

Joonas Kova

## **TIIVISTYSKORJAUS KORJAUSRAKENTAMISESSA**

# TIIVISTYSKORJAUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

Joonas Kova  
Opinnäytetyö  
syksy 2019  
Rakennusalan työnjohdon  
tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

---

Joonas Kova  
Tiivistyskorjaus korjausrakentamisessa  
Työn ohjaaja: Matti Toppi  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2019  
Sivumäärä: 27

---

Opinnäytetyössä käsitellään yleisesti sisäilmaongelmia sekä niiden syntymistä ja vaikutusta rakennuksien käyttäjiin. Sisäilmaongelmille on korjausmenetelmä, jossa ulkovaippaa tiivistetään sisältäpäin tiivistyskorjaamalla. Tiivistyskorjauksilla pyritään saamaan rakenteista ilmatiiviitä ja sitä kautta estämään ongelmia sisäilmassa.

Esimerkkikohteena toimii kampusrakennus, joka toimi aikaisemmin museona. Kohteessa oli aikojen saatossa havaittu kosteus- ja sisäilmaongelmia. Kohdetta tiivistettiin tiivistysaineilla sisältäpäin ja tiiveyttä testattiin merkkiainekokein.

Kokonaisuudessaan tiivistyskorjaamisessa onnistuttiin ja laadunvarmistusta hoidettiin asian vaatimalla tavalla. Merkkiainekokeilla tehtiin lopullinen laadunvarmistaminen, jotta varmistuttiin rakenteiden ilmanpitävyydestä. Rakennuksien julkisivujen täytyi pysyä nykyisellään, joten vanhojen rakenteiden tiivistäminen sisältäpäin katsottiin toimivaksi ja järkeväksi ratkaisuksi.

---

Asiasanat: korjausrakentaminen, sisäilmaongelma, merkkiainekoe

## **ALKULAUSE**

Tiivistyskorjaaminen oli itselle ennen tätä rakennushanketta täysin uusi asia. Kiitoksia NCC Suomelle ja Suomen Yliopistokiinteistölle, että olen saanut olla osa tätä projektia ja sitä kautta oppinut uusia asioita. Työvaiheet olivat mielenkiintoisia monilta osin ja oli aivan laatuista olla mukana toteuttamassa tuleville käyttäjille paremmat ja toimivat tilat.

25.11.2019

Joonas Kova

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 SISÄILMAONGELMAT	7
2.1 Sisäilman epäpuhtaudet	7
2.2 Rakenteiden vaikutus kosteusvaurioihin	8
3 TIIVISTYSKORJAAMINEN	10
4 RAKENTEIDEN TIIVISTYSPERIAATTEET	11
4.1 Rakenteiden tutkimukset ja rakennesuunnittelu	11
4.2 Rakenteiden tiivistyksen suorittaminen	14
4.3 Laadunvarmistus	15
5 ESIMERKKIKOHDE	16
5.1 Rakenteiden tutkimukset ja rakennesuunnittelu	16
5.2 Rakenteiden tiivistyksen suorittaminen	18
5.3 Laadunvarmistus	23
6 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	27

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisesti sisäilmaongelmia ja esimerkkikohteen kautta rakennuksen ilmatiiveyden korjaamista. Esimerkkikohte oli Oulussa sijaitseva museorakennus, jossa ulkovaippaa tiivistettiin sisältäpäin tiivistyskorjausmenetelmällä. Kohde oli rakennettu 1980-luvun alussa ja se toimi museona vielä vuoteen 2018 saakka. Aikojen saatossa kohteen rakenteissa ja sitä kautta sisäilman laadussa oli merkkejä siitä, että rakennus ei voi teknisesti hyvin. Kohdetta lähdettiin korjaamaan tilaajan tarpeiden mukaan ja sen käyttötarkoitus muuttui samalla museosta ravintolaksi ja oppimistiloiksi.

Projektimme oli hyvinkin laaja ja se jakautui useampaan eri toteutusvaiheeseen. Tässä työssä käsitellään vain yhtä toteutusvaihetta, jossa itse toimin pääurakoitsijan työjohtajana. Projektin alkuvaiheessa ensimmäinen toteutusvaihe antoi suunnan, millaisella laajuudella tiivistyskorjauksia lähdetään toteuttamaan. Runkorakenteissa oli eroja eri vaiheiden kesken, koska rakennuksia oli rakennettu eri vuosikymmenillä ja sitä kautta myös tiivistyskorjauksessa ei ollut yhtä ainoaa tapaa toteuttaa.

## 2 SISÄILMAONGELMAT

Sisäilmaongelmat johtuvat usein rakenteiden huonosta tai virheellisestä suunnittelusta ja toteutuksesta. Rakenteiden ilmanpitävyydellä on iso merkitys rakennuksen teknisen toimivuuden kannalta. Erinomaiseen ilmatiiveyteen on mahdollista päästä kaikilla rakennusmateriaaleilla. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että jo suunnitteluvaiheessa perehdytään huolellisesti rakennuksen toimivuuteen. Suunnittelussa tulee välttää riskitekijöitä rakenteiden liitoskohdissa, läpivientien määrissä ja sijainneissa. Läpivientien tiivistäminen rakenteisiin täytyy suunnitella tarkasti, koska pienetkin vuodot voivat aiheuttaa rakennuksen käyttäjille ongelmia. (1, s. 7.)

