
**JULKISTEN RAKENUSTEN SISÄILMAONGELMIEN
TORJUNTA JA LAADUNVARMISTUS**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikka

Visamäki, kevät 2015

Sami Kaikkonen



VISAMÄKI
Rakennustekniikka
Rakennesuunnittelu

Tekijä	Sami Kaikkonen	Vuosi 2015
Työn nimi	Julkisten rakennusten sisäilmaongelmien torjunta ja laadunvarmistus	

TIIVISTELMÄ

Korjausrakentamisen yksi keskeisimmistä työaroista on sisäilmaongelmat. Sisäilmaongelmilla on monia aiheuttajia ja syitä, jotka johtavat ilman pilaantumiseen. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Linnan Tilapalvelut -liikelaitos.

Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä mahdollisimman paljon tietoa eri sisäilmaongelmien aiheuttajista ja syistä, miksi näitä ongelmia syntyy rakennuksissa. Opinnäytetyössä käyn läpi monia eri yhdisteitä mikrobeista VOC- yhdisteisiin. Tavoitteena on myös kerätä tietoa eri yhdisteille asetetuista viitearvoista. Käytännön osiossa keskitytään julkisten rakennusten sisäilmaongelmiin ja niiden lähtökohtiin, tutkimuksiin, mittauksiin ja korjauksiin. Lopuksi otan kantaa korjausrakentamisen laadunvarmistukseen ja teen Linnan Tilapalvelut -liikelaitokselle laadunvarmistusehdotuksen käytännön kohteiden osalta.

Työssä käydään läpi paljon perusteoriaa eri sisäilmaongelmia aiheuttavista yhdisteistä. Opinnäytetyössä käytetään myös hyväksi kirjallisuuslähteitä sekä internet-lähteitä.

Opinnäytetyön aineistona käytän Linnan Tilapalvelut -liikelaitoksen tuottamia raportteja ja selvityksiä eri kohteiden sisäilmatutkimuksista ja -mittauksista. Perustietouden hankinnassa käytän kirjallisuus- ja verkkolähteitä sekä viitearvotutkimusraportteja.

Päätarkoitus opinnäytetyöllä on selvittää toimiva kokonaisuus sisäilmaongelmakohteen korjausrakentamisen laadunvarmistuksesta, jolla voidaan minimoida kohteen sisäilman uudelleen pilaantumisen todennäköisyys.

Avainsanat Kosteusvauriot, sisäilmaongelmat, haitta-aineet, viitearvot, pitoisuudet, laadunvarmistus.

Sivut 41 s. + liitteet 18 s.

VISAMÄKI
Construction engineering
Construction planning

Author	Sami Kaikkonen	Year 2015
Subject of Bachelor's thesis	Indoor air quality problems and renovation quality insurance in public buildings	

ABSTRACT

One of the most essential parts of renovation construction is the renovation of the quality of indoor air. There are many sources that can lead to a decrease in the indoor air quality. The client of the thesis is Linnan Tilapalvelut -liikelaitos.

The aim of the thesis is to collect as much information as possible concerning the sources of compounds that cause a drop in the quality of indoor air of buildings. The thesis covers many compounds of microbes and VOC's. One of the aims of the thesis is to also collect data about the reference values of the compounds, both groups of compounds and single compounds. The practice section of the thesis focuses on the causes, examination, measurements and renovation of quality of indoor air in public buildings. In the end I editorialize on the quality assurance of the renovation process and make a proposal to the quality assurance of the renovation sights of the client.

The thesis covers a lot of basic theory based on different causes of decrease to indoor air quality. The thesis uses information from literature and internet sources on the renovation of indoor air quality and reference values and is referred to by many facets. The thesis also uses statistically researched and other examination reports on concentration reference values. The thesis uses documents produced by the client of the thesis as a base for the practice section of the thesis. In requiring the basic theory of the thesis I use literature and web sources and concentration reference value reports.

The main goal of the thesis is to define a method of quality assurance for a renovation project that minimizes the risk of a decrease of indoor air quality in the future.

Keywords Indoor air quality, Quality control, VOC, Microbes, compounds

Pages 41 p. + appendices 18 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KÄSITTEISTÖÄ.....	2
2.1	Aktinomykeetti eli sädesieni	2
2.2	Bakteerit	2
2.3	CFU	2
2.4	Kasvualusta	2
2.5	Kuntoarvio.....	2
2.6	Kuntotutkimus.....	2
2.7	Lahottajasienet	2
2.8	Mikrobi.....	3
2.9	Mikrobikasvusto.....	3
2.10	PAH -yhdisteet	3
2.11	Pintänäyte	3
2.12	qPCR-menetelmä	3
2.13	Sieni.....	3
2.14	Sieni-itiöpitoisuus.....	4
2.15	Sinistäjä sienet.....	4
2.16	Vaurioalue tai -pinta.....	4
2.17	Vertailunäyte	4
2.18	Vertailurakennus	4
3	SISÄILMAONGELMAT	5
3.1	Yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat.....	5
3.1.1	Tunkkainen sisäilma	5
3.1.2	Homeen hajuinen sisäilma.....	6
3.1.3	Viemärin haju sisäilmassa	6
3.1.4	Muita voimakkaita hajuja sisäilmassa	6
3.1.5	Veto	6
3.1.6	Alhainen sisälämpötila	7
3.1.7	Korkea huonelämpötila	7
3.1.8	Kuiva sisäilma	7
3.1.9	Melu.....	7
3.2	Sisäilmaongelmat ulkomailla	8
4	MIKROBIT	8
4.1	Homeet	8
4.2	Bakteerit / sädesienet.....	9
4.3	Esimerkki mikrobilajeja	10
4.3.1	Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja –ryhmiä	10
4.3.2	Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja –ryhmiä.....	10
4.3.3	Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä	10
5	VVOC- JA VOC-YHDISTEET	10
6	PAH YHDISTEET	11

7	SISÄILMAPITOISUUKSIEN VIITEARVOJA	12
7.1	Toimistotyöympäristön ongelmien tunnistaminen.....	12
7.1.1	Kemialliset yhdisteet ja hiukkaset	12
7.1.2	VOC-yhdisteet	12
7.1.3	Ilmanäytteet	12
7.1.4	Materiaalinäytteet	13
7.1.5	Vauriopinnan pintanäytteet	13
7.2	Tilastollinen viitearvotutkimus vaurioituneissa rakennuksissa.....	14
7.2.1	Viitearvo kehotus qPCR materiaalipitoisuus analyysille	14
7.2.2	VVOC- ja VOC -yhdisteet	14
7.2.3	Mikrobit.....	15
8	MITTAUKSET.....	16
8.1	Sisäilman pölyn mittausmenetelmä.....	16
8.2	Kosteusmittaukset	16
8.2.1	Sisäilmamittaukset.....	17
8.2.2	Rakenteiden pintojen kosteusmittaus	17
8.2.3	Kosteusmittaukset tuuletustiloissa.....	18
8.2.4	Rakenteiden sisäiset kosteusmittaukset.....	18
8.3	Kemiallisten epäpuhtauksien mittaaminen.....	20
9	SISÄILMAKORJAUKSET	20
9.1	Rakenteiden vauriot ja ilmavuodot	21
9.1.1	Rakenteen sisäkuoren ilmatiiveyden varmistaminen	21
9.2	Puhdas sisäilma	22
9.2.1	Ilmanvaihdon huoltaminen	22
9.2.2	Sisäilman laatua parantavat toimenpiteet	22
9.2.3	Ilmastointilaitteiden hiukkassuodattimet.....	23
9.3	Maatäytön alipaineistus alapohjan alla	23
9.4	Rakenteiden tiivistäminen	24
9.5	Rakenteiden uusiminen	25
10	LAADUNVARMISTUS	26
10.1	Lähtötilanne, riskiarvion teko sekä vaurioiden kartoitus	26
10.2	Kuntotutkimusten sekä mittausten suorittaminen	27
10.3	Korjausten suunnittelu vaihe	27
10.4	Korjausrakentamisvaihe	28
10.5	Luovutus- ja muuttovaihe.....	28
10.6	Jälkiseuranta	28
10.7	Korjaushankkeen viestintä	29
10.8	Laadunvarmistustoimenpiteet	29
10.8.1	Lämpökuvaus laadunvarmistuksessa.....	29
10.8.2	Merkitseminen	30
10.8.3	Ilmanvaihdon huoltaminen	30
10.8.4	Ilmanvaihdon mittaaminen	30
10.8.5	Laadunvarmistuksen kosteusmittaukset	31
10.8.6	Ilmatiiveydenmittaukset	31
11	KÄYTÄNNÖN KOHTEIDEN JOHDANTO	32

12 KÄYTÄNNÖN KOHTEIDEN LÄHTÖTIEDOT	32
12.1 Ruununmyllyn päiväkotiki	32
12.2 Hätilän päiväkotiki	33
13 KOHTEISSA SUORITETUT TUTKIMUKSET JA MITTAUKSET	33
13.1 Ruununmyllyn päiväkotiki	33
13.2 Hätilän päiväkotiki	35
14 TUTKIMUSTEN YHTEENVETO JA TOIMENPIDESUOSITUKSET	35
14.1 Ruununmyllyn päiväkotiki	35
14.1.1 Tutkimusten yhteenveto	35
14.1.2 Toimenpidesuosituksiki	36
14.2 Hätilän päiväkotiki	36
14.2.1 Tutkimusten yhteenveto	37
14.2.2 Toimenpidesuosituksiki	37
15 KOHTEISSA SUORITETTAVAT TOIMENPITEET	39
15.1 Hätilän päiväkotiki	39
15.2 Ruununmyllyn päiväkotiki	39
16 LAADUNVARMISTUS EHDOTUS	39
LÄHTEET	40

Liite 1	Sisäilmaongelman ilmoituslomake
Liite 2	Työterveyslaitos, Sisäympäristön viitearvoja
Liite 3	Ruununmyllyn päiväkotiki, laadunvarmistus ehdotus

1 JOHDANTO

Puhuttaessa yleisesti sisäilmaongelmista ja rakennuksista, joiden käyttäjät kokevat terveysongelmia, mielletään ongelman syyksi home, mistä tulee yleinen kuvaus ”hometalo”. Sisäilmaongelma mielletään suomalaiseksi ongelmaksi. Todellisuudessa sisäilmaongelmia esiintyy muuallakin kuin Suomessa, ainakin Pohjois- ja Keski-Euroopassa.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisimpiä sisäilmaongelmia, niiden aiheuttajia sekä niin rakenteissa sijaitsevia kuin ulkoisiakin aiheuttajien lähteitä. Opinnäytetyössä käydään läpi yleisellä tasolla sisäilmaongelmissa esiintyviä mikrobi-, VVOC- ja VOC-yhdisteitä. Opinnäytetyössä on myös listattu joitain pitoisuuksille esitettyjä viitearvoja niin mikrobeille kuin kemiallisille yhdisteillekin.

Erilaisten pitoisuuksien mittaamista käsitellään yleisellä tasolla menemättä liian tarkasti mittauksien yksityiskohtiin. Opinnäytetyössä otetaan kantaa myös siihen, mihin eri pitoisuuksien mittauksiin ilmasta tai rakenteista lähtöarvojen kannalta ryhdytään. Opinnäytetyössä käsitellään myös erilaisia mittausmetodeja ilmamittaamiselle, tasomittaamiselle ja näytemittaukselle.

Viimeisenä ennen käytännön osuutta käydään läpi yleisellä tasolla sisäilmakorjausprojektin laadunvarmistusta ottaen kantaa siihen, missä vaiheissa projektia laadunvarmistus on oleellista ja tärkeää. Työssä käydään läpi myös erilaisia laadunvarmistusmenetelmiä ja -keinoja vaiheittain projektin aikana.

Käytännön osuudessa raportoidaan kahden Hämeenlinnassa sijaitsevan sisäilmaongelmaisen julkisen rakennuksen sisäilmakorjauksesta ottamalla kantaa lähtötietoihin, joiden perusteella tutkimukset aloitettiin, tehtyihin tutkimuksiin sekä tutkimusten etenemiseen ja järjestykseen. Raportointi sisältää myös kohteissa tehtyjä mittauksia ja niiden tuloksia. Viimeisenä käydään läpi molempien kohteiden korjaussuunnitelmia. Opinnäytetyön lopussa esitellään vielä laadunvarmistustoimenpide-ehdotus Ruununmyllyn päiväkodin sisäilmakorjauksesta ja kirjataan yhteenvedot kohteiden korjausrakentamisesta.

2 KÄSITTEISTÖÄ

2.1 Aktinomykeetti eli sädesieni

Nämä sienet ovat gram-positiivisia bakteereita, jotka kykenevät muodostamaan rihmastoja ja itiöitä. Aktinomykeetit tai sädesienet tuottavat maa-kellarimaista hajua. (Asumisterveysopas 2008)

2.2 Bakteerit

Bakteerit ovat yksisoluisia, alkeistumallisia pieneliöitä, jotka lisääntyvät jakautumalla. Useimmat bakteerit ovat halkaisijaltaan 0,5–1 µm ja 1–2 µm pitkiä. (Asumisterveysopas 2008)

2.3 CFU

CFU eli colony formin unit tarkoittaa pesäkkeen muodostavaa yksikköä tai PMY:tä. Näillä tarkoitetaan itiötä, solua, soluryhmää tai rihmaston osasta, joka muodostaa kasvualustalle pesäkkeen. (Asumisterveysopas 2008)

2.4 Kasvualusta

Kasvualustalla tarkoitetaan bakteerien tai sienten kasvatukseen käytettävää, petrimaljoille valettua ravintoagaria, joka on yleisalusta kyseisille mikrobiryhmille. Sienten kasvu bakteerialustoilla ja bakteerien kasvu sienialustoilla estetään lisäämällä kasvualustaan antibiootteja. (Asumisterveysopas 2008)

2.5 Kuntoarvio

Rakennustekninen tarkastus, jossa selvitetään kiinteistön tai sen osan kunto aistinvaraisin, kokemusperäisin ja pintoja rikkomattomin menetelmin. (Asumisterveysopas 2008)

2.6 Kuntotutkimus

Rakennustekninen tutkimus, jossa selvitetään rakenteiden, rakennusosien ja koneteknisten järjestelmien kunto käyttämällä mittauksia, rakenteiden avaamista ja laboratoriotutkimuksia. Kuntotutkimus on luonteeltaan tarkempi kuin kuntoarvio. (Asumisterveysopas 2008)

2.7 Lahottajasienet

Lahottajasienet ovat entsyymeillään puuta lahottavia mikrobeja. Lahotyyppisiä ovat ruskolaho, valkolaho ja katkolaho, joista ruskolaho on yleisin kosteusvauriorakennuksissa. (Asumisterveysopas 2008)

2.8 Mikrobi

Mikrobeilla tarkoitetaan home- ja hiivasieniä sekä bakteereita. (Asumisterveysopas 2008)

2.9 Mikrobikasvusto

Rakennuksen sisäpinnoilla, pintojen alla tai rakenteiden sisällä kasvava home-, hiiva- ja bakteerikasvusto, joka on silminnähtävää tai varmennettu mikrobiologisten analyysien avulla. Mikrobikasvusto näkyy yleensä värinmuutoksena materiaalin pinnalla ja rihmastoina tai puuterimaisena, pölymäisenä tai pistemäisenä kasvustona. Home-, hiiva- ja bakteerikasvusto ei yleensä tunkeudu kovan, tiheän materiaalin pintaa syvemmälle. (Asumisterveysopas 2008)

2.10 PAH -yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat orgaanisia yhdisteitä, joiden molekyyli rakentuu hiilen ja vedyn muodostamista aromaattisista renkaista. PAH -yhdisteitä syntyy orgaanisen aineen epätäydellisen palamisen seurauksena ja niitä esiintyy myös luonnossa. Osan PAH-yhdisteistä tiedetään olevan syöpävaarallisia. (PAH-yhdisteet rakenteissa 2011)

2.11 Pintanäyte

Pintanäytteellä tarkoitetaan sisätilojen tai rakenteiden pinnoilta, esim. 100 cm^2 alueelta, mikrobien viljelyä varten steriilillä pumpulipuikolla sivelemällä otettua näytettä. (Asumisterveysopas 2008)

2.12 qPCR-menetelmä

qPCR- eli quantitative real time polymerase chain reaction -menetelmällä saadaan selville tutkittavan kohteen elävät ja kuolleet mikrobit. qPCR-menetelmässä käytetään homeille, bakteereille tai sädesienille spesifisiä DNA-alukkeita, joilla tunnistetaan mikrobeille tunnusomaisia DNA-jaksoja. DNA-alukkeen tunnistettua ja kiinnittyttyä vastaavaan DNA-jaksoon alkaa näytteen qPCR-tuotteen monistuminen. Monistumisen nopeudesta voidaan päätellä mikrobien määrä. (Asumisterveysopas 2008)

2.13 Sieni

Sienillä tarkoitetaan tässä yhteydessä home- ja hiivasieniä. Homesienet ovat mikroskooppisen pientä rihmastoja ja itiöitä tuottavia sieniä. Hiivasienet muodostuvat hiivasoluista, mutta eivät tuota rihmastoja ja itiöitä. (Asumisterveysopas 2008)

2.14 Sieni-itiöpitoisuus

Sieni-itiöpitoisuudella tarkoitetaan sekä home- että hiivasienten yhteenlaskettua pitoisuutta. (Asumisterveysopas 2008)

2.15 Sinistäjä sienet

Sinistäjä sienet aiheuttavat puun sinistymisen muuttamalla kuitenkin puun rakennetta. Sinistymistä aiheuttavia sieniä ovat mm. *Alternaria* ja *Aureobasidium*. (Asumisterveysopas 2008)

2.16 Vaurioalue tai -pinta

Sellainen rakennuksen sisäpinnan alue tai rakenteen osa, jossa on havaittavissa tai voidaan epäillä olevan näkyvää mikrobikasvustoa tai alueella on selviä kosteusjälkiä. Kasvuston esiintyminen tulee varmentaa mikrobiologisin menetelmin. (Asumisterveysopas 2008)

2.17 Vertailunäyte

Sellainen pinta-, materiaali- tai ilmanäyte, joka on otettu vastaavasta rakennuksen sisäpinnan alueesta, rakenteen osasta tai tilasta kuin vaurionäyte, mutta jossa ei ole näkyvää kasvustoa, kosteusjälkiä, poikkeavaa hajua ja jonka asukkaat eivät oireile. (Asumisterveysopas 2008)

2.18 Vertailurakennus

Käyttötarkoitukseltaan, rakennustekniikaltaan, ilmanvaihtojärjestelmältään ja iältään (n. 10 vuoden tarkkuudella) tutkittavaa rakennusta vastaava erillinen rakennus, joka sijaitsee lähiseudulla samankaltaisessa maastossa esim. kasvillisuuteen ja liikenteeseen nähden ja jossa ei ole kosteusvauriohavaintoja eikä -epäilyjä. (Asumisterveysopas 2008)

3 SISÄILMAONGELMAT

Tässä kappaleessa käsitellään yleisimpiä sisäilmaongelmien aiheuttajia. Työssä keskitytään sisäilmaongelman syntymiseen rakenteissa ja sen torjumiseen.

Erityistä huomiota sisäilmaongelmia tutkittaessa tulee kiinnittää erilaisten materiaalien ja tarvikkeiden varastointiin. Rakennus voi olla täysin terveellisesti rakennettu, ilman minkäänlaisia rakenteellisia ongelmia, ja varustettu toimivalla ilmanvaihdolla, mutta silti sisäilmaongelmainen. Rakentamisessa tulisikin ohjeistaa rakennuksen käyttäjiä rakennuksen oikeanlaisesta käytöstä ja elintarvikkeiden, pesuaineiden ja polttoaineiden varastoimisesta.

Huonosti varastoidut pesuaineet, polttoaineet ja elintarvikkeet saattavat osaltaan pilata sisäilman laatua. Pilaantuessaan elintarvikkeet tarjoavat homeille erinomaisen kasvualustan ja poltto- ja pesuaineista irtoaa sisäilmaan VOC-yhdisteitä. Myöskään elintarvikkeiden säilytyksessä käytettävää perunakellarimaista rakennetta ei voida rakentaa sisäilman yhteyteen, ilman mittavia varmistuksia ilmatiiveydestä ja kosteustiiveydestä. Sisätiloissa esiintyvä maa-aines, esim. sisätilaan yhteydessä oleva perunakellarin maa, aiheuttaa myös päästöjä sisäilmaan.

(Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1 Yleisimmät sisäilmaongelmien aiheuttajat

Sisäilmaongelmien mahdollisia aiheuttajia on monia. Yleisimpiä näistä ovat rakenteiden homehtuminen ja homeitiöiden sisäilmaan pääsy, viemäripäästöt viemäristä sisäilmaan tai tuuletuskanaviin, erilaiset rakenteelliset vuodot sekä kemialliset yhdisteet ja epäpuhtaudet. Myös rakennuksen rakennustekninen vajaatoiminta, kuten liian heikko ilmanvaihto tai huono äänieristys, aiheuttaa sisäilmaongelmia. (Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.1 Tunkkainen sisäilma

Tunkkainen sisäilma voi johtua muun muassa riittämättömästä ilmanvaihdosta, korkeasta sisäilman lämpötilasta, kosteudesta tai aivan normaalista pölyisestä ja epäpuhtaasta ympäristöstä.

