

Ida-Maaria Tervala

# TIILI-VILLA-TIILIRAKENTEISEN ULKOSEINÄN KOSTEUSVAURION KORJAUSTAVAN VALINTA

Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Kandidaatintyö  
Tammikuu 2020

# TIIVISTELMÄ

Ida-Maaria Tervala: Tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän kosteusvaurion korjausvalinta (Brick-wool-brick exterior wall moisture repair method selection)

Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikka  
Joulukuu 2019

---

Tämän kandidaatintyön aiheena on kosteusvaurioituneen tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän korjausmenetelmän valinta. Työn tavoitteena oli selvittää, minkä takia rakenne vaurioituu kosteudesta ja mitkä yleisimmät käytössä olevat ulkoseinän korjausmenetelmät. Näiden tietojen avulla oli tarkoitus tuottaa valintatyökalu sopivimman korjausmenetelmän valitsemisen avuksi. Työ suoritettiin kirjallisuustutkielmana aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja julkaisuja hyödyksi käyttäen. Tärkeimmiksi lähteiksi osoittautui RT-kortistot ja Ympäristöministeriön julkaisut.

Tutkimuksessa esiteltiin aluksi yleisesti ulkoseinän rakenne. Tutkimuksessa perehdyttiin tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän kosteusvaurioitumisen syihin ja seurauksiin. Rakenteen ja ominaisuuksien esittelyn jälkeen selvitettiin, millaisia erilaisia korjausmenetelmiä on käytössä rakenteen kosteusvaurioin korjaamiseksi. Tutkimuksen lopuksi löydetyistä yleisimmistä korjausmenetelmistä koottiin valintatyökalu.

Tutkimuksen tuloksena löydettiin kolme erilaista vaihtoehtoa kosteusvaurioituneen tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän korjausmenetelmäksi. Menetelmistä koottiin SWOT-analyysit, joihin on eritelty jokaisen menetelmän vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat sopivan korjausmenetelmän valinnan helpottamiseksi valikoituun korjauskohteeseen.

Avainsanat: Tiili-villa-tiilirakenteinen ulkoseinä, kosteusvaurio.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on toteutettu yhteistyössä A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n kanssa. Kiitos heille mielenkiintoisen kandidaatintyön aiheen tarjoamisesta. Haluan etenkin kiittää ohjaajiani Annu Ruusalaa A-Insinööreiltä ja Tero Marttilaa Tampereen yliopistolta saamastani asiantuntevasta avusta, hyvistä kehitysideoista sekä tuesta kirjoitusprosessissani.

Haluan myös kiittää läheisiä ystäviäni ja perhettä saamastani rakentavasta palautteesta, josta olen saanut paljon apua kirjoitusvaiheessa. Kiitos kuuluu myös opiskelijatovereilleni heitä saamastani tuesta.

Tampereella, 30.12.2019

Ida-Maaria Tervala

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TEOREETTINEN TAUSTA .....	3
2.1 Yleistä rakenteesta .....	3
2.2 Tiilen kosteusominaisuudet .....	4
2.3 Eristekerros .....	4
2.4 Kosteuden siirtyminen .....	5
2.5 Mikrobien kasvuolosuhteet .....	6
3. RAKENTEEN KORJAAMINEN .....	9
3.1 Yleistä .....	9
3.2 Oikeaoppinen rakenne .....	9
3.3 Korjausmenetelmään vaikuttavat tekijät .....	10
4. KORJAUSMENETELMÄT .....	12
4.1 Yleistä .....	12
4.2 Seinän purku ulkoapäin .....	12
4.3 Sisäkuoren purku .....	14
4.4 Seinän korjaus tiivistämällä .....	15
5. VALINTATYÖKALU .....	17
6. YHTEENVETO .....	19
LÄHTEET .....	20

# 1. JOHDANTO

Suomen rakennuskannasta yllättävän suuri osuus noin 27 %, on tiilimuurattuja. Tiilijulkisivujen osuus rakennuskannasta alkoi kasvamaan 1960-luvun puolivälistä lähtien. Karkeasti ottaen ennen vuotta 1945 rakennetuissa rakennuksissa julkisivuina on käytetty eri paksuisia massiivisia tiilimuureja. (Lahdensivu 2010, s.25).

Neuvosen (2006, s.39) mukaan, 1960-luvulla täystiilisen rakenteen paikallaan muuraaminen todettiin kalliiksi. Tuolloin ryhdyttiin säästämään aikaa ja rahaa käyttämällä leveää tiiltä sekä tiilien välissä lämmöneristeenä villaa. Tiili-villa-tiilirakenteiset ulkoseinät olivat 1960-1970 -luvulla yleinen rakenne pientaloissa, kerrostaloissa sekä muissa rakennuksissa.

1960-luvu rakennetuissa rakennuksissa on käytetty enimmäkseen niin sanottuja kylmiä kuorimuureja, jotka on muurattu tavallisemmin tehdaspoltetuista savitiilistä. Aluksi kuorimuri muurattiin kiinni lämmöneristyskerrokseen, joka oli pehmeää mineraalivillaa. Muuratussa rakenteessa kuitenkin todettiin hyvin pian vaurioita ja kosteusongelma pyrittiin estämään tuuletusraon avulla, joka yleistyi kuorimuurirakenteessa 1970-luvulla. Ohjeistuksissa on kasvatettu tuuletusraon leveyttä kaiken aikaa, ja nykyisin se on 40 mm. Leveällä tuuletusraolla on haluttu varmistamaa muurauslaastin pysyminen irti lämmöneristeistä sekä tuuletusvälin avoimuus. (Lahdensivu 2010, s.32).

Ajan kuluessa monissa rakennuksissa on huomattu rakennusfysikaalisia ongelmia, joiden takia niitä joudutaan nykyään korjaamaan. Suomen kosteat syksy ja viistosade aiheuttavat rakenteissa kosteuskuormitusta, ja yleisin tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän vaurioista onkin kosteuden aiheuttamia. Rakenne voi vahingoittua myös likaantumisen, suolavaurioiden, laastinsaumavaurioiden tai materiaalien korroosion seurauksena (RT 32-10608 1996, s.4).

Tutkin työn alussa tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän rakennetta eri osissa, ja kerron rakennesien ominaisuuksista. Tutkin myös kosteusvaurioitumismekanismia, sekä esittelen kosteusvaurioituneen rakenteen eri korjausmenetelmät. Työn teoriaosuuteen sisältyy tiili-villa-tiilirakenteen ja korjaustapojen tarkempi tarkastelu. Tutkimus on rajattu Suomen olosuhteisiin.

Tämä kandidityö rajoittuu kosteusvaurioiden tutkimiseen.

Tutkimuskysymyksiäni ovat seuraavat:

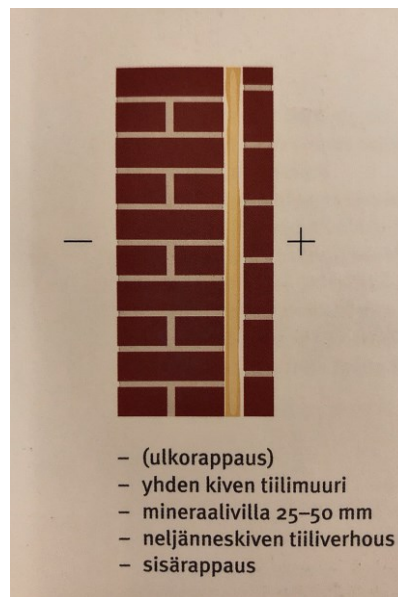
- miten ja miksi rakenne vaurioituu?
- kuinka sitä voidaan korjata?
- mitä rakennusfysikaalisia ilmiöitä rakenteen sisällä tapahtuu, mikä sittemmin aiheuttaa rakenteen vaurioitumisen?

