

---

**PÄIVÄKOTIEN JA KOULUJEN  
TIIVISTYSKORJAUSMENETELMIEN VERTAILU**

Tarkastelu työmaan kannalta



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Visamäki, kevät 2016

Hanne Teräväinen



VISAMÄKI  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tuotantotekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Hanne Teräväinen	<b>Vuosi</b> 2016
<b>Työn nimi</b>	Päiväkotien ja koulujen tiivistyskorjausmenetelmien vertailu	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö tehtiin Espoon kaupungille, Tilapalvelut-liikelaitoksen yksikköön, joka huolehtii muun muassa kaupungin kiinteistöjen perus- ja vuosikorjauksista.

Työn tarkoituksena oli vertailla päiväkodeissa ja kouluissa käytettyjä tiivistyskorjausmenetelmiä. Vertailuun valittiin neljä eri Espoon kaupungin käyttämää tiivistyskorjausmenetelmää. Menetelmiä vertailtiin aikataulullisesti, laadullisesti sekä laadunvarmistuksen ja toteutuksen kannalta. Lisäksi vertailtiin menetelmien kestävyyttä ja elinikää.

Työn tavoitteena oli helpottaa Espoon kaupungin valintaa tiivistyskorjausmenetelmän suhteen uusissa sisäilma- ja tiivistyskorjauskohteissa.

Työn teoriaosuudessa perehdyttiin sisäilmaongelmien yleisimpiin aiheuttajiin, tekijöihin, jotka vaikuttavat sisäilmaongelmien syntymiseen rakennuksissa, sekä siihen, miten sisäilmaongelmia voidaan torjua. Työssä käytiin myös läpi sisäilmaongelmien tutkimusmenetelmiä ja eri tiivistysvaihtoehtoja.

Työn suorittamiseksi hyödynnettiin Espoon kaupungin Tilapalvelut-liikelaitoksen aineistoa, kuten erilaisia raportteja sisäilmatutkimuksista ja -mittauksista. Perustiedon hankinnan pohjana käytettiin pääasiassa internetlähteitä. Lisäksi opinnäytetyötä varten laadittiin kysely, jonka kohteena olivat Espoon kaupungin sisäilmakorjaustöiden valvojat ja urakoitsijat. Kyselyn tarkoituksena oli tarkastella sisäilmakorjauksia työmaan näkökulmasta.

Opinnäytetyössä tehdyn tiivistysmenetelmien vertailun tuloksena voitiin todeta, että hankittujen pohjatietojen perusteella ei ollut mahdollista saavuttaa tavoiteltua lopputulosta.

**Avainsanat** sisäilmaongelma, tiivistyskorjaus, vertailu

**Sivut** 31 s. + liitteet 4 s.

Visamäki  
Degree Programme in Construction Engineering  
Production Technology

---

<b>Author</b>	Hanne Teräväinen	<b>Year</b> 2016
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Comparison of seal repair methods in daycare centers and schools	

---

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by the City of Espoo, Tilapalvelut-liikelaitos unit, which is responsible for annual repairs of real estates. The purpose of the thesis was to compare the seal repair methods used in daycare centers and schools. The survey included four seal repair methods used by the city of Espoo. The methods were compared in terms of scheduling, quality, quality assurance, implementation, durability and lifetime. The aim was to facilitate the city of Espoo in choosing the seal repair method in new indoor air sealing and repair applications.

The theoretical section focuses on the most common causes of indoor air quality problems, the factors that influence the emergence of indoor air problems in buildings and how to prevent indoor air quality problems. The thesis also discusses the indoor air quality problems, research methods and different sealing options.

A variety of reports on indoor air quality, indoor air investigations and measurements provided by Espoo Tilapalvelut-liikelaitos were used in the thesis. In addition, basic information on the topic was found in Internet sources. Also, a questionnaire was drawn up for the supervisors and contractors of the indoor air repair work in the city of Espoo. The questionnaire was designed to examine indoor air improvements from the perspective of the construction site.

As a result of the thesis and comparison of the sealing methods it can be concluded that it was not possible to achieve the intended outcome on the basis of the information collected.

**Keywords** indoor air problem, sealing repair, comparison

**Pages** 31 p. + appendices 4 p.

---

## KÄSITTEITÄ

### **Sisäilmaongelma**

Ryhmä erilaisia rakennuksessa koettuja oireita, jotka syntyvät hiljalleen ja katoavat tai lievenevät muualla.

### **Tiivistyskorjaus**

Sisäilmakorjauksissa käytetty korjausmenetelmä, jonka tavoitteena on estää hallitsemattomat ilmavirtaukset rakenteista sekä virtausten mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy huonetilaan. Tiivistyskorjauksilla parannetaan rakenteiden sisäpinnan ilmatiiviyyttä erilaisilla toimenpiteillä.

### **Ilmavuoto**

Rakenteen, rakennusosan tai rakenneliitoksen läpi kulkeva ilmavirta.

### **Ilmatiiveys**

Rakennusosien ja rakenteiden kyky torjua ilmavirtoja rakenteiden läpi.

### **Mikrobit**

Eloperäisiä yhdisteitä, jotka saattavat liian suurina pitoisuuksina sisäilmasa saada aikaan terveyshaittoja tilan käyttäjille. Mikrobeihin lukeutuu muun muassa home- ja hiivasieniä sekä bakteereita.

### **Haitta-aineet**

Orgaanisia tai epäorgaanisia yhdisteitä, joita esiintyy rakennusmateriaaleissa tai joita on imeytynyt niihin. Aiheuttavat sisäilmaongelmia tiettyinä pitoisuuksina. Haitta-aineita ovat muun muassa asbesti sekä VOC-yhdisteet.

### **VOC-yhdisteet**

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, jotka ovat kaasumaisia kemiallisia yhdisteitä. Yleisiä lähteitä VOC-yhdisteille ovat esimerkiksi rakennusmateriaalit, liimat, lakat ja pesuaineet.

### **PAH-yhdisteet**


Polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat orgaanisia yhdisteitä. Hiilivetyjen molekyyli koostuu hiilen ja vedyn muodostamista aromaattisista renkaista. Orgaanisen aineen epätäydellisen palamisen tuloksena syntyy PAH-yhdisteitä.

### **M1-luokitus**

Rakennusmateriaalien päästöluokitus, joka on materiaalien emissiotasojen luokittelua. M1-merkki kuvaa vähäpäästöisyyttä.

### **Kuntotutkimus**

Tutkimus, jolla kartoitetaan rakennuksen, rakennusosien, järjestelmien ja laitteiden kuntoa ja teknistä toimivuutta silmämääräisesti sekä tarpeen mukaan mittauksin, laboratoriotutkimuksin ja rakenteita avaamalla.



---

### **Sisäilmatutkimus**

Antaa yleiskuvan rakenteiden kunnosta ilman rakenteiden avausta ja kertoo rakenteissa piilevistä ongelmista.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	SISÄILMAONGELMAT .....	2
2.1	Sisäilmaongelmien yleisimmät aiheuttajat .....	2
2.2	Sisäilmaongelmien syntyminen rakennuksissa.....	3
2.3	Sisäilmaongelmien torjunta .....	3
3	ESPOON KAUPUNGIN MENETTELYTAVAT SISÄILMAONGELMISSA.....	4
4	SISÄILMAONGELMIEN TUTKIMINEN .....	7
4.1	Tiiviysmittaus .....	7
4.2	Merkkisavut .....	7
4.3	Lämpökuvaus.....	8
4.4	Merkkiainekokeet.....	8
4.5	Kosteusmittaukset .....	9
4.6	Haitallisten aineiden tutkimukset.....	9
4.7	Aistihavainnot.....	10
4.8	Homekoirat .....	10
5	TIIVISTYSVAIHTOEHDOT .....	11
5.1	TKR Peruspinoite ja hyytelö.....	11
5.2	ARDEX 8+9 -tiivistyskorjausmenetelmä.....	12
5.3	SikaHyflex -250 Facade -tiivistysmassa .....	12
5.4	Blowerproof liquid brush -pinoite.....	12
6	VALVONTA JA LAADUNVARMISTUS .....	13
7	KORJAUSKOHTEET .....	14
7.1	Niipperin koulu .....	14
7.1.1	Sisäilmasto ja kosteustekninen kuntotutkimus .....	15
7.1.2	Toimenpiteet.....	16
7.1.3	Lopputulos.....	17
7.2	Niittykummun päiväkoti.....	17
7.2.1	Sisäilmatutkimus.....	18
7.2.2	Toimenpiteet.....	19
7.2.3	Lopputulos.....	20
7.3	Westends daghem .....	20
7.3.1	Kosteus- ja homevaurioiden kartoitus .....	20
7.3.2	Toimenpiteet.....	21
7.3.3	Lopputulos.....	22
7.4	Leppävaaran lukio.....	22
7.4.1	Sisäilmakatselmus.....	22
7.4.2	Toimenpiteet.....	23
7.4.3	Lopputulos.....	23
8	MENETELMIEN VERTAILU.....	23
8.1	Aikataulu ja toteutus .....	24
8.2	Laatu ja laadunvarmistus.....	25

---

8.3 Käyttöikä ja kestävyys.....	26
9 TIIVISTYSKORJAUKSET TYÖMAALLA.....	27
9.1 Valvojat .....	27
9.2 Urakoitsijat .....	28
10 LOPPUPOHDINTA.....	29
LÄHTEET .....	30

Liite 1	Kyselylomake (Valvojat)
Liite 2	Kyselylomake (Urakoitsijat)

## 1 JOHDANTO

Sisäilmaongelmat ovat yleistyneet viime vuosina, ja niitä esiintyy ihmisten jokapäiväisessä arjessa yhä useammin. Niiden toteaminen yksiselitteisesti on kuitenkin haastavaa, koska usein ei löydetä yhtä selkeää syytä, josta ongelmat johtuvat. Tämän seurauksena vaadittavat korjaustoimenpiteet sisäilmaongelmien poistamiseksi saattavat olla hyvinkin haasteellisia.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisellä tasolla sisäilmaongelmia ja sitä, mitä sisäilmaongelma käsitteenä tarkoittaa. Työssä perehdytään myös sisäilmaongelmien yleisimpiin aiheuttajiin, siihen, miten ongelmat syntyvät rakennuksissa sekä siihen, mitä keinoja on olemassa sisäilmaongelmien torjuntaan ja ehkäisyyn.

Sisäilmaongelmien selvittämiseksi löytyy monia erilaisia menetelmiä, joihin perehdytään työssä tarkemmin. Useita käytössä olevia menetelmiä ei kuitenkaan ole tarkoitettu ainoastaan sisäilmaongelmien selvittämiseen, vaan kyseisiä tutkimusmenetelmiä voidaan käyttää myös useisiin muihin tarkoituksiin, kuten laadunvarmistukseen.

Tiivistyskorjauksissa käytettäviä tiivistysmenetelmiä pyrittiin vertailemaan keskenään usealta eri kannalta. Vertailun pohjaksi tutkittiin eri tiivistysmenetelmiä ja niissä käytettyjä tuotteita. Myös valvonnan ja laadunvarmistuksen merkitystä korjauksissa selvitettiin, ja työhön valittiin neljä esimerkkikohdetta, joissa on tehty tiivistyskorjauksia viime vuosien aikana useilla eri tiivistysmenetelmillä. Lisäksi haluttiin selvittää työmaan kanta tiivistyskorjauksista. Selvitys toteutettiin kyselynä tiivistyskorjauskohteissa työskennelleille valvojille ja urakoitsijoille.



## 2 SISÄILMAONGELMAT

Sisäilmaongelmat ovat nousseet tämän hetken tärkeimpien puheenaiheiden joukkoon. Sisäilmaongelmalla tarkoitetaan yleensä sisäilmaaperäisiä terveydellisiä tai viihtyvyyshaittoja. Sisäilmaongelmista puhuttaessa nousee esille myös usein ”sairas rakennus” -oireyhtymä, jolla tarkoitetaan erilaisia rakennuksessa koettuja oireita, jotka kehittyvät hiljalleen ja katoavat tai lievenevät muualla. Sisäilmaongelmat mielletään usein kosteus- ja homevaurioiksi, vaikka todellisuudessa sisäilmaongelmille saattaa löytyä monia muitakin syitä. Sisäilmaongelmia ja niiden seurauksia ei turhaan ole nostettu esille, vaan ongelmilla on todellisia seurauksia sisäilmaongelmaisissa rakennuksissa työskenteleville. Sisäilmaongelmiin havahdutaan yleensä ensimmäisenä rakennusten käyttäjien oireilun alkaessa, minkä seurauksena alkaa selvitys niihin johtaneista syistä ja tekijöistä. (Hengityслиitto ry n.d.)

### 2.1 Sisäilmaongelmien yleisimmät aiheuttajat

**Sisäilman tunkkaisuus** johtuu usein riittämättömästä ilmanvaihdosta, korkeasta ilman lämpötilasta ja kosteudesta sekä rakennusmateriaalien ja kalusteiden pinnoille kertyneistä epäpuhtauksista ja pölystä. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

**Homeen haju sisäilmassa** kertoo yleensä rakennuksessa olevasta kosteusvauriosta tai rakennuksen sisätiloissa olevasta homehtuneesta aineesta. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

**Viemärin haju sisäilmassa** on peräisin usein likaisesta, viallisesta tai kivi- tai puuainesta lattiakaivosta tai vesilukosta. Myös viemäriputkien huonosti tiivistetyt liitokset voivat aiheuttaa huonoja hajuja sisäilmaan. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

**Muut voimakkaat hajut** rakennuksessa eivät välttämättä johdu aina homeesta tai muista mikrobeista, vaan hajuille saattaa löytyä monia muitakin lähteitä. Esimerkiksi rakennuksessa käytetyt rakennus- ja sisustusmateriaalit, ilmanvaihtojärjestelmän likaisuus, puutteellinen siivous tai epäpuhtauslähteen läheisyydessä sijaitseva tuloilman sisääntuloaukko saattavat tuottaa ilmaan huonoja hajuja. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

Hajujen kulkeutuminen muualta rakennukseen on myös mahdollista. Hajujen kulkeutumista edistää esimerkiksi huono korvausilman saanti ulkoa, väärät painesuhteet tai ilmavirrat sekä hormien- ja rakenteiden ilma- vuodot. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

**Vedon tunnetta** voi aiheuttaa rakennuksessa esimerkiksi liian alhainen huonelämpötila, kylmät pinnat, kalusteilla peitetyt lämpöpatterit tai rakenteiden läpi kulkevat ilma- vuodot. Myös huonosti toimiva ilmanvaihtojärjestelmä saattaa olla syynä rakennuksessa ilmenevään epämiellyttävään vedon tunteeseen. Sitä saattaa aiheuttaa liian suuri ilmanvaihto- tai ilman sisään puhallusnopeus, alahainen tuloilman lämpötila tai väärin suunnattu

tuloilmaventtiili. Veto ilmenee yleisimmin lattiatasossa virtaavana kylmänä ilmana. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

Muita yleisiä sisäilmaongelmien aiheuttajia ovat muun muassa joko liian korkea tai alhainen huonelämpötila, kuiva sisäilma, tupakansavu, melu, pöly, lika, radon sekä asbesti. (Allergia- ja astmaliitto ry n.d.)

