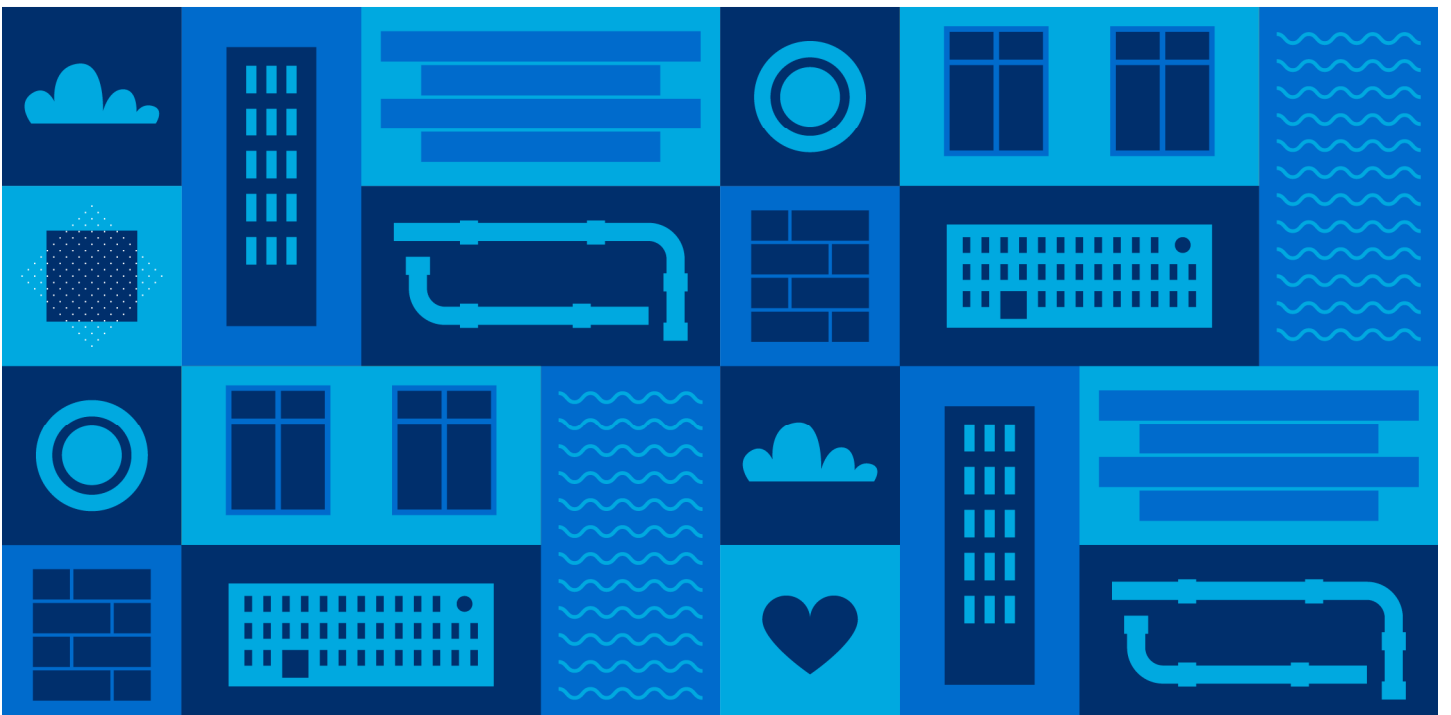


TERVEET TILAT *2028*

Muovimatolla päällystetyt
betonilattiat

Vauriot, korjaustarpeen
arviointi ja korjaaminen



Ympäristöministeriö 2022

Muovimatolla päällystetyt betonilattiat

Vauriot, korjaustarpeen arviointi ja
korjaaminen

Helsinki 2022

Terveet tilat 2028 on hallituksen 10-vuotinen toimintaohjelma, jonka tavoitteena on tervehdyttää julkiset rakennukset ja tehostaa sisäilmasta oireilevien hoitoa ja kuntoutusta.

tilatjaterveys.fi

Sisältö

1	Johdanto.....	7
2	Muovimatolla päällystetty betonilattia	9
2.1	Betonilattian päällystäminen muovimatolla	9
2.2	Betonilattian kosteus ennen ja jälkeen päällystämisen	10
2.3	Lattiatasoiteet	12
2.4	Alustaan liimattavat muovimatot ja mattoliimat	13
2.4.1	Muovimatot	13
2.4.2	Mattoliimat	16
3	Muovimattopäällysteen vaurioilmiöt betonilatioissa	18
3.1	Muovimaton pehmittimen haihtuminen.....	18
3.2	Muovimattojen ja liimojen hydrolyyttinen hajoaminen betonin kosteuden vaikutuksesta.....	19
3.3	Muovimatolla päällystetyn betonilattian emissiot.....	24
3.3.1	Primääriemissiot.....	24
3.3.2	Sekundääriemissio	25
3.4	Mikrobivauriot muovimattopäällysteissä.....	26
3.5	Muovimattojen mekaaniset vauriot.....	26
3.6	VOC-yhdisteet ja niiden vaikutus sisäilmastoon.....	27
3.6.1	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet	27
3.6.2	Terveysvaikutukset ja vaikutus sisäilmastoon.....	28
4	Betonilattian muovimattopäällysteen korjaustarpeen arviointi.....	31
4.1	Perusolosuhteiden ja ilmanvaihdon toimivuuden varmistaminen (Esiselvitysvaihe 0).....	33
4.2	Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimuksen suunnittelu (Vaihe 1).....	36
4.2.1	Lähtötietojen selvittäminen.....	36
4.2.2	Katselmuskäynti tutkimuskohteessa ja tutkimustarpeen arviointi.....	37
4.2.3	Selvitysten tulkinta ja tutkimussuunnitelman laadinta vaiheeseen 2	38
4.3	Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset (Vaihe 2).....	39
4.3.1	Rakenne- ja materiaalitietojen tarkentaminen	39
4.3.2	Kosteusmittaukset	40

4.3.3	Mattoliiman alapuolinen pH	42
4.3.4	Muu havainnointi tutkimusten yhteydessä.....	42
4.3.5	Kokonaisarvio tilanteesta sekä tulosten tarkastelu myös terveysperusteisesta näkökulmasta	46
4.4	Sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe3a).....	47
4.4.1	Sisäilman VOC-näytteenotto	47
4.4.2	Sisäilman VOC-näytteiden ohje-, raja- ja viitearvot	49
4.4.3	Sisäilman VOC mittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen	51
4.5	Päällystemateriaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC- pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe 3b)	54
4.5.1	VOC-näytteenotto materiaalin pinnalta ja materiaalista irrotetusta näytteestä.....	54
4.5.2	Materiaalinäytteiden emissioiden ohje- ja viitearvot	55
4.5.3	Materiaalinäytteiden emissiomittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen.....	57
4.5.4	Ilmanvaihdon ja talotekniikan vaikutus kokonaisuuteen	58
4.6	Päätöksenteko (Vaihe 4).....	61
5	Kuntotutkimusmenetelmät.....	65
5.1	Ilmanvaihdon toimivuuden selvitys ja paine-erojen mittaus.....	65
5.2	Kosteusmittaukset.....	65
5.2.1	Pintakosteuskartoitus	65
5.2.2	Viiltomittaus	66
5.2.3	Porareikämittaus.....	67
5.2.4	Näytepalamittaus.....	68
5.3	Sisäilman VOC-mittaus	69
5.4	FLEC-menetelmä	71
5.5	Bulk-materiaalinäytteen mittaus	72
5.6	Muut materiaaliemissiomittausmenetelmät	74
5.7	Betonin ja tasoitteen pH:n mittaus.....	75
5.8	Tutkimusmenetelmien mittausepävarmuus.....	76
6	Päällysteaurion korjaus.....	78
6.1	Korjausalueen rajaaminen.....	78
6.2	Korjausmenetelmän ja korjaustason määrittely eri tilanteissa.....	78
6.3	Korjausmenetelmät	79

6.3.1	Kevyt korjaus: nykyinen pintarakenne jää rakenteeseen.....	80
6.3.1.1	Ilmanvaihtojärjestelmän korjaukset (ei toimenpiteitä lattiapäällysteille)	80
6.3.1.2	Nykyisen muovimaton päälle asennetaan uusi lattiapäällyste	81
6.3.1.3	Nykyisen muovimaton päälle asennetaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros.....	81
6.3.2	Raskas korjaus: pintarakenne puretaan.....	82
6.3.2.1	Nykyisen pintarakenteen purku ja korjaus vastaavalla tavalla.....	85
6.3.2.2	Pintarakenneratkaisun muuttaminen korjauksen yhteydessä.....	85
6.4	Korjausmenetelmien riskit	86
6.4.1	Yleistä korjaustoimenpiteisiin liittyviä riskejä	86
6.4.2	Alikorjaus.....	89
6.4.3	Ylikorjaus.....	89
6.5	Korjaussuunnitelmien laatiminen.....	90
6.6	Korjauksen toimivuuden seuranta.....	91
6.6.1	Seurantasuunnitelma osaksi korjaussuunnittelua	91
6.6.2	Käyttäjäkyselyt.....	92
6.6.3	Aistinvaraiset tarkastelut.....	92
6.6.4	Rakennekosteusseuranta.....	92
6.6.5	Sisäilmanäytteen VOC-analyysi	93
6.6.6	FLEC-mittaus mikäli sisäilmamittauksen tuloksissa viitteitä VOC-tuoton kasvusta	93
6.6.7	Ilmanvaihdon toimivuuden seuranta.....	94

Liitteet	95
----------------	----

Lähteet.....	96
--------------	----

ESIPUHE

Tämän oppaan aihepiiriä on edistetty useassa työpajassa vuodesta 2015 lähtien ja oppaan kirjoitustyötä tukemaan on haastateltu lukuisien eri aihepiirien asiantuntijoita. Tällä perusteella lausuntokierros järjestettiin kohdennettuna.

Täydentyä viimeistelyvaiheessa.

[Napsauta ja kirjoita Allekirjoittajan nimi.](#)

1 Johdanto

Rakennusten sisäilmaselvitysten yhteydessä tulee usein vastaan tilanne, missä uudessa rakennuksessa pian käyttöönoton jälkeen osalla tilojen käyttäjistä on alkanut esiintymään sisäilmaongelmaan viittaavaa oireilua. On varsin tavanomaista, että jo ennen yhtäkään tarkempaa selvitystä tai tutkimusta syyksi epäillään rakennusvaiheessa liian kostean betonin päälle asennettuja lattianpäällysteitä, erityisesti alustaan liimattavia muovimattoja, vaikka pääsiallinen syy sisäilman laatuun liittyvään havaintoon olisikin jokin aivan muu.

On yleisesti tiedossa, että uusista muovimatoista haihtuu vielä pitkään asentamisen jälkeen niille ominaisia kemiallisia yhdisteitä. Tällöin kyseessä on materiaalin primääriemissiot. Myös eri materiaaleja, kuten muovimattoja, mattoliimoja ja tasoitteita, yhteen liitettäessä syntyy uusia yhdisteitä, joita voidaan pitää normaaleina eivätkä ne siten viittaa esimerkiksi päällystevaurioon. Lisäksi tiedetään, että betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa betoniin kosketuksissa olevissa muissa materiaaleissa kuten esimerkiksi muovimatoissa ja niiden kiinnittämiseen käytävissä liimoissa kemiallista hajoamista. Tämän kemiallisen hajoamisen seurauksena materiaaleista haihtuu normaaleista primääriemissioista poikkeavia yhdisteitä elin niin kutsuttuja sekundääriemissioita. Sekä primääri- että sekundääriemissioiden seurauksena joidenkin kemiallisten yhdisteiden määrä sisäilmassa voi nousta terveyshaittaa aiheuttavalle tasolle.

Parin viimeisen vuosikymmenen aikana materiaalien ominaispäästöjen vähentämiseen sekä rakentamisen kosteudenhallintaan on panostettu merkittävästi. Siitä huolimatta Suomessa tehdään edelleen vuosittain lukuisia muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden korjauksia sisäilmaongelmaepäilyn seurauksena. Korjaukset ovat kalliita ja johtavat usein eri osapuolten väliseen riitelystä oikeudessa.

Valitettavan usein nämä korjauspäätökset ja -toimenpiteet kuitenkin perustuvat virheellisiin johtopäätöksiin johtuen soveltumattomista tutkimusmenetelmistä ja virheellisestä tulosten tulkinnasta. Esimerkiksi käsitys normaalista ja poikkeavasta tilanteesta voi vaihdella hyvinkin paljon. Ei ole myöskään tavatonta, että täysin hyväkuntoinen lattianpäällyste on uusittu, vaikka syy huonoon sisäilmaan on ollut aivan toinen, kuten esimerkiksi toimimaton ilmanvaihto tai ilmavuodot maaperästä. Merkittävänä syynä virheellisiin johtopäätöksiin voidaan pitää puutteellista ja osin ristiriitaista ohjeistusta.

Tämän julkaisun tavoitteena on antaa selkeitä ja alalla yleisesti hyväksytyjä ohjeita muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiin ja mahdolliseen korjaukseen. Julkaisussa on esitetty korjaustarpeen arviointiprosessi, joka kattaa yleisim-

mät tapaukset. Ohjeistus on tarkoitettu kuntotutkijoille, suunnittelijoille, materiaalivalmistajille ja tilaajille sekä kaikille, jotka ovat tekemisissä muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden kanssa.

Vaikka tämä julkaisu keskittyy yhtenäiseksi hitsattuihin alustaan liimattuihin muovimattoihin, voidaan oppaan sisältöä soveltaa laattamaisiin alustaan liimattaviin päällysteisiin, kuten kvartsivinyylilautoihin.

Tätä ohjetta täydentää/ tämä ohje on osa Betoniyhdistyksen laajempaa julkaisua by76 Betolattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen 2022.

2 Muovimatolla päällystetty betonilattia

2.1 Betonilattian päällystäminen muovimatolla

Kun betonilattiarakenne päällystetään muovimatolla, matto liimataan yleensä joko betonin pintaan levitetyn tasoitteen päälle tai suoraan betoniin. Päällystysvaiheessa betonirakenteen pinnan tulee olla riittävän kova, puhdas ja kuiva, jotta liima tarttuu alustaan. Päällystystyön onnistuminen edellyttää myös sopivaa liimamäärää, liiman avoimaa sekä oikeaan aikaan ja oikealla tavalla tehtyä maton asennusta. Päällystystyö on ammattitaitoa ja huolellisuutta vaativa työvaihe. Asennusvaiheessa tehdyt virheet ja huolimattomuus voivat johtaa mm. muovimaton huonoon tartuntaan alustaansa aiheuttaen siten päällysterakenteen vaurioituminen.

Betonilattiarakennetta päällystettäessä rakenteen pinnan ominaisuuksien lisäksi on kiinnitettävä erityistä huomiota betonin kosteuteen syvemmillä rakenteessa. Vaikka rakenteen pintaosat olisivat päällystyshetkellä kuivat, voi syvemmillä rakenteessa oleva kosteus ajan kuluessa siirtyä muovimaton alle liimakerrokseen. Betonin kemiallisesta koostumuksesta johtuen tämä kosteus on yleensä hyvin alkalista (pH on korkea) ja voi siten olla haitallista mattoliimoille ja itse muovimattomateriaalille. Pinnan alkalisuutta voidaan alentaa käyttämällä matala-alkalisia tasoitteita. Riittävän alkali-puskurin varmistamiseksi tasoitepaksuus muodostuu usein tasoituksen perustehtävää paksummaksi, jolloin on tärkeää varmistaa tasoitteen ja tasoituksesta kostuvan betonin pintaosan riittävä kuivuminen ennen mattoasennusta.

Kosteuden aiheuttamien vaurioiden välttämiseksi, rakennusvaiheessa ennen päällystytöön ryhtymistä tulee varmistua siitä, että rakenne on riittävän kuiva. Riittävän kuivumisen arviointi pohjautuu rakenteesta tehtyihin betonin suhteellisen kosteuden mittauksiin sekä päällystemateriaalien kriittiseen suhteellisen kosteuden arvoon.

Rakennekosteuden lisäksi muovimattopäällysteet voivat vaurioitua rakenteeseen ulkopuolelta tulevan kosteuden vaikutuksesta, jolloin syynä on yleensä vesivahinko tai virheellisesti suunniteltu ja toteutettu rakenne. Systemaattisella kosteudenhallintatyöllä pyritään estämään lisäkosteuden pääsy rakenteeseen sekä varmistamaan rakenteen kuivuminen. Rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan sekä kosteuden mittaamiseen

on annettu tarkempia ohjeita mm. Betoniyhdistyksen julkaisussa by 76 Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen 2022, RIL250 Kosteudenhallinta ja homevaurion estäminen 2021 sekä RT 103333 Betonin suhteellisen mittausta 2021 ohjekortissa.

2.2 Betonilattian kosteus ennen ja jälkeen päällystämisen

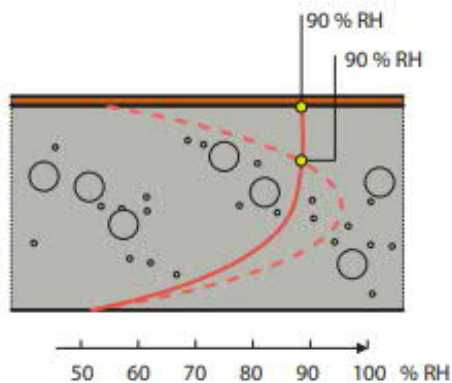
Betonilattiarakenne sisältää aina kosteutta. Kosteus on peräisin betonin valmistamiseen käytetystä vedestä sekä rakenteen mahdollisesta kastumisesta rakennusvaiheessa erityisesti rakennuksen rungon pystytyksen yhteydessä. Rakennusvaiheessa päällystettävien ja pinnoitettavien lattiarakenteiden kuivumiseen tulee varata riittävästi aikaa. Vaadittu kuivumisaika riippuu monesta eri tekijästä, kuten rakenneratkaisusta, betonin ominaisuuksista sekä kuivumisolosuhteista. Betonilattiarakenteiden työmaaikainen kosteudenhallinta kuuluu oleellisena osana rakennuskohteen kosteudenhallintatyöhön.

