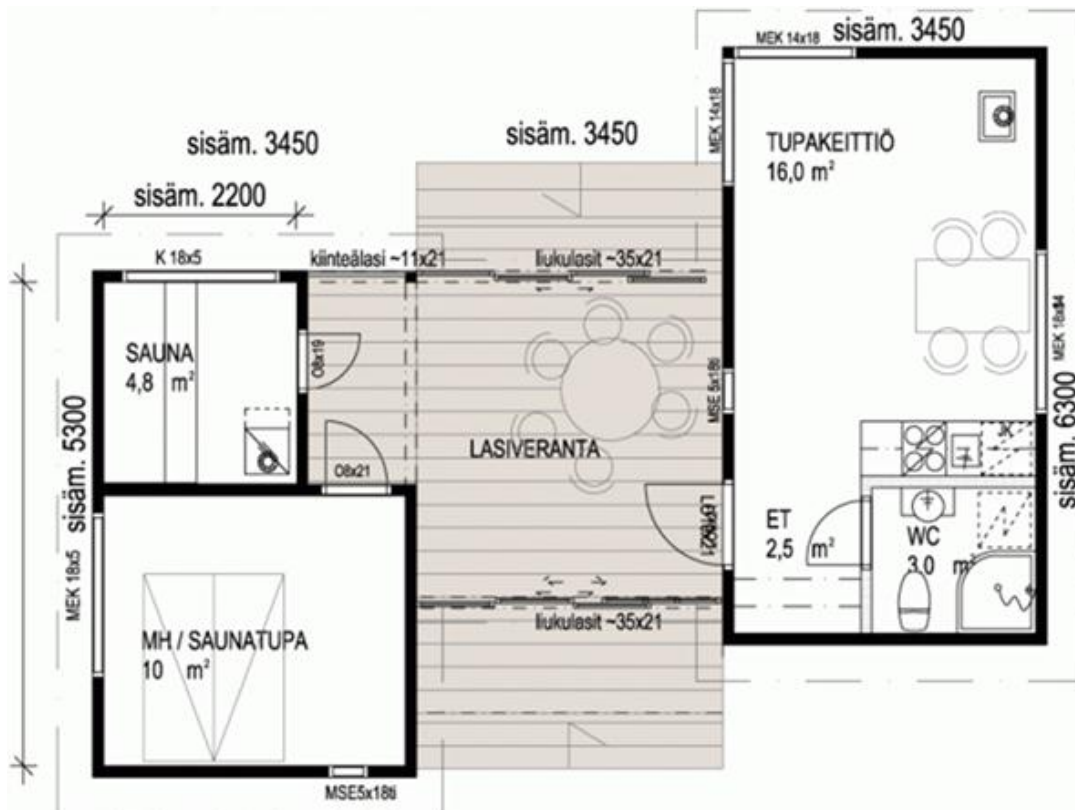
4.1 Huvilarakennus

Kohde on pääsääntöisesti kesäkäyttöön tarkoitettu huvilarakennus. Hirsivalmistaja Salvoksen mallistosta löytyi Vaarna 4.1 M -malli, joka vastasi tilaajan haluamaa ratkaisua. (Kuva 6.)



KUVA 6. Salvoksen Vaarna 4.1 M

Mallissa on kaksi osaa, jotka on yhdistetty toisiinsa katetulla ja lasitetulla terasilla. (Kuva 7.) Vaarna 4.1. M -mallin lapekattoratkaisu myös miellytti tilaajaa sen helpon toteuttamisen takia. Laskennan yksinkertaistamiseksi vain päärakennuksen puoli on otettu huomioon laskuissa. Pohjakuvaan tehtiin pieniä muutoksia, muun muassa rakennusta suurennettiin ja korotettiin, jotta sinne saatiin mahtumaan parvi. Muutoin malli pysyi samanlaisena (liite 1).



KUVA 7. Salvoksen Vaarna 4.1 M pohjakuva

Loma-asuntoon ei suunnitella kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää ja se on pääsääntöisesti käytössä kesällä ja talvella kylmillään. Kohteen ei siis tarvitse täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisia lämmöneristävyysvaatimuksia, eikä siellä tarvita ilmastointia eikä lämmönlämmönsäilylaitetta (LTO). Rakennuksessa tulee olemaan painovoimainen ilmanvaihto, jolloin iv-luku on 7 - 12. Kohteeseen ei tule juoksevaa vettä, mikä helpottaa huomattavasti kohteen kylmilleen jättämistä talvella. Kohteeseen ei myöskään tule sähköliittymää, vaan tarvittava sähkö tuotetaan aurinkoenergialla.

Seinärakennevaihtoehdot ovat hirsi- ja rankorakenne muiden rakenteiden pysyessä samanlaisina molemmissa tapauksissa (liite 2). Kehikon materiaalina on lamellihirsi, joka on paksuudeltaan 204 mm. Alapohja tulee olemaan rossipohjalla oleva puupalkisto ja perustukset tehdään harkoilla. Tässä työssä ei kuitenkaan perehdytä tarkemmin perustuksiin.

Hirren lämmöneristävyys liittyy olennaisesti sen paksuus: mitä paksumpi hirsi, sen parempi lämmöneristävyys. Tästä syystä hirren paksuuden ei tarvitse

olla kovin suuri, kun kyseessä on pääsääntöisesti kesäkäytössä oleva lomaa-asunto. Rakennus voi kuitenkin olla talvella käytössä satunnaisesti, joten talvella siellä oleskeltaessa rakennuksen olisi syytä pysyä lämpimänä. Tästä syystä ei valittu ohuinta mahdollista hirttä. Tarvittaessa rakennus olisi hyvä pystyä lisäeristämään myöhemmin, jos siitä halutaan tehdä ympärivuotiseen käyttöön soveltuva. Rankorakenteen kohdalla eristettävyys ei ole niin suuri ongelma, sillä melko ohuellakin eristämällä päästään jo samoihin lämmöneristävyyssarvoihin kuin hirrellä.

Huvilarakennuksessa käytetään höyrynsulkumuovia ainoastaan yläpohjassa. Muissa rakenteissa käytetään ilmansulkupaperia, sillä se on turvallisempi ratkaisu talvella kylmillään olevassa rakennuksessa. Eristeenä käytetään PA-ROC:in kivivillaa ja tuulensuojalevynä Suomen Kuitulevyn Tuulileijonaa.

Kun rakenne tehdään ilman höyrynsulkua, tavanomaista suuremman kosteuden massavirran haitattomuus on varmistettava luotettavan selvityksen avulla. Tässä tapauksessa kosteustarkastelu tehtiin DofLämpö-ohjelmalla ala- ja yläpohjasekä rankorakenteelle (liite 3). Talvella kolmen kylmimmän päivän aikana oli mahdollisuus, että seinärakenteen lämmöneristeen ja tuulensuojan väliin tiivistyisi kosteutta. Tässä laskennassa oli tuulensuojana mineraalivilla, joka tiivistymisen takia vaihdettiin paremmin kosteutta kestävään Tuulileijonaan. Kosteustarkastelun jälkeen myös alapohjan eristettä on lisätty 50 mm ja ulko- ja sisäseinäpaneelien kokoa vaihdettu.

4.2 Rakennevaihtoehtojen hinnat

Rakenteiden hintoja laskettaessa apuna käytettiin Excel-taulukoita. Jokainen rakenne on laskettu erikseen ja jokaiselle on laskettu sekä työn hinta että materiaalikustannukset. Rankorakenteista ratkaisua varten materiaalien hinnat saatiin ROK Rakennusosien kustannuksia 2012 -kirjasta ja internetistä Puukeskus sivuilta. Työkustannuksia laskettaessa on otettu huomioon TL3-aika sekä keskituntiansiokerroin KTAK. Materiaalikustannuksia laskettaessa on otettu huomioon hukkaprosentit. Tarkemmat laskentataulukot liitteenä (liite 4).