## 2.2 Sisäilmaongelmien syntyminen rakennuksissa

Sisäilmaongelmien syntymiseen rakennuksissa vaikuttavat monet eri tekijät ja niiden yhdistelmät. Ongelmien syntyyn suurimpia tekijöitä ovat riittämätön ilmanvaihto sekä rakenteiden huono ilmatiiviyys. Näiden kahden yhdistäminen muihin riskitekijöihin, kuten rakennuksen huonoihin materiaalivalintoihin tai heikkoon puhtaanapitoon, vaikuttavat varmasti sisäilmaongelmien syntyyn. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

Huonosti hoidettu ilmanvaihto on usein huonon sisäilman syynä, ja sen seurauksena se saattaa lisätä myös muiden ongelmien vaikutusta. Jos ilmanvaihto on puutteellinen tai riittämätön, eivät epäpuhtaudet ja ylimääräinen kosteus pääse poistumaan rakennuksesta eikä rakennukseen saada riittävästi raikasta korvausilmaa. Liian suuri sisäilman kosteus edistää pölypunkkien syntyä ja lisää rakenteiden pinnoille tiivistynyttä kosteutta, joka taas lisää mikrobikasvun riskiä rakenteissa. Homeiden ja muiden mikrobien kasvun kannalta tärkeimmiksi tekijöiksi muodostuvat ravinto, lämpö ja kosteus. Tärkein kasvuun vaikuttava tekijä on kuitenkin kosteus sekä altistumisaika. Ongelmaksi ovat muodostuneet myös liialliset säästötoimenpiteet, joiden seurauksena ilmanvaihtojärjestelmät toimivat vajaalla teholla tai ne on suljettu kokonaan yöksi. Näin ollen sisäilma kärsii, ja erilaisten materiaalipäästöjen ja epäpuhtauksien pitoisuudet pääsevät kasvaamaan liian suuriksi. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

Rakenteiden ja niiden liittymäkohtien huonon ilmatiiviyden seurauksena rakennuksen sisäilmaan pääsee kulkeutumaan vuotoilmavirtojen mukana epäpuhtauksia muun muassa ulkoilmasta, maaperästä ja rakenteista. Maaperästä saattaa kulkeutua radonkaasua rakennuksen sisäilmaan, jos rakennuksen alapohjan tuuletus ei ole riittävä ja rakennuksen ilmatiiviyys on heikko. Radonkaasu voi aiheuttaa pahimmillaan syöpää, jos sille altistuminen on kestänyt pitkään. Maaperästä saattaa nousta myös muita kaasuja, jos rakennettavalla tontilla on ollut aiemmin esimerkiksi kaatopaikka, teollisuuslaitos, varikko tai saha. Myös erilaiset kemialliset epäpuhtaudet ulkoilmassa, kuten teollisuuden päästöt, liikenteestä aiheutuvat saasteet sekä eloperäiset hiukkaset, aiheuttavat hajuja ja ongelmia allergioista kärsiville. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

## 2.3 Sisäilmaongelmien torjunta

Sisäilmaongelmien torjuntaan ja ennaltaehkäisyyn tehokkain keino on jatkuva rakennuksen ja sen kunnan tarkkailu. Hyvän sisäilman saavuttamiseksi on tärkeää pitää rakennuksen rakenteet ja laitteet jatkuvassa tarkkailussa ja huolehtia tarvittavista huoltotoimenpiteistä sekä pyrkiä tunnistaa

maan riskirakenteet. Jos rakennuksessa havaitaan vaurioita tai puutteita, tulisi ne korjata viipymättä, jotta kustannukset ja tarvittavat korjaustoimenpiteet eivät pääse kasvamaan liian suuriksi. (Hengitysliitto ry n.d.)

Riittävä ilmanvaihto hyvin hoidettuna ja suunniteltuna takaa rakennukseen terveellisen sisäilman. Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa huoneilma-esta epäpuhtauksia, tuoda puhdasta ilmaa sisälle sekä pitää lämpöolot sopivalla tasolla. (Hengitysliitto ry n.d.)

Rakennuksissa käytetään paljon erilaisia rakennusmateriaaleja, joissa esiintyy epäpuhtauksia. Näitä sisäilmaan vaikuttavia epäpuhtauksia voidaan torjua käyttämällä M1-luokan materiaaleja, jotka ovat mahdollisimman vähäpäästöisiä. Myös materiaalien oikeanlainen varastoiminen ja käsittely rakennusaikana sekä suojaaminen liialta ja kosteudelta ehkäisee sisäilmaongelmien syntymistä. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

Homeiden ja mikrobien synnyttämiä epäpuhtauksia ei voida poistaa kokonaan ilmanvaihdolla, vaan epäpuhtaudet tulee hävittää rakennuksesta kokonaan. Myös rakennuksen puhtaanapito on hyvä keino torjua sisäilman epäpuhtauksia, kuten likaa ja pölyä. Kun epäpuhtauksia ei pääse syntymään, eivät ne aiheuta ainakaan lisää sisäilmaongelmia. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

### 3 ESPOON KAUPUNGIN MENETTELYTAVAT SISÄILMAONGELMISSA

Espoon kaupunki on laatinut oppaan ”Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä”, jolla pyritään yhtenäistämään ja helpottamaan kaupungin eri toimialojen välistä yhteistyötä sisäilmaongelmien selvittämiseksi ja ratkaisemiseksi. Ohjeissa on määritelty yleiset periaatteet ongelmien ehkäisemiseksi, korjaustoimenpiteiden periaatteet, väistöilaperiaatteet sekä viestinnän periaatteet. (Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä 2016, 3.)

Kaupungin tarkoituksena on ensisijaisesti ehkäistä sisäilmaongelmien syntymistä, jolloin kiinnitetään huomiota kiinteistön hyvään ylläpitoon ja oikeanlaisiin korjaustoimenpiteisiin, nopeutetaan peruskorjausohjelman toteutusta, noudatetaan korjausinvestointiohjelmaa sekä otetaan huomioon voimavarat, henkilöstön koulutus ja ohjeistus. (Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä 2016, 3.)

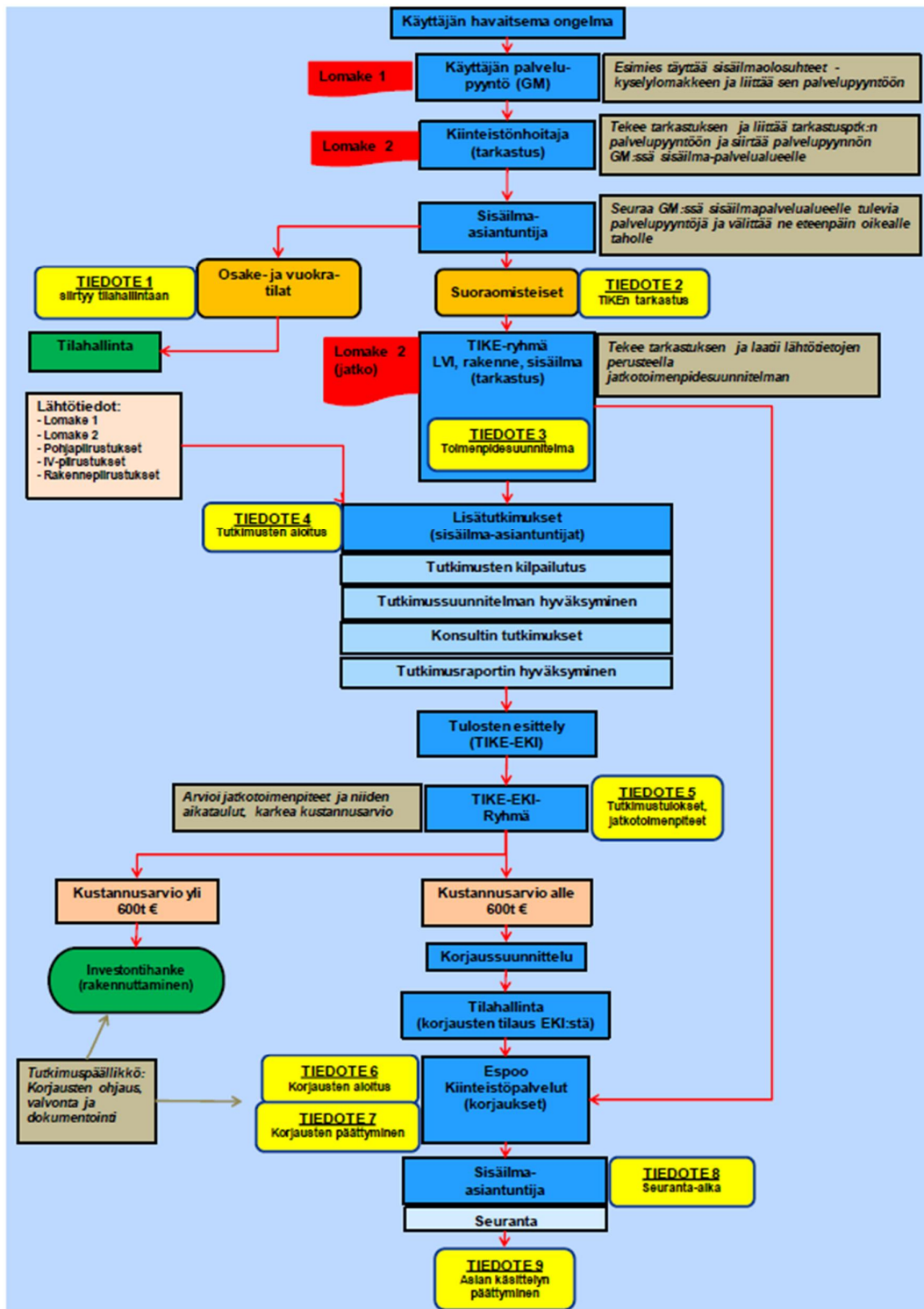
Kun epäily sisäilmaongelmista herää, noudatetaan korjaustoimenpiteiden periaatteita. Kohteeseen tehdään sisäilmatutkimus tutkimussuunnitelman mukaisesti, ja siinä selvitetään sisäilmaongelmien aiheuttajat sekä niihin johtaneet syyt. Tutkimusten valmistuttua kohteeseen laaditaan tutkimuskonsultin toimesta kohteeseen soveltuva toimenpide-ehdotus sisäilmaongelmien poistamiseksi. Toimenpiteiden jälkeen tilojen tulisi vastata terveydellisiltä oloiltaan lainsäädännön vaatimuksia, muun muassa tervey-

densuojelulain vaatimuksia. Kun kohteeseen valitaan soveltuvia korjaustapoja, tulee niitä valittaessa huomioida ympäristöministeriön opas ”Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus” (2007) sekä ”Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen, osa 2” (2008). Esitettyjä korjaustapavaihtoehtoja punnitaan korjaustyön laajuuden ja korjausten kustannusten välillä. Vaihtoehtoja valitessa tulee kuitenkin pystyä takaamaan käyttäjille terveelliset tilat ohjeita noudattamalla. (Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä 2016, 3 ja 4.)

Kun kohteessa on todettu sisäilmaongelmia, saattaa eteen tulla mietittäväksi rakennuksen käyttäjien siirtäminen väistötiloihin. Tavoitteena kuitenkin on, että suunnittelemattomiin väistötiloihin ei jouduta. Tätä pyritään ehkäisemään tilojen kuntoa seuraamalla sekä ajoissa tehdyillä peruskorjauksilla. Väistötilaratkaisuun päädytään kuitenkin yleensä, jos koetaan, että käytettävät tilat eivät ole tarpeeksi turvalliset ja terveelliset. (Espoon kaupungin päiväkotien sekä koulujen ja lukioiden väistöperiaatteet 2014.)

Sisäilmaongelmissa ja niitä ratkaistessa viestintä on merkittävässä osassa, jotta vältetään huhuilta, jotka antavat yleensä väärää tietoa ja aiheuttavat levottomuutta käyttäjien keskuudessa. Viestinnän periaatteiden tavoitteena on tiedon lisääminen, viestinnän ymmärrettävyys, ratkaisukeskeisyyden korostuminen, luottamuksen rakentaminen ja henkilökohtaisuus. Kun viestintä on rehellistä, ajantasaista ja avointa, edistää se viestinnän uskottavuutta sekä luotettavuutta ja auttaa näin sisäilmaongelman ratkaisuprosessissa. Suuri osa tiedottamisesta pyritään tekemään kirjallisesti ja sähköisesti, mutta tarpeen vaatiessa järjestetään tiedostustilaisuuksia prosessin etenemisestä tilojen käyttäjille, huoltajille ja omaisille. Viestinnän periaatteisiin kuuluu myös medialle ja kuntalaispalautteisiin vastaaminen. Medialle vastataan nopeasti, avoimesti ja rehellisesti kuitenkin niin, että toimijoilla on yhtenäinen kuva asiasta. Kuntalaispalautteisiin vastaa lähes aina asiantuntija. Sisäilmatutkimuksiin liittyvät asiakirjat ovat julkisia, ellei laissa toisin säädetä. Niistä laaditaan yhteenveto Espoon kaupungin nettisivuille, jossa se on kaikkien luettavissa. (Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä 2016, 4, 5, 6, ja 7.)

Oppaassa on myös määritelty eri tahojen tehtävät ja vastuut sisäilmaprosessin eri vaiheissa. Kyseiset vaiheet näkyvät pääpiirteittäin sivulla kuusi olevassa prosessikaaviossa (Kuva 2).



Kuva 1. Sisäilmaongelmien ratkaisuprosessi kaavio (Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä 2016, 10).

## 4 SISÄILMAONGELMIEN TUTKIMINEN

Sisäilmaongelmien selvittämiseen on käytössä nykyään useita eri menetelmiä, kuten tiivistysmittaukset ja sen yhteydessä käytetyt merkkisavu- ja lämpökuvausmenetelmät, merkkiainekokeet, kosteusmittaukset, haitallisten aineiden tutkimukset, aistein tehtävät havainnot sekä homekoirat. Sisäilmaongelmat ovat kohdekohtaisia, ja näin myös niiden tutkimiseen tarvitaan useita erilaisia menetelmiä ongelmien selvittämiseksi.

### 4.1 Tiiviysmittaus

Tiiviysmittauksilla selvitetään pääasiassa rakennuksen ulkovaipan ilmanvuotoluku, jota käytetään lähtökohtana rakennuksen lämmöntarpeen laskennassa. Tiiviysmittausten avulla pystytään paikantamaan myös helposti rakennuksen vaipan ilmavuodot. Tiiviysmittauksilla arvioidaan rakennusten epäpuhtauksien kulkeutumista sekä paikannetaan ilmanvuotoreittejä korjausten ja tiivistystoimenpiteiden toteuttamiseksi. (Paloniitty 2012, 16.)