Kandidaatintyö tulee kosteusvauriokorjaussuunnittelijan työn avuksi. Koska korjausrakentaminen on haastavaa ja toistaa harvoin samaa kaavaa, tarjoaa työni katsauksen eri korjausmenetelmien hyviin ja huonoihin puoliin, ja korjauksessa huomioonotettaviin tapoihin sekä ratkaisumalleihin, jotka helpottavat korjausrakentajien työtä.

## 2. TEOREETTINEN TAUSTA

### 2.1 Yleistä rakenteesta

1960-luvulla tiilitalojen rakenne oli yksinkertainen ja koostui muuratusta tiilestä, jonka välissä oli villaa lämmöneristeenä. Tiili-villa-tiilirakenteinen ulkoseinä koostuu ulkopinnalla olevasta tiilimuurista ja mahdollisesta ulkorappauksesta, noin 40 mm mineraalivillakerroksesta, sisäseinän tiiliverhouksesta ja sisärappauksesta. (Neuvonen 2006, s.39) Tiilenä voidaan käyttää kevytsoraharkkoa tai reikätiilen eri laatuja. Eristeenä toimii olosuhteisiin sopiva eristevilla. Alla olevassa kuvassa 1. on 1960-luvulla käytetyn tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän rakennekuva. Kuvasta huomataan, kuinka 1960-luvulla rakennetuissa rakennuksissa ulkoseinän lämmöneristyskyky on hoidettu lähinnä ulkokuoren tiiliverhouksen paksuudella, eikä tuuletusväliä ole jätetty ennen ohutta villakerrosta. (Neuvonen 2006, s. 88)



**Kuva 1.** Kuva 1960-luvulla käytetystä tiili-villa-tiilirakenteesta (Neuvonen 2006 s.89)

Muurattaviin rakenteisiin käytetään nykyään standardien mukaisia materiaaleja. Laasti sitoo tiilet yhteen, sekä sillä tiivistetään seinän rakenne ja tasoitetaan tiilen kokoerot. Se antaa lisäksi rakenteelle lopullisen lujuuden. Laastin sekä tiilen yhteistoiminnan tulee täyttää rakenteelle annetut lujuusvaatimukset. SFS 5514 *Poltetut tiilet*, SFS 5515 *Kalkkihiekkatiilet* ja SFS 5516 *Muurauslaastit*. Käytettäessä muita kuin standardien mukaisia aineita ja tarvikkeita, tulee niillä olla voimassa oleva varmennettu käyttöseloste (RT 82-10510 1993, s. 1).

## 2.2 Tiilen kosteusominaisuudet

Tiilen lujuus riippuu polttolämpötilasta ja -ajasta. Tiilen huokoisuus puolestaan riippuu tiilen reikäkoosta. Huokoisuuttaan tiili menettää polttolämpötilan noustessa, ja riittävän korkeassa lämpötilassa tiili muuttuu tiivisaineeksi. Tiileen jää huokosverkosto kuivauksen ja polton aikana poistuvan veden ja palavien orgaanisten aineiden aiheuttamana. Vedenimukyky riippuu tiilen huokoisuudesta sekä huokosten koosta ja muodosta. Etenkin alhaisemmissa lämpötiloissa poltettujen tiilien vedenimukyky on suuri. (Siikainen 2006, s. 91-93) Huokoisuuden takia tiili on materiaalina kosteutta imevä ja luovuttava.

Vedenimunopeus vaihtelee runsaasti eri tiilityypeillä. Suuret huokokset imevät vettä nopeammin kuin pienet, mutta vedenimukorkeus on pienemmillä huokosilla tehokkaampi. Vedenimunopeudella on merkitystä muurauskiven ja laastin väliseen tartuntaan, saumojen tiiveyteen, sekä rakenteen lujuuteen. Laastista tulee huokoista ja lujuudeltaan heikkoa, eivätkä saumat ole tiiviitä, jos laastista ei pääse poistumaan vettä tiilen huokosiin. (Siikainen 2006, s. 92)

Kaikkien ulkokäyttöön tarkoitettujen tiilien tulee olla pakkasenkestäviä. Mitä korkeammassa lämpötilassa tiili on poltettu, sitä parempi sen pakkasenkestävyys on. Reikäkivet kestävät pakkasta paremmin kuin täyskivet, sillä niiden lujuus on suurempi. Vesi laajenee jäätyessään noin 9 %, ja tiilen huokosten tyhjät osat ottavat veden lämpölaajenemisen vastaan. Avoimista huokosista saaisi 80 – 85 % täytyä vedellä, jotta tiilen pakkasenkestävyys on riittävän hyvä. Vaikka yleisesti ottaen tiilen pakkasenkestävyys on hyvä, eikä laajoja pakkasrapautumia esiinny usein, on tiilimuurien yleisin vaurioitumismekanismi muurauslaastin pakkasrapautuminen. Pakkasrapautumaa esiintyy etenkin jälkisaumatuissa laasteissa. (Siikainen 2006 s. 93, Lahdensivu 2007, s. 15)

Vettä sataa enimmäkseen silloin kun on lämmintä, mutta rankat syyssateet voivat aiheuttaa veden viipymisen rakenteeseen, jolloin pakkasen aikaan voi syntyä pakkasrapautumista. Jos tämä toistuu useita kertoja, laastiväli tai tiili voivat rapautua. Pakkasvaurioihin vaikuttavat huonosti käytetyt vedenpoistojärjestelmät, jotka ovat kasteelleet ulkoseinän rakennetta useita vuosia. Tällaisissa kauan kestäneissä vuotokohdissa seinärakenne voi usein olla kostea jopa ulkoseinän sisäpintaan asti. Paikallisia pitkälle edenneitä pakkasvaurioita voivat aiheuttaa myös huonosti toimivat detaljit ja puutteet pellityksissä. (Kaivonen 2006, s. 59)

## 2.3 Eristekerros

Mineraalivillaeristeet ovat lämmöneristeitä, jotka koostuvat epäorgaanisesta kuidusta ja orgaanisesta sideaineesta. Tyypillisesti eristeen eristyskyky perustuu ilmaan, joka on suljettu eristerakenteeseen. Lämmöneristeen eristyskykyä mitataan lämmönläpäisykertoimella. Yleisimpiä eristeitä ovat mineraalivillat, joita ovat kivi- ja lasivillat. (RT 36-10689 1999, s.1)

Vaipan lämmöneristykseen ominaisuuksia määrittävät rakenteen lämmöneristyskerroksen tyyppi ja paksuus, rakenteen tiiveys ilmapuotoja vastaan, mahdolliset kylmäsilat ja rakenteen kosteus-