Betonirakenteisissa elementtirunkoisissa rakennuksissa vaipparakenteiden liitokset yhdistetään toisiinsa juotosvaluilla ja tiivistetään elastisten saumojen avulla. Halkeamien syntyä ehkäistään rakenteissa tarvittavan suurella raudoitusmäärällä betonissa. Yläpohjassa sekä alapohjissa pitkittäissaumat juotetaan juotosmassalla ja tiivistetään saumojen kohdalta ilmansulkukaistoilla. (1, s. 8.)

Sisäilmaongelmat ovat Suomessa yleisiä ja niistä muodostuu isoja kustannuksia eri toimijoille. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan mukaan kosteusvaurioiden aiheuttamiin sisäilmaongelmiin menee rahaa vuosittain 23–953 miljoonaa euroa. Eduskunta muodosti vuonna 2017 hankeryhmän valmistelemaan isoa projektia, jonka tavoitteena on toteuttaa Suomeen terveet tilat vuoteen 2028 mennessä. Hankkeen tavoitteena on ongelmallisten rakennuksien tervehdyttäminen sekä sisäilmaongelmista kärsivien hoidon tehostaminen. (2, s. 14.)

### 2.1 Sisäilman epäpuhtaudet

Epäpuhtaudet sisäilmassa voivat olla kemiallisia, biologisia tai fyysikaalisia aiheuttajia. Haittatekijöitä voi kulkeutua sisäilmaan ulkoilmasta, maaperästä, rakennuksen rakenteista tai sisätiloissa olevista lähteistä, kuten sisustusmateriaaleista.

Erytisesti kosteusvauriot rakennusten rakenteissa voivat aiheuttaa ihmisillä hengitysvaikeuksia. Eritoten lapsilla kosteusvaurioiden aiheuttamat sisäilmaongel-

mat ovat riski sairastua astmaan. Kosteusvauriot edistävät mikrobien ja homesienien kasvua rakenteissa, mutta on epäselvää, mitkä näistä tekijöistä aiheuttavat terveyshaittoja. Mikrobien katsotaan olevan suurin tekijä terveysongelmiin, mutta tutkimusnäyttö yhdistettynä terveyshaittoihin on epäselvä ja osittain ristiriitainen. (2, s. 20.)

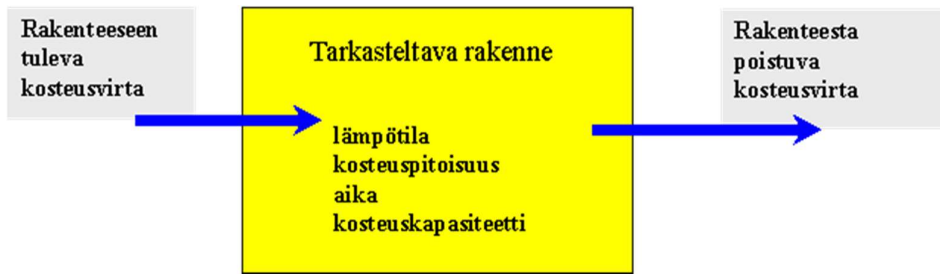
Sisäilmaan haihtuu eri materiaaleista kaasumaisia orgaanisia yhdisteitä (VOC-päästöjä). Yhdisteistä johtuvia päästöjä leviää sisäilmaan eri rakennusmateriaaleista, niiden päästöt voivat lisääntyä, jos materiaali altistuu kosteudelle. Terveysvaikutuksia VOC-päästöillä on todettu ja asuinympäristöissä terveysvaikutukset ovat ohimeneviä ärsytys- ja hengitysoireita. (2, s. 21.)

## **2.2 Rakenteiden vaikutus kosteusvaurioihin**

Peruseriaate rakenteiden vaurioitumiselle on liiallinen kosteus, joka aiheuttaa homehtumista ja lahoamista. Kosteus voi myös aiheuttaa kemiallisia ja fysikaalisia vaurioita. Kemialliset ja fysikaaliset vauriot ovat mm. emissioita sekä ruostumista. Eri rakennetyypeillä on erilaisia kykyjä sitoa kosteutta ja se vaikuttaa rakenteen kosteuspitoisuuteen. Ongelmia aiheutuu siitä, kun kosteuspitoisuus kasvaa yli sen, mitä rakenteesta poistuu kosteutta. (Kuva 1.) (3, Sisäilmayhdistys -> Terveelliset tilat -> Kosteusvauriot -> Kosteusvaurioituminen -> Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate.)

