



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KYLMÄN ULLAKON ASUIN- KÄYTTÖÖN MUUNTAMISEN SUUNNITTELU

TEKIJÄ: Ville Hänninen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Ville Hänninen	
Työn nimi Kylmän ullakon asuinkäyttöön muuntamisen suunnittelu	
Päiväys 3.6.2023	Sivumäärä/Liitteet 28/4
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yksityinen henkilö	
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella rintamamiestalon ullakon muuntaminen asuintilaksi. Tavoitteena oli löytää paras ratkaisu tilojen eristämiseen rakennusfysiikan kannalta ja tuottaa suunnitelma toteutukselle asiakkaan tarpeet huomioiden. Yläkerran laajennus lisää asuinneliöitä, mikä tekee siitä rakennuslupan vaativan projektin. Tämän vuoksi tilasuunnitelmien lisäksi tuotettiin rakennepiirustukset rakennuslupaa varten, sekä vanhat pääpiirustukset ajantasaistettiin vastaamaan rakennuksen nykyistä tilannetta.</p> <p>Työssä perehdyttiin kirjallisuuden kautta rintamamiestalojen ominaisuuksiin, sekä remontointi menetelmiin, joita on käytetty vastaavissa kohteissa. Vertailtaviksi eristysmateriaaleiksi valikoitui puukuitu ja polyuretaani. Kahta eristysmateriaalia vertaillessa tarkasteltiin kohteen rakennusfysiistä toimintaa kokonaisuutena, jossa tässä työssä olennaisia olivat rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Vertailussa huomioitiin vaihtoehtojen hyvät ja huonot puolet sekä pohdittiin rakenneratkaisujen mahdollisia haasteita kohteessa. Vanhat pääpiirustukset vuodelta 1983 olivat suuntaa antavat mittojen suhteen, joten ne täytyi uusua. Kuvien uusimiseksi rakennus tarkemmitattiin paikan päällä ja uudet kuvat tehtiin AutoCAD-ohjelmalla.</p> <p>Vaihtoehtojen merkittävin ero oli valinta, onko rakenne diffuusion salliva vai ei, eli tarkoittaen pääsevätkö ilman kaasut läpäisemään rakenteen. Rakennuksen ilmanvaihto menetelmänä oli painovoimainen ilmanvaihto, mikä puolsi diffuusiota sallivaa vaihtoehtoa. Kirjallisuuteen ja tutkimukseen perustuen rakennukseen soveltuvaksi valinnaksi osoittautui diffuusion salliva rakenne puukuitupohjaisella eristemateriaalilla.</p>	
Avainsanat rintamamiestalo, laajennus, eristys, ullakko	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author(s) Ville Hänninen	
Title of Thesis Designing the Conversion of a Cold Attic for Residential Use	
Date 3.6.2023	Pages/Appendices 28/4
Client Organisation /Partners Private person	
<p>Abstract</p> <p>The topic of the thesis was to plan the conversion of the attic of a typical Finnish post-war house called rintamamiestalo into a living space. The goal was to find the best solution for isolating the premises from the point of view of building physics and to produce a floor plan taking into account the customer's needs. The upstairs extension will increase the number of residential square meters, making it a project that requires a building permit. For this reason, in addition to the floor plans, structural drawings were produced for the building permit, and the old main drawings were updated to correspond to the current situation of the building.</p> <p>Through literature, the work focused on the characteristics of post-war wooden type houses, as well as the renovation methods that have been used in similar sites. Wood fibre and polyurethane were selected as the insulation materials to be compared. When comparing two insulation materials, the building physical activity of the house as a whole was examined in which the thermal and moisture engineering function of the structures was essential in this work. The comparison took into account the pros and cons of the options as well as considered the structural solutions at the site. The old main drawings from 1983 were indicative in terms of dimensions, so they had to be renewed. In order to renew the images, the building was remeasured on site and the new images were made using AutoCAD software.</p> <p>The most significant difference between the two options was the choice of whether the structure allows diffusion or not, i.e. whether the gases in the air can pass through the structure. The ventilation method of the building was gravitational ventilation, which favoured the option that allowed diffusion. Based on literature and research, a structure that allows diffusion with a wood fibre-based insulation material turned out to be a suitable choice for the building.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Finnish post-war house, enlargement, insulation, attic</p>	

## SISÄLTÖs

1	JOHDANTO .....	5
2	TAUSTAA.....	5
2.1	Rintamamiestalojen historiaa .....	5
2.2	Eristeet .....	6
2.3	Lainsäädäntö ja luvat .....	7
2.4	Energiatehokkuus .....	7
2.5	Rakennusfysiikka .....	8
2.6	Kosteus .....	8
2.7	Kosteuden siirtyminen rakenteisiin .....	8
2.8	Diffuusio.....	10
2.9	Konvektio .....	10
2.10	Rakenteiden U-arvo .....	11
3	KORJAUSKOHDE.....	12
3.1	Tilojensuunnittelu .....	14
4	RAKENNESUUNNITTELU .....	15
4.1	Diffuusiotiivis rakenne .....	15
4.2	Diffuusiolle avoin rakenne .....	16
4.3	Toteutuksen valinta.....	16
4.4	Seinä rakenteet .....	17
4.5	Yläpohja.....	19
4.6	Välipohja .....	21
5	POHDINTA.....	22
	LÄHTEET .....	24
	LIITE 1. PÄIVITETYT KUVAT KOHTEESTA.....	25

## 1 JOHDANTO

Rintamamiestalo oli suosittu omakotitalomalli toisen maailmansodan jälkeen Suomessa. Talomallia rakennettiin yleensä talkoovoimin ympäri Suomea, niin kaupungeissa kuin maaseudulla. Sodan jälkeisenä aikana useista rakennusmateriaaleista oli pulaa ja tämän takia osa talojen tiloista jäi puolivalmiiksi tai myöhemmin käyttöön otettaviksi. Samasta tyyppitalomallista huolimatta rakennukset poikkeavat usein toisistaan rakennusajan haasteiden vuoksi. Rakennuksiin on voitu tehdä remontteja, jotka ovat voineet olla teknisen toiminnan kannalta huonoja ratkaisuja ja pahimmillaan niistä on voinut seurata uusia vaurioita. Mahdollisten erojen takia jokaista kohdetta on tarkasteltava yksilöllisesti. Rintamamiestalot ovat vielä tänä päivänä pidettyjä taloja, joita remontoidaan paljon nykypäivän tarpeisiin sopiviksi. Vaatimukset rakennuksille ovat muuttuneet niin asujien kuin viranomaisten puolesta. Remontoinnin suhteen toteutustapoja ja tuotteita on markkinoilla paljon erilaisia ja tämän takia parhaan valinnan teko omaan kohteeseen voi olla haastavaa.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi muutostyön toteutuksen suunnittelua kohteena olevaan 1950-luvulla rakennettuun rintamamiestaloon. Talon omistaja on aikeissaan ottaa käyttöön kylmänä varastotilana olevan ullakon ja muuttaa sen asuintilaksi. Tämän laajuinen remontointihanke muuttaa tilojen käyttötarkoitusta ja lisää asuinneliöitä, mikä tekee siitä rakennusluvan tarvitsevan projektin. Vastaavia kohteita on toteutettu erilaisin menetelmin ja tuotevalmistajilla on tarjolla toisistaan poikkeavia ratkaisuja ja materiaaleja. Opinnäytetyössä vertaillaan toteutukselle vaihtoehtoja ja perehdytään rakennusratkaisujen toimintaan. Tavoitteena on valita kohteelle sopiva toteutustapa ja valitulle toteutukselle tuotetaan dokumentit, joiden pohjalta remontin voi toteuttaa.

## 2 TAUSTAA

### 2.1 Rintamamiestalojen historiaa

Rintamamiestalon suosio jatkui sotien jälkeen vielä 1950-luvun läpi omakotitalojen perusmallina. Talot rakennettiin yhden perheen tarpeisiin ja asunnossa ei liikaneliöitä ollut tarjolla. Vain talojen ensimmäinen kerros oli usein eristetty ja asuinkäytössä. Kerrokseen rakennettiin tilat, joita olivat eteinen, keittiö, olohuone sekä makuuhuone. Yläkerran ja kellarin tilat olivat usein eristämättömiä ja huoneet toimivat enimmäkseen varastoina. (Rinne 2013, 26.)

Yleisesti rintamamiestalot ovat harjakattoisia, puurakenteisia ja puolitoista kerroksisia omakotitaloja. (Rinne 2013, 16–17.) Rintamamiestalojen runko on rakennettu 2"x4" tai 2"x5" sahatavarasta puurakenteisina. Perusmuurista toiseen kerrokseen nousevat kakkosneloet, jotka loppuvat noin metrin korkeudelta lattiatasosta. Niiden päällä on tavallisesti vesikattoa kannattelevat kakkosvitokset. (Rinne 2013, 134–139.) Lämmöneristeenä koolauksen väleissä käytettiin yleisimmin sahanpurua ja kutterinlastua. Rungon ulkopuolelle kiinnitettiin esimerkiksi oksapahvi tai rakennushuopa. Seuraavaksi asennettiin 45 asteen kulmaan vinolaudoitus ja tervapaperi sekä verhoulaudoitus joko vaakaan tai pystyyn. Myöhempinä vuosikymmeninä rappaus yleistyi ulkoverhouksena. Rungon sisäpuolinen kerros

alkaa myös oksapahvilla, jota seuraa vaakalaudoitus ja pinnalle esimerkiksi maalattu tai tapetoitu pinokopahvi tai puukuitulevy (Rinne 2013, 196–197.)

Rakennusaikakauden olosuhteiden vuoksi rintamamiestaloissa on usein paljon eroavaisuuksia keskenään niin materiaaleissa kuin rakenteellisestikin. Tekijöiden taidot ja saatavilla olevat materiaalit ovat vaihdelleet ja suunnitelmien soveltaminen on ollut yleistä. Tarvikepulan helpottaessa saatiin käyttöön laadukkaampia materiaaleja ja tyyppirakenteet muuttuivat. Vuosien aikana taloja on kunnostettu ja muokattu monilla eri tavoilla. Jotkut ratkaisut ovat kuitenkin luoneet uusia ongelmia, esimerkiksi kellariden sisäpuoliset lisäeristykset ovat aiheuttaneet kosteus- ja mikrobivaurioita (Rinne 2013, 78).

Asukkaiden tilantarpeen lisääntyessä on yläkerran vintin käyttöönotto asuintilaksi ollut luontainen ratkaisu. Yksi haaste suunnittelussa kohteesta riippuen voi olla huoneiden yläpuolinen eristäminen. Yläkerran huoneet rintamamiestaloissa ovat yleensä matalia eikä lisäeristeelle jää välttämättä tarpeeksi tilaa. Esimerkiksi, jos halutaan päästä lähelle energiatehokkuusmääräyksiä, villaa tulisi olla vintillä lähes puoli metriä. Eristemateriaalin valinnalla voidaan kuitenkin vaikuttaa yläpohjan eristystehoon. (Rinne 2013, 134–139.)

