



LAADUNVARMISTUS JA TUOTANNONOHJAUS RAKENTEIDEN TIIVISTYKSISSÄ

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)

Syksy 2024

Henri Niementoivo

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)

Tekijä Henri Niementoivo

Työn nimi Laadunvarmistus ja tuotannonohjaus rakenteiden tiivistyksissä

Ohjaaja Jarno Pölönen, HAMK

Tiivistelmä

Vuosi 2024

Tieto rakenteiden tiivistyksistä rakennustyömailla on melko vähäistä vielä tänäkin päivänä, vaikka rakennuksien tiiveyteen alettiin kiinnittämään huomiota ensimmäisiä kertoja jo 1980-luvulla. Tässä opinnäytetyössä pyrittiin löytämään työmaille ratkaisuja onnistuneen tiivistyskorjauksen mahdollistamiseksi, sekä löytämään tämänhetkiset kompastuskivet. Toinen pääaihe työssä oli kertoa yleisesti rakenteiden tiivistyksien tarpeellisuudesta ja hyödyistä.

Opinnäytetyössä käytiin läpi lainsäädäntöä pintapuolisesti ja avattiin tiivistyskorjauksen eri osat vaihe vaiheelta suunnittelusta laadunvarmistukseen asti. Työhön haastateltiin alaan erikoistuneita tekijöitä, joilla on pitkä kokemus eri vaiheista rakenteiden tiivistysten parissa työskentelystä.

Työn lopputuloksena voitiin todeta, että onnistuneen prosessin avain on riittävä ja ammattitaitoinen osaaminen ja kokemus rakenteiden tiivistyskorjauksista jokaiselta prosessiin osallistuvalla. Huomattiin myös, että tilaajan rooli korostuu halutun lopputuloksen saavuttamiseksi, eli tilaajan on tiedettävä mitä ollaan tilaamassa ja miten tai millä haluttu lopputuote saavutetaan.

Avainsanat tiivistyskorjaus, ilmapuoto, laadunvarmistus, merkkiainekoe

Sivut 26 sivua ja liitteitä 1 sivua

Name of Degree Programme	Abstract
Author Henri Niementoivo	Year 2024
Subject Quality assurance and production control in structural sealing	
Supervisors Jarno Pölönen, HAMK	

Even today we have quite limited information about sealing on construction sites. However, attention was paid to the sealing of buildings for the first time already in the 1980s. The purpose of this thesis was to find out solutions to enable a successful compaction repair on the construction site, as well as to figure out the current difficulties involved with it. Another main purpose was to clarify the lacks and benefits of sealing structures in general.

In the thesis the legislation related to the topic was reviewed superficially. In addition, the various stages of compaction were repaired from planning to quality assurance are handled. Specialists in the field were interviewed for the thesis. The interviewees have long experience in the working with various phases of structural compaction.

The conclusion of the work was that the key to a successful process is sufficient and professional competence and experience in sealing repairs of structures from everyone involved in the process. It was also noticed that the role of the client is emphasised to achieve the desired result, i.e. the client must know what is being ordered and how or with what the desired product will be achieved.

Keywords sealing repair, air leak, quality assurance, tracer test.
Pages 26 pages and appendices 1 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rakenteiden tiivistyskorjaus	1
2.1	Lainsäädäntö	3
2.2	Ilmavuotopaikat.....	4
3	Laadunvarmistus.....	8
3.1	Suunnitteluvaihe	9
3.2	Toteutusvaihe	11
3.2.1	Valvojan valinta ja tehtävät	12
3.2.2	Urakoitsijan valinta	12
3.2.3	Alustan vaatimukset	13
3.3	Onnistumisen tarkastelu.....	15
3.3.1	Rakennuksen lämpökuvaus.....	15
3.3.2	Aistinvarainen tarkastus.....	15
3.3.3	Merkitseminen.....	16
4	Tuotannonohjaus	18
4.1	Suunnittelu.....	18
4.2	Valvonta.....	19
4.3	Ohjaus	19
5	Alan ammattilaisten haastattelut	20
5.1	Tiedonsaanti	21
5.2	Laadunvarmistus.....	23
5.3	Tuotannonohjaus	24
6	Johtopäätökset.....	25
	Lähteet	27

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Lattia-seinäliittymä tiivistetty, seinässä olevasta halkeamasta mahdollinen ilmavuoto	4
Kuva 2. Ikkuna-seinäliittymä ennen tiivistystä	5
Kuva 3. Alapohjasta tulevien patteriputkien läpivientien tiivistys aloitettu	6
Kuva 4. Lattian halkeama	7
Kuva 5. Merkkiainekoe käynnissä	7

Liitteet

Liite 1.	Haastatteluiden kysymykset
----------	----------------------------

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on pohtia ja löytää keinoja parantaa tilaajan näkökulmasta rakenteiden tiivistyskorjauksien onnistumisprosessia. Työssä käydään läpi rakenteiden tiivistyskorjaus tilauksesta laadunvarmistustoimenpiteisiin. Työn tarkoituksena on avata lukijalle prosessin kulku ja avata siihen liittyviä aukkokohtia. Lisäksi syvennytään siihen, miten prosessista saadaan kaikille osapuolille läpinäkyvä ja yhdenvertainen työn laadusta tinkimättä. Työssä käydään läpi lainsäädännöstä poimintoja rakenteiden tiivistysten osalta ja miten rakenteiden tiivistäminen vaikuttaa asumisterveyteen. Yleisimpiä ilmapuotopaikkoja löytyy listattuna ja niiden epätiivyyden aiheuttamia ongelmia selvennettyinä. Tässä opinnäytetyössä ei perehdytä eri tiivistysmateriaaleihin, ainoastaan otetaan kantaa niiden oikeaoppiseen käyttöön eri rakenneliitoksissa ja käyttötarkoituksissa.

Opinnäytetyöllä ei ole erillistä tilaajaa, vaan omasta kiinnostuksesta alan parantavia toimenpiteitä ajatellen lähdin tekemään opinnäytetyötä rakenteiden tiivistyskorjauksesta. Oman kokemuksen mukaan löytyy paljon parannettavaa, jotta rakenteiden tiivistyskorjauksen prosessi olisi toimivampi ja lopputulos varmemmin onnistunut. Tästä syystä lähdin tutkimaan rakenteiden tiivistysten onnistumisen parantamista.

Rakenteiden tiivistyskorjaukset ovat viime vuosina yleistyneet, vaikkakin niitä tehdään vielä suhteellisen vähän ja alan ammattilaisten keskuudessaakin tietämys on edelleen vähäistä.

Tutkimusmenetelmänä käytetään haastattelua. Haastateltavat ovat toimineet alalla pitkään ja heillä on laaja osaaminen rakenteiden tiivistyskorjauksista. Haastattelukysymysten kautta nostetaan esiin kohtia, jotka ovat välttämättömiä onnistuneeseen tiivistyskorjaukseen. Lisäksi pohditaan ja huomataan kohtia, joissa voidaan helposti epäonnistua. Suurimpana löydöksenä haastatteluista ilmeni, että laadunvarmistuksen toteutuksen tilaajalla on suuri merkitys onnistuneen lopputuloksen saamiseksi.

2 Rakenteiden tiivistyskorjaus

Sisäilman laatuun rakennuksissa vaikuttaa moni tekijä; rakenneratkaisut, materiaalien valinnat sekä käyttöönoton aikana rakennuksen ylläpito. Rakennuksen ulkovaipan ilmatiiveys on tässä kokonaisuudessa ratkaiseva osa. Rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttaa

merkittävästi rakenteista sisäilmaan pääsevillä ilmavuodoilla ja erityisesti silloin, kun rakennuksessa tai rakenteissa on ongelmallisia yhdisteitä tai mikrobeja. Näitä on mm. mikrobiperäiset epäpuhtaudet, VOC-yhdisteet, PAH-yhdisteet, erilaiset kuidut, kuitumaiset haitta-aineet ja erilaiset hajut. Rakennuksen ollessa epätiivis hallitsemattomat ilmavirtaukset saattavat kuljettaa edellä mainittuja epäpuhtauksia sisäilmaan aiheuttaen mahdollista haittaa rakennuksessa oleville. Aina rakenteessa piileviä epäpuhtauksia ei ole mahdollista tai kustannustehokasta poistaa, silloin haittojen vähentämiseksi epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan voidaan estää tiivistyskorjauksella. (RT 14-11197, 2015, s.2) Olemassa olevan rakennuksen ilmatiiveyttä parantavasta menetelmästä käytetään nimitystä tiivistyskorjaus tai yleisemmin vain tiivistys. (Laine, K., 2014, s. 174)

1980-luvulla on alettu nostamaan rakenteiden tiivistämistä sisäilman laadun parantamista tähtääväksi korjausratkaisuksi, vaikka nykypäivänä asiasta puhutaankin vasta enemmän. Rakenteiden tiivistykset alkoivat, kun haluttiin parantaa ilmatiiveyttä alapohjarakenteissa radonkaasun pääsyn estämiseksi sisätiloihin. (Laine yms., 2022, s. 6)

Usein sisäilmakorjauskohteissa käytetään rakenteiden tiivistämistä sekä haitta-ainesulkua ja nämä sekoittuvat helposti keskenään. Rakenteiden tiivistyskorjauksella tarkoitetaan rakennuksen ulkovaipan tiivistämistä ja sillä pystytään estämään rakenteiden hallitsemattomia ilmavirtauksia, joista aiheutuu sisäilmaongelmia. Rakenteiden tiivistämisellä voidaan myös estää maaperästä tulevan radon-kaasun pääsy asuintiloihin.

Energiatehokkuus paranee ja ilmanvaihto toimii oikeaoppisesti silloin kun rakennuksen ulkovaippa on ilmatiivis. Ilmatiiveydellä tarkoitetaan eri rakennusosien ja rakenteiden kykyä vastustaa luonnollisten tai pakotettujen ilmavirtojen liikettä rakenteiden läpi. Haitta-ainesulusta puhuttaessa haitta-aineet kuten VOC- ja PAH-yhdisteet suljetaan rakenteisiin, jotta sisäilmalle haitalliset emissiot eivät pääsisi kulkeutumaan sisäilmaan. (KMA Company Oy, n.d.)