Betonilattiarakenteen kuivumisen voidaan katsoa alkavan, kun rakennuskohteen vaippa saadaan umpeen ja lämpö päälle. Kuivumisen myötä lattiarakenteeseen muodostuu kosteusprofiili, missä kosteuspitoisuus rakenteen pintaosissa on yleensä alhaisempi kuin syvemmillä rakenteissa (kosteuspitoisuus kasvaa rakenteen pinnasta syvemmälle mentäessä). Lattiapäällysteen asentamisen jälkeen syvemmillä rakenteissa oleva kosteus tasaantuu kuivempaa pintaa kohden siten, että kosteuspitoisuus betonin pinnassa päällysteen alla kasvaa päällystämisen jälkeen (kuva 1). Kosteudenhallintatoimenpiteillä (kuivattamisella ja mittauksilla) pyritään varmistamaan, ettei kosteus välittömästi muovimaton alla (liimatilassa) nouse yli liiman tai muovimaton kriittisen kosteuden. Rakenneratkaisun, betonin ominaisuuksien ja olosuhteiden lisäksi kosteuden uudelleen jakaantumiseen vaikuttaa merkittävästi päällystemateriaalien vesihöyrynläpäisevyys.

Ennen lattiapäällysteen asentamista tehtävillä kosteusmittauksilla pyritään varmistamaan, että lattiarakenne on kuivunut riittävästi. Kosteusmittaus tehdään RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittausta ohjekortin mukaisesti. Lattiarakenteen ei tarvitse olla kauttaaltaan kuiva. Riittää, että kosteuspitoisuus tietyllä syvyydellä rakenteissa on riittävän alhainen, jotta voidaan varmistua, ettei kosteus päällysteen alla nouse kriittisen korkeaksi. Kosteusmittausvyvydet määräytyvät mm. rakenteen pak-

suuden, kerroksellisuuden ja kuivumissuunnan mukaan. Kriittisen suhteellisen kosteuden arvon puolestaan määrittävät päällystemateriaalin ominaisuudet. Muovimatoilla päällystettäessä kriittisenä suhteellisen kosteuden raja-arvona pidetään yleensä 85 %RH. Tämä tarkoittaa, että suhteellinen kosteus päällysteen alla liimatilassa ei saa nousta yli tämän arvon liian pitkäksi aikaa missään vaiheessa liiman kovettumisen (tyypillisesti noin kaksi viikkoa) jälkeen.

Betonilattiarakenteen kosteuspitoisuus syvemmällä rakenteessa voi olla korkea vielä hyvin pitkään päällystämisen jälkeen aiheuttamatta alustaan liimatulle muovipäällysteelle ongelmia. Oleellista on, että kosteuspitoisuus heti muovipäällysteen alapuoliossa pintakerroksessa (mattoliimassa/tasoiteessa) on riittävästi alhaisempi kuin syvemmällä rakenteessa. Kuinka suuri kosteuspitoisuusero eri syvyyksien välillä voi olla, riippuu pintarakenteen (muovimatto, liima, tasoite) vesihöyrynläpäisykyvystä ja betonin kosteudensiirto-ominaisuuksista. Pintarakenteen mahdollisen vaurioitumisen kannalta merkitystä on vain siihen kontaktissa olevan pinnan kosteuspitoisuudella (mattoliimassa/tasoiteessa). Erilaisten betonilattiarakenteiden sekä lattiapäällysteiden ja -pinnoitteiden kosteuskäyttäytymistä on käsitelty laajemmin Betoniyhdistyksen julkaisussa by 76 Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen 2022.



Kuva 1. Periaatteellinen kuva kahteen suuntaan kuivuvan betonirakenteen kosteusjakaumasta ennen päällystämistä (punainen katkoviiva) ja päällystämisen jälkeen (yhtenäinen punainen viiva). Laatan kuivuminen ja kosteuskäyttäytyminen päällystämisen jälkeen riippuu lukuisista seikoista, mm. rakenteesta, betonin ominaisuuksista, kuivumisolosuhteista ja päällysteen vesihöyrynläpäisevyydestä (RT 103333).

2.3 Lattiatasoitteet

Betonilattiarakenteen pintaan levitetään usein ennen päällystystöitä tasoitekerros lattiapäällysteiden alustan tasaamiseksi. Tasoitteilla voidaan oikaista lattioiden epätasaisuuksia, täyttää koloja sekä tehdä kallistuksia ja pintavaluja. Ennen tasoitteen levittämistä betonin pinnasta tulee poistaa pöly, irtonainen lika ja rasva, minkä jälkeen pinta pohjustetaan. Tartuntapohjusteet eli primerit ovat yleensä vesiohenteisia dispersioita. Tasoitteen ja tasoitetyön laatu vaikuttavat merkittävästi mm. päällystemateriaalien ja alustan väliseen tartuntavetolujuuteen. Työvirheet, kuten esimerkiksi liiallisen veden lisääminen tasoitemassaan, voivat heikentää merkittävästi tasoitteen lujuutta. Tartuntavetolujuus voi myös heiketä huomattavasti, jos pohjusteena käytetään eri valmistajan tuotetta kuin tasoitteena.

Useimmat lattiatasoitteet ovat ns. matala-alkalisia ($\text{pH} < 11,5$) ja niiden pH on siten yleensä alhaisempi kuin betonin. Tuoreen betonin pH on noin 12,5. Kun betonilattioita päällystetään alustaan liimattavilla muovimatoilla, betonin pinnassa suositellaan käytettävän matala-alkalisia tasoitteita. Pinnan alkalisuuden madaltaminen vähentää merkittävästi päällysteen vaurioitumiseen johtavan alkalisen hydrolyysin riskiä (ks. luku 3.2). Riittävän alkalispuskurin saavuttamiseksi betonin pintaan suositellaan usein levittämään esimerkiksi noin 5 mm kerros matala-alkalista tasoitetta.

Matala-alkaliset itsesiliävät lattiatasoitteet ovat kipsi- tai aluminaattisementtipohjaisia. Aluminaattisementti nostaa pH-arvoa vähemmän kuin betonissa tyypillisesti käytetty portlandsementti. Sementin lisäksi sideaineina käytetään polymeerejä (tyypillisesti 1...5 %), esimerkiksi eteenivinyylisetaattikopolymeeria. Käytetyt polymeerit kestävät hyvin alkalista kosteutta. Täyttöominaisuudet saadaan aikaan käyttämällä tasoitteessa hiekkaa ja/tai kalkkikiveä. Lisäksi tasoitteissa käytetään erilaisia apuaineita parantamaan esimerkiksi työstöominaisuuksia. Aiemmin yleisesti käytetty kosteusherkkä kaseiini on Suomessa korvattu muilla apuaineilla. Keski-Euroopassa kaseiini on yhä käytössä.

Tasoitteet kovettuvat ja kuivuvat yleensä nopeasti. Vallitsevat olosuhteet, kuten huoneen lämpötila ja kosteus, tasoitekerroksen paksuus ja betonialustan kosteus, vaikuttavat merkittävästi kuivumiseen. Eri tuotteiden välillä voi olla huomattavia eroja.

Tasoitteet eivät yleensä hidasta kosteuden poistumista betonista, mutta tasoitetyö voi pidentää koko rakenteen kuivumisaikaa muutamasta päivästä muutamiin viikkoihin johtuen tasoitteen sisältämästä vedestä. Pohjustuksesta huolimatta tasoitteet kastelevat alapuolisen betonirakenteen pintaosia. Siihen, miten paljon ja miten syvälle tasoite kastelee alapuolista betonia ja miten nopeasti tämä kosteus poistuu, vaikuttavat merkittävästi tasoitelatu, tasoitekerroksen paksuus sekä alustabetonin tiiviys ja kosteus.

2.4 Alustaan liimattavat muovimatot ja mattoliimat

2.4.1 Muovimatot

Muovimatot voidaan jakaa kolmeen tyyppiin:

1. Homogeenisiin (tasa-aineisiin) muovimattoihin, joiden rakenne ja koostumus on sama läpi koko maton
2. Kerroksellisiin muovimattoihin, jotka koostuvat kirkkaasta kulutuskerroksesta (esim. polyuretaanihartsista) ja sen alla olevasta homogeenisestä muovimatosta. Kulutuskerroksen paksuus on yleensä 0,2...0,8 mm
3. Heterogeenisiin (moniaineisiin) joustovinyylimattoihin, joissa on yleensä pehmeä (on eri koostumuksia omaava) pohjakerros sekä kulutusta kestävä pintakalvo.

Heterogeenisiä joustovinyylimattoja käytetään yleensä asuinhuoneissa, kun taas tasa-aineisia mattoja käytetään enemmän julkisissa tiloissa niiden paremman kulutuskestävyyden ansiosta. Tasa-aineiset muovimatot kestävät joustovinyylimattoja paremmin kosteutta, mutta toisaalta ne ovat vesihöyrynläpäisykyvyn suhteen joustovinyylimattoja tiiviimpiä.

Muovimattojen pääraaka-aine on polyvinyylikloridi (PVC). Sen lisäksi muovimatoissa on tyypillisesti pehmittimiä, väri- ja täyteaineita ja stabilointiaineita (valon ja lämmön kesto). Heterogeenisessä muovimatossa raaka-aineiden määrä on suurempi.

PVC-muovi on luonnostaan jäykkää. Jotta matoista saadaan pehmeämpiä ja joustavampia, niihin lisätään valmistusvaiheessa pehmittimiä. Pehmittimien käyttö on välttämätöntä mattojen asennettavuuden kannalta. Pehmeissä kerroksellisissa vinyylimattoissa on enemmän pehmittimiä kuin tasa-aineisissa matoissa. Tyypillisesti asuinrakennuksissa käytetyt joustovinyylimatot sisältävät noin 30 paino-% pehmittimiä, kun taas julkisten tilojen homogeeniset matot noin 13...20 paino-%. Kvartsvinyylimattoja ovat lujimpia alustaan liimattavia muovipäällysteitä ja niissä on pehmittimiä noin 6 paino-%.

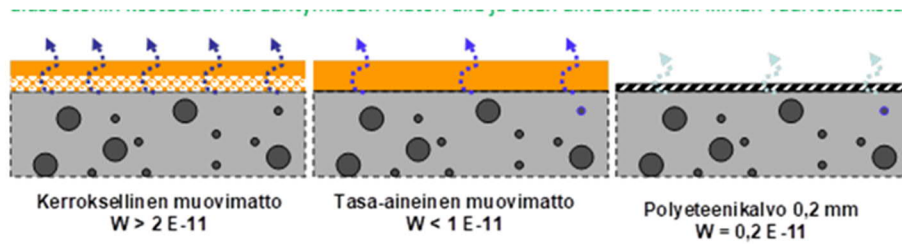
Yleisimmät nykyisin käytetyt pehmittimet ovat erilaisia ftalaatteja. Ftalaatit ovat synteettisesti valmistettuja yhdisteitä (ftaalihapon estereitä), joita muodostuu ftaalihapon

reagoiessa alkoholin kanssa. Reaktion tuloksena muodostuu diestereitä. Reaktioissa käytettyjen alkoholien hiiliketjun pituus vaihtelee yhdestä kolmeentoista hiileen (C1...C13) ja alkoholit ovat joko suoraketjuisia tai haarautuneita.

Muovimatot ovat pääasiassa ennen vuotta 2007 sisältäneet pehmitintä nimeltä di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP). DEHP:n reaktiotuotteita ovat 2-etyyli-1- heksanoli (2EH) ja ftalaattihapot, joita voi syntyä hapettumisen seurauksena. Vuodesta 2015 DEHP:n käyttö on ollut luvanvaraista Euroopan Unionissa, minkä vuoksi DEHP on muovimatoissa laajasti korvattu muilla pehmittimillä. Vuoden 2007 jälkeen yleisesti käytettyjä pehmittimiä ovat DINP (di-isononyyliiftalaatti), DIDP (di-isodekyyliiftalaatti) ja DINCH (Di-isononyylisykloheksaani-1,2-dikarboksylaatti). Ftalaattivapaita pehmittimaineista ovat mm. di-2-etyyliheksyyliadipaatti (DEHA), di-oktyylitereftalaatti (DOTP tai DEHT) sekä triglyseridit ja muut kasviöljypohjaiset pehmentimet.

Suomalaisten materiaalien päästöluokitus eli M1-luokitus on oleellisesti vähentänyt uusien materiaalien päästöjä jo vuodesta 1995 lähtien ja siten myös edistänyt vähäpäästöisten rakennusmateriaalien kehitystyötä ja käyttöä. Luokkaan M1 kuuluvat emissiotestatut materiaalit, joiden TVOC-kokonaisemissiot ovat alle 200 µg/m²h, formaldehydiemissio alle 50 µg/m²h, ammoniakkiemissio alle 30 µg/m²h ja IARC:n (International Agency for Research on Cancer) luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio on alle 5 µg/m²h. Lisäksi M1-luokitellut tuotteet eivät saa haista. Materiaalien ominaispäästöt pienenevät materiaalin vanhentuessa. Täysin emissiovapaita lattioiden muovipäällysteitä ei ole olemassa.

Muovimattojen vesihöyrynläpäisevyyksissä on eroja (kuva 2). Kulutuskestävyys on yksi vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttavista tekijöistä. Koska asuintilojen heterogeeniset muovimatot sisältävät yleensä enemmän täyteainetta kuin julkisten tilojen homogeeniset muovimatot, on myös niiden kulutuskestävyys huonompi ja vesihöyrynläpäisevyys suurempi. Julkisten tilojen homogeenisilla muovimatoilla on tiiviistä rakenteestaan johtuen erityisen hyvä kulutuksenkesto ja alhaiset emissiot, jotka ovat tyypillisesti reilusti alle M1-luokan vaatimusten. Vesihöyrynläpäisevyyksissä on tuotekohtaisia eroja ja vesihöyrynläpäisevyyteen vaikutta lisäksi alustan kosteus sekä sisäilman kosteus.



Kuva 2. Muovimattojen vesihöyrynläpäisevyyksissä voi olla suuriakin eroja. Mikäli päällyste on laattamainen (ilman hitsattavia saumoja) on pintarakenne kokonaisuutena saumojen takia läpäisevämpi kuin samasta materiaalista valmistettu yhtenäiseksi hitsattu pintarakenne. Tavanomaiset höyrynsulkumuovit ovat yleensä tiiviimpiä kuin tiiveimmätkin muovimatot.

Nykyään vesihöyrynläpäisevyyden ilmaisemiseen käytetään suuretta suhteellinen diffuusiovastus S_d , jonka yksikkö on metri (m). S_d on seisovan ilmakerroksen paksuus, jolla on sama vesihöyrynvastus kuin tarkasteltavalla materiaalilla. Taulukossa 1 on eri materiaalien S_d -arvoja.

Taulukko 1. Erialaisten muovimattojen suuntaa antavia vesihöyrynvastuksia verrattuna muihin materiaaleihin. Eri tuotteiden tarkkaa vertailua vaikeuttaa se, että läpäisevyyksiä saatetaan määrittellä monella eri tavalla (RT-kortti 103333).

Pintarakennetyyppi	S_d
tekstiilipäällyste avoimella alusrakenteella	< 1 m
alustaan liimattava parketti	< 1 m
sementtipohjaiset vedeneristeet	~ 1 m
liima	~ 2 m
joustovinyylimatto ja linoleumi	< 10 m
muoviaineiset vedeneristeet	5...50 m
alustaan kiinnittämättömien päällysteiden alusmateriaalit	10...50 m
massamaiset vedeneristeet	> 50 m
homogeeninen muovimatto	20...50 m
laminaatit ja vinyylilankut	30...60 m
tekstiilipäällysteet yleensä	10...100 m

2.4.2 Mattoliimat

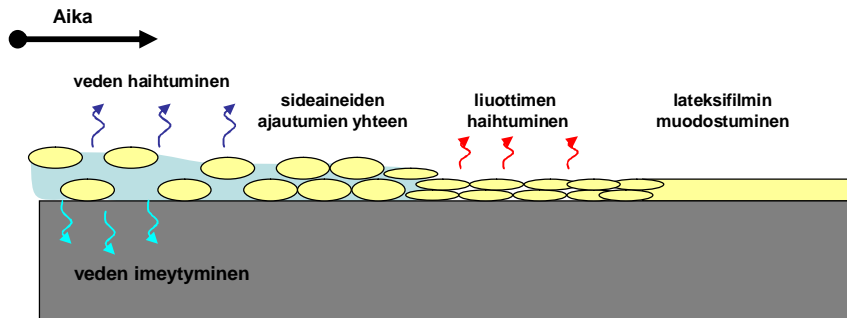
Nykyiset mattoliimat ovat pääsääntöisesti vesiohenteisia (liuotteettomia) dispersioliimoja, jotka levitetään alustaan yksipuolisesti. Joissakin tapauksissa käytetään kontaktiimoja tai kaksikomponenttisiä reaktioliimoja. Tyypillinen nykyisin käytettävä mattoliima on akrylaattikopolymeeridisersioliima. Liimojen kuiva-ainespitoisuus on tyypillisesti noin 70 %. Muovimaton alin kerros määrittää, mitä liimaa maton kiinnittämiseen tulee käyttää. Muovimattojen kiinnittämiseen betonipintaan voidaan käyttää myös alkalinkestävää liimaa. Alkalinkestävän liiman ainesosat ovat etyleenikopolymeeri ja vinyyliaasetatidisersiio.

Jotta liimat ovat työstettäviä, myös niissä käytetään pehmittimiä. Pehmittinmäärä on tyypillisesti 1...5 paino-% eli huomattavasti alhaisempi kuin muovimatoissa.

Betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa mattoliimassa sekä sideaineen että pehmittimien kemiallisen hajoamisreaktion. Esimerkiksi akrylaattipohjaiset kopolymeeriliimat voivat sisältää 2-etyyliheksyyli-akrylaatteja, jotka reagoidessaan alkalisen kosteuden kanssa voivat tuottaa 2etyyli1heksanolia (2EH) ja n-butanoli emissioita. Aiemmin liiman raaka-aineina käytettiin esteripohjaisia yhdisteitä, jotka hajoavat alkalisen kosteuden vaikutuksesta alkoholeiksi ja hapoiksi.