Hirsirakenteen kustannukset saatiin selville kysymällä hinta suoraan Pohjois-Suomen hirsitalokeskus Mammuttihirsi Oy:ltä. Sieltä saatiin hinnat erikseen sekä rungon pystytykselle että hirren juoksumetrille. Hirsirungon pystytyshinnan arvio oli noin 3 000 euroa 3 - 4 työmiehen työryhmällä ja hirren (204 mm) juoksumetrin hinta 21,75 euroa (ALV 0 %). Vertailun vuoksi kysyttiin myös Kontiolta aikameneä työlle, jotta saataisiin vielä laskennallisesti varmuus hinnasta. Aikameneä oli 0,3 h/m², kun vaipan pinta-ala on noin 70 m² ja työryhmä 2+1. Rungon pystytyksen hinnaksi tuli 3 148 euroa.

Laskennan perusteella hirsirakenne on kalliimpi ratkaisu kuin rankorakenne (taulukko 3). Hirsirakenteen hinnaksi saatiin 15 749 € ja rankorakenteen 13 231 €, jolloin rakennusvaiheessa hirsiseinän hinta on 19 % kalliimpi kuin lautaseinän. Kun elinkaaren aikainen energiakustannus otetaan huomioon, on hirsiseinä lautaseinään verrattuna 40 - 51 % kalliimpi (liite 5).

TAULUKKO 3. Yhteenveto hirsi- ja puurakenteen sekä ylä- ja alapohjan kustannuksista

	työ [€]	materiaali [€]	kate+yleiskulut (20%) [€]	YHT [€]
Hirsi	3148	9976	2625	15749
US lauta	5143	5883	2205	13231
AP	1709	2499	842	5050
YP	3954	5762	1943	11659
VE 1 (Hirsi+AP+YP)	8811	18237	5410	32458
VE 2 (Lauta+AP+YP)	10806	14144	4990	29940

4.3 Kohteen arvoanalyysi

Molemmassa rakenneratkaisuissa pohja- ja tilaratkaisut, ala- ja yläpohjat sekä perustamistapa ovat samanlaiset. Ratkaisut poikkeavat toisistaan ulkoseinien osalta ja tämän vuoksi ratkaisujen rakennusfysikaaliset ominaisuudet ovat erilaiset. Myös pintamateriaalit ovat erilaiset, joten rakennusten ulkonäkö muuttuu. Ratkaisujen poiketessa toisistaan vain ulkoseinien osalta arvoanalyysi kohdistetaan ulkoseiniin. Molempien tarkastelu tehdään erikseen.

Rakenteen edullisuuden määrittelemiseksi tulee selvittää rakenteen arvot sekä epäkelpoisuustekijät. Jotta saataisiin selville rakenteen edullisuus, täytyy jokaiselle rakenteen ominaisuudelle määrittää lisäksi painoarvo. Arvojen ja epäkelpoisuustekijöiden perusteella annetaan arvosanat rakenteiden ominaisuuksille sekä määritellään painoarvot sen perusteella, mitä tilaaja haluaa ja kokee tärkeäksi tässä rakennuksessa.

4.3.1 Hirsirunkoisen ratkaisun arvot

Hirsiseinän epäkelpoisuustekijänä voidaan pitää sen vetoisuutta, jonka aiheuttaa sen heikompi ilmanpitävyys verrattuna rankorakenteeseen. Hirsirakenteella kin voidaan päästä hyvin tiiveyslukemiin, mutta käytännössä se vaatisi erittäin huolellista rakentamista. Lisäksi hirsirakenteessa kyseisessä kohteessa sisäpuoli jää pelkälle hirsipinnalle. Tällöin sisäpuolella ei ole paneelia, joka parantaisi tiiveyttä. Hirren eristävyys ei ole yhtä hyvä kuin muilla seinärakenteilla. Jos verrataan saman paksuista hirttä ja rankorakennetta, jää hirren eristävyys huomattavasti alhaisemmaksi. Jos rakenteen U-arvoksi halutaan esimerkiksi 0,40 W/m²K, hirren paksuuden tulee olla 280 mm, kun taas rankorakenteen eristeeksi riittää 80 mm:n mineraalivilla.

Hirsirakennus on kosteusteknisesti turvallinen ratkaisu talvella kylmillään olevaksi huvilaksi. Hirsi on yksiaineinen rakenne eikä siinä ole kylmäsiltoja tai rajapintoja, joihin kosteus pääsisi tiivistymään. Hirrellä on myös kyky tasoittaa kosteusvaihteluita, jolloin se pystyy luovuttamaan tai ottamaan vastaan kosteutta rakenteen vahingoittumatta.

Hirsirakenteella on kyky varastoida lämpöä ja tasata sisätilojen lämpötilanvaihteluita. Tätä ominaisuutta ei ole lautarakenteella. Kohteen hirsiseinät eivät ole massiivisimmasta päästä ja hirren paksuudeksi on valittu 204 mm. Ohuemmalla hirrellä lämmönvarastoituminen ei ole samanlaista kuin esimerkiksi 270 mm paksulla hirrellä.

Hirrestä voidaan sanoa, että sen käyttöikä on sama kuin rakennuksen ikä. Sitä ei siis tarvitse uusia koko rakennuksen käytön aikana. Ajan myötä ikä voi alkaa näkyä hirren pinnalla auringon ja sateen vaikutuksesta, mutta se ei vahingoita

koko rakennetta. Hirsirakenteen kunnossapitoon kuuluu huoltomaalaus. Riippuen maalityypistä huoltomaalausväli vaihtelee 5 - 15 vuoteen, ja se on sama sekä hirsi että rankorakenteelle. Hirsirakenteen kunnossapitoon kuuluu myös kierrejalkojen säätö ajan kuluessa ja rakenteiden painuessa. Jos kierrejalkoja ei muisteta säätää, voi rakenne vaurioitua pysyvästi.

Hirren kosteuden sitomis- ja luovutuskyky takaa rakennuksen hyvän sisäilman laadun. Hirsirakennus on todettu hyväksi allergikoille ja astmaatikoille, jotka kärsivät hengitysoireista. Oireita vähentää myös se, että huoneilmaan ei irtoa pölyä. Osa rakennuksen tulevista käyttäjistä kärsii astmasta ja allergioista, joten hirsirakennus olisi tällöin vartenotettava ratkaisu.

Hirsi on kierrätettävä luonnonmateriaali. Se voidaan käyttää uudestaan sen käyttöiän päätyttyä joko uudelleen rakentamiseen, jos hirret ovat vielä käyttökelpoisia, tai esimerkiksi hakkeeksi. Tämän perusteella voidaan myös sanoa, että hirsi on hyvin ekologinen vaihtoehto.

Hirsinen huvilarakennus sopii ympäristöön kuin ympäristöön ja erityisen hyvin luonnon keskelle. Kohteelle ei ole vielä tonttia, mutta vaihtoehtoina ovat järvenranta- ja jokivarren tontit, joihin hirsirakennus sopeutuu mainiosti.

Hirsi on arvostettu materiaali ja se on perinteisin rakennusmateriaali huvilalle. Se mielletään pitkäikäiseksi ja ekologiseksi materiaaliksi. Sen imago huvilarakennuksena on kiistämätön.

4.3.2 Rankorakenteisen ratkaisun arvot

Rankorakenteen vahvin puoli on sen hyvä lämmöneristävyys ja tiiveys. Loma-asuntoa rakennettaessa päästään suhteellisen ohuellakin eristyksellä helposti kohtuullisiin lämmöneristysarvoihin. Tässä kohteessa rankorakenteisen seinän U-arvoksi tuli $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$, mikä on hirsiseinän U-arvoa ($0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$) huomattavasti parempi. Lautaseinä on käytännössä myös helpompi tehdä ilmanpitävämmäksi kuin hirsiseinä. Lautaseinäen asennetaan poikkeuksetta joko ilman-sulkumuovi tai -paperi, joka takaa rakenteen tiiveyden. Hirsiseinästä puuttuu kokonaan tämä rakennekerros. Lautaseinillä päästään helposti passiivitalovaatimukseen asti, jolloin ilmantiiveysluku ($1/h$) $n50 < 0,6$.