Oli rakennuksessa sitten paineellinen tai koneellinen ilmanvaihto, on tärkeää hallita ilmavirtauksia niin, että korvausilma saadaan rakennuksen sisälle oikeasta paikasta. Jos korvausilman saanti oikeasta paikasta ei ole riittävä, korvausilmaa tulee epätiivistä rakenteesta ja ilmavirta tuo sisäilmaan ei haluttuja mikrobeja ja saasteita. (Sisäilmayhdistys ry, 2008)

Tiivistyskorjauksista on olemassa epäröiviä mielipiteitä menneiltä vuosilta, mutta on muistettava, että suunnitelmat ja ymmärrys tiivistyskorjauksista on kasvanut huomattavasti viime vuosien aikana. Oikean materiaalin valinta oikeaan paikkaan ja oikeaoppinen tiivistys

takaa tiivistyskorjauksen onnistumisen. Tiivistyskorjaus on kokonaisvaltainen korjaus, josta ei voida unohtaa hyvää suunnittelua ennen korjauksen tekoa, tiivistyskorjauksen oikeaoppista toteutusta ja tuotannonohjausta, laadunvarmistusta sekä jälkitöinä ilmanvaihtojärjestelmän tarkastusta ja säätöä. Nykypäivänä on mahdollista suorittaa Eurofinssin hyväksymä rakenteiden tiivistäjän sertifiointi, jota jotkut kaupungit vaativatkin jo rakenteiden tiivistäjiltä sekä työnjohdolta. Terveellisen, viihtyisän ja turvallisen sisäilmaston saamiseksi käytetään rakenteellisia keinoja, rajoitetaan ulkoisten ja sisäisten kuormitustekijöiden vaikutusta, pienennetään sisäisiä kuormitustekijöitä sekä käytetään ilmanvaihto- ja ilmastointiteknisii keinoja, jotta edellä mainitut vaatimukset täytetään. (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma/2002)

2.1 Lainsäädäntö

Tiivistyskorjauksia tehdään korjausrakentamisessa nykypäivänä paljon, sillä ne ovat olleet puheenaiheena julkisten rakennusten osalta hyvinkin paljon. Vanhaa rakennusta saneerattaessa on hyvä kiinnittää huomiota sen ilmatiiveyteen jo suunnitteluvaiheessa. Maankäyttö- ja rakennuslaissa todetaan, että rakennuksen on oltava terveellinen ja turvallinen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän pitää myös huolehtia, että terveys ei saa vaarantua mm sisäilman epäpuhtauksien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. (Maankäyttö- ja rakennuslaki/2012 §117d)

Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa D2 sanotaan, että oleskeluvyöhykkeellä pitää saavuttaa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto kaikissa sääolosuhteissa ja käyttötilanteissa. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena niin, että edellä mainitut kohdat täyttyvät. Pääsuunnittelijan vastuulla on, että sisäilmastolle asetetut vaatimukset täyttyvät suunnittelussa ja vastaavan työnjohtajan vastuulla on, että suunnitelmat toteutetaan oikeanlaisesti, jotta sisäilmastolle asetetut vaatimukset täyttyvät. ”Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttaminen tulee varmistaa seuraavissa tilanteissa:

- 1) kun suunnitellaan rakennuksen lämmön- ja kosteudeneristystä sekä ikkunoiden ominaisuuksia;
- 2) määritellään rakennuksen ulkovaipan, alapohjan ja roilojen ilmanpitävyyttä sekä tilojen välisten rakenteiden ilmanpitävyyttä;
- 3) valitaan rakennus- ja sisustusmateriaaleja;
- 4) suunnitellaan rakennuksen talotekniikkajärjestelmiä, niiden käyttövarmuutta ja tilantarvetta;

- 5) suunnitellaan rakennustyömaan kosteudenhallintaa;
- 6) suunnitellaan rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden hallintaa; sekä
- 7) laaditaan rakennustyömaan, vastaanoton ja käyttöönoton aikataulua.”

(Ympäristöministeriön asetus 4/13 §10)

Rakennuksessa ulkovaipan energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden yhteydessä on hyvä huolehtia ikkunoiden ja ulko-ovien tiiveydestä ja tämä on rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla. Toimenpiteet rakennuksen ulkovaipan ja teknisten järjestelmien uusimista ja korjausta suunniteltaessa ja toteutettaessa on valittava niin, että rakenteiden oikea toimivuus lämpö-, ääni- ja kosteusteknisesti varmistetaan sekä palotekninen eristävyys toteutuu oikeaoppisesti. (Ympäristöministeriön asetus 4/13 §10) Mikäli asunnossa tai muissa oleskelutiloissa esiintyy jonkinlaista haittaa sisäilmassa, toimenpiteisiin haitan poistamiseksi ja selvittämiseksi on ryhdyttävä viipymättä. (Terveystieteiden tutkimuslaki 763/1994 §27)

2.2 Ilmavuotopaikat

Rakenteiden ilmavuotojen takia rakennuksissa esiintyy melko usein poikkeavia hajuja. Usein nämä kulkeutuvat sisätiloihin alapohjan liitoksista sekä läpivienneistä ja alapohjan ja ulkoseinän liitoksien kautta rakennuksen ollessa alipaineinen. (Heimlander, 2022) Alla on listattu tyypillisiä ilmavuotoreittejä.

Lattia-seinäliittymän rajakohdan (kuva 1.) epätiivius voidaan havaita irrottamalla jalkalistat, jolloin ulkoseinän ja alapohjajalan välinen rako on havaittavissa. Vanhemmissa rakennuksissa seinän höyryn- tai ilmansulkua ei ole liitetty alapohjarakenteisiin, ja sitä kautta ilma pääsee kulkeutumaan asuintiloihin. Uudemmissa rakennuksissa on jo käytetty radonkaistaa sekä kiinnitetty huomiota höyrynsulun liitoksesta alapohjarakenteeseen. (Heimlander, 2022)

Kuva 1. Lattia-seinäliittymä tiivistetty, seinässä olevasta halkeamasta mahdollinen ilmavuoto.



Yläpohjan höyrnsulkumuovi on voitu asentaa virheellisesti ja sen saumakohtat on voitu jättää tiivistämättä sekä liittämättä seinän höyrnsulun kanssa. Myös läpiviennit on viety höyrnsulun läpi ilman tiivistystä. Näistä virheistä aiheutuvat ongelmat riippuvat rakennuksen painesuhteista, mikäli rakennus on alipaineinen, epätiiviyistä kohdista virtaa sisälle viileää ilmaa yläpohjan tuuletilasta ja tuo sisälle yläpohjasta mahdollisia epäpuhtauksia. Mikäli rakennus on ylipaineinen, huoneilmaan virtaa epätiiviyistä kohdista ulospäin ja kosteus saattaa tiivistyä yläpohjan rakenteiden kylmiin pintoihin ja tiivistynyt kosteus aiheuttaa mahdollisesti mikrobivaurion. (FISE Oy, 2018)

Ikkunakarmin ja seinän välinen liitos on usein epätiivis (kuva 2.) ja erittäin tyypillinen paikka mikä tiivistetään tiivistyskorjauksen yhteydessä. Ikkunan karmien ja seinärakenteen liitos tiivistetään niin, että tiivein kerros on lähimpänä sisäpintaa, kuten höyrynsulku. Myös karmien liitoskohdat ovat tyypillisiä ilmavuotopaikkoja, mutta näitä ei yleensä korjaussuunnitelmissa suunnitella tiivistettäväksi ja tämä huomataan usein vasta laadunvarmistusmittauksissa. (Sisäilmayhdistys Ry, 2008)

Kuva 2. Ikkuna-seinäliittymä ennen tiivistystä.



Alapohjan läpiviennit (kuva 3.) ovat usein ongelmallisia ja tyypillisiä ilmavuotokohtia kivirakenteisessa ja puurakenteisessa alapohjassa. Tyypillisimmät paikat ovat vesijohtojen, viemäreiden ja sähköputkien läpiviennit. On muistettava myös suojaputkien tiivistäminen vesiputkissa ja sähköjohdoissa. Kun tiivistetään ainoastaan suojaputken ja alapohjan välinen liitos, pitää myös tukkia ilman pääsy alapohjasta suojaputken ja sähkö-/vesijohdon välistä, sillä suojaputken kautta ilma pääsee asuintilaan. (Heimlander, 2022)

Kuva 3. Alapohjasta tulevien patteriputkien läpivientien tiivistys aloitettu.



Liikunta- ja elementtisaumoista on usein suora ilmayhteys rakenteista huoneilmaan ja nämä kannattaa ottaa huomioon tiivistyskorjauksessa. Usein myös korjauskohteissa uuden ja vanhan betonilaatan saumakohdat tulisi tiivistää, jotta katkaistaan ala- tai välipohjasta ilmayhteys asuintilaan. Mikäli betonilaatta on päässyt halkeilemaan (kuva 4.), on halkeamat hyvä sulkea, jotta hiilidioksidi ja vesi eivät pääse vaurioittamaan betonirakennetta. Halkeamat eivät välttämättä ole ainoastaan pinnassa ja mikäli halkeama on läpi asti alapohjaan alapohjalaatassa, on sieltäkin suora ilmayhteys huoneilmaan. (Eskon Oy, n.d.)

Kuva 4. Lattian halkeama



3 Laadunvarmistus

Laatua voidaan tarkastella monesta näkökulmasta ja monelle laatu tarkoittaaakin eri asioita. Jotkut ajattelevat laadun olevan työn kerralla kuntoon teko ja toiselle taas sovitusta kiinni pitämistä. Joku toinen arvostaa enemmän virheistä oppimista ja toinen taas yhdessä mietittyä tapaa toimia. Laatu jaetaan neljään osaan, suunnitteluun, tuotantoon, asiakkaaseen ja ympäristöön (Palomäki ym., 2011, s. 12) Toinen tapa laadun määrittämiselle on jakaa

laatu tuotteeseen, palveluun tai toimintaan. (Hartikainen ym., 2017, s. 7) Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ja esitetään laatua suunnittelun, tuotannon ja lopputuotteen näkökulmasta.

