



Henna Nissinen

# Mikrobivauriokorjauksen vaikutus seinärakenteen energiatehokkuuteen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Mestarityö

15.5.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Henna Nissinen  
Otsikko: Mikrobivauriokorjauksen vaikutus seinärakenteen energiatehokkuuteen  
Sivumäärä: 36 sivua + 2 liitettä  
Aika: 15.5.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Talonrakennustekniikka  
Ohjaajat: Toimitusjohtaja Rauno Asplund  
Laatu- ja kehityspäällikkö Tiia Tikka  
Lehtori Hannu Hakkarainen  
Lehtori Jouni Ruotsalainen

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin RA-Urakointi Oy:lle ja Consti Korjausrakentaminen Oy:lle kylpyhuone- ja mikrobikorjausyksikön hyödynnettäväksi seinärakenteen mikrobivauriokorjauksen hyötyjen selvittämiseksi. Tutkimustyön tavoitteena oli selvittää mikrobivauriokorjauksen vaikutus seinärakenteen energiatehokkuuteen.

Tutkimustyötä tehtiin 3:een eri korjauskohteeseen ja tutkimusmenetelminä toimivat U-arvon laskeminen, merkkiainekoe, lämpökuvaus sekä aistinvarainen havainnointi. Tutkimuksessa haastateltiin isännöitsijää ja rakennesuunnittelijaa. Isännöitsijä toimitti vanhan ja uuden energiatodistuksen vertailtavaksi kohteesta, jossa on tehty seinärakenteen korjaus.

Seinärakenteen korjauksen myötä havaittiin selkeitä parannuksia U-arvoissa ja lämpöindekseissä. Tulevissa seinärakenteen korjaushankkeissa tulisi harkita korjauksen laajentamista esimerkiksi ikkunoihin ja oviin sekä muihin ympärillä oleviin rakenteisiin, jos energiatehokkuutta halutaan parantaa huomattavasti ja se on kustannuksiltaan järkevää.

Avainsanat: energiatehokkuus, korjausrakentaminen, mikrobivaurio, seinärakenne, sisäilma, tiiveys, valesokkeli

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Henna Nissinen  
Title: Effect of Microbe Renovation on Energy Performance of Wall Structure  
Number of Pages: 36 pages + 2 appendices  
Date: 15 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Construction Site Management  
Professional Major: Construction Site Management  
Supervisors: Rauno Asplund, CEO  
Tiia Tikka, Quality and development manager  
Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer  
Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer

---

This graduate study was implemented for RA-Urakointi Oy and Consti Korjausrakentaminen Oy be utilized by -the bathroom and microbe renovation unit to investigate the benefits of repairing microbial damage in wall structures. The main goal of the study was to define the effects of microbe renovation on the energy performance of buildings wall structure

The thesis was conducted in three different construction sites and the study methods were calculating the U-value, tracer tests, thermographic examination and organoleptic evaluation. The study also included interviews with the property manager and structural engineer. The property manager showed the old and new energy certifications for comparison for a property where wall structure repair had been done.

In the study, clear improvements were observed in U-values and thermal indices after the wall structure repair. In future repair projects of wall structures, it should be considered to extend the repair to windows, doors and other surrounding structures, if the energy efficiency is to be significantly improved and it is reasonable in terms of costs.

Keywords: energy efficiency, false plinth, indoor air, microbial damage, reconstruction, tightness, wall structure

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Energiatehokkuus	3
2.1	Energiatehokkuusdirektiivi	3
2.2	Vaatimuksien ja määräyksien toteutus Suomessa	4
2.3	Energialuokat	5
2.4	Energiatehokkuuden todentaminen	5
2.5	Energiatodistuksen hankkiminen	7
3	Seinärakenne	8
3.1	Seinärakenneratkaisut	10
3.1.1	Korjaustapa 1	10
3.1.2	Korjaustapa 2	12
3.1.3	Korjaustapa 3	14
3.2	Seinärakenteen tiiveys	15
3.2.1	Merkkiainekoe	16
3.2.2	Lämpökamerakuvaus	16
4	Korjauksen vaikutus energian kulutukseen	27
4.1	Isännöitsijän haastattelu	27
4.2	Suunnittelijan haastattelu	29
5	Tulokset	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1: U-arvon laskeminen	
	Liite 2: Lämpötilaindeksin laskeminen	

## Lyhenteet

- E-luku: Energiatehokkuuden vertailuluku. Ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden.
- EPBD: Energy Performance of Buildings Directive. Energiatehokkuusdirektiivi.
- U-arvo: Lämmönläpäisykerroin. Lämpövirran tiheys, joka läpäisee rakenteen.

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan mikrobivaurio- ja sisäilmakorjauksen vaikutusta seinärakenteen energiatehokkuuteen. Tavoitteena on auttaa tilaajia (taloyhtiötä) tiedostamaan, kuinka paljon hyötyä uudesta seinärakenteesta on ja miten se vaikuttaa energiankulutukseen ja sisäilmaan. Taloyhtiöt pystyvät hyödyntämään tutkimustuloksia rahoituksen hakemisessa.

Tutkimus perustuu useamman asuinrakennuksen ulkoseinärakenteeseen. Tutkimus rajataan mikrobivauriokorjauksessa korjattavaan seinärakenteeseen. Tutkimusmenetelminä toimii merkkiainekokeet, lämpökamerakuvaukset, U-arvojen laskeminen ja aistinvarainen havainnointi. Lisäksi tutkimuksessa haastatellaan suunnittelijaa sekä isännöitsijää, jolla on kokemusta mikrobivauriokorjaus kohteista. Lisäksi tutkitaan, onko remontin jälkeen päivitetyllä energiatodistuksella eroa vanhaan energiatodistukseen.

Korjausrakentaminen pidentää rakennusten elinkaarta. Eri aikakausien rakennukset on tehty sen aikaisien määräyksien mukaisesti. Ajan kuluessa eri rakennuseratkaisut ovat johtaneet erilaisiin vaurioihin rakenteissa. 1970–1980-luvuilla yleinen rakenne taloissa oli valesokkeli. Vaurioitumiseen vaikuttaa vahvasti, millainen on rakenteen kosteusrasite. Yleisimpiä kosteuden lähteitä ovat maaperän kosteus, huono salaojitus ja sadevesijärjestelmä sekä sisäilman kosteus. [1; s.11–12]

Jos home- tai muuta mikrobikasvustoa esiintyy niin runsaasti tai sellaisessa sijainnissa, että se vaikuttaa materiaalin teknisiin ominaisuuksiin tai aiheuttaa hajuja tai sisäilman laadun huonontumista, sitä pidetään vauriona. Rakennuksen sisäpuolisia rakenteita tai ulkovaipan sisäosia koskevat mikrobikasvustot yleisesti ottaen katsotaan vaurioiksi johtuen mahdollisesta sisäilmaongelmasta. Toimenpiderajat ylittyvät, kun havaitaan korjaamaton kosteus- tai lahovaurio, aistinvaraisesti tunnistettavaa mikrobikasvustoa rakennuksen sisäpinnoilla, sisäosissa tai eristeissä, jos eriste ei ole suorassa kosketuksessa ulkoilmaan tai

maahan tai mikrobikasvua muissa rakenteissa tai tiloissa, jos se voi altistaa sisätiloissa olevia henkilöitä sille. [2.]

Kosteus- ja mikrobivauriot rakennuksissa johtavat usein sisäilmaongelmiin. Sisäilmaongelmat johtavat taas huonoon sisäilmaan rakennuksissa, mikä vaikuttaa rakennuksen käyttöön ja aiheuttaa haittaa rakennuksen käyttäjille. Asumisterveysasetus määrittelee toimenpiderajoja asuinrakennusten ja muiden rakennusten, joissa on oleskelua. Mikrobivauriot ovat todistetusti lisänneet erilaisia hengitystieoireita ja astmaa. Mikrobivaurioista peräisin oleva oireilu on yksilöllistä ja vaihtelevaa. Mikrobivaurioita on erilaisia, ja toiset ovat suurempia kuin toiset. [3; s. 4,11; 4; § 2.]

Tutkimuksen teoretiset tiedot on kerätty alan kirjallisuudesta, viranomaisten, järjestöjen ja yritysten nettisivulta, asetuksista ja soveltamisohjeista. Seinärakenteet ja niiden muutokset on otettu korjaustyöaineistoista.

Työ tehdään Consti Korjausrakentamisen taloyhtiöt toimialan kylpyhuone- ja mikrobikorjaus yksikölle. Consti on kotimainen korjausrakentamiseen erikoistunut pörssiyhtiö. Consti on jaettu neljään eri toimialaan asiakkaiden mukaan: Taloyhtiöt, Yritykset, Julkiset ja Talotekniikka. Taloyhtiöt toimialalla on kylpyhuone- ja mikrobikorjauksiin erikoistunut yksikkö. Yksikön mikrobikorjauspuoli korjaa pääosin pientaloja. [5.]

## 2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus on energian käytön optimointia ja resurssien tehokasta hyödyntämistä, jotta saavutetaan mahdollisimman suuri tuottavuus vähäisellä energiankulutuksella. Energiatehokkuus on osana kestävästä kehityksestä. Sitä voidaan parantaa monilla eri tavoilla eri toimialoilla. Energiatehokkuuden suurimpana tavoitteena on kasvihuonepäästöjen vähentäminen kustannustehokkaasti. Ilmastonmuutos ei ole ainoa syy, miksi energiatehokkuus on tärkeää. Lisäksi on tärkeää, että energiankulutus on pienempää, jotta voidaan turvata energian saataavuus. Rakentamisessa energiatehokkuutta voidaan parantaa hyvillä eristyksillä. Näin talon lämmitys ja viilennyskustannukset pysyvät alhaisempina ja energian kulutus on pienempää. On tärkeää myös, että rakennus toimii rakennusteknisesti oikein, jotta vältetään turhalta energian kulutukselta. Energiatehokkuus vaikuttaa ilmasto- ja lämmittäviin hiilidioksidipäästöihin laskevasti sekä pienentää rakennuksen käyttökustannuksia. Lisäksi energiatehokkuus edistää asumismukavuutta. Energiatehokkuutta vertaillaan eri rakennuksien välillä energiatodistuksilla. [6; 7; 8; 9 § 1.]

### 2.1 Energiatehokkuusdirektiivi

EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) eli energiatehokkuusdirektiivi uudistus odottaa EU-neuvoston ja EU-parlamentin lopullista hyväksyntää. Direktiivin tavoitteena on vähentää vuoteen 2030 mennessä rakennusten kasvihuonepäästöjä ja energian kulutusta. Energiatehokkuusdirektiivi on yksi toimenpiteistä, jonka Euroopan komissio sisällytti 55-valmiuspakettiin. Tämä direktiivi on osa EU:n tavoitetta vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Jotta tavoitteet toteutuisivat, on yhtä tärkeää säästää energiaa ja vähentää kulutusta kuin siirtyä puhtaampien energiamuotojen käyttöön. [10; s.1-2; 11; 12; 13.]