Tunkkainen ilma voi siis olla ensimmäinen varoittava merkki rakennusta uhkaavasta pahemmasta sisäilmaongelmasta. Jos tunkkaisuus esimerkiksi johtuu riittämättömästä ilmastoinnista ja sisäilman korkeasta lämpötilasta sekä korkeasta suhteellisesta ilmankosteudesta, voivat nämä kolme tekijää yhdessä aiheuttaa rakenteiden homehtumista.

(Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.2 Homeen hajuinen sisäilma

Mikäli tunkkaisesti sisäilmasta ei huolehdita ja tilanne pääsee pahenemaan, saattaa rakenteiden pinnoilla alkaa kertyä homekasvustoa. Homekasvuston ja yhdyskuntien syntyminen edellyttää tasaisena pysyviä lämpö- ja kosteusolosuhteita. Mikäli ilmanvaihto on puutteellinen, saattavat homeen aiheuttajat ilmaantua hyvin nopeasti rakennekerroksille; myös rakennekerrosten väliin saattaa alkaa muodostua homeyhdyskuntia. (Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.3 Viemärin haju sisäilmassa

Viemäripäästöt ovat yksi pahimmista sisäilmaongelmista ja voivat aiheuttaa pitkiä terveyskomplikaatioita niille pidempiä aikoja altistuneille ihmisille. Viemäripäästöt voivat päästä sisäilmaan huonosti hoidetuista lattia-kaivojen vesilukoista. Jos lukko on likainen, viallinen tai kuivunut, saattaa tämä aiheuttaa viemäripäästöjä sisäilmaan. Myös puutteellinen putkien tiivistys saattaa vuotaa sisäilmaan viemäripäästöjä. (Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.4 Muita voimakkaita hajuja sisäilmassa

Rakennuksessa voi ilmetä myös muita epämiellyttäviä hajuja, jotka eivät välttämättä kieli homeesta tai muista mikrobeista. Tällaisia esimerkkejä ovat esimerkiksi biojätteen haju. Jos roskikset tai likasangot ovat pitkään tyhjentämättä, voivat ne alkaa haista epämiellyttävästi ja haju saattaa levitä pitkällekin huoneistossa. Biojätteen haju voi tulla myös likaisista astioista tiskikoneessa. Voimakkaita ja epämiellyttäviä hajuja sisäilmaan voi tulla myös rakennus- ja sisustusmateriaaleista, puutteellisesta siivoamisesta, likaisesta ilmanvaihtojärjestelmästä tai jos ulkoa otettavan tuloilman sisääntuloaukon lähellä on jokin epäpuhtaan ilman lähde.

Huonoja hajuja voi kulkeutua rakennukseen myös muista lähteistä. Hormien ja muiden rakenteiden ilmavuodot ja ulkoa kantautuvat hajusaasteet, kuten esimerkiksi parveketupakointi, voivat osiltaan pilata sisäilman. Esimerkkejä tällaisista lähteistä ovat muun muassa ilmanraikastimet, puhdistusaineet, puu, vinyylituotteet, lateksimaalit, hygieniatuotteet kuten deodorantit sekä PVC-muovi, lyijytön bensiini, tupakan savu, pakokaasut ja muut liikennepäästöt, lämmitysöljy, liimat, polyuretaani- ja polystyreenivahto, detergentit, kiillotusaineet, hajusteet, koimyrkkypallot ja kosmetiikkatuotteet.

(Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.5 Veto

Sisäilmaongelmiin voidaan myös laskea huono sisäilman lämpötila. Veto tuntuu ikävänä kylmänä ilmapirtauksena lattiatasossa. Vedon tunne voi johtua yleisesti alhaisesta huoneen lämpötilasta, huoneessa olevista kylmistä pinnoista, kalusteilla peitetyistä lämpöpattereista ja rakenteiden il-

mavuodoista. Puutteellisesti toimiva ilmanvaihtojärjestelmä voi myös aiheuttaa vedon tunnetta, muun muassa jos ilmanvaihto- tai ilman sisään puhallusnopeus on liian suuri, jos tuloilman lämpötila on alhainen tai jos esimerkiksi tuloilmaventtiili on suunnattu väärin. (Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.6 Alhainen sisälämpötila

Vedon tavoin alhainen sisäilma voi johtua myös viallisesta tai säätämättömästä lämmitysjärjestelmästä, rakenteiden puutteellisesta lämmöneristyksestä ja rakenteiden ilmavuodoista.

Veto ja alhainen lämpötila voivat myös aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteisiin. Jos seinien pinnat tai rakenteet pääsevät kylmenemään liikaa, saattaa niiden pinnalle alkaa tiivistyä nestettä ilmasta. Tämä voi johtaa rakenteiden homehtumiseen ja sitä kautta sisäilman pilaantumiseen.

(Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.7 Korkea huonelämpötila

Mikäli rakennuksen ilmanvaihto on riittämätön tai lämmitysjärjestelmä viallinen tai säätämätön, saattaa rakennuksen huonelämpötila nousta liian korkeaksi. Tähän vaikuttaa myös huonetilan käyttö: esimerkiksi ihmisistä ja huoneessa käytettävistä koneista, kuten tietokoneista ja pesukoneista, kulkeutuu sisäilmaan lämpöä. Myös sisään kulkeutuva estämätön auringon säteily lämmittää huonelämpötilaa huomattavasti. (Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.8 Kuiva sisäilma

Korkea huonelämpötila yhdessä pölyn ja muiden epäpuhtauksien, ulkoilman kylmyyden ja liian suuren ilmanvaihdon kanssa ovat osatekijöitä kuivalle sisäilmalle.

Vaikka homeen syntyminen rakenteiden sisään johtuu usein sisäilman mukana kulkeutuvasta kosteudesta, ei sisäilma saa silti olla liian kuivaa. Liian kuiva sisäilma aiheuttaa terveydelle haittaa siinä missä muutkin epäpuhtaudet.

(Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.)

3.1.9 Melu

Sisäilman epäpuhtauksista mainittakoon viimeisenä vielä melu. Melusaastetta pääsee syntymään sisäilmaan monista eri lähteistä. Melu alkaa rakenteissa olla saastetta siinä vaiheessa, kun se kulkeutuu rakenteiden läpi muualle rakennukseen huoneesta, jossa esim. kuunnellaan musiikkia, katsotaan elokuvaa tai kävellään. Tämä saattaa johtua rakennuksen puutteelli-

sesta ääneneristyksestä, ilmanvaihdon ääneneristyksestä ja asennustavasta tai lämmityslaitteiden ja vesikalusteiden rakenteissa kulkeutuvista äänistä. Esimerkiksi puurakenteiden mitoittava tekijä on usein äänitekniset asiat, koska puurakenteinen välipohja päästää helposti esim. askeläänet läpi luoden melusaastetta alempiin kerroksiin. (Sisäilmayhdistys kotisivut, n.d.)

3.2 Sisäilmaongelmat ulkomailla

Suomi ei ole yksin sisäilmaongelmiensa kanssa, vaan muuallakin maailmassa on monenlaisia sisäilmaongelmia. Ulkomailla on samoja ongelmia kuin Suomestakin, mutta on myös ongelmia, joita Suomessa ei esiinny. Mikrobipohjaisia sisäilmaongelmia on ainakin Pohjois-Euroopassa, Ruotsissa ja Tanskassa.

Köyhemmissä maissa, kuten Afrikan ja Aasian maissa, lämmitetään kotitalouksia usein avotulella. Näissä maissa käytetään polttoaineena muun muassa puuta, eläinten lantaa ja sadoista syntyvää biojätettä. Näissä talouksissa on myös usein erittäin huono tai olematon ilmanvaihto, jonka seurauksena polttoaineiden säilytyksestä ja polttamisesta sisäilmaan päässeet epäpuhtauden jäävät sisäilmaan ja sairastuttavat asukkaat.

Perspektiiviä sisäilmaongelmien laajuudelle koko maailmassa saa, kun verrataan ihmisten ennenaikaisen kuolleisuuden syytä. Sisäilmaongelmat tappavat maailmassa 4 miljoonaa ihmistä vuodessa. Tämä on enemmän kuin AIDS/HIV ja malaria yhteensä.

(Vox median kotisivut 2014)

4 MIKROBIT

Mikrobeille tarkoitetaan eloperäisiä yhdisteitä, jotka voivat liian suurina pitoisuuksina sisäilmassa aiheuttaa tilan käyttäjille terveyshaittoja. Mikrobeihin kuuluu esim. home- ja hiivasieniä sekä bakteereita.

4.1 Homeet

Homelajeja tunnetaan maailmassa tuhansia. Ne ovat monisoluisena rihmastona kasvavia mikrosienilajikkeita. Homesienet ovat erittäin pieniä ja erottuvat paljaalla silmällä vasta, kun homekasvusto pystyy muodostamaan homeyhdyskunnan.

Homeita esiintyy kaikkialla, missä on kuollutta eloperäistä ainetta. Homeet toimivat eloperäisen aineksen hajottajana kaikkialla luonnossa ja aiheuttavat rakenteiden ja elintarvikkeiden pilaantumista sekä allergiaoireita.

Hometta esiintyy myös rakenteissa ja pilaantuneissa ruuissa. Elävänä organismina home vaatii tietyt olosuhteet, jotta se voi menestyä: se tarvitsee

happea, vettä ja ravintoa. Happea home saa ilmasta tarpeekseen ja ravintonaan home käyttää kuollutta eloperäistä materiaalia, kuten ruuan tähteitä ja puuta.

Pystyäkseen muodostamaan yhdyskunnan home kuitenkin tarvitsee tasaiset lämpö- ja kosteusolosuhteet. Tällaiset olosuhteet löytyvät muun muassa seinärakenteen sisästä, johon kulkeutuu vettä sisäilman mukana.

Jotkut homelajit kykenevät kasvamaan alimmillaan +2 °C:n lämpötilassa. Vaikka ympäristön olosuhteet eivät sallisi homeen kasvamista, voi se silti selvitä hengissä pitkiä aikoja odottaen olosuhteiden muuttumista suopeammiksi.

Homeet lisääntyvät homeen rihmastojen päissä muodostuvien, pääasiassa suvuttomien, itiöiden välityksellä. Nämä itiöt irtautuvat homeen rihmastoista ja levittäytyvät ilmavirtojen välityksellä. Rakennuksissa homeen itiöt levittyvät sisäilmassa ilmanvaihdon välityksellä eri huoneisiin. Ylipaineen painaessa sisäilmaa rakenteiden läpi kulkeutuvat homeen itiöt seinän rakenteisiin tai kattorakenteisiin. Jos homeen itiö laskeutuu kosketuksiin esimerkiksi puun kanssa, saattaa se olosuhteiden salliessa itää ja jatkaa puolestaan homeen lisääntymistä.

Homeen itiöitä on sekä mitoottisia että meioottisia, ja ne voivat leijua ilmassa pitkiäkin aikoja. Useat homeen itiöt kestävät äärimmäisiä lämpötiloja sekä paineita.

(Solunetti kotisivut, 2006)

(Sisäilmayhdistys kotisivut, n.d.)

(Musta-home kotisivut, n.d.)

4.2 Bakteerit / sädesienet

Homeiden lisäksi myös bakteereilla on erinomainen lisääntymiskyky, ja ne pystyvät selviytymään ilman isäntäsolua. Bakteerit ovat läpimitaltaan noin 1 µm, eli pienempiä kuin sieneliöt. Bakteereihin kuuluvat myös aktinomykeetit eli sädesienet. Näillä bakteereilla on jossain elinkiertonsa vaiheessa rihmasto, mikä saa ne muistuttamaan sieniä. Kosteusvaurioihin liitetään usein aktinobakteereihin kuuluvat *Streptomyces*-lajit, joille on tyypillistä mullan ja maakellarin haju. Tämä johtuu sädesienten tuottamasta geosmiinistä. (Baumedin kotisivut)

Tietyt sädesienet (aktinomykoosit) voivat aiheuttaa tulehdussairauksia. Tärkein näistä sädesienistä on *Nocardia*, joka voi aiheuttaa sairastumista myös täysin terveillä ihmisillä. Muita lajeja, jotka aiheuttavat infektioita vastustuskyvyltään heikentyneille ihmisille, ovat muun muassa *Rhodococcus*, *Nocardiosis*, *Actinomadura*, *Streptomyces*, *Gordona* ja *Tsukamurella*. Jotkin termofiiliset sädesienilajikkeet taas voivat aiheuttaa pitkäaikaisessa ja runsaassa altistuksessa homepölykeuhkoa. Tällaisia lajikkeita ovat muun muassa *Saccharopolyspora*, *Saccharomonospora* ja *Thermoactinomyces*. (Ositum Oy:n kotisivut)

4.3 Esimerkki mikrobilajeja

Listassa yhdellä tähdellä (*) merkityt lajikkeet ovat mahdollisesti toksineja tuottavia mikrobeja ja kahdella (**) merkityt pesäkkeitä, jotka eivät käytettävillä kasvualustoilla muodosta itiöitä.

4.3.1 Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja –ryhmiä

Ulkoilmassa tavattavia sienisukuja ja -ryhmiä ovat Cladosporium*, basidiomykeetit, Penicillium*, Aspergillus*, Alternaria, hiivat ja steriilit**. (Asumisterveysopas 2008)

4.3.2 Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja –ryhmiä

Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä ovat Penicillium*, Aspergillus*, Cladosporium* ja hiivat. (Asumisterveysopas 2008)

4.3.3 Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä

Nämä mikrobisuvut, -lajit ja -ryhmät ovat tyypillisiä löydöksiä kosteusvaurioissa: Acremonium*, Aspergillus fumigatus*, A. ochraceus*, A. penicillioides / A. restrictus, A. sydowii*, A. terreus*, A. versicolor*, Chaetomium*, Eurotium, Exophiala, Fusarium*, Oidiodendron, Geomyces, Paecilomyces*, Phialophora, Scopulariopsis, Sporobolomyces, Sphaeropsidales (Phoma), Stachybotrys/Memnoniella*, Sädesienet*, Trichoderma*, Tritirachium / Engyodontium, Ulocladium ja Wallemia. (Asumisterveysopas 2008)

5 VVOC- JA VOC-YHDISTEET

VVOC- (erittäin haihtuvat orgaaniset) ja VOC- (haihtuvat orgaaniset) yhdisteet ovat kaasumaisia kemiallisia yhdisteitä. VOC-yhdisteitä voi tulla erittäin monista ja erilaisista lähteistä. VOC-yhdisteitä löytyy rakennusten sisäilmasta, vaikka tila olisikin täysin puhdas. Kohonneet VOC-pitoisuudet viittaavat silti sisäilmaongelmaan. Tavanomaisia lähteitä VOC-yhdisteille ovat muun muassa rakennusmateriaalit, liimat, lakat, maalit, kosmetiikkatuotteet ja pesuaineet. Muita mahdollisia VOC lähteitä ovat myös liikennepäästöt ja varastoidut polttoaineet. Jotkin mikrobilajikkeet tuottavat aineenvaihduntansa sivutuotteena VOC-yhdisteitä.

VVOC- ja VOC-yhdisteille on määritetty kokonaispitoisuusraja asumisterveysoppaassa, mutta tämä raja ei ole todellisuutta vastaava toimistorakennuksissa tai omakotitaloissa. Asutustilojen TVOC- (yhdistetty VVOC- ja VOC-pitoisuus) määrät ovat usein hyvin paljon pienempiä kuin asumisterveysoppaan antama raja-arvo. Asutustilojen sisäilmaongelma VOC-yhdisteistä tuleekin epätavanomaiseksi nousseista yksittäisistä yhdisteistä. Vain muutamille yksittäisille yhdisteille on asetettu viitearvoja, ja kaikki ihmiset reagoivat yksilöllisesti eri yhdisteisiin.

(Baumedin kotisivut)
(Ositum Oy, Viitearvot pdf)

6 PAH YHDISTEET

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet ovat yksi haitta-aineiden ryhmä. Näitä ovat esimerkiksi PCB sekä lyijyn, asbestin, kaseenin ja mikrobien aineenvaihduntatuotteet, joita esiintyy rakennusmateriaaleissa. Tehtäessä peruskorjauksen suunnittelua tai muita rakennustekniikan korjauksia tai sisäilmatutkimuksia tehdään rakennuksessa haitta-ainetutkimuksia. PAH-yhdisteitä voi tutkia materiaaleista ja sisäilmasta. Laboratorion tutkimuksissa selviää yhdisteiden pitoisuudet materiaaleissa ja sisäilmanäytteissä. PAH-yhdisteitä esiintyy rakennuksissa esim. kosteuden ja veden eristykseen käytetyssä kivihiihiessä.

PAH-yhdisteitä voi päätyä ihmisen elimistöön hengityksen, ihokosketuksen tai ruuansulatuksen kautta. Hengityksen kautta kehoon pääsevät PAH-yhdisteet voivat olla joko ilman hiukkasiin sitoutuneita tai kaasumaisia yhdisteitä. Merkittävä lähde PAH-yhdisteille altistumiselle ruuansulatuksen kautta muodostuu erityisesti kuumennetusta viljasta ja grillatusta lihasta. Kehoon joutuneet PAH-yhdisteet muuttuvat aktiiviseen muotoon elimistön aineenvaihdunnan jälkeen ja aiheuttavat vaurioita solujen toiminnassa sekä makromolekyyleissä. Osa yhdisteiden aineenvaihduntatuotteista voi sitoutua elimistön proteiineihin, kun taas osa poistuu elimistöstä. Hiilipitoiset PAH-yhdisteiden kantajahiukkasten on osoitettu tyypillisesti olevan karsinogeenisiä aineita.

Esimerkiksi tupakansavu, ruoanlaitto, saastunut maaperä, rakennusmateriaalit tai ulkoilma voivat kuljettaa sisäilmaan PAH-yhdisteitä. Näistä merkittävin on tupakansavusta aiheutuvat yhdisteet.

(PAH-yhdisteet rakenteissa 2011)

7 SISÄILMAPITOISUUKSIEN VIITEARVOJA

Sisäilmapitoisuuksien viitearvoja on listattu muun muassa asumisterveysoppaassa, joka on yleisesti hyväksytty kirjallisuuslähde korjausrakentamisessa. Ositum Oy:n tekemä tilastoihin perustuva tutkimus, jossa tarkastellaan viitearvoja rakennevaurioiden tunnistamisen kannalta ja Työterveyslaitoksen käyttämiä viitearvoja tunnistessa sisäilmaongelmia toimistorakennuksissa, ottaa myös kantaa pitoisuuksien viitearvoihin.

Puhuttaessa mikrobeista viitearvojen numeroluvut ilmoitetaan yksiköillä cfu/m^3 , cfu/cm^2 ja cfu/g . Nämä kattavat ilmanäytteet, pintanäytteet ja materiaalinäytteet.

7.1 Toimistotyöympäristön ongelmien tunnistaminen

Sisäympäristön ongelmiin viittaavilla viitearvoilla tarkoitetaan arvoja, jotka on mitattu rakennuksesta, jossa epäillään sisäilmaongelmaa tai on jo todettu sellainen. Vertailurakennuksina on käytetty vastaavia rakennuksia, joissa ei ole todettu eikä epäillä sisäilmaongelmia. Kaikki vertailurakennusten arvot ovat pienempiä kuin sisäympäristöongelmaisen rakennuksen arvot.

7.1.1 Kemialliset yhdisteet ja hiukkaset

Työterveyslaitoksen käyttämiä viitearvoja kemiallisille yhdisteille ja hiukkasille on määritetty ammoniakille sekä formaldehydille. Kemiallisten yhdisteiden pitoisuus voidaan katsoa kohonneeksi, kun arvo ylittää ammoniakin tapauksessa $> 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n ja formaldehydin tapauksessa $> 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n viitearvon. (Sisäympäristön viitearvoja pdf)

7.1.2 VOC-yhdisteet

Työterveyslaitos katsoo TVOC-yhdisteen pitoisuuden tapauksessa kohonneeksi arvoksi $> 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n viitearvon. Yksittäisistä yhdisteistä kohonneeksi arvoksi aromaattisilla hiilivedyillä, alkoholeilla, alifaattisilla hiilivedyillä, aldehydeillä, terpeeneillä, estereillä ja ketoneilla katsotaan olevan $> 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja glykoleilla/glykolieettereillä, si-yhdisteillä ja orgaanisilla hapoilla $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naftaleenin kannalta TTL katsoo $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n pitoisuuden olevan tavoitearvo, eikä tällainen pitoisuus aiheuta elämänpituisensäkaan altistuksessa terveyshaittoja. $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n naftaleenin pitoisuuden katsotaan olevan viittaus välittömään korjaustarpeeseen. 2 ja $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n pitoisuuksien väliin sijoittuvat kohteet ovat ennaltaehkäisyyn kannalta toimenpiteiden tarpeessa. (Sisäympäristön viitearvoja pdf)

7.1.3 Ilmanäytteet

Ilmanäytteissä tarkastellaan rakennuksen sisäilmaa ja siinä ilmeneviä pitoisuusmääriä. Ilmanäytteissä verrataan pesäkkeen muodostavia yksiköitä saastuneen ilman tilavuuteen. Näyteotokset ovat talviajan pitoisuuksia,

joissa on käytetty tarvittaessa mukana ulkoilmanäytettä ja niihin vertailua. Keräys ja analysointi saaduille arvoille on suoritettu Asumisterveysoppaan 2003 mukaan.