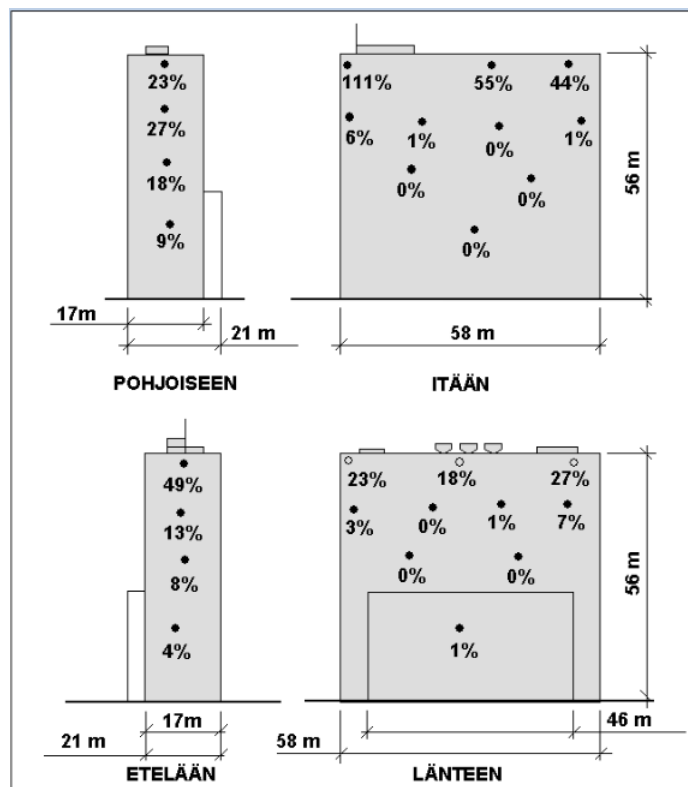


tekninen toiminta. Lämmöneristys toimii usein samalla myös äänieristeenä. Eristevilloja on useampaa eri tyyppiä, ja jokaisen ominaisuudet eroavat toisistaan. Lopullinen eriste valitaan sääolosuhteiden ja seinään haluttavan lämmönjohtuvuuden perusteella. (RT 36-10689 1999, s.1)

Mineraalivillaeeristeet eivät mätäne tai lahoa, mutta epäedullisissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa voi mineraalivillaan muodostua sieni- tai homekasvustoa (RT36-10689 1999, s.4). Lämmöneristys on tärkeää, ja tämän saavuttamiseksi rakenteessa voidaan lisätä villakerroksen paksuutta, jotta saavutetaan tarvittava lämmöneristys. Villan kastuminen kuitenkin heikentää lämmöneristyskykyä (RT36-10689, 1999 s.3). Kosteuden johtuminen rakenteeseen saa siis aikaan rakennuksen rakenneteknisten ominaisuuksien heikkenemisen. Paksu villakerros ei myöskään kuivu nopeasti ja tämän seurauksena kosteus jää rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurioita.

## 2.4 Kosteuden siirtyminen

Rakennusfysiikassa tuodaan esille neljä eri kosteuden siirtymismekanismia, jotka ovat kosteuden siirtyminen näkyvänä vetenä, konvektion välityksellä, vesihöyryn diffuusiolla, sekä kapillaarisesti. Suomen kostea syksy ja kevät voivat aiheuttaa ajan kuluessa rakenteessa kosteusvaurioita, minkä vuoksi tiilen ominaisuudet voivat heiketä. (Pentti & Hyypöläinen 1999, s. 13-26) Alla olevasta kuvasta 2 nähdään, kuinka viistosateen määrä aiheuttaa kosteutta rakennuksen eri ilmansuuntien seinien pinnoille.



**Kuva 2.** Seinälle kohdistuvan viistosateen määrä (Jerling & Schechinger 1983)

Julkisivujen saama saderasitus eroaa paljon rakennuksen korkeuden, rakennuspaikan suojaisuuden, sekä maantieteellisen sijainnin mukaan. Intensiivisimmän saderasituksen kokevat korkeiden rakennusten yläosat ja nurkat, minkä takia myös kosteusvaurioituminen on yleensä nopeinta näissä kohdissa. Matalissa, enintään kaksikerroksisissa rakennuksissa, joissa on pitkät ulkonevat räystäät, suojaavat ne tehokkaasti rakennuksen julkisivuja viistosaderasitukselta. (Lahdensivu 2010, s. 7)

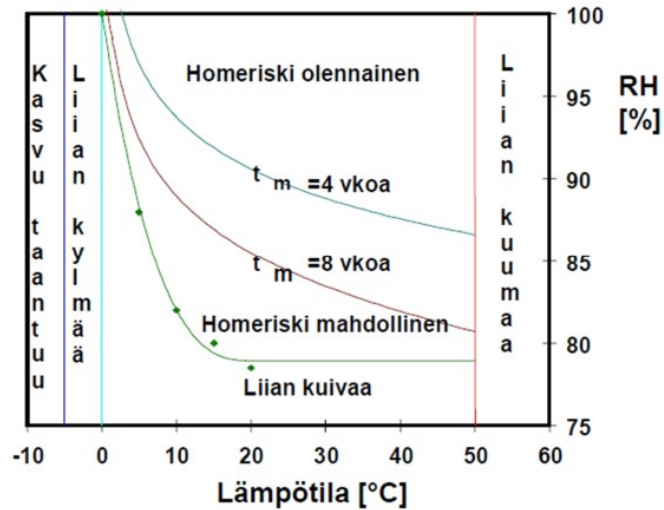
Julkisivujen pakkasrapautuminen on paljon yleisempää etelä- ja länsijulkisivuilla. Tämä johtuu siitä, että räntä- ja vesisateet tulevat suomessa yleensä etelän ja lännen suunnilta, kun taas lumisateet yleensä pohjoisesta. Tiilimuuri imee yleensä melkein kaiken viistosateen. Kun viistosade on pitkäaikainen ja voimakas, eikä kuorimuuri kykene enää imeä vettä hetkellisesti, syntyy kuorimuurin pintaan vesikalvo. (Pentti & Hyypöläinen 1999, s. 68, Lahdensivu 2007, s. 15)

Ilmastonmuutos lisää ennusteiden mukaan rakenteiden kosteusrasitusta. On arvioitu, että ilmastomuutos vaikuttaa lämpötilan nousemisen lisäksi myös ilman kosteuteen, tuulioloihin, sateisiin sekä pilvisyyteen. Ennusteiden mukaan tuulisuus ja sateisuus kasvavat, jolloin rakennusten julkisivuille sataisi aikaisempaa enemmän vettä. Nykyilmastossa suurimmat sateet ovat kesällä, jolloin rakenteen kuivumien on nopeampaa. Tutkijoiden ennusteiden mukaan talvisateiden määrä on kasvamassa ja ilmaston lämpötilan nousun johdosta sateet tulevat Suomessa entistä useammin vetenä tai räntänä. Tämä johtaa siihen, että sateet tulevat tulevaisuudessa yhä enemmän vetenä tai räntänä. Huokoisella materiaalilla, kuten tiilellä, sadevesi imeytyy huokosverkostoon. (Lahdensivu 2007 s. 15).

## 2.5 Mikrobien kasvuolosuhteet

Lahdensivun (2010, s. 22) mukaan, mikrobit ovat yleisnimi bakteereille, home- ja hiivasienille sekä viruksille. Ulkoilmassa esiintyy tavallisesti paljon mikrobeja ja ne ovat merkittävä osa luonnon kiertokulkua. Enemmistöllä väestöstä kuitenkin on hyvä vastustuskyky ulkoilmassa yleisesti esiintyville mikrobilajeille. Kosteusvaurio indikoivat mikrobit muodostavat keskimääräistä oletettavammin myrkyllisiä yhdisteitä, eli niin sanottuja mykotoksiineja.