On hyvin tärkeää, että tiivistystyön toteutumisen onnistumista valvotaan erilaisin menetelmin, jotta rakenteiden tiivistys on suoritettu onnistuneesti ja suunnitelmien mukaisesti. Joskus korjaussuunnitelmia tehtäessä unohtuu jokin yllättävä rakenteen liitos ja laadunvarmistuksessa tämä usein huomataan. Laadunvarmistus alkaakin jo suunnitteluvaiheesta ja jatkuu koko takuuajan.

Rakenteiden tiivistyksien lopullinen visuaalinen ja tekninen laatu on helpommin arvioitavaa kuin toiminnan laatu. Hankkeen laatua voidaan mitata mm. korjaustoimien määrällä, lopputarkastuksen virheiden määrällä ja takuukustannusseurannalla. Tilaajan kanssa tehdään rakentamisvaiheessa yhdessä sovitut laadunvarmistuksen toimenpiteet ja niiden tulokset dokumentoidaan työmaan laatusuunnitelman mukaisesti.

Laadunvarmistustoimenpiteitä voivat olla esimerkiksi aloituspalaveri, mallityön tarkastaminen, kokeet ja mittaukset sekä urakoitsijan omat tehtäväkohtaiset laadunvarmistusraportit ja dokumentit. (Palomäki ym., 2011, s. 12)

3.1 Suunnitteluvaihe

Laatu suunnittelussa alkaa tilaajan tarpeiden ja toivomusten selvittämisellä. Suunnittelun laatua on myös täyttää suunnitteluvaiheessa viranomaisten asettamat vaatimukset ja se, että suunnitelman toteutus on toteutettavissa hyvää rakennustapaa noudattaen. Oleellista suunnittelussa on, että suunnitellut korjaustoimenpiteet vastaavat nykyisen rakennuksen todellista kuntoa ja jäljellä olevaa rakennuksen elinkaarta. Myös rakennuksen korjauksen jälkeinen käyttö on hyvä tiedostaa suunnitteluvaiheessa, sillä suunnitelluilla korjaustoimilla tulee edistää rakennusten ja rakenteiden toimivuutta. Suunnittelu ei saa vahingoittaa rakenteita eikä edistää rakenteiden vaurioitumista. (Palomäki ym., 2011, s. 12)

Suunnitteluvaiheen aluksi on selvitettävä haluttu tiiveyden tavoitetaso. Eri aikakausien rakentamistavat ja käytetyt materiaalit vaikuttavat suuresti siihen, mitkä ovat eri ikäisten rakennuksien ilmatiiveyden ominaispiirteitä. Kun rakennuksen ikä on selvillä, voidaan päätellä tyypillisimmät ilmavuotopaikat. (Laine yms., 2022, ss. 37–38) Kun haluttu tavoitetaso on selvillä, tiedetään rakenteiden tiivistyksen laajuus. RT-kortin 14–11197 (2015), *Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein*, mukaisesti tavoitetasoina voidaan käyttää seuraavia tasomääritelmiä: ”

1. Täysin tiivis, vuotoja ei sallita
2. Merkittävä tiiveyden parantaminen: sallitaan vähäisiä vuotoja alipainestettuna, – 10 Pa
3. Tiiveyden parantaminen: ei saa olla merkittäviä vuotoja alipaineistettuna, – 10 Pa ja enintään vähäisiä vuotoja käyttötilanteessa, ilmanvaihto tasapainoitettuna alle – 5 Pa”

Tavoitetason valintaan vaikuttaa vahvasti se, mikä tiiveyden parantamisen tavoite on. Silloin kun tiivistetään energiatalouden parantamiseksi, tavoitetaso voi olla hieman väljempi. Kun taas tarkoituksena on rakenteissa olevien mikrobien tai haitta-aineiden tiivistäminen huoneilmaan pääsyn estämiseksi, on tavoitetaso huomattavasti tiukempi. Tilaajan on hyvä tiedostaa hankesuunnitteluvaiheessa tehtävien päätösten vaikutus kustannuksiin, sillä perusteellisemman korjaustavan valinnalla tarvitaan enemmän valvontaa sekä laadunvarmistamista. (Laine yms., 2022, ss. 30–31)

Korjaussuunnittelijan on hallittava tiivistyskorjauksen vaikutus kosteustekniseen toimintaan sekä osattava erilaiset korjausratkaisut ja materiaalivalinnat. Suunnittelijan pätevyysvaatimuksena voidaan pitää kokemukset tiivistyskorjauksista ja voidaan osoittaa erillisellä referenssiluettelolla. Pätevyyteen vaikuttaa myös eri FISE Oy:n myöntämät suunnittelupätevyudet kuten korjaussuunnittelun tai rakennusfysiikan suunnittelupätevyudet, mutta valinnassa kannattaa painottaa referenssejä ja kokemusta. Pätevän suunnittelijan valinta on kuitenkin rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla. (Laine yms., 2022, s. 37)

Korjaussuunnittelun valmistelevia toimenpiteitä on tarkistaa lähtötietojen riittävyys suunnittelulle ja miettiä täydentävien kuntotutkimusten, kartoitusten ja selvitysten tarpeesta. Luonnossuunnittelussa suunnittelijan on ideoitava korjaustapoja ongelmien poistamiseksi sekä arvioitava riskit ja luotettavuudet eri korjausmenetelmille. Suunnitteluratkaisut ja korjausmenetelmät valitaan tämän perusteella, mutta toteutusvaiheessa tulee useasti ongelmia ja uusia seikkoja, joten ne on hyvä ennakoida tässä vaiheessa. Toteutussuunnittelussa etsitään teknisiä toteutusvaihtoehtoja ja määritellään laadunvarmistus. Korjausmenetelmien kustannuksien, käyttöiän, vaikutuksien, riskien ja työtekniikoiden tunnettavuus on tarkistettava toteutussuunnitteluvaiheessa. Ennen suunnittelua voidaan toteuttaa korjattavaan tilaan tiiveyskoe, jolla pystytään kartoittamaan tilanne ulkovaipan tiiveyden osalta. On hyvä muistaa, että mikäli rakenteita tiivistetään vain osittain, ilma kulkeutuu tiivistysten jälkeen voimakkaammin tiivistämättömän rakenteen läpi. (Sisäilmayhdistys Ry, 2008)

Kun on tiedossa rakenteet joihin tiivistys tullaan tekemään, valitaan oikea materiaali oikeaan paikkaan. Kaikki tiivistysmateriaalit eivät sovi kaikkeen tiivistykseen, joten suunnittelijalla on tärkeää olla hyvä materiaalitietous korjaussuunnitelmaa laatiessa. Usein käytetään vanhoja suunnitelmia, mitä ei ole päivitetty nykypäivän tietämyksen mukaiseksi. On osattava ottaa huomioon valittavan tiivistysmateriaalin alustavaatimukset sekä tiivistyksen jälkeiset työt. Esimerkkinä 2-komponenttinen tiivistysaine, jonka kalvopaksuusvaatimus on 1 millimetrin ja tiivistys vaatii haitta-ainesulun takia kumibutyylimauhan, jonka paksuus on 1 millimetrin, joten kalvopaksuutta tulee näin ollen 2 millimetriä, joten tällöin ei kannata suunnitella tätä tiivistysmateriaalia ikkunakarmin ja seinän väliseen tiivistykseen. Tässä tapauksessa on hyvin hankala saada peitelistalla 2 millimetrin paksuinen tiivistys nätisti piiloon. Toinen esimerkki alapohjan ja seinän välisen liittymän tiivistysmateriaalin valinnasta, kun on riskinä alapäin nouseva kosteus, jolloin ei kannata suunnitella tähän materiaali, joka ei kestä nousevaa kosteutta, vaan esimerkiksi diffuusioavoin tiivistysmateriaali. Usein ei myöskään huomioida materiaalien vastepintavaatimuksia, jolloin vahvikenuhaa tarvitsevat materiaalit eivät usein sovi ikkunakarmin ja seinän väliseen tiivistykseen, koska vahvikenauhan vastepintavaatimus voi olla 20 millimetriä ja tiivistysaineen ylitys vahvikenauhasta 10 millimetriä, jolloin karmin päälle tuleva tiivistys on 30 millimetriä ja useimmissa ikkunoissa saranapuolella tiivistys tulee saranoiden yli ja listoitus hankaloituu. (Ardex Oy, n.d. ; TKR-Marketing Oy, n.d.)