Homeet: $> 50 \text{ cfu/m}^3$

Yli 50 cfu/m^3 :n arvo viittaa kohonneeseen sieni-itiöpitoisuuteen ja sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen. Yli 50 :n cfu/m^3 :n arvoilla mikrobikasvuston esiintyminen rakenteessa on todennäköistä.

Bakteerit: $> 600 \text{ cfu/m}^3$

Viitearvo viittaa kohonneeseen bakteeripitoisuuteen ja riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

Aktinobakteerit: $> 5 \text{ cfu/m}^3$

Kohonnut pitoisuus viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

(Sisaympariston viitearvoja pdf, 2014)

7.1.4 Materiaalinäytteet

Materiaalinäytteet otetaan rakenteista, joissa epäillään olevan kosteusvaurioita. Materiaalinäytteissä mitataan pesäkkeen muodostavia yksiköitä rakennäytteen painoon nähden. Käytetyt mittausmenetelmät ovat Asumisterveysoppaan 2003 mukaisia ja semikvantitatiivinen analyysi on validoitu asumisterveysopasta vasten.

Sieni-itiöpitoisuus: $10\,000 \text{ cfu/g}$

Jos materiaalinäytteen sieni-itiöpitoisuus ylittää $10\,000 \text{ cfu/g}$ rajan, voidaan katsoa rakennusmateriaalissa esiintyvän sienikasvustoa. Mikäli näytteen sieni-itiöpitoisuus on alle $10\,000 \text{ cfu/g}$, ei voida vielä tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös sieni-itiölajistoa on tarkasteltava.

Bakteeripitoisuus: $100\,000 \text{ cfu/g}$

Materiaalinäytteen minimipitoisuus $100\,000 \text{ cfu/g}$ viittaa materiaalissa olevaan bakteerikasvustoon.

Aktinobakteeripitoisuus: 500 cfu/g

Materiaalinäytteen aktinobakteerikasvuston 500 cfu/g ylittävä pitoisuus viittaa materiaalin aktinobakteerikasvustoon.

(Sisaympariston viitearvoja pdf, 2014)

7.1.5 Vauriopinnan pintanäytteet

Vauriopinnan pintanäytteessä tarkastellaan vaurioituneeksi todetun pinnan sieni-itiö- ja bakteeripitoisuuksia. Saatua pitoisuuden viitearvoa verrataan tarkastellun pinnan pinta-alaan. Pintanäytteen otossa käytetyt menetelmät ovat Asumisterveysoppaan 2003 mukaisia.

Sieni-itiöpitoisuus: $< 10 \text{ cfu/cm}^2$

Pinnat, joiden sieni-itiöpitoisuus on alle 10 cfu/cm^2 , ovat puhtaita pintoja.

Sieni-itiöpitoisuus: $> 1000 \text{ cfu/cm}^2$

Yli 1000 cfu/cm^2 :n pitoisuus on poikkeava, jos pitoisuus on samalla vähintään 100-kertainen vertailunäytteeseen nähden.

Aktinobakteeripitoisuus

Aktinobakteeri-itiöpitoisuus katsotaan poikkeavaksi, jos pitoisuus on 10 kertaa suurempi kuin vertailupinnalla. Tällaisissa tapauksissa voidaan aktinobakteereista johtuvaa terveystahetta pitää todennäköisenä.

(Sisaympäristön viitearvoja pdf, 2014)

7.2 Tilastollinen viitearvotutkimus vaurioituneissa rakennuksissa

Ositum Oy:n laatimassa raportissa (Aittala, Kronholm, Mikkonen & Tiala 2013) VVOC-, VOC- ja mikrobiyhdisteiden viitearvoja tutkitaan tilastolliselta kannalta. Raportin tarkoitus on tutkia, olisiko aiheellista tarkentaa asumisterveysoppaan määrittelemiä rakennusmateriaalien ja sisäilman laadun viitearvoja. Tutkimuksessa verrataan tilastollista mediaania (P50) 90. persenttiin (P90) arvoon. P90 kuvaa poikkeuksellisia pitoisuuksia, jotka hyvin todennäköisesti ilmaisevat sisäilma- tai materiaaliongelmaa.

Ositumin tekemä tilastollinen selvitys painottuu selvästi vaurioituneisiin rakenteisiin. Tämän takia viljelymateriaalinäytteiden sädesienien ja homeiden P90-arvot ovat selvästi asumisterveysoppaan annettuja arvoja korkeampia.

7.2.1 Viitearvo kehotus qPCR materiaalipitoisuus analyysille

Ositum ehdottaa qPCR:llä analysoitujen materiaalien mikrobiinäytteiden tulosten arvioinnissa tilastollista mediaania tai P50-arvoja materiaalin vaurioitumista tutkittaessa. Nämä arvot ovat sädesienille $10\,000 \text{ kpl/g}$, homeilla $15\,000 \text{ kpl/g}$ ja bakteereille $95\,000 \text{ kpl/g}$. Mikäli pitoisuudet ylittävät nämä arvot, se ilmaisee materiaalin vaurioitumista. (Viitearvot pdf, 2012)

7.2.2 VVOC- ja VOC -yhdisteet

Yksittäisistä VOC- yhdisteistä vain styreenille on annettu asumisterveysoppaassa viitearvo $40 \mu\text{g/m}^3$. Asumisterveysopas määrittelee VVOC- ja VOC -yhdisteiden kohonneeksi pitoisuudeksi yhteisarvon TVOC saavuttaessa $600 \mu\text{g/m}^3$. On silti tärkeää ymmärtää, että tutkittaessa sisäilman laatua $600 \mu\text{g/m}^3$ ylittävä tai alittava TVOC:n arvo ei ole ainoa merkki vauriosta. TVOC-arvo koostuu kaikista VVOC- ja VOC- yhdisteistä, ja yksittäiset yhdisteet ärsyttävät ihmisiä yksilöllisesti. On siis tärkeää ottaa kantaa myös yksittäisten yhdisteiden epätavanomaisiin pitoisuuksiin. Jos

yksittäistä yhdistettä on sisäilmassa paljon, se voi tehdä sisäilmasta kelvotonta, vaikka TVOC- arvo ei olisi lähelläkään $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n rajaa.

Ositum Oy:n tuottamassa tutkimuksessa havaittiin, että joidenkin yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet vaihtelevat huomattavasti kesä- ja talviaikoina. Esimerkiksi etikkahapon, alfa-pineenin ja TXIB-yhdisteen pitoisuudet ovat selvästi korkeampia kesäaikaan kuin talvella. Etikkahapon ja alfa-pineenin osalta tämän voi selittää eri vuodenaikoina ulkona tapahtuvista mikrobien aineenvaihdunnan eroilla.

VVOC- ja VOC-yhdisteitä tutkittaessa tulee muistaa, että yksittäisille yhdisteille on useita mahdollisia lähteitä. Yksittäisen yhdisteen kohonnut pitoisuus voi johtua rakenteellisesta vauriosta, mutta se voi johtua myös ulkopuolisesta tekijästä, kuten tilassa sijaitsevasta pesuaineesta. Tämän takia kuntotutkimusta tehtäessä tulisi aina ensisijaisesti varmistua tilassa olevista mahdollisista ulkopuolisista yhdistelähteistä kuten polttoaineista, siivousaineista, hajusteista jne. Vasta kun kohteessa on suljettu pois ulkopuoliset lähteet, tulisi aloittaa rakenteelliset tutkimukset.

(Viitearvot pdf, 2012)

7.2.3 Mikrobit

Ositum Oy:n tilastollisesti saatuja tuloksia on mikrobien osalta verrattu asumisterveysoppaassa ilmoitettuihin viitearvoihin. On tärkeää muistaa, että asumisterveysoppaan ottaessa kantaa nimenomaan terveydelle haitallisiin/ haitattomiin viitearvoihin kallistuu Ositumin tilastollinen selvitys selkeästi vaurioituneisiin rakenteisiin eikä ota kantaa terveydelle haitallisiin määriin, vaan tilastollisesti epätavanomaisiin pitoisuusviitearvoihin.

Ositumin tilastollisesti tutkituissa viitearvoissa on epätavanomaisia määriä verrattu P90-arvoilla tilastolliseen mediaaniin (P50-arvoon). Ositumin tilastolliset viitearvot mikrobeille viljelymittauksella ovat sädesienille P90 = $50 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ja mediaani P50 = $7 \text{ cfu}/\text{m}^3$, homeille P90 = $630 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ja mediaani P50 = $40 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ja bakteereille $1900 \text{ cfu}/\text{m}^3$, mediaanin ollessa P50 = $230 \text{ cfu}/\text{m}^3$. Asumisterveysoppaan vastaavat viitearvot ovat sädesienille $10 \text{ cfu}/\text{m}^3$, homeille $100\text{--}500 \text{ cfu}/\text{m}^3$ ja bakteereille $> 4500 \text{ cfu}/\text{m}^3$. Tästä nähdään, että Ositumin tilastollisen tutkimuksen epätavanomaisen korkeat arvot ovat sädesienten sekä homeiden kannalta korkeammat kuin asumisterveysoppaassa määritetyt ilman terveydellisyyteen viittaavat arvot, kun taas bakteerien arvot ovat selvästi asumisterveysoppaan arvoa matalampia.

(Viitearvot pdf, 2012)

8 MITTAUKSET

Sisäilman pitoisuuksien mittaamisella voidaan saada tietoa monista eri ongelmista. Erilaiset mittaukset ovat kuitenkin kalliita, eikä mikään yksittäinen mittaus paljasta sisäilman kaikkia eri ongelmia. Ennen mittauksen aloittamista tulee ottaa selvää sisäilman mahdollisista päästölähteistä, kuten varastoiduista polttoaineista, elintarvikkeista, pesuaineista jne. Mittauksia tehdessä tulee tekijän olla myös sertifioitu ammattilainen, joka tietää ja ymmärtää mittauksen perusteellisesti. Mittauksia tulee tehdä riittävästi oikeista kohdista ja oikeilla laitteilla. Esimerkiksi huoneen sisäilmaa mitattaessa saattaa sama mittaus antaa eri tuloksen mittauskohdan mukaan. Sisäilmaongelmien aiheuttajat, esimerkiksi rakenteen sisäiset mikrobikasvustot, eivät siis välttämättä leviä koko taloon, vaan ne kulkeutuvat hiukkasten tavoin ilmavirtauksien mukana.

8.1 Sisäilman pölyn mittausmenetelmä

Sisäilman pölyn tutkimukseen laadittu standardi SFS 5994 INSTA800 ohjeistaa pintatasojen pölyisyyden mittauksen BM Dustdetector -laitteella. Tässä menetelmässä pölykertymistä otetaan näyte geeliteipillä. Teippi painetaan alustaa vasten telalla. Teippiin tarttuneiden hiukkasten kokonaispinta-ala mitataan laservalon läpäisevyyden heikentymisellä. Teippi mitataan ennen ja jälkeen pölynäytteen ottoa BM Dustdetector -laitteella. Mittattavat pinnat jaotellaan kategorioihin kehoa lähellä olevat kalustepinnat, helposti tavoitettavissa olevat kalustepinnat ja vaikeasti tavoitettavat kalustepinnat. Vaikeasti ja helposti tavoitettavat pinnat mitataan myös lattioiden osalta. (Sisäilmastoseminaari 2014, 75-76)

Standardissa luokitellaan pölyisyys viiteen tasoon, joista 1 on huonoin ja 5 paras pölyisyystaso. Standardi määrittelee pölyisyystason 4 ohjeelliseksi, kun määritetään hyvän sisäilman laatua pölyn osalta. Tyypillinen koulu- luokka- ja toimistopölyisyystaso on kuitenkin luokkaa 3. (Sisäilmastoseminaari 2014, 76)

8.2 Kosteusmittaukset

Kosteusmittauksien tarkoituksena on selvittää tilassa vallitsevan sisäilman laatua tai tilan rakenteiden kosteusteknisestä toimivuutta. Kosteusmittauksia voidaan ottaa sisäilmasta, rakenteiden pinnoilta, tuuletustiloista ja rakenteiden sisältä.

Sisäilmamittauksilla saadaan selville tilan sisäilman laatu, ja sillä voidaan tehdä johtopäätöksiä rakenteiden kosteusteknisestä tilanteesta. Rakenteiden pinnalta tehtävällä mittauksella voidaan tarkastella rakenteen kosteuseroja ja kartoittaa mahdollisia ongelmakohtia. Pinnoilta tehtävällä kosteuden mittaamisella ei kuitenkaan voida saada varmuutta rakenteen kosteuspitoisuuksista, vaan pelkästään suuntaa antava lukema rakenteen mahdollisesta kosteusvauriosta. Tuuletustilojen kosteusmittauksilla selvitetään tuuletustilan ilman kosteuspitoisuutta ja arvioidaan kosteuden määrän haitallisuutta tuuletetuille rakenteille. Tuuletustilojen kosteusmittaus voidaan

tehdä tuuletusilman kosteudenmittauksella tai tuuletetun tilan pintojen mittauksella. Kun halutaan selvittää rakenteen sisäistä kosteuspiitoisuutta tai rakenteen kosteus-/painoprosenttia, mitataan kosteus suoraan rakenteen sisältä. Näillä menetelmillä saadaan selville rakenteen sisällä vallitseva todellinen kosteustilanne tarkasti ja luotettavasti.

(Kosteusmittaukset pdf 2015)

8.2.1 Sisäilmamittaukset

Sisäilman kosteusmittauksissa selvitetään sisäilman suhteellista kosteutta. Tämä tarkoittaa sitä, kuinka monta prosenttia kyvystä sitoa vettä ilma on jo sitonut itseensä, ja siihen vaikuttavat sisäilman lämpötila, sisäilman kosteus (g/m^3) kuten myös ulkoilman lämpötila ja kosteus (g/m^3). Myös tilassa oleva ilmanvaihto ja sisäpuoliset kosteuden lähteet vaikuttavat sisäilman suhteelliseen kosteuteen. Sisäpuolisia kosteuden lähteitä ovat muun muassa siivoaminen, peseytyminen, vesi-, viemäri- ja lämmitysputkien vuodot sekä rakentamisen aikana rakenteisiin päässyt kosteus, joka kuivuu sisäilman kautta.

Sisäilman kosteus voi vaihdella suuresti jo pienellä aikavälillä kosteuslähteiden ja ilmanvaihdon mukaan. Tämän takia tehtäessä sisäilman kosteudenmittausta täytyy mittaus olla pitkältä aikaväliltä. Minimissään vuorokaudesta viikkoon pitkä kosteudenmittaus antaa todellisen kuvan sisäilman normaalista kosteustilanteesta.

Sisäilman kosteusmittauksia tehdään sekä käyttäjien sisäilman laadun tarkastelussa että tilan toiminnallisuuden tarkastelussa. Käyttäjien sisäilman laatua mitataan alueilta, joissa käyttäjät oleskelevat, kun taas toiminnallisuudessa tarkastelussa sisäilman laatua mitataan läheltä rakenteita.

Sisäilmaa mitattaessa tulisi tarkastella myös ulkoilmaa ja verrata sisä- ja ulkoilman kosteutta keskenään.

Sisäilman kosteusmittauksessa käytettävät mittauslaitteet ovat huomattavasti pienemmällä rasituksella kuin rakenteiden sisällä käytettävät mittalaitteet. Tästä huolimatta myös sisäilman mittaamisessa käytettävät mittalaitteet tulee kalibroida 3–12 kk:n välein, jotta voidaan varmistua mittalaitteiden tarkkuuden säilymisestä.

(Kosteusmittaukset pdf 2015)

8.2.2 Rakenteiden pintojen kosteusmittaus

Rakenteiden pintojen kosteusmittaamisella tutkitaan rakenteen kosteuspiitoisuuden eroja ja kartoitetaan mahdollisia kosteusvauriokohtia rakenteesta. Mittaus perustuu materiaalin sähkönjohtavuuden tai dialektisyyden mittaamiseen. Rakenteen pinnalla suoritettu mittaus reagoi materiaalin kosteuteen, mutta ei pysty määrittelemään, millä syvyydellä rakenteessa kosteus sijaitsee. Mittausmenetelmä pinnalta mitattaessa ei ole myöskään kovin

tarkka. Tämän takia tätä mittaussuunnitelmaa ei voi käyttää rakenteen kosteuspuhtautta määrittämisessä. Pintamittausta ei voi myöskään käyttää määriteltäessä betonin päällystettävyyssuhteita. Tätä mittaussuunnitelmaa käytetäänkin suuntaa-antavana mittaussuunnitelmana ennen tarkempien tutkimusten tekemistä, jotta saadaan alustava kuva siitä, mitkä rakenteet ja rakenteiden kohdat saattavat olla kosteusvaurioituneita.

Pintatutkimusta tehdessä verrataan saman rakenteen eri paikoista saatua mitta-arvoja keskenään. Tällä kartoitetaan muista poikkeavia rakenteen kosteusarvoja. Pintojen kosteusmittaus on rakenteita rikkomaton tutkimusmenetelmä.

(Kosteusmittaukset pdf 2015)

8.2.3 Kosteusmittaukset tuuletustiloissa

Tuuletustilojen kosteudenmittaamisen tarkoituksena on selvittää, onko tuuletustilan ilman suhteellinen kosteus tarpeeksi korkea aiheuttaakseen rakenteille kosteusvaurioita. Tuuletustiloissa kosteuden mittaaminen voidaan suorittaa tuuletusilmasta tai rakenteiden pinnoilta. Tuuletustilojen kosteudenmittaamisen yhteydessä tulee aina mitata myös ulkolämpötila ja suhteellinen kosteus. Tuuletettujen tilojen kriittisimmät alueet ovat tuuletuksen katvealueet, alueet joissa on suuri kosteudentuotto ja alue, jossa tuuletusilma poistuu rakenteesta mittauksen aikana.

Tuuletustilan kosteuden mittaamisen tulisi olla jatkuvaa. Mitä lyhyemmällä aikavälillä mittausta suoritetaan, sitä vaativampaa tulosten analysoiminen on. Tuuletustilan kosteuden mittaaminen tulisi kestää vähintään vuorokauden, mutta mielellään ainakin viikon.

Rakenteiden pinnoilta tehdyistä kosteusmittauksista saadaan pidemmän aikavälin tietoa rakenteen kosteusolosuhteista. Tuuletettuja rakenteita ovat esim. ryömintätilaiset alapohjat, tuuletetut yläpohjat ja tuuletusraolliset seinärakenteet.

Tuuletetuissa rakenteissa käytettävät kosteudenmittauslaitteet tulisi kalibroida erikoistuneessa kosteuslaboratoriossa 3–12 kk:n välein.

(Kosteusmittaukset pdf 2015)

8.2.4 Rakenteiden sisäiset kosteusmittaukset

Rakenteen sisäisissä kosteusmittauksissa mitataan joko rakenteen huokosilman suhteellista kosteuspuhtautta rakenteeseen asennetun anturin avulla tai materiaalin kosteuspuhtautta painoprosenttiin nähden ottamalla materiaalista koepala.

Rakenteen suhteellisen kosteuden mittaamisessa käytetään porareikämittausmenetelmää. Tässä menetelmässä rakenteen pintakerrokset, kuten lattian muovimatto, poistetaan mittauksen alueelta betonipintaan asti. Beto-

niin porataan halkaisijaltaan 16 mm:n reikä noin 10–20 mm:n syvyyteen. Porattu reikä puhdistetaan huolellisesti imuroimalla, jonka jälkeen reikään asetetaan muoviputki mittausta varten. Muoviputki parantaa mittauksen tarkkuutta pienentämällä mittareian olosuhteiden heittelyitä ja reiän ilmatiiveyttä. Tätä varten löytyy mittalaitteiden valmistajien tarjoamia, tähän tarkoitukseen tehtyjä muoviputkia, mutta esim. sähköputki ajaa asian maanpäälle.

Porareikämittaus on erittäin tarkka sisäilmassa ja mittausrei'issä vallitsevista olosuhteista. Reiän poraamisen jälkeen se suojataan lämpötilavaihteluilta ja muilta häiriöiltä. Porareian tulee myös antaa tasaantua vähintään kolme vuorokautta poraamisen jälkeen. Tällä varmistetaan reiässä vallitseva kosteustasapaino. Porareikämittauksen raportointi tulee olla kattava ja tarkka. Kaikkien tehtävien reikien syvyys tulee kirjata ylös millin tarkkuudella, ja kaikkien eri rei'issä käytettyjen mittalaitteiden numerot tulee kirjata ylös. Porareikä tulee myös tiivistää huolellisesti. Reikään asennetun putken varsi lattiatasossa tulee tukkia huolellisesti esim. kitillä. Myös putken yläpää tukitaan höyrynkestävällä kitillä, tulpalla tai teipillä reiän tasaantumisen ajaksi. Kun mittapää asetetaan porareikään, tulee putken pää tällöinkin tukkia höyrytiiviillä kitillä, jotta mittalaitteen varsta pitkin ei pääse valumaan kosteutta mittareikään. Tehdessä porareikämittausta tulee kirjata ylös myös huoneen lämpötila ja suhteellinen kosteus.

Porareikämittauksen sijasta voidaan käyttää näytepalamittausta. Näytepalamittausta voidaan suorittaa nopeammin kuin porareikämittaus, ja se on myös tarkempi kuin porareikämittaus. Näytepalamittauksessa mitattavasta materiaalista poistetaan pinnasta vähintään 2 mm:n verran materiaalia pyöreältä alueelta. Tämän jälkeen näytepala otetaan kuopan pohjalta vähintään 2mm syvyydestä. Näytepalat otetaan kuopan keskeltä ja vältetään ottamasta palasia kuopan reunojen läheisyydestä. Näytepalojen tulee olla noin 5 mm³ kokoisia.