VTT:n ja TTY:n yhdessä kehittämän Suomalaisen homemallin avulla voidaan tarkastella laskennallisesti homeen kasvua. Homemallin avulla voidaan arvioida homeen kasvua eri rakennusmateriaalien pinnoilla muuttuvissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa ajan funktiona. (Vinha et al. 2013)



Home-indeksi	Luokitusperusteet
0	Ei kasvua, pinta puhdas
1	Mikroskoopilla havaittava kasvu, paikoin alkavaa kasvua, muutama rihma
2	Mikroskoopilla havaittava kasvu, useita rihmastopesäkkeitä muodostunut
3	Silmin havaittava kasvu, rihmaston peitto alle 10 % alasta (alkavaa itiöiden muodostusta) TAI Mikroskoopilla havaittava kasvu, peitto alle 50 %
4	Silmin havaittava kasvu, rihmaston peitto noin 10–50 % alasta TAI Mikroskoopilla havaittava kasvu, peitto yli 50 %
5	Silmin havaittava kasvu, paikoin runsas tai rihmaston peitto yli 50 % alasta
6	Erittäin runsas kasvu, rihmaston peitto lähes 100 %

**Kuva 3.** VTT:n homemalli (Vinha et al. 2013)

Materiaaleja on luokiteltu neljään eri homeluokkiin niiden homeutumisherkkyden mukaan. 1. luokka on homeutumisherkkydeltään erittäin herkkä. 4. luokkaan kuuluu hometta kestävä materiaalit. Tiili ja mineraalivillat kuuluvat luokkaan 4. (Vinha et al. 2013)

Tiili-villa-tiili -rakenteen eristetila ei ole edullinen alusta mikrobikasvustolle muun muassa sen vähäisen ravinnoksi kelpaavan materiaalin takia, mutta sopivien kosteusolosuhteiden vaikuttaessa tarpeeksi pitkänä ajanjaksoina, voi mineraalivillaan syntyä haitalliseksi luokitutuiden mikrobien kasvustoja. Mineraalivillassa ihmiselle haitallisia yhdisteitä voi joutua ilmapurkauksen mukana sisäilmaan, jos ilmapurkaukset esiintyvät sisäkuoren läpi tai rakenteiden liitoskohdissa. Tämän takia on tärkeää ehkäistä kosteuden viipymistä eristetilaan, sekä tehdä seinärakenteen sisäpinta tiiviiksi. (Weijo et al. 2019, s. 50).



**Kuva 4.** Rakenteessa kosteuden takia punertunut eriste. (Ruusala 2019)

Suurin syy rakenteen kosteusvaurioitumisesta johtuukin ulkotiilimuurin ja villan välistä puuttuvasta tai liian kapeasta tuuletusvälistä. Sisäilmaan voi kulkeutua haitallisia mikrobeja tai niiden aineenvaihduntatuotteita, jotka voivat aiheuttaa terveysongelmia rakennuksessa työskenteleville tai asuville henkilöille. (Pentti & Hyypöläinen 1999, s. 47)

## 3. RAKENTEEN KORJAAMINEN

### 3.1 Yleistä

Tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän kosteusvauriota korjattaessa, lähtökohtana on rakennuksen toimivuudessa havaittu ongelma. Kosteusvaurion korjaamisessa on tärkeää tietää vaurion tai haitan laajuus, sekä määrittää rakenteen korjaustarve sekä paras mahdollinen korjausvaihtoehto. Jotta ongelman laajuus saadaan selville, tulee tehdä kosteusteknisiä kuntotutkimuksia. (Pentti & Hyypöläinen 1999, s. 51)

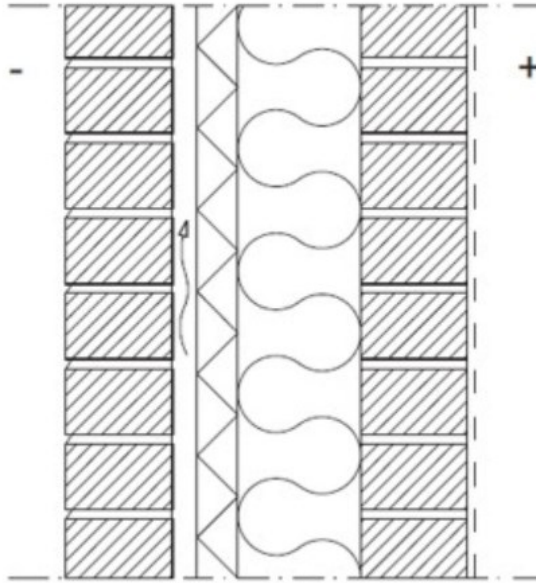
Korjaustyön tavoitteena on saada korjattavat rakenteet rakennusfysikaalisesti toimiviksi, korjata rakennus teknisesti käyttötarkoitustaan vastaavaan kuntoon, sekä vähentää mahdollisia terveyshaittoja aiheuttavia tekijöitä. Weijo et al. (2019, s. 19) mukaan, korjaushankkeeseen kuuluu eri osapuolia, joiden tehtävät luokitellaan rakennuttamis-, suunnittelu-, rakentamis- ja viranomaistehäviin. Useimmissa tapauksissa rakennushankkeeseen ryhtyvä on kiinteistönomistaja. Rakennushankkeen pääsuunnittelija vastaa suunnitteluryhmän työn koordinoinnista, suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta. Rakennesuunnittelija vastaa rakennusteknisistä suunnittelutehtävistä. Hänen tehtäviinsä kuuluu perinteisesti myös kosteusvaurion korjaustyön suunnittelu.

Korjausrakentamisessa ei ole tarkoitus tehdä vanhasta rakennuksesta ominaisuuksiltaan uutta vastaavaa rakennusta. Peruseriaate on, että joko vaurioituneet materiaalit ja muut epäpuhtautta aiheuttavat lähteet poistetaan kokonaan tai epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään. Rakennusteknisten korjausten yhteydessä on tarkasteltava myös taloteknisten järjestelmien korjaus- ja säätötarvetta. (Kauppinen 2013, s. 2)

Tiili-villa-tiilirakenteisen ulkoseinän korjaamisessa oleellisinta on siis saada seinän rakenne toimivaksi niin, ettei se aiheuta haitallisia vaikutuksia rakennusta käyttäviin henkilöihin. Tarkoituksena ei ole saada seinän rakennusteknisiä ominaisuuksia uuden veroisiksi. Asiakkaan toiveet sekä rakennuksen korjauksen tulo- ja menoarvio vaikuttavat merkittävästi lopulliseen korjauksen laajuuteen.

### 3.2 Oikeaoppinen rakenne

Knuuttila, I. Huhtiniemi, S. mukaan muurattu rakenne tulee suojata maakosteudelta ja ulkoiselta vedeltä. Julkisivua ei kuitenkaan saa täysin vedenpitäväksi sen ollessa altis viistosateelle. Nykyään ulkoseinän kosteustekninen toiminta pyritään varmistamaan riittävällä ilmaraolla ulkokuoren tiilimuurauksen ja villan välissä, sekä oikeanlaisella muurauslaastilla ja muuraustekniikalla. Yleensä tiilijulkisivu tuuletetaan jättämällä yli 40 millimetrin levyinen ilmarako. Tuuletus pienentää julkisivun säästä aiheutuvaa rasitusta paremman kuivumisen johdosta. (RT 82-10510 1993, s. 8)



**Kuva 5.** *Tiili-villa-tiili rakenteisen ulkoseinän oikeaoppinen rakenne. (Rakennustieto, Cadkirjasto 2019)*

Yllä olevasta kuvasta 5 nähdään, kuinka nykyään tiilitaloja rakennettaessa jätetään ilmarako ulkokuoren ja eristeen väliin. Rakennusfysikaalisia ominaisuuksia on myös parannettu lisäämällä tuulensuojalevy tuuletusraon ja eristevillan väliin.