## 2.2 Eristeet

Lämmöneriste on rakennusmateriaali, jota käytetään rakenteissa pitämään sisätilojen lämpöenergia ulkovaipan sisäpuolella (Siikanen 2014, 50). Lämpö siirtyy johtumalla, säteilemällä sekä konvektiolla, kuten kulkeutumalla ilmapvirtausten mukana (Siikanen 2014, 40). Eristemateriaaleilla pyritään minimoimaan lämmön siirtymistä. Lämmöneristys tarkoittaa yhdestä tai useammasta lämmöneristekerroksesta tehtyä eristekokonaisuutta (Siikanen 2014, 49). Lämmöneristuksen tehokkuutta voidaan arvioida lämmönläpäisykerroimen eli U-arvon avulla, jolla ilmaistaan rakennuksen ulkovaipan eristävyttä. Pieni U-arvon luku viittaa parempaan eristävyteen (Rinne 2018, 85).

Lämmöneristeenä on aikojen saatossa käytetty monenlaisia materiaaleja mitä on ollut tarjolla. Suomessa on käytetty esimerkiksi turvetta ja sammalta. (Rinne 2018, 83.) Sahanpurun käyttö lämpöeristeenä oli tavallista pula-aikana. Rintamamiestaloja rakennettaessa oli tavallista käyttää omasta talosta peräisin olevien lautojen sahausjäte eristysmateriaalina. Rakennusten eristämistä alettiin ohjeistaa ja valvoa 1950-luvulta lähtien ja lämmöneristysnormit astuivat voimaan 1962. Vuonna 1975 annettiin energiansäästöön tähtäävät normit. Esimerkiksi mineraalivilla täytti uudet vaatimukset ulkoseinärakenteen ollessa kakkosnelosesta. Mineraalivilla alkoikin olla pientalojen pääsääntöinen valinta. (Rinne 2018, 95).

2000-luvulla käytössä on useita vaihtoehtoja eristämiseen erilaisin ominaisuuksin. Yleisiä vaihtoehtoja ovat erilaiset mineraalivillat, muovieristeet, kevytsora sekä puukuitueristeet. (Rinne 2018, 95.) Lämmitettävää tilaa varten rakennusosien tulee olla lämpöteknisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, että tilassa saavutetaan käyttötarkoituksen edellyttämät lämpöolosuhteet hyvän energiatalouden vaatimusten mukaisesti. Lämpötekniset ominaisuudet kattavat esimerkiksi eristävyden sekä tiiviiden. (Siikanen 2014, 49–50.)

### 2.3 Lainsäädäntö ja luvat

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettely ja viranomaisvalvonta. Tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen sellaiseksi, että käytöllä tai rakentamisella luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävästä kehitystä (Maankäyttö- ja rakennuslaki § 1). Rakennuksen laajentamiseen sekä kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen sovelletaan uuteen rakennukseen käytettävää lainsäädäntöä (Maankäyttö- ja rakennuslaki § 113).

Rakennuksen rakentamiseen vaaditaan pääsääntöisesti rakennusluvan hakemista. Rakennuslupaa vaaditaan myös korjaus- ja muutostöille, jotka ovat verrattavissa rakennuksen rakentamiseen, laajentamiseen tai kerrosalan lisäämiseen. Rakennuslupamenettely on oikeusharkintaista, eli edellytysten täytyessä lupa rakentamiselle tulee myöntää. (Kyyrönen 2008, 11–12.) Rakennusluvan hakeminen tapahtuu kirjallisella hakemuksella kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta. Hakemukseen sisältyy selvitys hakijan rakennuspaikan hallintaoikeudesta ja rakennussuunnittelijan nimikirjoituksella varmennetut pääpiirustukset. Rakennusvalvontaviranomainen voi hankkeen laatu ja laajuus huomioon ottaen tarvittaessa vaatia hakemukseen lisäksi täydentäviä tietoja. (Maankäyttö- ja rakennuslaki § 131.)

Rakennuksen muutos- ja korjaustyöt tulee suunnitella siten, että rakennus täyttää tietyt asetetut vaatimukset. Rakentamiselle asetettuja vaatimuksia ovat rakenteiden lujuus ja vakaus, terveellisyys, esteettömyys, paloturvallisuus, käyttöturvallisuus, meluntorjunta ja ääniolosuhteet sekä energiatehokkuus. (Maankäyttö- ja rakennuslaki § 117.) Energiatehokkuudesta laissa on asetettu, että rakennus ja toimenpideluvan vaativan remontoinnin tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä on energiatehokkuutta parannettava, mikäli parannuksien tekeminen voidaan toteuttaa taloudellisesti sekä teknisesti toimivasti. Vaatimusta ei kuitenkaan sovelleta rakennukseen, jonka kerrosala on alle 50 m<sup>2</sup>.

### 2.4 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energian tehokasta käyttöä ja kasvihuonepäästöjen vähentämistä kustannustehokkaalla tavalla. Rakennusten energiatehokkuutta on suositeltavaa parantaa ensin käytöteknisillä toimenpiteillä. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi lämpötilojen säätäminen tilojen käytön mukaiseksi, ilmanvaihdon käyttö tilankäytön ja asetusten mukaisina sekä vuotoilman pitäminen mahdollisimman pienenä. Energiatodistus on pakollinen asiakirja, kun rakennetaan rakennusta tai rakennusta myytäessä ja vuokrattaessa. Rakennuslupaa haettaessa täytyy esittää laskelmat rakennuksen energiatehokkuudesta. Lisäksi täytyy esittää taselaskennat sekä energiaselvitykset. Energiatodistuksen laskenta täytyy tehdä aina asetusten mukaista laskentatapaa käyttäen. (Myyryläinen 2019, 35–36.)

Energiatodistuksen laadinta voidaan jakaa viiteen osaan. Ensin rakennus tulee tarkistaa olemassa olevien rakennuspiirustusten avulla, jonka jälkeen rakennus tarkistetaan käymällä paikan päällä. Tällä

tarkastuksella varmistetaan, onko rakennus lähtötietojen mukainen ja onko siihen tehty energiaa säästäviä parannuksia. Seuraavaksi tehdään säännösten mukainen laskenta ja tämän jälkeen tarkastellaan millä energiamuodolla tarvittava energia rakennukseen nykyisin hankitaan. Lopuksi selvitetään, millä toimenpiteillä rakennuksen energiakulutusta ja hankintaa saadaan pienennettyä taloudellisesti. (Myyryläinen 2019, 37.)

Energiantarve lasketaan kuukausitasoisesti ja suunnataan koko vuodelle. Energiantarvelaskenta on monivaiheinen laskentaprosessi ja laskenta tapahtuu yleensä laskentaohjelmalla. Laskentaan tarvittavia lähtötietoja ovat esimerkiksi vaipan johtumisenergiat, vuotoilmanvaihto sekä korvausilma, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitys, lämmitysjärjestelmien energia- ja varaajahäviöt sekä valaistus- ja käyttäjälaitteiden energiat muiden lähtötietojen ohella. Laskentaan käytetään säännösten mukaisia standardiarvoja, mutta tarvittaessa voidaan käyttää myös vastuullisesti valittuja muita arvoja. Laskenta voidaan tehdä myös kokonaan ilman laskentaohjelmia, mutta myös tällöin tulee noudattaa määräysten mukaisia laskentasääntöjä. Energiantodistuslaskenta tulee tehdä 1.1.2018 voimaan tulleiden säännösten mukaisesti (Myyryläinen 2019, s. 38–42.)

## 2.5 Rakennusfysiikka

Rakennusfysiikassa käsitellään yleensä rakennusten ja rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa, sekä lisäksi akustiikkaa ja valaistusta. Tässä kohteessa olennaisempia ovat kaksi ensiksi mainittua. Rakennusten lämpö- ja kosteustoiminta on oleellisessa osassa rakennusten kestävästä elinkaarta. Suuri osa rakennusten korjaustarpeesta johtuu kyseisten tekijöiden virheellisestä toiminnasta rakenteissa. Kattava käsitys lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta on siten oleellista rakentamista tai remontointia suunniteltaessa.

## 2.6 Kosteus

Kosteudella tarkoitetaan vettä kaasumaisessa (vesihöyrynä), nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa (jäätynenä). Tavallisissa olosuhteissa ilma ja huokoiset materiaalit sisältävät jonkin verran kosteutta. Kosteudella tarkoitetaan veden määrää toisessa aineessa ja se ilmoitetaan painoprosenttina. Kosteuden määrään materiaaleissa vaikuttaa kyseessä olevan materiaalin ominaisuudet, sekä ympäröivän ilman lämpötila ja kosteuspitoisuus. Rakenteisiin voi kertyä ylimääräistä kosteutta rakennuksen käytön yhteydessä tai jo rakentamisen aikana. Rakennusosien jatkuva liiallinen kosteuspitoisuus aiheuttaa kosteusvaurioita. Kostuneet materiaalit tarjoavat hyvän kasvualustan mikrobeille, kuten bakteereille, hiivoille sekä home- ja lahottajasienille. Kosteusvaurioiden syyt ovat usein puutteellisessa tai virheellisessä suunnittelussa ja toteutuksessa sekä kiinteistön puutteellisessa huollossa ja käyttövirheissä. (Siikanen 2014, 78–79.)

## 2.7 Kosteuden siirtyminen rakenteisiin

Näkyvin rakennuksia rasittava kosteuden muoto on sadevesi. Eniten sade kohdistuu vesikattoon, muihin vaakapintoihin ja seinien ulkoverhouksiin. (Siikanen 1998, 106–111.) Sade esiintyy erilaisissa muodoissa, kuten vetenä, räntänä tai lumena. Räntä on kaikista kastelevin ja jää yleensä pitkäaikaisesti



vaikuttamaan loiville ja vaakasuorille pinnoille. Seinärakenteiden suunnittelussa tulisi ottaa huomioon viistosade, joka voi kohdistua myös pystysuoriin pintoihin tuulen paineen vaikutuksella. Ikkunoiden suunnittelussa tulee ottaa myös huomioon viistosateen aiheuttama rasitus. Viistosade onkin mahdollisesti yksi suurimpia kosteusvaurioiden aiheuttajia rakennuksen vaipalle. Sadevesi ja lumi voivat myös tuulenpaineen myötävaikutuksesta nousta ylöspäin rakennusten ulkopinnassa. Etenkin lumi voi kulkeutua tuulen mukana tuuletusraosta rakenteisiin. Lumen suurimpia haittavaikutuksia ovat kuitenkin katoille aiheutuva kuormitus. Maanpinnan tasolla olevien seinien suunnittelussa täytyy huomioida seinän alaosa rasittava roiskevesi sekä kellarinseinässä vajovesi. (Siikanen 2014, 67.)

Sadeveden seinille aiheuttavia haittoja voidaan vähentää sopivan leveillä räystäillä, jotka estävät veden pääsyn seinien yläosiin ja yläpohjarakenteisiin. Ulkopuolisen verhouksen, kuten laudan, tiilen tai betonin alla täytyy olla tuuletusrako. Tuuletusraon avulla saadaan kuivatettua ulkoverhous, sekä tuuletettua sisältä tuleva kosteus. Sadevesi valuu tavallisesti maan pintaa pitkin pintavetenä, mutta osa voi painua vajovetenä maahan, josta voi seurata kosteuskuormitusta perustuksille. Tämä tulee ottaa huomioon kellaritilojen ulkoseinien suunnittelussa, esimerkiksi salaojituksella tai soratäytöllä varmistetaan maaperään pysyminen riittävän kuivana. Rakennuksen reuna-alueiden ja pihan kallistuksilla voidaan hallita ja johtaa sadevesiä pois rakenteista (Ojala 2013, 40).