Näytekappaleiden mittaus suoritetaan tiiviissä, mieluusti lasisessa putkessa, joka puhdistetaan ennen käyttöä. Näytekappaleesta poistetaan runkoainerakeet ja porauspöly. Näytekappaleen tulee olla noin kolmasosa näyteputken tilavuudesta, jotta kappaleiden kosteuspitoisuus pääsee tasaantumaan putken ilman kanssa. Heti näytteiden laittamisen jälkeen putken asetetaan mittapää ja putki tiivistetään esim. kitillä. Näytekappaleen annetaan tasaantua putkessa noin 5–12 tuntia.

Halutessa selvittää materiaalin kosteuspitoisuutta painoprosenttiin nähden voidaan käyttää punnitus-kuivatusmenetelmää. Punnituskuivatusmenetelmässä otetaan materiaalista näytepala, joka punnitaan ensin kosteana, minkä jälkeen näytepala kuivataan yleensä 105 °C:ssa uunissa ja punnitaan tämän jälkeen uudelleen. Vertaamalla näitä kahta punnitus tulosta saadaan selvillä materiaalin kosteuspitoisuus.

Punnitusmenetelmän virhemahdollisuudet yleensä rajoittuvat näytteen otossa, punnituksessa ja säilytyksessä tehtyihin virheisiin. Tämä on ainoa menetelmä, jolla voidaan selvittää materiaalin kosteuspitoisuus painoprosenttiin nähden.

Betonirakenteen pintakerroksien alta, esim. lattiamuovimatton alta, voidaan mitata kosteuspitoisuutta viiltomittauksella. Viiltomittauksessa rakenteen päällimmäisiin kerroksiin, esim. muovimattoon, tehdään viilto, jonka jälkeen kerrosten väliin asetetaan korokepalat ja korotetun kerroksen alle asetetaan kosteusmittapää. Viilto tulee tiivistää huolellisesti kosteudenmittaamisen ajaksi (viillon tulee olla täysin vesihöyryntiivis). Viiltomittauksella saadaan selville lattiapinnoitteen alla sijaitsevan ilman suhteellinen kosteus.

(Kosteusmittaukset pdf 2015)

8.3 Kemiallisten epäpuhtauksien mittaaminen

Kemiallisten epäpuhtauksien eli VOC-yhdisteiden mittaamisella voidaan selvittää sisäilmassa mahdollisesti esiintyviä ongelmia. VOC-yhdisteiden mittauksella voidaan määrittää, onko rakenteellisiin mikrobivauriotutkimuksiin aiheutta ja onko sisäilmassa päästöjä rakennusmateriaaleista tai muista epäpuhtauslähteistä kuten polttoaineista tai puhdistusaineista. VOC-mittauksista voi ilmetä myös ilmastoinnissa piileviä ongelmia. Mikrobivaurio näkyy VOC-yhdisteiden mittauksessa mikrobien aineenvaihduntatuotteina.

VOC-mittauksissa käytetään joko aktiivista tai passiivista näytteenotomenetelmää. Passiivinen näytteenotto hyödyntää näytteen diffuusiota adsorbenttiin. Tällä menetelmällä saadaan aikaan pitkäaikaisia mittauksia jopa viikkojen ajalta. Aktiivisessa näytteenotossa näytteet kerätään adsorbenttiin pumpaamalla.

(Baumedin kotisivut n.d.)

9 SISÄILMAKORJAUKSET

Korjauksen perustana sisäilmaongelmissa käytetään korjaustarveselvitystä. Korjaustarveselvityksenä voidaan käyttää kuntotutkimusta. Korjaustarveselvityksessä tulee olla otettu huomioon sisäilman laatuun ja rakenteiden kosteustekniseen toimintaan vaikuttavat tekijät. Korjaustavat voivat vaihdella suuresti riippuen vian laajuudesta. Joissain tapauksissa sisäilman laatua voi parantaa yksinkertainen ilmanvaihdon huoltaminen siivoamalla ja säätämällä. Joskus korjaaminen joudutaan kohdistamaan rakenteisiin, esim. vuotokohtien tukkimiseen.

Tutkittaessa sisäilmassa ilmeneviä yhdisteitä on tärkeää tutkia sisäilman mahdolliset yhdisteiden lähteet. Esimerkiksi homehtuneet elintarvikkeet, maalit, bensiinit ja pesuaineet voivat aiheuttaa erilaisten yhdisteiden pääsyn sisäilmaan. Vasta kun ulkopuoliset yhdistelähteet on rajattu pois, voidaan harkita rakenteiden tutkimista. Ennen rakennekorjausten aloittamista tulee aina paikantaa sisäilman yhdisteiden määrää vastaava rakenne, jotta vältetään sisäilmaongelman kannalta epäolennaisen rakenteen korjaamista.

Mitattaessa mikrobi-, VVOC- ja VOC -yhdisteitä tulee sisäilma- ja materiaalinäytteiden analyysitulosten välillä olla vastaavuus. Tilassa, jossa on vaurioitunut sisäilma, on ensisijaisen tärkeää tunnistaa yhdisteiden lähteet ennen korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä. Yksittäisillä yhdisteillä on monia mahdollisia lähteitä rakennuksissa, eikä ongelma aina ole rakenteellinen, vaan saattaa aiheutua ulkoisesta lähteestä kuten pilaantuneesta ruoasta tai varastoidusta polttoaineesta.

9.1 Rakenteiden vauriot ja ilmavuodot

Seinä rakenteen kastumisesta mahdollisesti johtuva paikoittainen mikrobikasvusto seinä rakenteen sisässä on tavanomaista seinä rakenteille. Mikäli rakenne ajoittain kastuu tai rakenteessa on havaittavissa paikoittaisia mikrobikasvustoja, ei kyseessä ole vielä rakenteen vaurio. Ajoittainen kastuminen ja mikrobikasvustot eivät vaurioita rakennetta, eivätkä vielä itsessään pilaa sisäilman laatua. Vaurio rakenteessa syntyy siinä vaiheessa, kun rakenteen sisällä olevat epäpuhtaudet pääsevät huoneilmaan. Epäpuhtauksien sisälle pääsyn voivat aiheuttaa rakenteiden vuotokohdat, joiden seurauksena ilma kulkeutuu rakenteen läpi ulkoa sisälle.

Rakenteisiin säädetään ilmastoinnilla yleensä pieni alipaine. On siis normaalia, että rakennuksessa vallitsee pieni alipaine. Kaikki rakennuksen vaipassa olevat epätiivelyskohdat voivat kuljettaa ilmavirtauksen mukana sisäilmaan epäpuhtauksia mm. seinä rakenteiden sisältä sekä maaperästä.

(Sisäilmatutkimukset ja -korjaukset pdf 2014)

9.1.1 Rakenteen sisäkuoren ilmatiiveyden varmistaminen

Sisäkuoren vuotoherkimmät kohdat ovat alapohjan ja seinän liitännät, yläpohjan ja seinän liitännät, seinä rakenteiden kulmat, ikkunat ja ovirakenteet. Rakennevuotoja voidaan korjata tiivistämällä näitä liitoskohtia. Ikkunat ja ovirakenteet ovat helpoimmat tiivistää, seinän ja yläpohjan liitännät taas sijaitsevat rakenteiden sisäpuolella ja tiivistäminen voi olla hankalaa ja työlästä.

Rakennuksen ulkovaipan sisäkuoren tiivistäminen on korjausmenetelmä, jolla estetään epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. Tiivistäminen vaatii erillisen korjaussuunnitelman. Lähtökohtaisesti kerroksellisen seinä rakenteen sisäkuoren tulee aina olla ilmatiivis.

Toisena vaihtoehtona tiivistämiselle on rakenteen kapselointi. Kapselointi on korjausmenetelmä, jossa epäpuhtauksien kulkeutuminen estetään konvektiolla ja diffuusiolla. Kapselointisuunnitelmissa tulee olla esitettynä kapselointimateriaali tuotetasolla, tuotteelta vaadittava kerrosvahvuus tai vähintäänkin vesihöyrynläpäisevyyden vähimmäisvaatimus.

(Sisäilmatutkimukset ja -korjaukset pdf 2014)

9.2 Puhdas sisäilma

Sisäilman epäpuhtaudet voivat olla muutakin kuin mikrobiperäisiä päästöjä ja maaperän epäpuhtauksia. Huonepölyt, ilmastoinnin epäpuhtaudet ja hiilidioksidi voivat suuresti vaikuttaa sisäilman laatuun. Esimerkiksi huonosti toimiva ilmastointi voi aiheuttaa sisäilmaan suuren hiilidioksidipitoisuuden. Suuri hiilidioksidipitoisuus voi aiheuttaa tilan käyttäjissä väsymystä ja päänsärkyä. Kun ilmassa on paljon hiilidioksidia, koetaan ilma tunkkaiseksi ja raskaaksi. Hiilidioksidipitoisuuden sisätiloissa tulisi normaaliolosuhteissa jäädä alle 1200 ppm:n tason. Vastaava taso ulkoilmassa on noin 400 ppm. (Sisäilmatutkimukset ja -korjaukset pdf 2014)

9.2.1 Ilmanvaihdon huoltaminen

Ilmanvaihdon riittävä toiminta edellyttää ilmanvaihtojärjestelmän ajoitusta huoltamista. Yleisimmät huoltotoimenpiteet ilmanvaihtojärjestelmälle ovat muun muassa järjestelmän puhdistaminen ja säätäminen. Puhdistamisella pidetään huolta siitä, ettei ilmanvaihtojärjestelmä itsessään tuo sisäilmaan epäpuhtauksia. Rakennuksessa tehtävien isompien siivousten yhteydessä tulisi puhdistaa helposti käsiteltävät ilmanvaihtojärjestelmien osat, kuten ilmanvaihdon tulo- ja poistoritilät ja ilmanvaihtokoneiden kaapistot. Tarvittaessa ilmanvaihtojärjestelmien suodattimet tulee vaihtaa uusiin, puhtaisiin suodattimiin. Ajoittain tulee myös varmistua, esim. kuvausten tai mittausten avulla, ilmanvaihtojärjestelmän kanavistojen puhtaudesta. Mikäli kanavistoissa on rakenteellisia vikoja tai vuotokohtia, saattaa kanavistossa alkaa kasvaa mikrobiyhdykskuntia. Kanavan vuotokohdista saattaa myös kulkeutua kanaviston kautta sisäilmaan muita epäpuhtauksia, kuten eristekuituja.

Ajoittain tulee myös varmistua ilmanvaihdon riittävydestä. Tämä ongelma ilmenee sisäilman korkeana hiilidioksidipitoisuutena. Ilmanvaihdon tuloilman tulee myös huuhdella sisäilmaa tasaisesti jokaisesta huoneesta ja jokaisen huoneen eri nurkista. Hiilidioksidimittauksilla ja käyttäjien haastatteluilla voidaan seurata ilmanvaihdon tilaa.

9.2.2 Sisäilman laatua parantavat toimenpiteet

Sisäilman ja ulkoilman paineistamisen tasaamisella kyetään vähentämään rakenteen läpi sisälle kulkeutuvan ilman määrää. Tasaamalla sisä- ja ulkoilman paine-ero nolnaan pascaliin saadaan ilmavirtauksia rakenteen läpi rajoitettua. Estettäessä maaperästä kulkeutuvien epäpuhtauksien pääsy sisälle alipaineistetaan maavastaisen alapohjan maatyttö sisäilmaan nähdessä. Tämä kääntää rakenteen läpi kulkeutuvan ilmavirran sisältä ulospäin.

Mikäli rakennuksen alapohjaan kohdistuu suuri kosteusrasitus, voidaan sitä hallinnoida maavaraisen lattian kosteussululla sekä uusimalla lattia päällysteet. Perustusten kuivatusjärjestelmän uusimisella voidaan estää vajovesien kulkeutuminen rakennuksen alla olevaan perustäyttöön.

Myös yleinen puhtaus voi vaikuttaa suuresti rakennuksen sisäilman laatuun. Näitä epäpuhtauksia ovat muun muassa huonepölyt sekä ilmanvaihtojärjestelmässä olevat epäpuhtaudet. Ilmanvaihdon kunnollinen toiminta on ensisijaisen tärkeää sisäilman laadun kannalta. Ilmanvaihdon puhdistaminen, säätäminen tai ääritapauksessa koko järjestelmän uusiminen voi huomattavasti parantaa rakennuksen sisäilman laatua, esim. pitämällä sisäilman hiilidioksiditasot alhaisina.

(Sisäilmatutkimukset ja -korjaukset pdf 2014)

9.2.3 Ilmastointilaitteiden hiukkassuodattimet

Nykyisten ilmanvaihtojärjestelmien kyky vähentää hiukkasten määrää rakennuksessa on hyvin rajallinen. Ainoa keino hiukkasten rajoittamiselle on ilmanvaihdon lisääminen tai korkean erotusasteen tuloilmasuodattimien käyttö. Kummallakaan toimenpiteellä ei saada tuntuvaa alennusta sisäilman hiukkaspitoisuuteen.

VTT on kehittänyt uusia ilmansuodatusratkaisuja, joilla voidaan alentaa sisäilmanhiukkaspitoisuuksia huomattavasti lisäämättä merkittävästi energiankulutusta. Näillä ratkaisuilla voidaan odottaa jopa vähintään 90 %:n hiukkaspitoisuuden alenemaa. Ratkaisu edellyttää ilmanjakoon sisäilmaa puhdistavia ilmanjakolaitteita sekä tuloilman suodatukseen elektreettisuodatinta tai hiukkasvaraajyhdistelmää.

Jotta sisäilman hiukkaspitoisuutta saadaan alennettua merkittävästi, täytyy sisätiloihin tuottaa huomattavasti enemmän puhdasta ilmaa, ja sisätiloihin kulkeutuvaa hiukkasvirtaa tulee alentaa oleellisesti. Taloudellisena edellytyksenä on, että tämä tulos saavutetaan lisäämättä ilmanvaihtoa, energiankulutusta tai ilmastoinnin kokoa merkittävästi.

Ilmavirran puhtaus voidaan moninkertaistaa puhdistamalla myös ilmavirta, joka syntyy induktiona tuloilmasta jakolaitteella. Ratkaisu edellyttää, että hiukkasuodatuksen painehäviö olisi erittäin alhainen, jolloin suodatus voidaan toteuttaa edullisella sähkösuodattimella. Tuloilmasuodatus voidaan tehostaa aiheuttamatta painehäviötä käyttämällä hiukkasuodattimena elektreettisuodattimia ja varaamalla suodattimiin menevät hiukkaset sähköisesti. Ratkaisu ei tuota oleellisia muutoksia IV-koneisiin. Hiukkasten varaamiseen vaadittu sähköteho on käytännössä merkityksetön, 1 W/m³/s, jalisäksi elektreettisuodattimen ja varaajan painehäviö on samaa luokkaa kuin perinteisten suodattimien, jolloin sen käyttö ei lisää energiankulutusta.

(Sisäilmastoseminaari 2014, 81-85)

9.3 Maatäytön alipaineistus alapohjan alla

Alipaineistamalla alapohjan alainen maatäyttö saadaan siinä olevien epäpuhtauksien, kuten radonin ja maaperän mikrobien, kulkeutuminen sisäilmaan estettyä. Tällaiset ratkaisut ovat kustannustehokkaita sekä helppoja

ja nopeita asentaa ja ne tuottavat alapohjalle kuivattavaa vaikutusta sekä takaavat epäpuhtauksien hallitun poistamisen rakenteista. Järjestelmä voidaan myös asentaa valmiiseen taloon ilman suurempia purkutöitä.

Ratkaisussa alapohjan alainen maatyttö alipaineistetaan suhteessa rakennuksen sisäilmaan. Myös ryömintätiloissa saadaan koneellisella poistolla alipaineistava vaikutus. Alipaineistusratkaisu vaikuttaa sisäilmaan lämpötilaa alentavalla tavalla, eikä se sovellu kaikille alapohjarakenteille. Esim. maavaraisen betonilaatan päälle koolatulle puulattialle alipaineistus ei sovellu, koska alipaineistaminen kasvattaa puurakenteiden vaurioitumisriskiä.

Alipaineistusjärjestelmä edellyttää aina kohteen yksilöllistä tarkastelua ja suunnittelua sekä usein ennen suunnittelua tehtävää koealipaineistusta ja virtausteknisiä tarkasteluja paine-eromittauksineen. Jos kohteelle ei tehdä yksilöllisiä tutkimuksia, on olemassa suuri riski alipaineistuksen epäonnistumiselle tai jopa sisäilmaongelman pahentumiselle. Suositeltavaa kirjallisuutta alipaineistustyölle on Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen -opas. Lisäksi alipaineistusjärjestelmän toimivuutta ja vaikutus- aluetta suositellaan tarkastettavaksi säännöllisin väliajoin.

(Sisäilmastoseminaari 2014, 197-202)

9.4 Rakenteiden tiivistäminen

Rakenteiden tiivistämisellä voi olla suuri vaikutus rakennuksen sisäilmaongelmiin ja sisäilman mukavuuteen. Tiivistävillä toimenpiteillä voidaan vähentää rakenteiden ilmavuotoja vähentäen vedon tunnetta, parantaen rakennuksen energiatehokkuutta ja pitäen rakenteiden sisäiset tai alapohjan alaiset epäpuhtaudet pois rakennuksen sisäilmasta. Tiiviillä seinärakenteiden sisäpinnoilla saadaan vähennettyä esim. seinärakenteessa kosteudesta johtuvan mikrobikasvuston pääsyä sisälle. Tiiviillä alapohjalla sekä alapohjan ja seinien liitoksilla saadaan vähennettyä esim. sisälle pääsevän radon kaasun määrää. Rakenteesta on usein hyvin vaikeaa löytää kaikkia ilmavuotokohtia, ja tästä syystä rakenteiden tiivistäminen itsessään ainoana korjauskeinona ei yleensä ole riittävä korjaustoimenpide.

Esimerkiksi alapohjan ilmatiiveyttä radonin varalta voidaan parantaa tiivistämällä alapohjan ja sokkelin liitosta PU-saumamassalla, laatoitettua osaa silikonilla ja maapaineseinää kylmä- ja kuumabitumilla.

VOC-yhdisteitä varten on kehitetty cTrap-niminen tuote, joka alentaa VOC- ja pienhiukkasten päästöjä sallien silti kosteuden haihtumisen. Tätä tuotetta on käytetty koulurakennuksen sisäilman parantamiseen.

(Sisäilmastoseminaari 2014, 167-171)

9.5 Rakenteiden uusiminen

Esimerkiksi betonilaattalattian VOC -korjausmenetelmissä saatetaan joutua poistamaan lattian päällyskerrosten lisäksi itse betonia jyrsimällä tai hiomalla. Lattiapinnoitteen poistamisen yhteydessä poistetaan myös vanha kiinnitysliima ja lattiatasoite tarpeen mukaan. Hiomisella saadaan aikaan jyrsimä tasaisempi pinta. Hiottu pinta vaatii myös vähemmän tasoitetta, kun lattia päällystetään uudelleen; hionta on myös jyrsimää edullisempää. Monessa tapauksessa betonilattioiden korjauksessa hionta on riittävä toimenpide. Jyrsimä tekee pinnasta epätasaisen ja tarvitsee näin ollen uudelleenpäällystyksessä enemmän tasoitetta. Jyrsimä on kalliimpi toimenpide, eikä sitä tarvita jokaisessa tapauksessa. Jyrsimällä saadaan kuitenkin tuuletusta varten lattian pintaan enemmän tuuletettavaa pinta-alaa kuin hionnalla. Jyrsimä tekee myös betonin huokoisrakenteesta hyvin avoimen.

Betonilattian VOC-korjauksessa tulee huolehtia riittävästä tilan tuulettamisesta. Tuuletusajan tarvetta voidaan tutkia betoninpinnalta otettavilla FLEC-näytteillä lattian emissionopeuden selvittämiseksi. Tuuletusajan tarve riippuu myös tilan lämpötilasta. Eräiden tutkimusten mukaan 30–35 asteen lämpötilassa tilan tuuletusajaksi saatiin 2–3 viikkoa.

Purkutyön aikaiseen ilmanvaihdonkertolukuun ei ole otettu tieteellisissä tutkimuksissa kantaa, mutta ohjeistusta työlle voi soveltaa esim. Raturkortista Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Esimerkkinä työnaikaisesta tilan tuulettuksesta voidaan mainita eräs tilanne, jossa purkutyönaikaiseksi ilmanvaihtokertoimeksi oli määritelty vähintään 6 l/h, mikä jatkui vielä 3 vuorokautta purkutyön päätyttyä. Kolmen vuorokauden jälkeen tämä kerroin pienennettiin vähintään 3 l/h-kertoimeksi useiksi viikoiksi.