Oleellinen osa suunnittelua on, että laatuvaatimukset voidaan saavuttaa suunnitelmien mukaisilla työmenetelmillä. Korjausrakentamisesta yllätyksiä ei voida ennustaa, mutta niihin voidaan varautua hyvällä hankesuunnittelulla, korjaussuunnittelulla ja tuotannonsuunnittelulla. Eniten yllätyksiä tuottaa rakenteiden kunto ja tämän takia onkin tärkeää, että suunnittelija käy työmaalla purkutöiden aikaan tehtyjen suunnitelmien sopivuus korjattavaan rakennukseen ja mahdollisesti tarkennettava suunnitelmat sen hetkistä tilannetta vastaaviksi. (Palomäki ym., 2011, s. 20)

3.2 Toteutusvaihe

Korjauskohteissa työnaikainen laadunvarmistus on erittäin tärkeää. Toiminnallisten ja visuaalisten laatuvaatimuksien täyttävät lopputulokset edellyttävät, että jokaisessa työvaiheessa on noudatettava korjaustapaa, joka kohteeseen on suunniteltu sekä sitä, että työt toteutetaan materiaalityöntekijän ohjeiden mukaan. Esimerkiksi olosuhdevaatimusten ja kuivumisaikojen noudattamista. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää rakennustyömaalla pidettävää rakennustyön tarkastusasiakirjaa. Tarkastusasiakirjaan on koottava vaaditut

laadunvalvontatoimenpiteet. Tarkastusasiakirjaa voidaan pitää osana työmaan laatusuunnitelmaa vaikkakin työmaan laatusuunnitelma on yleensä huomattavasti laajempi kokonaisuus. (Palomäki ym., 2011, s. 16)

Rakenteiden tiivistyksien toteutusvaihe alkaa urakoitsijan valinnalla. Yleensä tässä vaiheessa valvoja on jo valittu. Tiivistystöiden toteuttajaksi kannattaa valita siihen erikoistunut yritys. Pyydetessä referenssikohteita, voi saada myös osviittaa siihen kuinka paljon yritys on tehnyt kyseisiä tiivistyskorjauksia. Rakennuttajan on hyvä edellyttää urakoitsijaa hyväksyttämään kosteusteknisesti kriittiset ja sisäilmaan liittyvien työvaiheiden suorittajat ja alihankkijat tilaajalla ennen työsuorituksen aloitusta. (Sisäilmayhdistys Ry, 2008) Mikäli tehtäviä tiivistyksiä korjataan useampaan kertaan, loppukustannukset nousevat halvan hinnan takia. (Laine yms., 2022, s. 40)

Mallityön teko ja katselmointi suunnittelijan ja tilaajan edustajan kanssa on tärkeää laadunvarmistuksessa, koska hyväksytyt mallityöt toimii tulevien työsuoritusten työmallina. Mikäli haluttu tiiveystasovaatimus on 1, mallin toimivuus testataan aina merkkiainekokeella, koska halutaan olla varmoja suunnitelmien toimivuudesta ja onko kaikki vuotokohdat osattu ottaa huomioon. (Laine yms., 2022, s. 44)

3.2.1 Valvojan valinta ja tehtävät

Valvojan valinta on erittäin tärkeä osa laadunvarmistusta. Valvoja valvoo työn laatua, toteutusta sekä tarvittavia laadunvarmistuskokeita. Valvojan keskeisenä osaamisena pidetään Suomen Rakennusmestareiden työkalujen valvonta- ja ohjausmekanismien ja rakentamisen yleisten määräysten sekä hankekohtaisten ratkaisujen tuntemusta niin hyvin, että valvoja kykenee varmistamaan rakennushankkeen haluttujen tavoitteiden mukaiset toimet sekä rakentamismääräysten ja suomen Rakennusmestareiden ohjeiden mukaisesti hyvän rakennustavan. Valvoja toimii nimenomaan tilaajan ja rakennuttajan sekä käyttäjän ja omistajan edunvalvojana rakennushankkeessa yhteisen edun ollessa usein yhtenevä. (Mikromar Oy, 2018)

3.2.2 Urakoitsijan valinta

Tiivistysten onnistumiselle ehdoton edellytys on huolellinen toteutus työmaalla ja tiivistystyön suorittaminen samanlaista tarkkuutta käyttäen kuin vedeneristystyö. Tilaaja päättää urakoitsijalta vaadittavat ominaisuudet ja mitä urakoitsijalta vaaditaan. Terveet tilat 2028-oppaan mukaan hyvä urakoitsija tutustuu kohteeseen ennen tarjouksen antamista, antaa

selkeät tarjoukset sekä tuntee korjaussuunnitelmissa mainitut materiaalit ja työtekniikat tai hankkii materiaalivalmistajalta koulutuksen materiaalin levitykseen. Hyvä urakoitsija osaa tiedottaa tilaajia selkeästi ja riittävän aikaisessa vaiheessa työn aikataulutuksesta, työajasta, mahdollisista riskeistä sekä työn suorittamiseen tarvittavista vaatimuksista. Urakoitsijan on osattava varata riittävä aika työn toteuttamiseksi huomioiden kohteen vaativuus. Urakoitsijan on sovittava mallitöistä ja työvaiheista sekä niiden tarkastuksista. On myös annettava kirjallinen näyttö osaamisesta ja referensseistä. Hyvän urakoitsijan tunnusmerkki on myös yöntekijöiden ammattitaitoon ja koulutukseen panostaminen. (Laine yms., 2022, s. 42)

Potentiaalisille urakoitsijoille esitetään tilaajan toimesta tarjouspyyntövaiheessa vaatimukset laatusuunnitelmasta, jonka pohjalta urakoitsijat esittävät selvityksen urakan laadunvarmistuksen järjestämisestä tarjouksen mukana. Urakoitsija esittää laadunvarmistusmenettelyn tai alustavan työmaan laatusuunnitelman urakkaneuvotteluiden ja mahdollisten suunnitelmakatselmusten perusteella. Laadunvarmistustoimenpiteet esitetään laatusuunnitelmassa ja niillä varmistetaan suunnittelijoiden asettamien laatuvaatimusten täyttyminen. Urakoitsijan laatiman työmaan lopullisen laatusuunnitelman hyväksyy tilaaja. Myös sivu- ja aliurakoitsijat laativat tarvittavat laatusuunnitelmat. (Palomäki ym., 2011, s. 15)

3.2.3 Alustan vaatimukset

Jokaisen materiaalin työohjeissa kerrotaan, mitä tiivistettävältä alustalta vaaditaan ennen tiivistysaineen levitystä. Monella tiivistysmateriaalilla on alustan kosteusvaatimus, josta kannattaa olla hyvin tarkka. Mikäli alusta on liian kostea, voi tiivistysmateriaalin tartunta olla heikompi, mitä teknisissä tiedoissa luvataan. Pahimmassa tapauksessa tiivistysmateriaali ei tartu alustaansa ollenkaan. Näissä tapauksissa on hyvä perehtyä ja ehdottaa tilaajalla ja suunnittelijalle toista materiaalia, mikä sopii tälle alustalle paremmin, esimerkiksi diffuusioavoimella tiivistysmateriaalilla voi pääsääntöisesti tiivistää kosteampaa alustaa tai voidaan käyttää diffuusionsulkevaa materiaalia pohjusteena. Luotettavin alustan kosteudenmittaustapa on porareikämittaus. Pintakosteusmittarilla saadaan vain suuntaa antava tilanne, mutta se ei kuitenkaan kerro betonilattian koko totuutta ja sen takia on hyvä tarkistaa kosteus porareikämittauksella. (RT 103305, 2015, ss.1–2)

Alustan vetolujuusvaatimus on tärkeää tarkastaa ennen tiivistysmateriaalin asennusta. Alustan vetolujuus tehdään yleisimmin vetokokein. Vetokokeessa alustaan liimataan nuppi, joka erillisellä laitteella vedetään irti pinnasta ja laite kertoo maksimipaineen, joka kohdistuu nuppiin vedon aikana. (Suomen Betoniyhdistys ry, n.d.)

Tiivistettävän alustan on oltava puhdas kaikista tartuntaa heikentävistä aineista kuten sementtiliima, vanhat pinnoitteet ja maalit, öljy ja rasva, pöly ja irtovesi. Betonissa sementtiliima hiotaan halkaistuun kiveen asti, koska betoniliima voi irrota betonista tiivistysaineen mukana ja on tällöin betonin heikoiten kiinni oleva materiaali. Pölyn ja muun irtoaineksen poisto on edellytys hyvään tartuntaan. Pöly poistetaan imuroimalla ja nihkeällä rätillä pyyhkien. Alustan puhtauden voi tarkastaa mustalla mikrokuituliinalla, mikäli mikrokuituliinaan ei jää valkeaa tomua, on alusta riittävän pölytön alusta tiivistysmateriaalille. Useat tiivistysmateriaalit tarvitsevat praimerin tartunnan varmistamiseksi. Praimereita on hyvin erityyppisiä ja eri pohjustettavalle materiaalille sopivia, joten on tärkeää valita oikea praimerit oikeaan paikkaan. Yleisesti suositellaan käytettävän saman materiaalitoimittajan tuotteita, koska nämä ovat testattu keskenään toimiviksi. Praimerin on oltava kuivunut täysin, kun tiivistysmateriaalia aloitetaan asentamaan. (Ardex Oy, n.d. ; TKR-Marketing Oy, n.d. ; Tiivistalo Redi-yhtiöt Oy, n.d.)

Kun pohjat tiivistysmateriaalille ovat optimaaliset, voidaan tiivistysaine asentaa. Asentajan on luettava käytettävän materiaalin käyttöohje ennen tiivistysmateriaalin asentamista, jolloin vältetään turhilta asennusvirheilä. Onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi on ymmärrettävä 2-komponenttisten materiaalien sekoitussuhde, jotta tiivistysmateriaali kuivuttuaan toimii niin, miten suunnitteluvaiheessa on sen haluttu toimivan. Esimerkiksi joidenkin tiivistysmateriaalien elastisuutta voidaan lisätä sekoitussuhteen muutoksella. (Ardex Oy, n.d. ; TKR-Marketing Oy, n.d. ; Tiivistalo Redi-yhtiöt Oy, n.d.)

On erittäin tärkeää noudattaa materiaalivalmistajien antamia ohjeita materiaalien kuivumisajoista sekä uuden kerroksen asentamisesta, sillä joillakin materiaaleilla on sulkeutumisaika. Annettu sulkeutumisaika kertoo ajan, jonka sisällä uusi pinta on levitettävä edellisen pinnan päälle, jotta kerrokset vielä tarttuvat toisiinsa luvulla lujuudella. Tämä on myös hyvä huomioida, vaikka seuraava pinta olisi jokin muu kuin tiivistysmateriaali, esimerkkinä tasoitteeseen tarvittava praimerit. Mikäli sulkeutumisaika on kerennyt umpeutua ennen toisen pinnan asennusta, monen materiaalitoimittajan ohjeistuksen mukaan edellinen pinta on kevyesti karhennettava ennen uuden pinnan asennusta. Tiivistystyön aikana työalue on hyvä rauhoittaa muista työvaiheista, sillä materiaalien kuivumisaikana ei ole hyväksi, mikäli pölyä pääsee kuivuvalla pinnalle tai kuivuneen materiaalin pinnalle, sillä se heikentää seuraavan pinnan tarttuvuutta edelliseen pintaan. (Ardex Oy, n.d. ; TKR-Marketing Oy, n.d. ; Tiivistalo Redi-yhtiöt Oy, n.d. ; Uzin Utz, n.d.)