Rakenteisiin tapahtuvaa kosteudensiirtymistä on eri muodoissa ja se muodostuu pääasiassa neljään eri vaihtoehtoon. Kosteus voi siirtyä painovoimaisesti, kapillaarisesti, ilmavirtauksien mukana tai diffuusiolla. Yleisin tapa, jolla kosteus siirtyy rakenteisiin, on painovoima. Vesi valuu rakenteissa sellaiseen paikkaan, mistä se ei pääse pois. Vesi poistuu tällaisissa tapauksissa esimerkiksi diffuusiolla, joka on todella hidas kosteuden siirtäjä. (3, Sisäilmayhdistys -> Terveelliset tilat -> Kosteusvauriot -> Kosteusvaurioituminen -> Kosteuden siirtyminen.)





KUVA 1. Kosteuden siirtymisen periaate (3, Sisäilmäyhdistys -> Terveelliset tilat -> Kosteusvauriot -> Kosteusvaurioituminen -> Kosteuden siirtyminen)

### 3 TIIVISTYSKORJAAMINEN

Tiivistyskorjaamisen tavoitteena on estää hallitsemattomien ilmapuhtauksien ja sitä kautta mahdollisten epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan. Tässä korjausmenetelmässä tiivistetään pääosin ulkovaipan rakenteita sisäpuolelta, millä varmistetaan riittävä ilmatiiveys rakenteissa. Tiivistyskorjaus sekoitetaan monesti haitta-aineiden torjuntaan, kapillaarisen kosteuden katkaisemiseen tai paineellisen veden hallitsemiseen. Korjaustapa on usein käytössä sisäilmaongelmallisissa kohteissa, mutta se ei yksistään riitä torjumaan sisäilmaongelmia. (4, s. 174.)

Tiivistyskorjaaminen on usein myös käytössä radoniin liittyvässä torjunnassa sekä korjaus- ja uudisrakentamisessa. Radonin torjunnan tiiviysvaatimuksia on rakennusmääräyksissä ja ohjeissa. Vaikutuksia korjausmenetelmällä voi myös olla energiatehokkuuteen ja se ehkäisee kosteuskonvektiota. (4, s. 175–176.)

Eri asiantuntijoilla sekä korjauskohteiden parissa työskentelevillä on näkemuseroja tiivistyskorjauksien onnistumisesta ja sen vaikutuksesta sisäilmaongelmiin. Epäonnistuminen tiivistyskorjauksessa voi johtua huonosta toteutuksesta, ymmärtämättömyydestä, puutteellisista suunnitelmista tai laadunvarmistuksen puuttumisesta. (4, s. 174.)

Ensisijainen vaihtoehto olisi purkaa vaurioitunut rakenne, mutta se ei aina ole mahdollista ja silloin voidaan päätyä tiivistyskorjaamaan rakenteita. Monesti vanhan purkaminen ja uuden tekeminen tilalle olisi järkevämpi vaihtoehto laadullisesti. Suojelluissa kohteissa monesti purkaminen ei ole mahdollista, koska korjattava kohde halutaan pitää ulkonäöllisesti ennallaan. Usein vanhoissa rakenteissa pienen epäpuhtauden poistaminen vaatisi isoja toimenpiteitä rakennusteknisesti ja taloudellisesti. (4, s. 174.)

Rakennusten alapuolissa kerroksissa eli maaperässä on aina epäpuhtauksia, jotka voivat huonon ilmatiiveyden seurauksena päätyä sisäilmaan ja sitä kautta heikentää sisäilman laatua. Ilmatiiveyden parantaminen tällaisissa tapauksissa on mahdollista ja sitä kautta ehkäistään terveyshaittoja loppukäyttäjillä. (4, s. 174.)

## **4 RAKENTEIDEN TIIVISTYSPERIAATTEET**

Ennen tiivistyskorjauksia on syytä selvittää, mistä ja miten rakenteet vuotavat. Rakenteita tutkimalla ja merkkiainekokeella ennakkoon mittaamalla löytää helpoiten vuotokohtia rakenteista. Ilmanpitävyyksien tarkalla kartoittamisella saadaan edellytykset toteuttaa tiivistyskorjaukset juuri sellaisella laajuudella ja laadulla, mitä tiivistettävä kohde vaatii.

Tiivistyskorjauksessa käytettävä tuote tulee valita ja testata huolellisesti. Tuotteissa on isoja eroja keskenään ja sen takia niitä kannattaa myös testata malliasennuksien kautta. Malliasennuksissa tehdään tiivistyskorjauksia eri tuotteilla ja niiden ilmanpitävyyttä tarkastellaan merkkiainekokeella. Eri tuotteilla on teknillisiä sekä työstettävyyden kannalta isojakin eroavaisuuksia. Tuotevalinta on syytä tehdä huolellisesti, koska tiivistysaineet ovat kalliita ja niiden kustannukset voivat olla merkittäviä rakennushankkeissa.

Tuotteen valinnan jälkeen on syytä siirtyä valmistajan puoleen ja pyytää heiltä koulutusta oikeaan työtapaan aineiden kanssa. Usein valmistajilla ei ole tarjota itse työn tekemistä, mutta heiltä saadaan tietoa, miten oma tuote käyttäytyy ja miten saadaan rakennusteknisesti paras lopputulos. Tiivistyskorjaukseen ja eri menetelmien käyttöön valittu työryhmä on tarpeellista kouluttaa käytännössä kyseiseen työvaiheeseen huolellisesti ammattilaisen ohjaamana ja tukemana.