### 3.3 Korjausmenetelmään vaikuttavat tekijät

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmien valintaan vaikuttavat tilojen terveellisyyden ja turvallisuuden arviointi, tekninen riskinarvio, suojelliset näkökulmat, nykyisen käyttötarkoituksen jatkuvuus tai muutos, palvelutoiminnan jatkuvuuden turvaaminen, energiatehokkuuden parantaminen, elinkaariarvio, tulossa olevat peruskorjaukset, taloudellinen riskiarvio, muut korjaustarpeet ja tilan toiminnallinen sopivuus. Tiili-villa-tiilirakenteen korjaamisessa on kolme eri tapaa. Korjaustapaan vaikuttaa se onko korjattavan seinärakenne osa kantavaa rakennetta, seinärakenteen suojeluarvot ja korjauksen kustannukset. (Weijo et al. 2019, s. 34)

Rakennuksen korjaushankkeen tilaajan näkökulmasta korjausmenetelmien valintaa ohjaavia perusteita ovat taloudelliset resurssit, rakennuksen arvio, energiatehokkuuden kehittäminen sekä mahdolliset käyttötarkoituksen muutokset korjaushankkeen yhteydessä. (Weijo et al. 2019, s. 32). Korjaussuunnittelijan täytyy siis olla tietoinen asiakkaan toiveista korjaushankkeen suhteen valitessaan korjausmenetelmää.

Päätös rakennuksen purkamisesta kokonaan tehdään yleensä silloin, kun rakenteiden korjausaste on yli 70 %, eikä rakennuksen tai rakenteiden säilyttämiselle ole suojellisesta näkökulmasta perusteita. Purkupäätökseen vaikuttaa myös tilojen toiminnallinen soveltuvuus haluttuun käyttötarkoitukseen. On huomioitava myös, että korjausaste voi täytyä erityisesti vanhemmissa

aikakaudelle tyypillisesti rakennetuissa rakennuksissa ilman, että purkamiselle on perusteita. Toisaalta jos rakennus on tulossa pian elinkaarensa päähän, purkamispäätös voidaan tehdä vähäisemmälläkin korjausasteella. Uudisrakentaminen voi tulla jopa edullisemmaksi, jos rakennus nykyaikaistetaan huomattavasti toiminnallisesti. Näin ollen purkamisen perusteena oleva korjausaste ei ole määräävä tekijä, vaan voi vaihdella paljonkin. (Weijo et al. 2019, s. 32-33)

Onnistuneeseen korjaushankkeeseen vaikuttavat: korjauslaajuuden määrittelyminen, korjausmenetelmän valinta, teknisen kokonaisuuden hallinta, tavoiteltavan käyttöiän määrittelyminen ja työsuorituksen toteutus. Vaurioiden korjaamisen lisäksi on poistettava vaurioiden syyt ja parannettava rakennuksen kosteusteknistä toimintaa niin, ettei vaurio uusiudu (Weijo et al. 2019, s. 29)

Lämmönläpäisevyyskertoimella  $U$  [ $W/(m^2K)$ ] tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen.  $U$ -arvolla saadaan määritettyä kuinka hyvin rakenne pitää lämpimän ilman sisällä. Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 mukaan rakennuksen korjaus- tai muutostöissä tulee ottaa huomioon rakenteen energiatehokkuus. Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu ja toteutus tapahtuvat rakennekohtaisesti. Ulkoseinää korjattaessa tulee noudattaa vaatimusta, jossa alkuperäisen käyttötarkoituksen pysyessä samana,  $U$ -arvon tulee olla (alkuperäinen  $U$ -arvo)  $\times 0,5$ , kuitenkin enintään  $0,17 W/(m^2K)$ . Rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa  $U$ -arvon tulee olla (alkuperäinen  $U$ -arvo)  $\times 0,5$ , silti  $0,6 W/(m^2K)$  tai parempi. (Kauppinen 2013, s. 2)

## 4. KORJAUSMENETELMÄT

### 4.1 Yleistä

Julkisivujen osalla uusimisella tarkoitetaan korjaustapaa, jossa ulkokuori tai sisäkuori ja lämmöneristeet puretaan kokonaan pois. Tämän jälkeen seinään asennetaan uudet eristeet ja verhousrakenteet. Tiilijulkisivujen korjaustavat on pääpiirteisesti jaettu kolmeen pääluokkaan, jotka ovat:

- paikkaus- ja pinnoitustyyppiset korjaukset
- vaurioituneen rakenteen verhouskorjaukset
- vaurioituneen rakenteen purkaminen ja uusiminen.

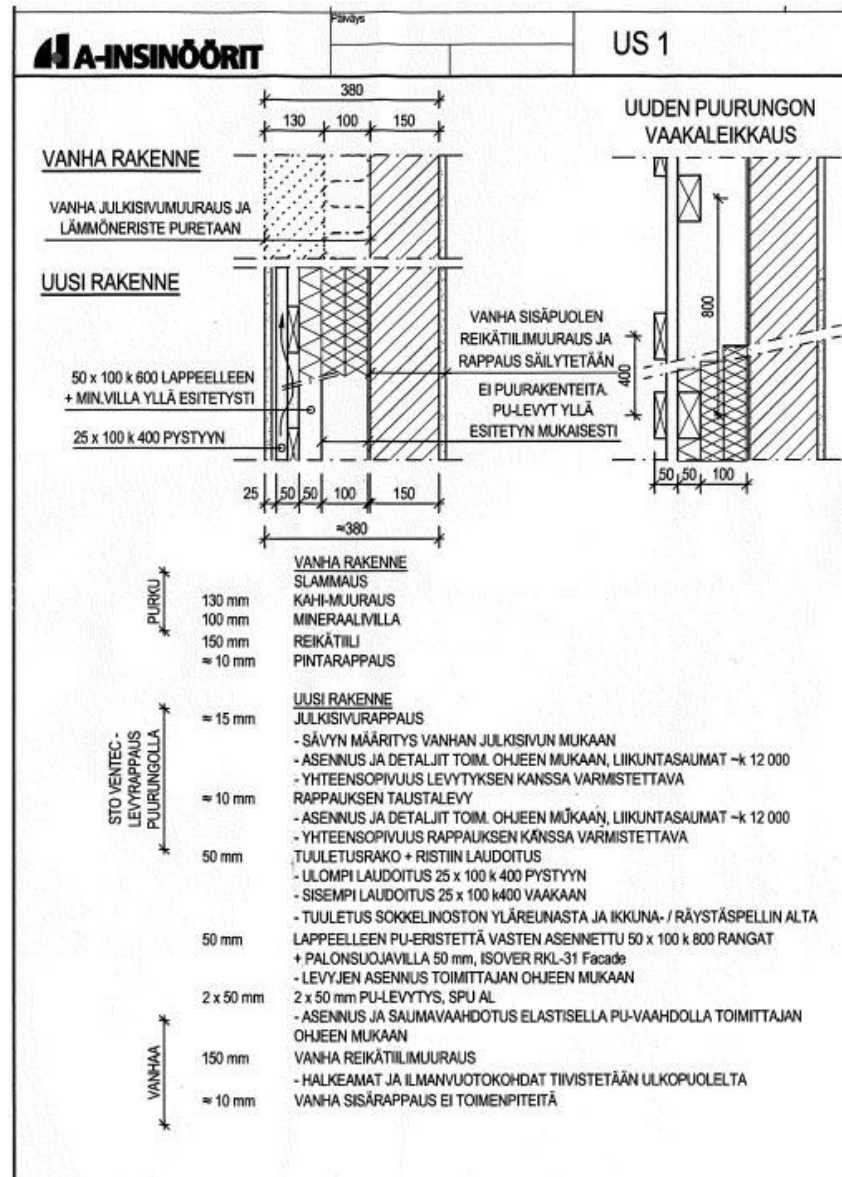
Edellä mainittuihin korjausperiaatteisiin voi liittää myös muita niin sanottuja liittyviä korjauksia, joilla voidaan pienentää korjatulle rakenteelle kohdistuvaa saderasitusta. Tällaisia korjauksia voivat olla esimerkiksi vedenpoistojärjestelmän toiminnan kehittäminen tai ulkonevien räystäiden rakentaminen. (Lahdensivu 2006, s. 5)