3.3 Onnistumisen tarkastelu

Tiivistysten laadunvarmistus tehdään työmaalla ennen pintarakenteiden asentamista ja tiivistysten peittämistä. Halutut ja vaaditut laadunvarmistuskokeet ja otannat määritellään suunnitelmissa tai erikseen löytyvässä laadunvarmistussuunnitelmassa kohteittain tavoiteltavien tavoitetason mukaisesti. Laadunvarmistuksen toteutus tapahtuu erillisen tilaajan hankkiman asiantuntijan toimesta tai joissakin tapauksissa laadunvarmistusmittauksia voi tehdä valvoja. Urakoitsija voi myös varmistaa oman työsuorituksensa onnistumista mittauksilla. Laadunvarmistusmittauksista ja katselmuksista laaditaan asiakirja. (Laine yms., 2022, s. 43)

3.3.1 Rakennuksen lämpökuvaus

Lämpökuvaus on tutkimusmenetelmä, joka voidaan tehdä rakenteita rikkomatta ja sillä voidaan selvittää lämpövuotokohdat. Lämpökuvausmenetelmällä saadaan suurien pintojen pintalämpötilajakauma hyvin nopeasti. Luotettava tulosten tulkinta kuvista vaatii tulkitsijalta hyvää tuntemusta rakennusfysiikasta sekä rakenteista. Eurofins myöntää rakennusten lämpökuvaajille henkilösertifikaattia, jota onkin hyvä pyytää tilausvaiheessa. Koska lämpökuvaus on melko suurpiirteinen, ei tämä välttämättä ole aina oikea menetelmä laadunvarmistukseksi, sillä tulokset eivät kerro tarkkaa vuotokohtaa. Usein lämpökuvausta käytetäänkin tiivistyskorjauksen laajuuden selvittämiseksi suunnitteluvaiheessa. Mittalaitteiden kalibroinnista tulee huolehtia ja kalibroitodistus on esitettävä pyydettyessä. Lämpökuvaus voidaan havaita muutos ilmatiiviydessä, kun lämpökuvaus otetaan ennen ja jälkeen tiivistyskorjauksen. (RT 14-11239, 2016, s.2 ; Laine yms., 2022, s. 44)

3.3.2 Aistinvarainen tarkastus

Tietyissä tapauksissa voidaan käyttää tiivistyksien onnistumiselle aistinvaraista tarkastusta. Valmis tiivistys katselmoidaan silmämääräisesti sekä kuvataan ja dokumentoidaan hyvin. Tiivistettyjä rakenneliitoksia ei kuitenkaan saa peittää ilman, että valvoja on antanut tähän luvan. Suunnitelmat tai materiaalivalmistajan ohjeet määrittävät halutun kalvopaksuuden tiivistysmateriaalille ja tämä voidaan mitata kolmioviiltokokeessa otetusta palasta luupilla. Varsinkin haitta-aineiden pääsyn estämiseksi huoneilmaan kalvopaksuudella on suuri merkitys onnistumiselle. Kolmioviiltokoetta tehdessä on samalla selvitettävissä materiaalin tartunta alustaansa. (Laine yms., 2022, s. 44)

3.3.3 Merkkiainekoe

Merkkiainekokeella (kuva 5.) voidaan selvittää tarkastelun kohteena olevan rakenteen ilmavuodot käyttäen ihmiselle vaarattomia kaasuseoksia. Sitä voidaan käyttää monessa eri tarkoituksessa rakennuksen kuntotutkimusten ja sisäilmatutkimusten yhteydessä. Sillä voidaan tutkia erilaisten hajuhaittojen kulkeutumista huoneilmaan, rakenteiden ilmarakojen ja tuuletusvälien toimivuutta, viemäreiden ja iv-kanavistojen tiiveysmittauksia sekä rakenteiden tiivistysten laadunvarmistusta. (Saukko, 2018) Merkkiainekokeen suorittajan vähimmäisvaatimus on rakennusalan teknikkotason koulutus tai vastaavan määrän opintoja suoritettuna sekä opintoja käytynä rakennusfysiikasta minimissään 4,5 opintopistettä tai lisäopintoja käytynä. Näitä on esimerkiksi lämpökuvaaja, tiiveysmittaajan tai kosteusmittaajan pätevyyskoulutukset hyväksytysti suoritettuna. Vastaavalta merkkiainetutkijalta vaaditaan edellä olevien vaatimuksien lisäksi vähintään kolmen vuoden työkokemusta koulutusta vastaavista rakennusalan tehtävistä. (RT 14-11197, 2015, s.3)

Kuva 5. Merkkiainekoe käynnissä.



Merkkiainekoe on tutkimusmenetelmä, jossa erityistä kaasua syötetään rakenteen sisään ja rakenteen läpi tapahtuvia ilmvirtauksia havaitaan mittalaitteen avulla. Merkkiainekokeella tehtävä tiiveysmittaus on huomattavasti tarkempi kuin ilmavuotoluvun määrittämiseksi käytettävä tiiveysmittaus ja näitä ei tule sekoittaa keskenään. Merkkiainekokeella havaitaan hyvinkin pieniä yksittäisiä ilmavuotoja, mutta havaintojen arvioiminen suhteessa muihin kohteissa tehtäviin havaintoihin on suhteutettava haluttuun lopputulokseen. Merkkiainekoe on tarkoin laadunvarmistusmenetelmä ilmavuotojen onnistumisen tarkastelussa.

Merkkiainekokeissa on hyvä olla tiivistysten tekijä paikalla, koska vuotokohtat voidaan paikata mittauksen aikana ja todeta rakenne tiiviiksi. Tiiveyden tavoitetaso on määritelty suunnitteluvaiheessa. (RT 14-11197, 2015, s.1)

4 Tuotannonohjaus

Kun tuotannosuunnittelu on mahdollisimman onnistunut, sillä varmistetaan että asetetut tavoitteet ja vaatimukset saavutetaan. Tuotannosuunnittelua on tarkennettava hankkeen edetessä. (Hartikainen ym., 2017, s. 13)

4.1 Suunnittelu

Korjausrakentaminen on enemmän kohteessa tehtävää käsityötä verraten uudisrakentamiseen ja tämä tehdäänkin vanhan rakennuksen ehdoilla.

Korjausrakentamisessa tuleekin uudisrakentamista enemmän ja useammin urakan aikaisia yllätyksiä vastaan sekä ongelmatilanteilta ei välttää vanhojen rakenteiden takia. Tämän takia yleensä suunnittelijan on käytävä purkutöiden aikaan tarkastamassa aikaisemmin suunniteltujen ratkaisujen sopivuus kohteeseen ja tarkennettava tarvittaessa suunnitelmat todellisuutta vastaaviksi. Uudisrakentamista koskevissa rakentamismääräyksissä on lähtökohtainen edellytys rakennuksen sisäkuoren ilmatiiveyteen, joka lähes aina toteutetaan höyryn- ja ilmansulkuna. Rakennuksen liitoskohdat eivät ole yleensä täysin tiiviitä ja mikäli vaatimuksena on tiivis sisäkuori, on oleellista tehdä kohdekohtainen detaljisuunnittelu. Suunnitelmien ristiriitaisuudet ja puutteet korjataan ennen suunnitelmien hyväksymistä ja töiden aloitusta. (RT S-1231, 2012, s.1)

Kun tuotannosuunnittelua käynnistetään, tarkastellaan suunnitelmien toteutuskelpoisuus ja tarvittaessa suunnitelmia tarkennetaan ja työmaan olosuhteet ja toiminta ohjataan sellaiseksi, ettei poikkeamia ja häiriöitä synny työn toteutuksen yhteydessä. Mahdollisia ongelmatilanteita on pohdittava ja varauduttava vaihtoehtoisin toimintatapoihin. Mahdollisten poikkeamien havaitseminen riittävän ajoissa onnistuu, kun vastuut työnaikaisesta ohjauksesta ja laadunvarmistuksen suunnittelu on etukäteen mietittynä. (Hartikainen ym., 2017, s. 13)

Tuotannonohjauksen kannalta oleellista on tarjous- ja sopimusvaihe, jonka jokaisen tehtävän valinnat vaikuttavat rakentamisen laatuun. Näitä on mm. tarjouspyynnön ja sen liiteasiakirjojen laatiminen, urakoitsijoiden esivalinnan ja tarjouskilpailun järjestäminen, urakoitsijan valinta, sopimusta edeltävän urakoitsijoiden kanssa käytävät katselmukset ja neuvottelut sekä varsinaisen sopimuksen allekirjoitus. (Hartikainen ym., 2017, s. 14)

Urakkasopimukseen on hyvä määritellä ainakin laadunvarmistuksen kustannusten jakautuminen. Usein merkkiainekokeiden kustannukset kustantaa tilaaja, mutta joskus merkkiainekoe joudutaan toistamaan useita kertoja, mikäli ei saada haluttua tulosta, niin tällöin maksajana on urakoitsija. (Laine yms., 2022, s. 42)

4.2 Valvonta

Tiivistyskorjauksissa teknisen toteutuksen onnistuminen varmennetaan työmaalla laadunvarmistusmenettelyllä. Tämä koostuu tavanomaisen valvojan lisäksi katselmuksista suunnittelijan kanssa ja laadunvarmistusmittauksista kuten merkkiainekokeista. Valvonnalla työn aikana varmistetaan miten työn toteutus ja onnistuminen menee suunnitelmien mukaisesti. Samalla käydään läpi alussa asettamat tavoitteet ja niiden onnistuminen. Hyvältä valvojalta voidaan vaatia ja odottaa seuraavaa:”

- ymmärtää kohteen vaativuuden
- varaa riittävästi aikaa kohdekäynneille
- osallistuu malli- ja työvaihekatselmuksiin
- laatii kohdekäynneistä selkeät valvontamuistiot
- on kokemusta ja ymmärrystä käytettävistä korjaustavoista ja materiaaleista
- uskaltaa ja osaa vaatia urakoitsijalta oikeanlaista laatua ja toimintatapaa” (Laine yms., 2022, s. 43)