### **4.1 Rakenteiden tutkimukset ja rakennesuunnittelu**

Ennen suunnittelua ja korjaamista työmaalla tehdään tarvittavat tutkimukset korjaussuunnittelussa tarvittavia lähtötietoja varten. Ilmanvuotokohtia selvitetään rakenteista esimerkiksi merkkiainekokeella, jossa rakenteisiin porataan reikiä ja rakenteisiin lasketaan merkkiaineikaasua. Tarkastelun aikana tila missä koetta tehdään, asetetaan alipaineiseksi, jotta saadaan ilmavirtauksen suunta sisälle päin ja sitä kautta merkkiaineanalysaattorilla havaitaan mahdollinen vuoto rakenteista. (Kuva 2 ja kuva 3.)



*KUVA 2. Merkkiainekoe käynnissä*



*KUVA 3. Merkkiaineanalysaattori ilmaisee vuodon*

Rakennusosien ilmanpitävyyttä voidaan tarkastella vanhoja rakennepiirustuksia tutkimalla ja sitä kautta paikantaa eri liitoskohtia. Rakoja sekä halkeamia voidaan havaita rakenteista silmämääräisesti ja sitä kautta löytää esimerkiksi liitoskohdista mahdollisia ongelmakohtia. Rakenteita avaamalla pystytään tarkastelemaan vanhoja toteutustapoja ja arvioimaan ilmanpitävyyttä. Tutkimuksien tukena voidaan myös käyttää lämpökameratekniikkaa, joka paljastaa lämpövuotokohtia rakenteissa. (4, s. 177.)

Rakenteita ei tule koskaan tiivistää ennen huolellista tutkimus-, suunnittelu-, valvonta- ja seurantatyötä. Eri rakennetyypeille tiivistyskorjaaminen soveltuu eri tavoilla. Lähtökohtaisesti rakennetta, jossa on kosteus- tai mikrobivaurio, ei tulisi tiivistää. Tällaisissa tapauksissa lähtökohtaisesti rakenne tulisi purkaa ja uusia. (4, s. 177–178.)

Aina rakenteiden purkaminen ei ole mahdollista ja silloin rakenteiden tiivistämiseen voidaan käyttää kapselointia. Kapseloinnin tarkoitus on estää haitta-aineiden kulkeutuminen sisäilmaan sekä konvektiolla että diffuusiolla. Kapselointiaineet ovat sellaista materiaalia, että ne katkaisevat rakenteiden läpi tulevat ilmavirtaukset ja mahdolliset kaasut diffuusiolla. (4, s. 178.)

Tiivistyskorjauksien suunnittelu vaihtelee tapauskohtaisesti vaativuusluokkien tavanomaisen ja poikkeuksellisen vaativa välillä. Lähtökohtaisesti jokainen tapaus täytyy suunnitella erikseen, eikä suunnitelmia voi soveltaa muissa kohteissa. Suunnittelu vaatii erityistä asiantuntemusta ja toteutusmenetelmien ymmärtämistä. Valittavien suunnittelijoiden täytyy olla päteviä suhteessa hankkeen vaativuuteen. (4, s. 178.)

Rakennuksen lämpö- ja kosteustekninen toimivuus voi tiivistyskorjauksen jälkeen muuttua ja se täytyy ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Tiivistämisen seurauksena rakenteiden kosteuspitoisuus voi nousta haitallisesti ja tällaisissa tapauksissa tiivistyskorjausta ei tule tehdä. Suunnittelussa täytyy myös ottaa huomioon esimerkiksi rakennuksen ulkoseinärakenteiden tuulettumiskyky. Rakenteiden tuulettumisen täytyy olla toimiva ja suunnittelijoiden tulee ottaa tämä huomioon. (4, s. 178.)

## **4.2 Rakenteiden tiivistyksen suorittaminen**

Rakenteiden tiivistämisessä oikeanlaisilla työmenetelmillä on merkittävä vaikutus onnistuneeseen lopputulokseen. Rakenteiden tiivistyksien suorittaminen etenee pääpiirteittäin yhdeksän eri työvaiheen mukaisesti:

- rakenteiden vuotokohtien tutkiminen ja selvittäminen
- rakennesuunnittelu
- malliasennukset eri tuotteilla
- tuotteen valinta
- työryhmän valinta
- työryhmän perehdyttäminen ja koulutus
- tiivistyskorjaamisen toteutus ja valvonta
- laadunvarmistaminen merkkiainekokeella
- tarvittavat korjaukset mahdollisten vuotojen jälkeen. (4, s. 180–181.)

### 4.3 Laadunvarmistus

Laadunvarmistaminen merkkiainekokeella tarkoittaa tutkimusmenetelmää, jossa rakenteisiin syötetään kaasua ja sitä havaitaan mittalaitteella rakenteiden ulkopuolelta. Suunnittelijat määrittelevät tiiveydelle tapauskohtaisesti tavoitetason. Tavoitetasoa on kolmea eri luokkaa. Ensimmäisessä tasossa rakenteen pitää olla täysin tiivis ja vuotoja ei sallita. Toisessa tasossa sallitaan vähäisiä vuotoja  $-10 \text{ Pa:n}$  alipaineessa. Kolmannesta tasosta käytetään nimikettä tiiveyden parantaminen, ja rakenteissa ei saa olla merkittäviä vuotoja  $-10 \text{ Pa:n}$  alipaineessa. Enintään vähäisiä vuotoja voi olla käyttötilanteessa, jossa ilmanvaihto on tasapainotettuna alle  $-5 \text{ Pa:n}$  alipaineeseen. (5, s. 1–2.)