Liimojen kosteudensietokyvyissä on tuotekohtaisia eroja. Monien vesiliukoisten liimojen kriittisenä suhteellisen kosteuden raja-arvona pidetään 85 % RH, jotkut sallivat 90 % RH. Kaksikomponenttiliimat kestävät yleensä vielä korkeampia kosteuksia.

Vaikka betonilattiarakenteen pintaan levitettävä liimamäärä on pieni, liiman sisältämä vesi (tyypillisesti 200 g liimaa sisältää noin 60 g vettä) voi hetkellisesti nostaa betonirakenteen pintaosien kosteuspitoisuutta merkittävästi. Tämä suhteellisen kosteuspitoisuuden kasvun arvo riippuu betonilattian pintaosien kosteuspitoisuudesta ennen liimausta sekä pinnan imukyvyistä. Mikäli käytetty liimamäärä on suuri ja alustan imukyky vähäinen, suhteellinen kosteuspitoisuus päällysteen alla voi nousta hetkellisesti jopa 100 %:iin. Liimakerroksen suhteellisen kosteuden kasvun on todettu lisäävän mm. muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden emissioita (ks. luku 3.3).



Kuva 3. Periaatteellinen kuva vesiliukoisesta akrylaattiliimasta (lateksin) kuivumisesta. Osa liiman vedestä imeytyy aluksi alapuoliseen betoniin, mistä se ajan kuluessa haihtuu. Liuottimien haihtuminen on materiaalille tyypillistä primääriemissioita.

Ennen muovimaton liimausta tulee varmistaa, että rakenteen pintaosat ovat riittävän kuivat vastaanottamaan myös liiman sisältämän kosteuden. Pintaosien voidaan ajatella olevan riittävän kuivia, kun rakenteen (betonin/tasoiheen) suhteellinen kosteus aivan rakenteen pinnassa ja 1...3 cm syvyydellä on alle 75 % RH.

Mitä kosteampi pinta on, sitä kauemmin liimakerroksen kosteuspitoisuus on korkea ja sitä herkemmin liimassa voi alkaa vaurioreaktio. Myös pinnan vedenimukyky vaikuttaa siihen, miten paljon liiman kosteus nostaa pintakerroksen kosteutta. Mitä tiiviimpi pinta on, sitä suurempi liiman kosteuden vaikutus yleensä on. Myös liimaustapa ja maton asennuksen ajankohta vaikuttavat betonilattiarakenteen emissioihin. Esimerkiksi kun liiman on annettu kuivahtaa hetken (10...30 min) ennen maton asennusta, rakenteesta mitattujen emissioiden määrän on todettu vähenevän.

Onnistunut liimaus edellyttää liiman ja mattomateriaalin ominaisuuksien tuntemista, sillä sekä liimamäärässä että vaaditussa liiman avoajassa voi olla merkittäviä eroja eri materiaalien välillä. Liimaustyössä on ensiarvoisen tärkeää noudattaa päällystemateriaalin- että liimavalmistajan asennusohjeita.

3 Muovimattopäälysteen vaurioilmiöt betonilattioissa

Muovimatoista vapautuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC-emissioiden) vaikutusta sisäilman laatuun on Suomessa tutkittu 1990-luvun puolivälistä asti. Emisoiden on usein todettu olevan yhteydessä alustana olevan betonirakenteen alkaliiseen kosteuteen, joka voi aiheuttaa hajoamisreaktioita sekä mattoliimassa että itse matossa.

Sisäilmaongelmien aiheuttajaksi on myös epäilty muovimatoissa ennen vuotta 2007 yleisesti käytettyä viskositeetin säätöön tarkoitettua lisäainetta TXIB:tä ja sen hajoamistuotteita. Toinen emissioiden kannalta haasteellinen muovimattojen raaka-aine on niissä käytetty pehmitin. Myös askeläänieristetyissä matoissa eristeenä käytettävä polyuretaanivaahdon (polyolefiini) hajoamisreaktio voi käynnistyä alkalisen kosteuden vaikutuksesta.

Oman haasteensa ongelmakenttään tuo se, että joskus muovimattojen emissiot voivat olla korkeita, vaikka alustan kosteuspitoisuus olisi ollut alhainen ja joskus taas emissiot ovat korkeasta kosteudesta huolimatta hyvin alhaiset. Toisinaan mattoliima on vaurioitunut, mutta muovimatto on hyväkuntoinen.

3.1 Muovimaton pehmittimen haihtuminen

Muovimaton pehmittimet (ftalaatit, esterit) eivät ole kemiallisesti sitoutuneita muovimaton molekyyliin, joten niitä haihtuu matosta helposti ympäröivään ilmaan ja muihin materiaaleihin. Pehmittimet myös siirtyvät helposti esimerkiksi maton kiinnittämiseen käytettyyn liimaan. Muovimatot säilyttävät tekniset ominaisuutensa pitkään, vaikka pehmittintä haihtuukin. Myös mattoliimat on pyritty kehittämään sellaiseksi, että ne säilyttävät mekaaniset ominaisuutensa riittävässä määrin pehmittinmäärän lisääntyessäkin. Suuri pehmittinsiirtymä voi kuitenkin joskus aiheuttaa mekaanisia ongelmia liiman pehmetessä liikaa.

Pehmittimen hiiliketjun pituus vaikuttaa haihtumiseen siten, että mitä pidempi hiiliketju on, sitä hitaampaa on haihtuminen. Lämpötilan nousun on todettu lisäävän ftalaattien irtoamista.

Muovimaton asentamisen jälkeistä pehmittimien haihtumista voidaan pitää normaalina materiaaliominaisuutena. Kaikki pehmittimet eivät haihdu milloinkaan. Oleellista on, että haihtuvat pehmittinmäärät pysyvät materiaalin päästöluokituksen (esim. M1-luokitus) rajoissa. Pehmittimien haihtuminen voidaan havaita sekä sisäilmasta että lattiarakenteen pinnasta tehtyjen emissiomittausten (VOC-tutkimusten) tuloksissa tiettyjen pehmittimistä peräisin olevien yhdisteiden kuten esim. C9-alkoholi, pitoisuuksien kasvuna. Pehmittimien matosta poistuminen näkyy myös muovimaton alta (esim. BULK-mittauksissa) tehtyjen emissiomittausten tuloksissa kohonneina pehmittinperäisinä yhdisteinä. Nämä näkyvät myös betonin pinnasta muovimaton poiston jälkeen tehdyissä emissiomittauksissa.

Koska pehmittimet ovat usein estereitä, hydrolysoituessaan ne muodostavat samoja hajoamistuotteita kuin esterit yleensä, eli alkoholeja ja happoja. Hydrolyysissä muodostuvista alkoholeista kahdeksan – kymmenen hiiliatomin (oktanol - dekanoli) alkoholit ovat tyypillisiä ftalaattien hajoamistuotteita.

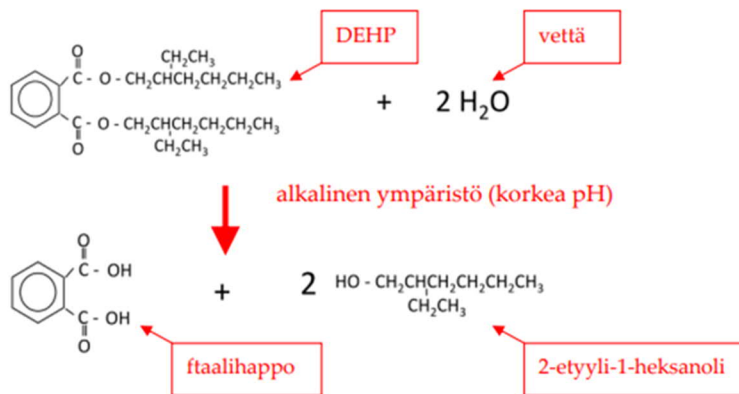
3.2 Muovimattojen ja liimojen hydrolyyttinen hajoaminen betonin kosteuden vaikutuksesta

Betoni ja muut sementtituotteet ovat yleensä hyvin alkalisia (pH \approx 12,5) eli emäksisesti reagoivia aineita, jotka luovuttavat hydroksyyli-ioneja vesiliuokseen. Betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa muovimaton pehmittimien (esterin) ja liimojen hajoamisen alkoholiiksi ja hapoiksi. Reaktiota kutsutaan alkaliseksi hydrolyysiksi (esterihydrolyysi). Hydrolyysireaktion nopeus riippuu kosteuspitoisuuden lisäksi lämpötilasta ja materiaalin pH:sta.

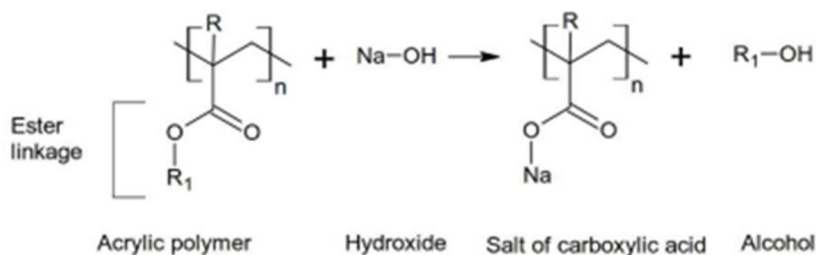
Aiemmin muovimatoissa käytettiin yleisimmin pehmittimenä di(2-etyyliheksyyli)ftalaattia (DEHP), minkä hajoamistuotteena syntyy 2-etyyli-1-heksanolia (2EH). Myös muiden kahdeksanhiilisen esteriosan sisältävien (DEHP-tyyppisten) ftalaattien hajoamistuotteena syntyy muita C8-alkoholeja.

Nykyisin muovimatoissa DEHP on korvattu muilla pehmittimillä, joita ovat pääasiassa di-isononyyliftalaatti eli DINP ja di-isodekyyliftalaatti eli DIDP. DINP:n hajoamistuotteena syntyy 2-metyyli-1-oktanolia. Muiden yhdeksänhiilisen esteriosan sisältävien (DINP tyyppisten) ftalaattien ominaispäästönä syntyy muita C9-alkoholeja (esim. 2-metyyli-1-oktanoni). DIDP:n ajoamistuotteena syntyy 2-metyyli-1-nonanolia. Muiden

kymmenihsien esteriosan sisältävien (DIDP tyyppisten) ftalaattien ominaispäästönä syntyy muita C10-alkoholeja. Ftalaattittomien tuotteiden pehmittimenä käytetään aina-kin sykloheksaanin 1,2-dikarboksyylihapon di-isononyyliesteriä eli DINCH:ia. Myös DINCH:n hajoamistuotteena syntyy C9-alkoholeja. DEHA:n pähajoamistuote on 2-etyyli-1- heksanoli (2EH). DINP:n ja DINCH:n hajoamistuotteet ovat erilaisia pitkäket-juisia alkoholi-iseeerejä. Perinteisten ftalaattipohjaisten ja ftalaattittomien pehmitti-mien hajoamisreaktio tapahtuu samalla periaatteella, joten pehmittimen vaihtaminen ftalaattittomaan ei poista muovipählysteiden hajoamisongelmaa. Kuvassa 4 on esitetty tyyppillisen ftalaatin eli DEHP:n alkalisin hydrolyysin periaate (Kristensson J., 2012).



Kuva 4. Ftalaatin alkalinen hydrolyysi betonin alkalisin kosteuden vaikutuksesta.



Kuva 5. Muovimaton pehmittimien (esterin) ja liimojen hajoamisen alkoholiksi ja ha-poiksi.

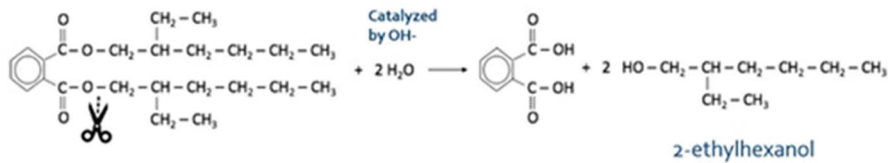
Muovimattojen lisäksi akrylaattipohjaiset kopolymeeriliimat voivat sisältää estereitä, kuten 2-etyyliheksyyli-akrylaatteja, jotka voivat reagoida alkalisin kosteuden kanssa ja tuottaa 2EH ja n-butanoli emissioita. Mattoliiman akrylaattikopolymeerien hajoami-selle kriittinen pH-alue on 11-13 (Sjöberg 2001 ja 2007).

carpets

- Plasticisers break into smaller molecules
- Mechanical properties may change
- Risk of emissions
- Risk of migration

adhesives

- Binders may break
- Mechanical properties may change
- Risk of emissions
- Risk of poorer adhesion

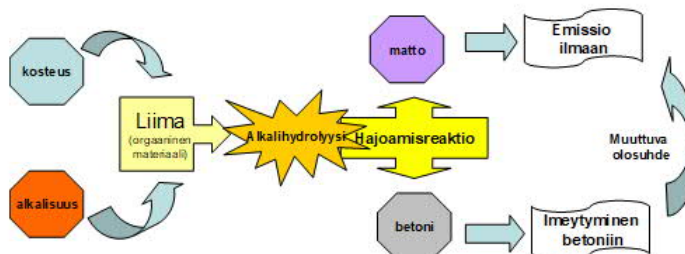


Esterisidos katkeaa. Vaatii OH-ionin katalyytiksi.

Akrylaattirungossa esteri on kiinni.

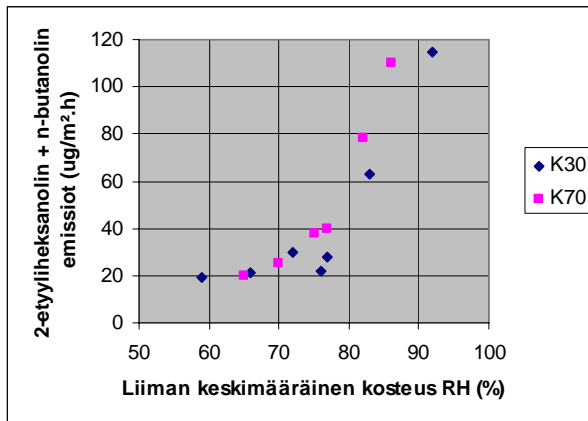
Kuva 6. Alkalisen hydrolyysin vaikutukset matoille ja limoille sekä kemiallisen tasapainoreaktion kuvaus (Kiilto Oy).

Hajoamisen seurauksena liiman tartuntaominaisuudet huononevat ja maton pehmitinaineet vaurioituvat, jolloin matto saattaa menettää joustavuuttaan. Liiman hajoamisen seurauksena syntyneet yhdisteet ovat hydrolyysi- ja hapettumistuotteita kuten alkoholit, aldehydit, ketonit ja hapot. Pahimmillaan tällainen hajoamisreaktio tuntuu hajuna ja saattaa näkyä tummina laikkuina PVC-matossa. Hajoamisreaktiossa syntyvät kemialliset yhdisteet voivat emittoitua sisäilmaan. Osa yhdisteistä voi myös imeytyä alustamateriaalina olevaan betoniin tai tasoitteeseen.



Kuva 7. Periaatteellinen kaavio betonin alkalisen kosteuden aiheuttaman mattoliiman sekundääriemission synnystä.

Betonilattioiden emissioiden sekä maton ja betonin välissä olevan liiman suhteellisen kosteuden välillä on todettu olevan korrelaatio. Emissioiden on havaittu kasvavan liiman suhteellisen kosteuden noustessa. Kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona pidetään yleensä 85 %:a, kun kosteus on mitattu välittömästi muovimaton alta liimatilasta. Materiaalikohtaiset erot voivat olla suuria.



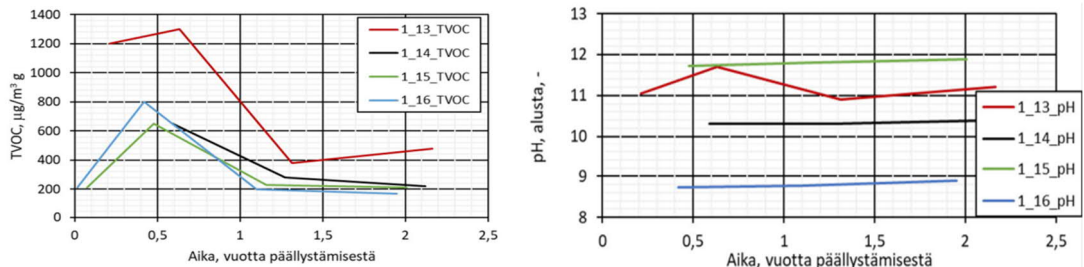
Kuva 8. Joustovinyylimatolla päällystettyjen betonilattioiden 2-etyyliheksanoli- ja n-butanoliemissiot neljän viikon kuluttua päällystämisen suhteessa liimakerroksen suhteelliseen kosteuteen. Matto on liimattu suoraan betonin (lujuusluokka K30 tai K70) pintaan.

Materiaalien ominaisuuksista alkalisuus (pH) on tärkein lattiarakenteen päästöjen kannalta, koska muovi ja pehmitinaineet reagoivat alkalisen kosteuden OH-ionien kanssa. Betonilattiarakenteen pinnan alkalisuutta (pH:ta) voidaan alentaa levittämällä betonin pintaan matala-alkalista tasoitetta. Tämän on todettu estävän liiman ja muovimaton hajoamisen alkalisen hydrolyysin seurauksena. Nykysuositusten mukaan betonin pintaan suositellaan asennettavaksi matala-alkalista tasoitetta, jos pintaan liimataan vesiliukoisella (ei alkalinkestävällä) liimalla muovimatto. Tasoitteen kerrospaksuudeksi suositellaan yleensä vähintään 5 millimetriä.