Rakennuksen sisälle luotavan alipaineen avulla pystytään paikantamaan ilmavuotoja. Alipaine on yleensä 10–90 Pascalia. Alipaineen suositellaan olevan vähintään 10 Pascalia per asuinkerros, jotta savupiippuvaikutuksesta aiheutuva ylipaine pystytään kumoamaan. Ulkoilma ja maan huokosilma pyrkivät alipaineen aikana ilmanvuotopaikoista sisälle päin, ja tällöin vuotokohdat pystytään paikantamaan. Ilmanvuotokohdat paikannetaan lämpökuvauksella tai merkkisavuilla, joista kerrotaan tarkemmin kohdissa 4.2 Merkkisavut ja 4.3 Lämpökuvaus. Tehokkain keino ilmavuotokohtien paikantamiseen on lämpökuvaus. Myös iholla tuntu veto on selvin sekä helpoimmin havaittava viittaus ilmavuodosta. Lämpökuvausta ja merkkisavumenetelmää voidaan käyttää myös yhdessä, kun kartoitus rakennuksen tiiveydestä pitää olla tarkka. (Paloniitty 2012, 58.)

### 4.2 Merkkisavut

Merkkisavuilla voidaan helposti tutkia rakennuksessa tapahtuvia ilmavirtauksia. Savulähteestä lasketaan sopiva määrä savua tutkittavaan tilaan, minkä jälkeen sen kulkureiteistä tehdään silmämääräisesti havaintoja. Savulähteenä toimii yleensä ampulli tai pullo. Savu tulee päästää koh-tisuoraan kuviteltua ilmavirtaussuuntaa nähden, jotta savupäästön liike ei sotke havaintoja. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

Tutkimuksia pystytään tekemään myös käyttämällä suurempia merkkisavuja. Tällöin voidaan yhtä aikaa havainnoida suurempaa kokonaisuutta esimerkiksi rakennusten osien välillä. Kun havainnoidaan suurempaa kokonaisuutta, rakennus tulee tyhjentää käyttäjistä ja ilmoittaa tarvittaessa palokunnalle mahdollisista ulospäin näkyvistä savupäästöistä. Savu, jota tutkimuksissa käytetään, tulisi olla sellaista, että se ei jätä rakennuksen materiaaleihin tai huonekaluihin mitään jälkiä. Suurempia savuja käytettäessä tulee ymmärtää rakennuksen virtausteknistä toimintaa, jotta tutkimus osataan suunnitella asiamukaisesti. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

### 4.3 Lämpökuvaus

Lämpökuvausta käytetään rakennusten kunnonarvioinnissa ja laadunvarmistusmenetelmänä. Yleisesti lämpökuvaus on pintojen lämmönjakautumisen määrittämistä ja kuvaamista mittaamalla pinnan infrapunasäteily ja tulkitsemalla lämpökuvia. Lämpökuvauksella pystytään määrittämään muun muassa rakennuksen rakenteissa olevat lämpö- ja ilmavuodot, kosteusvauriot, kylmäsilat sekä eristeiden kunto rikkomatta rakenteita. (RT-kortti 14–10850, 2.)

Tarkasteltaessa valmiita rakenteita ja niiden lämpötekniistä toimivuutta on huomioitava lämpötilaolosuhteet ennen kuvauksen aloittamista ja kuvauksen aikana. Esimerkiksi tavanomaisten rakenteiden lämpökuvauksen ajankohta on valittava siten, ettei ulkoilman lämpötila poikkea enempää kuin  $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpökuvauksen aloittamista edeltävän 12 tunnin aikana. Lämpötilan lisäksi rakennuksessa tulisi olla lievä alipaine ulkoilmaan verrattuna sekä lämmityksen ja ilmanvaihdon toiminnassa normaalisti. (RT-kortti 14–10850, 3.)

Lämpökuvaus tehdään yleensä rakennuksen sisäpuolelta, mutta tarvittaessa myös ulkopuolelta tehty kuvaus on mahdollinen. Ulkopuolelta kuvattaessa tulee huomioida edeltävät sääolosuhteet sekä ulkoverhouksen tuuletusraon vaikutus. (RT-kortti 14–10850, 4.)

### 4.4 Merkkiainekokeet

Merkkiainekokeet ovat tutkimusmenetelmä, jonka avulla selvitetään rakenteen sisällä ja sen läpi tapahtuvia ilmavirtoja. Tutkimuksissa käytetään apuna merkkiainekaasuja, muun muassa typpi-vety-seosta ja rikkiheksafluoridia, sekä niitä havaitsevaa mittalaitetta. Kokeiden avulla saadaan tarkkaa tietoa rakennuksen vuotoilmavirtojen reiteistä ja niiden suuruuksista, joita muilla menetelmillä ei pystytä saamaan. Hyvinkin pienet yksittäiset ilmavuodot pystytään havaitsemaan merkkiainekokeilla, mutta niiden vaikutuksia tulee arvioida suhteessa muihin tehtyihin havaintoihin. Arvioimisessa havainnot tulisi jakaa karkeasti pistemäisiin, vähäisiin sekä merkittäviin vuotoihin. Merkkiainekokeista saatua tietoa käytetään esimerkiksi sisäilmaongelmien selvittämisessä, korjaussuunnittelun lähtötietona ja laadunvarmistuksessa. (RT-kortti 14–11197, 1.)

Ennen korjauksia rakennuksen tiiveydelle tulee asettaa tavoitetaso. Tavoitetason valintaan vaikuttaa, mitä tiiveyden parantamisella halutaan saavuttaa. Määriteltäessä tiiveyden tavoitetasoa sovitaan myös mahdollisista jatkotoimista korjauksien edetessä, jotta saavutetaan haluttu tavoitetaso. Tasomääritelmänä käytetään näitä tasoja: täysin tiivis, jolloin vuotoja ei sallita, tiiveyden merkittävä parantaminen, jolloin sallitaan vähäiset vuodot kymmenen Pascalin alipaineessa sekä tiiveyden parantaminen, jolloin ei saa olla merkittäviä vuotoja alipaineistettuna tai enintään saa olla vähäisiä vuotoja käyttötilanteessa. (RT-kortti 14–11197, 2.)

Perusedellytys merkkiainekokeelle on riittävän suuri paine-ero rakenteen tiiviin kerroksen yli jatkuen koko kokeen ajan. Jos paine-ero ei ole riittävä,

ei rakenteisiin pääse muodostumaan riittävästi ilmavirtauksia. Ilman riittäviä ilmavirtauksia ei merkkiaineikaasu pääse leviämään eikä pystytä tekemään riittäviä havaintoja ilmanvuotokohdista. Paine-erot rakennuksen yli tehdään yleensä alipaineistamalla tutkittava tila. Merkkiaine lasketaan tilaan ylipaineen puolelta, koska aine pyrkii hakeutumaan alipaineistettuun tilaan päin. Havainnot ilmavuodoista tehdään alipaineen puolelta. Myös merkkiaineikaasun syöttämisellä on merkittävä vaikutus luotettavien tulosten saamiseksi. Jotta ilmavuotoreittejä voidaan havaita, tulee merkkiaineikaasua olla koko tutkittavalla alueella. (RT-kortti 14–11197, 4 ja 5.)

#### 4.5 Kosteusmittaukset

Epäiltäessä kosteusvauriota rakennuksessa tai sen osassa tulee selvittää kosteusvaurioihin johtaneet syyt. Syytä saattavat olla paikalliset vesivuodot, esimerkiksi kattovesivuoto. (RT-kortti 80–10712, 2.)

Tutkimusmenetelminä rakenteiden kosteuden mittaamiseen käytetään muun muassa pintakosteustunnistimia sekä pintalämpötilan mittaustarkoitukseen soveltuvaa mittalaitetta. Kun halutaan mitata rakenteiden suhteellinen kosteus, joudutaan rakenteita purkamaan tai tekemään niihin reikiä. Myös rakennusosan kosteuden määrittäminen näytteestä on yksi käytetyistä tutkimusmenetelmistä. (RT-kortti 80–10712, 2.)

Rakenteiden toimivuutta selvitetään kosteusmittauksilla sekä lämpötilamittauksilla. Mittauksilla pyritään selvittämään, onko kosteus ja lämpötila tavanomaisesta poikkeavaa ja pääseekö rakenteissa syntymään niiden johdosta mikrobikasvustoa. Vuodenaikojen väliset erot tulee ottaa mittauksissa huomioon. Vaihteleva kosteus ulkoilmassa vaikuttaa rakennusosien kosteuteen. Rakennusosan kosteuden paikallistamiseksi voidaan tehdä pintamittauksia, joilla havaitaan kylmäsiltoja ja lämpövuotokohtia. Ainetta rikkovilla tutkimuksilla arvioidaan rakenteen ja materiaalien kosteutta. Tutkimuksien tuloksista päätellään rakennusosan sisäosan alttius home- ja mikrobivaurioille. Mittauksia otetaan useista eri kohdista, jotka päätetään vaurioriskiarvioiden ja pintamittausten mukaan. Rakenteiden ja niiden osien kosteusolosuhteita mitataan tarvittaessa myös pitkällä aikavälillä. (RT-kortti 80–10712, 2 ja 3.)

#### 4.6 Haitallisten aineiden tutkimukset

Yleensä ennen rakennukseen tehtäviä korjauksia ja muutoksia tilaaja teettää selvityksen, jonka tarkoituksena on kartoittaa, onko rakennuksessa terveydelle vaarallisia ja haitallisia aineita. Selvityksestä saatavilla tiedoilla pystytään poistamaan terveyshaittoja ja ottamaan huomioon rakennuksesta johtuvat terveysriskit. Haitta-aineselvitys sisältää usein asbestikartoituksen, haitta-ainearvion sekä varsinaisen haitta-ainetutkimuksen kohteen ja sen lähtötietojen mukaan. (RT-kortti 20–11159, 1.)

Haitta-ainetutkimus käsittää tutkimuskohteessa tehtävän materiaalien haitta-ainepitoisuuksien selvittämisen ja haitta-aineiden analysoimisen. Haitta-ainetutkimuksissa tutkitaan pintamateriaalien ohella myös rakenteiden si-



säiset haitalliset aineet sekä rakenteisiin mahdollisesti imeytyneet muut haitalliset aineet. Tutkimuksissa tehdään yleensä rakenneavauksia näytteen ottoa ja rakenteiden selvittämistä varten. Haitta-ainetutkimukset jaotellaan kolmeen eri luokkaan: laaja haitta-ainetutkimus, rajattu haitta-ainetutkimus sekä ulkovaipan haitta-ainetutkimus. Haitta-ainetutkimukset suositellaan tekemään yhdessä muiden tutkimusten kanssa. Tutkimuksista saatuja tietoja voidaan käyttää hyödyksi suunniteltaessa esimerkiksi rakennuksen tiivistys- ja kapselointitarpeita sekä purkutöitä. (RT-kortti 20–11159, 2 ja 4.)

#### 4.7 Aistihavainnot

Aistihavainnot ovat ihmisen aistein tehtyjä havaintoja, joita ovat muun muassa näkö- ja hajuaisti. Kun rakennuksessa epäillään sisäilmaongelmia, tehdään ensimmäisenä aistinvarainen tarkastus, jossa käydään tutkittava kohde järjestelmällisesti läpi niin sisä- kuin ulkopuolelta. Kohteesta havainnoidaan esimerkiksi tutkittavien tilojen ilmanvaihtuvuutta, hajuja, näkyviä kosteus- ja homevaurioita, rakennuksen vääriä käyttötottumuksia, ilmavuotoja sekä riskialttiita rakenneratkaisuja. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

Aistinvaraiset tutkimukset suositellaan tekemään tietyssä järjestyksessä: vesikattorakenteet, yläpohjan tuuletustilan rakenteet, ulkoseinärakenteet ulkopuolelta, rakennusta ympäröivä maasto, ryömintätilan rakenteet ja sisätilojen rakenteet. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

Tutkimus aloitetaan rakennuksen ulkopuolelta, jotta pystytään havaitsemaan mahdolliset riskirakenteet, jotka saattavat aiheuttaa näkyviä kosteusvaurioita tai kohonneita kosteuspitoisuuksia rakennuksen sisäpuolella. Vauriot ovat usein huomaamattomia, mutta kun on ensin etsitty ulkopuolelta mahdolliset riskirakenteet, on helpompi tarkastella oikeita rakenteiden osia sisäpuolella. Ulkopuoliset tarkastelut suositellaan aloittamaan ylhäältäpäin, koska vesi valuu alaspäin ja näin on helpompi havaita rakenteissa olevat vauriokohdat, kun on ensin havaittu vesikattorakenteen riskikohdat. (Sisäilmayhdistys ry n.d.)

#### 4.8 Homekoirat

Vaihtoehtona edellä mainituille sisäilmatutkimusmenetelmille ovat koulutetut homekoirat. Homekoirat on koulutettu löytämään rakennuksessa olevat homevauriot ilman rakenneavauksia tai rakenteiden purkamista. Homekoirat työskentelevät yhteistyössä homekoiraohjaajan kanssa, joka raportoi ja tulkitsee lisätutkimusten avulla koiran ilmaisemat ongelmakohdat ja kertoo syyn niiden takaa. Homekoiraohjaajalla on rakennusalan ymmärtämystä, ja rakennetekniset lisätutkimukset ovat keskeinen osa homekoiratutkimusta. (Homekoirat n.d.)

Homekoiratutkimukset ja sen sisältö vaihtelevat palveluntarjoajien välillä, mutta pääasiassa tutkimukset sisältävät homekoiratutkimuksen ja kirjallisen raportin. Lisätutkimuksia tehdään homekoiratutkimuksia tukeviksi tutkimuksiksi, joita ovat esimerkiksi kosteusmittaukset, IV-

savumittaukset, lämpökamerakuvaus tai VOC-mittaukset. Varsinaisia homekoiratutkimuksia tehtäessä koirat merkitsevät havaitsemansa vauriokohtat raapimalla tai haukkumalla. (Homekoirat n.d.)

## 5 TIIVISTYSVAIHTOEHDOT

Viranomaiset eivät ole asettaneet tiivistyskorjauksissa käytettäville tuotteille vaatimuksia, mutta materiaaleille on olemassa yksittäisiä ominaisuuksia koskevia standardeja. Tiivistyksissä voidaan käyttää muun muassa saumanauhaa, tiivistysmassaa, polyuretaanivaahtoa, erikoisteippiä, pinnoitteita, vedeneristeitä ja erikoisliimanauhaa. Käytettäviltä materiaaleilta vaaditaan tartunta- ja muodonmuutoskykyä, pitkäaikaiskestävyyttä ja ilmanpitävyyttä. Materiaalien tulee myös olla käyttötarkoitukseensa testattuja, vähäpäästöisiä, mieluusti M1-luokiteltuja sekä yhteensopivia alustan ja mahdollisten päälle tulevien materiaalien kanssa. (Laine 2014, 46.)