Laadunvarmistuskokeet täytyy tehdä aina ennen pintamateriaalien asennusta, jotta mahdolliset tiivistyksessä tulleet virheet voidaan selkeästi havaita. Kokeen yhteydessä on järkevää merkitä esimerkiksi teipillä vuotokohdat, jotta ne on helppo paikantaa korjauksen yhteydessä. Merkkiainekokeet uusitaan tarvittaessa niin monta kertaa, että vuotoja ei enää löydy. (5, s. 8.)

## 5 ESIMERKKIKOHDE

Työskentelin työnjohtajana Oulussa sijaitsevalla kampuksella, jossa työmaamme sisälsi seitsemän rakennusvaihetta. Olin itse pääurakoitsijan työnjohtajana yhdellä näistä rakennusvaiheista. Ensiaskeleet tiivistyskorjaamiselle saatiin ensimmäisessä toteutusvaiheessa ja sen laajamittaisesta suunnittelusta oli iso apu myöhempiin vaiheisiin. Jokaisesta toteutusvaiheesta runkorakenteet tutkittiin erikseen, koska rakenteissa oli eroja. Rakennuksia oli rakennettu kolmella eri vuosikymmenellä, jolla oli vaikutusta tiivistyskorjaamisen toteutuksiin.

Rakennus oli valmistunut 1982 ja se oli betonirakenteinen elementeistä rakennettu 2-kerroksinen kokonaisuus. Runkorakenne sisälsi anturat, betonipilarit, betonipalkit sekä ontelolaatat väli- ja yläpohjassa. Ulkoseinärakenne oli sandwich-elementti, jossa eristeenä toimi pehmyt kivivilla. Rakennuksesta purettiin sisäpuolelta maanvaraista lattiaa ja kantavia betoniseiniä lukuun ottamatta kaikki vanha pois. Ulkovaipasta uusittiin vesikatto ja ikkunat sekä katolle tehtiin uusi metallirakenteinen ilmastointikonehuone.

Kohteessamme rakenteiden tiivistysaineeksi valikoitui Betton Oy:n maahan tuoma tiivistysaine Blowerproof Liquid Brush. Tuote valikoitui ensimmäisessä toteutusvaiheessa, jossa tehtiin laaja kartoitus eri tiivistysaineiden käyttäytymisestä ja työstettävyydestä. Kartoitusvaiheessa testattiin kuutta eri tiivistysainetta. Mukana testissä olivat Ardex 8+9, Kiilto Kerapro, Weber PTM, Soudal Soudatight LQ, TKR ja Blowerproof Liquid Brush. Jokaiselle tuotteelle tehtiin oma malliasennus betonielementtien pystysaumaan ja ympärille tehtiin alipaineistettu merkkiainekoppi. Jokainen tuote testattiin erikseen merkkiainekokeella, jossa tarkasteltiin tuotteen toimivuutta kohteessamme. Näistä kuudesta tuotteesta valikoitui Blowerproof Liquid Brush, joka on yksikomponenttinen helposti levitettävä tiivistysaine.

### 5.1 Rakenteiden tutkimukset ja rakennesuunnittelu

Purkutöiden jälkeen rakennuksessa oli viiden viikon tuuletusjakso, jotta epäpuhtaudet poistuisivat sisäilmasta. Tuuletusjakson aikana aloitimme tiivistyskorjaukset merkkiainekokeella, jolla saatiin tarvittavat lähtötiedot työn aloitukselle. Tällä



toimenpiteellä varmistimme, että toteutamme tiivistämisen oikealla laajuudella rakennuksessa.

Merkkiainekokeen suorittivat kohteessamme alan asiantuntijat, joilla on kokemusta rakenteiden kuntotutkimuksista. Merkkiainekokeen peruseriaatteet ja työvaiheet etenivät seuraavasti:

- Merkkiainekokeen suorittamiseksi tehtiin muovista yksi alipaineistettu suojakoppi (kuva 5).
- Testikoppi alipaineistettiin testin suorittamiseksi -10 pascaliin (kuva 6).
- Typen ja vedyn seoskaasua annettiin kulkeutua ulkoseinärakenteisiin 8 litran minuuttivauhdilla.
- Vuotoja havaittiin pilareiden ja seinien elastisissa saumoissa. Vanhat ikkunat vuotivat selkeästi, koska merkkiainekaasu pääsi heikkokuntoisissa ikkunoissa leviämään vaivattomasti sisäilmaan.