Sadeveden lisäksi rakennusten kosteuslähteitä ovat pohjavesi sekä erilaiset vuodot. Pohjavesi on vettä, jota esiintyy pysyvästi maanpinnan alla maa- ja kallioperässä. Pohjaveden pinnan syvyys vaihtelee ja riippuu esimerkiksi vuotuisesta sademäärästä. Pohjaveden pinnan korkeus tulee ottaa huomioon, kun määritetään rakennuksen perustussyvyyttä tai kellaritilojen korkeusasemaa. Vuodot sen sijaan johtuvat yleensä huonosta suunnittelusta tai toteutuksesta johtuvasta rakenteellisesta virheestä. Vuodon lähde voi olla lämmitys-, käyttövesi-, ja viemäriputkistossa. Vuodot voivat olla myös peräisin kattojen, terassien, parvekkeiden tai märkätilojen vedeneristyksistä ja liittymistä toisiin rakenteisiin. (Siikanen 2014, 67–68.)

Rakenteisiin voi siirtyä myös vesihöyryn aiheuttamaa kosteutta. Vesihöyry kulkeutuu huone- tai ulkoilman rakenteisiin osapaine-erosta johtuvan diffuusion muodossa. Vesihöyrystä johtuva kosteus voi myös kulkeutua rakenteisiin eri puolilla vallitsevan ilmanpaine-eron aiheuttaman ilmanvirtauksen eli konvektion kuljettamana. (Siikanen 2014, 70)

Rakennusten suunnittelussa täytyy siis kartoittaa mistä eri kosteudenlähteet ovat peräisin ja kuinka niiden aiheuttama rasite rakenteille voidaan minimoida. Rakennusmateriaalit voivat sellaisenaan olla yksi kosteudenlähde (Ojala 2013, 36). Materiaalien valinnassa on huomioitava kapillaarinen vedenliike huokoisessa aineessa. Rakenteissa kapillaarivoimat aiheuttavat veden kulkeutumista muista materiaaleista huokosiin materiaaleihin ja tällöin kosteus liikkuu edelleen huokoisten materiaalien sisällä. Kapillaarinen vedenliike johtuu rakenteen ja sen eri ainekerrosten pyrkimyksestä päästä kapillaariseen tasapainokosteuteen. Erityisesti puu on materiaalina huokoinen ja imee vettä itseensä (Ojala 2013, 41). Kapillaarista siirtymistä voidaan rakenteissa katkaista esimerkiksi bitumikermillä, muovilla, bitumisivelyillä tai riittävän tiiviillä pintakerroksella. (Siikanen 2014, 66–68.)

## 2.8 Diffuusio

Seoksessa molekyylit pyrkivät liikkumaan vahvemmassa pitoisuudesta laimeampaan. Näin tapahtuessa seoksen pitoisuuserot tasaantuvat ajan myötä. Rakennustekniikassa diffuusiolla käsitellään yleensä kosteuden liikkumista rakenteiden läpi ja suurin osa materiaaleista läpäisee vesihöyryä jossain määrin. Yleensä diffuusion suunta kulkee lämpimästä tilasta kylmään. Suunnan tärkein tekijä on kosteusero tilojen välillä. Kosteusero pyrkii tasoittumaan suuntaan, jossa vesihöyryn osapaine on pienempi. Kylmä ilma voi sisältää vähemmän kosteutta kuin lämmin ilma, joten yleensä kosteuden määrä kylmässä ilmassa on pienempi kuin lämpimässä. Suunta voi olla kuitenkin kylmästä lämpimään, mikäli kylmemässä tilassa kosteuspitoisuus on suurempi kuin lämpimämmässä tilassa. (Siikanen 2014, 71.)

Rakenteessa huokosiin materiaaleihin diffuusion vaikutuksesta siirtynyt kosteus voi liikkua myös kapillaarisesti. Liiallisen vesihöyryn pääsy huoneilmasta seinän sisälle voidaan estää vesihöyrytiivillä kerroksella, joka sijaitsee lämmöneristeen ja lämpimän tilan välissä. Rakenteen vesihöyrynvastuksen tulee pienentyä kylmään tilaan päin mentäessä, jotta rakenteissa oleva kosteus kulkeutuisi kuivumaan ulkoilmaan. (Siikanen 2014, 70.)

Vesihöyryn lisäksi ilman muutkin kaasut toimivat diffuusion periaatteen mukaan. Jos huoneilman hapen määrä on ulkoilman suhteen pienempi ja hiilidioksidin vastaavasti suurempi, pyrkivät kaasut tasapainoon diffuusiolla ulkoilman kanssa. Tästä kaasujen liikkumisesta puhutaan rakenteen hengittävytenä. Diffuusiotiiviin kerroksen, kuten muovin sisällyttäminen rakenteeseen estää rakenteen hengittävyyden. (Siikanen 2014, 70–71.)

## 2.9 Konvektio

Konvektio on lämmön siirtymistä aineessa virtauksen mukana. Konvektiota tapahtuu luonnollisesti ilmantiheys- ja lämpötilaerojen takia, sekä pakotettuna konvektiona esimerkiksi puhaltimen vaikutuksesta. Rakennuksissa etenkin talvella luonnollinen konvektio kuljettaa seinärakenteissa lämpimän sisäpinnan ilmaa ylöspäin ja jäähtyessään ilman tiheys kasvaa ja ilma laskee viileämmän ulkoseinän kautta alas. Luonnollisen konvektion määrään eristeessä vaikuttaa paksuus ja eristemateriaali. Pakisuuden kasvaessa konvektion vaikutus kasvaa, jolloin eristeen lämmöneristävyys laskee. Materiaalin huokoisuus ja ilmanvastus on toinen merkittävä tekijä konvektion määrässä. Seinässä konvektion käyttäytyminen on helpommin ennustettavaa verrattuna yläpohjan eristeisiin. Vaakatasoisissa yläpohjan eristeissä lämmin ilma kohoaa eristeen yläosaan ja viileä ilma eristeen pohjalle. Tästä aiheutuu pyörteitä erisuuntiin, joiden liikkeitä on vaikea ennustaa. Yläpohjassa eristekerrokset ovat usein paksumpia kuin seinässä, ja eristeiden seassa on läpivientejä ja kattotuoleja, jotka vaikuttavat virtauksiin. Eristeen sisäisen luonnollisen konvektion lisäksi eristekerroksen päällä voi vaikuttaa myös pakotettu konvektio, esimerkiksi tuuletus venttiilin takia. (Siikanen 2014, 71–72; Kivioja & Vinha 2020, 3)

## 2.10 Rakenteiden U-arvo

Lämmönläpäisykerroin  $U$  ilmaistaa rakennusosan lämmöneristävyyttä (kaava 1). Pienempi  $U$ -arvo tarkoittaa suurempaa lämmöneristyskykyä. Rakennusosien  $U$ -arvoja käytetään rakennuslupaa haikissa rakennuksen määräystenmukaisuuden tarkastelussa, sekä rakennuksen energiankulutuslaskelmissa.  $U$ -arvoa varten tulee tietää käytetyn materiaalin lämmönjohtavuus ja eristekerroksen paksuus.

$U$ -arvo lasketaan CE-merkityille rakennusmateriaaleille EN-standardin tai muun hyväksytyt standardin mukaan määritetyt lämmönjohtavuuden ( $\lambda_U$ ) suunnitteluarvoja käyttäen.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

$U$  = rakennusosan lämmönläpäisykerroin  $W/(m^2K)$

$R_T$  = rakennusosan kokonaislämpövastus  $m^2K/W$

Kokonaislämpövastus ( $R_T$ ) koostuu rakennusosasta ja rakenteen ulko- ja sisäpintavastuksista. Rakenteet koostuvat yleensä useammasta eri materiaalista ja yksittäinen kerros lasketaan kaavalla 2.

$$R = \frac{d}{\lambda_U} \quad (2)$$

$R$  ainekerroksen lämpövastus  $m^2K/W$

$d$  ainekerroksen paksuus  $m$

$\lambda_U$  ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo  $W/mK$

Rakennusosan kokonaislämpövastus on yksittäisten lämpövastuksien, sekä pintavastuksien summa (kaava 3).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 \dots R_n + R_{se} \quad (3)$$

$R_T$  rakennusosan kokonaislämpövastus  $m^2K/W$

$R_T$  sisäpuolen pintavastus  $m^2K/W$

$R_1 + R_2 \dots R_n$  rakennusosan ainekerrosten lämpövastukset  $m^2K/W$

$R_T$  ulkopuolen pintavastus  $m^2K/W$

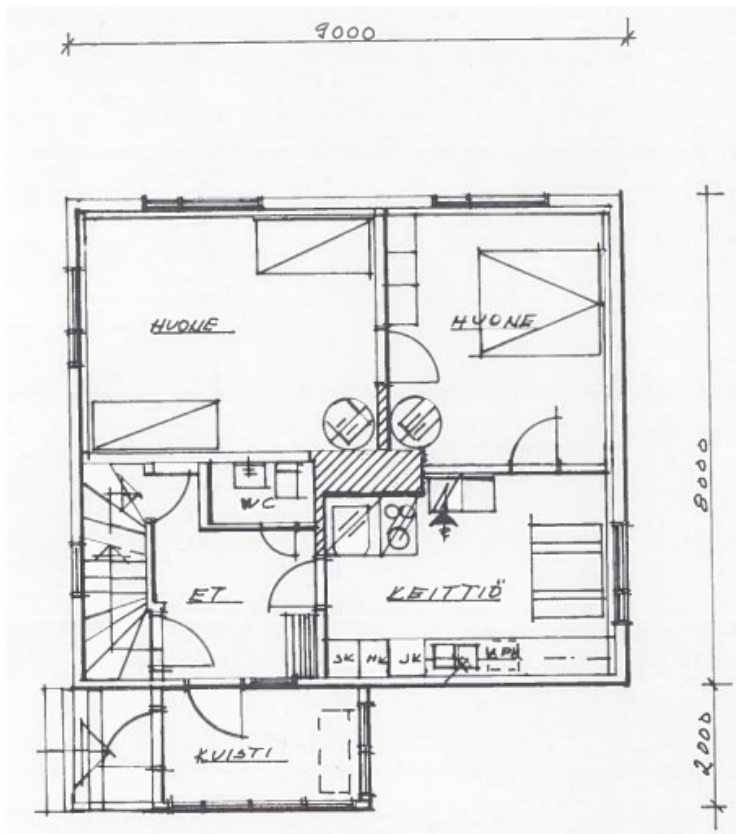
Rakennuksen ulkovaipalle on Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017, § 24) asetettu seuraavat vertailuarvot, joihin rakennusosien suunnittelussa tulee vähintään päästä:

Ulkoseinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

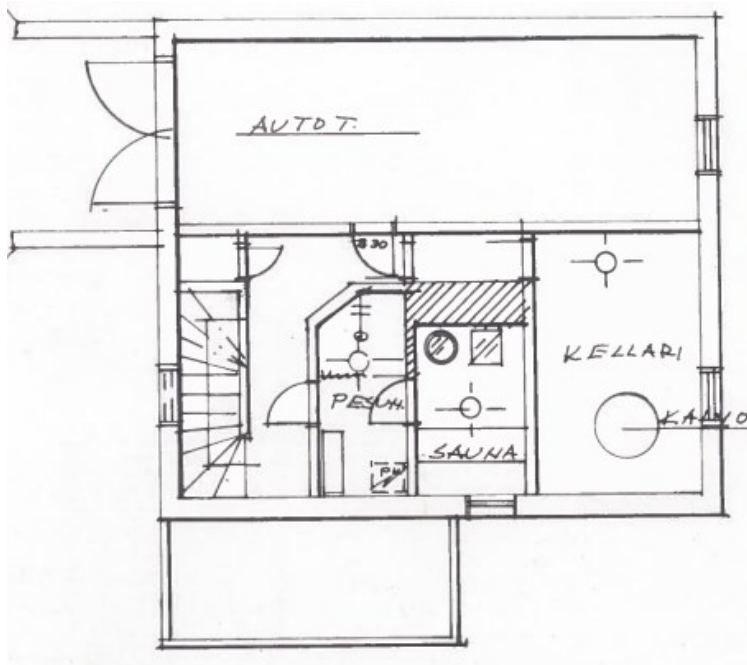
### 3 KORJAUSKOHDE

Kohteen viimeisimmät dokumentit ja piirustukset ovat vuodelta 1983 tehdyn peruskorjauksen yhteydestä. Kuvat kohteesta täsmäävät pääpiirteittäin kellarikerrosta lukuun ottamatta nykytilanteeseen. Osa kuvista päivitettiin AutoCad ohjelmalla (liite 1).

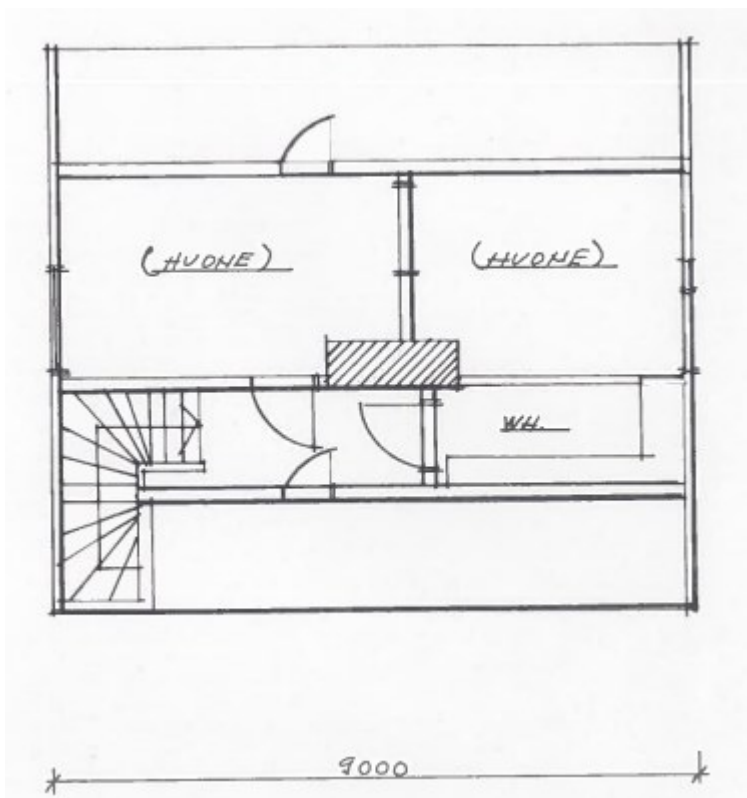
Talotyyppille ominaisesti huoneet kiertävät rakennuksen keskellä sijaitsevaa savupiipunhormia, jonka ympärille alakerrassa sijoittuu eteinen, keittiö ja kaksi huonetta (kuva 1). Kellarikerrosta (kuva 2) on remontoitu viimeisimmän dokumentoidun remontin jälkeen. Pesu- ja saunatilojen suhteet ovat muuttuneet, sekä autotallia ei ole enää vaan tilalla on työkaluvarasto. Autotallin ovi on vaihdettu tavalliseen ulko-oveen ja ajoluiskan tilalle on tehty katetut rappuset. Yläkerta on pysynyt rakennuksen alkuperäisessä tilanteessa. Yläkerran läpi kulkeva avoin tila on jaettu osittain väliseinällä kahdeksi huoneeksi. Kattorakenteiden takia talon sivuilla on reilun metrin leveät sivu-ullakot, joihin on pääsy molemmin puolin taloa (kuva 3).



KUVA 1. Alakerran pohjakuva



KUVA 2. kellarissa on tehty muutoksia, joita ei ole päivitetty piirustuksiin.



KUVA 3. yläkerran pohjakuva

### 3.1 Tilojensuunnittelu

Yläkerran tilajaon suunnittelua määritteleviä tekijöitä ovat erityisesti kantavana rakenteena oleva kehäristikko, sekä melko keskellä taloa sijaitseva savuhormi. Kehäristikko jatkuu rakennuksen lävitse määrittäen huoneiden uloimmat seinälinjat. Keskeisellä paikalla oleva hormi vaikeuttaa yläkerran jakamista kahta useampaan huoneeseen, jos huoneisiin halutaan kulku omista ovista. Ikkunoita on vain yhdet kappaleet molemmissa päissä rakennusta. Huoneita lisättäessä pitäisi myös saada ikkuna uudelle huoneelle. Luonnonvalon lisäämiseksi talon päädyssä pitäisi ikkunat sijoittaa uudelleen tai ottaa sivu-ullakot huonetilaan mukaan, jolloin talon sivulle voi lisätä ikkunat. Sivu-ullakot vievät tilaa yläkerran huoneiden pinta-alasta, jolloin tilojen jakaminen kolmeen voi tehdä huoneista hieman ahtaita. Kaksi suurempi kokoista huonetta istuukin kerroksen pohjaan luontevammin tai vaihtoehtoisesti yksi suuri avonainen tila.

Sivu-ullakoiden suhteen vaihtoehtona on sulkea tilat eristämisen yhteydessä tai ottaa sivut osaksi asuinhuonetta. Sivu-ullakoiden väliseinätolpat ovat kantavaa rakennetta, joten sivuille asti laajennettaessa puiset tolpat jäävät huonetilaan näkyville. Sivuosien avaaminen on työläämpi vaihtoehto, kun jokainen tolppa pitää käydä läpi erikseen rakentaessa. Sivu-ullakot ovat melko kapeat ja eristäminen kaventaa niitä entisestään. Käyttöön otettaessa niille jää leveyttä noin 1250 mm. Talon katto on jyrkkä ja tästä johtuen sivu-ullakot ovat myös varsin matalat. Ulkoseinän vieressä korkeutta on vain reilun metrin verran ja tolppien lähellä reilu kaksi metriä. Sivu-ullakoiden ahtauden ja tiheässä olevien tolppien vuoksi sivujen käyttöönotto ei välttämättä ole kovin käytännöllinen tilan lisäyksenä. Jos sivut halutaan käyttöön, niin tolppista voi saada hieman erilaista visuaalista ilmettä tiloihin.

Yläkertaan voi halutessa rakentaa Wc-tilat ja edellisessä remontissa on viemäriputki asennettu valmiiksi alakerran wc:stä yläkerran välipohjaan. Wc-tilan käyttöönotto lisää yläkerran käyttömukavuutta makuuhuoneina. Haasteena on kuitenkin sijainti kulkuväylän lähetyvillä, jolloin käytävästä ja wc:stä tulee melko ahtaat.

## 4 RAKENNESUUNNITTELU

Rakennesuunnittelun osalta kohteessa vertaillaan kahta toteutusvaihtoehtoa. Rakenne höyrynsulun kanssa, jolloin käytettäisiin polyuretaanisia eristeitä tai vaihtoehtoisesti ilman höyrynsulkua hygroksooppisilla eristeillä, kuten puukuitueristeillä. Rakennusfysiikan kannalta vaihtoehtojen toiminta periaatteet ovat hyvin erilaiset ja molemmissa vaihtoehdoissa on hyvät ja huonot puolensa. Kohteena on iäkäs rakennus ja remonttia tehdään vain yhteen osaan rakennusta. Korjaustöiden yhteydessä on kuitenkin tarkasteltava rakennuksen toimivuutta kokonaisuudessaan. Erilaiset rakenneratkaisut eri osissa rakennusta voivat aiheuttaa toiminnallisia haasteita rakenteissa, liittymäkohdissa ja ilmanvaihdon toimivuudessa.

### 4.1 Diffuusiotiivis rakenne

Pientalojen suosittu eristämiskorjaus on viime vuosikymmenien ajan ollut lasi- tai kivivillaeriste, jonka yhteydessä käytetään höyrynsulkuna diffuusiotiivistä muovia (Rinne 2018, 145). Diffuusiotiivisrakenne estää ilman ja sen kaasujen liikkumisen rakenteiden läpi. Olennaista on rakenteen ominaisuus estää vesihöyryn liikkuminen huoneilmasta rakenteisiin. Etenkin talvella kosteus pyrkii rakenteiden läpi sisältä ulos, kun sisäilman kosteuspitoisuus on paljon ulkoilman pitoisuutta suurempi. Riskinä rakenteiden sisäisessä kosteusliikkeessä on veden tiivistyminen kylmiin pintoihin rakenteiden sisällä. Rakenteiden sisään kertyvä vesi aiheuttaa kosteusvaurioita ja mikrobikasvua. Rakenteen toiminnan kannalta oleellista on, että muovisulku on oikein asennettu yhtenäisen ja ehjä kokonaisuus. Tyypillisiä riskejä muovin tiiveydessä ovat asennusvaiheessa tulleet reiät, jotka jäävät paikkaamatta sekä läpivientien ja muovin liitosten tiiveys. Pienetkin reiät tarjoavat kulkuväylän vesihöyryn liikkeelle.

Kotitalouksissa kosteutta tulee sisäilmaan runsaasti esimerkiksi ruoanlaitosta, pyykin pesusta ja peseytymisestä. Elämisestä syntyvä liiallinen ilmankosteus tulee saada poistettua huoneilmasta, jotta se ei tiivisty vedeksi pintoihin tai löydä reittiä rakenteisiin. Kosteussuljettujen rakenteiden yhteydessä käytetään yleensä koneellista poisto- ja tuloilmanvaihtoa, jolloin ilma saadaan vaihtumaan riittävästi ja kosteuspitoisuus ei kasva liian suureksi. Ilmanvaihtojärjestelmällä rakennus tehdään hieman alipaineiseksi. Alipaineisuus estää huoneilman ilmankosteuden päätyksen rakenteisiin, mikä voisi tapahtua rakennuksen ollessa ylipaineinen ulkoilman suhteen. Liian suuren alipaineen riskinä on, että korvausilma tulee rakenteiden sisältä ja tuo epäpuhtauksia ilmaan. Ilmanvaihtokoneiston tulee olla siis oikeissa säädöissä riittävän ilmanvaihdon onnistumiseksi.