Opinnäytetyöhön on valittu neljä Espoon kaupungin käyttämää tiivistyskorjausmenetelmää, joita ovat TKR-peruspinnoite ja -hyytelö, ARDEX-sisäilmakorjausjärjestelmän 8+9-tiivistyskorjausjärjestelmä, SikaHyflex -250 Facade -tiivistysmassa ja Blowerproof liquid brush -pinnoite, joita käsitellään seuraavissa kappaleissa tarkemmin.

### 5.1 TKR Peruspinnoite ja hyytelö

TKR tuotteet ovat kotimaisia, ja ne valmistetaan uusiutuvista kasviöljypohjaisista luonnonvaroista. M1-päästöluokan TKR-tuotteet ovat testattu Suomessa monipuolisesti, ja ne ovat turvallisia niin työstettäessä kuin lopputuotteenakin. TKR-tuotteet soveltuvat muun muassa pinnoituksiin, vedeneristykseen, haitta-ainekapselointiin, viemärisaneerauksiin sekä sokkelin lisäeristykseen.

Peruspinnoite on liuotteeton 2-komponenttinen pinnoite, ja se sopii ilma-voitotiivistykseen sekä haitta-aineiden hallintaan. Sitä käytetään esimerkiksi betoni-, kipsi-, valuasfaltti-, puu- ja teräslattioille, seinille ja kattorakenteisiin. (TKR-tuoteopas 2015.)

Pinnoitetta käytetään lattioiden, seinien ja kattorakenteiden vesieristeenä sekä valmiina pintana. Pinnoite toimii myös hajusulkuna alustoissa sekä haitta-ainejäämien, radonin, erinäisten mikrobin ja PAH- ja VOC-yhdisteiden sulkuna. Sitä voidaan käyttää myös muiden pinnoitteiden pohjusteena sekä valmiina pinnoitteena. (TKR-tuoteopas 2015.)

Pinnoitteelle on tehty erilaisia testejä ja haitta-aineiden läpäisevyytustutkimus. Pinnoitteen ominaisuuksia ovat vedeneristävyys, hyvä joustavuus ja luja tarttuvuus useisiin materiaaleihin. Lisäksi se on kutistumaton. Pinnoite sallii liikettä rakenteissa, ja sopii erinomaisesti käytettäväksi esimerkiksi lattian ja seinien liitoskohdissa sekä liikuntasaumoissa. Pinnoite pystytään asentamaan myös epätasaisille ja huokoisille pinnoille. Pinnoite on hajuton ja liuotteeton sekä asennettaessa että valmiina tuotteena. (TKR-tuoteopas 2015.)

Käytettäessä TKR-peruspinnoitetta saadaan samalla käsittelyllä valmis kulutuspinna, vedeneristys ja tiivistys. (TKR-tuoteopas 2015.)

## 5.2 ARDEX 8+9 -tiivistyskorjausmenetelmä

Ardex 8+9 -tiivistyskorjausmenetelmä kuuluu osana Ardex-sisäilmakorjausjärjestelmään, joka on kehitetty kosteuden, radonin, haitta-aineiden sekä VOC-yhdisteiden hallintaan. Järjestelmälle on tehty erilaisia tutkimuksia ja testejä, joiden perusteella voidaan todeta, että se täyttää sisäilmakohteiden vaatimukset ja että käytettävät materiaalit kuuluvat M1-päästöluokkaan. (ARDEX-sisäilmakorjausjärjestelmä 2014.)

Ardex-sisäilmakorjausjärjestelmä sisältää eri tiivistysmenetelmiä erilaisten rakenteiden tiivistyksiin. Tiivistyksissä voidaan tiivistää joko seinän- ja lattianrajakohdat, ikkuna- ja ovenkarmit sekä läpiviennit tai seinä ja lattia voidaan tiivistää kauttaaltaan. (ARDEX-sisäilmakorjausjärjestelmä 2014.)

Ardex 8+9 -tiivistyskorjausmenetelmää käytetään rajakohtien tiivistämiseen. Rajakohdat tiivistetään Ardex 8+9 -vedeneristeellä ja Ardex-vahvistusnauhalla. Tuotteita on alun perin käytetty märkätilojen vedeneristykseen, mutta sen on todettu soveltuvan myös tiivistyksiin. Ardex 8+9 on sementtipohjainen, 2-komponenttinen ja M1-luokiteltu rakennusmateriaali, joka ei kutistu kuivuessaan. (ARDEX-sisäilmakorjausjärjestelmä 2014.)

## 5.3 SikaHyflex -250 Facade -tiivistysmassa

Sikaflex-sauma- ja tiivistysmassat ovat tiivistyksissä käytettäviä pysyvästi elastisia massoja. Ominaisista tuotteille on niiden hyvä tarttuvuus ja korkea sisäinen lujuus. Myös kestävyys ja pitkäikäisyys ovat omaa luokkaansa. (Oy Sika Finland Ab n.d.)

Tiivistyskorjauksissa aiemmin käytetty Sikaflex -15 LM -saumamassa on poistunut valikoimista, koska tuotteelta puuttui CE-merkintä. Tuotteen korvasi uusi SikaHyflex -250 Facade -saumamassa, joka on CE-merkitty ja täyttää nykyiset rakentamismääräykset. (Oy Sika Finland Ab n.d.)

SikaHyflex -250 Facade on 1-komponenttinen, kovettuva ja elastinen saumamassa, joka on tarkoitettu pääasiassa liikunta- ja rakennussaumoihin. Saumamassa soveltuu rasituksiltaan vaativiin kohteisiin ja huokoisille alustoille. Saumamassan käyttöominaisuuksia ovat helppo tasoitettavuus ja hyvä työstettävyyttä sekä tarttuvuus useimpiin alustoihin. Lisäksi massa on valumatonta, liotinaineeton, hajuton ja vähäpäästöinen. Saumamassalla on M1-luokitus. (Oy Sika Finland Ab n.d.)

## 5.4 Blowerproof liquid brush -pinnoite

Betton Oy tuo maahan sisäilmakorjauksiin soveltuvia tuotteita, jotka kuuluvat pääasiassa Uzin-järjestelmään. Tuotteet soveltuvat muun muassa

haitta-aineiden hallintaan, lattia- ja seinäpintojen kapselointiin, kosteuden nousua tai VOC- ja PAH-yhdisteitä vastaan sekä radon- ja ilmavuototiivistykseen. Blowerproof liquid brush on oma tuotteensa, jota voidaan kuitenkin käyttää yhdessä Uzin-järjestelmän kanssa. (Betton Oy n.d.)

Blowerproof LB on 1-komponenttinen, nestemäinen, elastinen ja ilmatiivis pinnoite, joka tarttuu hyvin erilaisiin rakennusmateriaaleihin, kuten puuhun ja betoniin. Pinnoitetta käytetään ilmavuotojen tiivistämiseen rakenteiden liittymäkohdissa. (Betton Oy n.d.)

## 6 VALVONTA JA LAADUNVARMISTUS

Työmaalla tehtävä valvonta ja laadunvarmistus kuuluvat olennaisena osana onnistuneisiin sisäilma- ja tiivistyskorjauksiin. Sisäilma- ja tiivistyskorjauksissa valvojalta edellytetään yleensä ymmärrystä sisäilma-asioista ja tehtävistä korjauksista.

Valvonnan päätavoitteet ovat

- tuotantolaadun sopimuksenmukaisuuden varmistaminen
  - virheiden ja ongelmien ennalta ehkäisy
  - ajallisten tavoitteiden toteutumisen varmistaminen
  - taloudellisten tavoitteiden toteutumisen varmistaminen.
- (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 58.)

Valvojan suorittaman valvonnan lisäksi suunnittelijat voivat suorittaa täydentävää valvontaa, jota kutsutaan asiantuntijavalvonnaksi. (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 58.)

Valvojan keskeisimmät tehtävät ovat

- yleistoimenpiteet
- ajallinen valvonta
- tekninen ja laadunvalvonta
- taloudellinen valvonta
- dokumentointi.

(Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 58.)

Yleistoimenpiteisiin lukeutuu muun muassa yhdyshenkilönä toimiminen rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä. Valvoja osallistuu myös korjaustöitä koskeviin kokouksiin ja neuvotteluihin. Lisäksi valvojan tehtäviin kuuluu työturvallisuuden valvonta, työsuorituksen seuranta sekä töiden sujuvan etenemisen varmistaminen. (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 59.)

Ajallisen valvonnan päämääränä on varmistaa korjaustöiden edistyminen ja valmistuminen sovitussa ajassa. Myös urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden aikataulujen valvonta sekä töiden, hankintojen ja vastaanoton oikea-aikainen suorittaminen ja sen toteutumisen seuranta kuuluvat valvojalle. (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 60.)

Teknisellä valvonnalla ja laadunvalvonnalla halutaan varmistaa korjaustöiden oikeanlainen suoritustapa teknisesti ja suunnitelmien mukaisesti,

jotta saavutetaan haluttu lopputulos. Valvontaan sisältyy muun muassa työsuoritusten, materiaalien, työmenetelmien, työolosuhteiden ja hyvän rakentamisen varmistaminen. (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 60.)

Taloudellinen valvonta sisältää lähinnä kustannusten seuranta ja laskujen tarkastusta. Laskujen tarkastuksessa tulee huomioida, että laskut perustuvat sopimuksiin, tilatut työt ovat oikein ja hinnoittelu on kohtuullista. Myös lisä- ja muutostöiden tarkistus sekä taloudellisen loppuselvityksen läpikäynti kuuluu valvojan tehtäviin. (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 60.)

Valvojan tehtäviin kuuluu olennaisena osana korjaustyövaiheiden dokumentointi myöhempää käyttöä varten. Dokumentointi sisältää esimerkiksi virheluetteloiden laadintaa, olennaisten tapahtumien ja työmaatilanteiden merkitsemistä muistiin sekä valokuvien ja erilaisten asiakirjojen, kuten kokeiden ja näytteiden, tulosten tallentamista. (Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät 2012, 60.)

Yleisimpiä laadunvarmistusmenetelmiä tiivistyskorjauskohteissa ovat mallityön tekeminen ennen varsinaisten korjaustöiden aloitusta, erilaiset mitaukset kuten merkkiainekokeet korjaustöiden aikana ja niiden jälkeen, jatkuva työn seuranta sekä dokumentointi.

## 7 KORJAUSKOHTEET

Korjauskohteiksi on valittu yhteensä neljä Espoon kaupungin omistamaa päiväkotij- ja koulurakennusta, joissa on tehty sisäilmakorjauksia viime vuosina. Rakennuksista vanhin on ollut käytössä 60 vuotta ja nuorin reilut 30 vuotta. Kohteet ovat rakennusmateriaaleiltaan ja rakenneratkaisuiltaan erityyppisiä. Kaikissa kohteissa käyttäjät ovat oireilleet, minkä seurauksena kohteissa on tehty erilaisia tutkimuksia, kartoituksia ja katselmuksia. Tehdyt sisäilma- ja tiivistyskorjaukset ovat auttaneet vaihtelevasti kohteen mukaan.

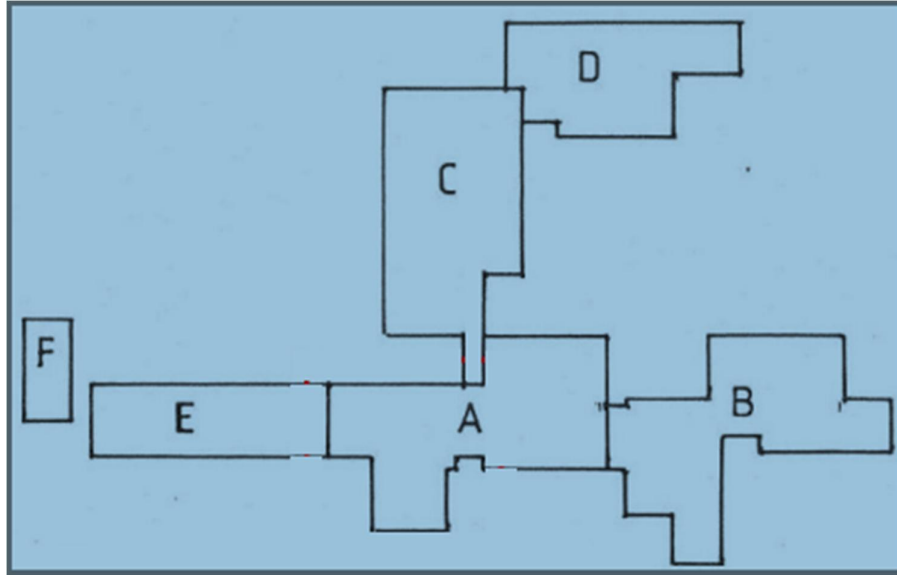
### 7.1 Niipperin koulu

Niipperin koulun pääasiallisina rakennusmateriaaleina on käytetty puuta, tiiltä ja betonia. Rakennus koostuu viidestä eri osasta, jotka on rakennettu kahdessa eri vaiheessa (Kuva 3). Vanhimmat rakennuksenosat A ja E on rakennettu vuonna 1956. Koulua on laajennettu vuonna 1986, jolloin on tehty osat B, C ja D. Uusien osien tekemisen yhteydessä vanhat rakennuksenosat ovat peruskorjattu. Rakennuksen osa E on toiminut 2000-luvulle asti opettaja-asuntolana, minkä jälkeen se on otettu osittain opetuskäyttöön.

Alapohjat vanhoissa rakennuksen osissa ovat ryömintätalallisia alapohjarakenteita, kun taas uudemman rakennuksen osan alapohjat ovat maanvaraisia alapohjarakenteita. Ryömintätiloissa on koneellinen tuuletus, ja pää-

osin rakennuksessa on konesaumattu peltikate, lukuun ottamatta pieniä huopa-alueita. (Niipperin koulu 2014, 5 ja 6.)

Muita tehtyjä korjauksia ovat salaojien ja vesikatteen uusiminen vuosina 1999 ja 2008. Vuonna 2012 kouluun on asennettu pellettilämmitys. (4040 Niipperin koulu 2015.)



Kuva 2. Koulun osien sijaintikaavio (Niipperin koulu n.d.).

### 7.1.1 Sisäilmasto ja kosteustekninen kuntotutkimus

Koululle tehdyn kuntotutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa haittatekijöitä, jotka vaikuttavat sisäilman laatuun, sekä selvittää niistä mahdollisesti aiheutuvia korjaustoimenpiteitä. (Niipperin koulu 2014, 5.)

Koululla havaittiin sisäilmasto- ja kosteusteknisessä kuntotutkimuksessa monin paikoin poikkeavaa hajua vanhimpien rakennusosien sisäilmassa. (Niipperin koulu 2014, 20.)