Rankorakenteen epäkelpoisuustekijöinä voidaan pitää materiaalien rajapintoja ja kylmäsiltoja. Kosteus voi tiivistyä näihin kohtiin ja pitkällä aikavälillä aiheuttaa kosteus- ja homeongelmia. Kyseisessä kohteessa rankorakenteen ongelmaksi voi muodostua mahdollinen kosteuden tiivistyminen lämmöneristeen ja tuulen-suojan väliin. Kohde on talvella kylmillään, mikä lisää riskiä. Jos kosteutta pääsee tiivistymään talvella, sen tulisi kuivua kesän aikana, jotta ongelmia ei synntyisi. Riskit on otettu huomioon rakenteita ja materiaaleja valittaessa sekä tarpeelliset kosteyslaskelmat on tehty.

Rankorakenteella ei ole samanlaista lämmönvarauskykyä kuin hirsirakenteella. Lämmönvarauskyky ei siis voi olla lautarakenteisen rakennuksen arvotekijä.

Rankorakenteen ulkoverhouslauta voidaan joutua uusimaan kerran rakennuksen käyttöiän aikana. Erityisesti ohut ulkoverhouslauta on herkkä sateelle ja auringon aiheuttamalle rasitukselle. Rakenteiden uusimisesta aiheutuu myös lisäkuluja. Rankorakenteen kunnossapitoon kuuluu lisäksi huoltomaalaus, joka on erityisen tärkeää ulkoverhouslaudan säilymisen kannalta. Huoltomaalausväli on sama kuin hirsirakenteellakin, kun käytetään samanlaista maalia molemmissa tapauksissa.

Rankorakenteen sisäilmanlaatu ei ole yhtä hyvä kuin hirsirakenteella. Hirsirakenne voittaa rankorakenteen sen kosteudensitomis- ja luovutuskyvyn avulla, jolloin se pystyy luovuttamaan kosteutta sisäilmaan, kun se kuivuu liikaa – ja päinvastoin.

Puurakentamista pidetään yleensä hyvin ekologisena ratkaisuna, mutta rankorakenne ei ole yhtä helposti kierrätettävä sen käyttöiän päätyttyä kuin hirsirakenne. Hirsirakenne voidaan kierrättää kokonaan, mutta rankorakenteesta pääasiassa vain puutavara.

Lautarakennuksenkin voi saada muistuttamaan hirsirakennusta käyttämällä esimerkiksi hirsipaneelia ulkoverhouslautana. Kohteen rankorakenteisessa versiossa on käytetty ulkoverhouksessa 14x95 mm:n paneelia, jolloin lopputulos on hyvinkin erinäköinen. Lautaverhous sopisi hyvin saaristolaismaisemaan merenrantatontille, mutta sellaiseen ympäristöön kohdetta ei olla rakentamassa.

Puurakentamista on paljon Suomessa ja varsinkin pientalot ovat rankorakenteisia paljon useammin kuin hirsisiä. Kuitenkaan loma-asuntoja rakennettaessa rankorakenne ei käytetä yhtä paljon kuin hirttä. Rankorakenne mielletään enemmänkin asuntorakentamisessa käytettäväksi rakenteeksi.

4.3.3 Painoarvojen määrittäminen

Tärkeimmäksi ominaisuudeksi nousi rakenteen kosteustekninen toimivuus. Jos rakenne ei toimi kunnolla ja tämän vuoksi vaurioituu tai homehtuu, voi seurauksena olla hintavat korjaustoimenpiteet tai rakennuksen muuttuminen kokonaan käyttökelvottomaksi.

Tilaaajat kertoivat odottavansa rakennukselta helppohoitoisuutta. Rakennuksen käyttötarkoitus on loma-asuminen ja siellä vietetty aika käytettäisiin mieluiten rentoutumiseen. Mahdollisista korjaus- ja uudistustöistä aiheutuu myös ajan kuluessa lisäkustannuksia, jotka toivottaisiin vältettävän, mikäli mahdollista. Arvostuksen kohteena on pitkä uusimis- ja kunnossapitajakso sekä rakennuksen helppo huollettavuus. Pitkä uusimis- ja kunnossapitajakso nousi toiseksi eniten painotetuksi arvioinnissa.

Lämmöneristävyys ja tiiveys ovat tärkeitä ominaisuuksia rakennuksella. Säästöt energiankulutuksessa perustuvat siihen, kuinka hyvin rakennus on eristetty. Mitä parempi U-arvo (lämmönläpäisykerroin) ja tiiveys rakennuksella on, sen parempi on sen eristävyys. Siitä seuraa säästöt lämmityskustannuksissa. Nyky päivänä rakentamisessa pyritään energiatehokkuuteen kaikin keinoin ja uusia määräyksiä tulee koko ajan. Vaikka kyseessä on loma-asunto, jota nämä määräykset eivät koske, pyrkimys energiansäästöön on silti toivottavaa. Painotukseltaan lämmöneristävyys ja tiiveys nousivat kolmanneksi.

Lämmöneristävyys ja tiiveyden perässä seurasi lämmönvarauskyky. Kun rakenteella on lämmönvarauskykyä, voidaan sen avulla säästää lämmityskustannuksissa.

Sisäilmanlaatu- ja puhtaus tulivat painoarvoltaan viidenneksi. Tilaajien kannalta nämäkin ominaisuudet ovat tärkeitä rakennuksessa, mutta tässä kohteessa ne eivät menneet kuitenkaan edellä mainittujen ominaisuuksien ohi. Puhdas ja pö-

lytön sisäilma olisi tärkeää astman ja allergioiden kannalta. Kyseessä ei kuitenkaan ole asuinrakennus, jossa oleskeltaisiin koko ajan, joten tätä ominaisuutta ei tarvinnut painottaa niin paljon.

Sopivuus ympäristöön tuli painoarvoltaan kuudenneksi. Visuaalis-esteettiset ominaisuudet luovat viihtyvyyttä ja siten myös rakennuksen olisi hyvä sopia ympäristöönsä. Toiminnalliset ominaisuudet menevät kuitenkin esteettisten arvojen edelle, mutta esteettisistä ominaisuuksista tätä pidettiin tärkeimpänä.

Kierrätettävyyttä ei tässä vaiheessa pidetty tärkeänä ominaisuutena. Kierrätettävyys on ajankohtaista vasta rakennuksen käyttöön päätyttyä. Edellä mainitut ominaisuudet ovat käytön kannalta olennaisempia, joten kierrätettävyydellä ei annettu suurempaa painoarvoa.

Vähiten painotettu ominaisuus on rakenteen imago. Imagolla ei ollut tilaajalle merkitystä ja rakenteen toiminnalliset ominaisuudet menevät sen edelle.

4.4 Edullisuusanalyysi arvojen ja hintojen perusteella

Tässä työssä painoarvojen määrittäminen tehtiin sen perusteella, mitä tilaajat haluavat ja odottavat rakennukselta. Tärkeimpinä pidettyjä ominaisuuksia siis painotettiin enemmän ja ei niin tärkeät ominaisuudet saivat vähemmän painoarvoa. Määritellyjä ominaisuuksia oli yhteensä 8 kappaletta. Näiden kahdeksan ominaisuuden kesken jaettiin 100 pistettä sen mukaan, miten tärkeiksi ominaisuudet koettiin (taulukko 4).

Saadakseen selville todelliset arvopisteet, täytyi painoarvojen määrittämisen jälkeen sekä lauta- että hirsirakenteen ominaisuuksille erikseen antaa arvosana välillä 4 - 10, missä luku 4 on heikoin ja 10 paras. Arvosanat annettiin sen perusteella, miten rakenne sijoittui, kun sitä verrattiin parhaaseen mahdolliseen ja heikoimpaan mahdolliseen vaihtoehtoon (taulukko 4). Rakenteiden arvot ja epäkelpoisuustekijät on määritetty luvussa 4.3 Kohteen arvoanalyysi. Arvosanat on annettu tämän määrittelyn perusteella.