Kosteuskäyttäytymisen kannalta saman tyylinen rakenne saadaan käyttämällä polyuretaanisia eristelevyjä. Polyuretaanin etuna on eristeen tehokas lämmöneristyskyky, jolloin ohuempi eriste saavuttaa tarvittavan lämmöneristävyyden. Uretaanin suuren vesihöyrynvastuksen vuoksi erillistä höyrynsulkua

ei tarvita. Eriste on itsessään homehtumaton, mutta esimerkiksi sisäverhouksen ja eristeen väliin voi kosteus kertyä sopivissa olosuhteissa.

#### 4.2 Diffuusiolle avoin rakenne

Vertailuvaihtoehtona on lämmöneristys puukuitupohjaisella eristeellä. Puukuitueristeet ovat yleensä pääosin valmistettu kierrätetystä puukuidusta, mikä tekee siitä ekologisen valinnan. Oleellisena erona kun verrataan selluvilloja muihin eristeisiin, on selluvillan korkea absorptio- eli kosteuskapasiteetti. Puupohjaisena tuotteena selluvillat omaavat puun hygroskooppisuuden eli ominaisuuden sitoa ja luovuttaa kosteutta ilmasta. Materiaali vastaa siis ilmansuhteellisen kosteuden (RH) muutoksiin pyrkien tasapainoon vallitsevan kosteuspitoisuuden kanssa. Hygroskooppinen materiaali tasapainottaa sisäilman suuria kosteusvaihteluita. Kosteuskuormituksen kasvaessa hygroskooppiseen materiaaliin sitoutuu kosteutta ja ilman kuivussa kosteutta vapautuu takaisin huoneilmaan. Asuinrakennuksessa sisäilman kosteus määrä on yleensä suurempi verrattuna ulkoilmaan ja diffuusion vaikutuksesta kosteus pyrkii rakenteen läpi ulos kohti pienempää osapainetta. Tällä kosteusliikkeellä on sisäilmaa kuivattava vaikutus etenkin talvella kosteuserojen olleessa suuret. Hygroskooppisen rakenteen etuna on sen kyky käsitellä kosteutta. Materiaalissa kosteus pystyy siirtymään pienempään pitoisuuteen ja kuivumaan ulkoilmaan.

Rakenteen toiminnalle oleellisena tekijänä on se, että siinä ei käytetä diffuusiotiivistä höyrynsulkua, vaan tilalla on ilmansulkupaperi. Ilmansulkupaperi estää haitalliset ilmavirrat, mutta sallii diffuusion sisä- ja ulkoilman välillä. Rakenteen kuivumisen kannalta on tärkeää suunnitella rakenne harvenemaan sisältä ulospäin, jolloin vesihöyrynvastus saa olla ulkopinnassa enintään viidennes sisäpinnan höyrynvastuksesta (Salonvaara & Kokko, 1999, 45–46.).

Diffuusiosta rakenteissa puhutaan usein rakenteen hengittävytenä, kun ilmassa olevat kaasut pääsevät virtaamaan rakenteesta lävitse. Vesihöyryn lisäksi esimerkiksi hiilidioksidi voi siirtyä seinän läpi pienempään osapaineeseen kohti ulkoilmaa. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkimuksessa verrattiin kahden hengen makuuhuoneen yöllisen hiilidioksidimäärän vaihtelua höyrynsuljetussa ja suluttomassa rakenteessa. Tutkimuksessa todettiin pitoisuuden olevan jopa 25 % pienempi höyrynsuluttomassa huoneessa kuin höyrynsuljetussa vertailuhuoneessa. Samassa kokeessa verrattiin suhteellisen kosteuden muuttumista yön aikana ja pitoisuus kasvoi 5 %-yksikköä höyrynsuluttomassa tilassa ja 25 % prosenttiyksikköä höyrynsulullisessa. Kokeessa huoneen ilmanvaihto oli jatkuvasti 0,5 vaihtoa tunnissa ja tuloilman lämpötila oli jatkuvasti 20 °C ja RH 50 % (Salonvaara & Kokko, 1999, 47–49.).

#### 4.3 Toteutuksen valinta

Eristyskyvyn puolesta polyuretaaniset eristeet vievät voiton tehokkuudessa. Lämmönjohtavuus ( $\lambda_u$ ) on esimerkiksi Finnfoamin polyuretaanisilla PIR-eristeillä 0,022 W/(mK) (Finnfoam 2020). Vertailutuotteena Ekovillan puukuitueristeen eristyskyky on huomattavasti pienempi 0,038 W/(mK) (Ekovilla, 2020). Käytäntöön tämä ero vaikuttaa eristekerroksen paksuutena. Rakenteille asetettujen eristysvaatimusten täyttymiseksi on siis kasvatettava kerrospaksuutta selluvillalla ja polyuretaanilla selvittää



ohuemmalla rakenteella. Esimerkiksi ulkoseinälle rakennusmääräyksissä asetettu U-arvo vaatimus on  $0,17 W/(m^2K)$ . Tavoitearvoon päästään rakenteella, jossa on 130 mm uretaanilevyä. Selluvillalla vastaavaan arvoon tarvitaan 200 mm eristepaksuus. Yläpohjassa ero on vielä suurempi U-arvon vaatimuksen ollessa  $0,09 W/(m^2K)$ . Kohteen mukaan tilanmäärä voi olla merkittävä tekijä valintaa tehdessä. Tämän työn kohteessa tilaa kuitenkin on yläpohjassakin reilusti, jolloin suurempi määrä eristettä ei tuota ongelmia.

Sisäilmanlaadun ja ilmanvaihdon kannalta verrattuna hygroskooppinen diffuusion salliva rakenne vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta. Kohteessa on tällä hetkellä painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötila- ja paine-eroihin, josta johtuen ilmanvaihdon tehokkuus vaihtelee sääolojen mukaan. Tästä johtuen ilmanvaihtuvuus ei ole välttämättä aina tarpeeksi tehokasta diffuusiotiiville rakenteelle.

Eristemateriaaleille tehtiin hintavertailua rautakauppojen kuluttajahintoja vertaillen. Kauppiaiden kesken oli huomattavia hintaeroja ja vertailua päädyttiin tekemään Taloon.com (2022) sivuston hintojen perusteella. Seinän eristyksille verrattiin kustannuksia euroa neliometriä kohden. Vertailutuotteina käytettiin Finnfoam PIR eristeitä (taulukko 1) ja Ekovillan tuotteita (taulukko 2). Työntilaaajan kanssa päädyttiin valitsemaan kohteelle puukuitueristys.

TAULUKKO 1. Ulkoseinärakenne Finnfoam PIR

Materiaali	Paksuus	€/m <sup>2</sup>
Kipsilevy	13 mm	5,42 €
Mineraalivilla	50 mm	7,15 €
FF-PIR 30	30 mm	11,5 €
FF-PIR 100	100 mm	31,2 €
Hinta yht. €/m <sup>2</sup>		55,72 €

TAULUKKO 2. Ulkoseinärakenne Ekovillalla

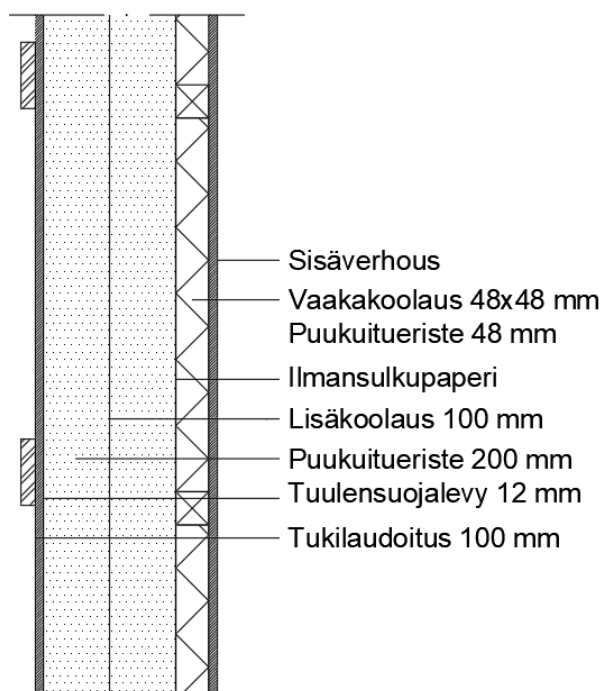
Materiaali	Paksuus	€/m <sup>2</sup>
Kipsilevy	13 mm	5,42 €
Ekovillalevy 50	50 mm	7,9 €
Ekovilla X5 ilmansulku	1m <sup>2</sup>	1,22 €
Ekovillalevy 100	200 mm	29,7 €
Tuulensuojalevy	12 mm	5,91 €
Hinta yht. €/m <sup>2</sup>		50,15 €

#### 4.4 Seinärakenteet

Rakennuksen ulkovaippa on aiemmin remontoitu ja tässä yhteydessä ulkoseinien eristeet on vaihdettu ensimmäisessä kerroksessa alkuperäisistä purueristeistä mineraalivillaan. Ulkoseinien eristekerroksen paksuus on 150 mm, jolla ei saavutettaisi enää nykyisten määräysten lämmöneristävyttä. Ullakkoa eristettäessä tulee seinän paksuutta kasvattaa riittävän lämmöneristävyuden saavuttamiseksi. Tämä

tapahtuu asentamalla lisäkoolaus olemassa olevien runkotolppien päälle, jolloin saadaan eristekerroksen paksuutta kasvatettua ja lämmöneristävyys määräykset täyttävälle tasolle. Vähimmäisvaatimus lämpimälle ulkoseinälle on  $U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Yläkerran päätyseinät eristetään ulkoseinää vasten ja sivu-ullakoiden puolelle rakennetaan koteloinnit kuvan 4 mukaisesti. Sivu-ullakon väliseinän ulkopuoleisen pinnan laudoitus puretaan ja pystytolppiin asennetaan 100 mm lisäkoolaukset. Lisäkoolauksen päälle asennetaan tuulensuojalevyt 12 mm, joiden päälle kiinnitetään tukilaudat 600 mm välein. Sisäpuolen laudoituksen purkamisen jälkeen rakennetut kotelot voidaan eristää puukuitueristeellä. Ilmansulkupaperi kiinnitetään koolauksiin eristeen pintaan ja limitetään 200 mm väli- ja yläpohjan ilmansulkupaperien kanssa (Ekovilla 2021, 4). Seuraavana asennetaan 48x48 rimoitus sekä saman vahvuinen eristelevy ja lopulta valittu pintamateriaali. Pintamateriaalien höyrynläpäisevyys tulee varmistaa, jotta ei vahingossa tehdä rakenteesta diffuusiotiivistä esimerkiksi maalaamisen yhteydessä.



KUVA 4. Uuden seinärakenne.