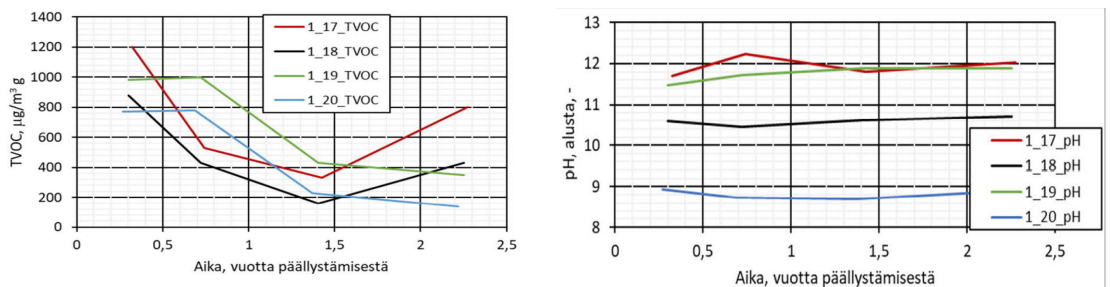
Kun betonin kosteus pysyy alhaisena (hygroskooppisella alueella alle 90 %RH) tasoitteen betonia vasten olevan alaosan pH on todettu pysyvän alle 12:ssa. Vastaavasti korkeassa kosteudessa, osin kapillaarisella alueella olevassa kosteudessa, tasoitteen alaosan pH on lähellä betonin pH:ta (yli 12). Tasoitteiden matala-alkalisuuden suojausvaikutuksen on todettu huononevan ja siten päästöjen kasvavan, kun kosteus on yli 90 % RH. Siksi tasoitetta levitettäessä alustabetonin pintaosan suhteellisen kosteuden tulisi olla alle 90 %RH.

Pelkkä kosteus (ei vaadi alkalisuutta) voi aiheuttaa polymeereissä turpoamista, mutta yleensä tämä ilmiö ei riko molekyyli-rakennetta, ja molekyyli-rakenne palautuu ennalleen materiaalin kuivuessa. Korkea lämpötila, UV-säteily ja hapettuminen voivat puolestaan hajottaa polymeerejä.

Usein ajatellaan, että alkalinen hydrolyysi jatkuu loppuun asti sen käynnistyttyä, vaikka rakenne kuivuisikin normaaliolosuhteeseen. Kuitenkaan täsmällistä tutkittua tietoa ei ole siitä, miten voimakkaana reaktio jatkuu ja milloin ja millä edellytyksillä reaktio voi hidastua/loppua. Kuvissa 9 ja 10 on esimerkit maton alapuolisten VOC-yhdistemäärien muutoksesta reilun 2 vuoden aikana, kun rakenne pääsee kuivumaan päällystämisen jälkeen päällysteen läpi.



Kuva 9. Alustan pH:n vaikutus Bulk-VOC tuloksiin ja TVOC-pitoisuuden kehitys ajan myötä laboratoriotutkimuksessa. Päällystettäessä betonin kosteus arvostelumittausvyvydellä 85 %RH. Matto on heterogeeninen DINCH pehmittimellä ja liimana akryyli-kopolymeeridispersio. 1_13 ilman tasoitetta. 1_14. matala-alkalinen tasoite. 1_15 sementtipohjainen tasoite. 1_16 kipsipohjainen tasoite. Ph:n muutos maton alapinnassa on hidasta (Muovipäällysteisten lattioiden vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta. Tampereen Yliopisto, Rakennustekniikka 2021).



Kuva 10. Kuten kuva 9, mutta päällystyshetkellä kosteus 93 %RH. 1_17 ilman tasoitetta. 1_18. matala-alkalinen tasoite. 1_19 sementtipohjainen tasoite. 1_20 kipsipohjainen tasoite. 1,5 vuoden kohdalla tilanne pääosin kuten kuivemmalle päällystetyillä koekappaleilla, mutta 2 vuoden jälkeen havaittavissa selvempää VOC-pitoisuuksien nousua.

Matala-alkalisen tasoitteen käyttöön liittyviä tarkempia ohjeita on annettu Betoniyhdistyksen julkaisussa by 76 Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen 2022.

3.3 Muovimatolla päällystetyn betonilattian emissiot

3.3.1 Primääriemissiot

Materiaaliemissio on materiaalin pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö. Emissio ilmoitetaan massayksikkönä pinta-ala- ja aikayksikköä kohden eli $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ ($1000 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Materiaaliemission nopeuteen vaikuttavat mm. materiaalin lämpötila, sen pinnassa tapahtuva ilmanvaihtuvuus sekä yhdisteen diffuusiokerroin kyseisessä materiaalissa. Tyypillisiä emissioita ovat erilaiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC; Volatile Organic Compounds).

Uusista lattiapäällystemateriaaleista emittoituu ensimmäisten kuukausien aikana sisäilmaan erilaisia kemiallisia yhdisteitä (esim. haihtuvia orgaanisia yhdisteitä VOC), jotka aistitaan kullekin materiaalille ominaisena hajuna. Emissiota, jossa materiaalista haihtuu normaaleja materiaalin valmistamiseen käytettyjä aineita, kutsutaan ominaisemissioksi tai primääriemissioksi. Primääriemissiot yleensä vähenevät ajan kuluessa.

Muovimatoille tyypillisiä haihtuvia yhdisteitä ovat mm. alkaanit, aromaattiset yhdisteet, 2-etyyliheksanoli (C7 alkoholi), nonanaali (C9 alkoholi). Mattoliimojen tyypillisiä yhdisteitä puolestaan ovat C9–C11 – alkaanit, tolueeni, styreeni.

Lattiapäällyste- ja pinnoitemateriaaleja voidaan luokitella päästöluokkiin sen perusteella, miten paljon niistä yksittäisinä tuotteina emittoituu erilaisia yhdisteitä. Rakennusmateriaalien päästöluokitus on kolmiportainen siten, että luokka M1 on paras ja luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, jotka eivät täytä edes luokan M2 vaatimuksia. Sisäilmaluokitus 2018 -julkaisussa (RT 07-11297) on enimmäisarvot mm. materiaalien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissioille, yksittäisille VOC:lle sekä ammoniakkin ja formaldehydin emissioille luokissa M1 ja M2. Päästöluokitus määrittelee enimmäisarja-arvot.

Rakennusmateriaalien päästöluokitus esittää vaatimukset tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa käytettäville materiaaleille hyvän sisäilman laadun kannalta. Tavoitteena on käyttää vähäpäästöisiä tuotteita, etteivät materiaalit lisää ilmanvaihdon tarvetta. Vähäpäästöisten rakennusmateriaalien käyttö ei takaa täydellä varmuudella hyvää sisäilmaa. Ilmanvaihdon tulee olla samanaikaisesti riittävä, ja materiaalien käytön tulee olla tuoteselosteiden mukaista. Hyvin harvat materiaalit kestävät vaurioitumatta esimerkiksi kostumista tai kiinnittämistä liian kosteaan alustaan.

Kun erilaisia materiaaleja kootaan rakenteeksi rajapinnoissa tapahtuvat kemialliset reaktiot voivat tuottaa uusia emissiotuotteita. Muovimatolla päällystetty betonilattia on monen eri materiaalin (betoni, tasoite, liima, muovimatto) yhdistelmä. Myös eri materiaaleja yhteen liitettäessä syntyy uusia yhdisteitä, joita voidaan pitää normaaleina eivätkä ne siten viittaa esimerkiksi päällystevaurioon.

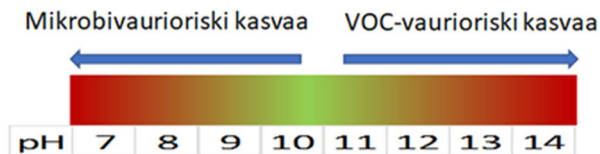
3.3.2 Sekundääriemissio

Vaikka päällystemateriaali olisikin vähäpäästöinen, se ei kuitenkaan takaa, etteikö lattiarakenteesta emittoituisi haitallisia yhdisteitä. Yhdistelmä betoni-tasoite-liima-lattia-päällyste on monimutkainen kombinaatio, mihin erityisesti betonin alkalinen kosteus voi vaikuttaa haitallisesti. Kosteuden vaikutuksesta materiaaleissa ja niiden yhdistelmissä voi tapahtua kemiallista hajoamista, minkä seurauksena materiaaleista haihtuu normaaleista primääriemissioista poikkeavia yhdisteitä. Näitä yhdisteitä kutsutaan sekundääriemissioiksi. Myös yhteensopimattomien materiaalien emissiot saattavat kohota, vaikka kosteus olisi hyvinkin alhainen. Samoin voi käydä lämpötilojen noustessa esimerkiksi lattialämmityksen takia.

Sekundääriemissioiden välttämiseksi betonilattiarakenteessa tulee betonin kosteuden lisäksi kiinnittää huomiota pinnan pH:n. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota tasoitteiden ja liiman kosteuteen, sillä merkittävää on nimenomaan se, missä kosteustilassa liima, tasoite ja itse päällystemateriaali ovat. Liimaus sinänsä voi nostaa rakenteen pintaosan suhteellisen kosteuden vähäksi aikaa yli kriittisen arvon. Myös tässä tapauksessa niin kuin monissa muissakin vaurioitumistapauksissa vaurion syntyy vaikuttaa oleellisesti aika. Hetkellinen korkea kosteus ei yleensä vielä saa vaurioitumista käyntiin. Lämpötilan nousu yleensä kiihdyttää vaurioitumista.

3.4 Mikrobivauriot muovimattopäällysteissä

Käytännön mittausten perusteella vain harvoissa tapauksissa muovimaton mikrobivaurioitumisen on voitu osoittaa sisäilmahaitan aiheuttajaksi. Tiivis muovimatto ja emäksinen betonirakenne muodostavat käytännössä epäsuotuisat olosuhteet mikrobikasvulle. Tyypillisesti mikrobikasvua on havaittu tapahtuvan muovimaton alapinnassa vasta, kun suhteellinen kosteus on ollut pitkiä aikoja yli 90 %RH, ellei betonin ja muovimaton väliin ole jäänyt herkästi mikrobivaurioituvaa orgaanista materiaalia. Muovimattolattioissa on harvoin todettu samanaikaisesti sekä mikrobivaurio että kemiallinen vaurio (Markkanen et. al. 2020). PH:n kasvu lisää VOC-vaurioriskiä ja pH:n aleneminen mikrobivaurion riskiä kuvan 11 mukaisesti.



Kuva 11. PH:n vaikutus mahdolliseen vauriotyyppiin.

Liian matala-alkalisten (pH < 10) tasoitteiden käyttö voi kosteissa olosuhteissa johtaa mikrobivaurioihin nopeastikin. Mikrobivaurioiden estämisessä riittävän alhainen kosteus on avainasemassa ja emäksisyyden nostamisella saadaan lisäturvaa.

Mikrobien aineenvaihduntatuotteina, esimerkiksi kosteusvauriossa, syntyy myös VOC-päästöjä, joita usein nimitetään M-VOC-päästöiksi (mikrobi-VOC).

3.5 Muovimattojen mekaaniset vauriot

Jos muovimaton tartunta alustaansa pettää, muovimatto irtoaa. Irtoamisen syy ei tarvitse olla liiallinen kosteus, vaan syy voi olla esimerkiksi liimauksen epäonnistuminen kohdassa, johon kohdistuu kova mekaaninen rasitus. Tällöin irronnut matto saattaa kulutuksessa venyä ja nousta koholleen ikään kuin kuplaksi.

Alustastaan irronneen muovimaton pohjassa on usein kiinni sekä liimaa että tasoitetta, jolloin kyseessä on tasoitteessa tapahtuva koheesiomurtuma. Muukin murto-

pinta voi olla mahdollinen. Joskus liima irtoaa tasoitteesta. Murtopinta voi myös vaihdella pienelläkin matkalla. Betoninrakenteen pintaan ennen tasoittamista jäänyt heikko sementtiliimakerros voi betonin pintaosissa tapahtuvaan murtumaan.

3.6 VOC-yhdisteet ja niiden vaikutus sisäilmastoon

3.6.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC; Volatile Organic Compounds) ovat kaasuja, joita on sisäilmassa satoja. VOC-yhdisteisiin kuuluvat esimerkiksi aromaattiset hiilivedyt kuten tolueni ja bentseeni, aldehydit, alkaanit, ketonit, terpeenit, halogenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit kuten etanoli, n-butanoli ja propanoli.

VOC-yhdisteille ei ole yhtä yleisesti hyväksyttyä täsmällistä määritelmää. Eri yhteyksissä VOC-yhdisteistä voidaan käyttää erilaisia määritelmiä ja luokitteluja, jotka perustuvat muun muassa yhdisteiden kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin, analysoinnissa käytettyihin mittaamenetelmiin tai terveys- ja ympäristöhaittoihin. Laajasti ymmärrettyä VOC-yhdisteellä voidaan tarkoittaa mitä tahansa hiiltä sisältävää yhdistettä, joka voi esiintyä kaasumaisessa muodossa tavanomaisissa sisä- tai ulkoympäristön lämpötiloissa.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden esiintymisen sekä pitoisuuksien paikallinen ja ajallinen vaihtelu sisäilmassa on suurta, ja vaihteluun vaikuttavat sekä rakennuksen sisäiset että ulkoiset lähteet. Rakennuksen sisäisiä päästölähteitä ovat muun muassa erilaiset rakennus- ja sisustusmateriaalit, laitteet ja tekniset järjestelmät, tilojen käyttäjät ja käyttäjien toiminta sekä erilaiset kuluttajatuotteet ja siivousaineet. Hyvinkin erilaiset materiaalit voivat vapauttaa samoja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eikä siten sisäilmasta mitatun yhdisteen lähdettä voida päätellä mittauksen perusteella.

Alifaattisten ja aromaattisten hiilivetyjen esiintyvyys on vähentynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana, mikä liittyy todennäköisesti rakennusmateriaalipäästöjen väheneeseen, siivousmenetelmien ja käytettyjen siivousaineiden muutokseen sekä vähäpäästöisten polttoaineiden yleistymiseen. Samaan aikaan aldehydien, fenolin, happojen, alkoholi- ja fenolieettereiden, estereiden ja piiyhdisteiden esiintyvyys sisäilmassa

on puolestaan kasvanut. Tämä liittyy todennäköisesti pääosin rakennus- ja sisustusmateriaalien sekä hygieniatuotteiden ja siivousaineiden muutoksiin. Näiden yhdisteiden esiintyvyyden kasvu saattaa osin selittyä myös analytiikan kehittymisellä, mihin viittaa keskimääräisten pitoisuuksien aleneminen määritysrajan ylittävissä näytteissä. Alkoholisten osalta on havaittavissa siirtymää 2-etyyli-1-heksanolista C9-alkoholeihin, mikä selittyy PVC-muovimattojen pehmittimien muuttumisella.

Muovimattopäällysteisten lattiarakenteiden VOC-emissiot vaihtelevat paljon, joten mahdollisen vaurioitumisen arvioinnissa tulee aina huomioida tasoitteen, päällysteen ja liiman tyyppi/tuotemerkki. Muovimaton alta mitattu korkea emissioarvo voi olla ominaista tietyille tuoteyhdistelmille eli kyseessä ei välttämättä ole emissio- tai mikään muukaan vaurio.

Oleellista on ymmärtää mikä on normaalia, mikä hieman normaalista poikkeavaa ja mikä selvästi normaalista poikkeavaa lattiapäällysteiden mahdollista korjaustarvetta arvioitaessa. Lisäksi tulee ymmärtää, miten VOC-yhdisteiden kokonaismäärää (TVOC) hyödynnetään ongelmien arvioinnissa ja mikä on yksittäisten yhdisteiden merkitys.

Emissioita mitataan tyypillisesti sisäilmasta, ehjän lattiapäällysteen päältä kohteella FLEC-tekniikalla sekä lattiasta irrotetuista näytepaloista Bulk-tekniikalla kerätyistä näytteistä. FLEC-tekniikkaa on mahdollista soveltaa myös päällysteen poistamisen jälkeen arvioitaessa alustaan absorboituneiden emissioiden määrää. Karkeasti VOC-yhdisteitä on mahdollista mitata myös erinäisillä ns. kenttäanalyysointilaitteilla, jotka antavat osviittaa päästöjen suuruusluokasta ja joissain tapauksissa myös yksittäisistä yhdisteistä. Suuntaa antavissa laitteissa on nykyään myös sisäilmapitoisuutta jatkuvasti mittaavia järjestelmiä, jotka lähettävät tietoa langattomasti tiedon tarvisijoille.

3.6.2 Terveysvaikutukset ja vaikutus sisäilmastoon

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat yleisiä sisäilman yhdisteitä. Niitä vapautuu asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilmaan monista eri lähteistä. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden on havaittu voivan aiheuttaa terveysvaikutuksia, joista yleisimpiä ovat erilaiset ärsytysoireet. Joidenkin yhdisteiden kohdalla matala hajukynnys voi myös aiheuttaa viihtyvyyshaittaa sisäympäristöissä.

Hajukynnyksellä tarkoitetaan pitoisuutta, jonka ylityttyä ihmiset pystyvät havaitsemaan kyseisen yhdisteen. Hajukynnyksessä on ihmisten välillä yksilöllisiä eroja. Hajukynnys ja terveydelle haitallinen pitoisuus eivät ole juuri koskaan samansuuruisia.

Haju- ja viihtyisyyshaittojen lisäksi muovimattopäälysteiden vaurioista syntyvät VOC-päästöt voivat vaikuttaa myös tilan terveydellisiin olosuhteisiin ja siksi haittojen poistaminen on perusteltua myös terveysnäkökulmasta. Kaikissa tilanteissa rakenteessa oleva vaurio ei kuitenkaan aiheuta terveyshaittaa. Lattiapäälysteessä olevan vaurion haitallisuuteen vaikuttaa vapautuvien yhdisteiden ominaisuuksien lisäksi niiden pitoisuudet ja mm. altistumisaika.

Muovimattoon liittyvän terveyshaitan arviointi perustuu nykyisin ilmasta otettavaan VOC-näytteeseen, joka ottaa huomioon lattiasta vapautuvan emission lisäksi myös ilmanvaihdon laimentavan vaikutuksen. Mikäli terveyshaittaa arvioitaisiin suoraan lattiasta otettavan näytteen analyysillä, tulisi näytteen lisäksi arvioida, minkälaisen emission lattiapinnoite aiheuttaa sisäilmaan ja kuinka paljon ilmanvaihto laimentaa pitoisuutta sekä muut haitan kokonaisarviointiin liittyvät tekijät. Täten ilmanäytteen katsotaan olevan toimivampi tapa arvioida haittaa altistumisen näkökulmasta. Ilmanäyte kuvaa ilman laatua ja yhdessä materiaalinäytteen kanssa voidaan myös päätellä sisäilmassa todetun ärsyttävän tai hajuhaittaa aiheuttavan yhdisteen lähdettä.