Arvosanojen antamisen jälkeen painoarvo ja annettu arvosana kerrottiin keskenään ja saatiin kunkin ominaisuuden arvopisteet. Lauta- ja hirsirakenteen saa-

mat arvopisteet laskettiin yhteen. Taulukosta 4 nähdään, että lautarakenne sai yhteensä 676 pistettä ja hirsi 916.

TAULUKKO 4. Arvoanalyysitaulukko

Ominaisuus	Painoarvo	LAUTA		HIRSI	
		Arvosana (4-10)	Arvopisteet	Arvosana (4-10)	Arvopisteet
Kosteustekninen toimivuus	25	6	150	10	250
Lämmöneristävyys (U-arvo)/ tiiveys	15	10	150	6	90
Lämmönvarauskyky	12	4	48	8	96
Uusimis- ja kunnossapitojakso	20	7	140	10	200
Sisäilman laatu/puhtaus	10	8	80	10	100
Kierrätettävyys	6	6	36	10	60
Sopivuus ympäristöön	8	6	48	10	80
Imago	4	6	24	10	40
YHTEENSÄ	100		676		916

Lopuksi tehtiin edullisuuden arviointi. Edullisuus saatiin selville arvopisteiden ja kustannusten suhteena. (Kaava 1.)

$$E=A/K$$

KAAVA 1

E = edullisuus

A = arvo

K = kustannukset (€)

Taulukosta 5 nähdään, kuinka monta arvopistettä saadaan yhdellä eurolla. Yhdellä eurolla saadaan hirren arvopisteitä 0,007 enemmän kuin laudan arvopisteitä. Tämän perusteella voitiin todeta, että hirsi on edullisempi vaihtoehto.

TAULUKKO 5. Edullisuuden arviointi

Rakenne	Hinta[€]	Arvopisteet	YHT. [arvopiste/ euroa]
Lauta	13231	676	0,051
Hirsi	15749	916	0,058

Painoarvoja tarkastelemalla voidaan nähdä, että tulos on herkkä kosteustekni-
sen toimivuuden suhteen. Sen toimivuutta on painotettu eniten, joten sillä on
myös eniten vaikutusta tulokseen. Tämän johdosta hirren ja laudan erot arvo-
pisteissä kasvavat 100 pistettä.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hirsi- ja rankorakenteen välillä edullisempi vaihtoehto huvilarakennukseksi. Edullisuuden selvittämiseksi laskettiin molempien rakenteiden kustannukset ja selvitettiin, mitä arvoja rakenteilla on.

Hirsirakenteen kustannukset tulivat suuremmiksi kuin lautarakenteen kustannukset. Rakennusvaiheessa kustannusero oli 19 %. Kun otettiin huomioon elinkaarenaikainen energiakustannus, hirsirakenne osoittautui 40 - 51 % kalliimmaksi. Arvoanalyysissä kuitenkin hirsirakenne sai paremmat arvopisteet kuin lautarakenne. Kustannusten ja arvopisteiden suhteena hirsi osoittautui edullisemmaksi vaihtoehdoksi, kun ei otettu huomioon elinkaarenaikaisia energiakustannuksia.

Toisin sanoen hirsirakennus on kalliimpi rakentaa, mutta sen soveltuvuus kyseessä olevaksi huvilarakennukseksi on parempi. Rakennuksen haluttiin kestävän kosteusrasitus, jota siihen voi kohdistua sen ollessa talvella kylmillään. Rakennukselta toivottiin myös helppohoitoisuutta, pitkää kunnossapito- ja uusimiskäyttöä sekä huollettavuutta. Hirsirakenteen kohdalla nämä ominaisuudet todettiin paremmiksi kuin lautarakenteella, mikä vaikutti hirsirakenteen edullisuuteen.

Edullisuuden arviointi on hyvin riippuvainen siitä, mitä ominaisuuksia arvostetaan ja kuinka painoarvot määritellään, eli mitä pidetään tärkeänä. Arvoanalyysi on myös hyvin tapauskohtainen menetelmä. Samaa menetelmää ei voida soveltaa kaikissa kohteissa, vaan analyysi tulee tehdä jokaiselle kohteelle erikseen, jotta saataisiin luotettava ja oikeaan suuntaan antava tulos.

Tämän työn perustella voidaan miettiä, olisiko ollut mitään väliä, jos lautarakenne olisikin tullut edullisemmaksi. Olisiko tilaaja silti valinnut hirren tunnesyistä? Kuitenkin yhteenvetona voidaan sanoa, että aina pelkkä hinta ja kustannukset eivät kerro kaikkea. On tärkeää ottaa huomioon myös rakennuksen toimivuus, esteettiset arvot, käytännöllisyys sekä sen käyttötarkoitus. Näin saadaan selville todella se, mikä on kannattavaa.

LÄHTEET

Aihki-Hirsi Oy. 2011. Saatavissa: <http://www.aihki.fi/fi/index.php>. Hakupäivä 4.1.2012.

Alkkila, Anne – Hekkanen, Martti 1987. Korjaushankkeen edullisuusohjaus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Hirsikoti. 2011. Saatavissa: <http://www.hirsikoti.fi>. Hakupäivä 10.4.2012.

Honka. 2011. Saatavissa: <http://www.honka.com/fi/>. Hakupäivä 2.12.2011.

Honkamajat. 2011. Saatavissa: <http://www.honkamajat.fi/>. Hakupäivä 25.11.2011.

Honkatalot. 2012. Saatavissa: <http://www.honkatalot.fi/>. Hakupäivä 25.11.2012.

Kahri, Esko 1972. Arvoanalyysi rakennussuunnittelussa 324. TKY/Otapaino.

Kelohonka. 2013. Saatavissa: <http://kelohonka.com/>. Hakupäivä 5.3.2013.

Koskenvesa, Anssi – Nissinen, Sampsa – Penttilä, Hannu 2000. Mökin rakentaminen. Tampere: Rakennustieto Oy.

Kuusamo Hirsitalot Oy. 2012. Saatavissa: <http://www.kuusamohirsitalot.fi/>. Hakupäivä 5.3.2013.

Pajutex. 2012. Saatavissa: <http://www.pajutex.fi/>. Hakupäivä 31.3.2012.

Paroc. 2012. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/>. Hakupäivä 29.3.2012.

Pellopuu Oy. 2011. Saatavissa: <http://www.pellopuu.fi/sivut/index.php>. Hakupäivä 2.12.2011.

Rakennusosien kustannuksia 2012, 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennusperintö. 2012. Saatavissa:

http://www.rakennusperinto.fi/fi_FI/#&panel1-1. Hakupäivä 10.4.2012.

Rakennustaito. 2012. Saatavissa:

<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index.html>. Hakupäivä 14.4.2012.

Rockwool. 2012. Saatavissa: <http://www.rockwool.fi/>. Hakupäivä 31.3.2012.

Hirsitalon suunnitteluperusteet. 1990. RT 82-10415.

Sisäilmayhdistys. 2008. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/>. Hakupäivä 29.3.2012.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3/2.10, Rakennusten energiatehokkuus. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=429946&lan=FI>. Hakupäivä 24.2.2012.

Talotori. 2012. Saatavissa: <http://www.talotori.net>. Hakupäivä: 31.3.2012.

Taloussanomat. 2012. Saatavissa:

http://www.taloussanomat.fi/sivu.php?page_id=1. Hakupäivä 5.4.2012.

Wikipedia, 2011. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki>. Hakupäivä 4.1.2012.