Tämä tutkimus on rajattu ulkoseinän kosteusvaurion korjaamiseen, jolloin ongelma on yleisimmin eristevillakerroksessa. Tällöin keskitytään seinärakenteen purkamiseen ja uusimiseen.

### 4.2 Seinän purku ulkoapäin

Seinärakennetta voidaan korjata purkamalla ulomman tiilikerroksen, ja sitä kautta poistamalla ja uusimalla kostunut ja pilaantunut villakerros. Uuden tiilikerroksen ja villan väliin jätetään riittävä tuuletusrako, jotta kosteus ei jää rakenteeseen. Tämä on mahdollinen korjaustapa, jos rakennuksen ulkoseinä voidaan purkaa, eikä kyseinen purettava tiilikerros tai seinä ole osa kantavaa rakennetta. Julkisivujen korjaamisessa yleisesti käytetyimpiä verhousrakenteita ovat eristerappaus, levyverhous, muuraus sekä kuorielementit. (RT 82-10608 1996, s. 7)





**Kuva 6.** CAD-piirros vaurioituneen rakenteen korjaamisesta ulkokuoren purkamisella (Ruusala 2019)

Yllä olevassa kuvassa 6 on CAD-piirros ulkoseinän korjaamisesta ulkokuoren purkamisella. Tässä kohteessa ulkokuoren tiiliverhous on vaihdettu puurunkoon.

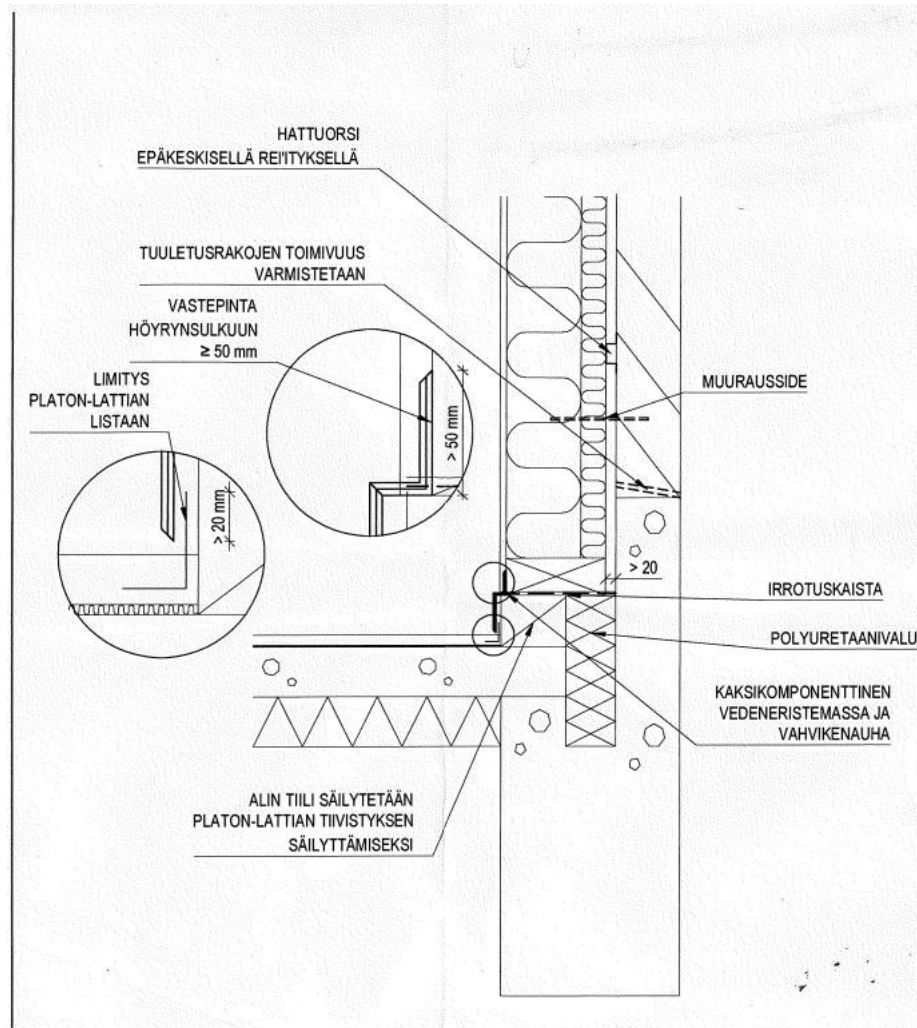
Ulkokuoren purulla saadaan poistettua vaurioitunut materiaali, mutta jos mikrobivaurio on edennyt sisäkuoreen asti, voi haitallista mikrobikasvustoa jäädä rakenteeseen. Ulkokuoren purkamisella ja uudelleenmuuraamisella taataan rakennukselle noin 50 vuotta lisää käyttöikää. Ulkokuoren purku ulkopuolelta mahdollistaa myös sen, että rakenteeseen saadaan helpommin lisättyä eristeen ja tuuletusraon kerrospaksuutta. Jos laajempi alue on vaurioitunut, voidaan ulkokuoren purun yhteydessä vaihtaa ulkokuori rakennusfysikaalisesti ja kustannustehokkaasti parempaan ulkoverhokseen. (Nieminen et al. 2013, s.51, RT 82-10614 1996, s. 4)

Uusien tiilien käyttäminen vanhassa tiilimuurissa voi vaikuttaa ulkoseinän ulkonäköön. Etenkin vaaleissa julkisivuissa uudet tiilet erottuvat huomattavasti puhtaampina vanhoista. Korvaavien uusien tiilien saatavuus voi olla hankalaa etenkin vanhoissa julkisivuissa (Weijo et al. 2019, s. 47). Voi olla myös mahdollista, että rakennuksen julkisivu on suojeltu, minkä vuoksi ulkoseinäpurku ei ole mahdollinen korjaustapa.