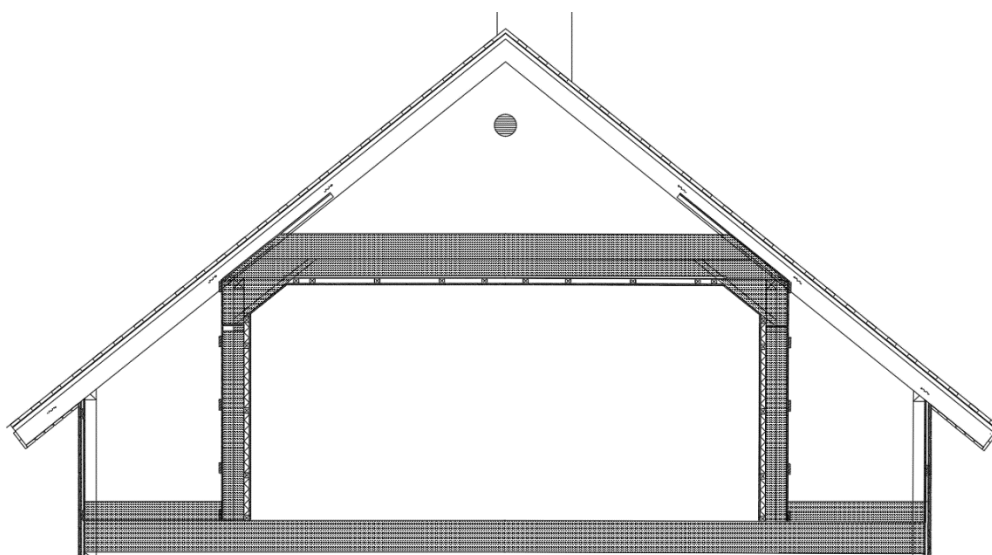
Rappukäytävän ulkoseinä (kuva 5) on eristetty mineraalivillalla ja uutena eristeenä käytetään puukuitupohjaista eristettä. Eristeiden kosteustekniset ominaisuudet ovat keskenään erilaiset, joten vanha eriste tulee poistaa ennen uuden asennusta. Puukuitueristeen hyvänä ominaisuutena on mahdollisuus märkäpuhaltaa eriste koolausten väliin. Kohteen rakenteissa puutavara on hyvin vaihtelevaa, mikä voisi tehdä palavillalla eristämisestä haastavaa. Puhallettuna puukuitueriste täyttää kolot, sekä eri mittaiset koolausvälit ja lopputuloksesta tulee tiivis ja yhtenäinen.



KUVA 5. Vasemmalla sivu-ullakko ja oikealla portaiden päätyseinä.

#### 4.5 Yläpohja

Yläpohjaksi kutsutaan rakennuksen ylimmän kerroksen yläpuolisten rakenteiden ja vesikaton muodostamaa kokonaisuutta. Kohteen uusi yläpohja koostuu ilmansulusta, lämmöneristeestä, kantavasta rakenteesta, sekä vesikatteesta. Yläpohjan tehtävä on eristää lämpöä ja pitää sadevesi poissa rakennuksen sisältä. Toimivan yläpohjan kannalta tärkeää on ilman vaihtuminen yläpohjatilassa, jotta mahdollinen kosteus pääsee tuulettumaan ulkoilmaan rakenteista. Vesikatteen ja eristyksien väliin tulee jäädä kattokaltevuudesta riippuen riittävä tuuletusväli. Kohteen jyrkälle katolle riittävä väli on 75 mm (Sisäilmayhdistus ry 2008). Ilman tulee pystyä kulkemaan räystäältä harjalle esteettä (kuva 6).



KUVA 6. Kuvassa kohteen välipohjatilan tuulettuminen.

Kuvasta 7 näkyy kohteen vanha vesikattorakenne, joka eroaa nykypäiväisestä rakentamistavasta. Peltikate on kiinnitetty kattotuolien päällisiin ruodelautoihin nauloilla. Naulat voivat ajan myötä nousta ylös, jolloin ne eivät pidä katetta ruoteissa kiinni sekä tarjoavat vedelle reitin sisään. Katteen ollessa muuten hyväkuntoinen voidaan kunnostus toimenpiteenä naulat vaihtaa nykyaikaisiin kateruuveihin.

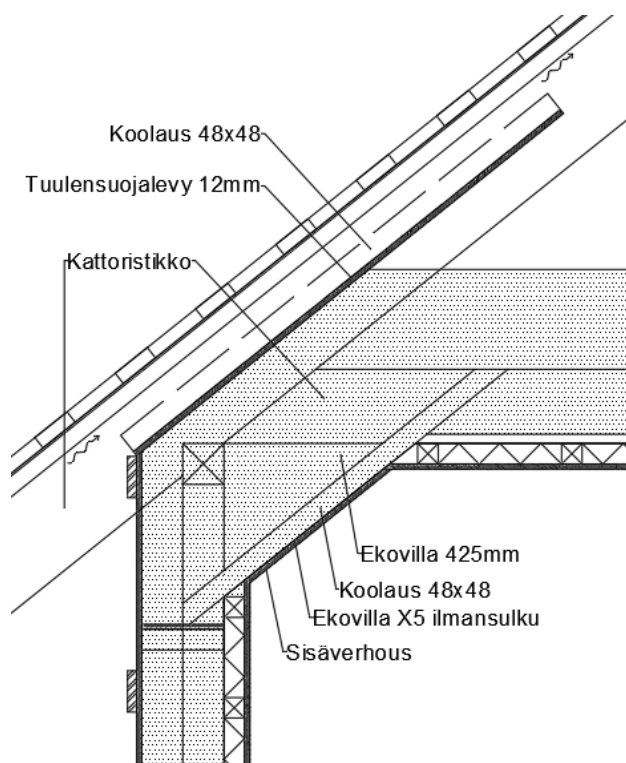
Suurempi puutos rakenteessa on aluskatteen ja tuuletusrimoitusten uupuminen. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen kasvaessa yläpohjatilassa oleva ilmankosteus kondensoituu katteen alapuolelle, josta vesi voi pudota kastelemaan välipohjan rakenteita. Aluskatteen avulla katteeseen tiivistynyt vesi saadaan kuljetettua räystäälle, jolloin vesi saadaan johdettua pois sisätiloista.

Kohteessa vesikate on hyvä uusien yläkerran eristämistä. Toimiva vesikattorakenne on tärkeässä osassa yläpohjan kuivana pysymisen kannalta. Vesikatetta uusimalla voidaan rakennetta korottaa, jolloin saadaan katteen ja tulevan eristyksen tuuletusväliä kasvatettua. Näin tehtynä saadaan ilman kiertoa tehostettua välipohjatilassa.



KUVA 7. Vesikattorakenne eroaa nykypäiväisestä asuinrakennuksen rakenteesta.

Yläpohjan eristystä varten seinän ja yläpohjan yhteyteen rakennetaan ontelo, joka erotetaan seinän eristyksestä (kuva 9). Kattotuolien väleihin asennetaan tuulensuojalevyt, jotka jatkuvat tulevan eristepinnan yli vähintään 250 mm. Seinän ja yläpohjan välistä kallistusta joudutaan laskemaan reilut 200 mm alemmas, jotta saadaan ontelosta riittävän suuri. Lämpimän yläpohjarakenteen lämmöneristysvaatimus on  $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Vaatimukseen päästään puhalluseristeen paksuuden ollessa 425 mm. Puhalluseristeellä on tapana painua ajan kuluessa, minkä vuoksi haluttuun paksuuteen kannattaa lisätä 20% painumavara (ekovilla 2021, 23). Sisäverhoukselle rimoituksen koolausväli katossa on 300 mm.



KUVA 9. Ontelorakenne erotetaan seinän rakenteesta.

Eristettävän yläpohjan läpi kulkee talon savuhormi ja tämä tulee huomioida paloturvallisuuden kannalta vastaavasti. Hormin läpivienti tulee kiertää A1-luokan palovillalla 2x50 mm ja palovillan tulee jatkua vähintään 100 mm puhallusvillojen yläpuolelle. Hormille täytyy laatia ennen remonttia hormipiirustus rakennusvalvontaa varten. (Ekovilla 2021, 25)

#### 4.6 Välipohja

Rakennuksen välipohjassa on edelleen alkuperäiset purueristeet, jotka ovat tarkastelu kohdalla hyvässä kunnossa (kuva 10). Lattian avaaminen ja purujen vaihtaminen uuteen puukuitueristeeseen on suositeltavaa, jotta saadaan tarkastettua koko välipohjarakenteen kunto. Kohteen rakenteissa on ollut hyvin vaihtelevaa materiaalia kantavien rakenteidenkin osalta. On siis hyvä varmistua, että välipohjan palkisto on tarpeeksi kantava. Eristyksen uusimisen yhteydessä saadaan myös ilmansulkupaperit asennettua yhtenäiseksi kokonaisuudeksi.



KUVA 10. Välipohjan purut ulkoseinän lähellä ovat säilyneet kuivana.

## 5 POHDINTA

Työssä perehdyttiin vanhan rakennuksen eristämiseen ja pohdittiin rakennusfysiikan kannalta parasta vaihtoehtoa. Suunnittelun kohteena olleeseen rintamamiestalon ullakkoon tuotettiin valitusta rakennetyypistä osa piirustuksista rakennuslupaa varten ja samalla ajantasaistettiin rakennuksen vanhat pääpiirustukset.

Ennen aiheeseen perehtymistä oletin kahdesta eri vaihtoehdosta polyuretaanieristeiden olevan ensimmäinen valinta toteutukselle. Materiaalin tehokas lämmöneristävyys mahdollistaisi ohuimman rakenteen, jolloin voisi saada hieman enemmän tilaa kuin muilla eristeillä. Lisäksi polyuretaani on helppo asentaa ja työstää. Polyuretaanisen eristeen ongelma tässä kohteessa on sen luoma höyrinsulku, josta osoittautui ratkaiseva tekijä. Rakennusta ei ole alkujaan suunniteltu höyrinsulkua sisältäväksi ja ilmanvaihto on painovoimainen. Koneellinen ilmanvaihto on oleellisessa osassa höyrinsuljettua rakennetta. Sen avulla sisäilman vaihtuvuus saadaan säädettyä toimimaan aina riittävällä teholla. Painovoimaisen ilmanvaihdon kanssa voi ilmetä haasteita sisäilman vaihtuvuudessa.

Rakennusfysiikkaan perehdyttyä diffuusion salliva rakenne osoittautui siten suotuisaksi valinnaksi kohteelle. Rakennus on alun perin rakennettu hygroskooppisista materiaaleista, jollaista valituksi tulleet puukuituiset eristeet ovat. Suunnitellulle rakenteelle eduksi on sen mahdollisuus sallia ilman kaasujen liike pienempään pitoisuuteen. Käytännössä siis sisäilman hiilidioksidi, sekä kosteus kulkeutuu ulos päin ja oikein rakennetun rakenteen kanssa kosteus haihtuu ulkoilmaan. Puumateriaalien hygroskooppisuuden vuoksi rakenne ei ole yhtä herkkä mahdollisille kosteuden muutoksille verrattuna esimerkiksi mineraalivilloihin.

Eristevalmistajia on paljon markkinoilla ja vastaaviin rakennuksiin on paljon remonttiohjeita- ja videoita tarjolla. Aiheesta tietoa etsiessä faktaan ja tutkimukseen perustuvaa puolueetonta tietoa oli melko vaikea löytää nopealla katsauksella. Aihe tuntui jakavan mielipiteitä niin keskustelupalstoilla kuin ammattimaisemmillakin lähteillä. Esimerkiksi lähteenä käytetty Ojalan kirja sisälsi paljon mielipiteitä ja

arvostelua monille vakiintuneille käytännöille, kuten höyrynsuljetun rakenteen käyttäminen yleisesti ensisijaisena valintana sai kritiikkiä. Ojala kuitenkin perusteli väitteitään sekä kommenttejaan hyvin. On hyvä perehtyä aiheeseen mahdollisimman laajasti ja pyrkiä tekemään valintoja tutkittuun tietoon perustuen.