Työterveyslaitos on laatinut 2008 työohjeen, jonka pohjalta betonin ilmahuokosiin imeytyneitä VOC-aineita poistettaisiin käsittelemällä jyrsimä pinta Penetrox-S-peroksidiliuoksella. Aineen vaikutusajaksi suositellaan kaksi vuorokautta, jonka jälkeen rakenteen pitäisi antaa kuivua kolme vuorokautta. Joidenkin tutkimuksien mukaan tämä aika ei kuitenkaan riitä, vaan tämän käsittelyn seurauksena löytyy sisäilmasta vielä enemmän VOC-yhdisteitä. Tämän takia VOC-yhdisteitä sisältävää kemikaalia ei voida varauksetta suositella käytettäväksi sisäilmaongelmia aiheuttavan betonin puhdistukseen.

Betonilattia voidaan myös kapseloida suuren diffuusiovastuksen omaavalla rakennekerroksella, kuten tähän tarkoitukseen suunnitellulla höyrynsuullalla tai kapselointiepoksilla. Kapseloinnin tarkoitus on estää tai hidastaa VOC-yhdisteiden pääsyä betonirakenteesta sisäilmaan.

Valittaessa betonilattialle uutta lattiapäällystettä halutaan usein, että rakennusmateriaali kuuluu M1-päästöluokkaan. Rakennustietosäätiö on kerännyt sivuilleen (www.rakennustieto.fi) 2300 nimikkeen listan M1-luokan rakennusmateriaaleista referenssiksi. Käytettäessä M1-luokan materiaaleja tulee kuitenkin huomioida, ettei materiaalin päästötaso tasoitu heti rakentamisen jälkeen, vaan tähän prosessiin voi kulua jopa 1–2 vuotta.

Tämä tulee huomioida esimerkiksi seurantatutkimusten suunnitelmia laadittaessa ja tutkimuksia tehdessä.

(Betonilattioiden VOC-korjausmenetelmien vertailu 2014)

10 LAADUNVARMISTUS

Puhuttaessa laadunvarmistuksesta korjausrakentamisessa tulee ensimmäisenä mieleen tehdyn työn tarkistaminen, korjattujen vuotokohtien tutkiminen ja niin edelleen. Korjausrakentamisessa laadunvarmistuksen tulee kuitenkin olla mukana heti alusta lähtien varmistamassa, että jokainen tehtävä työvaihe ja työn eteneminen ovat loogisia ja että tehdyn työn laatu täyttää hyväksyttävät rajat. Kunnollinen laadunvarmistus korjausrakentamisessa on mukana projektin alusta loppuun. Näin varmistutaan, että kaikki tutkimuksista ja havainnoista lähtien aina korjaustavan valitsemiseen ja toteuttamiseen tulee tehtyä riittävän hyvin.

10.1 Lähtötilanne, riskiarvion teko sekä vaurioiden kartoitus

Kun ollaan tekemisissä korjattavan kohteen kanssa, jonka ongelmana on sisäilman pilaantuminen, on rakenteiden riskiarvioinnin ja lähtötilanteen selvityksen tekeminen ensisijaisen tärkeää. Jotta sisäilmaongelmat pystytään hävittämään rakennuksesta, tulee ensin paikantaa päästöjen lähde ja selvittää lähteen olemassaolon syy.

Laadunvarmistuksen tehtävä korjaushankkeen alussa on varmistua siitä, että tutkimukset ja riskiarviointi ensinnäkin käydään läpi, jotta ei korjata ongelman kannalta väärä rakenteita. Tutkimukset tulee tehdä riittävän tarkasti ja laajasti.

Laadunvarmistus vaurioiden kartoituksessa varmistaa kaikkien kohteessa sijaitsevien tekijöiden läpikäynnin. Esimerkkeinä selvitettävistä tekijöistä tutkittaessa sisäilmaongelmia mainittakoon kosteusvauriot, tekniset tekijät kuten ilmanvaihto, rakenteiden vuodot sekä ulkoiset tekijät kuten tiloissa säilytettävät maalit, polttoaineet ja pesuaineet.

Alkututkimusten vaiheessa laadunvarmistus ottaa myös kantaa oikeiden tutkimusmenetelmien, esim. pintakosteusmittareiden, oikeanlaiseen käyttöön ja tulkintaan. Tehtyjen tutkimusten tulee olla myös tarkkuudeltaan ja laajuudeltaan riittäviä. Vaurioiden kartoittaminen ja tutkiminen sekä mittaamiseen lähteminen tulee korjausrakentamisessa tehdä loogisesti ja harkiten. Kaikkia kalliita mittauksia ei kannata ottaa heti alusta lähtien käyttöön, mikäli käyttäjien oireet ja suoritettujen tutkimusten tulokset eivät viittaa niihin.

10.2 Kuntotutkimusten sekä mittausten suorittaminen

Sisäilmaongelmakohteen korjausrakentamisessa tehtävät mittaukset tulee päättää perustuen käyttäjien oireisiin sekä aistinvaraisesti selvinneisiin epäkohtiin. Kohteen mittaustulosten laadunvarmistuksessa on monta tärkeää seikkaa, jotka on hyvä ottaa huomioon. Tällaisia seikkoja ovat muun muassa tarkoitukseen sopivien laitteistojen käyttäminen, mittausten tekijöiden pätevyyden varmistaminen, riittävän ajan varaaminen mittausten vaatimalle työlle sekä mittaustilojen oikeanlainen ja riittävä suojaaminen. Jotkin mittausmenetelmät ja -laitteet ovat erittäin herkkiä kaikenlaisille muutoksille, kuten lämpötilan ja ilmankosteuden muutoksille. Tämän takia mitattava alue tulee eristää ulkopuolesta riittävin keinoin, jotta mittauksista saadaan paras mahdollinen tarkkuus. Mittausten laadunvarmistuksessa tulee myös varmistua mittauksen riittävästä määrästä ja oikeasta mittaus-tavasta.

Suoritettaessa erilaisia tutkimuksia sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa tulee eri mittausten ja tutkimusten edetä loogisessa järjestyksessä. Ennen varsinaisten mittausten aloittamista tulee tutkia rakennuksessa sijaitsevat ns. ulkoiset lähteet, kuten mahdollisesti ongelmia aiheuttavat kalusteet ja irtaimisto tai haitallisia yhdisteitä tuottavat aineet kuten maalit ja lakat.

10.3 Korjausten suunnittelu vaihe

Kun korjataan vanhaa rakennusta, on ensisijaisen tärkeää ottaa huomioon vanhan rakennuksen rakenne- ja kosteustekninen suunnittelu. Jotkin nykyaikaisista korjausmenetelmistä eivät välttämättä sovellu kaikkiin vanhoihin rakennuksiin. Joissain tapauksissa nykyaikaisen sovelluksen asentaminen vanhaan rakennukseen vaikeuttaa rakennuksessa vallitsevaa tilannetta entisestään. Esimerkiksi koneellisen ilmanvaihdon asentaminen saattaa vaikeuttaa vanhan rakennuksen sisäilmatilannetta.

Korjauksen tulee aina kohdistua sisäilmaongelman lähteeseen. Eri yhdisteet ja epäpuhtaudet sisäilmassa eivät ole syy sisäilmaongelmiin, vaan tulee selvittää, mistä syystä yhdisteet tai epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan ja miksi yhdisteitä tai epäpuhtauksia syntyy rakenteissa tai muissa sisäilmaan johtavissa tiloissa.

Korjaussuunnittelua tehtäessä tulee ottaa huomioon kaikki havaitut haitat rakenteissa ja ulkoisista lähteistä. Rakenteen korjaamista ennen rakenteen ja sisäilman välillä tulee vallita selvä yhtenäisyys sisäilmamittauksessa ja materiaalimittauksessa. Korjaussuunnitelmassa valittavien korjausmenetelmien tulee olla myös rakennusteknisesti toimivia. Mitään rakennetta ei tulisi korjata tavalla, joka ei poista aiheutuneen haitan syytä tai joka aiheuttaa lisää ongelmia samaan tai muihin rakenteisiin. Korjatun rakenteen tulee toimia yhdessä vanhan korjaamattoman rakenteen kanssa.

Suunnittelussa tulee myös varmistua korjausten kattavuudesta, jotta kaikki ongelmia aiheuttavat syyt saadaan torjuttua ja näin varmistuttua rakennuksen sisäilman hyvänä säilymisestä tulevaisuudessa.

10.4 Korjausrakentamisvaihe

Ennen korjaustoimenpiteiden aloittamista kohteen sisäilmavalvojan tai sisäilma-asiantuntijan olisi hyvä opastaa kaikki kohteessa toimivat henkilöt oikeanlaisista korjaus- ja puhtaanapitomenetelmistä. Kaikkien kohteessa toimivien sitoutuminen yhteisiin sääntöihin ja sovittujen asiakkoitten työohjeiden helppo saatavuus kohteessa edesauttaa korjaustoimenpiteiden ja puhtauden laadunvarmistusta. Työmaavalvonnan ja sisäilmavalvojan tulee varmistua yhteisten sääntöjen noudattamisesta sekä menetelmien käytöstä työmaalla. Valvonta tulee dokumentoida ja kirjata ylös valvontapäiväkirjaan.

Kaikkien kohteessa toimivien tahojen sitoutuminen yhteisiin sääntöihin edesauttaa korjaustoimenpiteistä syntyvien epäpuhtauksien ja niiden leviämisen minimoimista. Epäpuhtauksien leviämistä voidaan rajoittaa korjattavien kohteiden osastoinnilla ja alipaineistuksella. Myös korjauksessa käytettävät koneet ja niiden suodattimet tulee tarkistaa epäpuhtauksien varalta. Korjaushankkeessa olisi hyvä käyttää mallihuone-periaatetta, jolla hyväksytetään korjauksen puhtaustaso ja menetelmät.

Korjaamisessa syntyvä rakennusjäte tulee myös poistaa paikalta turvallisesti ja tehokkaasti. Rakennusjätteen ja pölyn pääseminen rakennuksen ilmanvaihtoon tulee estää, jotta kaikki epäpuhtaudet ja yhdisteet saadaan pois rakennuksesta mahdollisimman tehokkaasti. Korjattavan alueen siivous tulee hoitaa myös säännöllisesti ja uusien päästöjen päästäminen rakennukseen tulee estää. Esimerkiksi tupakoinnista syntyvät epäpuhtaudet ja työstä syntyvä pöly tulee minimoida rakennuksen sisällä. Työmaalle tulisi aina perustaa kiinteä tupakointialue, jonka ulkopuolella tupakointi on kiellettyä.

Toimittaessa sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa tulee myös varmistua työntekijöiden työturvallisuudesta. Hengityssuojaimet ja suojavaatteet tulee valita kohteen ja epäpuhtauksien mukaisesti.

10.5 Luovutus- ja muuttovaihe

Ennen korjatun rakennuksen luovuttamista suoritetaan loppusiivous. Luovutettaessa rakennus takaisin käyttäjille tulee käyttäjät kouluttaa rakennuksen oikeanlaiseen käyttämiseen. Käyttäjien tulee tietää, miten rakennusta ja sen tekniikkaa käytetään, jotta uusilta sisäilmaongelmilta voidaan välttyä. Tällä voidaan varmistaa esimerkiksi riittävä ilmanvaihto kaikkina vuorokauden aikoina.

Käyttäjien muuttaessa takaisin tiloihin tulee myös varmistaa, että tiloihin ei tuoda sisäilmaongelmia aiheuttavia kalusteita tai irtaimistoa.

10.6 Jälkiseuranta

Jälkiseurannassa tulee tarkkailla käyttäjien oireiden uusiutumista. Oireiden uusiutuessa tulee kiinnittää ensimmäisenä huomiota rakennuksen käyttöön sekä ulkoisiin epäpuhtauslähteisiin. On myös seurattava, onko ilmanvaihto

rakennuksessa riittävä ja saattaako irtaimistossa olla haitallisia yhdisteitä. Joissain tapauksissa jälkiseuranta voi pitää sisällään jälkimittausten suorittamisen.

10.7 Korjaushankkeen viestintä

Korjaushankkeen vaiheista ja laadunvarmistuksesta viestintä luo luottamusta käyttäjien ja urakoitsijoiden välille. Kattavalla ja avoimella viestinnällä saadaan parannettua urakoitsijoiden ja korjausrakentamisen mainetta käyttäjien ja tilaajayksikön silmissä.

10.8 Laadunvarmistustoimenpiteet

Laadunvarmistustoimenpiteillä tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka tehdään korjaus- tai rakennusvaiheen päätyttyä. Toimenpiteitä ovat muun muassa lämpökuvaukset ja merkkiainekokeet. Laadunvarmistusta voidaan toteuttaa myös kohteen seurannalla, esim. käyttäjäkyselyillä tai määräajan päästä suoritettavilla mittauksilla.

10.8.1 Lämpökuvaus laadunvarmistuksessa

Ainoa riittävän tarkka ja nopea menetelmä rakennuksen vaipan lämpötekni- nisen kunnon tarkkailulle on lämpökuvaus. Parhaimmillaan lämpökuvaus toimii rakennusurakoitsijan laadunvarmistustyökaluna, jolloin voidaan havaita vikoja ja puutteita jo työn aikana. Vikojen ja puutteiden havainnointi varhaisessa vaiheessa alentaa korjauskustannuksia, on helppoa toteuttaa sekä minimoi vuosikorjausten ja takuutöiden määrää. Lämpökuvauksen tulli- si laadunvarmistuksessa tapahtua kylmänä vuodenaikana; jos rakentamisen tai korjaamisen aikana on lämmin vuodenaika, tulee kuvaukset suorittaa seuraavana talvena. Tämä aiheuttaa usein lisäkustannuksia. Erityistä huomiota lämpökuvauksissa tulee kiinnittää seuraaviin kohteisiin:

- 1 -lehtisten parvekeovien tiivistykset
- parvekeovien karmin ja kynnyksen tiivistykset
- nurkkaikkunoiden karmin tiivistys
- lattian ja seinän liitokset, erityisesti ensimmäisessä kerroksessa
- ulkoseinien alaosien pistorasiat
- ulkovaipan läpi menevien rakenteiden liittymät, esim. pilarit/palkit
- liittymäkohdat, joista puutuvat ilmansulkulimitykset
- sokkelin ja seinän liitokset
- yläpohjan ilmansulun läpiviennit ja aukot
- rakenteiden läpi menevät tukirakenteet

(Rakennusten lämpökuvaus 2011)

10.8.2 Merkkiainekoe

Rakennuksen ulkovaipan hyvä tiiveys on tärkeää niin uudisrakentamisessa kuin korjausrakentamisessakin. Rakennuksen vaipan ilmatiiveys ennaltaehkäisee kosteusteknisten ongelmien ja sisäilmaongelmien syntyä. Rakenteen ilmatiiveyden arvioimiseen ei riitä silmämääräinen arvio, vaan on käytettävä tarkempia mitoituksimenetelmiä kuten merkkiainekoea.

Merkkiainekokeella voidaan paikantaa rakenteissa olevia ilmavuotokohtia täsmällisesti ja nopeasti. Merkkiainekoea tehtäessä tila joudutaan alipaineistamaan. Merkkiainekokeella saadaan selville esim. tupakansavun vuotoreittejä rakennuksessa.

(Tuomas-Hintikka-Posteri pdf 2013)

10.8.3 Ilmanvaihdon huoltaminen

Likainen ilmastointi aiheuttaa osaltaan sisäilmaongelmia. Ilmanvaihto tuo vaihtoilmaa ulkoa sisälle, mutta mikäli ilmanvaihtojärjestelmän kanavistot ja suodattimet ovat likaiset, saattaa se osaltaan huonontaa sisäilman laatua. Yleisimpiä epäpuhtauksia ilmanvaihtojärjestelmässä ovat komponentteihin ja kanavistoon kertynyt pöly sekä ulkoa tulleet hyönteiset ja muut pieneliöt. Eniten ilmanvaihtojärjestelmässä likaa kertyy suodattimille, joiden tehtävä on kerätä epäpuhtauksia tuloilmasta. Suodattimeen kertynyt lika saattaa aiheuttaa sisäilmaan hajuongelmia jo muutaman kuukauden kuluessa, ja ne pitäisikin puhdistaa aina suurempien siivouksien yhteydessä. Ilmanvaihtojärjestelmissä sijaitsevat kostuttimet ovat erityisen alttiita likaantumislle, ja niitä tulisi puhdistaa säännöllisesti. Kostuttimien ja eristämättömien ilmastointikanavien ongelma on myös tiivistyvä kosteus. Jos ilmanvaihtokanavistoon pääsee tiivistymään kosteutta, saattaa siellä esiintyä myös mikrobikasvustoa. Myös kanavien vuotokohdat saattavat aiheuttaa sisäilmaongelmia päästämällä sisäilmaan esim. villakuituja tai muita epäpuhtauksia.

Ilmanvaihdon tulee olla oikeisiin aikoihin käytössä ja riittävällä teholla. Jos rakennuksen ilmanvaihto suljetaan yön ajaksi, tulee se käynnistää uudelleen 2–3 tuntia ennen ensimmäisten tilankäyttäjien saapumista aamulla. Jos lisätarvetta ilmenee käytön aikana, tulee ilmanvaihdon tehoa nostaa vastaamaan tarvittavaa määrää.

(RIL 250-2011)

10.8.4 Ilmanvaihdon mittaaminen

Ilmanvaihdon mittaaminen on tärkeä työvaihe kanavien ja järjestelmän huollon sekä muutostöiden yhteydessä. Ilmanvaihdon mittaamisella ja säätämällä saadaan varmistuttua, että jokaiselle tilalle saadaan tarkoituksenmukainen ilmanvaihdon määrä ja että tulo- ja poistoilmavirtojen suhde on sisäilman paineistuksen kannalta oikea. Ilmanvaihdon mittaamisessa tulee myös huomioida, että tuloilma saadaan jaettua riittävän tasaisesti

huoneistoihin, jotta isompienkin huoneistojen jokainen osa saa tarpeeksi vaihtoilmaa käyttäjien tarpeiden mukaisesti.

10.8.5 Laadunvarmistuksen kosteusmittaukset

Kosteusmittauksilla saadaan laadunvarmistuksen näkökulmasta tietoa mahdollisista kostuneista rakenteista ja mikrobilähteistä. Kosteuden mittaaminen korjausrakentamisessa vaatii osaavan tekijän, jolla on koulutus ja valtuudet tehdä kosteusmittauksia. Kosteudenmittaamisessa käytetyt laitteistot ovat myös erittäin herkkiä ilmaston muutoksille ja häiriöille. Mittaamisessa käytetyt laitteistot tulee kalibroida uudelleen kerran vuodessa valmistajan ohjeiden mukaan tähän erikoistuneessa laboratorioissa. Kalibroiduissakin mittalaitteissa voi silti olla pieniä heittoa, ja tulosten tulkinta vaatii erikoistuneen koulutuksen, esim. VTT:n koulutuksen, saaneen henkilön.

(Kosteusmittaukset pdf 2015)

10.8.6 Ilmatiiveydenmittaukset

Rakennukseen tehty ilmatiiveydenmittaus osoittaa, kuinka hyvin rakennus vastustaa hallitsemattomia, rakenteiden läpi pääseviä ilmavirtauksia. Ilmatiiveysmittaus eroaa merkkiainekokeesta ja lämpökuvauksesta siten, että ilmatiiveydenmittauksessa tutkitaan kerralla koko rakennus luomalla rakennuksen sisälle ylipainetta ja seuraamalla tuloksia mittareilla. Rakennusten hallitsematon ilmavirtaus keskittyy höyryn- tai ilmansulun epätiiveyskohtiin ja vaikuttaa mm. rakennuksen energiatehokkuuteen.

Keskeistä ilmatiiveysmittaamisen onnistumiselle on kunnolla kalibroidut mittalaitteet ja mittaajan ammattitaito. Ammattitaitoisella mittaajalla on esim. VTT:n sertifikaatti pätevydestä.

Ilmatiiveysmittauksissa noudatetaan standardia EN 13829. Ilmatiiveydenmittauksessa rakennukseen luodaan puhaltimen avulla joko ali- tai ylipaine. Rakennuksen sisäilman ja ulkoilman välille luodaan 50 pascalin paine-ero, jonka jälkeen laitteistoon liitetty tietokoneohjelma laskee ilmamäärän, joka kulkeutuu rakenteiden läpi paine-eron johdosta.

Ilmatiiveysmittaus soveltuu kaiken kokoisiin rakennuksiin, omakotitaloista kerrostaloihin ja toimistorakennuksiin.

(Raklamit kotisivu 2013)

11 KÄYTÄNNÖN KOHTEIDEN JOHDANTO

Seuraavassa osiossa käydään läpi kaksi hämeenlinnalaisista päiväkotikohdetta, joissa on havaittu sisäilmaongelmia. Läpikäyntiin kuuluvat lähtötietojen käsittely, josta selviävät kohteen ongelmat, sekä se, millä tavalla korjaushankkeeseen on kohteessa ryhdytty. Seuraavaksi käydään läpi kohteissa suoritettut tutkimukset ja mittaukset. Viimeisimpänä käydään läpi tutkimusten yhteenvedoa ja toimenpidesuosituksia, joita kohteelle on laadittu tutkimusten perusteella. Lopuksi pohditaan kohteiden korjaustoimenpiteiden laadunvarmistuksellisia Aspekteja tutkimusten ja korjausten aikana sekä korjaustyön valmistuttua.