### **4.3 Sisäkuoren purku**

Seinää voi purkaa myös sisältäpäin. Tämä on tarpeellista silloin, jos rakennuksen ulkokuori on suojeltu, eikä sen julkisivuun saa tehdä muutoksia. Sisäkuoren purku on hyvä korjausvaihtoehto, sillä silloin saadaan poistettua rakenteesta vaurioitunut materiaali ja mahdollisesti vaihtaa eriste parempilaatuiseen, tai levittää tuuletusväliä. Purku ja uudelleenrakentaminen on pitkäaikainen korjausratkaisu, ja tuo rakennukselle lisää käyttöikää noin 50 vuotta. (RT 82-10603 1996, s. 3, RT 82-10614 1996, s. 3)

Sisäkuoren purku ei ole mahdollinen, jos sisäkuori on osana kantavaa seinärakennetta. Korjattavan heikkouksia on myös useampia. Sisäkuoren vastaisia väliseiniä joudutaan osittain purkamaan, ja tämä on hankalaa, jos esimerkiksi kyseiseen väliseinään on liitetty keittiörakenteita. Myös seinäkiinnitteiset radiaattorit tulee poistaa korjausmenetelmän takia, ja näiden poistosta aiheutuu lisää kustannuksia. Sisäkuoreen kiinnitetyt ikkunat joudutaan myös purkamaan. Tämä voi olla kuitenkin hyvä asia, jos ikkunat halutaan vaihtaa parempiin, mutta jos vanhat ikkunat asennetaan takaisin paikoilleen, tulee korjaushankkeelle lisää kustannuksia. Voi olla myös mahdollista, että rakennuksen interiööri on suojeltu, eikä tällöin seinän sisäkuoreen saa tehdä muutoksia. (Nieminen et al. 2013 s. 51, RT 82-10603 s. 4)



**Kuva 7.** CAD-piirros vaurioituneen rakenteen korjaamisesta sisäkuoren purkamisella (Ruusala 2019)

Yllä olevasta kuvasta 7. nähdään, kuinka vaurioituneen ulkoseinän korjaus on toteutettu purkamalla sisäkuori.

#### 4.4 Seinän korjaus tiivistämällä

Vaurioituneen seinän korjaaminen tiivistetasoiteella tarkoittaa sitä, että seinän sisäpuoli ”maalataan” tiivistetasoiteella. Tiivistetasoite vähentää haitallisten mikrobin pääsyn sisäilmaan ja näin antaa rakennukselle lisää käyttöikää (RT 82-10608 1996 s. 7). Tiivistys rajoittaa myös hallitsemattomia ilmapuotoja, jolloin tilan ilmatiivyys paranee. Tiivistystuotteita on eri laatuja ja niissä käytetyt kemialliset yhdistelmät voivat reagoida eritavoin eri seinärakenteissa. Tiivistetuotteilla korjaaminen on kuitenkin väliaikainen ratkaisu ja toimii yleensä noin 10 vuotta. Tiivistäminen on edellä mainituista tavoista kustannuksiltaan halvin, sillä tässä korjaustavassa on vähiten purkua (Lindberg 2016, s. 44-45).

Maankäyttö- ja rakennuslain 125 § mukaan rakennuslupa vaaditaan sellaiseen korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen, sekä rakennuksen laajentamiseen tai sen kerrosalaan laskettavan tilan lisäämiseen (Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000, luku 18). Tästä johtuen tiivistykseen ei tarvita rakennuslupaa, toisin kuin vaurioituneen seinän purkuun. Kiireellisimmissä tapauksissa tiivistys on hyvä väliaikaisratkaisu, sillä se antaa rakennukselle lisää käyttöikää, jonka aikana saadaan lupahakemukset hoidettua. Jos kyseessä on esimerkiksi suojeltu kohde tai kohteen korjaaminen purkamalla, vaatii suunnittelu ja lupaprosessi paljon aikaa.

Tiivistys vaatii korjaussuunnittelijalta ja rakennusmieheltä ammattitaitoa, jotta korjaus onnistuu parhaalla tavalla. Tiivistys on vaativaa, ja tiivistyksen ladunvarmistus tulee tehdä merkkiainekokeilla. Merkkiainekokeilla havaitaan rakennusten ja eri rakenteiden ilmapuotokohdat (RT 14-1197 2015 s. 1). Myös tiivistyksen jälkeen tulee kohteelle tehdä kuntotarkastuksia tasaisin väliajoin. Kuntotarkastuksien avulla varmistetaan, ettei mahdollisia haitallisia kemikaaleja pääse sisäilmaan.

Tiivistyskorjauksen jälkeen on otettava huomioon ilmanvaihdon tasapainotukset, sillä vanhat ilmanvaihdon korvausilmareitit ovat nyt tukittu. Rakennuksiin, joissa ilmanvaihto aiheuttaa alipainetta, tiivistyskorjausmenetelmä ei sovi, sillä alipaine pyrkii repimään tiivisteitä irti seinän pinnalta. Ilmanvaihdon tasapainotuksen lisäksi täytyy myös varmistua ulkoseinän ja lattian välisen liitoksen ilmanpitävyydestä. (Weijo et al. 2019, s. 159)

Seinän tiivistäminen tulee olla erittäin tarkkaa. Pienikin ilmarako mahdollistaa epäpuhtaan ilman pääsyn rakennuksen sisälle. Tiivistämisen huonona puolena on se, ettei se poista kosteusvaurion aiheuttajaa. Kosteusvaurion aiheuttama rakennevirhe säilyy edelleen ja mikrobivaurioituneet materiaalit jäävät rakenteeseen. Riskinä menetelmässä on, ettei ilmatiiviys säily suunnitellun käyttöiän loppuun asti esimerkiksi huonolaatuisen työn takia. Tiivistyskorjauksen uhkana on kohteen uudelleen myynnin tai vuokrauksen vaikeutuminen. Kattavalla peruskorjauksella voidaan nostaa rakennuksen arvoa, mutta tiivistäminen ei kuulu peruskorjaamiseen. Jos tiedetään että vaurion aiheuttajaa ei ole poistettu kokonaan, ei tämä tuo samanlaista arvoa rakennukselle, kuin rakenteen purkaminen ja uudelleenmuuraus. (Weijo et al. 2019, s. 159.)

## 5. VALINTATYÖKALU

Sopivan korjausmenetelmän valinnassa tulee ottaa huomioon useita eri tilanteita. Korjaushankkeen tilaaja määrittää hankkeen tavoitteet ja kustannukset, ja nämä määrittävät hyvin pitkälti myös korjaustavan valinnan. Valintaan vaikuttaa myös ulkoseinän lähtötilanne, esimerkiksi kuinka suuri osa seinästä ja materiaaleista on vahingoittunut. Joissain tilanteissa voi olla myös mahdollista, että kahden menetelmän yhdistelmä on paras vaihtoehto. Esimerkiksi tiivistyskorjaus ei tarvitse rakennuslupaa, joten se voi olla hyvä väliaikaisratkaisu ennen ulkokuoren tai sisäkuoren purkua.

Korjausmenetelmän valintatyökaluksi valittiin SWOT-analyysi eli nelikenttämenetelmä. SWOT-analyysissä on tarkoitus selvittää eri menetelmien vahvuudet (strengths), heikkoudet (weaknesses), mahdollisuudet (opportunities) sekä uhat (threats). Analyysin avulla saadaan nopeasti yleiskuva eri korjausmenetelmistä, ja näin helpottaa korjaussuunnittelijan tekemää valintaa. Korjausmenetelmien SWOT-analyysit ovat esitetty taulukoissa 1,2 ja 3.