Osana kuntotutkimusta tehtiin merkkiainetutkimus, joka osoitti, että A-osan ryömintätilasta sekoittuu ilmaa sisäilmaan päin. Ryömintätilasta löydettiin paljon orgaanisia jätteitä, ja ryömintätilan sisäilmassa havaittiin myös poikkeavaa hajua. Ulkopuolista kosteutta oli myös päässyt kulkeutumaan ryömintätilaan. E-osan ryömintätilaa vasten oleva alapohjarakenne on lämmöneristetty sahanpurulla ja ureaformaldehydihartsivahtoeristeellä, joiden sekoituksesta aiheutuu pistävää hajua, jota ilmenee paikoin rakennuksen sisäilmassa. Eristeissä esiintyi myös lieviä mikrobivaurioita. (Niipperin koulu 2014, 20.)

A- ja E-osan yläpohja- ja ulkoseinärakenteiden rakenneliittymät ovat epätiivitä, ja niiden kautta tapahtuu ilmavuotoja sisäänpäin. Vanhoissa rakenteissa ilmansulkuna on käytetty tervapaperia tai rakennuspahvia. Tämän johdosta vanhojen eristysmateriaalien hajuja voi päästä sisäilmaan. Pienes-

tä osasta ulkoseinien eristeitä löytyi havainto kosteus- ja mikrobivauriosta. (Niipperin koulu 2014, 20.)

Kellarikerroksen rakenteet ovat eristämättömiä betonirakenteita, ja alapuolisesta täyttömaasta nousee kapillaarisesti kosteutta kellariin. Tämän johdosta kellarissa käytetyt muovimattopinnoitteet alkavat kupruilla. Myös kellarikerroksen sisäilman havaittiin sekoittuvan ensimmäisen kerroksen tiloihin päin. (Niipperin koulu 2014, 20.)

Rakennuksen uudemmissa osissa eli B-, C- ja D-osassa ulkoseinärakenteiden alaosissa on valesokkelirakenteet. Rakennukseen tehdyissä tutkimuksissa on löydetty valesokkelirakenteista sekä tuulensuojalevyä vasten olevista eristeistä viitteitä mikrobivaurioista. Valesokkelin sisällä olevat runkopuut olivat kuitenkin puhtaita ja terveennäköisiä. (Niipperin koulu 2014, 21.)

Ruostuneiden ja osittain puhkikuluneiden sadevesikourujen johdosta sadevedet roiskuvat ulkoseinälaudoituksen ja valesokkelirakenteen pintaan. Näissä kohdissa esiintyy ulkoseinän lämmöneristeissä kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja. (Niipperin koulu 2014, 21.)

Uudemman osan alapohjarakenteiden ja ulkoseinärakenteiden rakenneliitymissä todettiin selkeitä epätiiviyttä kohtia. Epätiiviyden kohtien kautta lattian alapuolella olevasta täyttömaasta sekoittuu mahdollisesti ilmaa, epäpuhtauksia ja hajuja sisäilmaan päin. Rakennuksen B- ja C-osien lasten wc-tilojen lattiarakenteissa huomattiin poikkeavaa kosteutta. (Niipperin koulu 2014, 21.)

Koko rakennuksen ikkunarakenteet ovat alkuperäisessä kunnossa. (Niipperin koulu 2014, 21.)

### 7.1.2 Toimenpiteet

Rakennukseen tehdyn kuntotutkimuksen jälkeen kuntotutkija antoi suositukset jatkotoimenpiteistä, heti tehtävistä sekä laajempaa suunnittelua vaativista korjaustoimenpiteistä. Korjaukset oli tarkoitus toteuttaa kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäinen vaihe kattaisi välittömät korjaukset, joilla mahdollistetaan rakennuksen käyttö ennen laajempia korjauksia; niiden tavoitteena on jatkaa rakennuksen käyttöä 2–3 vuodella. Toinen vaihe koostuu rakennuksen peruskorjauksesta ja uudisrakennusvaiheesta, jonka tarkoituksena on jatkaa rakennuksen elinkaarta 10–15 vuodella. (4040 Niipperin koulu 2015.)

Korjaustyöt aloitettiin sadevesikourujen vaihdolla sekä A- ja E-osan ryömintätilojen puhdistuksella ja maa-aineksen imuroinnilla kevättalvella 2015. Ryömintätilojen tuuletukselta muutettiin niin, ettei pellettilämmityksestä tulevaa hukkalämpöä puhalleta enää ryömintätiloihin. Samalla alustatiloihin asennettiin koneellinen alipaineistus ja sokkeleihin tehtiin korvausilma-aukkoja. Alustatilaan asennettiin myös suodatinkangas, jonka päälle suunniteltiin levitettäväksi sepelikerros. Ennen sepelikerroksen levitystä oli kuitenkin varmistettava alapohjan tiiveydestä, ettei sepelipöly pääse

ilmanvuotokohdista rakennuksen sisälle tai rakenteisiin. Sepelikerrosta ei lopulta levitetty alustatilaan. Koulun eteisessä esiintynyt viemärinhaju oli peräisin alustatilaan vuotaneesta viemäristä. Vika korjattiin, eikä hajuja enää ilmaantunut. (4040 Niipperin koulu 2015.)

Varsinaiset tiivistyskorjaukset aloitettiin rakennuksen E-osasta. Korjaustyöt aloitettiin jo ennen varsinaisten suunnitelmien tuloa, sillä korjaukset haluttiin saada käyntiin mahdollisimman nopeasti koulussa todetun sisäilmaongelman toteutamisesta. Rakennesuunnitelmia tehtiin rakennustyön edessä, koska vasta purkutöiden ja rakenneavausten myötä saatiin selville rakennuksen todelliset rakenneratkaisut, joita ei vanhoista kuvista pystytty täysin selvittämään. Korjauksissa edettiin muutama luokka kerrallaan mukailien käyttäjille sopivaa aikataulua ja järjestystä. Tiivistysmenetelmäksi valittiin TKR Marketing Oy:n TKR-peruspinnoite ja -hyytelö, jotka soveltuvat ilmapuotojen tiivistyksiin.

Luokkatiloissa tiivistettiin pääosin seinän, katon ja lattian yhtymäkohdat, mukaan lukien läpiviennit, seinien nurkat sekä ikkunoiden- ja ovienpielet. Osassa luokista purettiin ulkoseinät sisäpuolelta ja uusittiin seinärakennetta. Tiivistyskorjausten edetessä koulussa tehtiin merkkiainekokeita tiivistyskorjausten laadunvarmistamiseksi. Merkkiainekokeiden perusteella ympäri koulua löytyi useita vuotokohtia. Monessa luokassa havaittiin ilmanvuotoreittejä eristetilasta sisäilmaan. Ilmapuotoja havaittiin myös ikkuna- ja lattialiittymissä, ruuvien ja naulojen rei'issä, sähkörasioissa sekä muutamissa läpivienneissä.

### 7.1.3 Lopputulos

Niipperin koulussa tehdyt sisäilmakorjaukset ovat saaneet laajaa huomiota niin mediassa kuin sen käyttäjien keskuudessa. Huomio on ollut pääasiassa negatiivista, ja sen seurauksena Niipperin koulussa tehdyt laajat tiivistyskorjaukset ja sen hyödyt ovat olleet mietinnässä. Koulusta ja sen terveydellisistä olosuhteista on tehty arvio, jonka perusteella päätetään koulun tulevaisuudesta.

Espoon Tilapalvelut-liikelaitoksen toimitusjohtaja päätti sulkea Niipperin koulun opetuskäytöstä helmikuussa 2016. Koulun korjaamista ei enää jatketa, ja valmistelut koulun purkamiseksi on aloitettu. Koulun purkaminen tapahtuu lähivuosien aikana. Koulun purkamispäätökseen vaikutti sisäilmaongelmien lisäksi kantavien kattorakenteiden korjauksen tarve. Katto- tuolien kunnostaminen olisi laajentanut korjaustyötä merkittävästi.

Tehdyillä korjauksilla saavutettiin noin vuosi lisää käyttöaikaa rakennukselle.

## 7.2 Niittykummun päiväkotia

Niittykummun päiväkotia on kaksikerroksinen tiili- ja betonirunkoinen rakennus, joka on rakennettu vuonna 1977 (Niittykummun päiväkotia. 2014a, 4). Rakennuksen ensimmäisen kerroksen ulkoseinät ovat teräsbetonia ja



tiiltä, ja toisen kerroksen seinät ovat tiiltä sekä puuta. Yläpohja on teräsbetonirakenteinen. Katto on malliltaan tasakatto, eikä rakennuksessa ole räystäitä. Itäpuolen alapohjarakenne on maanvarainen teräsbetonilaatta, ja länsipuolen alapohjarakenteena on ryömintätalallinen teräsbetonilaatta. (Niittykummun päiväkotiki 2014b, 3.)

### 7.2.1 Sisäilmatutkimus

Sisäilmatutkimuksen perusteena olivat tilojen käyttäjillä esiintyneet oireet, jotka viittasivat sisäilmaongelmiin. Tutkimukset tehtiin ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti, ja sisäilmatutkimuksen lisäksi rakennuksessa tehtiin erillinen ilmanpitävyyden mittausta sekä ilmanvaihdon kuntotutkimus. Rakennuksessa tehtiin myös rakenneavauksia tutkimusten perusteella, joista tehtiin havaintoja sekä otettiin materiaalinäytteitä. (Niittykummun päiväkotiki 2014a, 4.)

Rakennuksessa suoritettuna sisäilmatutkimuksen perusteella havaittiin useita eri syitä sisäilmaongelmien syntyyn. Suuressa osassa rakennuksen ulkoseinä- ja ikkunarakenteiden materiaaleissa oli mikrobivaurioita. Mikrobitvauriot ovat syntyneet mahdollisesti pitkälläkin aikavälillä, koska rakenteisiin on päässyt ulkopuolista kosteutta rakennuksen epätiiviydestä kohdistu, ja näin materiaalit ovat vaurioituneet. Huomattava kosteusrasitus ikkunoi- le ja julkisivurakenteille on seurausta räystäättömästä rakennuksesta ja rakenteiden epätiiviydestä. Myös siivous- ja pesuvedet ovat ajan kuluessa vaurioittaneet sisäpuolisten seinien levytysten alareunoja. Päiväkodin leikki- ja laulusalissa huomattiin poikkeavaa hajua, mikä viittaa mikrobivaurioon. Todennäköisesti hajut kulkeutuvat tiloihin ilmvirtauksien mukana rakennuksen muista osista. (Niittykummun päiväkotiki 2014a, 15.)

Sisäilmatutkimuksen yhteydessä tehdyssä ilmanvuototutkimuksessa löytyi ilmanvuotokohtia ulkoseinä- ja ikkunarakenteista sekä ryömintätilan alapohjasta. Kyseiset ilmavuodot alapohjassa mahdollistavat epäpuhtauksien pääsemisen sisäilmaan. (Niittykummun päiväkotiki 2014a, 16.)

Ilmanvaihdon kuntotutkimuksesta ilmeni, että rakennuksessa on pääosin alipaineinen ilmanvaihto ja sen toiminnassa on puutoksia, eikä tulo- ja poistoilmamäärät ole tasapainossa keskenään. Ilmanvaihtoa ei ollut myöskään säädetty oikein. Tämän johdosta korvausilma pääsee siirtymään hallitsemattomasti vaurioituneiden rakenteiden läpi epätiiviydestä. Rakenteiden läpi kulkeutuvan korvausilman mukana leviää sisäilmaan rakenteissa olevia epäpuhtauksia, jotka taas aiheuttavat oireilua ja huonontavat sisäilman laatua. Myös ilmanvaihtokoneistot toimivat puolella teholla päiväkodin ollessa käytössä, mikä taas heikentää ilman vaihtuvuutta rakennuksen eri tiloissa ja aiheuttaa tunkkaisuutta. (Niittykummun päiväkotiki 2014a, 16.)

Rakennuksen sisäpuolisiin rakenteisiin on päässyt kulkeutumaan sadevesiä epätiiviyden ikkuna- ja ulkoseinä- rakenteiden kautta sekä puutteellisten vesipellitusten johdosta. Myös eteläpäädyn ulkoseinän alaosa ja sokkeli ovat vaurioituneet ulkopuolisesta kosteudesta. Ulkoseinä- ja sokkelirakenteista mitattiin kohonneita suhteellisen kosteuden arvoja, ja materiaalinäytteistä

löytyi vaurioita. Rakennuksen alapohjalaatasta ei löytynyt merkittäviä viitteitä maaperästä peräisin olevasta kosteudesta. Pintasivelynäytteissä havaittiin kuitenkin kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja, mikä osoittaa, että mikrobit ovat päässeet kulkeutumaan sisätiloihin vaurioituneista materiaaleista. (Niittykummun päiväkotikoti 2014a, 16.)

Toisen kerroksen wc-tiloissa otettiin lattiaista pintakosteus- ja viiltomittauksia. Molemmissa mittauksissa havaittiin kohonneita suhteellisen kosteuden arvoja. Suurimpia arvoja mitattiin läpivientien kohdissa ja lattiamattojen liitoksissa, josta kosteus on päässyt mahdollisesti kulkeutumaan mattojen alle. (Niittykummun päiväkotikoti 2014a, 16.)

Tutkimuksissa käytettiin myös kuituteippejä, joissa havaittiin jonkin verran kuituja. Kuituja löytyi useilta tilojen sisäpinnoilta, kuten kaappien päältä. Havaitut kuidut ovat todennäköisesti peräisin ilmanvaihtokanavista, alaslaskettujen kattojen mineraalivillaisten akustolevyjen avoimista reunoista tai alaslaskettujen kattojen päältä sekä ulkoseinien lämmöneristyksistä. Ilmavirtausten mukana kuidut saattavat levitä sisäilmaan ja aiheuttaa oireilua. (Niittykummun päiväkotikoti 2014a, 16.)

### 7.2.2 Toimenpiteet

Rakennukseen tehtyjen tutkimusten ja mikrobianalyysien perusteella tutkijat suosittelivat koko kiinteistön kattavaa kosteusvaurioituneen rakennuksen hanke- ja korjaussuunnittelua, jossa vaurioituneet ulkoseinä- ja sokkelirakenteet sekä LVI-tekniikka uusittaisiin ja kunnostettaisiin. Myös viemäreiden kunto tulisi selvittää, märkätilojen vedeneristeet ja lattiapinnat uusia sekä lattiarakenteet kuivata. (Niittykummun päiväkotikoti 2014a, 16.)