*KUVA 5. Alipaineistettu tila merkkiainekokeessa*



KUVA 6. Alipaineen mittauslaite alipaineistuksessa

Rakennesuunnittelija määritteli kohteessa tiivistettäväksi alapohjan liittymisen ulkoseinään, välipohjan liittymisen ulkoseinään, elementtien elastiset pysty- ja vaakasaumat, halkeamat alapohjassa, halkeamat ulkoseinissä, liikuntasaumot alapohjassa ja ikkunoiden liittymisen ulkoseinärakenteisiin. Jokaisesta liitoksesta ja tiivistettävästä kohdasta oli yksityiskohtaiset rakennesuunnitelmat.

## 5.2 Rakenteiden tiivistyksen suorittaminen

Ennen tiivistyskorjauksia kaikista tiivistettävistä pinnoista täytyi poistaa maalit, tasoitteet ja muut epäpuhtaudet. Alusta tuli pohjustaa tuotevalmistajan ohjeiden mukaan pohjusteaineella. (Kuva 7.) Kohteessamme käytettiin tiivistysaineena

Blowerproof Liquid Brush -tuotetta, joka on koostumukseltaan vedeneristemäinen helposti siveltyvässä oleva tuote. Tuotteen pystyy tarvittaessa myös ruiskuttamaan. Tätä tapaa käytettiin ensimmäisellä toteutusvaiheessa välipohjaan.



*KUVA 7. Tiivistettävät pinnat hiottuna ja pohjustettuna*

Tuotetta levitettiin pensselillä tiivistettävään pintaan, jonka jälkeen asennettiin vahvikenauha ja siveltiin tiivistysaine toiseen kertaan nauhan päälle. Tämän jälkeen aineen annettiin kuivua valmistajan ohjeiden mukaisesti ja kuivumisen jälkeen levitettiin vielä yksi kerros tiivistysainetta. Maanvaraisiin lattioihin uusittiin kohteessamme viemäröintejä ja ravintolaa varten lattiaan tuli tekniikkalaatikoita. Viemäröintejä varten lattioita sahattiin auki ja valettiin nopeasti kuivuvalla betonilla takaisin umpeen. Vanhan lattialaatan ja uuden betonivalun saumaan asennettiin tiivistysaine, jottei mahdollisia hajuja pääsisi kulkeutumaan sisäilmaan maapohjasta betonin mahdollisen kutistumisen seurauksena. (Kuva 8.)



*KUVA 8. Betonilaattojen saumojen tiivistys*

Hajujen mahdollinen kulkeutuminen sisäilmaan maapohjasta on mahdollista pienistäkin halkeamista tai seinän ja lattiaan liittymistä. Kohteessamme jokainen halkeama käsiteltiin tiivistysaineella huolellisesti. Halkeamien tiivistäminen toteutettiin sivelemällä tiivistysaine kahteen kertaan pohjusteen jälkeen, mutta ilman vahvikenauhaa. (Kuva 9.)



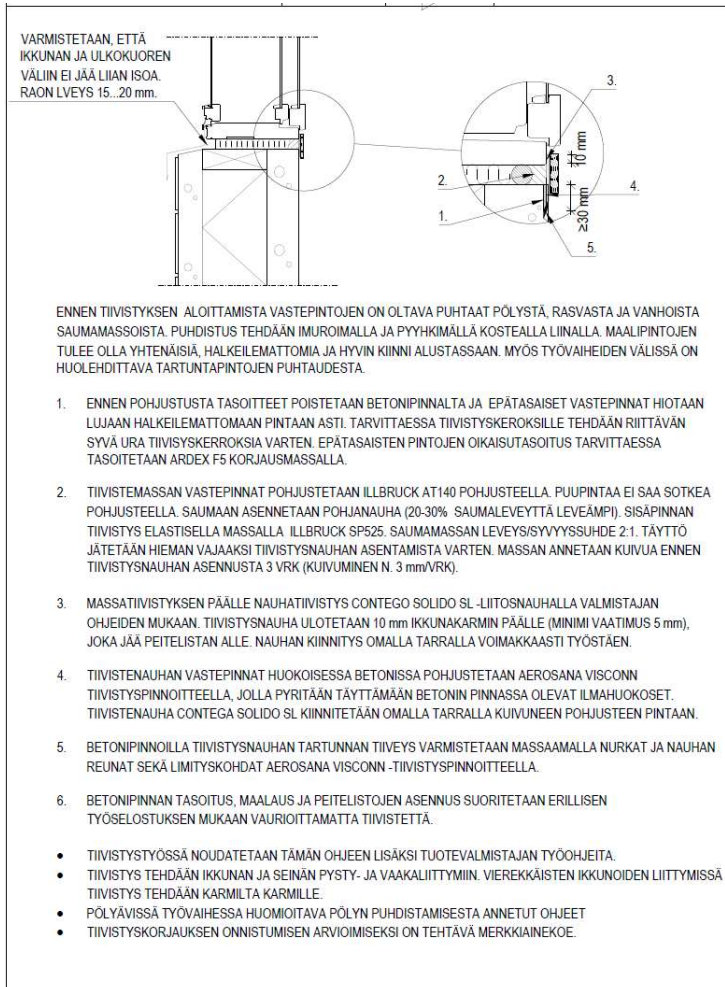
*KUVA 9. Maanvaraisen lattian halkeamien tiivistämistä*

Maanvaraisissa lattioissa oli suhteellisen paljon liikuntasauvoja ja näiden tiivistämiseen rakennesuunnittelija oli määrittänyt yksityiskohtaisen rakenneleikkauksen. Jokainen liikuntasauva tiivistettiin butyylinauhalla ja nauhan molemmille sivuille siveltiin tiivistysaine kahteen kertaan. Butyylinauha asennettiin keskeltä nauhaa hieman pussille, jottei se vaurioituisi mahdollisista rakenteiden liikkeistä. (Kuva 10.)