LIITTEET

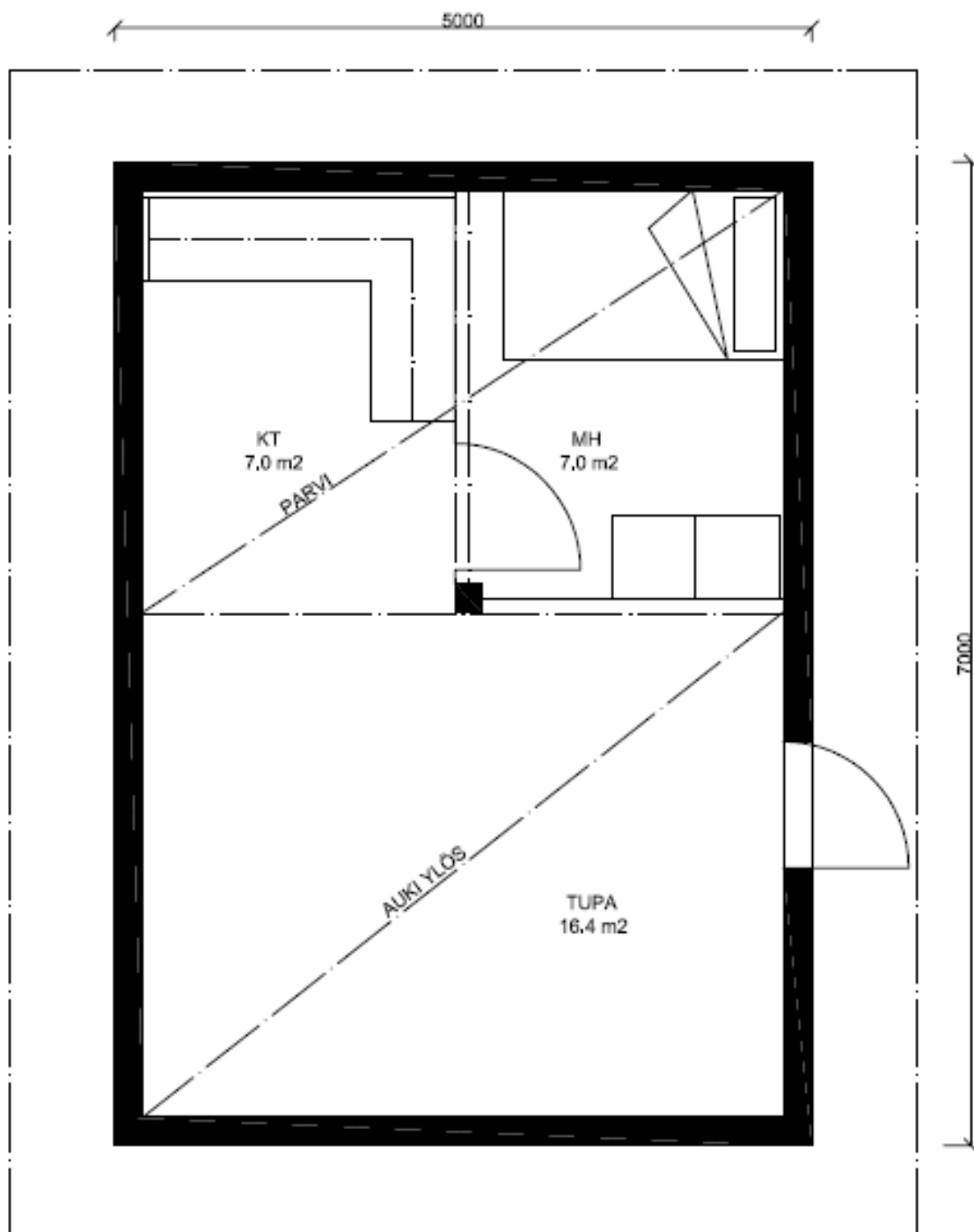
Liite 1 Pohjakuva ja leikkaus

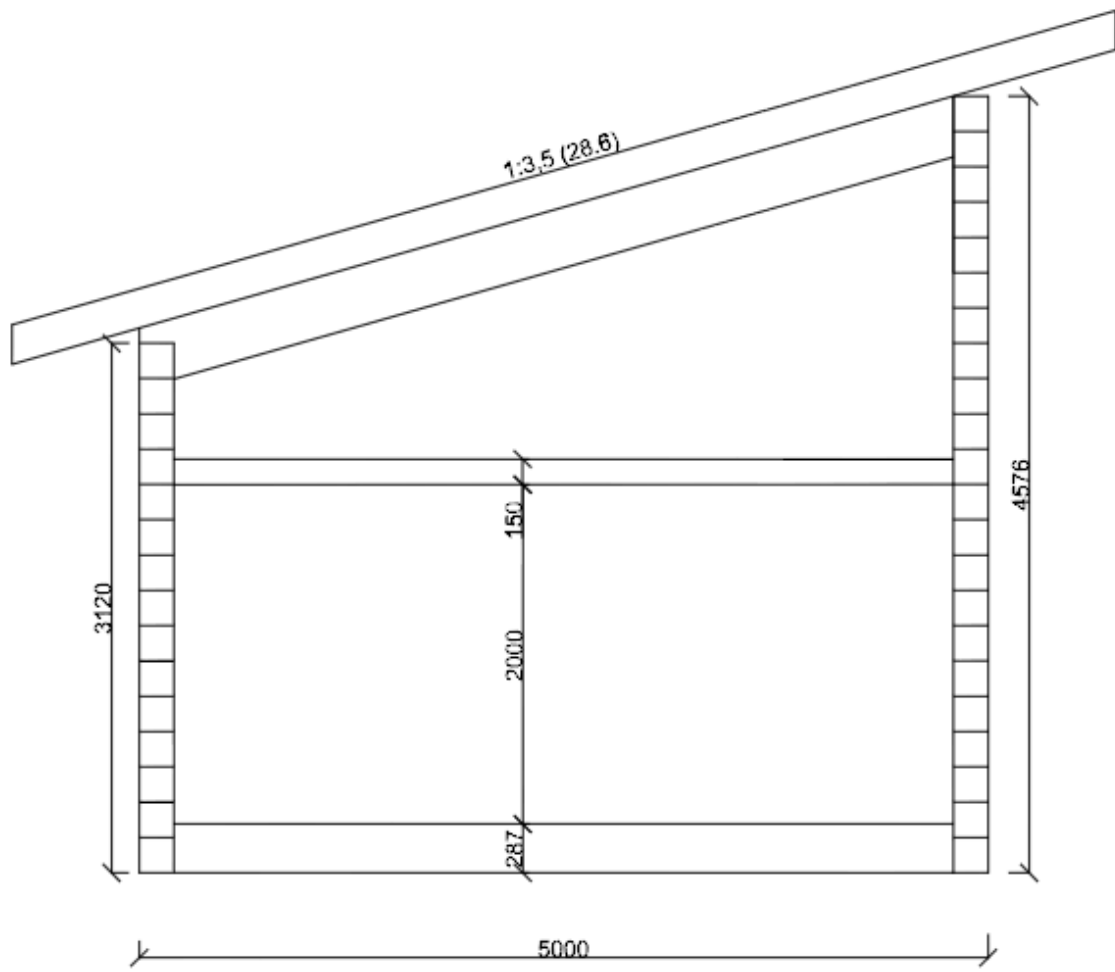
Liite 2 Rakenteet

Liite 3 Kosteustarkastelut

Liite 4 Kustannuslaskut

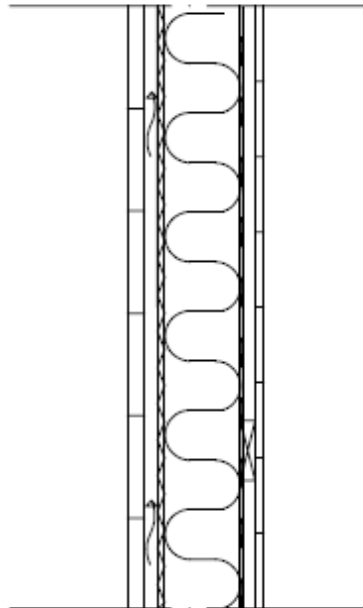
Liite 5 Elinkaarenaikaiset energiakustannukset