Ennen kiinteistöön suositeltua laajempaa korjausta on sisäilmatutkimuksessa kuitenkin määritelty heti tehtävät toimenpiteet, joihin kuuluvat vaurioituneiden ulkoseinä- ja ikkunarakenteiden tiivistys sekä kapselointi, hissikuilun pohjan tutkiminen hajulähteiden selvittämiseksi, ilmanvaihdon korjaus sekä toiminnan suunnittelu, ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen muuttaminen, tuloilmakammioiden puhdistus, ilmanvaihtokoneiston vanhojen mineraalivillaisten äänenvaimentimien vaihtaminen uusiin M1-luokan äänenvaimentimiin sekä lattiakaivojen puhdistus ja tulpattujen viemäriputkien tiivistys. (Niittykummun päiväkotikoti 2014a, 17.)

Sisäilmakorjaukset aloitettiin maaliskuussa 2015, ja töiden arvioitiin kestävän vuoden 2015 loppuun. Korjauksissa keskityttiin pääasiassa ulkoseinien tiivistyskorjauksiin. Tiivistysmenetelmäksi valittiin TKR-peruspinnoite ja -hyttelö.

Kohteessa tiivistystöiden onnistumista ja sen laatua valvottiin merkkiainekokeilla. Merkkiainekokeita suoritettiin huonetilakohtaisesti tiivistystöiden edetessä. Pääasiassa huoneissa ilmeni pieniä ilmavuotoja, jotka johtuivat tiivistysmateriaalissa olevista rei'istä. Lisäksi ilmavuotoja havaittiin muutamissa seinä- ja lattialiittymissä. Huoneissa ilmenneet ilmavuodot merkittiin lisätiivistystä varten.

### 7.2.3 Lopputulos

Tiivistysmittausten perusteella voidaan todeta tiivistyskorjausten onnistuneen ja rakenteiden olevan tiiviitä. Myös ilmanvaihdolliset ongelmat on korjattu. Näiden johdosta vedontunteen ja kylmän tulisi vähentyä, mutta aistinvaraisesti tehtyjä johtopäätöksiä korjauksen onnistumisesta päästään kokemaan varsinaisesti vasta ensi talvena. Päiväkodin käyttäjien mukaan alakerran ilmanlaatu on parantunut selkeästi ja hajut ovat hävinneet. Myös sisäilma on tuntunut lämpimämmältä kuin ennen, tosin talvi oli suhteellisen leuto. Ennen korjauksia oireillut henkilökunta oireilee edelleen yläkerroksen tiloissa ja päiväkodin henkilökunta toivoo rakennukseen tehtäväksi uusia mittauksia, jotta oireilun syy saataisiin selville.

### 7.3 Westends daghem

Westends daghem on yksikerroksinen puurunkoinen päiväkotirakennus, joka on valmistunut vuonna 1985. Julkisivu on poltettua punatiiltä ja muovipinnoitettua teräspoimulevyä. Rakennuksessa on harjakatto, jonka vesikatteenä on konesaumattu sileä peltikate. Alapohjarakenne on kantava betonilaatta. Päiväkodissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joka on varustettu lämmöntalteenottolaitteella. Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on kattolämmitys. (Westends daghem 2013, 1.)

#### 7.3.1 Kosteus- ja homevaurioiden kartoitus

Kohteeseen on tehty vuoden 2013 alussa kosteus- ja homevaurioiden kartoitus. Kartoituksessa tehdyt havainnot ovat tehty vuoden 2011 ja 2012 aikana. Kartoituksen tarkoituksena on ollut selvittää mahdolliset kosteus- ja homevauriot ja sisäilmaongelmat, jotka aiheuttavat oireilua päiväkodin käyttäjille. (Westends daghem 2013, 1.)

Kohteen sisäilmatutkimuksissa on käytetty erilaisia mittalaitteita sekä otettu näytteitä sisäilmasta ja materiaaleista. (Westends daghem 2013, 2.)

Rakennuksessa on ollut kattovuoto henkilökunnan sosiaalityötiloissa, joka on korjattu. Vuodesta aiheutuneita vaurioita sisäpuolisille rakenteille ei kuitenkaan ole korjattu, mutta vauriot sijoittuvat pienelle alueelle eikä sen uskota olevan syy oireiluun. Muuten kattorakenteiden uskottiin olevan kunnossa, eikä niihin kohdistettu tarkempia tutkimuksia. (Westends daghem 2013, 10.)

Ulkoseinien lämmöneristeistä otettiin materiaalinäytteitä, jotka viittasivat jonkinlaiseen kosteusvaurioon seinärakenteessa. Myös tuulensuojalevyistä löydettiin viitteitä kosteudesta ja voidaan olettaa, että rakenteisiin on päässeet ulkopuolista kosteutta. Kosteuden uskotaan päässeen alapohjarakenteisiin sekä alaseiniin seinän vierustalle kertyneiden vesilammikoiden johdosta ennen tehtyä piharemonttia. Kosteuden pääsyä rakenteisiin on myös edesauttanut rakennuksen matala sokkeli sekä se seikka, että rakennusta ympäröivä maa ei vietä pois päin rakennuksesta määrättyllä kaltevuudella. Myös useiden ikkunoiden ikkunapeltien ja seinän välissä on rako, josta

sadevesi on päässyt seinärakenteisiin ja vaurioittanut niitä. Kosteusvaurioiden lisäksi katon ja seinien liitoskohdissa havaittiin ilmavuotoihin viittaavia tummumia. Muuten seinärakenteiden yläosan ja sisäpuolisten pintarakenteiden oletetaan olevan kunnossa, eikä niissä näkynyt kosteuteen viittaavia merkkejä. Julkisivu on suunnilleen ehjä huomioimatta muutamia halkeamia. (Westends daghem 2013, 10 ja 11.)

Sisäilmasta otetut laskeumanäytteet eivät varsinaisesti viittaa sisäilmaongelmiin, koska näytteiden mikrobipitoisuudet olivat alhaisia ja näytteiden ottoaika ei ollut paras mahdollinen. (Westends daghem 2013, 11.)

Hiilidioksidimittauksilla tarkasteltiin ilmanvaihdon toimivuutta. Mittaustuloksista voitiin päätellä, että ilmanvaihtuvuus on riittämätön verrattaessa sitä tiloissa oleskelevaan henkilömäärään nähden. Myös laskeumanäytteissä todettu korkea bakteeripitoisuus viittaa heikkoon ilmanvaihtoon. (Westends daghem 2013, 11.)

Henkilökunnan tuntemia huonoja lämpöoloja tutkittiin lämpökamerakuvauksella. Rakennuksen yhdessä huoneessa todettiin lattian nurkassa vuoto kohta ja ulko-ovet olivat epätiivitä. Lämpötilamittauksissa todettiin muutamissa huoneissa lattian ja ilman lämpötilojen olevan liian alhaisia asetettuihin vaatimuksiin nähden. Ongelmana huonoihin lämpötilaoloihin pidettiin päiväkodissa olevaa kattolämmitysjärjestelmää. Lämmitysjärjestelmän takia lämpö jakautuu epätasaisesti huonetilaan. (Westends daghem 2013, 11 ja 12.)

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mahdollisuutta oireiluun selvitettiin lattiasta otettavalla lasikupumenetelmällä ja ilmamittauksella. Tulosten perusteella kaikkien yhdisteiden pitoisuudet olivat pieniä, mutta joidenkin yhdisteiden pitoisuudet olivat koholla. Ei kuitenkaan voida täysin varmuudella sanoa, mistä kyseiset ylitykset johtuvat. Pitoisuuksien ollessa pieniä ei niistä aiheudu suoraan suurta haittaa käyttäjille. (Westends daghem 2013, 13.)

Rakennuksessa on esiintynyt myös huonoa hajua aika ajoin. Hajut johtuvat todennäköisesti viemäröintijärjestelmästä. (Westends daghem 2013, 13.)

### 7.3.2 Toimenpiteet

Päiväkodissa tehtyjen tutkimusten perusteella ei pystytä määrittämään yhtä selkeää syytä mahdollisille oireiluille. Raportissa on kuitenkin tehty toimenpide-ehdotus rakennuksen olojen parantamiseksi. Ehdotuksessa on määriteltä, mitkä toimenpiteet tulee tehdä välittömästi ja mitkä tulee toteuttaa lähivuosina. (Westends daghem 2013, 14.)

Päiväkodissa tehdyt pääasialliset työt olivat ikkunoiden alla olevien rakenteiden korjaus ja sisäpuoliset tiivistykset. Tiivistyksiä tehtiin ikkunoihin ja lattianrajoihin. Tiivistykseen käytettiin Ardexin 8+9 -vedeneristettä yhdessä SK 12 -vahvistusnauhan kanssa. Tiivistysten lisäksi salaojat kuvattiin ja rakennuksen kattovesikourut ja syöksyt uusittiin. Ilmanvaihtoa lisättiin niin, että saavutettiin rakennusaikaisten määräysten määrittämät ilmamää-

rät. Viemäreissä uusittiin tiivisteitä ja lattiakaivoissa rassitulppia. Ikkunoihin asennettiin uudet vesipellit ja ikkunoissa olevat raot kitattiin.

### 7.3.3 Lopputulos

Päiväkodissa tehdyt tiivistyskorjaukset eivät ole auttaneet toivotulla tavalla. Käyttäjät valittavat huonoista lämpöoloista ja oireilevat edelleen. Oireilujen uskotaan johtuvan päiväkodissa olevasta linoleumimatosta, jonka vaihtaminen uuteen on suunnitteilla. Kohteeseen on tehty myös lämpökuvaus tammikuussa 2016, jonka mukaan esimerkiksi useat ikkunat vuotavat. Ikkunat ovat alkuperäisiä lämpölaselementtejä, joita tiivistettiin edellisessä sisäilmakorjauksessa.

Ongelmien poistamiseksi päiväkotit tulisi uudistaa kokonaisuudessaan mukaan lukien lämmitysjärjestelmä.

## 7.4 Leppävaaran lukio

Leppävaaran lukio on valmistunut vuonna 1959, ja siihen on tehty peruskorjaus vuosina 1997–1998. Koulussa on myös tehty useaan otteeseen pienempiä korjauksia ja huoltotoimenpiteitä. Rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto. (Sisäilmakatselmus 2013, 1.)

Ennen syksyn 2013 sisäilmakorjauksia koulurakennuksessa on ollut keväällä kattovesivuoto, joka on kuivattu ja korjattu. Myös voimistelusalin lattia on korjattu. Korjauksen jälkeen lattia on painunut, ja se vaatii uudelleenkorjausta. Lattikorjauksen yhteydessä voimistelusalin ulkopuolelle asennettiin salaojat ja sokkeliin tehtiin vedeneristys. Huoltotunnelissa, joka sijaitsee vahtimestarin tilan alla, on ollut vettä. Tunneli on tyhjennetty vedestä ja kuivattu. Samalla tunnelista on imetty pois pintamaakerros. Lisäksi yhden luokkahuoneen alla olevassa tilassa on ollut vesivahinko, joka on korjattu. Myös keittiön vieressä olevan kuiva-ainevaraston seinien- sekä lattioidenliittymät on tiivistetty. (Sisäilmakatselmus 2013, 1.)

### 7.4.1 Sisäilmakatselmus

Lukiossa on tehty sisäilmakatselmus syksyllä 2013, jonka tarkoituksena on ollut selvittää syitä henkilökunnan oireiluun. Sisäilmakatselmuksesta selvisi, että koulussa on ollut viemäreistä johtuvia hajuhaittoja ja muualla tiloissa tunkkainen sisäilma. Katselmuksen yhteydessä ei tehty mittauksia, vaan suositeltiin laajempaa sisäilmatutkimusta/kuntokartoitusta kohteesta. (Sisäilmakatselmus 2013, 1.)

Sisäilmakatselmuksessa todettiin voimistelusalin suihkuhuoneen ikkunoiden ympärillä olevan kosteusvaurioita maalipinnoissa, minkä epäiltiin johtuvan huonosta ilmanvaihdosta. (Sisäilmakatselmus 2013, 1.)

Rakennuksen kellarissa on rakentamaton tila, josta löytyi rakennusjätettä. Myös tilan sisäseiniin on kiinnitetty äänen-/lämmöneristyslevyjä, jotka ovat pinnoittamatonta materiaalia. Tilassa on ollut kosteutta, mutta se on

hävinnyt ulkopuolella tehtyjen korjausten jälkeen. (Sisäilmakatselmus 2013, 1.)

Rakennuksen ulkopuolella oleva maanpinta viettää rakennukseen päin, eikä salaojien tai vesieristyksen toimivuus ole varmaa. Pihamaalla oleva sadevesikaivo on korkeammalla kuin maanpinta seinän vieressä, ja näin ollen rankkasateella vesilammikoita pääsee kertymään seinän viereen. (Sisäilmakatselmus 2013, 1.)

Sisäilmakatselmuksen jälkeen koulun jumppasaliin tehtiin kosteuskartoitus, jonka mukaan mitatut kosteudet olivat normaalilla tasolla. (Mittausraportti 2013, 2.)

#### 7.4.2 Toimenpiteet

Kouluun tehdyssä sisäilmakatselmuksessa on listattu koulussa tehtävät toimenpiteet ja korjaukset. Tiivistysten lisäksi koulussa tuli suorittaa viemärilinjojen kaasutiiveystarkastus, voimistelusalin lattian korjaus sekä lattian avaus mahdollisten kosteusvaurioiden havaitsemiseksi. Lisäksi listassa oli suihkuhuoneiden ilmanvaihdon muuttaminen tarkoituksenmukaiseksi, vahtimestarin tilan alla olevan huoltotunneliin vievän luukun tiivistys sekä huoltotunnelissa olevien läpivientien tiivistys, rakennusjätteen poistaminen, pintamaan poisto ja sepelöinti. Myös läpivientien tiivistys ja seinässä olevien eristelevyjien uusiminen kellaritilassa sekä rakennuksen ulkopuolella olevan salaojituksen ja sadevesiviemäröinnin toimivuuden tarkastus kuului tehtäviin toimenpiteisiin. (Sisäilmakatselmus 2013.)

Kohteeseen tehtiin sisäilmakorjauksia syksyllä 2013 ja talvella 2014. Korjauksissa tiivistettiin rakennuksen alakerta ja paikoittain muita tiloja. Tiivistyksissä käytettiin Sikaflex- 15 LM -saumamassaa. Myös kellaritiloja tiivistettiin, joissa tiivistykseen käytettiin Ardexin 8+9 -tiivistyskorjausmenetelmää. (Sisäilmakatselmus 2013.)

Vuonna 2015 koulussa tehtiin jälleen tiivistyskorjauksia yhdessä ATK-luokassa huonon sisäilman takia. Tiivistykset toteutettiin Betton Oy:n Blowerproof liquid brush -menetelmällä.

#### 7.4.3 Lopputulos

Koulun henkilökunta on tehnyt palvelupyynnön koulussa edelleen vallitsevista huonoista sisäilmasto-olosuhteista, minkä seurauksena koulussa tullaan todennäköisesti tekemään uusia sisäilmatutkimuksia ja korjauksia lähitulevaisuudessa.