*KUVA 10. Liikuntasauvojen tiivistäminen butyylinauhalla*

Ikkunakarmin ja ulkoseinän välinen liittymä tiivistettiin ikkuna-asennuksien yhteydessä, asennusväli eristettiin uretaanivaahdolla ja asennusväliin asennettiin pohjanauha elastiselle saumamassalle. Uretaanin kuivuttua eristeväli tiivistettiin elastisella saumamassalla, jonka kuivuttua ikkunan betonipieliin siveltiin pohjusteaine ja lopuksi asennusväli teipattiin tiivistysteipillä tiiviiksi. (Kuva 11.)



KUVA 11. Rakenneleikkaus ikkunan ja ulkoseinän välisestä liittymästä (6)

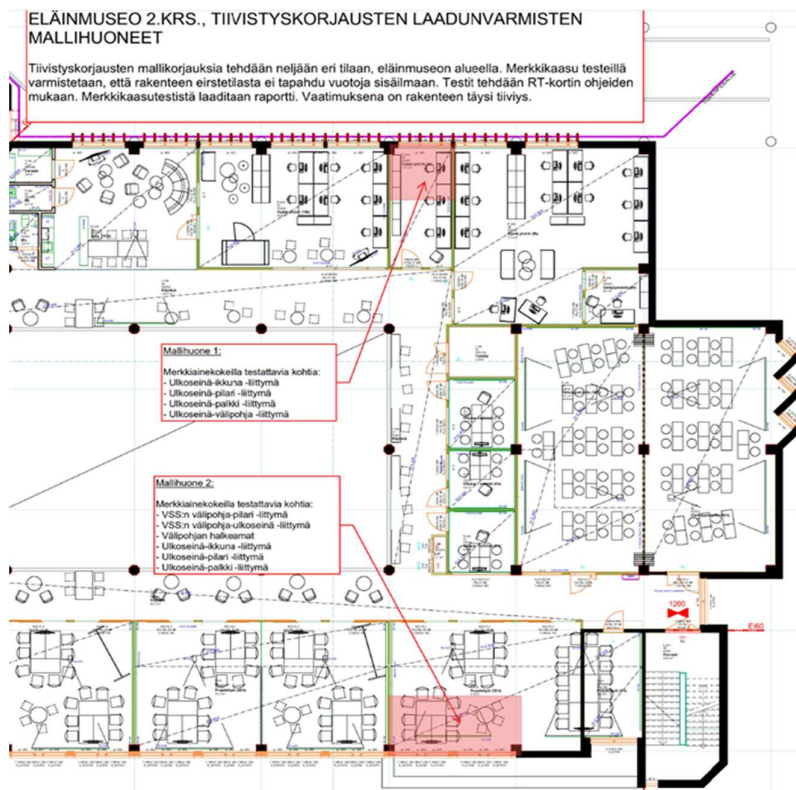
### 5.3 Laadunvarmistus

Pääosin tiivistyskorjauksia tehtiin yrityksemme omalla henkilöstöllä, joilla oli kokemusta vedeneristystöistä. Saimme Betton Oy:ltä koulutuksen työmaalle, jossa käytiin käytettävät tuotteet läpi teoriassa ja käytännössä. Tällä toimenpiteellä varmistettiin se, että jokaisella oli tarvittava tieto ja taito toteuttaa tiivistykset oikeaoppisesti.

Laadunvarmistusta hoidettiin merkkiainekokeilla, rakennesuunnittelijan määrittämillä ohjeilla ja työn valvomisella. Molempiin kerroksiin oli määritetty kaksi paikkaa, mistä merkkiainekokeet tulee tehdä ja dokumentoida. (Kuva 12.) Edellytykset merkkiainekokeelle kohteessa olivat, että kaikki tiivistettävät pinnat oli tiivistetty suunnitelmien mukaisesti ja ikkunat asennettu sekä tiivistetty elastisella saumamassalla sekä tiivistysteipillä.

Laadunvarmistus merkkiainekokeiden lisäksi oli työnseurantaa ja työsaavutuksien silmämääräistä tarkastelua. Ikkunateippauksissa mahdolliset vuotokohdat ovat usein nurkkakohdissa ja niitä on mahdollista havaita myös silmämääräisesti. Ikkunoiden tiivistämisessä käytimme alan ammattilaista, joka oli koulutettu sauma- ja teippaustöihin. Silmämääräinen tarkastelu työn jälkeen tehtiin järjestelmällisesti ja aina ennen merkkiainekokeita.