Perustuen neuvotteluista saatuun tietoon on suositeltavaa vähentää asuinrakennusten keskimääräistä primäärienergian käyttöä 16 %:lla vuoteen 2030 mennessä ja 20–22 %:lla vuoteen 2035 mennessä. Jäsenvaltioille annetaan



vapaus valita, mihin rakennuksiin nämä tavoitteet kohdistetaan ja millaisiin toimenpiteisiin ne ryhtyvät. Jäsenvaltioiden vastuulla on varmistaa, että vähintään 55 % primäärienergian käytön vähenemisestä saavutetaan parantamalla energiatehokkuutta heikoimmin suoriutuviissa rakennuksissa. Jäsenvaltioilla on mahdollisuus vapauttaa tietyt rakennusluokat, kuten maatalousrakennukset tai kultuurihistorialliset kohteet, näistä velvoitteista. Muiden kuin asuinrakennusten odotetaan saavuttavan tietty energiatehokkuuden taso vuoteen 2030 ja 2033 mennessä. Rakennusten lisäksi suuressa osassa kulutusta ja päästöjä ovat teollisuus ja liikenne. [13; 14.]

## 2.2 Vaatimuksien ja määräyksien toteutus Suomessa

Kaikki EU:n jäsenmaat ovat mukana edistämässä energiatehokkuutta. Suomi on osallistunut aktiivisesti neuvotteluihin energiatehokkuusdirektiivin päivityksestä ja korostanut, että rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen tuottaa merkittäviä ympäristö- ja terveyshyötyjä sekä taloudellisia etuja asukkaille. Tavoitteena on kuitenkin varmistaa, ettei päivityksistä aiheudu kohtuuttomia kustannuksia kotitalouksille ja yrityksille. Yksittäisille asuinrakennuksille ei asetettaisi energiansäästövelvoitteita, vaan seuranta toteutettaisiin koko maan tasolla. Suomi on päättänyt, että yksittäisten rakennusten pakolliset remontit eivät ole riittävän kannattavia. Sen sijaan rakennusten tulee voida korjata oikea-aikaisesti ja kustannustehokkaasti niiden elinkaaren mukaisesti esimerkiksi peruskorjauksien toteutuksessa huomioidaan energiatehokkuuden parantaminen. [14; 15.]

Uusi maankäyttö- ja rakennuslaki astuu voimaan 1.1.2025. Erityisesti lakiuudistukset koskevat energiatehokkuutta, sekä uudisrakentamisessa että korjausrakentamisessa. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan, kun korjaustyö on rakennus- tai toimenpideluvan alainen, energiatehokkuutta tulee parantaa, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti mahdollista. [15; 16; § 117.]

## 2.3 Energialuokat

Energialuokat määrittelee energiankulutusasteikko, jossa energialuokka A on paras ja G huonoin. Energialuokka määritellään laskennallisesti E-lukua käyttäen. Energialuokan määrittelyssä käytetään kerroinkuluja, jotka vaihtelevat lämmitystavan mukaan. [16; §117; 17.]

Taulukko 1. Asuinkerrostalojen luokitteluasteikko energiatehokkuudelle. [17.]

Energiatehokkuus-luokka	E-luku (kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> a)
A	E-luku ≤ 75
B	76 ≤ E-luku ≤ 100
C	101 ≤ E-luku ≤ 130
D	131 ≤ E-luku ≤ 160
E	161 ≤ E-luku ≤ 190
F	191 ≤ E-luku ≤ 240
G	241 ≤ E-luku

## 2.4 Energiatehokkuuden todentaminen

Energiatehokkuus voidaan todentaa energiatodistuksella. Energiatodistuksessa rakennuksen energiatehokkuus luokitellaan E-luvun perusteella. E-luku lasketaan ensin arvioimalla rakennuksen normaalikäyttöön perustuva ostoenergian kulutus, sitten painottamalla tämä kulutus eri energiamuodoilla niiden kertoimien avulla ja lopuksi jakamalla se rakennuksen lämmitetyn nettoalan mukaan vuosittain. E-luku ilmaistaan yksikkönä kilowattituntia lämmitettyä nettoalaa kohti vuodessa (kWh<sub>E</sub> / (m<sup>2</sup> vuosi)). Laskennassa otetaan huomioon eri energiamuotojen osuudet ja niiden painotukset. Rakennuksen laskennallinen ostettujen energiamuotojen kulutus muunnetaan energiatehokkuuden vertailuluvuksi, jota kutsutaan E-luvuksi, käyttämällä eri energiamuotojen kertoimia.

Energiamuotojen kerroinluvut on määritelty maankäyttö- ja rakennuslakiin pohjautuvassa valtioneuvoston asetuksessa 788/2017 seuraavasti [16; §117; 17; 18; § 1.]:

- sähkölämmitys 1,20
- kaukolämpö 0,50
- kaukojäähdytys 0,28
- fossiiliset polttoaineet 1,00
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50.

Rakennukset jaetaan erilaisiin energiatehokkuusluokkiin laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun, eli E-luvun, perusteella. Energiatehokkuusluokka määräytyy pääasiassa rakennuksen vakioiden ominaisuuksien perusteella, paitsi käyttötarkoitukseluokassa 9, jossa käytetään pääosin suunniteltuja tai toteutuneita arvoja. Energiatehokkuutta arvioitaessa käytetään rakennustyyppikohtaisia E-luvun luokitteluasteikkoja (A<sub>2018</sub>-G<sub>2018</sub>), jotka on esitetty energiatodistusasetuksen taulukossa 2. Luokitteluasteikon rajat määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen ja joskus myös pinta-alan perusteella, erityisesti pienten asuinrakennusten tapauksessa. Rakennusten käyttötarkoitukseluokat on määritelty energiatodistusasetuksen taulukossa 2. [16; §117; 19; s.10–11.]

Taulukko 2 Rakennusten käyttötarkoitukseluokat [19; s.11.]

<b>Käyttötarkoitukseluokka</b>	<b>Rakennuksen käyttötarkoitus</b>
1	pienet asuinrakennukset (1a-c), rivitalot ja 2-kerroksiset asuinkerrostalot (1d)
2	asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa
3	toimistorakennukset
4	liikerakennukset
5	majoitusliikerakennukset
6	opetusrakennukset ja päiväkodit

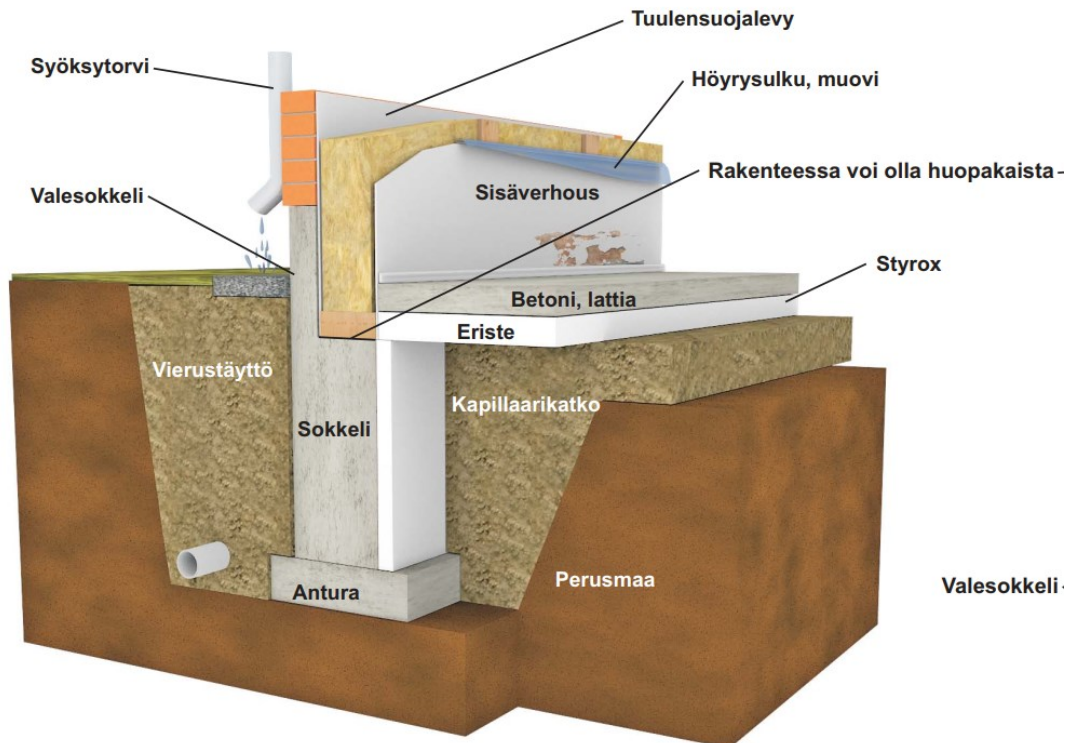
7	liikuntahallit, lukuun ottamatta uimahalleja ja jäähalleja
8	sairaalat
9	muut rakennukset, kuten varastorakennukset, liikenteen rakennukset, uimahallit, jäähallit, päivittäistavarakaupan alle 2000 m <sup>2</sup> yksiköt ja siirtokelpoiset rakennukset.

## 2.5 Energiatodistuksen hankkiminen

Rakennuksen omistaja on vastuussa hankkia energiatodistus. Todistus vaaditaan lähes aina sellaisilta rakennuksilta, joita koskevat rakentamismääräysten vaatimukset. Uusille rakennuksille energiatodistus on pakollinen, joka esitetään jo rakennuslupaa haettaessa. Energiatodistuksen voi laatia sellainen henkilö, joka kuuluu energiatodistustietojärjestelmän laatijarekisteriin ja omaa voimassa olevan pätevyyden. Tietojärjestelmää ylläpitää ARA eli Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Energiatodistuksen laatija kirjaa tarvittavat tiedot todistusta varten tietojärjestelmään ja allekirjoittaa todistuksen sähköisesti. Tietojärjestelmästä voi todistustunnuksen avulla etsiä, onko rakennuksella energiatodistus. Poikkeuksena ovat 1–2 huoneiston rakennukset, joiden energiatodistustiedot eivät näy energiatodistusrekisterissä henkilösuojan vuoksi. Energiatodistus sisältää rakennuksen energialuokituksen sekä ehdotuksia rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi sekä jo tehdyistä parannuksista. Energiatodistus on voimassa enintään 10 vuotta. Energiatodistus voidaan päivittää, vaikka edellinen todistus olisi vielä voimassa. Esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, jossa on tehty energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä tai toimenpiteitä, joita suositellaan tehtäväksi energiatodistuksessa. [19; s. 16–19; 20.]