Jokaisella yhdisteellä on oma yksilöllinen haitallinen pitoisuus. Lisäksi ihmiset kokevat haitat eri tavoin. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman toimenpiderajoista säädetään sosiaali- ja terveysministeriön ns. asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015). Erityisesti lattiapinnoitteen vaurioihin liittyvien VOC-yhdisteiden toimenpiderajat on määritelty TXIB:lle ja 2E1H:lle. Kunnan terveydensuojeluviranomainen on toimivaltainen viranomainen asuntojen ja muiden oleskelutilojen terveyshaitan valvonnassa. Työympäristöjen olosuhteiden arviointiin Työterveyslaitos on antanut omat tavoitearvot. Viranomaisena työpaikkojen valvonnassa on aluehallintoviraston työsuojeluviranomainen. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat tai Työterveyslaitoksen tavoitearvot eivät ole suoraan terveysperusteisia, vaan kertovat enemmän epätavallisesta pitoisuudesta ja jatkotoimenpidetarpeesta.

Työterveyslaitos ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitos ovat tehneet toimistotyyppisten tilojen ja asuntojen VOC-ilmapitoisuuksista katsaukset, joissa on verrattu mitattuja pitoisuuksia annettuihin toimenpiderajoihin ja kansainvälisiin terveysperusteisiin arvoihin (EU-LCI ja RW). Katsausten mukaan asunnoissa ja toimistotyyppisissä tiloissa esiintyvien yksittäisten VOC-yhdisteiden pitoisuudet ovat mittausaineiston perusteella pääosin hyvin pieniä eivätkä ylitä asumisterveysasetuksen toimenpiderajoja tai kansainvälisiä terveysperusteisia ohjearvoja kuin yksittäistapauksissa.

Riittävinä pitoisuuksina VOC-yhdisteet voivat aiheuttaa tilan käyttäjille oireita. Vaikka lattiapinnoitteen vaurioiden aiheuttamista päästöistä voi oireita syntyä, ei tilan käyttäjien kokemasta oireilusta voida kuitenkaan tehdä suoraa johtopäätöstä siitä, että oireilu johtuu juuri lattiamaton päästöistä tai siinä todetusta vauriosta. Korjausten onnistumisen tavoitteeksi tai mittariksi ei voida myöskään laittaa sitä, että tilan käyttäjien oireet poistuvat, sillä oireiden syntymiseen vaikuttavat lattiapinnoitteen lisäksi myös lukuisat muutkin riskitekijät yhtä aikaa ja lisäksi ne vaihtelevat yksilöittäin. Se, että ihminen sairastuu tai saa oireita, on aina kaikkien riskitekijöiden summa, eikä eri riskitekijöiden osuutta oireiden syntyyn pystytä erottamaan toisistaan. Jos lattiapinnoitteen korjaamisen myötä tilan käyttäjien oireilu vähenee, on korjaustoimenpiteellä ollut tällöin todennäköisesti merkitystä oireiluun.

Lattiamattojen vaurioita tulisi tarkastella myös terveydellisen olosuhteen selvittämisen yhteydessä ennen kaikkea rakennusteknisenä ja olosuhdeasiana. Tilan käyttäjien kokemaa oireilu tai havaitsemat hajuhaitat ovat usein käynnistämässä lattiapinnoitteiden kunnan selvittämistä. Lisäksi tilan käyttäjille suunnatut käyttäjäkyselyt voivat auttaa kohdistamaan tutkimuksia juuri niihin tiloihin, joissa haittoja on koettu eniten.

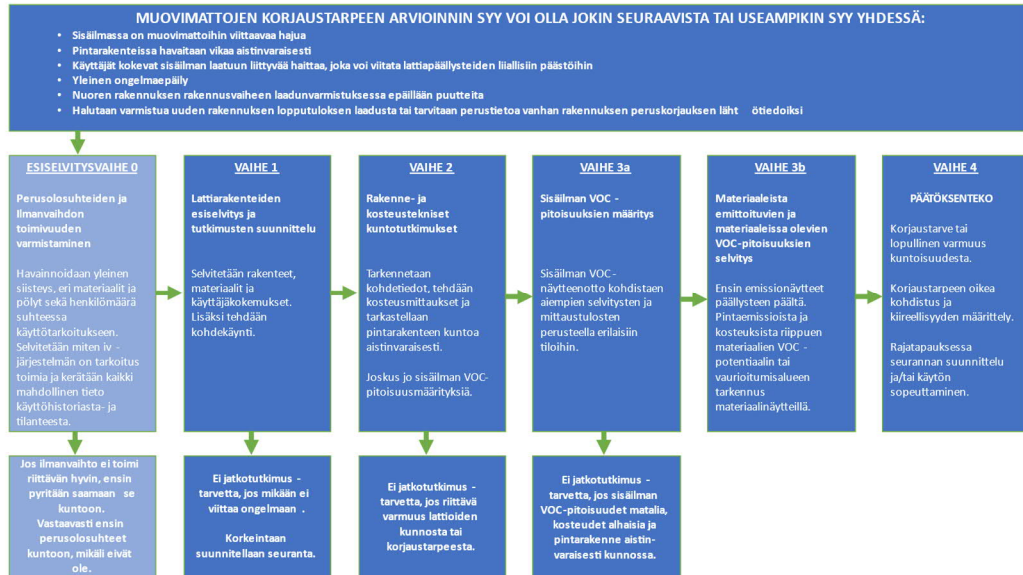
4 Betonilattian muovimattopäällysteen korjaustarpeen arviointi

Lähtökohtana muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeelle on yleensä joko muovimatossa havaittu näkyvä vaurio tai lattiarakenteen tavanomaista korkeammat emissiot.

Näkyvä vaurio, kuten muovimaton värimuutokset tai kupruilu, ovat ilmeinen syy ryhtyä korjaustoimenpiteisiin. Haastavampaa on arvioida korjaustarvetta, kun lattiapäällystettä epäillään sisäilman kohonneiden emissioiden lähteeksi, mutta matossa ei ole selvästi aistinvaraisesti havaittavaa vaurioitumista.

Sisäilmassa aistitut hajut sekä tilassa oleskelevien oireilu ovat usein lähtökohtana epäilylle, että betonilattiassa päällysteenä olevasta muovimatosta haihtuu tavanomaista enemmän VOC-yhdisteitä sisäilmaan. Syyksi epäillään helposti betonin liiallisen kosteuden (rakennusaikainen tai myöhemmin rakenteeseen päässyt) aiheuttamaa muovimaton tai mattoliiman kemiallista hajoamista, vaikka kyse voi olla jostain aivan muusta. Oireilun aiheuttaja voi olla esimerkiksi puutteellisesti toimiva ilmanvaihto.

Muovimattopäällysteisen betonilattian korjaustarvetta ei tule määrittää yksittäisen VOC- tai kosteusmittauksen perusteella, vaan arvioinnissa tulee aina tarkastella kohdetta laajemmin kokonaisuutena ottaen huomioon niin kohteen ilmanvaihto, käytetyt materiaalit kuin koko lattian rakenne- ja kosteustekninen toimivuus ja varsinkin uuden rakennuksen tapauksessa tarkasti myös rakennusaikaiset tapahtumat. Arviointi tehdään erilaisten selvitysten, mittausten ja aistinvaraisten havaintojen pohjalta edeten systemaattisesti vaiheittain (ks. kuva 12).



Kuva 12. Korjaustarpeen arvioinnin lähtökohta ja selvitysprosessiin päävaiheet.

Epäselvissä tapauksissa on suositeltavaa tehdä ensin koekorjaus ja seurantamittaukset yhden tilan osalta ja sen perusteella arvioida laajempien korjausten tarvetta. Mikäli epäilylläiset alueet ovat rajallisia eikä niiden korjaaminen edellytä suuria investointeja suhteessa jatkotutkimusten kustannuksiin, korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä ilman tarkempia lisäselvityksiä.

Korjaustarpeen arvioinnissa edetään vähitellen aloittaen kohteen taustatiedoista ja tutkimuksia tarkennetaan tarvittaessa. Esimerkiksi kalliita ja vaikeasti tulkittavia VOC-mittauksia sisäilmasta ja lattiamateriaalista on syytä tehdä vasta, jos ongelmaa ei saada ensin muilla tutkimusmenetelmillä selvitettyä.

Ennen tutkimuksen aloittamista tulee määrittää sen tarkoitus ja tavoite. Tämä ohjaa valitsemaan tarkoituksenmukaiset mittaus- ja analyysimenetelmät. Tutkimusmenetelmiä ei tule valita niiden edullisuuden tai helppouden perusteella. Oleellista on saada hyödynnettävissä olevaa tietoa sekä riittävällä tarkkuudella tulkittavissa olevia mittaus tuloksia, joille on olemassa tunnettuja vertailuarvoja.

Ennen varsinaisia lattiarakenteeseen kohdistuvia selvityksiä ja tutkimuksia tulee varmistaa kohteen ilmanvaihdon toimivuus ja mahdolliset selkeät muut sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät (*Esiselivitysvaihe 0: Perusolosuhteiden ja ilmanvaihdon toimivuuden varmistaminen*). Mikäli ilmanvaihdon toiminta todetaan riittävän hyväksi ja silti on viitteitä lattian mahdollisesta ongelmasta, siirrytään lattiarakenteen tarkempaan tarkaste- luun.

Korjaustarpeen arviointi etenee vaiheittain siten, että mahdollisten muovimattovaurioiden tutkimukset alkavat vaiheesta 1: *Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimusten suunnittelu*.

Mikäli olemassa olevista tiedoista ei saada riittävää varmuutta lattian kunnosta, siirrytään vaiheeseen 2: *Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset*. Rakennus- ja sisäilma-tekniisiä löydöksiä arvioidaan kokonaisuutena terveysperusteinen näkökulma huomioiden.

Mikäli lattian kunto tai korjaustarve on edelleen epäselvä, siirrytään vaiheeseen 3a: *Sisäilman voc-pitoisuuksien määrittäminen* (ellei määrittäystä ole tehty jo aiemmin esimerkiksi vaiheessa 2). Yhdistämällä aiemmat vaiheessa 1 ja 2 saadut tiedot määritettyihin sisäilmapitoisuuksiin, lattian korjaus- tai jatkotutkimustarvetta voidaan arvioida. Mikäli tarve jatkotutkimuksille ilmenee, edetään vaiheeseen 3b: *Materiaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien voc-pitoisuuksien selvitys*.

Vaiheessa 4: *Päätöksentekoa* tehdään lopulliset päätökset korjaustarpeesta ja -menetelmistä sekä määritellään korjauksen kiireellisyys. Valituilla tutkimuksilla pyritään saamaan riittävät perusteet ja lähtötiedot korjaussuunnittelulle, jotta oikein kohdistetuilla kustannustehokkailla korjaustoimenpiteillä voidaan turvata hyvä sisäilman laatu ja samalla kuitenkin välttää turhia kustannuksia aiheuttavaa ylikorjaamista.

4.1 Perusolosuhteiden ja ilmanvaihdon toimivuuden varmistaminen (Esiselvitysvaihe 0)

Mikäli muovimattoa epäillään sisäilmaongelman lähteeksi, on ensiarvoisen tärkeää varmistaa kohteen ilmanvaihdon toimivuus ennen muita tarkempia selvityksiä.

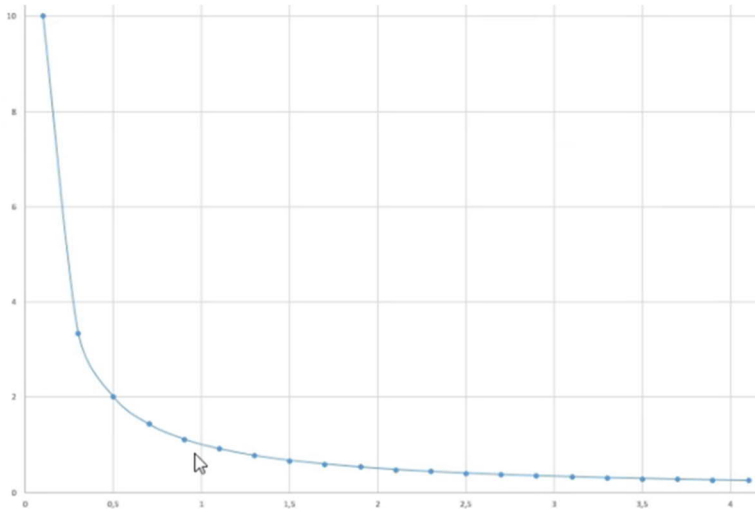
Aivan aluksi tulee myös arvioida tilojen puhtauden ja pölyisyyden mahdollista vaikutusta sisäilman laatuun. Samalla arvioidaan mahdollisia tilojen käytön vaikutuksia epäpuhtauspäästöihin sekä varmistetaan, että tilojen käyttö ja henkilömäärä tiloissa on suunnitellun mukaista.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistaminen voi olla laajuudeltaan katsastus, tarkastus tai kuntotutkimus.

Ilmanvaihdon katsastuksessa tehdään pääasiassa aistinvaraisia havaintoja haju-, kuulo-, näkö- ja tuntohajuaisteilla. Tarkastuksessa ilmanvaihdon kunto, toiminta ja puhtaus tarkastetaan aistinvaraisten havaintojen lisäksi myös mittauksin. Kuntotutkimuksessa ilmanvaihdon kunto ja ylläpidon taso selvitetään yksityiskohtaisesti.

Esiselvitysvaiheessa riittää usein katsastus ja selvityksiä voidaan tarpeen mukaan jatkaa pidemmälle. Katsastus- ja tarkastusmenettelyt on esitetty ympäristöministeriön ohjeessa Ilmanvaihdon katsastusopas, luonnosversio 1.1/2021 ja ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien ja laitteiden kuntotutkimusmenettely Suomen LVI-liiton SuLVI ry:n ohjeessa ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus (2016).

Ilmanvaihtuvuuden perusteella voidaan arvioida mahdollisten materiaaliemissioiden poistumista tarkasteltavasta tilasta. Ilmanvaihdon minimivaatimuksena voidaan pitää 0,5 1/h, mikä on asumisterveysasetuksen toimenpideraja asuntojen ilmanvaihtuvuudelle. Ilmanvaihtokertoimen ollessa alle 0,5 tilojen epäpuhtausmäärä saattaa nousta hyvinkin jyrkästi. Yli 1 kertoimella sisäilmapitoisuuksia laimentava vaikutus jää yleensä vähäiseksi verrattuna kertoimeen 1 (ks. kuva 13).



Kuva 13. Teoreettinen ilmanvaihtokertoimen vaikutus sisäilmapitoisuuden suuruusluokkaan.

Sisäilman ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta arvioitaessa tarkastellaan vähintään seuraavia asioita:

- ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi
- ilmanvaihtokoneet palvelualueittain

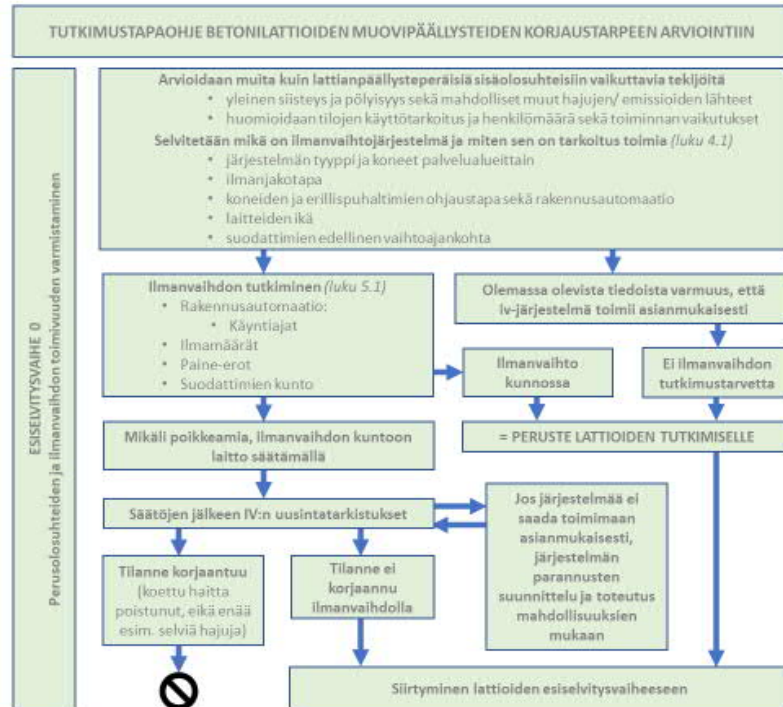
- ilmanvaihtokoneiden ja erillispuhaltimien ohjaustapa
- laitteiden ikä ja kunto
- suodattimien edellinen vaihtoajankohta
- ilmanjakotapa ja ilmanjaon toimivuus huonetiloissa.

Ilmanvaihtokoneen, kanavistojen ja pääte-elinten lisäksi keskeinen tekijä rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä on rakennusautomaatio. Rakennuksessa voi olla esimerkiksi aikaohjelmia tai ulkolämpötilasta riippuvia ilmamäärien säätöjä. Nämä säädöt saattavat aiheuttaa epätasapainoa painesuhteisiin. Siksi ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa arvioitaessa on perehdyttävä myös ilmanvaihtojärjestelmän säätöautomaatiikkaan.

Rakennuksen paine-erojen selvittämiseksi paine-eroja on erittäin suositeltavaa mitata jatkuvatoimisin seurantamittauksin riittävän pitkällä mittausjaksolla (vähintään 7...14 vrk). Mittauspisteitä tulee olla riittävästi siten, että jokaiselta palvelualueelta ja mielellään myös eri julkisivuilta ja kerroksista saadaan mittaustulos. Paine-eron mittaamista on ohjeistettu esim. ilmanvaihtoasetusta täydentävässä julkaisussa Rakennusten paine-erojen mittausohje, loppuraportti 11.10.2019 (pdf), kommenttiversio.