4.3 Ohjaus

Projektisuunnitelmassa kerrotaan työmaalla toimivan organisaation vastuunjaot ja toimenkuvat, jolloin määritellään myös tiivistystöistä vastaava henkilö. Vastuiden ja toimenkuvien ollessa selkeästi jaettu urakoitsijoiden on helpompi toimia työmaalla ja tietää kenen vastuulla eri osa-alueet ovat. Projektisuunnitelmassa on keskeisessä osassa riskien hallinta ja laadunohjaus. (RT S-1229, 2011, ss.1,3)

Urakoitsijakokoukset ja viikkopalaverit on nopean ja suoran tiedonjakelun takia hyvä päivitys työmaan tilanteesta ja mahdollisuus sovittaa eri töitä yhteen. Näin ollen myös työmaamestarit ovat perillä tulevan viikon etenemisestä ja tilanteesta. Kokouksissa ja palavereissa voi tulla esille urakoitsijoiden ongelmia ja suunnitelmapuutteita ja nämä ovat oiva tilaisuus ratkaista esiin tulevat ongelmat hyvässä yhteistyössä. Töiden suunnittelua kannattaa kuitenkin tehdä pidemmälle aikavälille hankintojen takia. (RT S-1229, 2011, s.4) Tärkeässä roolissa koko

korjaushankkeen ajan on säännöllinen viestintä ja tilojen käyttäjät suositellaan otettavaksi hankkeeseen mukaan heti hankkeen alkuvaiheesta alkaen. Myös työmaakerroksia saatetaan tarvittaessa pitää käyttäjille. Kun korjaukset ovat valmiit, viestintä käyttäjien kanssa ei pääty siihen, vaan viestintää jatketaan myös käytön aikana muun muassa tiedottamalla tilojen oikeasta käyttötavasta sekä seurantamittausten tuloksista. toimintatapaa (Laine yms., 2022, s. 40)

Kun rakenteiden tiivistys on alkamassa ja ennen urakoitsijan tuloa työmaalle on selvitettävä aloitusedellytykset työn suorittamiselle. On selvitettävä edellisiltä työvaiheilta vaadittava valmius ja laatu (alustan kosteus ja tasaisuus), työskentelyolosuhteet (valaistus, lämpötila ja työkohteen rauhoitus), työturvallisuus (terveydelle vaarallisten aineiden kartoitus, tarvittava työryhmä, varastoinnit, siirrot työmaalla) sekä työsuoritukseen tarvittavien suunnitelmien ja detaleiden päivitykset. (Hartikainen ym., 2017, s. 25)

Mallityön tai tarkastettavan kohteen mahdollisten virheiden syyt tulee selvittää ja korjata. Virheitä ei haluta toistuvan työkohteissa, joten työmenetelmiä tai suunnitelmia on muutettava halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. (RT S-1229, 2011, s. 8)

Dokumentointi on tärkeä aloittaa heti töiden alkaessa ja siinä on huomioitava pidempiaikaiset arkistoinnit kuten takuut, vastuut takuuajan jälkeen ja mahdollisesti laajennetut vastuuajat. Käytetyt materiaalit ja työ- ja asennustavat tulee dokumentoida. Niiden dokumentointi tulee tarpeeseen rakenteiden ja teknisten laitejärjestelmien hoito- ja korjaustöissä. Rakentamisen ja valvonnan suorittajien tiedot on dokumentoitava. Dokumentoinnin arkistoinnista vastaa vastaava työnjohtaja, joka toimittaa järjestelmästä syntyvät tiedostot yrityksen arkistoihin. (RT S-1229, 2011, s.13)

5 Alan ammattilaisten haastattelut

Käytin tutkimusmenetelmänä tässä opinnäytetyössä haastattelua, ja valitsin haastateltavaksi kaksi rakenteiden tiivistyskorjausten moniosaajaa. Laadin kysymykset etukäteen tarkoituksena muotoilla ne niin, että haastattelutilanteessa syntyy mahdollisimman paljon vapaata keskustelua. Odotin kuulevani haastateltavilta omakohtaisia kokemuksia rakenteiden tiivistyskorjauksista ja niihin liittyvistä toimintatavoista. Kahden henkilön haastattelu laskee opinnäytetyön luotettavuutta, koska otos on suppea. Näillä kahdella haastateltavalla on kuitenkin vankka kokemus ja osaaminen rakenteiden tiivistyskorjauksista, joten tiesin saavani luotettavaa tietoa aiheesta.

Ensimmäinen haastateltavista on alalla pitkään toimineen tiivistyskorjausurakointiyrityksen toimitusjohtaja, jolla on kokemusta tiivistyskorjauksista vuodesta 2008 lähtien.

Rakennusalalla hän on toiminut jo 25 vuotta, ja ollut mukana mm. tuomassa Suomen markkinoille ensimmäistä 1-komponenttista tiivistystuotetta. Hän on saanut paljon koulutuksia erilaisiin sisäilmatuotteisiin eri maahantuojien ja kouluttajien kesken. Lisäksi hän on toiminut myös kahdessa sisäilmatuotteisiin erikoistuneessa yrityksessä teknisenä tukena, joten kokemusta löytyy alkaen suunnittelusta aina laadunvarmistuskokeisiin.

Toinen haastateltavista on työskennellyt yli viisi vuotta monissa erilaisissa tehtävissä suunnitteluun ja valvontaan erikoistuneessa yhtiössä. Hänellä on kokemusta monesta tiivistyskorjauksen prosessiin liittyvästä osasta. Hän on tehnyt suunnittelua, yleistä konsultointia ja laadunvarmistusmittauksia rakenteiden tiivistyskorjauksille.

Tiivistyskorjausten tilaamisesta tai niiden toteutuksesta työmaalla haastateltavalla ei ole kokemusta. Hänellä oli kuitenkin useita esimerkkejä onnistuneista ja epäonnistuneista tiivistyskorjauksista.

5.1 Tiedonsaanti

Tiivistyskorjauksien tietoisuus on hyvin pientä vielä nykypäivänäkin työmailla. Tämä johtunee siitä, että se on melko uusi korjaustapa rakennusalalla. Uusien tapojen jalkauttaminen alalle vie oman aikansa. Samanlainen tilanne on ollut esimerkiksi vedeneristyksen kanssa, kun vuonna 1990 alkaen sitä on edellytetty uudisrakennuksien märkätiloihin. Tiivistyskorjauksien tapauksessa kyseessä on siis tiedonpuute. Tämä ei ole pääsääntöisesti työmaan ongelma, vaan kohdistuu jo tilaajaan. Tilaaaja ei osaa vaatia haluttua tasoa, vaan tilaa tiivistyksen kokonaisurakan. Tilauksen jälkeen vastuu siirtyy pääurakoitsijalle työmaalla. Henkilöt, jotka ovat päivittäin tekemisissä sisäilmakorjausten ja tiivistyskorjausten kanssa, elävät omassa kuplassa hahmottamatta, että perusrakentajien tietämys tiivistyskorjauksista on lähes olematonta. Tilaaajan on osattava vaatia tiettyä tasoa tiivistyksille ja suunnittelijan on ymmärrettävä, kuinka haluttu taso saavutetaan. Tilaaajan on osattava punnita tiivistyskorjauksen hyötyjä ylimääräisestä kustannuksesta unohtamatta, että kyseessä on asumisterveyden parantaminen.

Homeitiöitä voi tulla huoneilmaan monestakin paikasta, mutta niiden esiintyminen huoneilmassa ei automaattisesti tarkoita, että itse rakennus olisi homeessa. Esimerkiksi alapohjassa voi esiintyä täyttömaan mukana tulleita mikrobeja, jolloin ratkaisuna voidaan tiivistää ilman pääsy alapohjasta huoneilmaan. Tällaisissa tapauksissa ei siis suoraan voida vetää johtopäätöstä, että talon rakenteet olisivat homeessa tai lahoamassa.

Asumisterveysasetus antaa viitearvon eristevillojen mikrobimäärälle, mutta oletus on, että höyrynsulun on oltava tiivis, jotta mikrobit eivät pääse huoneilmaan. Tiivistyskorjaukset eivät siis ole aina hometalojen piilottamista vaan niitä tehdään myös, jotta rakennuksista saadaan energiatehokkaampia. Haastateltava mainitsikin, että tiivistyskorjauksen tarkoitus on palauttaa rakennus yhtä tiiviiksi kuin se on alun perin suunniteltu.

Haastateltavan näkemyksen mukaan tiivistyskorjaus epäonnistuu, kun tiivistysten tekijä ei ymmärrä mitä on tekemässä. Monesti aloittelevat tiivistysurakoitsijat tekevät edullisella tuntihinnalla. Kuitenkin tilanteessa, jossa samaa tiivistystä tehdään kolmatta kertaa erilaisten epäonnistumisten vuoksi, ei halvin urakoitsija tullutkaan edullisimmaksi. Tiivistyskorjaus vaatii paljon kokemusta ja ymmärrystä siitä, miksi tiivistyksiä tehdään. Toinen haastateltavista on myös samoilla linjoilla ja törmää toisinaan niin sanottuihin alibitiivistyksiin, eli tiivistetään ainoastaan se mitä on pyydetty. Hän mainitsee esimerkkinä tapauksen, jossa on suunniteltu tehtäväksi ikkunoiden tiivistykset. Ikkunoiden vieressä on läpivienti, jota ei tiivistetä, koska sitä ei ole suunnittelussa otettu huomioon. Urakoitsija voi tämän epäkohdan huomattuaan mainita pääurakoitsijalle mahdollisesta tiivistystarpeesta. Tällöin pääurakoitsija tekee päätöksen, miten haluaa asian kanssa toimia. Jokaisen ketjun osan, alusta loppuun asti, tulisi ymmärtää mitä tiivistyskorjauksella haetaan, mihin pyritään ja miksi on valittu juuri tämä tiivistystapa. Tilaajat eivät ymmärrä tiiveydetason määritelmää ja sen portaikkoa. Sen vuoksi onkin ensiarvoisen tärkeää, että toteutusta suunnittelee osaava ja kokenut suunnittelija, joka ymmärtää kohteen elinkaariodotukset, mitä halutaan korjattavan ja mikä on kustannustehokkainta tilaajalle. Onnistuneen tiivistyskorjauksen takana on kokenut suunnittelija, ammattitaitoinen porukka toteuttamassa ja kokoaikainen valvonta työn edetessä sekä työn jälkeinen laadunvarmistus. Kun suunnittelija, laadunvarmistaja, tiivistysurakoitsija tai valvoja on kokeneempi tiivistyskorjauksissa, on onnistuneen lopputuloksen todennäköisyys suurempi ja urakan kokonaisuus pysyy paremmin kasassa ja jokainen osapuoli tekee keskenään yhteistyötä.