### 3 Seinärakenne

Tutkimuksen tarkoituksena on todentaa, millainen vaikutus seinärakenteen korjauksella on rakennuksen energiatehokkuuteen. Kun energiatehokkuus paranee niin rakennuksen kasvihuonepäästöt pienenevät. Tutkittavien kohteiden seinärakenteiden korjaustoimet on aloitettu sisäilmaongelmien vuoksi, jotka ovat lähöisin vaurioituneesta valesokkelirakenteesta. Tällaisessa rakenteessa puurunko menee maahan asti ulkopuolelle näkyvän sokkelin takana, kuten kuvassa 1. näkyy. Nykypäivänä valesokkeli rakenne on luokiteltu riskirakenteeksi, joka tarkoittaa sitä, että rakenne vaurioituu herkemmin ja nopeammin mitä rakennuksen tulisi kestää. Rakenteessa sokkelin sisällä lattiapinnan alapuolella kulkee alajuoksupuu. Kuvan 1 rakenteessa alajuoksupuu on riskialtis maaperästä tulevalle kosteudelle. Alajuoksupuussa on kiinni pystyrunko ja kun alajuoksupuu saa kosteutta niin kosteus kulkeutuu helposti puurunkoon. Kaikki valesokkelirakenteet eivät kuitenkaan ole vaurioituneet. [1; s.11–13]



Kuva 1. Valesokkelin rakennemalli [1; s.11]

Rakenteen tulee olla korjauksen jälkeen kosteus- ja lämpötekniisesti toimiva. Korjauksen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon monia muita vaatimuksia, kuten rakenteiden kestävyys ja vakaus, äänieristys, paloturvallisuus, eristyskyky ja tilojen käyttökelpoisuus. Korjattavan seinärakenteen U-arvo ei saa huonontua. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on rakenteen lämmön eristävyys. Rakenteen teknisten määräyksien lisäksi asumisterveys ja viihtyvyys ei saa vaarantua. [2; 16; §117; 21.]

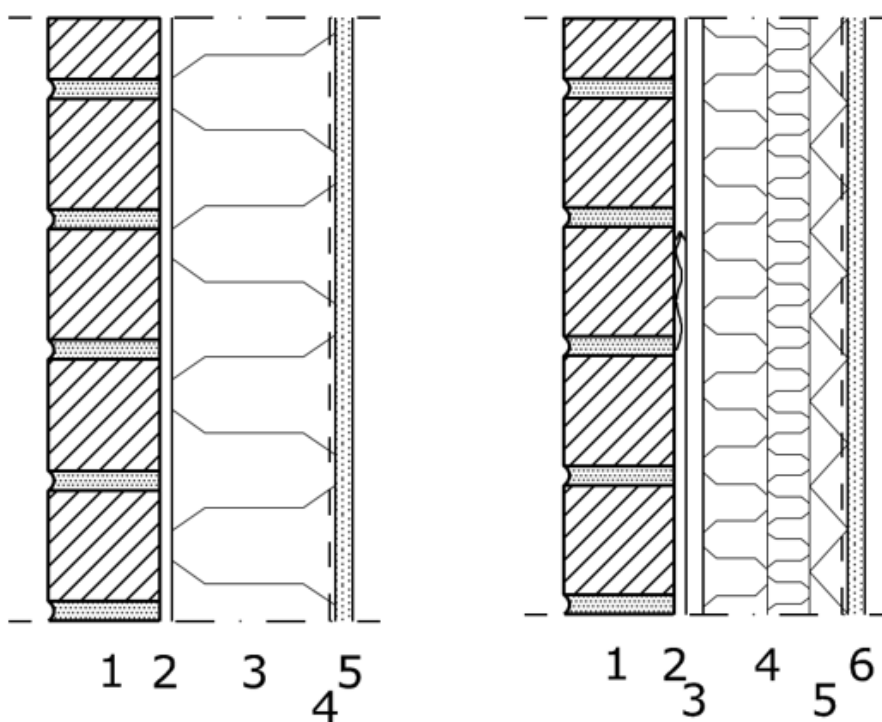
Tutkimukseen on valittu saman tyyppisiä seinärakenteita. Kaikkia seinärakenteita yhdistää valesokkeli, puurunko ja tiiliverhous. Rakenteet eivät ole kuitenkaan identtisiä, eikä ulkoseinärakenteen korjausta voi kopioida kohteesta toiseen. Vanha seinärakenne vaikuttaa siihen millainen korjaustapa on mahdollinen. Korjattavissa seinärakenteissa tulisi pysyä sama paksuus kuin vanhassa seinärakenteessa, sillä julkisivun tiilimuurausta ei pureta. Jos seinärakennetta kasvatettaisiin, se kasvaisi sisäpuolelle. Tutkimuksen kohteissa vanhassa seinärakenteessa lämmöneristeenä on toiminut mineraalivilla. Mineraalivillan ääneneristävyys on parempi kuin polyuretaanieristeiden, kun taas polyuretaanilevyn lämmöneristävyys on parempi kuin mineraalivillan. Polyuretaanilevy on lämmöneristävyydeltään erittäin hyvä, mutta ääneneristävyys ei ole riittävä. Ääneneristävyys ei saa huonontua korjauksessa. [2; 21; 22.]

Laadukkaasti tehty korjaus vaatii hyvät suunnitelmat sekä laadunvarmistusmenetelmät. Erityisen tärkeässä osassa on rakenteen tiiveys, joka tarkastetaan merkkiainekokeella. Tiivistys tulee toteuttaa huolellisesta myös läpivientien kohdalta. Tässä tutkimuksessa yhteen tutkittavaan kohteeseen on toteutettu lämpökamerakuvaus. Normaalissa seinärakenteen korjauksessa lämpökuvaus ei ole tarpeellinen. Merkkiainekoe on riittävä laadunvarmistusmenetelmä varmistamaan korjatun seinärakenteen tiiveys. [23.]

### 3.1 Seinärakenneratkaisut

#### 3.1.1 Korjaustapa 1

Korjaustavassa 1 ulkoseinärakenteet puretaan tiiliverhoukseen asti sisäkautta, lukuun ottamatta kantavaa puurunkoa. Vanhan tiiliverhouksen pinnasta poistetaan laastipurseet ilmaraon hyvän tuulettavuuden varmistamiseksi. Seinärakenteeseen uusitaan tuulensuojalevy ja lämmöneristeet. Korjattavassa seinärakenteessa käytetään kahta eri lämmöneristettä mineraalivillaa ja PIR-eristelevyä. PIR-eristelevy asennetaan kiinni polyuretaanivaahdon avulla. Seinärakenteen täydellinen tiiveys varmistetaan teippaamalla eristelevyn ja puurungon välit tiivistysteipillä. Riittävän äänieristävyyden saavuttamiseksi asennetaan lopuksi ääneneristyskipsilevy. Seinärakenteen alaosan valesokkelirakenne korjataan. Vanhasta valesokkelirakenteesta poistetaan vanhat materiaalit ja pinnat phdistetaan. Tämän jälkeen tilalle rakennetaan nykyajan määräyksiä vastaava rakenne, jossa puurunko ja alajuoksu on maanpinnan yläpuolella. Rakenteen u-arvo paranee  $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [24.]



Kuva 2 vasemmalla puolella vanha rakenne, oikealla puolella uusi rakenne [24.]

Taulukossa 3 on esitetty kuvan 2 vanhan seinärakenteen rakenne. Vanhan rakenteen U-arvo on  $0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Taulukossa 4 on lueteltu kuvan 2 uuden seinärakenteen tiedot. Uuden seinärakenteen U-arvo on  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . U-arvot on laskettu liitteen 1 kaavan mukaisesti.

Taulukko 3. Vanha seinärakenne kuvassa 2. U-arvo:  $0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [24.]

Paksuus	Numero	Materiaali
85 mm	1	tiiliverhous
10 mm	2	tuuletusrako
125 mm	3	runko 125x50, k600 + mineraalivilla $\lambda = 0,042$
	4	höyrynsulkumuovi $\lambda = 0$
13 mm	5	kipsilevy $\lambda = 0,23$

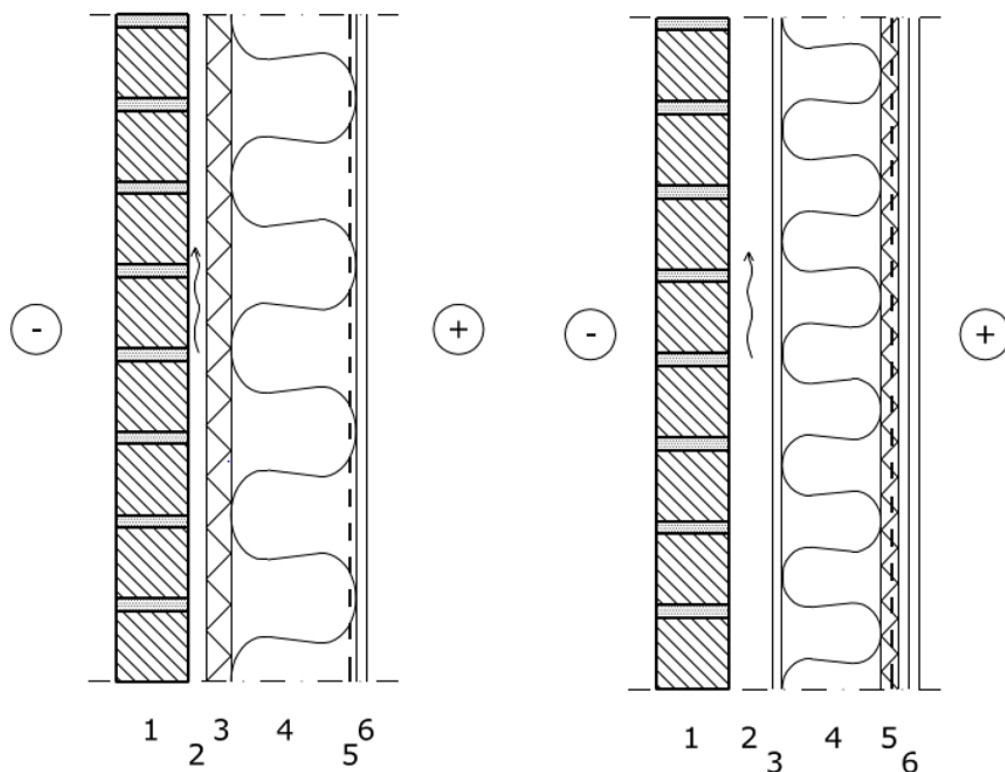
Taulukko 4. Uusi seinärakenne kuvassa 2. U-arvo:  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [24.]