Lähteenä käyttämäni tutkimusta rakenteiden diffuusion läpäisevyydestä voisi olla mielenkiintoista testata eteenpäin. Tutkimuksessa voisi tarkastella, kuinka paljon materiaali ja kerrospaksuus vaikuttaa kaasujen läpäisevyyteen ja kuivumisen nopeuteen. Olisin kiinnostunut esimerkiksi siitä, että kuinka paksu puukuiturakenne mahdollisesti hidastaisi kosteuden poistumista rakenteesta ja alkaisi Suomen sääoloissa kerryttää kosteutta rakenteeseen.

Eristysmateriaalin valinnan lisäksi työssä tuotettiin kuvia rakennuslupia varten (liite 1). Kuvien tuottamisessa haasteena oli kohteen vanhojen kuvien epätarkkuus, sekä se ettei kuvissa ollut juurikaan mittoja. Paikan päällä käytiin tekemässä mittauksia, jolloin todettiin piirustuksien olevan melko suuntaa antavat. Kaikkia kuvia ei saatu lopulliseen tarkkuuteen lähtötietojen vähäisyyden vuoksi. Rakennusvalvonnan kanssa on keskusteltava lupien hakemisen yhteydessä, kuinka tarkkoina kuvat halutaan tällaisesta vanhasta kohteesta. Työssä tehdystä AutoCAD tiedostosta on saatavilla lähes kaikki tarvittavat kuvat, ja ne ovat muokattavissa tarpeen vaatiessa.

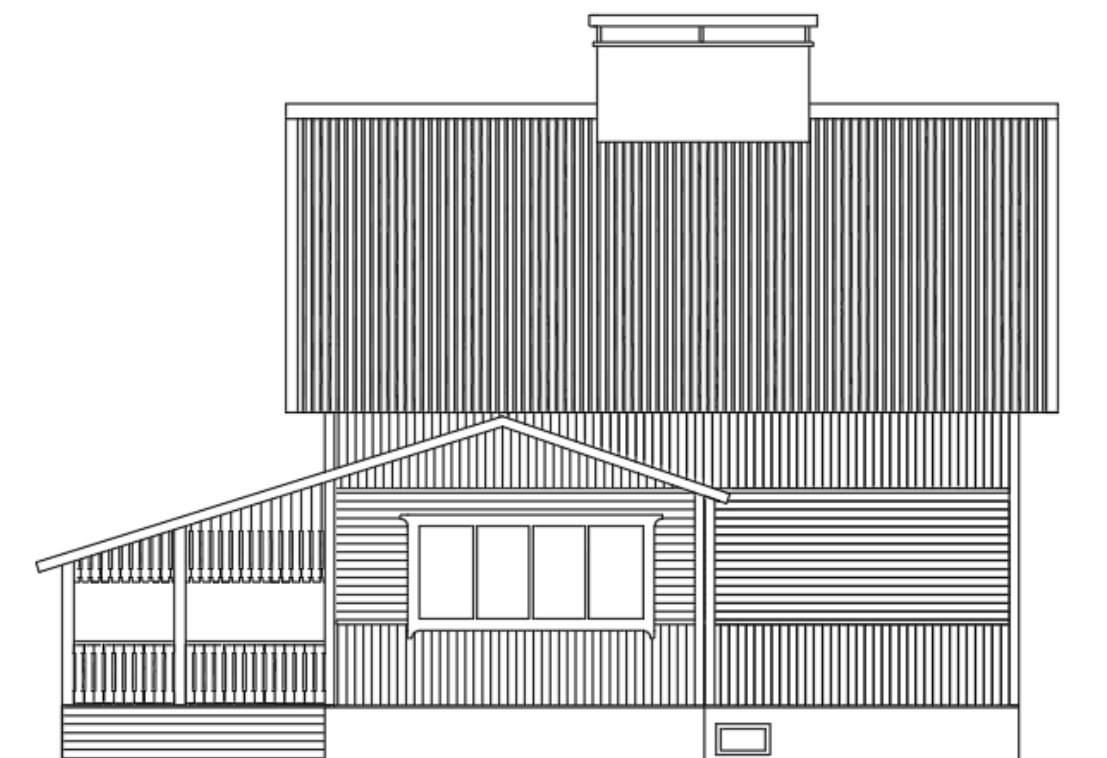
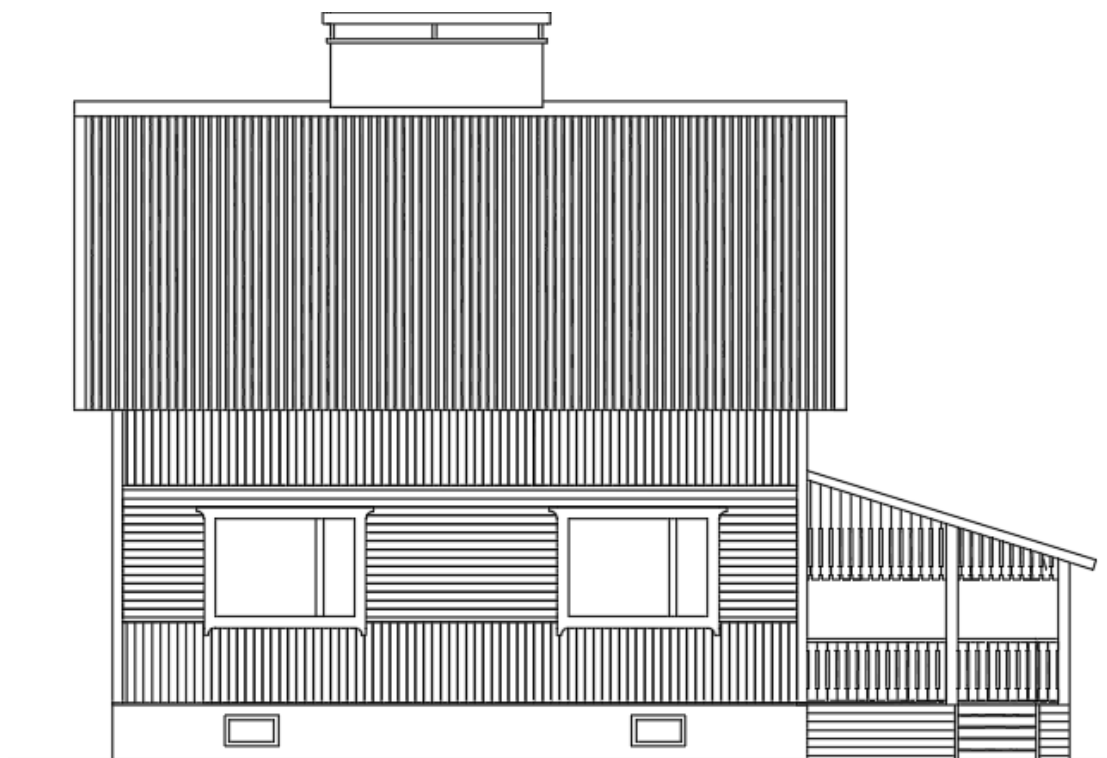
Opinnäytetyössä perehtyminen rakennusfysiikkaan ja rakenteiden toimintaan oli mielenkiintoista. Aiheen ymmärrys on erittäin tärkeää, sillä virheet tällä alueella aiheuttavat ongelmia usein vasta rakennusvaiheen jälkeen rakennuksen ollessa jo käytössä. Korjaaminen tässä vaiheessa on kallista, joten on hyvä välttää nämä virheet ja ymmärtää mitkä tekijät lisäävät riskejä. Yleisesti työssä perehtyneisyyteni korjausrakentamiseen ja rakentamisen säädöksiin on lisääntynyt. Kuvien työstäminen vei opinnäytetyössä paljon aikaa erilaisten haasteiden vuoksi ja ohjelman käyttäminen vaati myös jonkin verran opettelua. Saatujen tietojen perusteella sai kuitenkin tehtyä havainnollistavat ja selkeät kuvat kohteen rakenteista sekä talon julkisivuista.

## LÄHTEET

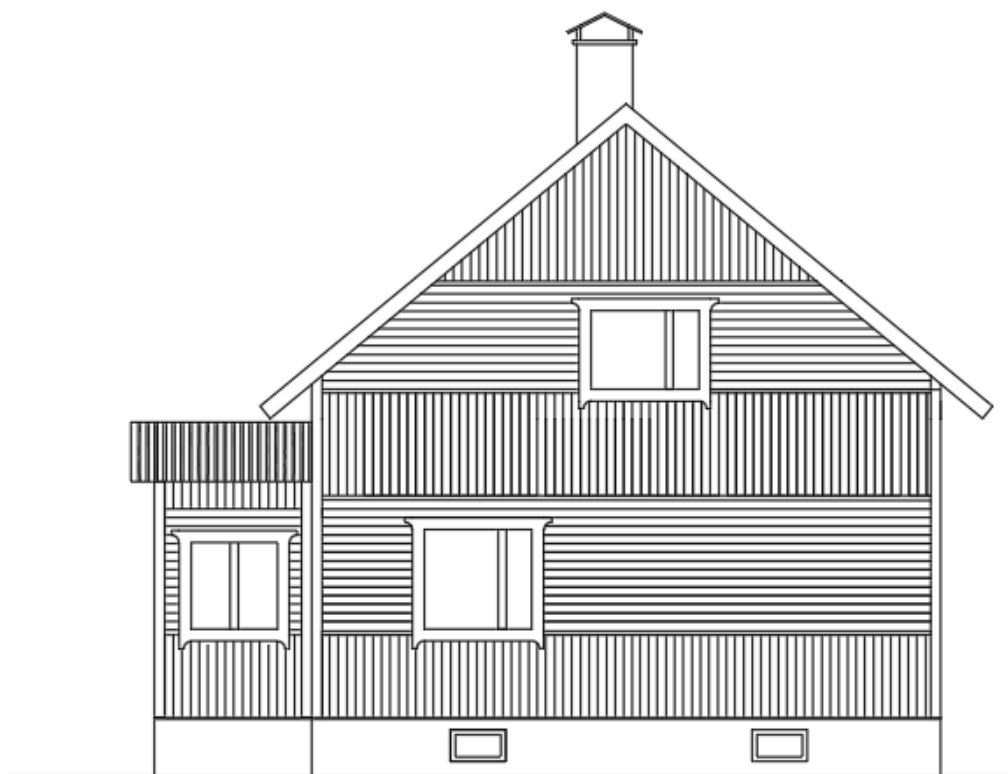
- Ekovilla 2020. Puhallusvilla. Verkkojulkaisu. <https://ekovilla.com/tuotteet/puhallusvilla/> Viitattu 16.11.2022
- Ekovilla 2021. Rakenteet. Rakenneopas. Pdf-tiedosto. [https://ekovilla.imagebank.fi/sharing/file/8ec6a6c23bae6ba1/Ekovilla\\_Rakenneopas\\_2021.pdf](https://ekovilla.imagebank.fi/sharing/file/8ec6a6c23bae6ba1/Ekovilla_Rakenneopas_2021.pdf). Viitattu 27.09.2022.
- Finnfoam 2022. FF-PIR ullakko YP04. Verkkojulkaisu. [https://finnfoam.fi/wp-content/uploads/2022/12/FF-PIR-ullakko-YP04\\_2022\\_fi.pdf](https://finnfoam.fi/wp-content/uploads/2022/12/FF-PIR-ullakko-YP04_2022_fi.pdf). Viitattu 01.06.2023
- Kivioja Henna, Vinha Juha 2020. Hot-box measurements to investigate the internal convection of highly insulated loose-fill insulation roof structures. *Energy and Buildings*, Volume 216, 2020, 109934, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109934>.
- Kyyrönen, Keijo 2008. Talonrakennus 2. Helsinki: Otava.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L19P131>. Viitattu 27.09.2022.
- Myyryläinen, Leevi 2019. Rakennusten elinkaari, energia ja kunto. Rakennustieto Oy: Helsinki.
- Ojala, Kari 2013. Talo ilman hometta. Helsinki: Into-Kustannus.
- Rinne, Hannu 2013. Perinnemestarin rintamamiestalo: Kunnostus ja ylläpito. Werner Söderström Osakeyhtiö:Helsinki.
- Rinne, Hannu. 2018. Perinnemestarin materiaalioppi: Mistä on vanhat talot tehty. Werner Söderström Osakeyhtiö:Helsinki.
- Salonvaara, Mikael & Kokko, Erkki 1999. Sellukuiturakenteiden lämmön- ja aineensiirtotekninen toiminta. Espoo 1999, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1946. 51.
- Siikanen, Unto 1998. Puurakennusten suunnittelu. Rakennustieto Oy.
- Siikanen, Unto 2014. Rakennusfysiikka Perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy.
- Sisäilmayhdistys ry 2008. Vesikatto ja yläpohja. Terveelliset tilat. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2008. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Vesikatto-ja-ylapohja>. Viitattu 23.05.2023.
- Taloon.com 2023. Verkkojulkaisu. <https://www.taloon.com/>. Viitattu 16.11.2022
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010#Pidm45843168882944>. Viitattu 27.05.2023.