Suunnittelijat eivät välttämättä osaa ottaa kaikkea huomioon tiivistyskorjausta suunniteltaessa ja kysyinkin haastateltavilta mitkä ovat niitä tyypillisimpiä vuotokohtia, joita ei yleensä osata suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon. Haastateltavat mainitsivat seuraavanlaisia kohtia: kivisen ikkunalaudan alalaita, pattereiden kiinnikkeet (jätetään osittain myös suunnittelematta hyötysuhteen ja kustannusten takia), väliseinän kohta ulkoseinään liityttäessä, karmiliitokset, karmiruuvit, pilari-ulkoseinäliittymä ja lattian betonipaikkauskohdat. Usein törmätään myös siihen, että IV-konehuone tai sähkökaappi tiivistetään, mutta ovea ei vaihdeta, jolloin ilma pääsee puhaltamaan tiivisteistä läpi.

5.2 Laadunvarmistus

Toinen haastateltavista on käynyt itse tekemässä monia laadunvarmistuskokeita ja huomaa heti tilaan kävellessä onko tekijä kokenut tiivistäjä tai mahdollisesti tehnyt rakenteiden tiivistyksiä ensimmäistä kertaa. Tähän törmää yleisesti silloin kun aikataulupaineet puskevat päälle, ja tiivistykset on unohdettu tilata siihen erikoistuneelta yritykseltä. Tällöin tiivistykset hoitaa esimerkiksi työmaalla oleva maalausurakoitsija, koska kyseisen työn oletetaan olevan helppoa ja yksinkertaista. Tiivistyksiä tekeminen ei vaikuta monimutkaiselta, mutta tekijällä pitää olla ymmärrys siitä mitä tekee ja miksi rakenteiden tiivistyksiä tehdään.

Merkkiainekoe oli molempien haastateltavien mukaan oikea ja hyvä valinta tiivistyskorjauksen laadunvarmistukseen varsinkin silloin kun kohteeseen on määritetty tiiveysluokkavaatimukseksi 1. Merkkiainekokeen tekijältä vaaditaan erittäin paljon ammattitaitoa ja kokemusta onnistuneen merkkiainekokeen suorittamiseksi. On ymmärrettävä kaasun käyttäytyminen erilaisissa rakenteissa, ja on tunnettava mitattava rakenne. Usein merkkiainekokeen suorittajan ammattitaito näkyy työn suorittamisessa. Aloitteleva mittaaja syynää jokaisen kohdan tarkasti ja moneen kertaan, kun taas kokeneemman mittaajan silmä on harjaantunut ja oppinut eri rakenteiden tyypillisimmät vuotokohdat.

Laadunvarmistusmittauksen tilaajana toimii erittäin usein, ellei jopa poikkeuksetta aina (pois lukien taloyhtiöt ja yksityiset tilaajat) pääurakoitsija, koska tilaaja tilaa kokonaisurakoinnin, joka sisältäen laadunvarmistuksen. Tällaisissa tilanteissa on usein ristiriita, kun laadunvarmistuskoe tilataan omalle työlle. Aikataulu on usein tiukka, jolloin tiivistyksistä halutaan onnistunut tulos. Mikäli merkkiainekokeen suorittaja löytää vuotokohdan, jota ei ole huomioitu suunnitelmissa tai tiivistys on huonosti tehty, antaa hän raportin, jossa on näkyvissä vuotokohdat hänet tilaamalleen osapuolelle eli usein pääurakoitsijalle. Merkkiainekokeen tilaaja ei todennäköisesti tilaa enää mittausta samalta yritykseltä seuraavassa kohteessa, vaikka mittaaja on tehnyt työnsä ammattimaisesti ja oikein. Tästä syystä laadunvarmistuksien tilaajan tulisi olla rakennuttaja, joka vastaanottaa lopputuloksen. Laadunvarmistuksen tilaajan ollessa rakennuttaja, laadunvarmistuksen tekijä on vastuussa rakennuttajalle ja voi tällöin puuttua myös työmaalla havaitsemiinsa rakennusvirheisiin, joihin laadunvarmistuksen tekijä kiinnittää huomiota tahtomattaan laadunvarmistusta tehdessään.

Laadunvarmistustoimenpiteet saatetaan usein myös jättää tekemättä, koska tilaaja ei osaa vaatia esimerkiksi merkkiainekoetta tai ei jostain syystä näe sitä tarpeelliseksi. Tilaja on tilannut tiivistyskorjaukset homeitiöiden pääsyn estämiseksi huoneilmaan, ja tiivistyskorjaus

toteutetaan kaikkine purkuineen, tiivistyksineen ja jälleenrakennuksineen. Mikäli oireita edelleen tulee tiivistyskorjauksen jälkeen, on lähes mahdotonta selvittää ja todeta syytä oireille, kun ei voida todentaa missä on tehty virhe. Tämän takia merkkiainekokeesta saadulla raportilla on suuri merkitys. Myös isommissa kohteissa, joissa laadunvarmistusmittauksia ei tehdä jokaiseen huoneeseen ja tilaan, vaan vain satunnaistarkastuksina, on urakoitsijan dokumentoinnilla suuri merkitys, jotta voidaan todentaa mitä on tiivistetty missäkin tilassa.

5.3 Tuotannonohjaus

Haastateltavan mielestä onnistuneessa tiivistyskorjauksessa erittäin isossa osassa on aikataulut. Tämä tarkoittaa sitä, että osataan varata jo aikataulun suunnitteluvaiheessa riittävä aika tiivistysten toteutukselle ilman pölyviä työvaiheita ympärillä. Lisäksi toteutettavan tiivistysalueen alipaineistuksen oltava poissa päältä tiivistysten teon aikana. Riittävä kokemuksen omaavan tiivistysurakoitsijan valinta on isossa roolissa onnistuneen tiivistyskorjauksen taustalla. Valintaprosessissa voitaisiin ottaa enemmän huomioon tiivistysurakoitsijan referenssiluettelo, joka kertoo, onko yritys tehnyt enemmän kuin yhden tiivistettävän kohteen aikaisemmin. Rakenteiden tiivistäjän sertifikaatti tai sen vaatiminen vähintään työnjohdolta voisi olla minimivaatimus. Kokemukseni mukaan joidenkin urakoiden yhteydessä tällaista on jo vaadittukin.

Onnistuneen tiivistyskorjauksen onnistumisprosentti kasvaa, kun asialla on alusta lähtien ammattitaitoinen ja kokenut porukka, jotka tietävät mitä ovat tekemässä ja tekevät koko prosessin ajan yhteistyötä. Pääurakoitsijan olisi kannattavaa ottaa tiivistysurakoitsija riittävän ajoissa prosessiin mukaan, sillä he osaavat usein esittää tiivistyskorjauksen toteutukseen vaihtoehtoja, jotka voivat olla kustannustehokkaampia pienempien esitöiden tai jälkitöiden ansiosta. Kun tiivistysurakoitsija on otettu riittävän aikaisin prosessiin mukaan, ei töiden aloitus viivästy, ja suunnittelijan kanssa ehditään käydä mahdollisesti paremmat ja kustannustehokkaammat ratkaisut läpi riittävän aikaisin, ja suunnittelija ehtii päivittämään suunnitelmat näiden mukaisiksi. Työmaalla tiivistysurakoitsijan vastaavalla henkilöllä olisi hyvä olla kokemusta rakenteiden tiivistyksistä ennestään, jolloin prosessin eteneminen olisi mutkattomampaa.

Haastateltava kertoi eräästä onnistumisesta isommalla työmaalla, jossa oli käytössä aikataulutuksen apuvälineenä Last Planner -menetelmä. Tässä menetelmässä on tärkeää toimivuuden kannalta se, että jokainen urakoitsija sitoutuu noudattamaan aikataulua. Koska urakoitsijat itse laativat aikataulun yhdessä muiden urakoitsijoiden kanssa, voidaan olettaa,

että aikataulussa pysyminen motivoi. Esimerkin tapauksessa homma hoitui loistavasti, koska rakenteiden tiivistyksille oli varattu riittävä aika, jolloin samassa tilassa ei ollut muita urakoitsijoita tekemässä pölyäviä töitä, ja tilasta saatiin alipaineistus pois tiivistystöiden ajaksi. Haastateltava suosittelee samaa menetelmää käytettäväksi myös muissa kohteissa. Urakoitsijalla on suurempi motivaatio pysyä tavoitteessaan, kun hän itse asettaa aikataulutavoitteen. Haasteena on menetelmän oikeaoppinen käyttö, mutta jos aluksi opettaa perusteellisesti Last Planner -menetelmän urakoitsijoille, saa siitä enemmän hyötyä irti jatkoa ajatellen.

6 Johtopäätökset

Oma kokemukseni työskenneltyäni sisäilmaongelmien ehkäisyyn erikoistuneessa yrityksessä on, että työmailta löytyy usein erittäin vähän tietoa rakenteiden tiivistyksistä. Tästä syystä halusin päästä pohtimaan syitä edellä mainittuun tietämättömyyteen ja ratkaisuja siihen, miten asiat voitaisiin hoitaa sujuvammin. Halusin haastatella opinnäytetyöhön rakenteiden tiivistysten parissa päivittäin työskenteleviä henkilöitä, jotta saisin heidän näkemyksiään siitä, mitä voitaisiin tehdä toisin laadullisesti paremman lopputuloksen saavuttamiseksi. Rakenteiden tiivistyskorjaus on hyvin laaja käsite ja pyrinkin tässä opinnäytetyössä pitämään aiheen laadunvarmistuksessa ja tuotannonohjauksessa.