Taulukko 1. *Ulkokuoren purun ominaisuudet*

<b>Ulkokuoren purku</b>	
Vahvuudet:	Mahdollisuudet:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poistaa vaurioituneet materiaalit</li> <li>• Pitkä käyttöikä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voi vaihtaa ulkokuoren materiaalin</li> <li>• Lisätä lämmöneristettä</li> <li>• Tuuletusvälin lisääminen</li> </ul>
Heikkoudet:	Uhat:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ulkonäkö muuttuu</li> <li>• Kustannukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sisäkuoren mahdollista mikrobikasvustoa ei saa pois</li> <li>• Suojelumääräykset voivat estää korjausmenetelmän käyttämisen</li> </ul>

Taulukko 2. Sisäkuoren purun ominaisuudet

<b>Sisäkuoren purku</b>	
Vahvuudet:	Mahdollisuudet:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poistaa vaurioituneet materiaalit</li> <li>• Pitkä käyttöikä</li> <li>• Voi vaihtaa lämmöneristeitä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lämmöneristeen lisääminen</li> <li>• Tuuletusvälin lisääminen</li> </ul>
Heikkoudet	Uhat:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kustannukset</li> <li>• Seinäkiinniteisten radiaattoreiden poisto</li> <li>• Väliseinien osittainen purku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rakenteen kantavuus</li> <li>• Interiöörin suojelumääräykset</li> <li>• Ikkunoiden vaihto</li> </ul>

Taulukko 3. Seinän tiivistyksen ominaisuudet

<b>Tiivistys</b>	
Vahvuudet:	Mahdollisuudet:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähiten purkua</li> <li>• Ilmatiiviys paranee. Voidaan hallita hallitsemattomia ilmavuotoja ja radonkaasun virtaamista sisäilmaan</li> <li>• Ei ole peruskorjaustasoinen, ei vaadi rakennuslupaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voidaan tehdä lyhyt käyttöiänpidennys ennen raskaampaa korjausta</li> </ul>
Heikkoudet:	Uhat:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käyttöikä</li> <li>• Ilmanvaihto pitää tasapainottaa</li> <li>• Ei poista varsinaista ongelmanaiheuttajaa</li> <li>• Valvonnan kautta vaativa, merkkiainekokeet</li> <li>• Suunnittelu ja rakentaminen vaatii ammattitaitoa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heikkolaatuinen työ</li> <li>• Kohteen myynti tai vuokraus vaikeutuu</li> </ul>

## 6. YHTEENVETO

Tiili-villa-tiilirakenteinen ulkoseinä oli hyvin suosittu rakenne 1960-luvulla. Tiili on materiaalina huokoinen, ja tämän takia sadevesi imeytyy helposti tiilen läpi rakenteen sisään. Suurin osa vaurioista johtuu kosteuden pääsystä rakenteen sisään ja viipymisestä siellä. 1960-luvulla rakennetuissa tiilitaloissa ei jätetty tuuletusväliä tiilimuurauksen ja eristevillan väliin. Tämä johtaa siihen, ettei kosteus pääse haihtumaan rakenteesta pois. Tiili ei vaurioidu sadevedestä, kun taas kosteuden jäädessä rakenteen sisään tarpeeksi pitkäksi ajaksi, voi eristekerrokseen syntyä mikrobivaurioita. Mikrobivauriot voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia, jotka taas voivat vaikuttaa rakennuksessa asuviin ja työskenteleviin ihmisiin.

Kun rakennuksessa on havaittu ongelma, otetaan rakennetutkimuksilla selvää vaurion aiheuttajasta ja laajuudesta. Tässä työssä selvitettiin kosteuden aiheuttaman vaurion korjausmenetelmiä. Tutkimuksilla on suuri vaikutus lopulliseen korjaustapaan. Perusteellisten tutkimusten avulla voidaan selvittää, kuinka suuri osa seinän rakenteesta on vaurioitunut sekä kuinka laajalle alueelle vaurio on edennyt. Vaurion laajuudella on suuri merkitys rakenteen kustannuksiin ja tämän takia myös kosteusvaurion korjaustapaan.

Korjausrakentamisessa oleellisinta on saada ulkoseinän rakenne toimivaksi niin, ettei se aiheuta haitallisia vaikutuksia rakennuksessa asuviin ja työskenteleviin henkilöihin. Tarkoituksena ei ole saada seinän rakennusteknisiä ominaisuuksia uuden veroisiksi. Asiakkaan toiveet sekä rakennuksen korjauksen tulo- ja menoarvio vaikuttavat merkittävästi lopulliseen korjauksen laajuuteen.

Korjaustapoja on ulkoseinän ulko- tai sisäkuoren purku sekä sisäkuoren tiivistäminen. Muuraus on kustannuksiltaan kallista, mutta purkamalla saadaan varmistettua pilaantuneen materiaalin poistuminen rakenteesta. Aina purkaminen ei kuitenkaan ole mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa. Tiivistäminen on nopeampi korjaustapa, kun purkaminen, mutta tiivistys on hyvin tarkkaa ja vaatii työn tekijältä ammattitaitoa. Korjaustavoissa on eroja ja kosteusrakennesuunnittelijan täytyy tietää tarkkaan tilaajan toiveet sekä korjaustapojen eri mahdollisuudet korjaustapaa valitessaan.

# LÄHTEET

- Jerling A., Schechninger B., (1983) Fogars beständighet. Byggnadsrådet. Rapport R89:1083. Tukholma.
- Kaivonen, J.-A. (2006) Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Rakennustieto Oy.
- Kauppinen, J. (2013) Ympäristöministeriön asetus 4/13, Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, Helsinki.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki (2000) 132/1999, viitattu 4.1.2020, saatavissa <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>>.
- Neuvonen, P. (2006) Kerrostalot 1880-2000 -arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Rakennustieto Oy, Tampere.
- Nieminen J. et al. (2013) VTT TECHNOLOGY 144 Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja, VTT Espoo.
- Lahdensivu, J. (2006) JUKO –Julkisivukorjausten tuotteistus. Korjaustapakuvaukset. Muuratun julkisivun korjaustavat. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos, Tampere.
- Lahdensivu, J. (2010) Suomen ympäristö 2010:17 Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa, Edita Prima Oy, Helsinki.
- Lindberg, R. (2016) Korjausrakentamisen kustannuksia. Helsinki Rakennustieto Oy.
- Pentti, M., Hyypyläinen, T. (1999) Ulkoseinärakenteen kosteustekninen suunnittelu. TTKK julkaisu 94. Rakennustekniikan osasto, Tampere.
- Rakennustieto, Cadkirjasto (2019) viitattu 9.12.2019, saatavissa <[https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/kirjastot/kirjasto/204/Kirjasto\\_tuotteet/5980.html](https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/kirjastot/kirjasto/204/Kirjasto_tuotteet/5980.html)>.
- RT 14-1197 (2015) Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein.
- RT 36-10689 (1999) Mineraalivillaeristeet, lämmöneristystarvikkeet. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- RT 82-10510 (1993) Tiilirakenteet. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- RT 82-10603 (1996) Julkisivun korjaustarpeen arviointi. Korjausrakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- RT 82-10608 (1996) Muuratut julkisivut, korjausrakentaminen.
- RT 82-10614 (1996) Julkisivun uudelleenverhous, korjausrakentaminen.
- Ruusala, A. Esimerkkimateriaalia korjauksista. A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Vastaanottaja Tervala, Ida-Maaria. Tapaaminen 4.9.2019.
- Ruusala, A. Kandien tutustumiskäynti kohteeseen. A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Vastaanottaja Tervala, Ida-Maaria. Sähköpostiviesti 11.10.2019.



Siikanen, U. (1986) Rakennusaineoppi. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Vinha, J. et al. (2013) VTT-TTY homemallin toimintaperiaatteet ja käyttö rakenteiden kosteusteknisen toiminnan tarkasteluissa. Rakennusfysiikka 2013: uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut, 22.-24.10.2013, Tampere. Viitattu 9.12.2019, saatavissa ><https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/><.

Weijo I. et al. (2018) Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18.