Merkkiainekokeet teki yksi alihankkijoistamme, jolla on pitkä kokemus rakennuksien kosteusteknisistä asioista ja ilmanpitävyyksien mittauksista. Merkkiainekokeissa oli mukana mittaajat, valvoja ja pääurakoitsijan työnjohto. Merkkiainekoe on viimeinen varmistus sille, että tiivistämisessä on onnistuttu, ja sillä saadaan pienetkin vuotokohdat paikallistettua.



KUVA 12. Rakennesuunnittelijan ohje merkkiainekokeille (7)



## 6 YHTEENVETO

Sisäilman aiheuttamat ongelmat ovat nykypäivänä iso puheenaihe julkisissa rakennuksissa. Tiivistyskorjaaminen on yksi vaihtoehto sen poistamiselle ja ehkäisylle. Tässä esimerkkikohteessa haluttiin varmistua siltä, että ulkoseinärakenteista ja maapohjasta ei pääse sisäilmaan mitään epäpuhtauksia. Tärkein tässä kohteessa oli varmasti se, että poissuljettiin yksi mahdollinen epäkohta rakenteissa, joka voisi mahdollisesti aiheuttaa tuleville käyttäjille haittoja.

Suomessa on tällä hetkellä korjauksen alla useita eri julkisia rakennuksia. Puheenaiheeksi nousee monesti, ettei Suomessa ole ammattitaitoisia rakentajia ja se on syy sisäilmaongelmille. Osittain siinäkin on totuuden siemen, mutta ei rakentajia voi ainoastaan syyttää ongelmista ja virheistä, joita aikanaan on tehty. Joskus vuosia sitten ei esimerkiksi ymmärretty kosteudenhallinnan tai ilmanvaihdon merkitystä rakenteiden toimivuudelle. Virheitä rakentamisessa ovat tehneet lähes kaikki rakennushankkeissa mukana olleet. Yhteen asiaan törmää edelleen siihen, miten rakennuksien huoltotoimenpiteitä laiminlyödään.

Rakentamisessa on menty paljon eteenpäin kosteudenhallinnassa. Rakennuksia remontoidaan paljon sääsuojien alla, kuten esimerkiksi tässä esimerkkikohteessa. Sääsuojan ongelmat tulevat oikeastaan esiin, mitä korkeammalle rakennuksen katto nousee. Sääsuojan merkitys korostuu juurikin korjausrakentamisessa, koska vanhat betonirakenteet eivät saa kastua niiden hitaan kuivumisen vuoksi. Muutenkin kosteudenhallintaan panostetaan toden teolla. Mattolattioita ei esimerkiksi asenneta alustan ollessa kostea ja materiaalien yhteensopivuuteen on tiukat määräykset nykypäivänä.

Rakentajat kantavat vastuuta nykypäivänä enemmän kuin ennen, mutta näkisin tässä kaikilla silti mahdollisuuden kehittyä vielä enemmän. Toisin rakennusalan koulutuksiin enemmän sisäilmaongelmiin liittyviä asioita. Nimittäin sisäilmakorjauksiin on olemassa erilaisia koulutuksia ja en näkisi pahitteeksi tällaisten koulutusten käymistä korjausrakentamisen alalla työskentelevillä. Esimerkiksi Fisehenkilöpätevyyspalvelu pätevöittää työnjohtajia, suunnittelijoita ja kuntotutkijoita.

Tällaiset erikoisosaamiset ovat erittäin tärkeitä, jotta jokaisella suomalaisella on mahdollisuus toimia ja työskennellä terveellisessä ympäristössä sairastumatta.

## LÄHTEET

1. RT 80-10974. 2009. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitiävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-80-10974-teollisesti-valmistettujen-asuinrakennusten-ilmanpitavyyden-laadunvarmistusohje/104574/dp> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 7.10.2019.
2. Lampi, Jussi – Pekkanen, Juha 2018. Terve ihminen terveissä tiloissa: Kansallinen sisäilma ja terveys ohjelma 2018-2028. Raportti 8/2018 Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos. Saatavissa: [http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137064/THL\\_RAP2018\\_8\\_sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys\\_WEB\\_250319pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137064/THL_RAP2018_8_sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys_WEB_250319pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Hakupäivä 7.10.2019.
3. Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate 2008. Sisäilmayhdistys. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi>. Hakupäivä 11.10.2019
4. Laine, Katariina 2014. Rakenteiden ilmatiivyyden parantaminen osana onnistunutta sisäilmakorjausta. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150504.pdf>. Hakupäivä 11.10.2019.
5. RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelumerkkiainekein. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-14-11197-rakenteiden-ilmatiivyyden-tarkastelu-merkkiainekein/108937/dp> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 6.11.2019.
6. A-insinöörit 2018. Rakennepiirustus, tiivistysdetaljit, RV5. OAMK Linnanmaa. Suomen Yliopistokiinteistön sisäinen materiaali.
7. Sippola, Petri 2019. OAMK Linnanmaa Eläinmuseon merkkiainekeiteet. Sähköposti 1.7.2019. Vastaanottajat Tommi Määttä, Joonas Kova.