Paksuus	Numero	Materiaali
85 mm	1	vanha tiiliverhous
10 mm	2	tuuletusrako
12 mm	3	tuulensuojalevy $\lambda = 0,055$
80 mm	4	runko 120x50, k600 + mineraalivilla 80 mm $\lambda = 0,036$
30 mm	5	PIR-eristelevy alumiinipinnalla $\lambda = 0,022$
13 mm	6	ääneneristyskipsilevy $\lambda = 0,23$



### 3.1.2 Korjaustapa 2

Korjaustavassa 2 ulkoseinärakenteen korjaus eroaa korjaustavasta 1, siten että ääneneristävyys kipsilevy korvataan asentamalla kipsilevy kahteen kertaan. Näin saadaan äänieristävyys säilymään korjauksessa. Kaksin kerroin asennettu kipsilevy kasvattaa seinärakennetta sisäpuolelle. Muita eroavaisuuksia löytyy rakenteen ja materiaalien paksuudesta. Seinärakenteen alaosan valesokkelirakenne korjataan vastaavasti kuin korjaustapa 1:ssä. Rakenteen u-arvo paranee  $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [24.]



Kuva 3 vasemmalla puolella vanha rakenne, oikealla puolella uusi rakenne [24.]

Taulukossa 5 on esitetty kuvan 3 vanhan seinärakenteen rakenne. Vanhan rakenteen U-arvo on  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Taulukossa 6 on lueteltu kuvan 3 uuden seinärakenteen tiedot. Uuden seinärakenteen U-arvo on  $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ . U-arvot on laskettu liitteen 1 kaavan mukaisesti

Taulukko 5. Vanha seinärakenne kuvassa 3. U-arvo: 0,22 W/m<sup>2</sup>K. [24.]

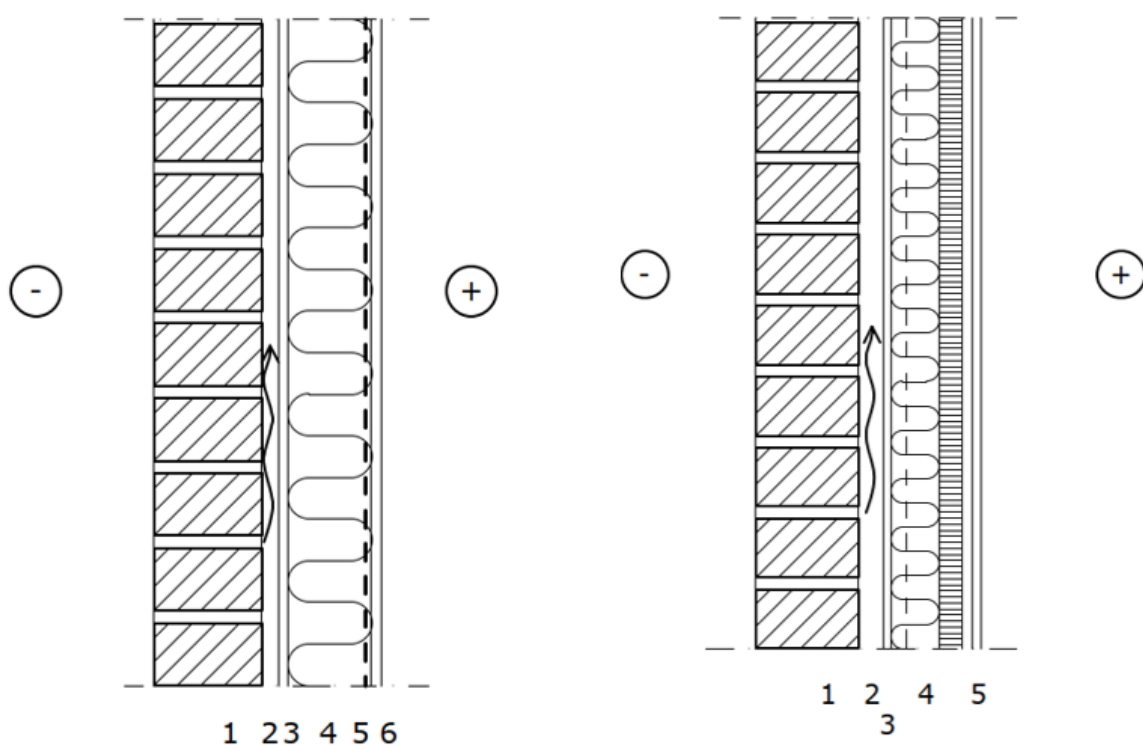
Paksuus	Numero	Materiaali
85 mm	1	lohkotiili
22 mm	2	ilmarako
30 mm	3	runkokarhulevy $\lambda = 0,042$
150 mm	4	kantava runko 150x50, k600 + mineraalivilla $\lambda = 0,042$
	5	höyrynsulkumuovi $\lambda = 0$
13 mm	6	kipsilevy $\lambda = 0,23$

Taulukko 6. Uusi seinärakenne kuvassa 3. U-arvo: 0,19 W/m<sup>2</sup>K. [24.]

Paksuus	Numero	Materiaali
85 mm	1	lohkotiili
22 mm	2	ilmarako
12 mm	3	tuulensuojalevy $\lambda = 0,055$
125 mm	4	runko 150x50, k600 + mineraalivilla 125 mm $\lambda = 0,033$
20 mm	5	PIR-eristelevy alumiinipinnalla $\lambda = 0,022$
26 mm	6	2x kipsilevy $\lambda = 0,23$

### 3.1.3 Korjaustapa 3

Korjaustavassa 3 ulkoseinä- ja valesokkelirakenteen korjaus toteutetaan korjaustavan 1 mukaisesti, lukuun ottamatta ääneneristävyyskipsilevyjä. Ääneneristävyys kipsilevyn tilalle asennetaan kipsilevy kaksin kerroin, jotta riittävä äänieristävyys saavutetaan. Korjaustavan 3 ulkoseinärakenteen julkisivun tiili-verhous on huomattavasti suurempi kuin korjaustavassa 1 ja 2. Myös lämmöneristettä annetaan kerrospaksuudeltaan vähemmän korjaustavassa 3. Rakenteen u-arvo paranee  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ , joka on huomattavasti enemmän kuin korjaustavoissa 1 ja 2. [24.]



Kuva 4 vasemmalla puolella vanha rakenne, oikealla puolella uusi rakenne [24.]

Taulukossa 7 on esitetty kuvan 4 vanhan seinärakenteen rakenne. Vanhan rakenteen U-arvo on  $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Taulukossa 8 on lueteltu kuvan 4 uuden seinärakenteen tiedot. Uuden seinärakenteen U-arvo on  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ . U-arvot on laskettu liitteen 1 kaavan mukaisesti

Taulukko 7. Vanha seinärakenne kuvassa 4. U-arvo: 0,38 W/m<sup>2</sup>K. [24.]

Paksuus	Numero	Materiaali
130 mm	1	tiiliverhous
	2	tuuletusrako
3 mm	3	sementtipohjainen levy $\lambda = 1,7$
100 mm	4	puurunko 100x50, k600 + mineraalivilla $\lambda = 0,042$
	5	rakennuspaperi $\lambda = 0$
13 mm	6	kipsilevy $\lambda = 0,23$

Taulukko 8. Uusi seinärakenne kuvassa 4. U-arvo: 0,27 W/m<sup>2</sup>K. [24.]

Paksuus	Numero	Materiaali
130 mm	1	tiiliverhous
	2	tuuletusrako
12 mm	3	tuulensuojalevy $\lambda = 0,055$
100 mm	4	puurunko 100x50, k600 + mineraalivilla 66 mm $\lambda = 0,036$
		PIR-eristelevy alumiinipintainen 30 mm $\lambda = 0,022$
26 mm	5	2x kipsilevy $\lambda = 0,23$

### 3.2 Seinärakenteen tiiveys

Seinärakenteen tiiveys voidaan varmistaa erilaisilla tutkimusmenetelmillä.

Tässä tutkimustyössä on käytetty merkkiainekoetta sekä lämpökamerakuvausta tutkimusmenetelminä. Vanhojen epätiivien mikrobivaurioituneiden seinärakenteiden sisällä tapahtuu hallitsemattomia ilmavirtauksia, ja niiden seurauksena sisäilmaan kulkeutuu epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat rakennuksen käyttäjille haittaa. Seinärakenteen ollessa tiivis, ei lämpö pääse karkaamaan seinän läpi

ulos tai vastaavasti ulkoilman epäpuhtaudet eivät pääse sisäilmaan. Eli seinärakenteen tiiveydestä on hyötyä energiankulutuksessa sekä sisäilman laadussa. Kun seinärakenne ei ole tiivis pääsee rakeenteen läpi kulkemaan kasvihuonepäästöt. Seinärakenteen tiiveys vähentää kasvihuonepäästöjä huomattavasti. [2; 9; 22; 23.]

### 3.2.1 Merkkiainekoe

Merkkiainekoe on menetelmä ilmavuotojen selvittämiseen kaasun ja mittalaitteiden avulla. Merkkiainekoe tehdään seinärakenteeseen tiivistystöiden jälkeen. Seinärakenteen merkkiainekoe tehdään alipaineistettuun sisäpuolen tilaan. Onnistuneen/laadukkaan merkkiainekokeen edellytys on, että sisä- ja ulkotilan painesuhteiden ero on riittävä. Merkkiainekaasu syötetään seinärakenteeseen ulkopuolelta, kun painesuhteet on saavuttanut riittävän eron. Kaasumäärä ja syöttönopeus ovat tapauskohtaisia. Mahdolliset vuotokohtat kartoitetaan kaasutunnistimen avulla seinän sisäpinnan puolelta. Tunnistin tunnistaa ulkoa tulevat kaasuvuodot eli tunnistin kertoo mistä kohtaa seinärakenne ei ole riittävän tiivis. Vuotokohtat merkitään kynällä suoraan seinään ja nämä korjataan heti merkkiainekokeen yhteydessä. Merkkiainekokeella voidaan selvittää hyvin tarkasti, onko rakenne tiivis. Rakenteen tiiveys on erittäin olennainen tieto sisäilman laadunvarmistamiseksi. Suunnittelija määrää merkkiainekokeen tavoitetason. Tämän tutkimuksen korjauskohteiden tavoitetaso on 2, mutta merkkiainekokeen aikana 1. Tavoitetasot on määritelty RT 14-11197 (Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein) ohjekortissa. Tavoitetaso 2 tarkoittaa merkittävän tiiveyden parantamista eli sallitaan vähäisiä vuotoja alipaineistettuna. Tavoitetaso 1 tarkoittaa täysin tiivistä eli vuotoja ei sallita. [23.]