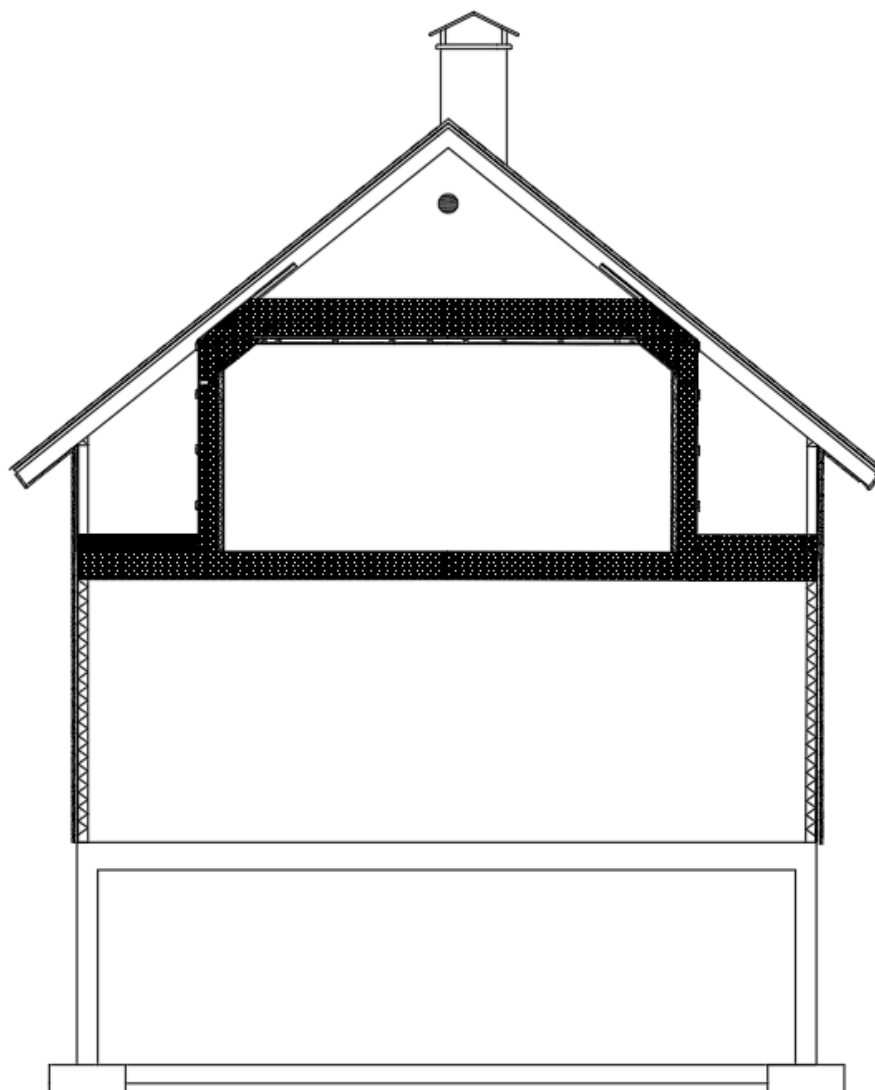
## LIITE 1. PÄIVITETYT KUVAT KOHTEESTA



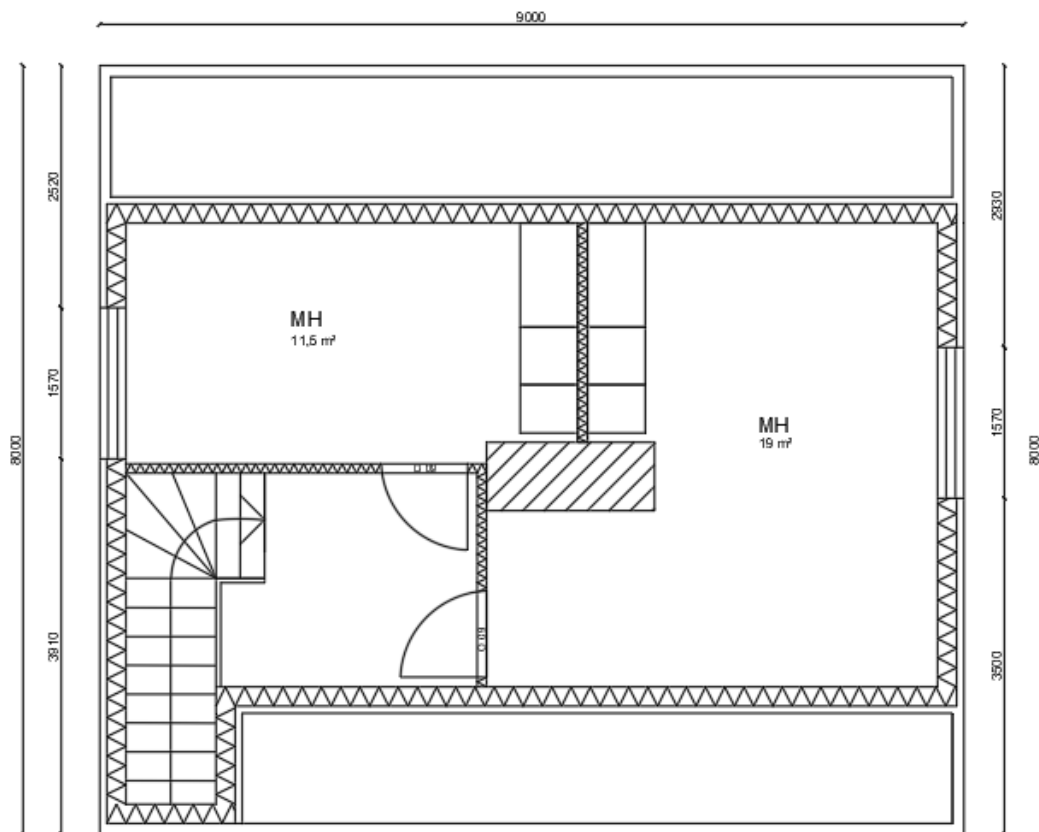
Kuva 1. Julkisivukuvat sivuilta. Ei mittakaavassa.



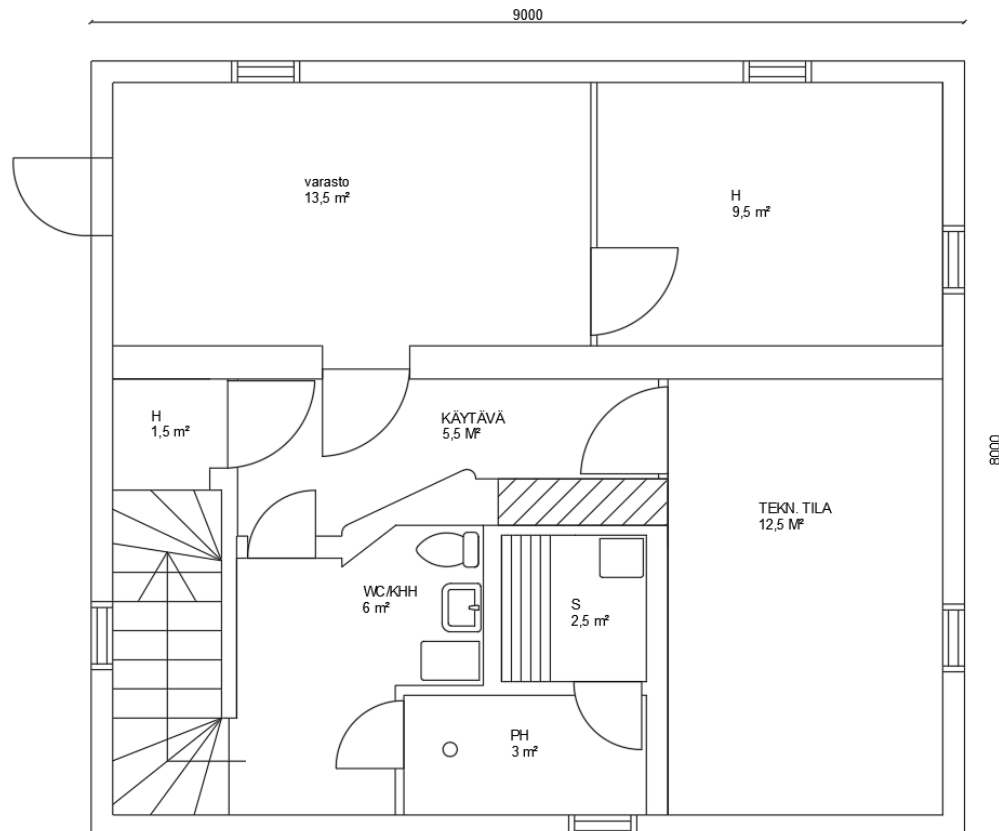
Kuva 2. Julkisivukuvat päädyistä. Ei mittakaavassa.



Kuva 3. Leikkauskuva. Ei mittakaavassa.



Kuva 4. Pohjapiirros ullakko. Ei mittakaavassa.



Kuva 5. Pohjapiirros kellari. Ei mittakaavassa.