Mikäli ilmanvaihdon toiminnassa havaitaan puutteita, on hyvä aluksi selvittää, miten ilmanvaihto saadaan tarkoituksenmukaiseksi. Ongelma voi olla poistettavissa ilmanvaihdon puhdistus- ja säätötoimenpiteillä. Selvityksen lopputuloksena voidaan joskus joutua toteamaan, että olemassa olevalla järjestelmällä ei voida saavuttaa riittävän hyvää ilmanvaihtuvuutta.

Mikäli tilanne ei korjaannu ilmanvaihdon korjaus- ja/tai säätötoimenpiteillä (koettu haitta ei poistu ja/tai edelleen esiintyy hajuja), kohdistetaan selvitystoimenpiteet lattia-rakenteeseen.



Kuva 14. Esiselvitysvaihe 0 kaaviona.

4.2 Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimuksen suunnittelu (Vaihe 1)

Ennen varsinaisten lattioihin kohdistuvien tutkimusten aloittamista selvitetään kohteen lähtötiedot dokumenttien, haastattelujen ja mahdollisen katselmuskäynnin pohjalta. Lähtötietojen avulla arvioidaan mahdollista jatkotutkimustarvetta. Mikäli jatkotutkimustarve ilmenee, laaditaan tutkimussuunnitelma sen toteuttamiseksi.

4.2.1 Lähtötietojen selvittäminen

Lähtötietona selvitetään mahdollisimman kattavasti muun muassa

- rakennuksen ikä ja yleiskunto

- lattiarakenteet ja niiden pintamateriaalit
- rakentamisaikataulu ja erityisesti lattiarakenteen kuivumiseen liittyvät seikat (valu-, tasoitus- ja päällysajankohdat, betonilaadut, kuivumisajat- ja olosuhteet)
- käyttäjien kokemukset tutkimuskohteen sisäilmanlaadusta, tilakohtaisista vaihteluista ja taustalla olevista terveyshaittaepäilyistä liittyen rakennuksessa oleskeluun (yhteistyössä terveydenhuoltohenkilöstön kanssa)
- toteutetut korjaukset ja niiden laajuus sekä käytetyt korjausratkaisut
- mahdollisten aiempien tutkimusten tulokset.

4.2.2 Katselmuskäynti tutkimuskohteessa ja tutkimustarpeen arviointi

Lähtötietojen määrittämiseksi kohteeseen tehdään mahdollisuuksien mukaan katselmuskäynti. Katselmuskäynnin yhteydessä tehdään havaintoja muun muassa seuraavista asioista:

- päällystemateriaalien näkyvät vauriot; värjäytymät, maton irtoaminen alustastaan
- mahdolliset kosteusvauriojäljet
- sisäilman laatu aistinvaraisesti (mahdollinen tunkkaisuus, hajut).

Katselmuksen yhteydessä haastatellaan mahdollisuuksien mukaan tilan käyttäjiä sekä kiinteistön siivouksesta ja huollosta vastaavia henkilöitä.

4.2.3 Selvitysten tulkinta ja tutkimussuunnitelman laadinta vaiheeseen 2

Lähtötietojen ja katselmuskäynnin havaintojen avulla arvioidaan, onko tarkempi lattia-päälysteiden tutkimus kohteessa tarpeen.

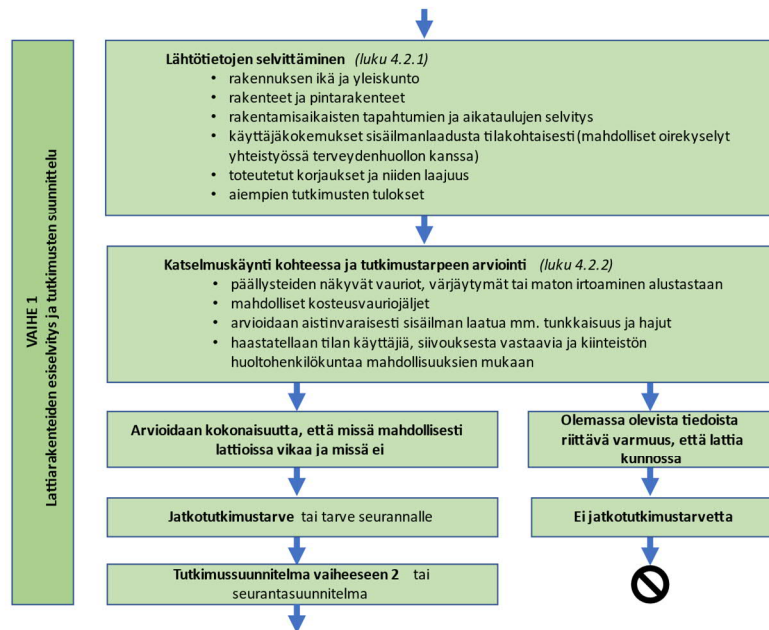
Tässä vaiheessa on tärkeää tarkastella ja tunnistaa myös muita sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä kuin mahdollinen päälystevaurio (esim. mahdolliset ilmavuodot rakenteista, vauriot muualla kuin lattioissa sekä irtaimisto- ja käyttäjälähtöiset päästöt). Muut sisäilman laatua heikentävät tekijät tulee mahdollisuuksien mukaan poistaa ennen kuin lattioiden korjaustarpeen arvioinnissa ja varsinkin korjaamisessa edetään pidemmälle.

Jos muovimattovaurion syy on ilmeinen, jatkotutkimusten sijaan usein riittää ongelman aiheuttajan poistaminen ja päälysteen uusinta. Tällaisia syitä ovat esimerkiksi selkeä kosteusvaurio, väärin hoitomenetelmien aiheuttama maton pinnan vaurioituminen tai matto on jo muutoin elinkaarensa loppupäässä. Jos vaurioepäilyn kohteena on vain yksi huone tai muutoin rajattu alue, lattianpäälyste on usein edullisempaa uusida ilman tutkimuksia. Tällöin ongelma saadaan myös poistettua nopeasti.

Ohjeita selvitysten tulosten tulkintaan ja jatkotoimenpiteisiin:

- Jos muovimatossa on näkyviä vaurioita, värjäntymiä tai se on selvästi käyttökänsä päässä → muovimatto on tarkoituksenmukaista uusida ilman laajoja jatkotutkimuksia. Ennen uusien mattojen asentamista on kuitenkin hyvä tarkistaa betonirakenteen kosteus ja pinnan kunto.
- Jos lattiarakenteeseen kohdistuu kosteusvaurioepäily → tarvitaan tarkemmat kosteustekniset tutkimukset.
- Jos sisäilmassa havaitaan normaalista poikkeavia hajuja → tarkemmat tutkimukset lähteiden tunnistamiseksi (esim. vuotoilmareittien paikallistaminen merkkiainekokein).
- Jos käyttäjien kokemat terveyshaitat terveydenhoitoalan ammattilaisen tulkitsemana viittaavat lattiapäälystevaurioihin ilman näkyviä kosteusvauriomerkkejä → tarvitaan tarkemmat ja kattavat tutkimukset kokonaisvaltainen arvion saamiseksi.

Mikäli jatkotutkimustarvetta ilmenee, laaditaan tarkempi tutkimussuunnitelma rakenne- ja kosteusteknisten tutkimusten toteuttamiseksi. Tutkimussuunnitelmaan laadittaessa arvioidaan tarvittavien tutkimusten laajuus siten, että tutkimukset tehdään riittävän kattavasti korjaustarpeen arvioimiseksi kuitenkin välttyen tarpeettomilta tutkimuksilta ja niistä aiheutuvista kustannuksista. Tutkimusten tarkoituksena on määrittää mahdollisesti tarvittavan korjauksen laajuus, laatu ja kiireellisyys.



Kuva 15. Vaihe 1 kaaviona.

4.3 Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset (Vaihe 2)

4.3.1 Rakenne- ja materiaalitietojen tarkentaminen

Kun esiselvitys (vaihe 1) on johtanut lattian pintarakenteen jatkotutkimustarpeeseen, kohteen rakenne- ja materiaalitietoja on usein syytä tarkentaa. Johtopäätösten tekemistä varten oleellisia tietoja ovat muun muassa

- lattiarakenteen poikkileikkaukset (mistä ilmenee mm. rakennevahvuudet)
- lattiapäällystemateriaalit (muovimatto, liima, tasoite, tartuntapohjuste ja mahdolliset muut kerrokset kuten esimerkiksi kapselointikerrokset). Materiaaleista selvitetään kaikki olemassa oleva tieto kuten koostumus (esim. pehmitin- ja sideaineet), valmistajien ohjeet, vesihöyrynläpäisyominaisuudet, kriittinen kosteusraja-arvo ja mahdolliset päästöluokitukset (kuten M1-luokitus)
- lattiarakenteen ja päällysteen ikä (rakennusajankohta) sekä mahdolliset korjaukset.

Kun tavoitteena on selvittää mahdollisen rakennekosteuden vaikutusta päällysteen VOC-yhdisteiden emissioihin, oleellisia tietoa/dokumentteja edellä mainittujen lisäksi ovat

- rakentamisaikataulut, työmaapöytäkirjat ja muut dokumentit, joista ilmenee rakentamisen aikaiset tapahtumat, työjärjestys ja olosuhteet (lämpötila ja kosteus)
- työmaan kosteudenhallinnan dokumentointi (suunnitelmat ja raportit)
- lattiarakenteen kosteusmittausraportit.

4.3.2 Kosteusmittaukset

Päällystevauriotutkimuksessa tulee keskittyä ensisijaisesti päällysteen vaurioitumisen ja olosuhteiden arviointiin, ei vain sisäilman laatuun vaikuttavien kemiallisten emissioiden mittaamiseen ja arviointiin. Kosteusteknisillä tutkimuksilla ja aistinvaraisilla havainnoilla on tärkeä merkitys mahdollisten päällystevaurioiden todentamiseen, sillä merkittävä osa muovimattopäällysteiden vaurioista on betonin alkalisen kosteuden aiheuttamia (ks. luku 3.2)

Lattiarakenteen kosteustekniset tutkimukset on hyvä aloittaa tutkittavan alueen pintakosteuskartoituksella mahdollisten kosteimpien alueiden löytämiseksi. Pintakosteudenilmaisimia käytettäessä on syytä huomioida, että muovimaton ominaisuudet (kuten sähkönjohtavuus) voivat vaikuttaa laitteen näyttämään (ks. luku 5.2.1).

Kosteuspitoisuus välittömästi muovimaton alla voidaan mitata ns. viiltomittauksella (ks. luku 5.2.2). Rakenteessa eri syvyyksistä tehtävillä betonin suhteellisen kosteuden mittauksilla (porareikämittauksilla, luku 5.2.3) voidaan puolestaan määrittää koko rakenteen kosteustilaa (kosteusjakauma). Jos pintakosteuskartoituksella on löydetty eroja saman lattian eri alueilla, viiltomittaukset ja porareikämittaukset on hyvä kohdistaa sekä mahdollisesti kosteammalle että kuivemmalle alueelle.

Lattiarakenteen kosteusjakauman määrittäminen tekemällä mittaus useammalta eri syvyydeltä ja eri rakennekerroksista auttaa arvioimaan kosteuden kulkusuunnan sekä päällysteeseen kohdistuvan kosteusrasituksen suuruuden. Jos esimerkiksi lattiarakenteessa on noin vuoden päästä päällystämisestä selvä kosteusjakauma, missä kosteuspitoisuus kasvaa rakenteen pinnasta (päällysteen alta) syvemmälle mentäessä, voidaan päällysteen vesihöyrynläpäisevyyden todeta olevan suurempi kuin betonin pintaosien kosteudensiirtokyvyn. Tällöin päällysteen alapuolinen kosteuspitoisuus ei todennäköisesti ole missään vaiheessa saavuttanut päällystyshetken ns. arvostelusyvyyskosteutta.

Rakenteen kosteuden arviointi pintakosteusilmaisimella ja rakennekosteusmittauksin (viilto- ja porareikämittauksin tai näytepalamenetelmällä, luku 5.2.4) rakenteen ikä, rakenneratkaisut ja tarkat pintarakennetiedot huomioon ottaen antaa yleensä varsin hyvän kuvan pintarakenteeseen liittyvistä riskeistä, kun tarkasteluun liitetään aistinvarainen arviointi huonetilasta sekä muovimatosta ja sen alta.

Kosteusmittaustulosten tulkinta ei ole yksiselitteistä. Kosteuspitoisuudelle ei voida antaa yhtä selkeää raja-arvoa, minkä ylittäviä lukemia voitaisiin pitää varmana viitteenä vaurioitumiseen. Erilaisten materiaalien ja materiaaliyhdistelmien kosteudensietokyvyissä on eroja, mikä tulee ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa. Esimerkiksi suoraan betonipinnalle liimattu muovimatto voi vaurioitua huomattavasti alhaisemmassa kosteudessa kuin matala-alkalisen tasoitteen päälle asennettu sama tuote.

Mittaustuloksia tulkittaessa on myös hyvä ottaa huomioon, että haittaa aiheuttamattoman ja aiheuttavan kosteuspitoisuuden ero saattaa olla hyvinkin pieni ja tilanteeseen vaikuttavat useat kriittiset tekijät. Koska ongelmatilanteita on kosteusteknisesti usein vaikea erottaa toisistaan, tilan käyttäjien kokemat oireet ja haitat on tärkeä selvittää yhteistyössä terveydenhoitohenkilöstön kanssa. Kosteusmittaustulosten tulkinta edellyttää hyvää rakennetekniikan ja rakennusfysiikan tuntemusta.

Jos kohde on melko uusi, tutkimuksilla pyritään usein selvittämään, onko betonilattia ollut riittävän kuiva päällystyshetkellä. Vanhemmassa rakennuksessa lattiarakenne on yleensä kuivunut lähes kokonaan, jolloin mahdolliset rakennuksen valmistumisen jälkeen tapahtuneet kastumiset tai vanhojen vaurioiden alueet saattavat erottua hyvinkin

selkeästi, mutta rakennuskosteuden alkuperäisen määrän arviointi on yleensä mahdollista. Uuden kohteen betonilattiarakenteessa vesivahingon vaikutus saattaa puolestaan olla varsin vähäinen, sillä vaurion sattuessa rakenteen lähtökosteus on rakennuskosteuden vuoksi voinut olla vielä melko korkea.

4.3.3 Mattoliiman alapuolinen pH

Kosteuden lisäksi pH:lla on voi olla merkittävä vaikutus pintarakenteen mahdolliseen vaurioitumiseen. Siksi korjaustarvetta arvioitaessa on tärkeää selvittää lattiarakenteessa käytettyjen tasoitteiden laatu (mahdollinen matala-alkalisuus, pH) sekä pakkaus. Joskus voi olla tarpeellista mitata liimaan kontaktissa olevan pinnan pH, ks. Luku 5.7.

4.3.4 Muu havainnointi tutkimusten yhteydessä

Rakenne- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen yhteydessä tulee aina tehdä aistinvaraisia havainnoja muovimaton mahdollisesta värjäytymisestä ja kupruilusta sekä mahdollisuuksien mukaan arvioida muovimaton alapuolisen tilan hajua sekä liiman koostumusta. Lisäksi on hyvä arvioida päällysteen tartuntalujuutta alustaan.

Yksinkertainen menetelmä tartunnaltaan heikkojen alueiden löytämiseen on ns. kopojen etsintä. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi liu'uttamalla ruuvimeisselin tai vastaavan vartta lattiapäällysteen päällä ja havainnoida poikkeavia ääniä alustastaan irti olevien (kopojen) ja kiinni olevien alueiden välillä. Mikäli tartunnan riittävyys epäilyttää, on hyvä tehdä ns. kolmioviiltokokeita, joissa aistinvaraisesti arvioidaan eri kohtien kiinnittymistä alustaan vetämällä mattopaljetta käsivoimin. Varsinaisten vetokokeiden tekemistä ei yleensä suositella, koska tartuntalujuudelle ei ole olemassa selkeitä tavoitearvoja.

Kuprujen esiintyminen muovimatossa ei automaattisesti tarkoita alustan liiallista kosteuspitoisuutta. Varsinkin mekaanisesti rasitetuimmissa lattian kohdissa muovimatto saattaa irrottuaan venyä ja nousta kuprulle (rullalle), mikäli alkuperäinen tartunta on ollut huono.

Tartuntaa testattaessa hyväkuntoisen uuden pintarakennejärjestelmän murtuminen tapahtuu tyypillisesti liimakerroksesta eli liimaa jää sekä mattoon että sen alapuoliseen tasoitteeseen. Riittävän kuivalle alustalle asennetut joustovinyylimatot irtoavat tyypillisimmin siten, että matto repeää tai halkeaa keskeltä eli maton joustava kerros (jos sellainen on) jää alustaan. Murtumisen tapahtuminen tasoitteessa ei välttämättä

johdu liiallisesta kosteudesta, vaan syynä voi olla esimerkiksi maton asentaminen pölyiselle betonipinnalle tai heikkolujuuksisen tasoitteen pinnalle. Näissä tapauksissa pintarakenne on yleensä täysin kunnossa (kuva 16).



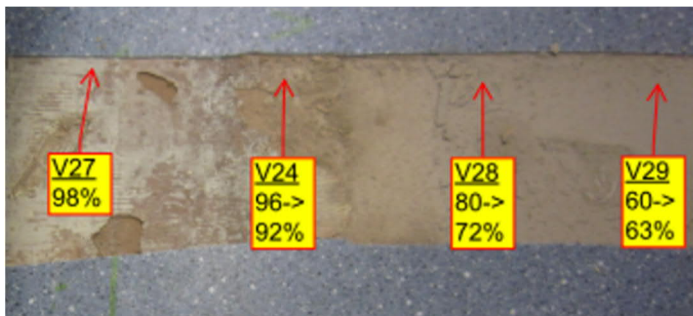
Kuva 16. Tasoitteen pintaosa on lähtenyt maton ja liiman mukana tasalaatuisesti koeavausalueen kosteimmallakin alueella, jonka oletettiin olevan emissiovaurioitunut. Avauksesta ei tullut juuri lainkaan hajua ja pintarakenteen voitiin tarkkaan valitun avauskohdan perusteella todeta olevan kauttaaltaan hyväkuntoinen. Lähde: Vahasen arkisto.