12 KÄYTÄNNÖN KOHTEIDEN LÄHTÖTIEDOT

12.1 Ruununmyllyn päiväkotiki

Kohde Ruununmyllyn päiväkotiki, tilaaja Hämeenlinnan kaupunki, Linnan tilapalvelut -liikelaitos. Kohde on rankarunkoinen, osin tiiliverhoiltu ja pääosilta puuverhoiltu päiväkotirakennus. Rakennus on valmistunut vuonna 1998 ja se on tehty aikansa ekotaloratkaisun mukaisesti. Rakennuksen yläpohjarakenne on palkkirakenteinen ja kantavana runkona toimii 150 mm:n rankarunko. Rakennuksen yläpohja ja seinärakenteet on eristetty selluvillalla. Henkilökunnan lisäksi rakennuksessa oleskelee esikouluikäisiä lapsia, siivoajia, keittäjiä ja talonmies.

Rakennuksen kuntotekninen selvitys koostuu aistinvaraisista havainnoista, rakenneavauksista, mikrobitutkimuksista ja kosteusmittauksista. Tutkimus on tarkoitettu Linnan tilapalvelut -liikelaitoksen käyttöön.

Rakennuksen pääongelmana ovat sisäilmaan kulkeutuvat eristekuidut. Kuidut pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan montaa reittiä. Merkittävimmät reitit ovat yläpohjarakenteesta, akustiikkalevyjen takaa ja kuilurakenteiden liittymistä. Rakennuksen huono ilmatiiveys vaikeuttaa pysyvän alipaineen saamista sisätiloihin. Lisäksi rakennevuodot päästävät ilmaa kulkeutumaan hallitsemattomasti sisäilmaan, mikä saattaa tuoda mukanaan pölykuituja. Huono ilmatiiveys vaikuttaa rakennuksen kosteustekniseen toimintaan. Rakennuksen kosteusteknistä toimintaa heikentävät myös sokkelirakenteen ympärystäytöt, joissa esiintyy runsaasti orgaanista maa-ainesta. Maa-aineksen hienojakoisuus on myös kapillaarista vettä siirtävä. Rakennuksen salaojitus on todettu toimimattomaksi ja pystysuunnassa mutkittelevaksi, ja se on osaltaan riskitekijä rakenteille.

Rakennuksen uudelleenkäyttöönnotto vaatii teknisesti huomattavasti tiiviimpää vaipparakennetta, jotta saapuvien pölykuitujen määrää sisäilmassa saadaan rajoitettua. WSP (William Sale Partnership) esittää seinien ja yläpohjarakenteiden tiiveydenparannusta ruiskutettavalla polyuretaanieristeellä sekä alapohja-ulkoseinäliittymien tiivistämisestä. Tämän lisäksi WSP esittää ulkovesien hallinnan vuoksi salaojien ja kaivojen uusimista sekä kattovesien tarkempaa ohjaamista kaivoihin. Iv-järjestelmälle suositellaan

ilmanvaihtomäärien kasvattamista sekä järjestelmän puhdistamista ja desinfiointia. Myös rakennuksen vedontunteen välttämiseen tulee kiinnittää huomiota, ja vedon estämisestä tulee tehdä tehokkaampaa.

Rakennuksen käyttöönottoa ei suositella ennen rakennustöiden ja laadunvarmistustoimenpiteiden päättymistä. Terveysalan asiantuntija voi perustelluilla syillä muuttaa päätöstä.

12.2 Hätilän päiväkoti

Hätilässä sijaitseva päiväkoti toimii 70-luvulla valmistuneessa yksikerroksisessa rakennuksessa, jossa on osittainen kellarikerros. Rakennuksessa on tehty kattava peruskorjaus vuonna 2004 ja toinen laaja, väli- ja ulkoseinien alaosiin kohdistuva, korjaus vuonna 2006. Näiden korjausten jälkeenkin tilan käyttäjät ovat kokeneet oireilua, jonka katsotaan liittyvän koko rakennukseen.

Rakennuksen kantavien seinien alaosien rakenteet ovat olleet kosteusteknisesti erittäin riskialttiita ratkaisuja. Näitä rakenteita on muutettu vasta 2006 vuoden korjauksessa. Rakennuspaikka on muutenkin haastava paikka kosteusteknisesti, esim. eteläpäädyssä sijaitsevan osittaisen kellarikerroksen kuivana pysyminen on ollut pumppukaivon varassa. Peruskorjauksen yhteydessä salaojituksen ja pumppukaivon pumppaustaso on alennettu uuden pumppauskaivon avulla.

Vuosien 2004 ja 2006 korjausten jälkeen havaittujen terveyshaittojen seurauksena Hämeenlinna on pyytänyt asiantuntija-apua Tampereen teknilliseltä yliopistolta sisäilmaongelmien selvittämiseksi. Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa rakennuksen kaikki mahdolliset sisäilmahaittaa ja korjaustarvetta aiheuttavat vauriot. Lisäksi kuntotutkimuksen tavoitteena oli tuottaa lähtötietoja kiinteistönpitoa ja korjaussuunnittelua varten, jotta rakennuksen välitön ympäristö, rakenteet, pinnat ja muun muassa ilmastointi saadaan kosteusteknisesti toimiviksi ja käyttäjien kannalta mahdollisimman terveellisiksi.

13 KOHTEISSA SUORITETUT TUTKIMUKSET JA MITTAUKSET

13.1 Ruununmyllyn päiväkoti

Rakennuksen useiden käyttäjien oireilun takia tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rakennuksen nykykunto. Oireilu ei rajoittunut mihinkään tiettyyn tilaan, vaan sitä esiintyi kauttaaltaan koko rakennuksessa. Oireilun kannalta tilanne huononi huomattavasti vuoden 2013 syksyllä, ja tämän seurauksena Hämeenlinnan tilapalvelut sulki rakennuksen käyttäjiltä ennen WSP:n tutkimustyön aloittamista.

Rakenteiden vaurioitumista tutkittiin mikrobi- ja rakennusfysikaalisella tasolla aistinvaraisesti, rakenneavauksin, rakennekosteusmittauksin ja labo-

ratorionäyttein. Tutkimuksia ei voitu rajoittaa yksittäisiin tiloihin, vaan ne suoritettiin koko rakennuksessa.

Saatujen lähtötietojen perusteella rakennuksessa tehtävät tutkimukset rajattiin seuraavasti:

- rakenneavaukset seinä- ja yläpohjarakenteisiin
- sokkelin ja maanvaraisten rakenteiden pintakosteuskartoitus
- salaojien kuntotarkistus ja sokkelirakenteiden auki kaivaminen
- huonetilojen kosteusolosuhdemittaus ja hiilidioksiditasojen selvitys
- mikrobianalyysit
- rakennetyyppiselvitykset ja rakennusfysikaalinen arviointi koko rakennuksen vaippaan
- korjaussuoritusten kiireellisyysjärjestyksen luominen.

Tutkimustulosten luotettavuudessa on aina epäkohtia, jotka syntyvät mitausten ja näytteenoton epätarkkuuksista. Tutkimuksissa luotettavuutta on lisätty laaja-alaisella näytteenotolla ja perustamalla tutkimukset moniin tutkimustapoihin ja -näytteisiin.

Tutkimuksissa käytetyt mittalaitteet ovat rakennekosteusmittauksille Rotronic AG Hygroclip SC04 -anturit ja Rotronic AG Hygropalm -näyttölaite. Pintakosteusmittauksessa käytettiin Gann Hydrotest LG 1 -laitetta, ja puun kosteuspitoisuuden painoprosenttina Gann Hydrotest LG2 + B50 -mittapäätä.

Tutkimuksissa, mittauksissa ja laboratoriovastausten tulkinnessa on käytetty kirjallisuutena asumisterveysoppaan vuoden 2009 painosta.

Ruununmyllyn päiväkodin IV-järjestelmän tutkimuksessa todettiin ilmanvaihtolaitteiden huollon olevan riittämättömällä tasolla. IV-järjestelmän kammiot, patterit ja kanavat olivat likaisia/pölyisiä. Tilakohtaisissa ilmamäärissä havaittiin säännöllisiä poikkeamia ohjearvoon aina 20 %:n poikkeamaan asti. Tuloilman tilojen huuhtelu on tehotonta, eikä joidenkin tilojen ilmamäärät vastaa nykyistä käytön vaatimusta. IV-laitteiden ja rakennusautomaatiojärjestelmän kuntoa tutkittiin silmämääräisesti sekä pistokoeluontoisesti suoritetuilla ilmamäärämittauksilla ja merkkisavukokeilla. Tutkimuksessa käytettiin myös 2 viikon mittaista hiilidioksidipitoisuuden seurantamittausta.

IV-järjestelmään suositellaan kiireisenä huoltona koko järjestelmän puhdistusta ja pidemmällä aikavälillä ilmamäärien ja ilmanjaon uudelleen suunnittelua sekä paine-erolähtettimien asentamista IV-koneisiin.

IV-laitteiston mittauksessa käytettiin SwemaFlow 125 D -ilmanvirtausmittaria, TSI Velocicalc 9555-P -ilmanvirtausmittaria ja Tinytag TGE-0010 CO₂ -loggeria.

13.2 Hätilän päiväkotia

Hätilän päiväkodin tutkimustoimenpiteet suoritettiin kolmessa vaiheessa. Vaihe 1 oli tutkimusten suunnittelua ja lähtöaineiston hankintaa sekä näiden tietojen analysointia. Vaihe 2 sisälsi kohteessa tehtävät kenttätutkimukset. Vaiheessa 3 havaitut tulokset analysoitiin ja raportoitiin. Näiden vaiheiden lisäksi TTY:ltä oli mukana edustaja erillisen sisäilmatyöryhmän toiminnassa.

Hätilän päiväkodin kenttätutkimusvaiheessa rakennus käytiin sisä- ja ulkopuolelta silmämääräisesti läpi. Lisäksi sisällä suoritettiin kattava kosteuskartoitus ohjaavana toimenpiteenä tarkemmille tutkimustoimenpiteille. Kellarin seinärakenteille suoritettiin varmentavana toimenpiteenä tutkimusporauksia. Sisätiloissa suoritettiin myös lattiapäällysteiden alapuolten RH-mittaukset. Rakennuksesta otettiin myös materiaalinäytteet niin mikrobien kuin VOC-yhdisteiden varalta. Lisäksi suoritettiin eri tilojen ilmanvaihtomäärien mittauksia sekä paine-eromittauksia.

Kenttätutkimusten ajaksi rakennukseen asennettiin mittalaitteet, jotka tarkkailivat sisä- ja ulkolämpötilaa, kosteusolosuhteita ja rakennuksen ulkovaipan yli vaikuttavaa paine-eroa.

14 TUTKIMUSTEN YHTEENVETO JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

14.1 Ruununmyllyn päiväkotia

Tässä kappaleessa käsitellään Ruununmyllyn päiväkodin tutkimusten yhteenvetoa sekä toimenpidesuosituksia.

14.1.1 Tutkimusten yhteenveto

Tutkimusten perusteella voitiin todeta, että rakennuksessa ei ole kosteusvaurioituneita rakenteita tai mikrobivaurioita. Kosteusteknisesti rakennusfysikaalista toimintaa heikentävinä tekijöinä ovat rakenteiden ilmavuodot, joiden takia rakennus ei pysy tasaisesti alipaineisena, ja rakennuksen sala-oituksen toimimattomuus.

Rakennuksessa havaittu merkittävin ongelma on sisäilmassa oleva eristepöly, joka johtuu osittain rakenteiden huonosta ilmatiiveydestä. Pääosa eristepölystä pääsee sisäilmaan yläpohjarakenteista. Eristepöly koostuu selluvillasta sekä mineraalivillasta, joista selluvillan osuus on mineraalivillaa korkeampi. Selluvillassa havaittiin olevan myös 14 painoprosenttia kuparia, joka on mahdollisesti peräisin homeenestoaineista. Kuparin mahdollisista terveyshaittavaikutuksista tulee konsultoida terveysalan asiantuntijaa. Teknisestä näkökulmasta rakennusta ei tule luovuttaa käyttöön ennen pölyepäpuhtauksien poistamista huoneilmasta.

Rakennuksen ilmatiiveydelliset ongelmat havaittiin painekokeilla ja lämpökuvauksilla. Rakenteen ilmapuotojen arvioidaan osaltaan vaikuttavan ilmanvaihdon säädettävyyteen, koska eri tilojen ilmatiiveyksissä on suuria eroja. Lämmönjakohuoneen ja muiden sisätilojen välillä on myös ilmatiiveydellisiä puutteita, joihin tulee ehdottomasti puuttua ilmapuotojen katkaisemiseksi.

14.1.2 Toimenpidesuositukset

Vedenpoisto- ja kuivanapitojärjestelmien kannalta rakennuksen kattovesien ohjaamista kaivoihin tulee parantaa. Sokkelin täyttö tulee kaivaa ylös salaojitukseen asti, ja vanhat salaojat ja salaojatäytöt tulee korvata uusilla tulppasalaojaputkilla ja RT 81-10854:n mukaisella maataytöllä.

Ulkoseinän ja yläpohjan tiiveyden parantamiseen esitetään erilliselle koolaustilalle ruiskutettavaa polyuretaani-eristettä yhdessä esimerkiksi metallirankaisten delta-kannakkeiden kanssa, jolloin eristettä tulee myös koolauksen alle. Ruiskutettavan eristeen vaihtoehtona esitetään pontattua polyuretaani-levytystä, jonka liittymät tiivistettäisiin alumiiniteipillä ja vähän paisuvalla polyuretaanivaahdolla.

Väliseinille ehdotetaan toisen puolen levytyksen avaamista, puhallusvillan poistamista ja PU-eristeen asentamista.

IV-kotelorakenteille ja IV-konehuoneen läpivienneille ehdotetaan tiivistystä, jossa käytetään ruiskutettavaa polyuretaania tai liimattavaa höyrynsulkutuotetta, kuten alumiinivahvistettua Sika Sarnavap -valmistetta.

Katossa sijaitseville sähkövedoille suositellaan käytettäväksi virtakiskoja, jolloin PU-eristettä ei tarvitsisi rikkoa kattorasioita varten. Seinien sähkötulot esitetään asennettavaksi erillisiin kotelorakenteisiin, jolloin muuntojoustavuutta saadaan parannettua.

Katon sammal- ja leväkasvusto suositellaan poistettavaksi käyttäen levänpoistoon tarkoitettuja aineita, jolloin kasvuston juuret saadaan myös poistettua katolta. Katolla sijaitsevien huippuimurien hitsaukset ovat paikoin auenneet, ja ne suositellaan paikattaviksi.

IV-tekniikan on todettu toimivan liian pienellä teholla rakennuksessa. IV:lle suositellaan osatehon käyttöönottoa rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ja kanavapainemittausten asentamista IV-koneille.

14.2 Hätilän päiväkotia

Tässä kappaleessa käsitellään Hätilän päiväkodin tutkimusten yhteenvetoa sekä toimenpidesuosituksia

14.2.1 Tutkimusten yhteenveto

Hättilän päiväkodissa on havaittu seinärakenteiden alaosien laaja-alaista kostumista. Tämä kosteus johtuu rakenteisiin perustusten kautta kohdistuvasta kosteusrasituksesta. Saatujen kosteushavaintojen ja näytteiden perusteella on todennäköistä, että seinien alaosissa, mineraalivillaeristeissä ja jalkalistoissa olisi mikrobivaurioita. Kellarin sisäpuoleisen portaikon yläpään liimattu lattiapäällyste on kostea, ja kokemuksesta voidaan olettaa tällaisen tilanteen sisältävän mikrobivaurioita tai muita kosteusvaurioita.

Henkilökunnan tiloissa on ollut toistuvasti viemäritulvimista, joka on johtanut lattiapäällysteen kastumiseen. Lattian linoleumi-matto on todettu olevan mikrobivaurioinen. Joidenkin wc-tilojen lattiat ovat kostuneet ja lattiapäällysteiden liimat ovat saattaneet reagoida alkalisen kosteuden johdosta. Varasto 32:n lattiapäällysteen alla sijaitsevan vedeneristemassan on todettu edelleen vapauttavan hajua varastotilaan.

Hättilän päiväkodin ilmanvaihtojärjestelmä on vuoden 2004 korjausrakentamisessa suunniteltu uudelleen. Uusi IV-järjestelmä on rakennettu rakennusmääräyskokoelman D2 antamalla suunnitteluarvoilla. D2:n suunnitteluarvot perustuvat käyttäjien määrään, eikä kokoelma ota huomioon aikuisten ja lasten tarvitsemaa erilaista ilmanvaihdon määrää. Uusi ilmanvaihto toimii täydellä teholla vuorokauden ympäri. Tästä johtuen uuden, 2004 korjatun IV-järjestelmän tuottamat ilmamäärät ovat isoissa ryhmähuoneissa 20–30 % ohjetta suurempia. Toisaalta voimakas ilmanvaihto pienentää tehokkaasti sisätiloihin pääsevien yhdisteiden ja hajujen määrää, mutta liian tehokas ilmanvaihto voi myös aiheuttaa käyttäjille oireilua. Liian tehokas ilmastointi kuivattaa sisäilmaa liikaa, mikä voi aiheuttaa käyttäjille limakalvojen ärtymistä, ihon kutiamista ja muita oireita, joita Hättilän päiväkodissa on koettu.

14.2.2 Toimenpidesuosituksukset

Tutkimustulosten perusteella raskaampi korjausrakentamissuunnitelma on todettu paremmaksi vaihtoehdoksi kuin kevyt korjaus. Raskaammalla korjaustoimenpiteellä saadaan varmemmin poistettua kaikki rakennuksen rakenteiden sisällä piilevät kosteusvauriot.

Kellarikerroksen kiireisenä korjaustoimenpidesuosituksena esitetään kellarin puisten jalkalistojen poistamista, seinärakenteiden alareunojen mekaanista puhdistamista ja kellariin johtavien portaiden alimpien askelmien lattiapäällysteen korvaamista paremmin kosteusrasitusta kestäväällä päällysteellä kuten laatoilla. Kellaria on käytetty sosiaali- ja vaatehuoltotilana, ja tämä toiminta suositellaan siirrettäväksi korvaaviin tiloihin.

Ensimmäisenä vaihtoehtona kellarille esitetään käyttötarkoituksen muuttamista. Tämä tarkoittaisi, että kellarissa olevat toiminnot siirrettäisiin pysyvästi korvaaviin tiloihin ja kellarissa olevien epäpuhtauksien leviäminen muualle rakennukseen estettäisiin alipaineistamalla kellari sekä tiivistämällä kellarin ovi. Miinusta tässä tavassa on korvaavien tilojen tarve ja

kellarin yleinen käyttökelvottomuus. Plussana tässä tavassa olisi halpa korjaustoimenpide.

Toisena toimenpidevaihtoehtona kellarille esitetään korjaamista. Tässä toimenpiteessä kellarin tiiliseinät purettaisiin siten, että seinän takainen mineraalivillakerros saadaan poistettua kokonaan. Mineraalivilla korvattaisiin kosteutta kestäväällä solumuovieristeellä, esim. PU- tai XPS-eristeellä, joka tiivistettäisiin ympäröiviin rakenteisiin saumausvaahdolla. Seinämuurauksen tilalle esitetään ohuempaa harkkomuurausta, jonka avulla saataisiin myös parannettua seinän lämmöneristävyyttä. Uusien harkkojen alle asennettaisiin bitumikermi kapillaarikatkoksi, ja uudet jalkalistat toteutettaisiin laatoituksella. Huonona puolena tässä menetelmässä on korjauksen kallis hinta, mutta tämän toimenpiteen myötä kellaritilat saataisiin terveellisiksi ja ne voitaisiin säilyttää päiväkodin käytössä.

Ensimmäisen kerroksen lattiapäällysteiden vaurioita ovat aiheuttaneet toistuvat viemäritulvimiset ja viemärihaarojen puutteellinen tulppaus. Ensimmäisen kerroksen linoleumimattojen ensisijaisina korjaustoimenpiteinä esitetään vaurioituneiden päällysteiden poistamista ja rakenteen kuivattamista ajan kanssa, koska rakenne ei kykene kuivumaan alaspäin. Samoin selvitetään piirustuksista mahdolliset sijainnit huonosti tulpatuille viemäreille ja tarkastetaan lattiapäällysteiden kunto avaamalla. Ensimmäisen kerroksen viemärin kunto selvitetään kuvaamalla.

Ensimmäisenä vaihtoehtona viemäreiden korjaamiselle ehdotetaan lattia-rakenteiden purkua viemäreiden kohdilta ja koko viemärin uusimista. Tämä remonttivaihtoehto olisi kaikkein varmin tapa korjata tulvimisongelmat, mutta se on myös kallis.

Toisena vaihtoehtona siivouskomerolle ja wc:lle rakennetaan uusi viemäri- ja johdetaan kellariin, jossa se liitetään uuteen pinta-asennettuun runkolinjaan. Tämä toimenpide olisi koko järjestelmän uusimista halvempi, ja tällä päästäisiin eroon pahimmasta ongelmajätteestä. Tämä toimenpide ei kuitenkaan korjaa viemäri- ja johdettavan mahdollisia ongelmia.

Kolmantena vaihtoehtona esitetään wc-istuimeen asennettavaa repijälaitteistoa, joka hienontaisi kaiken ongelmajätteen ja ennaltaehkäisisi näin tukkeutumisten syntyä. Tämä toimenpide olisi kaikkein halvin, mutta ei korjaisi viemäri- ja johdettavan rakenteellisia ongelmia.