### 3.2.2 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamerakuvausta voidaan käyttää seinärakenteen tiiveyden eli ilmanpitävyyden sekä rakenteen lämpöteknisen kunnon ja eristyskerroksen toimivuuden tutkimiseen. Lisäksi lämpökameran avulla voidaan havaita muita tekijöitä, kuten ilmavirtauksia, rakenteiden toimintaa ja kosteusvaurioita, jotka vaikuttavat

rakennuksen toimivuuteen ja asumismukavuuteen. Tässä tutkimusmenetelmässä ei tarvitse rikkoa rakenteita. Lämpökuvauksella voidaan havaita rakennuksen kylmäsillat, ilmavuotoreitit, lämpövuotokohdat, eristepuutteet, kosteusvauriot. Lämpökamerakuvaus vaatii riittävän lämpötilaeron rakennuksen sisällä ja ulkona, joten suositus ajankohta toteutukselle on marraskuusta huhtikuuhun. Lämpökuvaajalla ja kuvien tulkitsijalla on oltava riittävä osaaminen, jotta lämpökuvauksista saadaan luotettava kuvaustulos. Lämpökuvauksen suorittaja analysoi kuvia ja antaa suosituksia jatkotoimenpiteistä perustuen lähtötietoihin, lämpökuvien havaintoihin ja rakennusalalle ominaiseen tietämykseen. Lämpökuvauksessa mitataan pinnan infrapunasäteilyä ja kuvataan pinnan lämpötilajakaumaa. Lämpökuvaajalla tulee olla VTT:n myöntämä henkilösertifikaatti. Lämpökamerakuvaus toteutetaan kalibroiduilla laitteilla. Lämpökuvauksessa noudatetaan RT 14-11239 (Rakennuksen lämpökuvaus) ohjekorttia. [25; 26.]

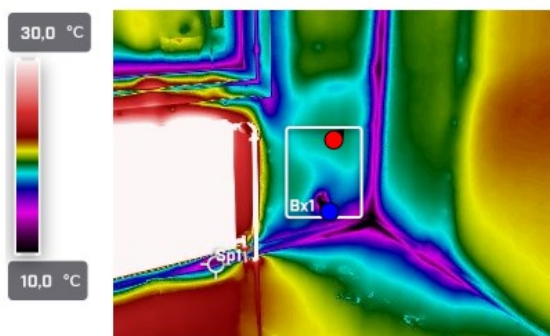
Tämän tutkimuksen lämpökuvaus on toteutettu korjaustapa 3:een. Lähtötilanteen kuvassa tutkitaan vanhan seinärakenteen lämpötekniistä kuntoa ja tiiveyttä. Ennen ja jälkeen seinärakenteen korjauksen lämpökuvia vertaillaan lämpöindeksin avulla. Lämpöindeksin avulla arvioidaan seinärakenteen lämpötekniistä toimivuutta. Liitteessä 2 on esitetty lämpötilaindeksin laskukaava, jonka mukaan kaikki lämpökuvauksen lämpötilaindeksit on laskettu. Laskettujen lämpöindeksien tulokset voidaan jakaa eri korjausluokkiin, jotka on esitelty taulukossa 9. Asuntojen seinäpinnan alin keskiarvolämpötilan toimenpideraja on 16 °C ja lämpötilaindeksi on 81 %. Alin pistemäinen pintalämpötila toimenpideraja on 11 °C ja lämpötilaindeksi on 61 % Lähtötilanteessa todennäköisesti ulkoseinärakenteen läpi pääsee vuotamaan ilmaa, joka jäädyttää seinän eristetilan ja rakenteiden sisäpinnat. [26.]

Taulukko 9 Korjausluokat ja lämpötilaindeksit seinärakenteessa [26.]

Korjausluokka	Toimenpiteet	Lämpötilaindeksi
1	Korjaus on suositeltavaa. Rakenteessa on selkeä rakennusvirhe, eristevika, kosteusvaurio tai ilmavuoto.	lämpötilaindeksi yleisesti, selkeästi alle 61 %
2	Korjaus on harkinnanvarainen. Rakenteessa on lievä vika.	Lämpötilaindeksi hyvin lähellä toimenpiderajaa 58–64 %
3	Lisätutkimustarve. Rakenteessa on poikkeama, joka vaatii lisätutkimuksia. Epäillään esim. epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.	
4	Ei korjaustarvetta. Rakenteessa on lieviä pintalämpötilapoikkeamia.	Lämpötilaindeksi selkeästi yli 64 %

Kuvassa 5 on esitetty lämpökuvaa ennen seinärakenteen korjausta. Lämpökuvauksraportin mukaan ulkoseinän ja alapohjan liitosalueilla havaittiin ilmavuotoa rakenteiden liitoksista. Ulkoseinän ja alapohjan rakenne kohdissa tyypillinen vuodon aiheuttaja on huonosti tehty höyrynsulun limitys alapohjan laattaan. Lisäksi pistorasioiden kohdalla oli ilmavuotoa, jotka johtuvat todennäköisesti pistorasioiden ja höyrynsulkujen puutteellisesti tehdyistä liitoksista. [26.]

Kuvat 5 ja 6 ovat vertailukelpoisia. Kuvat on otettu samasta kohtaa ulkoseinärakennetta. Lämpöindeksi on lähtötilanteessa 69,4 % ja korjauksen jälkeen se on 87,5 %. Lämpöindeksi on parantunut 18,1 %. Lämpökuvauksraportin mukaan liitosalueilla ei enää esiintynyt tyypillisiä ilmavuotoja. Korjauksessa höyrynsulku on limitetty laatan kanssa, jolloin höyrynsulku on yhtenäinen seinässä ja alapohjan laattassa. [26.]



## KUVA 2

Alue minimilämpötila (Bx1)	9,0 °C
Pisteen lämpötila (Sp1)	14,0 °C
Paine-ero	- 3 Pa
Sisäilman lämpötila	19,9 °C
Suhteellinen kosteus	27,3 %

### Kameran tiedot

Kameran malli	FLIR E75
Kameran sarja	78514086
Tiedoston nimi	FLIR0743.jpg

### Mittausparametrit

Emissiivisyys	0,95
Heijastunut lämpötila	21,0 °C
Etäisyys	2,85 m

### Ulkoilman olosuhteet

Ulkoilman lämpötila	-16,5 °C
Tuulen nopeus / suunta	6 m/s Pohjoinen
Pilvisyys	Puolipilvinen

Lämpöindeksi 69,4

Paine-erokorjattu lämpöindeksi 69,4

Kohde / huone: K

Kommentit: AP- ja US liittymäalueella ilmavuotoa ja voimakasta pintalämpötilan laskua.

Kuva 5 Lähtötilanne keittiön ulkoseinästä [26.]



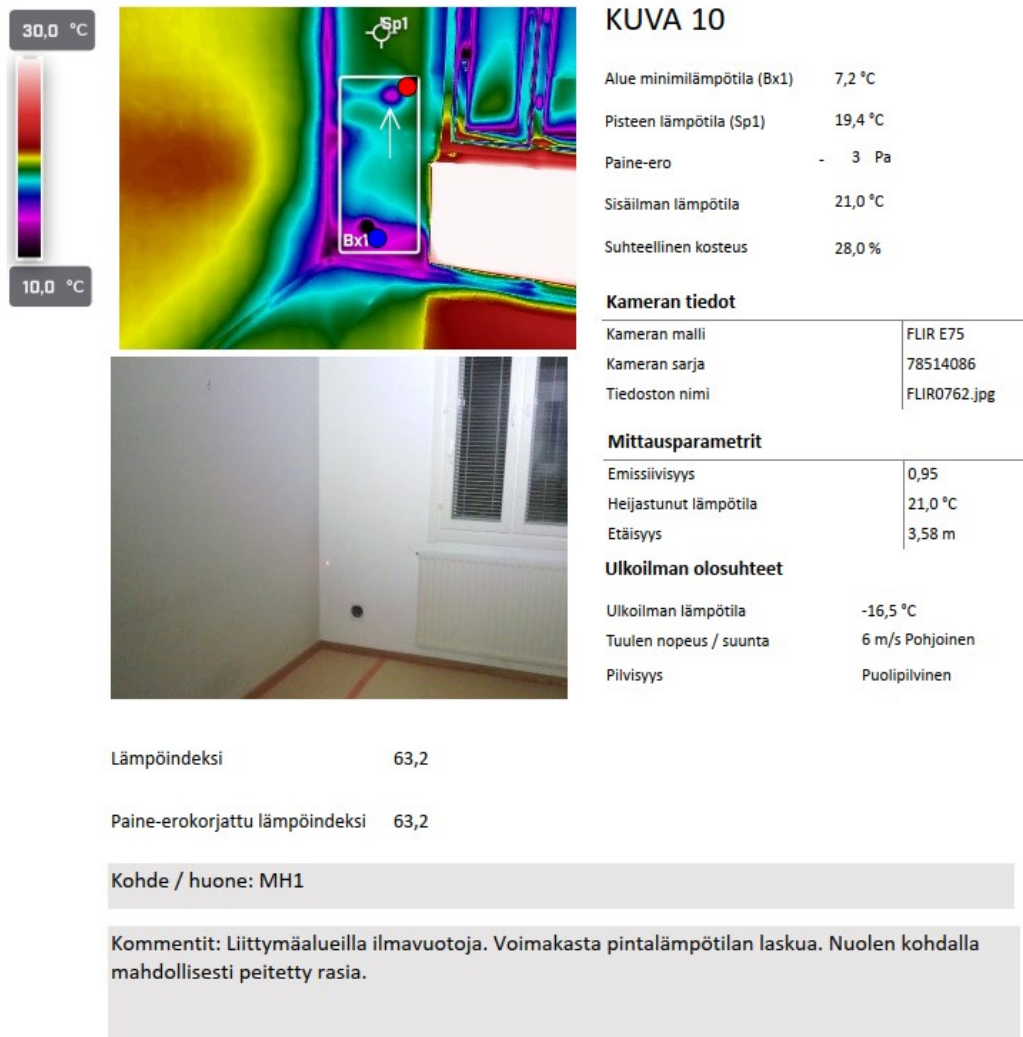


Kuva 6 Korjauksen jälkeen keittiön ulkoseinä [26.]

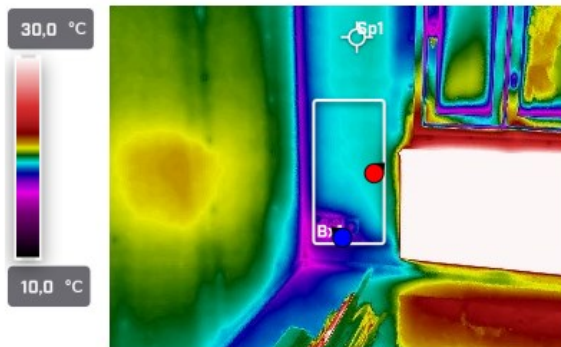
Kuvassa 7 on esitetty lämpökuva ennen seinärakenteen korjausta. Lämpökuvausraportin mukaan alapohjan ja ulkoseinän liitosalueella ja pistorasiassa havaittiin heikkoa ilmavuotoa sekä rasiin kohdalta suurta pintalämpötilan laskua. [26.]