Hyvin korkeassa kosteudessa, kuten esimerkiksi vesivahinkotapauksissa, liima on saattanut liueta nestemäiseksi (saippuoitunut), jolloin sillä ei ole juuri lainkaan tartuntalujuutta. Liiman saippuoituminen on mahdollista myös, jos muovimaton asennus on tehty huomattavasti liian kostealle betonialustalle, jolloin rakenne on pysynyt pitkään kosteana. Tällöin liima ei ole välttämättä milloinkaan kovettunut eikä kuivunut kunnolla.

Vastaavanlainen vaurio voi syntyä, jos lattiarakenteeseen tulee ulkopuolelta lisäkosteutta esimerkiksi vesivahingossa. Tällöin on hyvä huomioida, että saumoineen ehjän vesihöyryä reilustikin läpäisevän muovipäällysteen läpi vahinkovesi ei mene, vaan pääsee maton alle vain reunoilta (seinänvieriltä ja läpivientien tyvestä jne.). Kuinka pitkälle maton alle vesi imeytyy, riippuu monesta tekijästä ja kastumisen vaikutusajasta. Vedenimeytymisetasoisuus voidaan yleensä havaita hyvin pintakosteustunnistimella.

Kosteusteknisesti haastavia ovat esimerkiksi maanvaraiset betonilattiat, jotka päällystetään tiiviillä muovimatolla. Ongelmia voi syntyä, jos maaperästä siirtyy rakenteeseen enemmän kosteutta, kuin päällyste läpäisee.

Muovimattoa voidaan avata hieman, jolloin päästään aistinvaraisesti arvioimaan sen alapuolisen tilan (liimaa ja tasoitetta) hajua sekä silmämääräisesti maton tartuntaa alustaan ja liiman koostumusta. Kuvassa 17 on kosteusteknisesti toimimattoman maanvaraisen betonilattiarakenteen muovimaton alapuolisen tilan kosteusmittaustuloksia. Kuvasta voidaan myös havaita pinnan värierot kosteampien ja kuivempien kohtien välillä. Muovimaton, liiman ja tasoitteen väri vaihtelut voivat indikoida poikkeavasta kosteudesta, vaikka liiman tartunta olisikin hyvä.



Kuva 17. Selkeät kosteuspitoisuuserot päällysteen alla noin metrin matkalla näkyvät erittäin hyvin maton paikallisen avaamisen jälkeen viiltomittaustuloksissa. Vasemmassa alue, jolle maakosteus nousee kapillaarisesti lämmöneristeen puuttumisen vuoksi. 2. mittauskohta vasemmalta on lämmöneristeen puutekohdan reunalla ja oikeanpuoleiset mittauskohdat 30 cm välein kosteusteknisesti toimivassa vanhassa maanvaraisessa alapohjassa. Yksittäisten tulosten lisäksi kuvassa vastaavan kohdan usean eri mittauskohdan vaihteluväli. Kaikki mittaukset on tehty normaalissa huoneenlämpötilassa. Lähde: Vahasen arkisto.

Avatun muovimaton alta haihtuu aina jonkin verran liiman ja tasoitteen hajua erityisesti uusissa rakennuksissa. Maton alle on voinut myös kerääntyä maton pehmittimistä peräisin olevia yhdisteitä. Poikkeuksellisen voimakas ja tavanomaisesta poikkeava haju voi viitata kohonneisiin sekundääriemissioihin. Arvio hajuista voidaan tehdä esimerkiksi vertailemalla oletetulta vaurioalueelta ja vaurioitumattomasta alueelta haihtuvia hajuja keskenään.

Aistinvaraisessa havainnoinnissa tutkijan tulee aina olla varovainen oman terveytensä kannalta. Ennen hajuhavainnointia on syytä arvioida silmämääräisesti, onko haistelu ylipäättään välttämätöntä. Aistinvaraisen arvioinnin haasteena on se, että arvio on aina subjektiivinen. Arvion pätevyyttä voidaan parantaa lisäämällä arvioitsijoiden määrää. Mikäli arvioitsijoita on riittävästi, voidaan tilojen sisäilman laatua ja materiaaliperäisiä hajuja arvioida kuten M1-testeissä ns. hajupaneelin avulla. Riittävän runsaslukuisen arvioitsijamäärän antamien tulosten perusteella tehtäville kokonaisarvioinneille löytyy yleisiäkin tulkintaohjeita, jotta tiedetään, milloin jokin havainto on todettavissa merkitykselliseksi.

Mikäli tutkimuksilla päädytään lattioiden korjaamiseen, aistinvaraista arviointia on hyvä jatkaa ja havaintojen perusteella mahdollisesti rajata eri alueilta tarvittavan korjaustavan mukaan. Mittausten lisäksi liiman, tasoitekerroksen ja muovimattopäällysteen aistinvaraisen arvioinnin havainnot suuremmista koeavauksista (kuva 18) ovat ensiarvoisen tärkeitä korjaustarpeen määrittämisessä. Tällöin päästään arvioimaan päällysteen tartuntaa alustaansa laajoillakin alueilla.

Päällysteiden heikompaan tartuntaan voi olla useita syitä, kuten väärä liima, liimausalustan huono laatu (epätasainen pinta, pölyinen alusta, sementtiliima poistamatta riittävässä määrin), huolimattomasti tehty liimaustyö ja päällysteen asennus (liiman liian vähäinen määrä, ylipitkä liiman avo aika, jyräyksen epäonnistuminen) sekä luonnollisesti myös alustan korkeasta kosteudesta johtuva kiinnitysaineen vaurioituminen.



Kuva 18. Huoneeseen on tehty muutamia linjoja, joilta muovimattoa on avattu kais-toina. Taustalla kuvan yläosassa matala-alkalinen tasoite on tasaisen vaaleata ja kunnossa, mutta etualalla ollaan juuri vetämässä mattosuikaletta alueelta, jolla tasoitteen väri on muuttunut selvästi kirjavaksi, matto on heikosti kiinni ja haju maton alla on huomattavasti voimakkaampi kuin kuvassa ylempänä näkyvän maton irrotusalueen kohdalla. Paikallinen vaurio on hyvin selvä. Lähde: Vahasen arkisto.

4.3.5 Kokonaisarvio tilanteesta sekä tulosten tarkastelu myös terveystieteellisestä näkökulmasta

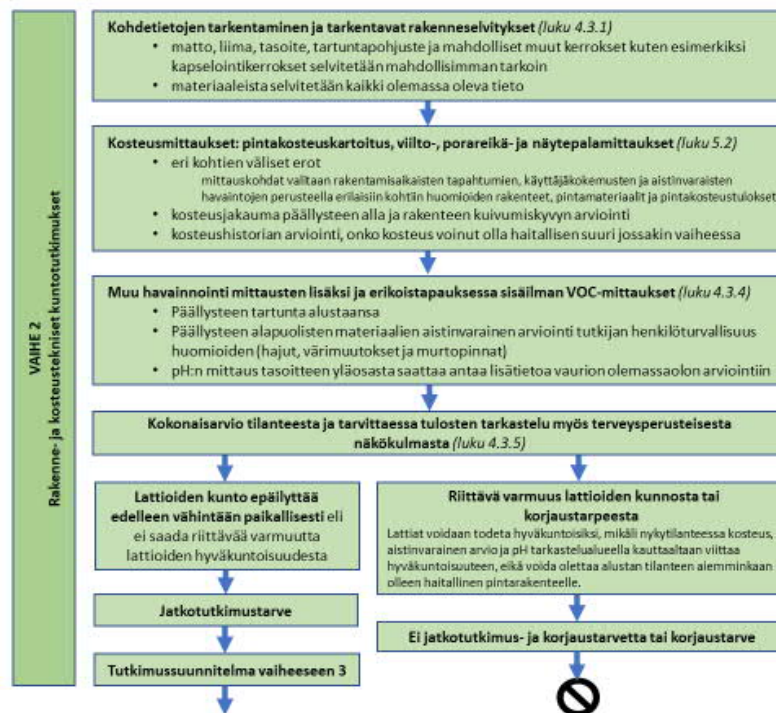
Rakenteesta tehtyjen kosteusmittausten tulosten sekä astinvaraisten havaintojen pohjalta arvioidaan lattiapäällysteen vaurioitumisen todennäköisyyttä. Johtopäätösten tekeminen on suhteellisen helppoa, jos kosteuspitoisuudet ovat korkeita ja myös aistinvaraiset havainnot viittaavat selkeästi vaurioon. Haastavammaksi johtopäätösten tekeminen menee, kun kosteuslukemat ovat alle pintarakenteen kriittisen arvon, mutta muut havainnot viittaavat vaurioon. Tällöin on syytä pyrkiä selvittämään, onko kosteuspitoisuus pintarakenteessa mahdollisesti joskus sen elinkaaren aikana voinut olla vaurioitumisen käynnistävällä tasolla.

Rakenne- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten jälkeen korjaustarpeen arviointi etenee seuraavasti:

- Jos tutkittavassa lattiarakenteessa esiintyy selvästi normaalista poikkeavat kosteusrasitukset ja kosteusvaurioon viittaava haju ja/tai näkyvä vaurio → korjaustarve ilmeinen, mutta tarvitaan korjauksen kiireellisyyden arviointi.
- Jos muovimatto on selkeästi käyttökänsä päässä ja/tai se on soveltumaton kyseiseen rakennetyyppiin, käyttötarkoitukseen sekä sen aiheuttamasta sisäilmahaitasta on riittävän vahva epäily → nopeasti toteutettava korjaustarve on ilmeinen.
- Jos lattiarakenteen kosteuspitoisuuden epäillään olevan tai olleen aikaisemmin koholla ja/tai materiaaliominaisuuksia ei tunneta ja/tai aistinvaraisesta havaitaan normaalitilanteesta poikkeavuutta (mm. vanhojen materiaalien ominaispäästöistä ei yleensä ole olemassa tarkkaa tietoa) → tarve tehdä VOC-mittauksia korjaustarpeen määrittämiseksi.
- Jos tarkastelualueelta ei löydetä alueita, joilla kosteuspitoisuus on tai on hyvän päättelyn perusteella ollut selvästi yli kriittisen kosteuden → lisätutkimuksia tai korjauksia ei välttämättä tarvita, vaan voidaan turvallisesti jäädä seuraamaan tilannetta, vaikka tarkkaa tietoa käytetyistä materiaaleista ei olisi-kaan käytettävissä
- Jos kosteuspitoisuuden todetaan pysyneen koko pintarakennejärjestelmän elinkaaren ajan varmuudella kriittisen kosteuspitoisuuden alapuolella, aistinvaraisesti ei havaita poikkeavuuksia normaalitilanteesta ja materiaalit ovat

laadukkaita hyväkuntoisia (mahdollisesti M1-luokiteltuja) → tarkempia lisätutkimuksia tai korjauksia ei suurella todennäköisyydellä tarvita.

Rakenne- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten kuten kosteusmittausten tulosten perusteella voidaan yleensä myös arvioida pintarakenteen vaurioitumisen syytä.



Kuva 19. Vaihe 2 kaaviona.

4.4 Sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe 3a)

4.4.1 Sisäilman VOC-näytteenotto

Kun sisäilmassa epäillään muovimatosta peräisin olevia kohonneita VOC-pitoisuuksia, ilmanvaihdon on todettu olevan kunnossa, eikä lattiarakenteesta tehdyissä selvityksissä ole havaittu viitteitä selkeästä kosteusvauriosta, mutta lattiapäällysteen mahdollinen vaikutus sisäilman laatuun epäilyttää, edetään silvitysprosessissa sisäilman VOC-yhdisteiden mittaamiseen.

Sisäilman VOC-pitoisuutta voidaan mitata aktiivisella ja passiivisella menetelmällä. Lisäksi markkinoilla on suuntaa-antavia jatkuvakestoisia mittalaitteita. Sisäilman aktiivinen VOC-mittaus on mittausmenetelmistä ainoa, jonka mittaustuloksille on määritetty asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat ja siksi aktiivisella sisäilman VOC-mittauksella on erityistä painoarvoa sisäilman laadun arvioinnissa.

VOC-mittauskohtien valintaan vaikuttavat mahdolliset ongelmaepäilyt, tilan käyttäjien kokemat oireet, kosteusmittaustulokset sekä aistinvaraiset havainnot ja tiedot ilmanvaihdosta. Ilmanvaihtokertoimen tulee olla vähintään 0,5, jotta mittaaminen on järkevää. Tarkkaa näytteenkeräyspaikkaa valittaessa tulee huomioida ilmanvaihdon päätelementtien sijoittelu sekä ilmavirtausten liikkeet tiloissa.

Jos kosteuspitoisuuksissa ei todeta vaihtelua, tulee VOC-mittauskohdat valita kosteusvaihteluun parhaan tiedon mukaan teoriassa vaikuttavien tekijöiden (esim. rakennusaikaiset olosuhteet ja mahdolliset vesivuodot), tiloissa aistittavien hajujen tai oirekuvausten perusteella. Summittaisesti toteutettujen VOC-mittausten perusteella ei yleensä voida tehdä todellista tilanteen arviointia. Mittausten määrä on rajallinen ja laaditun tutkimussuunnitelman avulla pitää aina pystyä perustelemaan, mitä aluetta tulos edustaa ja miksi näytteet otetaan. Vain harvoin koko tarkastelualue tai rakennuksen kaikki lattiat ovat VOC-päästöjen vuoksi korjattavassa kunnossa.

Joskus summittaisillakin sisäilman VOC-mittauksilla voidaan onnistua selvittämään lattiapäälysteiden emissiovaihtelua eri tiloissa. Näytteenotossa on suositeltavaa ottaa vaurioepäilykohtien lisäksi näyte parhaassa kunnossa olevalta oletetulta verrokialueelta.

Joskus sisäilman VOC-näytteiden otto on perusteltua jo tutkimusvaiheessa 2. Tällainen tilanne voi esimerkiksi olla, jos päälysteen alapuoliset kosteudet ovat mahdolliseen vaurioon viittaavalla tasolla tai ilmanvaihdon vaikutusta epäillään jopa suuremmaksi lattianpäälysteperäisen sisäilman laadun huonontumisen syyksi.

Sisäilman VOC-mittausten ajankohta on oleellinen (kauanko esimerkiksi ilmanvaihto on ollut päällä ennen näytteen keräystä). Suositeltavin ajankohta on yleensä aamu, koska useimmissa tapauksissa näytteessä näkyy silloin lähinnä rakenteiden päästöt. Toisaalta myöhemmin päivällä näytteitä kerätessä voidaan havaita rakennuksen käytön vaikutus päästöihin. Oleellisinta on huomioida näytteenottoajankohdan suhde normaaliin käyttöön esim. montako tuntia ilmanvaihto on päällä ennen näytteenottoa. Jos kohteessa otetaan useita peräkkäisiä näytteitä, mittausolosuhteiden tulisi olla mahdollisimman samankaltaiset jokaisella näytteenottokerralla. Esimerkiksi korkea lämpötila ja korkea sisäilman kosteus suurentavat VOC-emissioiden määrää.

Tarkempi kuvaus sisäilman VOC-mittausmenetelmästä on esitetty luvussa 5.3.

4.4.2 Sisäilman VOC-näytteiden ohje-, raja- ja viitearvot

Monille sisäilmassa esiintyville yhdisteille on olemassa erilaisia ohje-, raja- ja viitearvoja. Näitä ovat mm. asumisterveysasetuksen (545/2015) toimenpiderajat, Euroopan unionin EU-LCI-ohjearvot (LCI, Lowest Concentration of Interest; EU-LCI Working Group 2019a), saksalaiset RW I ja II -ohjearvot (RW, Richtwerte; Umweltbundesamt 2020), WHO:n sisäilman laatua koskevat suositukset (WHO 2010) sekä Työterveyslaitoksen viitearvot (Työterveyslaitos 2019). Lisäksi työperäisille altisteille on olemassa erilaisia työhygieenisiä raja-arvoja, kuten suomalaiset HTP-arvot (HTP, haitallisiksi tunnetut pitoisuudet). Osa edellä mainituista arvoista on terveysperusteisia, jolloin arvot on asetettu niin, että ne suojaavat nykytiedon valossa haitallisilta terveysvaikutuksilta. Osa taas on viitearvoja, jotka antavat tietoa esimerkiksi altisteiden tavanomaisista pitoisuuksista, ja siten vertailukohdan mittaustuloksille.