Muina korjaavina toimenpiteinä ehdotetaan selvitystä ilmanvaihdon teknisistä vaihtoehdoista, joilla voitaisiin parantaa ilmanvaihdon säädettävyyttä. Toimenpiteiden tulisi kuitenkin pitää rakennuksen painesuhteet tasaisina ja hieman alipaineisina, mutta kuitenkin tarpeeksi ilmaa vaihtavina. Tämä voitaisiin varmentaa hiilidioksidipitoisuuden seuraamisella.

15 KOHTEISSA SUORITETTAVAT TOIMENPITEET

Tässä kappaleessa käsitellään Hätilän ja Ruununmyllyn päiväkoteihin lopulta valitut korjaustoimenpiteet.

15.1 Hätilän päiväkoti

Hätilän päiväkodin tilanteen vaatiman korjauksen laajuus on todettu liian mittavaksi aiemmista korjauksista huolimatta. Hätilän tilanteessa on päädytty koko rakennuksen purkamiseen.

15.2 Ruununmyllyn päiväkoti

Kaikkia Ruununmyllyn päiväkodin korjaustoimenpiteitä ei ole vielä lopullisesti päätetty. Suunnitelmissa on nyt kuitenkin päädytty siihen tulokseen, että kaikkea selluvillaa ei poisteta rakennuksesta, vaan rakennuksen vaippa tullaan tiivistämään niin, että selluvillasta irtoavat eristekuidut pääse kulkeutumaan sisäilmaan. Ruununmyllyn päiväkodin IV -järjestelmä on myös päätetty uusia kokonaan.

Rakennuksen sisältä on päätetty purkaa kaikki pintatasot. Näihin pintatasoihin lukeutuu lattioiden pinnoitteiden ja mattojen, sekä mattoliimojen poistaminen, sekä lattia timanttihionta. Alakattojen akustolevyjen, koolaukset ja koolauksien välinen selluvilla, kipsilevytys ja korokelauta puretaan pois. Ulkoseinistä puretaan pintarakenteet. Väliseinistä poistetaan toispuoleisesti pintarakenteet, kipsilevytykset, listat ja asennukset, minkä lisäksi seinissä olevat selluvilla eristeet poistetaan imuroimalla ja puhtaus tutkitaan pinnan pyyhintänäyteinä.

16 LAADUNVARMISTUS EHDOTUS

Opinnäytetyön käytännön osuutena tehdään Linnan Tilapalvelut -liikelaitokselle laadunvarmistus ehdotus Ruununmyllyn päiväkodin korjausrakentamisesta. Laadunvarmistus ehdotus tehdään erilliselle dokumentille, joka perustuu Haahtelan turvallisuusasiakirja pohjaan.

Laadunvarmistus ehdotuksessa käydään läpi yleisellä tasolla laadunvarmistusta korjausrakentamishankkeen alusta loppuun, sekä otetaan suoraan kantaa Ruununmyllyn päiväkodin korjausrakentamiseen. Kantaa ottava osuus käsittelee purkuvaiheen, välisiivousvaiheen, rakentamisvaiheen, loppusiivouksen, korjausten jälkeisen laadunvarmistuksen, valvonnan, luovutuksen, tilaajan ja käyttäjien ohjeistamisen, luovutuksen, jälkiseurannan ja hankkeen osapuolten informoinnin.

Laadunvarmistus ehdotus laaditaan Linnan Tilapalvelut -liikelaitoksen käyttöön. Laadunvarmistus ehdotus kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteessä 3.

LÄHTEET

Baumed i kotisivut n.d.

<http://www.baumed.fi/rakennetutkimukset-kuntotutkimukset/materiaalien-dna-mikrobitutkimukset>

Baumed i kotisivut n.d.

<http://www.baumed.fi/sisailmaongelman-aiheuttajat/vvoc-ja-voc-yhdisteet>

Baumed i kotisivut n.d.

<http://www.baumed.fi/sisailmatutkimukset/voc-vvoc-mittaukset>

Kirsi Karvinen 2011, PAH -yhdisteet rakenteissa – esiintyminen ja korjaus

Marko Jokipii Opinnäytetyö 2014

Betonilattioiden VOC-korjausmenetelmien vertailu

Musta-home kotisivut, n.d.

musta-home.info/home-lisaantyminen/

Ositum Oy kotisivut n.d.

<http://www.ositum.fi/index.php?p=Terveyshaitat>

Raklamit kotisivut

<http://raklamit.fi/ilmatiiveysmittaus/>

RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen

Sauli Paloniitty, Timo Kauppinen 2011, Rakennusten lämpökuvaus

Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/wp-content/uploads/2013/09/Tuomas-Hintikka-Posteri.pdf>

Sisäilmayhdistys Ry 2014, Sisäilmastoseminaari 2014

Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/ongelmien-tutkiminen/rakennustekniset-tutkimukset/kosteusmittaukset/>

Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/ongelmien-tutkiminen/muut-sisailmatutkimukset/kemialliset-tutkimukset/>

Sisäilmayhdistys kotisivut n.d.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/wp-content/uploads/2013/07/Sis%C3%A4ilmakorjausten-laadunvarmistus-saadaanko-aikaan-parempia-lopputuloksia-Minna-Laurinen.pdf>

Solunetti kotisivut, 2006.

www.solunetti.fi/fi/solubiologia/homeet/2/

Stuk kotisivut n.d.

http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/radon/korjaukset/fi_FI/rakenteiden_tiivistaminen/_print/

Stuk kotisivut n.d.

http://www.stuk.fi/ajankohtaista/koulutus/fi_FI/radonkorjauskoulutus-joensuu-4-6-2013_esitykset/_files/89823718534810022/default/Holmgren_Radonkorjaustapoja_2013.pdf

Vox media kotisivut 2014

<http://www.vox.com/2014/9/15/6150713/the-deadliest-environmental-problem-today-is-indoor-air-pollution>

World Health Organization kotisivut 2014

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/>



ILMOITUS SISÄILMAONGELMASTA TAI SEN EPÄILYSTÄ

Työyksikön esimies täyttää lomakkeen havaittuaan sisäilmaongelman tai saatuaan siitä tiedon. Lomake lähetetään kiinteistöpäällikölle Tilapalveluihin ja työsuojelupäällikölle Henkilöstöpalveluihin.

Kohde	Työpaikan nimi
	Rakennuksen nimi
	Osoite
Ilmoituksen tekijä (esimies)	Nimi
	Sähköpostiosoite
	Puhelinnumero
Ongelman kuvaus	Miten ilmenee (esim. haju, lämpötila, veto, tunkkaisuus, näkyvät vauriot, melu)
	Missä ilmenee (esim. tilan nimi, huoneen numero, katto, seinä, lattia)
	Milloin ilmenee (esim. päivittäin, tiettyinä päivinä, tiettyinä ajankohtana)
	Muuta ongelmaan liittyvää (esim. henkilöstön oireilu)
	Ilmoituslomake lähetetty kiinteistöpäällikölle Tilapalveluihin ja työsuojelupäällikölle Henkilöstöpalveluihin (päivämäärä ja allekirjoitus)
Käsittely	Ilmoituslomake vastaanotettu (päivämäärä ja allekirjoitus)
	Sisäilmatyöryhmän toimenpiteet



TYÖTERVEYSLAITOKSEN KÄYTTÄMIÄ VIITEARVOJA SISÄYMPÄRISTÖN ONGELMIEN TUNNISTAMISESSA TOIMISTOTYÖYMPÄRISTÖISSÄ

päivitetty 18.3.2014

HUOM. SISÄYMPÄRISTÖÄ TULEE AINA TARKASTELLA KOKONAISUUTENA: SISÄYMPÄRISTÖKRITEREITÄ, KOETTUA SISÄYMPÄRISTÖÄ JA TYÖPAIKAN TOIMINTATAPOJA RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA JA ONGELMIEN RATKAISUPROSESSEISSA. MITTAUSTULOKSET OVAT NÄIN OLLEN VAIN YKSI OSA-ALUE SISÄYMPÄRISTÖONGELMIEN TUNNISTAMISESSA.

Mitattu altiste (lähdejulkaisussa käytetty mittaus- ja analysointi- menetelmä)	Viitearvo	Lähdejulkaisu
Kemialliset yhdisteet ja hiukkaset		
¹ 90% toimistoilman pitoisuuksista on alle ko pitoisuustason (aineisto Etelä-Suomesta)		
Ammoniakki (ennen vuotta 2003: impinger (laimea rikkihappo), LC+UV detektori; vuoden 2003 jälkeen: OSHA ID-188)	> 25 µg/ m³ • kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin¹	Salonen et al. 2009. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. J Occup Env Hyg, 6:200-9.
Formaldehydi (SFS 3862, EPA-TO-11A)	> 15 µg/ m³ • kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin¹ Huom! Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita herkällä henkilöllä hyvin pienissä pitoisuuksissa. Suositeltu sisäilmataso (RIL) formaldehydille on 4 µg/m ³ .	Salonen et al. 2008. Common VOCs and formaldehyde in indoor air of Finnish office buildings. Indoor Air' 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID:17. Salonen ym. 2009. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi toimistojen sisäilmassa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. SIY Raportti 27. s.125-130.
		Salonen et al. 2009. Volatile

		<p>organic compounds and formaldehyde as explaining factor on reported complaints and symptoms in the office environment. J Occup Environ Hyg 2009;6(4):239-247.</p> <p>Salonen et al. 2009. Formaldehyde concentration and imitant potential in 23 Finnish office buildings. ICOH kongress. 22.3-27.3.2009. Cape Town-South Africa. Topic Sessions (T) 34-75. p.310.</p>
<p>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet)</p> <p>(ISO 16017-2, 16000-6)</p> <p>-TVOC</p>	<p>> 250 µg/ m³</p> <p>* kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin¹</p>	<p>Salonen et al. 2009. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. J Occup Env Hyg, 6:200-9.</p>
<p>-Yksittäiset yhdisteet¹</p>		<p>Salonen et al. 2009. Common VOCs and formaldehyde in indoor air of Finnish office buildings. Indoor Air' 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID:17.</p>
<p>Aromaattiset hiilivedyt</p>	<p>Kohonnut > 5 µg/ m³</p>	
<p>Alkoholit</p>	<p>Kohonnut > 5 µg/ m³</p>	
<p>Alifaattiset hiilivedyt</p>	<p>Kohonnut > 5 µg/ m³</p>	
<p>Aldehydit</p>	<p>Kohonnut > 5 µg/ m³</p>	<p>Salonen et al. 2009. Volatile organic compounds (VOCs) in the indoor air of Finnish office buildings without exceptional VOC sources. In: Proceedings of the Healthy Buildings 2009. Paper 16. Syracuse, NY USA, September 13-17, 2009.</p>
<p>Glykolit/glykolieetterit</p>	<p>Kohonnut > 10 µg/ m³</p>	
<p>Terpeenit</p>	<p>Kohonnut > 5 µg/ m³</p>	

<p>Si-yhdisteet</p> <p>Orgaaniset hapot</p> <p>Esterit</p> <p>Ketonit</p> <p>Naftaleeni</p>	<p>Kohonnut > 10 µg/m³</p> <p>Kohonnut > 10 µg/m³</p> <p>Kohonnut > 5 µg/m³</p> <p>Kohonnut > 5 µg/m³</p> <p>Ohjearvo I: 2 µg/m³ - Pitoisuus, joka ei elämänpituissakaan altistuksessa aiheuta terveydellisiä haittoja. - Ohjearvoa I voidaan pitää korjausten tavoitearvona, joka suojaa myös hajun aiheuttamalta kuormitukselta.</p> <p>Ohjearvo II: 20 µg/m³ - Ohjearvo, jonka ylittäminen aiheuttaa välittömän toimenpidetarpeen (mm. altistuksen vähentämisen selvittäminen).</p> <p>Pitoisuus 2 µg/m³ - 20 µg/m³ - Ennaltaehkäisyn kannalta ohjearvojen I ja II välillä olevissa pitoisuuksissa on tarvetta toimenpiteisiin.</p> <p>Huom! Ohjearvot perustuvat yksittäisten yhdisteiden arviointiin eivätkä ota huomioon erilaisten yhdisteiden yhteisvaikutuksia.</p> <p>Yhdysvalloissa naftaleenin terveysperusteiseksi raja-arvoksi on esitetty 3 µm/m³</p>	<p>Salonen ym. 2009. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi toimistojen sisäilmassa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. SIY Raportti 27. s. 125-130.</p> <p>Saksan Ympäristöministeriö (http://bau-akademie.de/newsletter200105.html)</p> <p>U.S., EPA, Iris 2005</p>
<p>Hiukkaset</p> <p>(suoraan osoittava optinen hiukkaslaskuri, Climet 500/550)</p>	<p>Työterveyslaitoksen tutkimusten mukaan toimistojen sisäilman hiukkaspitoisuudet ovat olleet keskimäärin pääkaupunkiseudulla virka-aikana:</p> <p>Huoneilman ≥0,5 µm:n hiukkaset: 1500-1900 hk/l</p> <p>Suodattamalla tuloilma luokan F7 tai paremmalla hiukkasuodatuksella on mahdollista päästä selvästi pienempään sisäilman hiukkaspitoisuuteen.</p>	<p>Salonen et al. (2002). Indoor air quality of office buildings in the Helsinki area. Proceedings: Indoor Air 2002. Volume 4, p. 500-505.</p> <p>Lappalainen et al. 2013. Indoor air particles in office buildings with suspected indoor air problems in the Helsinki area. International Journal of</p>



	<p>Huoneilman $\geq 5 \mu\text{m}$:n hiukkaset: 25-40 hk/l</p> <p>huom. tasot ovat merkittävästi yhteydessä tuloilman suodatuksen tasoon, ulkoilman hiukkaspitoisuuteen ja sisäisiin hiukkaslähteisiin</p>	<p>Occupational Medicine and Environmental Health. 26(1):155-164. DOI 10.2478/s13382-013-0091-5.</p> <p><i>Viitteelliset hiukkastasot ovat suuntaa antavia ja päivitystä hiukkastasoihin liittyen tehdään parhaillaan.</i></p>
<p>PM₁₀-hiukkas-pitoisuus</p> <p>(suoraan osoittava optinen hiukkaslaskuri, TSI Dust Trak 8520)</p>	<p>D2:n mukaan PM10 sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 tunnin keskiarvo 20°C, 1 atm).</p>	<p>D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010.</p>
<p>Teolliset mineraalikuidut</p> <p>(laskeutuneen pölyn keräys teippeihin (BM Dustfilters, BM Environmental Engineering, Hollanti) + faasikontrastivalomikroskopia)</p>	<p><u>Säännöllisesti siivottu pinta (2 viikon kertymä):</u> < 0,2 kuitua/cm²</p> <p>- synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos kuitupitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (pöydät ym.) ovat alle 0,2 kuitua/cm²</p> <p>- jos viitearvo ylittyy, tulee selvittää kuitulähteet ja ryhtyä toimenpiteisiin kuitukertymän pienentämiseksi</p> <p><u>Tuloilmakanavan pinnalla:</u> keskimäärin 10-30 kuitua/cm²</p> <p><u>Tuloilma:</u> < 1 kuitu (pituus > 20 μm)/m³</p>	<p>Schneider T. Chapter 39. Synthetic vitreous fibres. In: Indoor Air Quality Handbook. Eds: Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF. McGraw-Hill, New York, 2000.</p> <p>Lappalainen ym 2003. Mineraalikuidut sisäilmahaittana. Sisäilmastoseminaari 2003, s. 299-302.</p> <p>ILMI-projekti: Kovanen K ym. (2006). Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus (Particle emissions from HVAC-components. Exposure, measurement and product testing). VTT tiedotteita - Research notes 2360, VTT, Espoo. 57p. + app. 56p.</p> <p>Korhonen et al 2008. Particle concentration and MMMF levels in hospitals. Indoor Air' congress 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark - paper ID:713.</p> <p>Salonen ym. 2009. Man-made vitreous fibres and irritation symptoms in office buildings in the</p>



		Helsinki area. J Occup Environ Hyg 2009;6:624-631.
--	--	--

<p>Bioaerosolit</p> <p>² 100% sisäilman pitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason kosteusvaurioitumattomissa toimistorakennuksissa (aineisto Etelä-Suomesta)</p>		
<p>Mikrobit</p> <p>-Ilmanäytteet, talviaikana (tarvittaessa ulkoilmanäyte ja vertailu siihen)</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)</p>	<p>Homeet: > 50 cfu/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> kohonnut sieni-itiöpitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen² (mikrobikasvuston esiintyminen rakenteissa todennäköistä) <p>Bakteerit: > 600 cfu/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> kohonnut bakteeripitoisuus, viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen² <p>Aktinobakteerit: > 5 cfu/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen taso² 	<p>Salonen ym. (2007). Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. Atmos Environ 41 (2007) 6797-6807.</p> <p>Salonen ym. Homeet ja bakteerit homevaurioituneissa ja ei-vaurioituneissa toimistotyöympäristöissä pääkaupunki-seudulla. Sisäilmastoseminaari 2008.</p>
<p>-materiaalinäytteet</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan, semikvantitatiivinen analyysi validoitu vasten vuoden 2003 Asumisterveysohjetta)</p>	<p>Sieni-itiöpitoisuus: 10 000 cfu/g</p> <p>Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin 10 000 cfu/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000cfu/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on</p>	<p>Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1</p> <p>Reiman ym. 1999. Laimennossarja- ja suoraviljelymenetelmien käyttö rakennusmateriaalinäytteiden mikrobipitoisuuksien ja</p>

<p>-vauriopinnan pintanäytteet</p> <p>(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)</p>	<p>tarkasteltava.</p> <p>Sieni-itiöpitoisuus: +++ tai ++++</p> <p>Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteessä on elinkykyisiä sieni-itiöitä runsaasti (+++/++++) tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja. Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on kuitenkin normaalia.</p> <p>Bakteeripitoisuus: 100 000 cfu/g Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 cfu/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.</p> <p>Aktinobakteeripitoisuus: 500 cfu/g Jos aktinobakteeripitoisuus on suurempi kuin 500 cfu/g, se viittaa aktinobakteerikasvustoon.</p> <p>Sieni-itiöpitoisuus:</p> <p>< 10 cfu/cm² Puhtailla pinnoilla sieni-itiöpitoisuus on yleensä alle 10 cfu/cm².</p> <p>> 1000 cfu/cm² poikkeava pitoisuus jos pitoisuus on samalla vähintään 100 kertaa suurempi pitoisuus kuin ns. vertailunäytteessä (silmämääräisesti vaurioitumaton, puhdas pinta, riittävän kaukana vauriokohdasta).</p> <p>Aktinobakteeripitoisuus: Aktinobakteeri-itiöpitoisuus katsotaan poikkeavaksi, jos pitoisuus on 10 kertaa suurempi kuin vertailupinnalla. Jos rakenteen pinnalla on tällaista poikkeavaa mikrobikasvua, voidaan terveyshaittaa pitää todennäköisenä.</p>	<p>mikrobiston määrittämiseksi. Sisäilmastoseminaari 1999.</p>
---	---	--

Huom. Mikrobilajiston tulkinnassa noudatetaan Asumisterveysopasta (2. korjattu painos 2008, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen soveltamisopas. STM:n oppaita 2003:1, **sekä tulkintaa, joka on kuvattu artikkelissa "Rakennusten kosteusvaurioita kuvasta mikrobisto.** (Työterveyslaitos. Ympäristö ja Terveys -lehti, 8:2005, 36: 56 - 59 Reiman M, Kujanpää L, Junttila S, Lappalainen S, Lindroos O, Pasanen A-L, Rajala R, Rautiala S, Reijula K ja Tuomi T.)