## 8 MENETELMIEN VERTAILU

Opinnäytetyöhön on valittu neljä eri Espoon kaupungin käyttämää tiivistysmenetelmää, joita vertaillaan keskenään aikataulullisesti, laadullisesti sekä laadunvarmistuksen, toteutuksen, kestävyuden ja eliniän kannalta.

Kaikki tuotteet soveltuvat käyttötarkoituksiltaan tiivistyskorjauksiin ja ovat M1-luokiteltuja. Vertailtavat tuotteet ovat TKR -peruspinnoite ja -hyytelö, Ardex 8+9 -tiivistyskorjausmenetelmä, SikaHyflex -250 Facade -tiivistysmassa sekä Blowerproof liquid brush -pinnoite.

## 8.1 Aikataulu ja toteutus

Suunnittelija määrittelee kohdekohtaisesti käytettävän tiivistysmenetelmän. Tuotteiden työstö- ja kuivumisajat vaihtelevat ja vaikuttavat työmaan aikataulusuunnitteluun ja keston. Korjausrakentamisessa kuten tiivistyskorjauksissa saattaa eteen tulla odottamattomia ongelmia korjausten edessä, jotka myös vaikuttavat korjausten aikatauluun.

Pohjatyöt kaikissa menetelmissä ovat lähes samankaltaiset. Käsiteltäviltä pinnoilta tulee poistaa vanhat pintamateriaalit, pöly, lika sekä muut epäpuhtaudet. Lisäksi Sika-tiivistysmassan alle suositellaan joissain olosuhteissa siveltäväksi esikäsitteilyaine, joka takaa paremman tartunnan tuotteelle. Kuivumisaika käytettävällä esikäsitteilyaineella on vähintään 30 minuuttia. Pohjatöiden jälkeen alkaa varsinainen tiivistystyö.

TKR-pinnoitteen alle suositellaan asennettavaksi MasaFix-liimatiivistemassa, jolla saadaan täytettyä suurimmat raot ennen pinnoitteen asennusta. Pinnoite vaatii 2–3 käsittelykertaa ja kuivumisajan käsittelykertojen välillä. Kuivumisaika pinnoitteella on 2–16 tuntia, jonka jälkeen voidaan suorittaa uudelleen käsittely. Työstöajaksi sekoitetulle pinnoitteelle on arvioitu 25 minuuttia. (TKR tuoteopas 2015.)

Ardex 8+9 -järjestelmässä käytettävä vedeneriste levitetään tiivistettävälle alueelle, jonka päälle asennetaan vahvikenauha. Noin tunnin kuluttua tai sitten kun nauha on kuiva, levitetään sen yli kauttaaltaan uusi kerros vedeneristettä. Uusi vedeneristyskerros kuivuu vähintään kaksi tuntia. Mahdolliset tiivistyskokeet voidaan suorittaa aikaisintaan 12 tunnin kuluttua tiivistystuotteen asentamisesta. Työstöajaksi valmiille sekoitetulle vedeneristeelle on arvioitu 45 minuuttia. (ARDEX-sisäilmakorjausjärjestelmä 2014.)

SikaHyflex-tiivistysmassa on heti valmis käytettäväksi. Tiivistysmassan alle suositellaan asennettavaksi pohjanauha, jonka päälle tiivistysmassa pursotetaan. Pursotuksen jälkeen massa tasoitetaan hyvän tartunnan saavuttamiseksi. Massa on pintakuiva 70 minuutissa, ja sen kovettumisnopeus on 3 mm/24 tuntia. Vasta massan saavutettua lopullisen kovuuden suositellaan sen jatkokäsittelyä, kuten päällemaalausta. Työstöajaksi massalle on arvioitu 65 minuuttia. (Oy Sika Finland Ab n.d.)

Blowerproof liquid brush on käyttövalmis pinnoite, joka vaatii kaksi eri käsittelykertaa. Ennen pinnoitteen levitystä suositellaan kolot ja reiät täytettäväksi Uzin-pikatasoiteella tai uretaanivaahdolla. Pinnoitteen levityksen jälkeen tulee pinnan kuivua ennen uutta käsittelykertaa vähintään yhden tunnin. Toisen käsittelykerran jälkeen pinnan tulisi kuivua 24–48 tuntia ennen toisen tuotteen käyttöä. (Blowerproof liquid brush 2015, 1.)

Vertailtaessa edellä mainittuja tiivistysmenetelmiä aikataulullisesti ja toteutuksen kannalta ei menetelmistä löydy kovinkaan merkittäviä eroja. Nopeimmaksi ratkaisuksi yltäisi SikaHyflex -250 Facade -tiivistysmassa ja aikaa vievin ratkaisusta olisi TKR-peruspinnoite ja -hyytelö annettujen työstöaikojen, uudelleen käsittelyn ja käsittelykertojen mukaan. Ne on tarkemmin koottu taulukkoon 1. Menetelmät eivät kuitenkaan ole suoraan verrattavissa keskenään, koska aikatauluun ja toteutukseen vaikuttavat monet muutkin asiat kuin edelle mainitut työstöaika, uudelleen käsittely ja käsittelykerrat.

Taulukko 1. Tiivistysmenetelmien taulukkovertailu.

	Työstöaika	Uudelleen käsittely	Käsittelykerrat
TKR Peruspinnoite ja hyytelö	25 min	2-16 tuntia	2-3
Ardex 8+9 - tiivistyskorjausjärjestelmä	45 min	1-2 tuntia	2
SikaHyflex -250 Facade	65 min	Ei tarvita	1
Blowerproof liquid brush	-	1 tunti	2

## 8.2 Laatu ja laadunvarmistus

Tiivistyskorjauksissa huolellisesti toteutettu kohde on yleensä myös hyvä laadullisesti. Kun tekijät ymmärtävät, mitä tekevät, on todennäköisyys onnistua korjauksissa korkeampi. Hyvän laadun takaamiseksi on varmistettava materiaalien asianmukainen käyttö ja menetelmien oikeanlainen hallinta. Materiaalitoimittajat kouluttavat ja opastavat usein omien tuotteidensa käytössä, ja lähes joka tuotteelle löytyy erillinen käyttö- tai työohje. Näillä keinoilla pyritään minimoimaan korjauksissa tapahtuvia virheitä.

Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan korjausten onnistunut toteutus ja se, että korjauksilla saavutetaan asetetut tavoitteet. Laadunvarmistusta tehdään koko korjaustyön ajan, ja laadun seuranta voidaan jatkaa korjaustöiden jälkeen. Erilaisia laadunvarmistustoimenpiteitä ovat muun muassa dokumentointi, kohteeseen tehtävä mallityö ennen varsinaisten korjaustöiden aloitusta sekä tiivistettyjen rakenteiden tarkastus aistinvaraisen tarkastelun lisäksi laadunvarmistusmittauksin. Laadunvarmistusmittauksissa käytetään osittain samoja menetelmiä ja tekniikoita kuin sisäilma-ongelmien aiheuttajia selvitettäessä, kuten merkkiainekokeita ja lämpökuvausta. Korjaustöiden jälkeistä laatua voidaan seurata esimerkiksi mittauksilla, selvityksillä ja kyselyillä. (Laine 2014, 62 ja 63.)

Tiivistysmenetelmien laatua ja laadunvarmistusta vertailtaessa ei ole pelkästään kyse käytetystä tuotteesta ja menetelmästä, vaan enemmän hyvästä ja oikein toteutetusta lopputuloksesta. Näin ollen menetelmien välillä ei ole havaittu suuria eroja, koska pääasiassa järjestelmät toimivat oikein toteutettuina.



### 8.3 Käyttöikä ja kestävyys

Tiivistyskorjausten lähtökohtana on useimmiten saada rakennuksille lisää käyttöaikaa. Korjausten myötä pystytään siirtämään massiivisia ja kalliita toimenpiteitä myöhempään ajankohtaan.

Rakenteiden korjauksia ilmatiiviyden parantamiseksi on tehty 1980-luvulta asti, ja sisäilmaongelmien korjaamisessa tiivistyskorjausmenetelmä on ollut käytössä arviolta 15 vuotta. Korjausten kestävydestä ja vaikutuksista pitkällä aikavälillä ei ole juurikaan tutkimustietoa. Sen sijaan korjauksissa käytettävien yksittäisten materiaalien pitkäaikaiskestävyyttä on tutkittu, ja niiden toimivuudesta kohteissa on useiden vuosien kokemus. (Laine 2014, 112.)

Korjauksissa käytettävät tuotteet voidaan karkeasti jaotella nestemäisiin vedeneristeisiin, pinnoitteisiin ja tiivistysmassoihin. Nestemäisten vedeneristeiden käyttöikä on arvioitu 20–40 vuotta. Arvion taustalla on vedeneristystuotteisiin normaalisti kohdistuva kosteus- ja lämpörasitus märkätiloissa, jota vastaavasti ei esiinny kuivissa sisätiloissa. Tämän perusteella voidaan olettaa, että vedeneristystuotteilla toteutetulla tiivistyskorjauksella on vähintään yhtä pitkä käyttöikä kuin märkätiloissa käytetyillä vedeneristystuotteilla. Muutamien pinnoitteiden kestoikä on yli 50 vuotta, ja käytännön kokemusta kyseisistä materiaaleista on 30 vuoden takaa. Pinnoitteilla on tehty esimerkiksi liikuntasauvoja, jotka toimivat edelleen hyvin. Tiivistyskorjauksissa pinnoitteeseen ei kohdistu yhtä suuria liikkeitä kuin liikuntasauvoihin, ja tämän vuoksi pinnoitteilla pystytään saavuttamaan pitkäikäinen korjausratkaisu. Tiivistyskorjauksissa käytettävät tiivistysmassat ovat tavallisesti erikoistuotteita. Kokemuksen perusteella massat saattavat kuitenkin rakoilla. Syynä rakoiluun on yleensä massan irtaaminen alustastaan sekä rakenteiden liitoskotien liikkuminen. Kestävän ratkaisun saavuttamiseksi suositellaan tiivistysmassan kanssa käytettäväksi pohjanauhaa, pohjustusainetta sekä lujia ja puhtaita tartuntapintoja. (Laine 2014, 48, 49 ja 112.)

Tiivistyskorjauksissa käytettävien tuotteiden tiedoista ei suoraan löytynyt mainintaa materiaalien käyttöiästä, vaan tieto piti erikseen selvittää tuotteiden toimittajilta. Ardex-tuotteet, joita käytetään tiivistämiseen, lukeutuivat vedeneristystuotteisiin ja näin niiden käyttöikä määritellään vähintään 25 vuotta. Myös TKR-tuotteiden materiaaleille luvattiin käyttöikäksi 25 vuotta kuten muillekin vedeneristeille. Käyttöikää arvioidessa tulee kuitenkin ottaa huomioon materiaalin kuluma, jos se jätetään kulutuspinnaaksi. Blowerproof liquid brush -pinnoite on ollut Suomessa myynnissä yli vuoden, ja kyseistä tuotetta on myyty ja valmistettu Belgiassa 6 vuotta. Kokemukset tuotteesta ovat olleet positiivisia, mutta tarkempaa käyttöikää ei tuotteelle ollut saatavilla. Sika-tiivistysmassan käyttöikään vaikuttaa moni asia, eikä sen kohdalla voitu luvata mitään käyttöikään liittyvää. Käyttöikään vaikuttavia asioita olivat muun muassa tartuntapinnat, pohjatyöt, työskentelyolosuhteet, sauman koko sekä käytönaikaiset rasitukset, kuten lämpö, kosteus ja kemikaalit. (Laine 2014, 48; Thoden, sähköpostiviesti 15.4.2016; Tamminen, sähköpostiviesti 14.4.2016.)

Tuotteiden käyttöikää vertailtaessa sijoittuvat TKR-peruspinnoite ja -hyttelö sekä Ardex 8+9 -tiivistyskorjausjärjestelmä kärkeisjoiille, koska Sika-tiivistysmassalle ja Blowerproof liquid brush -pinnoitteelle ei voitu luvata tarkkaa käyttöikää, kuten taulukosta 2 ilmenee. Kuten jo aiemmin mainittiin, tuotteiden käyttöiästä ja kestävyydestä on niukasti varsinaisia tutkimuksia, ja sen johdosta tuotteiden kestävyys ja käyttöikäkokemukset perustuvat ihmisten kokemuksiin. Vertailu on siis hankalaa, koska kokemukset tuotteista ovat vaihtelevia ja tuotteiden käyttöikään ja kestävyYTEEN vaikuttavat monet eri asiat.

Taulukko 2. Tiivistyskorjausmenetelmien käyttöiät.

	<b>Käyttöikä</b>
<b>TKR Peruspinnoite ja hyttelö</b>	25 vuotta
<b>Ardex 8+9 -tiivistyskorjausjärjestelmä</b>	25 vuotta
<b>SikaHyflex -250 Facade</b>	Ei arviota
<b>Blowerproof liquid brush</b>	Ei arviota

## 9 TIIVISTYSKORJAUKSET TYÖMAALLA

Opinnäytetyötä varten laadittiin kysely, jonka tarkoituksena oli selvittää tiivistyskorjaustöiden sujuvuutta ja onnistumista työmailla, yhteistyötä osapuolten välillä sekä sitä, onko ohjeistus ollut riittävää työn suorittamiseksi.

Kysely toteutettiin kahdella eri kyselylomakkeella, joista toinen oli tarkoitettu Espoon kaupungin valvojille (Liite 1) ja toinen Espoon kaupungin sopimusurakoitsijoille (Liite 2). Kysely kohdistettiin henkilöille, jotka työskentelevät tiivistyskorjauskohteissa. Kysymykset laadittiin mukailemaan molempien kohderyhmien työtehtäviä erikseen. Kysely lähetettiin kolmelletoista valvojalle, joista kyselyyn vastasi 42 %. Urakoitsijoista kysely lähetettiin viidelle, joista kyselyyn vastasi 80 %. Kysymyksiin vastattiin vapaamuotoisesti. Olen käynyt läpi kyselyn tulokset kohdissa 9.1 Valvojat sekä 9.2 Urakoitsijat alla olevassa tekstissä.

### 9.1 Valvojat

Valvojien kyselylomakkeen ensimmäisessä (1) ja viidennessä (5) kysymyksessä selvitettiin, millä tavoin tiivistyskorjausten onnistumista valvotaan ja miten töiden toteutuksessa on onnistuttu. Monet valvojista käyttävät tiiveysmittaus- ja merkkiainekoetta korjauksien valvonnassa. Tärkeiksi menetelmiksi mainittiin myös paikan päällä suoritettu valvonta silmämääräisesti ja aistinvaraisesti. Myös korjaustöiden välivaiheiden dokumentointi, kuten valokuvat ja työmaakokouspöytäkirjat, tukevat valvonnan onnis-

tumista. Valvonnan näkökulmasta tiivistyskorjauksien toteutuksessa on pääasiassa onnistuttu hyvin. Työn laatu on ollut kuitenkin vaihtelevaa kohteittain, ja jossain tapauksissa päälle näkyvillä seikoilla on tuntunut olevan enemmän merkitystä kuin varsinaisilla korjauksilla. Onnistuneiden korjausten takana ovat myös parantuneet työmenetelmät, käytettävät tuotteet, jatkuva korjauksen seuranta sekä tarvittaessa tehtävät suunnitelmien muutokset.