Alalla vallitsee tällä hetkellä yleisesti tapa, jossa pääurakoitsija tekee laadunvarmistustoimenpiteet. Tämän tulisi olla tilaajan vastuulla. Kun pääurakoitsija tilaa laadunvarmistusmittaukset, hän käyttää tuttuja merkkiainekokeen tekijöitä. Tällöin mittaaja vastaa pääurakoitsijalle tuloksista eikä tilaajalle. Silloin, kun urakan tilaaja tilaa laadunvarmistusmittaukset, ei synny ristiriitoja siitä kenelle laadunvarmistuksen tekijä vastaa. Itselläni on useita kokemuksia tilanteista, joissa pääurakoitsija on toiminut laadunvarmistuksen tilaajana, ja suuremmassa kohteessa on määritelty tehtäväksi mallihuone sekä muutama satunnainen mittaus. En ole henkilökohtaisesti itse törmännyt vielä satunnaiseen mittaukseen, vaan ne ovat aina ennalta määritellyjä työmaanjohton valitsemia huoneita. Tiukan aikataulun vuoksi halutaan mittauksista puhtaat paperit. Tällöin työmaan johto kertoo tiivistysurakoitsijalle mitattavat ”satunnaiset” huoneet, ja tiivistysurakoitsijalla on mahdollisuus käydä tiivistetyt kohdat vielä kertaalleen läpi. Joissain kohteissa on mitattu muutama tila, joissa on esiintynyt vuotoa suunnitellun tiivistysalueen ulkopuolelta. Nämä on korjattu ja tiivistetty niin, että merkkiainekokeesta saadaan näiden huoneiden osalta dokumentit tiivistysten pitävyydestä. Kuitenkin kaikki muut tilat jätetään tiivistämättä näiltä osin.

Yleisin tapa laadunvarmistusmittaukseksi rakenteiden tiivistyskorjauksissa on merkkiainekoe, mikä valitaankin yleisesti ainoaksi laadunvarmistukseksi mahdollisen dokumentoinnin lisäksi. Tilaajan on hyvä myös miettiä muita vaihtoehtoja laadunvarmistustoimenpiteiksi. Usein myös aistinvarainen tarkastus olisi hyvä liittää laadunvarmistukseen varsinkin niiltä osin, kun merkkiainekokeita on päätetty tehdä vain osaan tiloista. Kokenut merkkiainekokeen tekijä osaa katsoa yleisimmät vuotokohdat ilman mittauksia, tarkastaa tiivistysten onnistumisen ja tiivistysmateriaalin riittävän kalvopaksuuden. Aistinvarainen tarkastus ei vie kokeneelta ammattilaiselta paljon aikaa ja tästä saadaan dokumentointi tulevaisuutta varten. Ratkaisu kustannustehokkaaseen laadunvarmistukseen olisi:

- Tilaaja valitsee ja tilaa sellaisen laadunvarmistustoimenpiteiden tekijän, jolla on ennestään paljon kokemusta rakenteiden tiivistysten parissa työskentelystä ja valvomisesta. Tekijä olisi hyvä valita jo ennen tiivistysten aloitusta, jolloin hän voi katsoa suunnitelmat läpi ja antaa oman näkemyksensä mahdollisista vuotokohdista ja näin ollen tilaaja voi tehdä päätöksiä jo ennen tiivistysurakoitsijan saapumista kohteeseen.
- Mikäli tiivistettävässä kohteessa on enemmän kuin yksi tila, tehdään mallitila, jossa tiivistykset tarkastetaan merkkiainekokeella. Tällöin saadaan varmuus onnistuneesta suunnittelusta sekä tietoon yllättävät vuotopaikat, joita ei ole osattu ajatella etukäteen.
- Tarkastetaan aistinvaraisesti muut tilat ja tehdään satunnaisesti muutama tilaan merkkiainekokeet. Myös ennen tiivistystä pohjien tarkastus on erittäin toivottavaa tehdä, koska huonojen pohjien vuoksi tiivistyskorjaus saattaa epäonnistua.

Haastatteluiden pohjalta selvästi tärkeimmäksi onnistuneen tiivistyskorjauksen elementiksi ilmeni yhtenäinen ketju alan ammattilaisia suunnittelusta laadunvarmistukseen ja kohteen luovutukseen asti. Silloin kun jokainen ketjun osa on ammattitaitoista, on yhteistyö sujuvaa ja päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Tilaajan kannalta on erittäin tärkeää valita töiden valvojaksi sellainen ammattilainen, jolla on kattavasti kokemusta aiemmista tiivistyskorjauksista. Ammattilainen osaa neuvoa tilaajaa parhaalla mahdollisella tavalla.

Lähteet

Ardex Suomi Oy, n.d. <https://ardex.fi>

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Määräykset ja ohjeet 2003

[e0ac4f46-ffd7-e752-13a0-42c10c9918a3 \(tilatjaterveys.fi\)](https://tilatjaterveys.fi/e0ac4f46-ffd7-e752-13a0-42c10c9918a3)

Eskon Oy. (n.d.). *Kapselointi / tiivistykset / rakennevahvistukset*. <https://eskon.fi>

FISE Oy. (2018). *Yläpohjan höyrynsulun epätiiviyys*.

<https://fise.fi/virhekortti/ylapohjan-hoyrynsulun-epatiiviyys/>

Hartikainen, N., Kemppainen, J., Kokkonen, T., Lamberg, K., Lahtinen, R., Leinikka, N., Marjasalo, A., Paukku, S., Soila, J., Talo, A. & Utriainen, M. (2017). *Rakennustöiden laatu 2017*. Talonrakennusteollisuus ry.

Heimlander, A. (2022). *Rakenteiden ilmavuodot aiheuttavat kotiin ikäviä hajuja*. TM Rakennusmaailma, (8/22)

KMA Company Oy. (n.d.). *Tiivistyskorjaus*.

<https://www.kmac.fi/tiivistyskorjaus/>

Laine, K. (2014). Rakenteiden ilmatiiviyden parantaminen osana onnistunutta sisäilmakorjausta. Opinnäytetyö. Itä-Suomen yliopisto.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150504.pdf>

Laine, K., Sandström, V., Lammi, T., Pitkäranta, M. & Laamanen, P. (2022) *Rakenteiden ilmatiiviyden parantaminen – tilaajan opas*. Ympäristöministeriö

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.

<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17-2P117c>

Mikromar Oy. (2018). *Valvojan tehtäväluettelo*. <https://rakennusmestarit.fi>

Palomäki, J., Olenius, A. & Nissinen, S. (2011). *Korjaustöiden laatu 2011*.

Talonrakennusteollisuus ry.

Rakennustieto Oy, 2011, S-1229, Rakennustyömaan projektisuunnitelma, RT-suunnitteluohje

Rakennustieto Oy, 2012, S-1231, Korjausrakentamisen tuotannosuunnittelu, RT-suunnitteluohje

Rakennustieto Oy, 2015, RT 14-11197, Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu merkkiainekokein, RT-ohjekortit

Rakennustieto Oy, 2016, RT 14-11239, Rakennuksen lämpökuvaus, RT-ohjekortit

Rakennustieto Oy, 2020, RT 103188, TKR-pinnoittaminen, RT-tuotetieto

Saukko, E. (2018), *Mikä on merkkiainekoe?* <https://raksystems.fi/blogi/mika-on-merkkiainekoe/>

Sisäilmayhdistys Ry. (2008). *Ikkuna- ja oviliitokset*.

<https://sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Ulkoseinat/Ikkuna-ja-oviliitokset>

Sisäilmayhdistys ry. (2008). Ilmanvaihdon vaikutus.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Ilmanvaihdon-vaikutus>

Sisäilmayhdistys ry. (2008). Laadunvarmistusohjeet.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Laadunvarmistusohjeet>

Sisäilmayhdistys Ry. (2008). *Suunnittelijan muistilista*.

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Korjausten-laadunvarmistus/Suunnittelijan-muistilista>

Suomen Betoniyhdistys ry, n.d. Vetolujuus. <https://www.betonitieto.fi>

Tiivistalo Redi-yhtiöt Oy, n.d. <https://www.tiivistalo.fi>

TKR Marketing Oy, n.d. <https://www.tkr.fi>

Uzin Utz, n.d. <https://fi.uzin.com>

Ympäristöministeriön määräyskokoelma rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä/2013

Liite 1. Haastattelun kysymykset

Mikä on työkokemuksesi alalla ja miten olet ollut mukana tiivistyskorjauksissa?

Tiivistyskorjaukset ovat edelleen jonkin verran uutta rakennustyömailla, miten tiivistyskorjauksista voitaisiin saada enemmän tietoisuutta työmaanjohdolle, jotta korjaukset ja siihen liittyvät työt olisi helpompi suunnitella ja ohjata?

Tiivistyskorjaukset voivat epäonnistua monista syistä, mitkä ovat suurimmat kompastuskivet tiivistyskorjauksissa?

Mitä on otettava huomioon tiivistyskorjauksen suunnittelussa ja miten määritellään haluttu tiiveyden taso?

Mitkä ovat tyypillisimpiä vuotokohtia rakenteissa mitä ei osata ottaa huomioon tiivistyskorjausta suunniteltaessa?

Tiivistyskorjauksen ajatellaan olevan ainoastaan ensiapu homeitiöiden pääsyn estämiseksi huoneilmaan. Mikä on oma kokemuksesi tästä?

Mitä työmaalla voitaisiin tehdä toisin, jotta tiivistyskorjaukset onnistuisivat paremmin ja todennäköisemmin?

Kokemukset onnistuneiden tiivistyskorjausten taustalta, mitä on tällöin osattu tehdä oikein?

Tyypillisin ilmavuototiivistyksen laadunvarmistuskoe on merkkiainekoe, onko tämä mielestäsi oikea tapa varmistaa tiivistyskorjauksen onnistuminen?