Kuvat 7 ja 8 ovat vertailukelpoisia. Kuvat on otettu samasta kohtaa ulkoseinä-rakennetta. Lämpöindeksi on lähtötilanteessa 63,2 % ja korjauksen jälkeen se on 82 %. Lämpöindeksi on parantunut 18,8 %. Lämpökuvausraportin mukaan pistorasian pintalämmössä alenemaa. Huoneistojen välisen seinän kohdalla on

mahdollisesti alapohjan eristys hieman heikkoa, mikä laskee nurkan alueella pintalämpötilaa. Alapohjarakenteelle eikä huoneistojen väliselle seinälle ei ole tehty korjaustoimenpiteitä. [26.]



Kuva 7 Lähtötilanne makuuhuone 1 [26.]


**KUVA 14**

Alue minimilämpötila (Bx1)	15,0 °C
Pisteen lämpötila (Sp1)	20,0 °C
Paine-ero	- 2 Pa
Sisäilman lämpötila	19,9 °C
Suhteellinen kosteus	35,2 %

**Kameran tiedot**

Kameran malli	FLIR E75
Kameran sarja	78514086
Tiedoston nimi	FLIR1057.jpg

**Mittausparametrit**

Emissiivisyys	0,95
Heijastunut lämpötila	20,0 °C
Etäisyys	3,25 m

**Ulkoilman olosuhteet**

Ulkoilman lämpötila	-7,0 °C
Tuulen nopeus / suunta	6 m/s Luode
Pilvisyys	Puolipilvinen



Lämpöindeksi 82

Paine-erokorjattu lämpöindeksi 82

Kohde / huone: MH1

Kommentit: Lämpökuvassa ei havaittu puutteita. (1V lämpöindeksi 63,2)

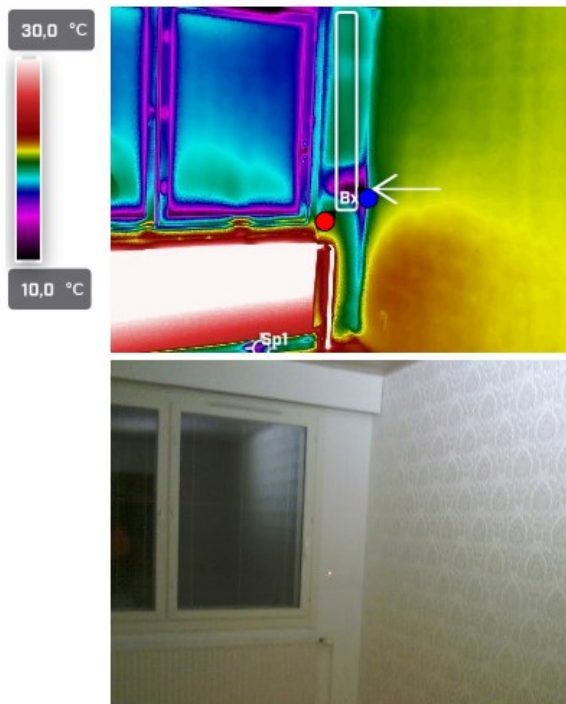
Kuva 8 Korjauksen jälkeen makuuhuone 1 [26.]

Kuvassa 9 on esitetty lämpökuva ennen seinärakenteen korjausta. Lämpökuvauraportin mukaan ikkunan oikealla puolella nuolen kohdalla on pieni eristevika, voimakasta pintalämpötilan laskua. Muutoin liittymissä ei havaittu selkeitä vikoja/puutteita. [26.]

Kuvat 9 ja 10 ovat vertailukelpoisia. Kuvat on otettu samasta kohtaa ulkoseinä-rakennetta. Lämpöindeksi on lähtötilanteessa 72 % ja korjauksen jälkeen se on 99,9 %. Lämpöindeksi on parantunut mittausalueella merkittävästi 27,9 %.

Lämpökuvausraportin mukaan liittymäalueilla ei havaittu selkeitä puutteita. Piste Sp1 kohdassa lievä pintalämpötilan alenema, mahdollisesti saman tyyppinen puute eristyksessä kuin makuuhuone 1:ssä. [26.]

**KSA**  
MITTAUSTEKNIikka



KUVA 12

Alue minimilämpötila (Bx1)	10,5 °C
Pisteen lämpötila (Sp1)	16,8 °C
Paine-ero	- 3 Pa
Sisäilman lämpötila	21,0 °C
Suhteellinen kosteus	28,0 %

#### Kameran tiedot

Kameran malli	FLIR E75
Kameran sarja	78514086
Tiedoston nimi	FLIR0768.jpg

#### Mittausparametrit

Emissiivisyys	0,95
Heijastunut lämpötila	21,0 °C
Etäisyys	3,83 m

#### Ulkoilman olosuhteet

Ulkoilman lämpötila	-16,5 °C
Tuulen nopeus / suunta	6 m/s Pohjoinen
Pilvisyys	Puolipilvinen

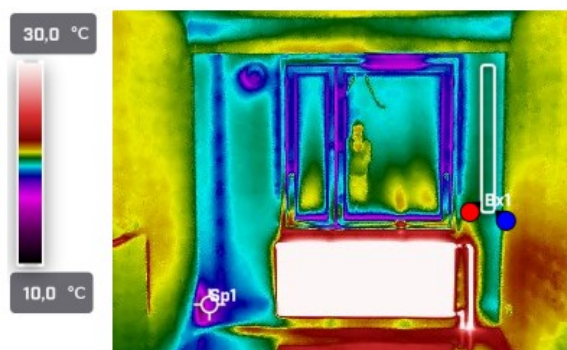
Lämpöindeksi 72

Paine-erokorjattu lämpöindeksi 72

Kohde / huone: MH2

Kommentit: Nuolen osoittamassa kohdassa mahdollisesti eristevika. Liittymäalueilla heikkoja ilmavuotoja. Bx1 voimakasta pintalämpötilan laskua

Kuva 9 Lähtötilanne makuuhuone 2 [26.]


**KUVA 18**

Alue minimilämpötila (Bx1)	20,4 °C
Pisteen lämpötila (Sp1)	17,7 °C
Paine-ero	- 2 Pa
Sisäilman lämpötila	20,4 °C
Suhteellinen kosteus	36,6 %

**Kameran tiedot**

Kameran malli	FLIR E75
Kameran sarja	78514086
Tiedoston nimi	FLIR1049.jpg

**Mittausparametrit**

Emissiivisyys	0,95
Heijastunut lämpötila	20,0 °C
Etäisyys	4,82 m

**Ulkoilman olosuhteet**

Ulkoilman lämpötila	-7,0 °C
Tuulen nopeus / suunta	6 m/s Luode
Pilvisyys	Puolipilvinen



Lämpöindeksi 99,9

Paine-erokorjattu lämpöindeksi 99,9

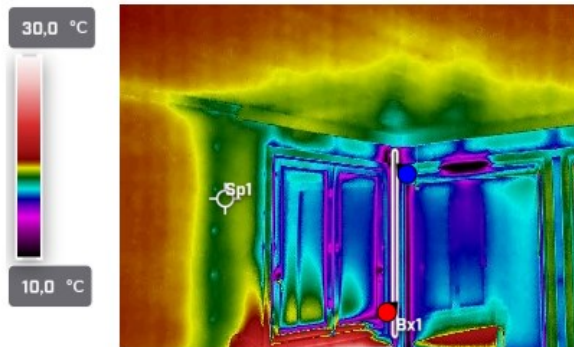
Kohde / huone: MH2

Kommentit: Liittymäalueilla ei havaittu ilmavuotoja. (1V lämpöindeksi 72)

Kuva 10 Korjauksen jälkeen makuuhuone 2 [26.]

Kuvassa 11 on esitetty lämpökuvaa ennen seinärakenteen korjausta. Lämpökuvauraportin mukaan ulkoseinien sisänurkassa havaittiin ilmavuotoja ja mahdollisia eristevikoja. Pistemäiset pintalämpötilat sisänurkissa olivat todella alhaisia 8,3–8,8 °C. Lämmityspattereiden voimakas säteily ja konvektio todennäköisesti paikoittain ”peitti” kuvausajankohtana pienempiä ilmavuotoja ja kylmäsiltoja. [26.]

Kuvat 11 ja 12 ovat vertailukelpoisia. Kuvat on otettu samasta kohtaa ulkoseinä-rakennetta. Lämpöindeksi on lähtötilanteessa 66,1 % ja korjauksen jälkeen se on 91 %. Lämpöindeksi on parantunut 24,9 %. Lämpökuvausraportin mukaan tässä sisänurkassa selkeä parannus lämpöindeksissä. [26.]



### KUVA 5

Alue minimilämpötila (Bx1)	8,3 °C
Pisteen lämpötila (Sp1)	18,6 °C
Paine-ero	- 3 Pa
Sisäilman lämpötila	21,0 °C
Suhteellinen kosteus	21,0 %

#### Kameran tiedot

Kameran malli	FLIR E75
Kameran sarja	78514086
Tiedoston nimi	FLIR0792.jpg

#### Mittausparametrit

Emissiivisyys	0,95
Heijastunut lämpötila	21,0 °C
Etäisyys	4,63 m

#### Ulkoilman olosuhteet

Ulkoilman lämpötila	-16,5 °C
Tuulen nopeus / suunta	6 m/s Pohjoinen
Pilvisyys	Puolipilvinen

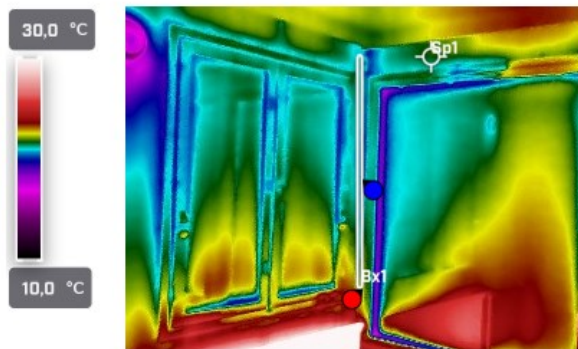
Lämpöindeksi 66,1

Paine-erokorjattu lämpöindeksi 66,1

Kohde / huone: OH

Kommentit: Nurkassa ilmavuotoja ja mahdollisia eristevikoja.