Kysymyksillä kaksi (2) ja kolme (3) kartoitettiin eri osapuolten yhteistyön sujuvuutta sekä yhteistyön hyviä ja huonoja puolia valvojen näkökulmasta. Valvojen kokemukset valvojan ja käyttäjän yhteistyön sujuvuudesta olivat pääasiassa hyviä. Käyttäjät ovat olleet joustavia ja ymmärtäväisiä korjausten suhteen, mutta palautteen toivottiin olevan täsmällisempää, jos korjaukset eivät ole sujuneet oletetulla tavalla. Sujuvuuden ylläpitämiseksi tulee huolehtia riittävästä tiedottamisesta ja korjauksiin liittyvien asioiden sopimisesta käyttäjän kanssa. Valvojen ja urakoitsijoiden välinen yhteistyö on sujunut myös suurilta osin moitteetta. Sujuvuuden jatkumisen edellytyksenä ovat muun muassa hyvä tiedonkulku valvojan ja urakoitsijan välillä sekä säännölliset työmaakokoukset. Useimmat ongelmat valvojan ja urakoitsijan välillä johtuvat uudesta ja kokemattomasta urakoitsijasta kaupungin työmailla tai tiivistyksissä käytettävästä uudesta aineesta, jonka käytöstä ei ole ollut aikaisempaa kokemusta urakoitsijalla. Myös tuntitöinä maksettavat korjaukset koettiin töitä hidastavaksi tekijäksi, joka näin vaikuttaa osapuolten keskinäiseen yhteistyöhön ja sen sujuvuuteen.

Valvojan tarvitsemaa ohjeistustarvetta tiivistyskorjauksissa käsiteltiin kysymyksessä kuusi (6), joka luonnollisesti vaihtelee valvojakohtaisesti. Toisille pelkkä luottamus esimieheltä, sisäilma-asiantuntijalta sekä suunnittelusta on paras tuki tiivistyskorjauksissa. Toiset taas kaipaavat selkeämpiä ja yksityiskohtaisempia suunnitelmia korjauskohteista, kuten siitä, mitä ainetta tiivistämiseen käytetään tai mitä kohteessa tehtävät muutokset ovat. Myös riittävät tutkimukset ja selkeä syy korjauksille sisäilma-asiantuntijalta koetaan tarpeelliseksi tiedoksi työn toteutuksen kannalta.

## 9.2 Urakoitsijat

Urakoitsijoiden kyselylomakkeen viidennessä (5) kysymyksessä selvitettiin töiden sujuvuutta aikataulullisesti ja toteutuksellisesti sekä yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa. Aikataulujen suhteen lähes yksimielinen kanta oli, että aikatauluissa ei pysytä läheskään aina. Aikatauluun vaikuttavat tekijät ovat kuitenkin usein urakoitsijasta riippumattomia tekijöitä: hyvin tehtäessä aikataulut pettävät lähes poikkeuksetta ja käyttäjän ehdoilla mentäessä on selvää, että aikataulut viivästyvät. Toteutuksen osalta todettiin, että rakennusammattimiehellä ei ole riittäviä valmiuksia töiden suoriutumiseen, koska työt ovat hyvin aikaa vieviä sekä kärsivällisyyttä vaativia. Yhteistyö aliurakoitsijoiden kanssa jakoi mielipiteitä. Osan mielestä yhteistyö sujuu hyvin ja mainittiin aliurakoitsijoiden hyvä valmius saapua töihin lyhyelläkin varoitusaajalla. Toisaalla taas koettiin ongelmaksi aliurakoitsijoiden paikalle saapuminen, jonka uskottiin kuitenkin paranevan, jos työtilanteet olisivat paremmin tiedossa ja reagointiaika olisi riittävä.

Kysymyksissä kaksi (2) ja kolme (3) tarkasteltiin myös urakoitsijoiden näkökulmasta eri osapuolien yhteistyön sujuvuutta sekä yhteistyön hyviä ja huonoja puolia. Urakoitsijoiden mukaan käyttäjät ovat olleet useimmiten yhteistyöhaluisia ja yhteistyö on ollut sujuvaa, kunhan korjaustöitä koskevat asiat on selvitetty ajoissa ja selvästi käyttäjälle. Urakoitsijoiden lähtökohtana on pitää käyttäjä tyytyväisenä ja toteuttaa korjaustyöt käyttäjän ehdoilla. Ongelmaksi koetaan liian kevyesti suunnitellut korjaukset, joista käyttäjille syntyy haittaa ilman varsinaista hyötyä. Myös korjauksesta aiheutuneet ”huhut” henkilökunnan sisällä ovat synnyttäneet jossain määrin ongelmia. Tilaajan ja urakoitsijoiden välinen yhteistyö on urakoitsijoiden mukaan toiminut pääasiassa hyvin, mutta valvojen perusteellisempi perehdys työtapoihin ja menekkeihin olisi tarpeen. Myös tilaajalta tulisi olla selkeämpää tietoa käytössään korjauksista.

Kysymyksessä yksi (1) selvitettiin ohjeistuksen riittävyttä tiivistyskorjauksissa käytettävien menetelmien ja tuotteiden suhteen. Kysymyksessä kuusi (6) taas tiedusteltiin urakoitsijoiden tarvitsemaa ohjeistuksen tarvetta eri tahoilta. Valmistajalta tai maahantuojalta saatuun ohjeistukseen ja tuotteiden käyttöön liittyviin koulutuksiin oltiin tyytyväisiä. Valvojiin ja heiltä saatuun tuotteiden käyttöön liittyvään ohjeistukseen ei taas oltu yhtä tyytyväisiä. Valvojen toivottiin tutustuvan tarkemmin menetelmiin ja käytettyihin tuotteisiin. Tämän lisäksi ohjeistuksen tarkkuudessa koettiin suurta vaihtelua valvojen välillä: tarkkuus vaihteli ympäröivästä hyvinkin tarkkaan ohjeistukseen. Myös suunnittelun lisääminen koettiin tarpeelliseksi. Varsinaisissa korjauksissa tiivistystyöhön saatavan ohjeistuksen suhteen mielipiteet jakautuivat. Toisille ohjeistus on ollut riittävää, ja toiset kokevat ohjeistuksen puutteelliseksi. Erityisesti suunnitelmien puute koetaan ongelmaksi tiivistystöissä. Myös kohteiden vanhat ongelmat ja työtilanteen läpikäynti ennen korjauksia olisi tarpeen.

## 10 LOPPUPOHDINTA

Lähdettäessä poistamaan sisäilmaongelmia tiivistyskorjausmenetelmällä on onnistuneiden korjausten lähtökohtana täsmällinen perehdytys käytettävästä tuotteesta ja korjaustyön jatkuva valvonta työn alusta loppuun asti. Valmiiden korjausten jälkiseuranta tulisi ottaa osaksi korjauksia ja niiden suunnittelua. Jälkiseurannasta saatuja tuloksia voitaisiin hyödyntää tulevissa vastaavanlaisissa korjauksissa.

Tiivistyskorjaukset ja niistä saatava hyöty jakaa runsaasti mielipiteitä. Koska korjauksista ja niiden hyödyistä ei ole riittävästi tutkimustietoa, perustuvat monen mielipiteet omiin kokemuksiin ja kuulopuheisiin. Valittavaa korjausten kannalta on, että kun korjausten tekijätkään eivät usko korjausten hyötyihin, voidaan olettaa, että korjausten lopputulos ei välttämättä vastaa laadultaan asetettuja tavoitteita.

Korjausmenetelmien vertailussa ei päästy kunnon tuloksiin, koska tietoa ei löytynyt riittävästi. Työn kannalta olisi ollut hyvä päästä seuraamaan kunkin tiivistysmenetelmän asennusta, jolloin työhön olisi saatu enemmän konkreettista näkökulmaa teoreettisen näkökulman sijaan.

## LÄHTEET

ARDEX Oy:n kotisivut n.d. Viitattu 16.3.2016.  
<http://www.ardex.fi/>

ARDEX sisäilmakorjausjärjestelmä. 2014. Esite. Ardex Oy. Espoo.

Betton Oy kotisivut. n.d. Viitattu 17.2.2016.  
<http://www.betton.fi/?id=2>

Blowerproof liquid brush. 2015. Tekninen tiedote. Betton Oy. Turku.

Espoon kaupungin päiväkotien sekä koulujen ja lukioiden väistöperiaatteet. 2014. Opetus- ja varhaiskasvatuslautakunta. Kaupunginhallituksen tila- ja asuntojaosto. Espoo.

Hengitysliitto ry. n.d. Viitattu 19.2.2016.  
<http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailmaongelmien-aiheuttamat-terveyshaitat>

Homekoirat. n.d. Viitattu 13.4.2016. <http://www.homekoirat.com/>

Laine, K. 2014. Rakenteiden ilmatiiveyden parantaminen sisäilmakorjauksessa. Itä-Suomen yliopisto. Opinnäytetyö. Viitattu 28.4.2016.  
[https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatariina\\_virallinen\\_n2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a](https://www2.uef.fi/documents/976466/2568699/LaineKatariina_virallinen_n2014.pdf/3db1e1b4-23f1-42c6-93fa-165ee53fff5a)

Leppävaaran lukio. 2013. Sisäilmakatselmus. Palveluliikelaitos. Espoon kiinteistöpalvelut -liikelaitos. Espoo.

Menettelytapaohjeet ja yleiset periaatteet sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi Espoon kaupungin kiinteistöissä. 2016. Tilakeskus-liikelaitos. Espoo.

Mittausraportti. 2013. Leppävaaran lukio. WD Kuivaus. Espoo.

Niittykummun päiväkoti. 2014a. Sisäilmatutkimus. Inspecta. Espoo.

Niittykummun päiväkoti. 2014b. Ilmanpitävyyden mittausraportti. Suunnittelutoimisto Dimensio Oy. Espoo.

Niipperin koulu n.d. A-, B-, C-, D- ja E-osa. Rakennustekniset työt 2015/2016. Rakennustekninen yleiskatsaus. Master Kuivaus Oy. Espoo.

Niipperin koulu. 2014. Sisäilmasto ja kosteustekninen kuntotutkimus. A-insinöörit. Espoo.

Oy Sika Finland Ab. n.d. Viitattu 17.2.2016.  
[http://fin.sika.com/fi/solutions\\_products/02/02a008.html](http://fin.sika.com/fi/solutions_products/02/02a008.html)

Paloniitty, S. 2012. Rakennusten tiiviysmittaus. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Työmaavalvojan vastuut ja tehtävät. Rakentajain kalenteri. 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 28.4.2016.  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120302.pdf>

RT-kortti 14-10850. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT-kortti 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT-kortti 20-11159. 2014. Haitta-ainetutkimus. Tilaajan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT-kortti 80-10712. 1999. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Korjausrakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys ry. n.d. Viitattu 18.3.2016.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Ilmavirtaus-ja-paine-ero>

Sisäilmayhdistys ry. n.d. Viitattu 21.3.2016.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Rakennustekniset-tutkimukset/Tehtavat-ennen-mittauksia>

Tamminen, J. 14.4.2016. Blowerproof-kestävyys. Vastaanottaja Hanne Teräväinen. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 18.4.2016.

Thoden, K. 15.4.2016. Yhteydenottopyyntö. Vastaanottaja Hanne Teräväinen. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 18.4.2016.

TKR-Marketing Oy. n.d. Viitattu 17.2.2016.  
<http://www.tkr.fi/tkr-tuoteopas-kiitos?submissionGuid=2a7f14c2-9fb2-42a1-9dc6-4d4e366074e4>

Westends daghem. 2013. Kosteus- ja homevaurioiden kartoitus. Tilakeskus-liikelaitos. Espoo.

4040 Niipperin koulu. 2015. Toimenpide-esitys. Rakennetekniikka. Espoo.

**KYSELYLOMAKE (Valvojat)**

Liite 1



Laatija: Hanne Teräväinen

Tilaja: Tilapalvelut-liikelaitos, Espoon kaupunki

Päiväkotien ja koulujen tiivistyskorjausmenetelmien vertailu – Tarkastelu työmaan kannalta

Vastaajan nimi:

Tehtävä/työnantaja:

Kohde/kohteet:

1. Miten valvot tiivistyskorjausten onnistumista? Mainitse ainakin 3 (kolme) tapaa/menetelmää.

2. Onko yhteistyö käyttäjien kanssa sujunut tiivistyskorjausten aikana? Mitä hyvää – mitä huonoa?

3. Onko yhteistyö urakoitsijoiden kanssa sujunut tiivistyskorjausten aikana? Ongelmia?

4. Uskotko tiivistyskorjauksista olleen hyötyä?

a) Jos kyllä, niin mitä hyötyä/etuja?

b) Jos ei, niin miksi ei?

5. Miten töiden toteutuksessa on onnistuttu työmaalla? Mainitse ainakin 3 (kolme) asiaa.

6. Millaista ohjeistusta valvoja tarvitsisi tiivistyskorjauksissa esim. sisäilma-asiantuntijalta, esimieheltä tai suunnittelusta?

**KIITOS AJASTANNE**





**KYSELYLOMAKE (Urakoitsijat)**

Liite 2



Laatija: Hanne Teräväinen

Tilaja: Tilapalvelut-liikelaitos, Espoon kaupunki

Päiväkotien ja koulujen tiivistyskorjausmenetelmien vertailu – Tarkastelu työmaan kannalta

Vastaajan nimi:

Tehtävä/työnantaja:

Kohde/kohteet:

1. Onko tiivistyskorjauksissa käytetyistä menetelmistä ja tuotteista saatu riittävän tarkka ohjeistus valvojalta/menetelmän valmistajalta/maahantuojalta? Ongelmia?

2. Onko yhteistyö tiivistyskorjauksien aikana käyttäjän ja urakoitsijan välillä sujunut? Mitä hyvää – mitä huonoa?

3. Onko yhteistyö tiivistyskorjausten aikana tilaajan ja urakoitsijan välillä sujunut? Parannusehdotuksia?

4. Onko työskentely työmaalla ollut sujuvaa esim. aikataulullisesti, toteutuksellisesti tai aliurakoitsijoiden kanssa? Mitä hyvää – mitä huonoa?

5. Ovatko vaatimukset/käytännöt vaihdelleet paljon tiivistyskorjauksissa riippuen tilaajasta ja valvojasta? Miten?

6. Millaista ohjeistusta urakoitsija tarvitsisi tiivistyskorjauksissa esim. valvojalta, sisäilma-asiiantuntijalta tai suunnittelusta?

**KIITOS AJASTANNE**