Rakennuskohde MÖKKI OULU	Työnumero	Päiväys 3.2.2013	Muutos	Tunnus US
Suunnittelutoimisto	Suunnittelija	Rakennetyyppi ULKOSEINÄ		

Rakennetyyppikuvaus (piirros ja sekustus), mittakaava 1:10



Rakennekerrokset

1. ULKOVERHOUSPANEELI 28x170 mm
2. TUULETUSVÄLI, lauta 22x100 mm, k600
3. TUULENSUOJAERISTE, Tuulilejona 12 mm
4. LÄMMÖNERISTE, kivvilla Paroc extra 125 mm ja KANTAVA RUNKO 50x125, k600
5. ILMANSULKUPAPERI
6. KOOLAUS 22x100 mm, k600
7. SISÄVERHOUSPANEELI 14x95 mm

Ominaisuudet

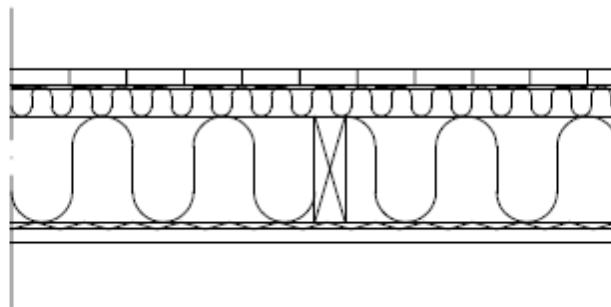
Paloluokka

Ääneneristävyys

U-arvo: 0,282 W/m²K

Rakennuskohde MÖKKI OULU	Työnumero	Päiväys 3.2.2013	Muutos	Tunnus AP
Suunnittelutoimisto	Suunnittelija	Rakennetyyppi ALAPOHJA		

Rakennetyyppikuvaus (piirros ja selustus), mittakaava 1:10



Rakennekerrokset

1. LATTIALAUDOITUS 28x95 mm
2. ILMANSULKUPAPERI Paroc
3. LÄMMÖNERISTE, kivivilla Paroc extra 50 mm ja LATTIAKANNATTAJAT 50x50 mm, k600
4. LÄMMÖNERISTE, kivivilla Paroc extra 175 mm ja LATTIAKANNATTAJAT 50x175 mm, k600
5. TUULENSUOJAERISTE, 12 mm
6. KANNATINRIMOITUS 22x100 mm, k300

Ominaisuudet

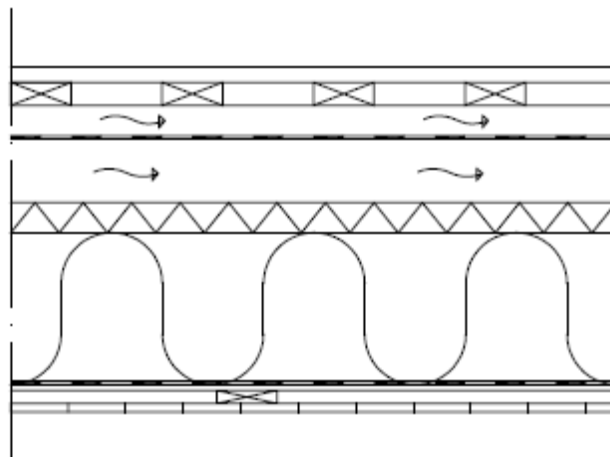
Paloluokka

Ääneneristävyyys

U-arvo: 0,157 W/m²K

Rakennuskohde MÖKKI OULU	Työnumero	Päiväys 3.2.2013	Muutos	Tunnus YP
Suunnittelutoimisto	Suunnittelija	Rakennetyyppi nro YLÄPOHJA		

Rakennetyyppikuvaus (pöirros ja selostus), mittakaava 1:10



Rakennekerrokset

1. PELTIKATE 25 mm, RUODELAUDOITUS 38x100, k400
2. TUULETUSVÄLI 50x50, korokerimat kattokannattajien kohdalla, ALUSKATE
3. TUULETUSVÄLI 110 mm
4. TUULENSUOJA, mineraalivilla 50 mm
5. LÄMMÖNERISTE, Paroc extra 250 mm (125+125), KATTOKANNATTAJAT 51x400, k1200
6. HÖYRYNSULKUMUOVI
7. RAKENNUSLEVY 9 mm
8. KOOLAUS 22x100 mm, k600
9. SISÄVERHOUSPANEELI 14x95

Ominaisuudet

Paloluokka:

Ääneneristävyyt:

U-arvo: 0,131 W/m²K



U-arvo:0.52 W/m²K

Ulkoseinä

Rakennuskohde:	Sisältö: Ulkoseinä	
Suunnittelija:	Paiväys: 2/13/2013	Tunnus:

<p>Rakenteen päätiiedot:</p> <p>U-arvo: 0.282 W/m2K Paksuus: 195.300 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 16.35 kg Hinta: 0.00 euro</p> <p>Vesihöyryn vastus: 3.111e+03 m2hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 3.214e-04 g/m2hPa Lämmönvastus: 3.541 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.130 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m2K/W Kulma (0-90): 90.000</p>	
---	--

Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)				
	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m2sPa/kg]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1	Mineraalivilla	30.00	0.3400	5.000000e+08	0.00	30.00
2	Mineraalivilla	125.00	0.0360	5.000000e+08	0.00	30.00
3	PAROC Ilmansulkupape	0.30	0.1200	3.200000e+09	0.00	0.00
4	Tuulettumaton ilmara	25.00	0.1800	2.000000e+09	0.00	0.00
5	Puu (mänty)	15.00	0.1200	5.000000e+09	0.00	480.00
KYLMA-SILTA:		LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):
2	Puu (mänty)	0.1200	8.0	0.00	480.00	--

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

Lämpötilat ja kosteudet:		3:n päivän kylmin (0.0 h)				Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-18.73	0.99	0.79	80.1	0.00	
2	-17.86	1.07	1.14	100.0	0.00	
3	16.12	13.73	1.49	10.9	0.00	
4	16.14	13.75	3.74	27.2	0.00	
5	17.50	14.92	5.14	34.4	0.00	
6	18.73	16.04	8.64	53.9	0.00	
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	

Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)
 T=Lämpötila, KK=Kylmäsilmäkoosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Yläpohja

Rakennuskohde:	Sisältö: Yläpohja	
Suunnittelija:	Päiväys: 2/13/2013	Tunnus:

<p>Rakenteen päätiedot:</p> <p>U-arvo: 0.131 W/m²K Paksuus: 336.200 mm Pinta-ala: 1.00 m² Paino: 29.28 kg Hinta: 0.00 euro</p> <p>Vesihöyryn vastus: 1.277e+05 m²hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 7.831e-06 g/m²hPa Lämmönvastus: 7.642 m²K/W Pintavastus, ulko: 0.100 m²K/W Pintavastus, sisä: 0.100 m²K/W Kulma (0-90): 0.000</p>	
--	--

Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)				
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	
1 Tuulensuoja	40.00	0.0320	5.000000e+08	0.00	30.00	
2 Mineraalivilla	250.00	0.0360	5.000000e+08	0.00	30.00	
3 Muovikalvo 0.25 mm	0.20	0.3400	4.500000e+11	0.00	900.00	
4 Puukuitulevy, puolik	6.00	0.0800	1.739130e+09	0.00	700.00	
5 Tuulettumaton ilmara	25.00	0.1800	2.000000e+09	0.00	0.00	
6 Puu (mänty)	15.00	0.1200	5.000000e+09	0.00	480.00	
KYLMÄSILTA:		LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m³]:	Paino [kg/m³]:	LK [W/K](kpl):
2 Puu (mänty)	0.1200	8.0	0.00	480.00	---	