Kuva 11 Lähtötilanne olohuone [26.]



KUVA 7

Alue minimilämpötila (Bx1)	20,6 °C
Pisteen lämpötila (Sp1)	22,1 °C
Paine-ero	- 2 Pa
Sisäilman lämpötila	21,9 °C
Suhteellinen kosteus	43,3 %

**Kameran tiedot**

Kameran malli	FLIR E75
Kameran sarja	78514086
Tiedoston nimi	FLIR1090.jpg

**Mittausparametrit**

Emissiivisyys	0,95
Heijastunut lämpötila	22,0 °C
Etäisyys	3,50 m

**Ulkoilman olosuhteet**

Ulkoilman lämpötila	7,0 °C
Tuulen nopeus / suunta	4 m/s Länsi
Pilvisyys	Pilvetön



Lämpöindeksi 91

Paine-erokorjattu lämpöindeksi 91

Kohde / huone: OH

Kommentit: Lämpökuvassa ei havaittu puutteita (1V lämpöindeksi 66,1)

Kuva 12 Korjauksen jälkeen olohuone [26.]

## 4 Korjauksen vaikutus energian kulutukseen

### 4.1 Isännöitsijän haastattelu

Tutkimuksessa on tärkeää tiedostaa seinärakenteen korjaushyödyt taloyhtiön näkökulmasta. Isännöitsijä valikoitui haastateltavaksi sen perusteella, että hänellä on kokemusta erilaisista taloyhtiöiden korjaushankkeista ja hän tuntee kohteen ennen ja jälkeen korjauksen. Isännöitsijällä on kokemusta kahden eri taloyhtiön mikrobivauriokorjaus-projektista. Tutkimuksessa referoidaan eräitä kohteita, joissa on tehty mikrobivaurioituneiden seinärakenteiden korjaus. Haastattelu perustuu vain yhden henkilön näkökulmaan. Lisäksi toiseen kohteeseen on uusittu energiatodistus seinärakenteen korjaustöiden jälkeen, joten vertailimme uutta ja vanhaa energialuokkaa.

Rakennuksen vanha energiatehokkuusluokka on D<sub>2013</sub> ja uuden todistuksen luokka on C<sub>2018</sub>. Taulukossa 10 on vertailua energiatodistusten luvuista. Todistukset on tehty eri energiatodistus lakien mukaan, joten arvojen vertailu suoraan ei ole mahdollista. Lämmitysenergian ja sähkön kulutus on kuitenkin laskenut. Kulutukset on vähentyneet, mutta energian kustannukset eivät olleet pienentyneet, kun vertailimme vuoden 2022 ja vuoden 2023 kustannuksia. Energian kustannusten nousuun ei ole voitu vaikuttaa.



Taulukko 10 Energiatodistusten arvojen vertailua [taloyhtiön energiatodistukset]

	<b>Vanha energiatodistus</b>	<b>Uusi energiatodistus</b>
Energiatehokkuusluokka	D <sub>2013</sub>	C <sub>2018</sub>
energiatehokkuusluku	158 kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	140 kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)
lämmitysenergian kulutus (kaukolämpö)	463 000	364 714
Sähkön kulutus	57 843	50 987
Toimenpideehdotukset	Kustannustehokkaita energiansäästötoimenpiteitä ei ole ehdottaa.	Maalämpö soveltuu rakennukseen nykyisen kaukolämmön tilalle, hankkeen kannattavuus riippuu eri kustannustekijöiden hintakehityksestä. Rakennuksen katto soveltuu aurinkopaneelien kiinnitysalustaksi.

Rahoituksen saaminen oli helpompaa kohteeseen, jossa on suoritettu korjauksia tasaisesti vuosien aikana muun muassa ikkunat oli uusittu 14 vuotta sitten. Toiseen kohteeseen oli vaikeampaa saada, sillä korjauksia oli tehty vähemmän vuosien aikana. Isännöitsijä kertoi, että pankit antavat matalammalla kynnyksellä sisäilmakorjaukseen lainaa, jos kohteeseen on tehty enemmän isoja korjauksia/peruskorjauksia. Pankeilla on rahoitusvaihtoehtoja taloyhtiöille, joissa on erilaisia ehtoja. Esimerkkinä Osuuspankilla on vihreä laina, joka tukee ympäristökuormitusta vähentäviä investointeja. Vihreää lainaa voi hakea esimerkiksi energiatehokkuutta parantaviin remonti- ja peruskorjaushankkeisiin. Isännöitsijän tiedon mukaan pelkkä seinärakenteen korjaus ei ole riittävä vihreän lainan saamiseen. Vihreän lainan saaminen voisi olla mahdollista, jos seinärakenteen korjauksen yhteydessä esimerkiksi uusittaisiin ikkunat. [27.]

Isännöitsijä on saanut rakennuksen käyttäjiltä palautetta ulkoseinäkorjauksien jälkeen. Äänieristävyys on parantunut huomattavasti käyttäjien mukaan. Aikaisemmin sisälle kuului esimerkiksi roska-auton äänet, mutta remontin jälkeen ei ääntä enää kuulunut sisälle. Suurin osa käyttäjistä on kokenut sisäilman parantuneen ja ovat tyytyväisiä sisäilman laatuun.

## 4.2 Suunnittelijan haastattelu

Tutkimukseen valikoitui haastateltavaksi suunnittelija, joka on ollut suunnittelemassa osaa tutkimuksen korjauskohteista 1–3. Suunnittelijanäkökulma on tutkimuksessa tärkeää, sillä he joutuvat suunnitella korjaukset määräyksien mukaisesti ja ottaa mahdollisesti huomioon tilaajan erityistarpeet. Korjauskohteita on erilaisia ja jokaiseen tulee tehdä kohdekohtaiset suunnitelmat, jotta korjauksesta saadaan laadukas ja se on ylipäättään mahdollinen toteuttaa. Tutkimuksessa referoidaan yleisesti mikrobivauriokorjaussuunnittelua. Haastattelu perustuu vain yhden suunnittelijan näkökulmaan. Suunnittelija kertoi, ettei ole suuremmin tutkinut korjausten vaikutusta energiatehokkuuteen, mutta on tietysti mahdollisuuksien mukaan pyrkinyt maksimoimaan rakenteiden energiatehokkuuden korjauksissa.

Haastattelussa suunnittelija toteaa, että korjausta ja suunnittelua määrittelee Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä energiatehokkuuden parantamisen suunnittelua ja korjauksia lisäksi Ympäristöministeriön asetus 4/13 (Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä). Opinnäytetyön tutkimuksessa esillä olevat korjaustavat 1–3 ovat kuitenkin mikrobivauriokorjauslähtöisiä toimenpiteitä eikä suoranaisesti energiaremontteja, jonka takia energiatehokkuutta ei aina saada parannettua Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaisten vaatimusten tasolle järkevillä kustannuksilla. Rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi yleisimpiä keinoja ovat taloteknisten ratkaisujen päivittäminen ja ulkovaipan lämmöneristävyuden parantaminen.

Seinä rakenteen mikrobivauriokorjaus ei pelkästään paranna koko rakennuksen energialuokkaa, sillä se on vain yksi osa rakennuksen energialuokkaan

vaikuttavista asioista. Suunnittelija pohti, minkälaisilla muilla keinoilla rakennuksen energiatehokkuutta seinärakenteen korjauksen yhteydessä voisi parantaa. Ikkunat ovat usein suuri osa rakennuksen vaipan pinta-alaa ja siten niiden uusiminen vaikuttaa merkittävästi seinärakenteen energiatehokkuuteen, koska nykyaikaisten ikkunoiden lämmöneristävyys on huomattavasti parempi kuin vanhempien ikkunoiden. Korjausta voisi laajentaa myös muihin rakenneseosiin, kuten yläpohjan eristävyys ja tiiveyden parantamiseen.

## 5 Tulokset

Tutkimuksen tuloksena korjaustapa 1–3:een toteutettiin tiiviit ja nykyajan määräyksien mukaiset ulkoseinä-rakenteet. Lisäksi mahdolliset sisäilmaongelmia aiheuttavat mikrobivaurioituneet materiaalit on poistettu ja rakenteet kapseloitu. U-arvon laskemisen, merkkiainekokeen ja lämpökuvauksen lisäksi tutkimusmenetelmänä käytettiin aistinvaraista havaintoa. Jokaisessa korjattavassa kohteessa havaittiin ennen remonttia selkeää mikrobiperäistä hajua. Remontin jälkeen tämä haju oli selkeästi vähentynyt tai hävinnyt lähes olemattomiin. Mikrobiperäinen haju tarttuu herkästi huonekaluihin sekä muuhun irtaimistoon, ja tämä voi olla syynä miksi, haju ei ole täysin kadonnut korjauksen jälkeen. [28.]

Tiiviillä rakenteella voidaan estää hallitsemattomat ilmavirrat, jolloin seinärakenteen läpi ei pääse kulkemaan ulkoilman epäpuhtaudet sisäilmaan tai vastavasti sisäilmasta ulos. Tiivisseinä-rakenne ohjaa ilman kulkemaan rakennusteknisesti oikein esimerkiksi raitisilmaventtiilistä. Tiivistä seinärakenteesta lämpö ei pääse karkaamaan seinärakenteen läpi ulkoilmaan, joka aiheuttaisi lämmitys- ja viilennyskustannuksien nousua. Energiatohokkuudessa on tärkeää vähentää lämmitys- ja viilennyskulutusta. Mitä vähemmän energiaa kulutetaan, sen paremmin voidaan taata sen riittävyys.

Isännöitsijän haastattelussa tutkimme yhden korjauskohteen vanhaa ja uutta energiatodistusta. Rakennuksen vanha energiatohokkuusluokka oli D<sub>2013</sub> ja uuden todistuksen luokka on C<sub>2018</sub>. Vanhaa ja uutta energiatodistusta ei voi täysin vertailla vastakkain, jos todistukset ovat tehty eri lainsäädännöillä. Vuoden 2013 ja 2018 välissä on tullut muutos energiatodistukseen liittyvään lainsäädäntöön. Taulukon 10 perusteella voidaan todeta lämmitysenergian ja sähkön kulutuksen laskeneen uuden ja vanhan energiatodistuksen välillä. Lämmitysenergian kulutus on laskenut noin 21 % ja sähkön noin 12 %. Isännöitsijän mukaan talon käyttäjät ovat huomanneet parannukset sisäilmassa sekä äänieristävyydessä.