Ilmastointi ja lämpöolot				
Operatiivinen lämpötila $t_u \leq 10 \text{ °C}$ $10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$ $t_u > 20 \text{ °C}$	S1 21,5 ¹⁾ (2) 24,5 ¹⁾ missä (2) $21,5+0,3 \times (t_u-10)$ (3) $21+0,4 \times (t_u-10)$	S2 21,5 (2) 24,5	S3 21 (3) 25	Sisäilmastoluokitus 2008 ¹⁾ S1-luokassa operatiivinen lämpötila on oltava tila/huonekohtaisesti aseteltavissa välillä $\pm 1,5 \text{ °C}$.
Sallittu poikkeama tavoitearvosta	S1 $\pm 0,5 \text{ °C}$	S2 $\pm 1,0 \text{ °C}$	S3 $\pm 1,0 \text{ °C}$	
Olosuhteiden pysyvyys toimi- ja opetustiloissa (käyttöajasta)	S1 95 %	S2 90 %		
Olosuhteiden pysyvyys asunnoissa (käyttöajasta)	S1 90 %	S2 80 %		
Ilman liikenopeuden tavoitearvot $t_{ilma} = 21 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 23 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 25 \text{ °C}$	S1 <0,14 <0,16 <0,20	S2 <0,17 <0,20 <0,25	S3 <0,20 (talvi) <0,30 (kesä)	Sisäilmastoluokitus 2008
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	S1 <750	S2 <900	S3 <1200	Sisäilmastoluokitus 2008
Ulkoilmavirtojen mitoitussarvot asuintiloissa [dm³/s, hlö]	S1 12	S2 8	S3 6	Sisäilmastoluokitus 2008 yleisesti S1-luokassa: ulkoilmavirran mitoitussarvo = $0,5 \text{ dm}^3/\text{sm}^2 + 10 \text{ dm}^3/\text{s}$, hlö S2-luokassa:



		<p>ulkoilmavirran mitoitusarvo = 0,5 dm³/sm² + 7 dm³/s, hlö (kun rakentamisessa on noudatettu Sisäilmaluokituksen ohjeita ja tiloissa on tupakointi kielletty). Sisäilmastoluokituksen taulukossa 2.4.3 on esitetty tilakohtaisia ulkoilmavirtojen normaaliin käyttötilanteen mitoitussarvoja.</p>
--	--	---

Tilaaaja:

Hämeenlinnan kaupunki / Linnan Tilapalvelut
PL 84
13101 Hämeenlinna

Henke:

Ruununmyllyn päiväkodin korjausrakentaminen

■ LAADUNVARMISTUS EHDOTUS

SISÄLLYSLUETTELO:

1. YLEISTÄ.....	3
1.1 Lähtötilanne, riskiarvion teko ja vaurioiden kartoitus.....	3
1.2 Kuntotutkimusten sekä mitausten suorittaminen.....	3
1.3 Korjausten suunnittelu vaihe.....	4
1.4 Korjausrakentamisvaihe.....	5
1.5 Luovutus- ja muuttovaihe.....	5
1.6 Jälkiseuranta.....	6
1.7 Korjaushankkeen viestintä.....	6
1.8 Laadunvarmistustoimenpiteet.....	6
2. LAADUNVARMISTUS EHDOTUS.....	6
2.1 Rakennushankkeen osapuolet.....	6
2.2 Mallihuone.....	6
2.3 Siivoaminen.....	7
2.4 Purkuvaihe.....	7
2.5 Rakentaminen.....	8
2.6 Korjauksien jälkeinen laadunvarmistus.....	8
2.7 Valvonta.....	8
2.8 Luovutus.....	9
2.9 Jälkiseuranta.....	9
2.10 Informointi.....	9

1. YLEISTÄ

Puhuttaessa laadunvarmistuksesta korjausrakentamisessa tulee ensimmäisenä mieleen tehdyn työn tarkistaminen, korjattujen vuotokohtien tutkiminen ja niin edelleen. Korjausrakentamisessa laadunvarmistuksen tulee kuitenkin olla mukana heti alusta lähtien varmistamassa, että jokainen tehtävä työvaihe ja työn eteneminen ovat loogisia ja että tehdyn työn laatu täyttää hyväksyttävät rajat. Kunnollinen laadunvarmistus korjausrakentamisessa on mukana projektin alusta loppuun. Näin varmistetaan, että kaikki tutkimuksista ja havainnoista lähtien aina korjaustavan valitsemiseen ja toteuttamiseen tulee tehtyä riittävän hyvin.

1.1 Lähtötilanne, riskiarvion teko ja vaurioiden kartoitus

Kun ollaan tekemisissä korjattavan kohteen kanssa, jonka ongelmana on sisäilman pilaantuminen, on rakenteiden riskiarvioinnin ja lähtötilanteen selvityksen tekeminen ensisijaisen tärkeää. Jotta sisäilmaongelmat pystytään hävittämään rakennuksesta, tulee ensin paikantaa päästöjen lähde ja selvittää lähteen olemassaolon syy.

Laadunvarmistuksen tehtävä korjaushankkeen alussa on varmistua siitä, että tutkimukset ja riskiarviointi ensinnäkin käydään läpi, jotta ei korjata ongelman kannalta väärä rakenteita. Tutkimukset tulee tehdä riittävän tarkasti ja laajasti.

Laadunvarmistus vaurioiden kartoituksessa varmistaa kaikkien kohteessa sijaitsevien tekijöiden läpikäynnin. Esimerkkeinä selvitettävistä tekijöistä tutkittaessa sisäilmaongelmia mainittakoon kosteusvauriot, tekniset tekijät kuten ilmanvaihto, rakenteiden vuodot sekä ulkoiset tekijät kuten tiloissa säilytettävät maalit, polttoaineet ja pesuaineet.

Alkututkimusten vaiheessa laadunvarmistus ottaa myös kantaa oikeiden tutkimusmenetelmien, esim. pintakosteusmittareiden, oikeanlaiseen käyttöön ja tulkintaan. Tehtyjen tutkimusten tulee olla myös tarkkuudeltaan ja laajuudeltaan riittäviä. Vaurioiden kartoittaminen ja tutkiminen sekä mittaamiseen lähteminen tulee korjausrakentamisessa tehdä loogisesti ja harkiten. Kaikkia kalliita mittauksia ei kannata ottaa heti alusta lähtien käyttöön, mikäli käyttäjien oireet ja suoritettujen tutkimusten tulokset eivät viittaa niihin.

1.2 Kuntotutkimusten sekä mittausten suorittaminen

Sisäilmaongelmakohteen korjausrakentamisessa tehtävät mittaukset tulee päättää perustuen käyttäjien oireisiin sekä aistinvaraisesti selvinneisiin epäkohtiin. Kohteen mittaustulosten laadunvarmistuksessa on monta tärkeää seikkaa, jotka

on hyvä ottaa huomioon. Tällaisia seikkoja ovat muun muassa tarkoitukseen sopivien laitteistojen käyttäminen, mittausten tekijöiden pätevyyden varmistaminen, riittävän ajan varaaminen mittausten vaatimalle työlle sekä mittaustilojen oikeanlainen ja riittävä suojaaminen. Jotkin mittausmenetelmät ja -laitteet ovat erittäin herkkiä kaikenlaisille muutoksille, kuten lämpötilan ja ilmankosteuden muutoksille. Tämän takia mitattava alue tulee eristää ulkopuolelta riittävin keinoin, jotta mittauksista saadaan paras mahdollinen tarkkuus. Mittausten laadunvarmistuksessa tulee myös varmistua mittauksen riittävästä määrästä ja oikeasta mittaustavasta.

Suoritettaessa erilaisia tutkimuksia sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa tulee eri mittausten ja tutkimusten edetä loogisessa järjestyksessä. Ennen varsinaisten mittausten aloittamista tulee tutkia rakennuksessa sijaitsevat ns. ulkoiset lähteet, kuten mahdollisesti ongelmia aiheuttavat kalusteet ja irtaimisto tai haitallisia yhdisteitä tuottavat aineet kuten maalit ja lakat.

1.3 Korjausten suunnittelu vaihe

Kun korjataan vanhaa rakennusta, on ensisijaisen tärkeää ottaa huomioon vanhan rakennuksen rakenne- ja kosteustekninen suunnittelu. Jotkin nykyaikaisista korjausmenetelmistä eivät välttämättä sovellu kaikkiin vanhoihin rakennuksiin. Joissain tapauksissa nykyaikaisen sovelluksen asentaminen vanhaan rakennukseen vaikeuttaa rakennuksessa vallitsevaa tilannetta entisestään. Esimerkiksi koneellisen ilmanvaihdon asentaminen saattaa vaikeuttaa vanhan rakennuksen sisäilmatilannetta.

Korjauksen tulee aina kohdistua sisäilmaongelman lähteeseen. Eri yhdisteet ja epäpuhtaudet sisäilmassa eivät ole syy sisäilmaongelmiin, vaan tulee selvittää, mistä syystä yhdisteet tai epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan ja miksi yhdisteitä tai epäpuhtauksia syntyy rakenteissa tai muissa sisäilmaan johtavissa tiloissa.

Korjaussuunnittelua tehtäessä tulee ottaa huomioon kaikki havaitut haitat rakenteissa ja ulkoisista lähteistä. Rakenteen korjaamista ennen rakenteen ja sisäilman välillä tulee valita selvä yhtenäisyys sisäilmamittauksessa ja materiaaliimitauksessa. Korjaussuunnitelmassa valittavien korjausmenetelmien tulee olla myös rakennusteknisesti toimivia. Mitään rakennetta ei tulisi korjata tavalla, joka ei poista aiheutuneen haitan syytä tai joka aiheuttaa lisää ongelmia samaan tai muihin rakenteisiin. Korjatun rakenteen tulee toimia yhdessä vanhan korjaamattoman rakenteen kanssa.

Suunnittelussa tulee myös varmistua korjausten kattavuudesta, jotta kaikki ongelmia aiheuttavat syyt saadaan torjuttua ja näin varmistuttua rakennuksen sisäilman hyvänä säilymisestä tulevaisuudessa.

1.4 Korjausrakentamisvaihe

Ennen korjaustoimenpiteiden aloittamista kohteen sisäilmavalvojan tai sisäilma-asiantuntijan olisi hyvä opastaa kaikki kohteessa toimivat henkilöt oikeanlaisista korjaus- ja puhtaanapitomenetelmistä. Kaikkien kohteessa toimivien sitoutuminen yhteisiin sääntöihin ja sovitujen asiakohtien työohjeiden helppo saatavuus kohteessa edesauttaa korjaustoimenpiteiden ja puhtauden laadunvarmistusta. Työmaavalvonnan ja sisäilmavalvojan tulee varmistua yhteisten sääntöjen noudattamisesta sekä menetelmien käytöstä työmaalla. Valvonta tulee dokumentoida ja kirjata ylös valvontapäiväkirjaan.

Kaikkien kohteessa toimivien tahojen sitoutuminen yhteisiin sääntöihin edesauttaa korjaustoimenpiteistä syntyvien epäpuhtauksien ja niiden leviämisen minimoimista. Epäpuhtauksien leviämistä voidaan rajoittaa korjattavien kohteiden osastoinnilla ja alipaineistuksella. Myös korjauksessa käytettävät koneet ja niiden suodattimet tulee tarkistaa epäpuhtauksien varalta. Korjaushankkeessa olisi hyvä käyttää mallihuone-periaatetta, jolla hyväksytetään korjauksen puhtaustaso ja menetelmät.

Korjaamisessa syntyvä rakennusjäte tulee myös poistaa paikalta turvallisesti ja tehokkaasti. Rakennusjätteen ja pölyn pääseminen rakennuksen ilmanvaihtoon tulee estää, jotta kaikki epäpuhtaudet ja yhdisteet saadaan pois rakennuksesta mahdollisimman tehokkaasti. Korjattavan alueen siivous tulee hoitaa myös säännöllisesti ja uusien päästöjen päästäminen rakennukseen tulee estää. Esimerkiksi tupakoinnista syntyvät epäpuhtaudet ja työstä syntyvä pöly tulee minimoida rakennuksen sisällä. Työmaalle tulisikin aina perustaa kiinteä tupakointialue, jonka ulkopuolella tupakointi on kiellettyä.

Toimittaessa sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa tulee myös varmistua työntekijöiden työturvallisuudesta. Hengityssuojaimet ja suojavaatteet tulee valita kohteen ja epäpuhtauksien mukaisesti.

1.5 Luovutus- ja muuttovaihe

Ennen korjatun rakennuksen luovuttamista suoritetaan loppusiivous. Luovutettaessa rakennus takaisin käyttäjille tulee käyttäjät kouluttaa rakennuksen oikeanlaiseen käyttämiseen. Käyttäjien tulee tietää, miten rakennusta ja sen tekniikkaa käytetään, jotta uusilta sisäilmaongelmilta voidaan välttyä. Tällä voidaan varmistaa esimerkiksi riittävä ilmanvaihto kaikkina vuorokauden aikoina. Käyttäjien muuttaessa takaisin tiloihin tulee myös varmistaa, että tiloihin ei tuoda sisäilmaongelmia aiheuttavia kalusteita tai irtaimistoa.

1.6 Jälkiseuranta

Jälkiseurannassa tulee tarkkailla käyttäjien oireiden uusiutumista. Oireiden uusiutuksessa tulee kiinnittää ensimmäisenä huomiota rakennuksen käyttöön sekä ulkoisiin epäpuhtauslähteisiin. On myös seurattava, onko ilmanvaihto rakennuksessa riittävä ja saattaako irtaimistossa olla haitallisia yhdisteitä. Joissain tapauksissa jälkiseuranta voi pitää sisällään jälkimittausten suorittamisen.

1.7 Korjaushankkeen viestintä

Korjaushankkeen vaiheista ja laadunvarmistuksesta viestintä luo luottamusta käyttäjien ja urakoitsijoiden välille. Kattavalla ja avoimella viestinnällä saadaan parannettua urakoitsijoiden ja korjausrakentamisen mainetta käyttäjien ja tilaajayksikön silmissä.

1.8 Laadunvarmistustoimenpiteet

Laadunvarmistustoimenpiteillä tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka tehdään korjaus- tai rakennusvaiheen päätyttyä. Toimenpiteitä ovat muun muassa lämpökuvaukset ja merkkiainekokeet. Laadunvarmistusta voidaan toteuttaa myös kohteen seurannalla, esim. käyttäjäkyselyillä tai määräjän päästä suoritettavilla mittauksilla.

2. LAADUNVARMISTUS EHDOTUS

2.1 Rakennushankkeen osapuolet

Ruuvunmyllyn päiväkodin eri osapuoliin kuuluu käyttäjät, joita ovat koulun henkilöstö, päiväkodin henkilöstö sekä neuvolan henkilöstö. Tilaajayksikkönä toimii Lasten, nuorten ja elämänlaadun palvelut ja rakennushankkeen tilaajana Linnan Tilapalvelut -liikelaitos.

2.2 Mallihuone

Purku- ja rakentamisvaiheen alussa tehdään mallihuone, jonka avulla määritellään purkamisvaiheessa poistettavan materiaalin poistomenetelmät, purkamisesta syntyvien epäpuhtauksien leviämisen estäminen ja materiaalien poistaminen työmaalta. Purettavat alueet eristetään muusta rakennuksesta ja ilmanvaihtokanavien tulo- ja menoaukot tukitaan purkamisessa syntyvien epäpuhtauksien leviämisen estämiseksi.

Rakentamisvaiheen alussa määritetään eri työvaiheiden kulku, rakentamistyövaiheen riittävät puhtausolosuhteet, sekä työaikaisten tarkistusten ja mittausten riittävät suoritukset. Mallihuoneella määritellään myös työaikana käytettävien tiiveys ja puhtaus mittausten eteneminen. Tiivistystöiden yhteydessä käytetään tiiveyden tarkistamisessa lämpökamerakuvauksia ja laajempi alaisena mittauksena käytetään ilmatiiveyskoetta, jolla varmistetaan rakenteiden lopullisesta ilmatiiveydestä.

Purkamisessa ja rakentamisessa käytettävät koneet ja laitteet tarkistetaan epäpuhtauksien varalta, jotta vältetään tuomasta työmaalle lisää sisäilmaongelmia aiheuttavia epäpuhtauksia.

Loppusiivouksessa voidaan myös hyödyntää mallihuone periaatetta, jolla saadaan tarkasti määriteltyä ja hyväksyttyä lopullinen rakennuksen puhtaustaso. Mallihuoneen pohjalta työmaalla toimiville henkilöille ohjeistetaan käytettävät puhdistus menetelmät ja vaadittu puhtaustaso

2.3 Siivoaminen

Purkutöiden jälkeen työmaalla suoritetaan rakentamisvaihetta edeltävä siivoaminen. Tällä siivouksella varmistetaan, että kaikki purkamisesta syntyneet materiaalit ja epäpuhtaudet saadaan riittävän tehokkaasti poistettua. Tämän siivouksen yhteydessä varmistetaan kaikkien pintojen riittävä siisteys, sekä sisäilman riittävä pölyttömyys.

Siivouksessa kiinnitettävä erityistä huomiota hankalien tasojen siivoamiseen, esim. korkealla sijaitsevat johtoja kannattelevat kiskot tulee myös puhdistaa tehokkaasti.

Ennen rakennuksen luovutusta tehdään rakennukseen kattava loppu siivous, jolla varmistetaan sisäilman, pintojen ja tasojen pölyttömyydestä.

2.4 Purkuvaihe

Purkutyön etenemisestä laaditaan purkusuunnitelma, joka esitetään purkutyön tekeväille urakoitsijalle. Purkusuunnitelmassa esiintyy purkutyön eteneminen, purkamismenetelmät ja työmaalla toimiminen purkutyön aikana. Purkusuunnitelma tulee ohjeistaa kaikille työmaalla toimiville henkilöille ja kaikkien tulee sitoutua noudattamaan yhdessä sovittuja menetelmiä. Purkusuunnitelman asiakirja tulee olla helposti työntekijöiden saatavilla työmaalla.

Purkusuunnitelmassa tulee myös määritellä purkutyön tekijöiden tarvittava suo-
javarustus työturvallisuuden takaamiseksi.

2.5 Rakentaminen

Rakentamisvaiheesta laaditaan rakentamissuunnitelma, jossa selviää rakenta-
misvaiheen eteneminen, työmaalla käytettävät korjausrakentamistoimenpiteet ja
työmaalla toimiminen rakentamisvaiheessa. Rakentamissuunnitelmassa tulee ol-
la myös työmaalla toimivien työntekijöiden perehdytys työmaalla käytettäviin
materiaaleihin, työmenetelmiin, puhtausvaatimuksiin ja työturvallisuus asioihin.
Työmaatoimintaa ohjeistava asiakirja tulee olla helposti työmaalla saatavissa.

2.6 Korjauksien jälkeinen laadunvarmistus

Rakentamisvaiheen jälkeinen viimeinen rakenteellinen laadunvarmistus hoide-
taan sisäilman epäpuhtauden ja rakenteiden ilmanpölyvyyden mittaamisella. Si-
säilmanpuhtaudessa tärkein tekijä on selluvillasta irtoavat eristevillakuidut. Si-
säilma mitataan eristevillakuitujen varalta vielä viimeisen kerran rakennusvai-
heen päätyttyä. Mikäli sisäilmassa on edelleen epäpuhtauksia, tulee rakennuk-
sen loppusiivous suorittaa uudelleen. Kun sisäilma on todettu riittävän puhtaak-
si, voidaan uuden ilmanvaihtojärjestelmän suojaukset poistaa ja järjestelmä ot-
taa käyttöön.

Rakenteellinen ilmatiiveys tutkitaan vielä kokonaisuudessaan rakentamisvai-
heen päätyttyä. Ilmatiiveyttä tutkitaan tilakohtaisesti lämpökamerakuvauksilla ja
kokonaisvaltaisesti koko rakennuksessa ilmantiiveyskokeella. Rakenteiden il-
matiiveydellä varmistetaan, ettei sisäilmaan pääse enempää eristevillakuitua.

Ilmanvaihdon riittävä toimivuus tulee myös mitata. Mittauksella tulee varmistua
siitä, että rakennuksen kaikki huoneet vastaavat suunniteltua mitoitusarvoa
säädöiltään ja tasapainotukseltaan.

2.7 Valvonta

Kaikki työvaiheet purkamisesta loppusiivoukseen tulee valvoa. Valvonta suorit-
taan rakennushankkeen tilaajan toimesta. Valvontaan kuuluu sovittujen purku-
menetelmien toteutuminen, purkujätteiden käsittely, siivouksissa vaaditun puh-
taustason saavuttaminen, sovittujen rakentamismenetelmien toteutuminen ja
rakennusaikaisten puhtaustasojen saavuttaminen, sekä loppu siivouksen val-
vonta.

2.8 Luovutus

Luovutuksen yhteydessä käyttäjille annetaan ohjeet rakennuksen oikeanlaisesta käytöstä, sekä puhtaanapidon menetelmistä. Käyttäjille laaditaan talon huoltokirja, sekä käyttöohje. Näistä tulee selvittää talossa käytetyt materiaalit, koneet, laitteet, materiaali- ja tuotetiedot, teknisten järjestelmien paikannuskuvat, siivous ohje ja yhteyshenkilöiden tiedot. Käyttäjä tulee myös opastaa ilmastoinnin häiriöiden tunnistamisesta, ja häiriöiden syntyessä, yhteyden otosta IV-järjestelmästä huolehtivaan osapuoleen.

On myös tehtävä erittäin selväksi kaikille hankkeessa toimiville, kuinka tärkeää on kiinnittää huomiota rakennuksen oikeanlaiseen käyttöön, puhdistukseen ja rakennukseen tuotavien kalusteiden ja irtaimistojen käyttöön.

2.9 Jälkiseuranta

Jälkiseurantana Ruunumäen päiväkotia / koulua / neuvola rakennuksessa voidaan käyttää ensimmäisenä asiana käyttäjien haastattelua. Mikäli rakennuksessa ilmenee edelleen käyttäjien oireilua, joka voi johtua sisäilmassa ilmenevistä ongelmista, tulee ensimmäisenä kiinnittää huomiota rakennuksen käyttöön, sekä rakennuksen ulkopuolisiin epäpuhtauslähteisiin kuten kalusteet, irtaimistot, elintarvikkeet, puhdistusaineet ja polttoaineet. Mikäli näissä kohdissa havaitaan puutoksia, tulee käyttäjä ohjeistaa erilaisten tuotteiden varastoinnista kuten saniteettiaineet, polttoaineet ja elintarvikkeet.

2.10 Informointi

Käyttäjä sekä tilaajayksikköä tulee informoida riittävästi läpi koko korjaushankkeen. Käyttäjien ja tilaajayksikön edustajat otetaan mukaan rakennusta koskeviin kokouksiin, kuten työmaakokouksiin ja suunnittelukokouksiin. Lisäksi korjaushankkeesta laaditaan kerran kuukaudessa tiedote, joka suunnataan käyttäjille ja tässä tapauksessa lapsien vanhemmille. Mikäli informaatiota tarvitaan jostain syystä tilaajalle tai käyttäjille lisää, voidaan hyödyntää työmaavalvonnan valokuvamateriaalia.