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

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.54	0.92	0.79	86.3	0.00	
2	-13.82	1.54	0.80	52.1	0.00	
3	17.99	15.35	0.81	5.3	0.00	
4	17.99	15.35	8.49	55.3	0.00	
5	18.33	15.67	8.52	54.4	0.00	
6	18.97	16.27	8.56	52.6	0.00	
7	19.54	16.83	8.64	51.4	0.00	
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	

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

Alapohja

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 2/13/2013	Tunnus:

<p>Rakenteen päätiedot:</p> <p>U-arvo: 0.157 W/m2K Paksuus: 268.300 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 26.72 kg Hinta: 0.00 euro</p> <p>Vesihöyryn vastus: 2.694e+03 m2hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 3.711e-04 g/m2hPa Lämmönvastus: 6.377 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.170 m2K/W Kulma (0-90): 0.000</p>	
---	--

Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset sisältä (S) ulos (U)				
	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m2sPa/kg]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1	Puu (kuusi)	28.00	0.1200	5.000000e+09	0.00	440.00
2	PAROC Ilmansulkupape	0.30	0.1200	3.200000e+09	0.00	0.00
3	Mineraalivilla	50.00	0.0360	5.000000e+08	0.00	30.00
4	Mineraalivilla	150.00	0.0360	5.000000e+08	0.00	30.00
5	Mineraalivilla	40.00	0.0320	5.000000e+08	0.00	30.00
	KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):
3	Puu (mänty)	0.1200	8.0	0.00	480.00	---
4	Puu (mänty)	0.1200	8.0	0.00	480.00	---

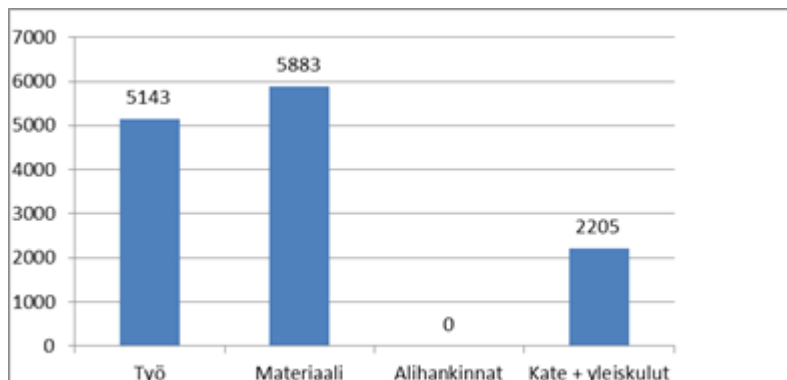
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	
1	19.06	16.36	8.64	52.8	0.00	
2	17.78	15.16	4.60	30.3	0.00	
3	17.76	15.15	2.01	13.2	0.00	
4	10.10	9.46	1.60	16.9	0.00	
5	-12.88	1.67	1.20	71.8	0.00	
6	-19.78	0.90	0.79	88.2	0.00	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	

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

TUOTERAKENNELASKELMA		Alv - %	0		Työn hinta, alv = 0 %		28,9			
Tekijä Anne Mikkonen		Indeksi	130							
Päivitys		KTA, €/h	17							
U-arvo 0,282 W/m ² K		Sos.kulu-%	70							
Kuvaus Puurunko 125 mm		Kate + yleisk-	20							
		Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT (alv = %)			
		m ²	€/yks	€/yks	€/yks	€/yks				
		136,42	5143	61,663	0	5204,68				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
TYÖKUSTANNUKSET / ALIHANKINNAT		Määrä	TYÖN HINTA			ALIH		ALIH		
RO	Nimike	Yks	Yks	h/yks	TL3	KTAK	€	€/YKS	€	
	Ulkoverhoisuus 28 mm + kooaus (ponttilaud.)	m ²	95,40	0,5	1,2	1,1	1820		0	47,7
	Tuulensuojalevy 12 mm	m ²	95,40	0,07	1,2	1,1	255			6,678
	Pystyrunko 50*125 k600	m ²	95,40	0,28	1,05	1,1	892		0	26,712
	Ihmansulkupaperi	m ²	95,40	0,02	1,2	1,1	73		0	1,908
	Kooaus 22*100 k600	m ²	95,40	0,06	1,2	1,1	218		0	5,724
	Sisäverhoisuuspaneeli 14*95 mm	m ²	95,40	0,4	1,2	1,15	1522		0	38,16
	Lämmöneristystyö MV 125 mm	m ²	95,40	0,1	1,2	1,1	364		0	9,54
							5143		0	136,42
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MATERIAALIKUSTANNUKSET		Materiaali		Hukka		YHT				
RO	Nimike	Yks	My	My/yks	€/My	€/yks	%	€		
Ro	Ulkoverhoisuuslaut	m ²	jm	9,74	1,52	14,805	10	16,3		
	Nauhat	m ²	kg	0,1		0,45	10	0,5		
	Lauta, kooaus, 22*100	m ²	jm	2,5		1,8	10	2,0		
	Tuulensuojalevy 12 mm	m ²	m ²	1,04	3,95	4,108	10	4,5		
	Ruuvi 32 mm	m ²	kg	0,05		0,96	10	1,1		
	Solli 50*125	m ²	jm	2,14	2,6	5,564	10	6,1		
	Alaohjauspuu 50*125 ja yläohjauspuu 50*125	m ²	jm	0,39	2,35	0,9165	10	1,0		
	Nauhat, lankanaula 3,4*100, kuumasinkitty	m ²	kg	0,06		0,19	10	0,2		
	Lämmöneriste 125 mm	m ²	m ²	1,04	10,87	11,305	8	12,2		
	Ihmansulkupaperi	m ²	m ²	1,2	1,68	2,016	20	2,4		
	Lauta kooaus 22*100	m ²	jm	2,5		1,8	10	2,0		
	Sisäverhoisuuspaneeli 14*95 mm	m ²	jm	12,98		10,9	15	12,5		
	Paneelinaula	m ²	kg	0,1		0,77	10	0,8		
								62		
								YHT. 95,4m ²	5883	

	ALV - %	0
Puurunko 125 mm	%	
Työ	39 %	5143
Materiaali	44 %	5883
Alihankinnat	0 %	0
Kate + yleiskulut	17 %	2205
Yhteensä		13231



TUOTERAKENNELASKELMA		Alv - %	0		Työn hinta, alv = 0 110				
Tekijä Anne Mikkonen		Indeksi	130						
Päiväys		KTA, €/h							
U-arvo 0,52		Sos.kulu-%							
		Kate + yleisk	20						
Kuvaus Hirsi 204 mm		Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT (alv = %)		
		m ²		€/yks	€/yks	€/yks	€/yks		
			28,6	3148	104,6	0	3252,77		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TYÖKUSTANNUKSET / ALIHANKINNAT		Määrä		TYÖN HINTA		ALIH		ALIH h	
RO	Nimike	Yks	Yks	h/yks	TL3	KTAK	€	€/YKS	€
	Rungon pystytys	m ²	95,40	0,3	0	0	3148		0 28,62
							3148	0	28,62
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MATERIAALIKUSTANNUKSET		Mat,yks					Hukka	yht	
RO	Nimike	Yks	My	My/yks	€/My	€/yks	%	€	
Ro	Hirsi 204 mm	m ²	jm	4,808	21,75	104,6	0	104,6	
								105	
							YHT. 95,4 m2		9976

Työn hinta rungon pystytyksenä, yksi työporukka maksaa:

Aikamenekki 0,3 h/m²

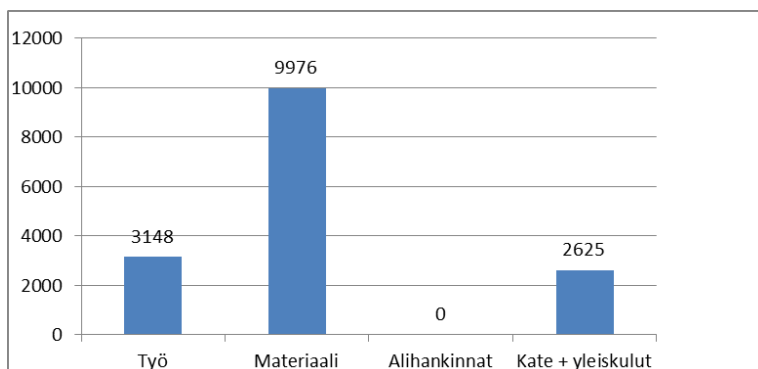
työryhmä 2+1

(40+40+30)e/h

vaipan ala n.70m²

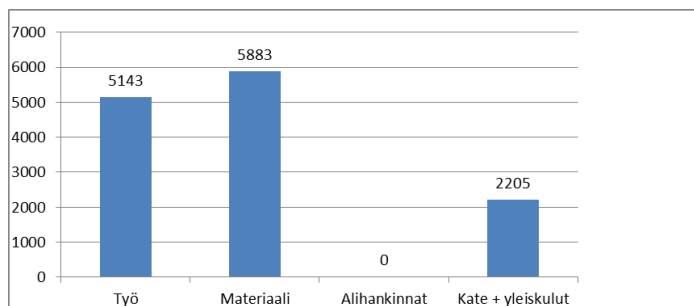
$\hat{=}0,3*95,40*(40+40+30)$ $\hat{=}3148,2$ euroa/urakka

		ALV -%	0
	Hirsi 204 mm	%	
	Työ	20 %	3148
	Materiaali	63 %	9976
	Alihankinnat	0 %	0
	Kate + yleiskulut	17 %	2625
	Yhteensä		15749

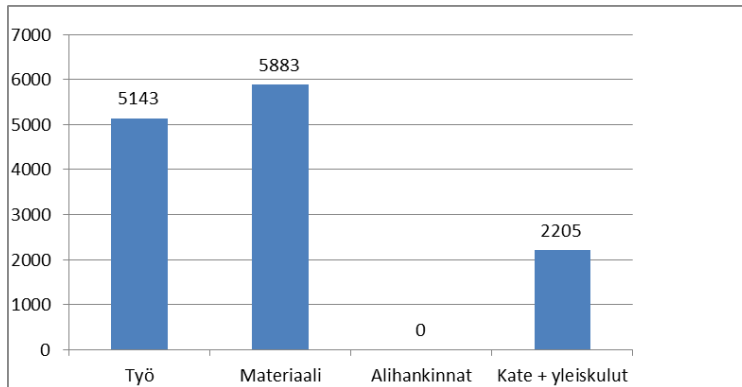


TUOTERAKENNELASKELMA		Alv - %	0		Työn hinta, alv = 0 %					28,9
Tekijä Anne Mikkonen		Indeksi	130							
Päiväys		KTA, €/h	17							
U-arvo 0,157 W/m2K		Sos.kulu-%	70							
		Kate + yleisk.-%	20							
Kuvaus Alapohja		Yks	h/yks	Työ	Aine	Alih	YHT (alv = %)			
		m ²		€/yks	€/yks	€/yks	€/yks			
			46,9	1709	71,41	0	1780,44			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
TYÖKUSTANNUKSET / ALIHANKINNAT		Määrä		TYÖN HINTA		ALIH		ALIH h		
RO	Nimike	Yks	Yks	h/yks	TL3	KTAK	€	€/YKS	€	
	Lattialaudoitus 28*95	m ²	35,00	0,15	1,2	1,1	200		0 5,25	
	Ilmansulkupaperi	m ²	35,00	0,02	1,2	1,1	27		0 0,7	
	Lattiakannattajat 50*50 k600	m ²	35,00	0,36	1,1	1,1	441		12,6	
	Lattiakannattajat 50*175 k600	m ²	35,00	0,36	1,1	1,1	441	0	12,6	
	Tuulensuojalevy 12 mm	m ²	35,00	0,07	1,2	1,1	93		2,45	
	Kannatinrimoitus 22*100 k300	m ²	35,00	0,18	1,2	1,1	240	0	6,3	
	Lämmöneristystyö MV 50 mm	m ²	35,00	0,1	1,2	1,1	134		3,5	
	Lämmöneristystyö MV 150 mm	m ²	35,00	0,1	1,2	1,1	134	0	3,5	
							1709	0	46,9	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MATERIAALIKUSTANNUKSET		Mat.yks				Hukka		yht		
RO	Nimike	Yks	My	My/yks	€/My	€/yks	%	€		
Ro	Lattialauta	m ²	jm	11,77		21,54	10	23,7		
	Naulat	m ²	kg	0,1		0,32	10	0,4		
	Ilmansulkupaperi	m ²	m ²	1,2		1,68	2,016	20 2,4		
	Soiro 48*48	m ²	jm	1,79			1,52	10 1,7		
	Lankanauha 3,4*100 mm, kuumasinkitty	m ²	kg	0,05			0,16	10 0,2		
	Soiro 48*173	m ²	jm	1,79		4,55	8,145	10 9,0		
	Naulat, lankanauha 3,4*100, kuumasinkitty	m ²	kg	0,05			0,16	10 0,2		
	Lämmöneriste 50 mm	m ²	m ²	1,04		5,62	5,845	8 6,3		
	Lämmöneriste 175 mm	m ²	m ²	1,04		18,25	18,98	8 20,5		
	Tuulensuojalevy 12 mm	m ²	m ²	1,04		3,95	4,108	10 4,5		
	Ruuvi 32 mm	m ²	kg	0,05			0,96	10 1,1		
	Lauta kannatinrimoitus/koolaus 22*100 k300	m ²	jm	1,79			1,43	10 1,6		
								71		
								YHT. 35,0 m2 2499		

		ALV -%	0
	Alapohja	%	
	Työ	34 %	1709
	Materiaali	49 %	2499
	Alihankinnat	0 %	0
	Kate + yleiskulut	17 %	842
	Yhteensä		5050



	ALV -%	0
Yläpohja ja vesikatto	%	
Työ	34 %	3954
Materiaali	49 %	5762
Alihankinnat	0 %	0
Kate + yleiskulut	17 %	1943
Yhteensä		11659



Ero energiakustannuksissa			
Oletus - sisälämpötila + 12 , sijainti Oulun seutu			
Johtumishäviö vuodessa			
	u-arvo	Q =100*0,75*u, kWh/m2,v)	Energian hinta, (1 kWh = 0,15 €/kwh)
Hirsi	0,52	39	5,9
Lautaseinä	0,28	21	3,2
Pitoaika 40 v			
Korko 4 %			Kun ulkoseinää 95 m2 =>
Energiakustannusten nykyarvotekijä		19,8	
Energiakustannusten nykyarvo , hirsi		116 €/m2	11004
Energiakustannusten nykyarvo,lauta		62 €/m2	5925
Pitoaika 40 v			
Korko 0 %			
Energiakustannusten nykyarvotekijä		40	

Johtopäätökset	
Energianhinnan ollessa 0,15 €/kwh ja sisälämpötila keskimäärin +12 koko vuoden	
a) Lautaseinän elinkaarikustannus on 4 % n korolla ja 40 vuoden pitoajalla (13231 + 5925) = 19156 euroa	
b) hirsiseinän elinkaarikustannus on 4 %:n korolla ja 40 vuoden pitoajalla (15749+11004) = 26705 euroa	
Ero on 39 %	1,396567
Jos käytetään nollakorkoa ja pitoaika on edelleen 40 v	
a) Lautaseinän elinkaarikustannus on 0 % n korolla ja 40 vuoden pitoajalla (13231 + 2* 5925) = 25081 euroa	
b) hirsiseinän elinkaarikustannus on 0 %:n korolla ja 40 vuoden pitoajalla (15749+ 2* 11004) = 37709 euroa	
Ero on 50 %	1,505373
1. Rakennusvaiheessa hirsiseinän hinta on 19 % kalliimpi kuin lautaseinän	
2. Kun elinkaaren aikainen energiakustannus otetaan huomioon, on hirsiseinä lautaseinään verrattu 40 -51 % kalliimpi.	