Seinä-rakenne on yksi osa rakennusta. Seinärakenteen korjaustyöllä saavutetaan seinän osalle parempi energiatohokkuus, mutta koko rakennuksen

energialuokitus ei välttämättä parane. Suunnittelijan haastattelussa todettiin, että rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa isolta osalta seinärakenteeseen liittyvät rakenteet, ala-, väli- ja yläpohjat, sekä ikkunat. Korjauksien laajentaminen ikkunoihin tai ympärillä oleviin rakenteisiin parantaisi merkittävästi energiatehokkuutta. Haasteena energiatehokkuuden parantamisessa seinärakenteen korjauksien yhteydessä on, ettei energiatehokkuutta aina saada parannettua kustannustehokkaasti Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaisten vaatimusten tasolle.

Kaikkien korjaustapojen jälkeen seinärakenteet ovat kosteus- ja lämpötekniisesti toimivia. Merkkiainekoe on todella tarkka tutkimusmenetelmä seinärakenteen tiiveyden tutkimiseen, joten lopputuloksena tutkittavissa korjaustavoissa on tavoitetaso 2 ja edellytyksenä on merkittävä tiiveyden parantaminen. Vuotoja sallitaan vain vähäisissä määrin alipaineistettuna.

Lämmöneristävyyttä tutkittiin U-arvon avulla. Tutkimuksen korjaustapa 1–3 seinärakenteiden U-arvot paranivat korjauksen myötä. U-arvon parantuminen vaihteli 0,03–0,11 W/m<sup>2</sup>K välillä.

Lämpökuvauksella tutkittiin seinärakenteen tiiveyttä eli ilmanpitävyyttä sekä rakenteen lämpötekniistä kuntoa ja eristyskerroksien toimivuutta. Kuvien 5–12 korjattavien seinärakenteiden lämpöindeksi on noussut keskimäärin noin 33,5 % korjauksen jälkeen. Seinän lämpöindeksin nouseminen täysin 100 % ei välttämättä ole edes mahdollista. Seinärakennetta ympäröivät rakenteet kuten ala- ja yläpohja voivat vaikuttaa paikoin pintalämpötiloihin, erityisesti ulkoseinän ylä- ja alaosissa. Ylä- ja alapohjan eristyksien kunto ja laatu vaikuttaa ilmavirtauksiin. Seinärakenteen korjausprosessissa julkisivun tiiliverhoilu ja puurunko ovat hetkellisesti ainoat rakenteet, eli eristyksiä ei ole lainkaan ja rakenne pääsee viilentyämään. Lämpöindeksin keskiarvo olisi mahdollisesti voinut vielä nousta, jos rakenteet olisi ehtineet lämmitä/tasaantua.

## 6 Yhteenveto

Tutkimuksessa tutkittiin kolmea eri korjaustapaa ja niiden vaikutusta seinärakenteen energiatehokkuuteen. Tutkimusmenetelminä toimi U-arvojen laskeminen, merkkiainekoe ja lämpökuvaus. Ainoastaan merkkiainekokeet on toteutettu vain korjauksen jälkeen. U-arvot sekä lämpöindeksit paranivat korjauksen yhteydessä, mikä tarkoittaa sitä, että seinärakenteen tiiveys ja lämmöneristävyys ovat parantuneet. Tiivis seinärakenne auttaa vähentämään energiankulutusta.

Energiatehokkuus on osa kestävästä kehityksestä. Tavoitteena on saavuttaa suuri hyöty pienellä energiankulutuksella energian käytön optimoinnilla ja resurssien tehokkaalla hyödyntämisellä. Seinärakenteen korjauksessa energiatehokkuutta parannettiin korjauksen yhteydessä u-arvon parantamisella ja rakenteen tiivistyksellä.

Sisäilmanlaatu paranee, kun vaurioitunut rakenne ja eristeet ovat poistettu. Korjauksen jälkeen tilalla on uusi seinärakenne, joka on tiivis ja hyvän rakennustavan mukaisesti tehty. Tiiveydellä on suuri merkitys sisäilman laatuun. Vanha seinärakenne on ollut epätiivis ja ulkoilman on päässyt sisäilmaan seinärakenteen läpi. Tiivistyskorjauksen jälkeen seinärakenteen läpi ei kulkeudu ulkoilman epäpuhtaudet, vaan tuloilma tulee niille suunnitelluista lähteistä suodattimien läpi. Lisäksi korjauksen jälkeen on koettu äänieristävyyden parantuminen, joka luo asumismukavuutta.

Rahoituksen saaminen pelkkään seinärakenteen korjaukseen voi olla haastavaa, jos taloyhtiö ei ole toteuttanut suurempia peruskorjauksia. Jos tarkoituksena on hakea vihreää lainaa, on syytä harkita lisätoimenpiteitä kuten ikkunoiden uusiminen seinärakenteen korjauksen yhteydessä. Seinärakenteen korjaustarpeen ollessa lähtöisin mikrobivauriosta ja sisäilmaongelmista, on korjaus lähes välttämätön toteuttaa, jotta asuminen olisi turvallista terveydelle.

## Lähteet

- 1 Heikkinen Pertti. 2012. Tunnista ja tutki riskirakenne. Pientalojen riskirakenteet. Kosteus- ja hometalkoot.
- 2 Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Korjausrakentaminen. 2023. RT 103529. Rakennustietosäätiö RTS.
- 3 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa 1. Asumisterveysasetus § 1–10. 2016. Valvira Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto.
- 4 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 2015. 545/2015.
- 5 Tietoa Constista. 2024. Consti. Verkkoaineisto. <Constin toiminta on keskittynyt Suomen kasvukeskuksiin>. Luettu 20.2.2024.
- 6 Rakennusten energiatehokkuus. 2023. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>>. Luettu 30.1.2024.
- 7 What is energy efficiency. 2020. European Commission. Verkkoaineisto. <<https://audiovisual.ec.europa.eu/en/video/I-196319?lg=EN%2FFI>>. Luettu 8.3.2024.
- 8 Energiatehokkuus. 2024. Työ- ja elinkeinoministeriö. Verkkoaineisto. <<https://tem.fi/energiatehokkuus>>. Luettu 4.4.2024.
- 9 Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 2013. 18.1.2013/50.
- 10 Rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta. 2018. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844. Euroopan unionin virallinen lehti.
- 11 Neuvosto hyväksyi energiatehokkuusdirektiivin. 2023. Eurooppa-neuvosto. Verkkoaineisto. <<https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2023/07/25/council-adopts-energy-efficiency-directive/>>. Luettu 9.4.2024.
- 12 55-valmiuspaketti: miten EU:sta tulee energiatehokkaampi. 2024. Eurooppa-neuvosto. Verkkoaineisto <<https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/fit-for-55-how-the-eu-will-become-more-energy-efficient/>>. Luettu 9.4.2024

- 13 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistus. 2023. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistus>>. Luettu 30.1.2024.
- 14 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivistä alustava sopu. 2023. Ympäristöministeriö. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/-/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivistä-alustava-sopu>>. Luettu 1.2.2024.
- 15 Rakentamislaki tulee vuonna 2025, mikä kaikki muuttuu. 2023. Paula Mäenpää. Kuntaliitto. Verkkoaineisto. <<https://www.kuntaliitto.fi/blogi/2023/rakentamislaki-tulee-vuonna-2025-mika-kaikki-muuttuu>>. Luettu 20.3.2024.
- 16 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 2023. 5.2.1999/132.
- 17 Energialuokat. 2017. Vattenfall. Verkkoaineisto. <<https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/asu-energiatehokkaasti/omakotitalo/omakotitalon-ostaminen/omakotitalon-energialuokka/>>. Luettu 1.2.2024.
- 18 Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2017. 788/2017.
- 19 Energiatodistusopas 2018.2018. Rakennuksen energiatodistus ja E-luvun määrittäminen. Ympäristöministeriö.
- 20 Milloin energiatodistus tarvitaan ja milloin energiatodistusta ei tarvita. 2022. Motiva. Verkkoaineisto. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika\\_on\\_energiatodistus/milloin\\_energiatodistus\\_tarvitaan\\_ja\\_milloin\\_ei](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/milloin_energiatodistus_tarvitaan_ja_milloin_ei)>. Luettu 9.4.2024.
- 21 Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Yleistä. 2023. RT 103528. Rakennustietosäätiö RTS.
- 22 Korjaushankkeet ja energiatehokkuuden huomioiminen. 2023. Motiva. Verkkoaineisto. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_taloyhtio/korjaushankkeet\\_ja\\_energiatehokkuuden\\_huomioiminen](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/korjaushankkeet_ja_energiatehokkuuden_huomioiminen)>. Luettu 10.4.2024.
- 23 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. RT 14-11197. 2015. Rakennustietosäätiö RTS.
- 24 Korjaustyösuunnitelmat korjaustapa 1, 2 ja 3. 2022–2023. Konsulttitoimisto Kolona Oy.
- 25 Rakennuksen lämpökuvaus. RT 14-11239. 2016. Rakennustietosäätiö RTS.



- 26 Kortelainen Seppo. 2024. Lämpökuvaus ja lämpökuvausraportti. KSA-Mittaustekniikka.
- 27 Vihreä laina pk-yrityksille ja taloyhtiöille. 2024. OP. Verkkoaineisto. <<https://www.op.fi/yritykset/rahoitus/kestavat-rahoitusratkaisut/vihrealaina>>. Luettu 26.4.2024.
- 28 Ohje asuntojen kosteus- ja mikrobivauriokorjausten jälkeiseen siivoukseen ja irtaimiston puhdistamiseen. 2022. Työterveyslaitos

U-arvon laskeminen

Korjaustapa 1.

Uusi seinärakenne kuvassa 3, materiaali tiedot taulukosta 4

$$R = R_s + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_u$$

$R$  = lämmönvastus

$R_s = 0,13$  (pintavastus sisä)

$R_1 =$  kipsilevy

$R_2 =$  polyuretaanilevy

$R_3 =$  mineraalivilla

$R_4 =$  tuulensuojalevy

$R_u = 0,04$  (pintavastus ulko)

$U$  = lämmönläpäisykerroin

$$R = 0,13 + \frac{0,013}{0,23} + \frac{0,030}{0,022} + \frac{0,080}{0,036} + \frac{0,012}{0,055} + 0,04 \approx 4,02 \frac{m^2K}{W}$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{4,02 \frac{m^2K}{W}} \approx 0,248 \frac{W}{m^2K}$$

## Lämpötilaindeksin laskeminen

Lämpötilaindeksin laskeminen kuvassa 9. Arvot on otettu kuvasta 9.

Laskukaava:

$$TI = \frac{(T_{sp} - T_o)}{(T_i - T_o)} * 100\%$$

$TI$  = Lämpötilaindeksi (%)

$T_{sp}$  = Sisäpinnan lämpötila (°C)

$T_i$  = Sisäilman lämpötila (°C)

$T_o$  = Ulkoilman lämpötila (°C)

$$TI = \frac{(17,1 - (-7))}{(20,5 - (-7))} * 100\% \approx 87,5 \%$$