- **Asumisterveysasetuksessa** on asetettu toimenpiderajoja tietyille kemiallisille tekijöille, kuten VOC-yhdisteille ja formaldehydille. Toimenpiderajan ylittyminen edellyttää toimenpiteitä terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Asumisterveysasetuksen (STMa 545/2015) 15§ mukaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 400 µg/m³. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m³. Lisäksi 2-etyyli-1-heksanolille sekä TXIB:lle on asetettu toimenpideraja 10 µg/m³. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat eivät pääsääntöisesti perustu tieteelliseen terveysvaaran arviointiin, eivätkä siksi sovellu sellaisenaan terveysriskien arviointiin.
- **HTP-arvot (STM 2020)** ovat suomalaisia, lakisäätteisiä työhygieenisiä ohjearvoja, jotka on vahvistettu työturvallisuuslain (738/2002) nojalla annetulla sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (538/2018). HTP-arvot on tarkoitettu työnantajan huomioon otettavaksi työn vaarojen selvittämisessä ja arvioinnissa sekä työpaikan ilman puhtautta, työntekijöiden altistumista ja mittaustulosten merkitystä arvioitaessa.
- **EU-LCI-arvot** ovat rakennustuotteiden tuoteturvallisuusarviointeihin tarkoitettuja ohjearvoja, joita on saatavilla useille haihtuville orgaanisille yhdisteille. Ne

ovat terveysperusteisia vertailuarvoja, joiden avulla voidaan arvioida uusien rakennusmateriaalien päästöille hengitysteitse altistumisesta aiheutuvia terveysriskejä. EU-LCI -arvoja ei ole tarkoitettu käytettäväksi viitearvoina sisäilman laadun arvioimisessa, vaan rakennusmateriaalien päästöjen arvioimiseen koeolosuhteissa

- **RW I ja II -arvot** ovat saksalaisia sisäilman laadun arviointiin tarkoitettuja ohje-arvoja, jotka laatii kansallinen asiantuntijoista koostuva työryhmä (German Committee on Indoor Guidelines). EU-LCI- ja HTP-arvojen tavoin RW-arvot ovat terveysperusteisia. Kuten EU-LCI-arvot, myös RW I ja II-arvot on laadittu koko väestö huomioiden ja niitä käytetään Saksassa mm. kotien, toimistojen, koulujen ja muiden julkisten tilojen sisäilman laadun arviointiin.
- **Työterveyslaitos on laatinut viitearvoja toimistotyypisissä työympäristöissä** mitattaville haihtuville orgaanisille yhdisteille. Viitearvot on annettu yhdisteen omalla vasteella. Viitearvot eivät ole terveysperusteisia, vaan ne pohjautuvat Työterveyslaitoksen asiakaspalveluaineiston P90-arvoihin, jotka tarkistetaan ja päivitetään noin viiden vuoden välein. Siten niitä voidaan käyttää mittaustulosten vertailuun nk. tavanomaisiin toimistotyyppisten työympäristöjen pitoisuustasoihin. Kokonaispitoisuuden viitearvo vuoden 2021 julkaisun mukaan toimistotilan huoneilmassa on $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Yksittäisille yhdisteille on annettu viitearvo standardin ISO 16000-6 määritelmään sisältyville yhdisteille. Esimerkiksi 2-etyyli-1-heksanolin viitearvo on $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja TXIB:n $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Viitearvojen perusteella ei tule antaa Työterveyslaitoksen ohjeistamasti arvioita terveyshaitasta, eikä korjaustarpeesta.
- Jatkuvatomaisille mittalaitteille ei ole olemassa ohje-arvoja. Mittaustulos on suuntaa-antava.

Terveysperusteisten arvojen lisäksi sisäilmassa esiintyville kemiallisille yhdisteille on yleensä määritelty myös niille ominainen hajukynnys. Hajukynnys on pitoisuus, jonka ylittyttyä ihmiset pystyvät havaitsemaan ko. yhdisteen. Hajukynnysarvot ovat usein suuntaa-antavia, sillä hajun aistimisessa voi olla yksilöllisiä eroja.

4.4.3 Sisäilman VOC mittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen

Sisäilmanäytteet kertovat todellisen tilanteen tilan VOC-yhdisteistä ja tulokset kuvaavat, millaista ilmaa tilan käyttäjät hengittävät. Tämä toteutuu silloin, kun näytteenotto on tehty hengitysvyöhykkeeltä. Tilakoon kasvaessa yli 10 m², saadaan VOC-yhdisteet mitattua luotettavimmin poistopäätelaitteen läheisyydestä. Tuloilman määrä ja virtausnopeus vaikuttavat erityisesti pistemäisten päästöjen leviämiseen. Pitoisuudet pienevät, kun etäisyydet päästölähteen ja mittauspisteen välillä kasvavat. Kalusteet, sermit, ym. esteet huoneessa muuttavat ilmavirran ja yhdisteiden liikkeitä, joka olisi huomiotava näytteenotossa (Rautiainen P. 2022).

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että noin puolet asuntojen sisäilman VOC-yhdisteiden pitoisuuksista aiheutuu rakennusmateriaaleista ja puolet emittoituu muun muassa huonekaluista, tekstiileistä, puhdistusaineista, kosmetiikasta sekä asukkaista ja kotieläimistä. (Metiäinen, 2012) Sisäilman VOC-tuloksia tulkittaessa tulee huomioida materiaalien primääriemissiöt, jotta ei tehdä ylimitoitettuja tai vääriä tulkintoja päällysteenvauriosta. Tulosten tulkitsijalla olisi hyvä olla käytettävissä tiedot tilan lattia-, seinä- ja kattopintojen materiaaleista, sillä niillä on isoina pinta-aloina merkittävä vaikutus sisäilman rakennusmateriaaliperäisiin emissioihin. Tulosten tulkintaa helpottaa vertailunäytteenotto vaurioitumattomalta alueelta erityisesti silloin, kun materiaalien primääriemissiöt eivät ole tiedossa.

Sisäilmanäytteiden tulosten arvioinnissa tulee ottaa huomioon, kummalla menetelmällä (FID) tai (MSD), ks. luku 5.3, näytteet on analysoitu sekä myös mihin adsorbenttiin ilmanäyte on kerätty. ISO 16000- 6 standardissa käytetään Tenax TA -adsorbenttia, jolla on määritetty asumisterveysasetuksen toimenpiderajat. Laboratorioilla voi olla käytössä myös muita adsorbentteja.

Tuloksiin vaikuttaa merkittävästi mitatun tilan tilavuus, ilmanvaihto, lämpötila ja kosteuspitoisuus. Korkea lämpötila ja korkea sisäilman kosteus suurentavat VOC-emissioiden määrää, mikä on hyvä huomioida esimerkiksi kesähelteillä ja talvella tehdyissä mittauksissa.

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat on asetettu alas, jotta tarkasteltavaa rakennetta ei liian helposti tulkittaisi kelpoiseksi. Tämä on kuitenkin tärkeätä muistaa, että jatkotutkimusten perusteella voidaan tulla johtopäätökseen, että korjaustarvetta ei ole.

Toimistorakennuksissa sisäilman pitoisuudet ovat tyypillisesti alhaisemmat kuin asunnoissa johtuen tehokkaammasta ilmanvaihdosta. Siksi toimistotilojen VOC-tulosten

tulkinnassa tulisi ensisijaisesti käyttää Työterveyslaitoksen viiteaineistoa. Työterveyslaitoksen viitearvoylitys tarkoittaa poikkeamaa TTL:n koostamassa aineistossa, joka koostuu sekä tavallisten että vauriokohteiden ilmanäytteistä, joten aineistossa on valtavaa vaihtelua. TTL:n viitearvon ylitys ei siten suoraan tarkoita vaurioita, vaan ainoastaan poikkeamaa koko aineiston suhteen jonkin tietyn materiaalin/ tilanteen kohdalla.

Vertaamalla sisäilmasta saatuja VOC-mittausten tuloksia viitearvoihin sekä kohteessa tehtyihin vertailumittaustuloksiin, voidaan tehdä arvio korjaustarpeesta ja korjauslaajuudesta seuraavasti:

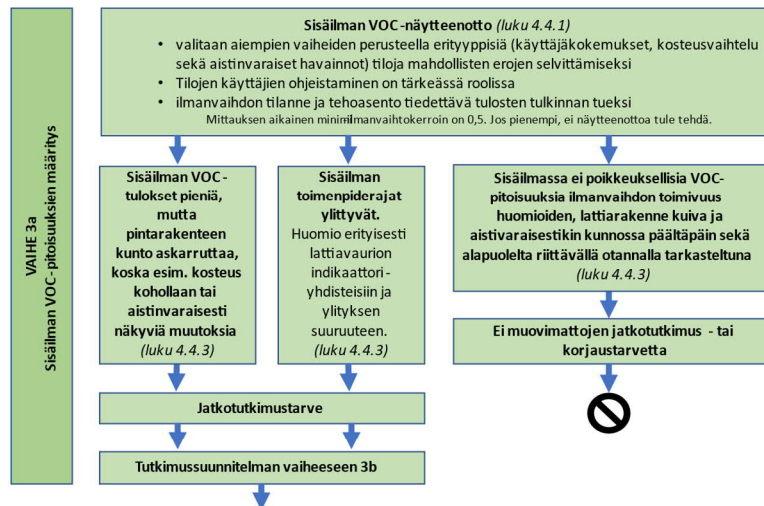
- jos viitearvot ja vertailunäytteiden tulokset ylittyvät selvästi → korjaustarve on ilmeinen ja tarvitaan korjauksen kiireellisyyden ja terveydellisen riskin arviointi
- jos raja-arvot ja vertailunäytteiden tulokset eivät ylity selvästi → korjaukset eivät ole kiireellisiä, tällöin arvioidaan jatkotutkimusten tarve tai voidaan tapauskohtaisesti harkita korjauksia kustannusten perusteella esim. tilanteissa, joissa korjattava alue on pieni
- jos VOC-mittauksissa pitoisuudet ovat normaalitasoa ilmanvaihdon toimivuus huomioiden, lattiarakenne on kuiva ja aistivaraistekin kunnossa päältäpäin sekä alapuolelta riittävällä otannalla tarkasteltuna → ei korjaustarvetta.

Päätös toimenpide- tai korjaustarpeesta tehdään huomioiden kohteessa tehdyt muut selvitykset. Pelkkien sisäilmamittausten perusteella ei tule tehdä päätöstä lattioiden korjaustarpeesta.

Mikäli sisäilman toimenpiderajat ylittyvät, tulee erityishuomio kiinnittää tyypillisiin lattia-peräisiin yhdisteisiin ja rajan ylityksen suuruuteen. Jotta emissiolähde saadaan luotettavasti selville, tulee selvitystä jatkaa vaiheeseen 3b (Päällystemateriaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC-pitoisuuksien määrittäminen). Mikäli sisäilman VOC-tulokset ovat alhaisia, mutta pintarakenteen kunto askarruttaa, koska esim. kosteus on koholla tai päällysteen alla on aistinvaraisesti näkyviä muutoksia, tulee selvitystä jatkaa myös vaiheeseen 3b. Molemmissa tapauksissa tulee laatia mahdollisimman informatiivinen tutkimussuunnitelma.

Jatkuvatoimisilla mittalaitteilla on mahdollista havaita epäpuhtauksien hetkellisiä pitoisuusvaihteluja ja tehdä pidemmän aikavälin seurantaa, mikä ei normaalisti ole mahdollista keräävillä menetelmillä. Niillä ei yleensä saada selville yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksia, vaan tulos ilmoitetaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoi-

suutena. Jatkuvatoimiset laitteet mittaavat eri asiaa kuin keräävät menetelmät ja antavat tulokset eri yksikössä kuin keräävien menetelmien tulokset esitetään. Tämän vuoksi jatkuvatoimisilla mittalaitteilla saatuja tuloksia ei voi verrata suoraan keräävillä menetelmillä saatuihin tuloksiin tai asumisterveysasetuksen toimenpiderajoihin. Jatkuvatoimisia mittalaitteita ei voida tällä hetkellä käyttää yksinään sisäilman kemiallisen laadun arviointiin. Niitä ei tule myöskään käyttää terveysvaikutusten arviointiin. Tarkeimpien tutkimusten kohdistamiseen ja eri kohtien väliseen vertailuun jatkuvatoimiset laitteet voivat toimia hyvinkin.



Kuva 20. Vaihe 3a kaaviona.

4.5 Päällystemateriaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC-pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe 3b)

4.5.1 VOC-näytteenotto materiaalin pinnalta ja materiaalista irrotetusta näytteestä

Rakennus- ja sisustusmateriaaleista vapautuvia pintaemissioita voidaan kohteessa selvittää FLEC-menetelmällä (NT build 484-menetelmä tai standardin ISO 16000-10 mukaisesti) tai irrottamalla materiaalinäyte, jolloin kokonaisemissiot mitataan laboratoriossa mikrokammion menetelmällä (Bulk-menetelmä). Lisäksi on mahdollista irrottaa iso, ehjä materiaalinäyte ja toimittaa se laboratorioon pintaemissioiden kammion menetelmällä (ISO 16000-9) mittaamista varten.

FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) -menetelmällä voidaan selvittää päästöjä materiaalien pinnoilta. FLEC-mittauksella saadaan selville esimerkiksi ehjän muovilattiapäällysteen pintatuotto, jota voidaan verrata sisäilmasta mitattuun pitoisuuteen. Näin voidaan selvittää emissiolähde.

Mittauskohdan valintaan on tässä vaiheessa eniten tietoa käytettävissä ja se tulee käyttää hyvin tarkasti, jotta ensin tehtävien työläimpien ja kalleimpien FLEC-mittausten kohdistus on mahdollisimman informatiivinen ja tuloksista saadaan mahdollisimman paljon hyötyä. Kun tarkoin valitusta kohdista saadaan tulokset, voidaan todetun tilanteen esiintymisaluetta tarkentaa esim. helpommilla, nopeammilla ja halvemmilla Bulk-näytteenotoilla.

Tulosten tulkinnassa on hyvä huomioida, että sisäilma-, FLEC-, kammio- tai materiaalinäytteistä saatuja mittaustuloksia ei voida verrata keskenään, sillä jokainen mittausmenetelmä mittaa eri asiaa. Ks. luvut 5.3 - 5.5.

FLEC-mittaus voidaan tehdä myös päällysteen/ pinnoitteen alapuolisesta rakennepinnasta, esimerkiksi paljaasta betonipinnasta lattianpäällysteen poistamisen jälkeen. Tällöin tarkoituksena on tyypillisesti saada selvyyttä rakenteeseen adsorboituneista VOC-yhdisteistä ja/tai, kun halutaan tietää korjausten yhteydessä tarvittavasta tuuletusajan pituudesta. Vaurioselvityksissä alustabetonin FLEC-mittaus betonin pinnasta tehdään aikaisintaan kolmen vuorokauden kuluttua lattiapäällysteen poistosta (Järnström H., 2005).

Alustabetoniin imeytyneitä VOC-yhdisteitä voidaan lisäksi mitata esimerkiksi eri syvyyksiltä betonista otetuista materiaalinäytteistä karkeasti Bulk-menetelmällä. Betoniin imeytyneiden VOC-yhdisteiden määrittäminen tulee tarpeelliseksi tyypillisesti pajojen päällystevaurioiden tauksissa korjaussuunnittelun lähtötiedoksi. Karkeaksi Bulk-menetelmän tekee se, että näytteenotossa ei päästä helposti tarkkoihin syvyyksiin ja yhdisteitä saattaa siirtyä näytteenotossa paikasta toiseen. Lisäksi tulee muistaa, että emissioiden mittaaminen alustabetonista ei kuvaa todellista tilannetta, sillä todellisudessa emissiotuotto laskee pintamateriaalin diffuusiovastuksen takia.

Bulk-materiaalinäytteellä mitataan irrotetusta materiaalinäytteestä sen kaikilta pinoilta haihtuvia yhdisteitä ja näin ollen se kuvaa eri asiaa kuin kohteessa FLEC-menetelmällä mitattu pintaemissio. Bulk-näyte ei ole koskaan tasalaatuinen, vaan sen koostumus vaihtelee näytteenottokohdan mukaan. Bulk-menetelmällä voidaan selvittää myös muovimaton, mattoliiman ja tasoitteen emissioita. Kun kohteessa olevasta muovimaton irrotetaan näyte Bulk-analyysia varten, mukaan tulee aina eri määriä mattoliimaa ja tasoitetta. Siten Bulk-näyte osoittaa, mitä yhdisteitä matossa, mattoliimassa ja tasoitteessa on (VOC-potentiaali), mutta yhdisteiden olemassaolo materiaaleissa ei suoraan tarkoita, että niitä havaittaisiin sisäilmassa. Bulk-näytteiden tuloksia voidaan verrata sisäilmanäytteisiin ja etsiä siten sisäilman emissiolähteitä. Bulk-näyte voidaan irrottaa myös asentamattomasta mattorullasta.

4.5.2 Materiaalinäytteiden emissioiden ohje- ja viitearvot

FLEC-tuloksille ei ole olemassa viitearvoja, mutta suuntaa antavaa tietoa tulosten kokuokasta saa esimerkiksi M-luokituksen luokitusrajoista (Rakennustietosäätiö 2020). Ohjeellisia arvoja FLEC-mittaukselle on annettu VTT:n mittausaineistossa FLEC-mittausmenetelmälle, jossa ilman kosteus on vakioitu 50 % RH:n (ISO 16 000-10 mukaisesti) ja mittaus on tehty oikeasta rakenteesta. Tyypillisesti 12 kuukauden ikäisestä PVC-päällysteisestä lattiarakenteesta asuinrakennuksista mitattu TVOC-emissio on normaalisti alle 150 µg/m²h ja normaalista poikkeavissa tilanteissa mitattu TVOC-emissio on yli 200 µg/m²h (taulukko 2, Järnström H., 2007). Rakennuksissa tyypillisesti päällysteen päältä mitatut 2-etyyli-1-heksanolipitoisuudet ovat asuinrakennuksissa alle 20 µg/m²h (tolueenin vasteella laskettuna) tai alle 30 µg/m²h (yhdisteen omalla vasteella laskettuna).

Taulukko 2. Viitearvoja pintaemissioille 12 kk ikäiselle rakenteelle (Järnström, 2007).

	Specific emission rate $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$							
	PVC		Parquet		Levelled ceiling		Painted wall	
	(n=6)		(n=4)		(n=10)		(n=9)	
	normal value	abnormal value	normal value	abnormal value	normal value	abnormal value	normal value	abnormal value
Acid	10	15	5	10	10	15	5	10
Alcohol	15	25	5	10	25	35	5	10
Aldehyde	15	25	5	10	25	35	5	10
Aliphatic hydrocarbon	20	40	<5	5	20	35	10	15
Aromatic hydrocarbon	25	65	<5	5	10	15	<5	5
Cycloalkane	<5	5	<5	5	<5	5	<5	5
Ester	15	30	5	10	10	15	5	10
Glycol/ glycolether	25	50	5	<10	20	30	10	15
Ketone	10	20	5	10	5	10	<5	5
Terpene	<5	5	<5	5	30	45	<5	5
TVOC	120	170	30	45	180	230	40	50
Ammonia	15	25	<5	5	50	70	10	15
Formaldehyde	5	10	5	10	30	40	10	15

Paljaan betonipinnan päältä kolmen vuorokauden kuluttua päällysteen poiston jälkeen FLEC-menetelmällä mitatut TVOC-emissiot ovat tiiviiden muovimattopäällysteiden tapauksessa normaalisti 500...1000 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Betonipinnalta kolmen vuorokauden kuluttua päällysteen poistosta mitatut 2-etyyli-1-heksanolipitoisuudet ovat tyypillisesti alle 50 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (yhdisteen omalla vasteella laskettuna). Mitä tiiviimpi päällyste ja mitä pidempään se on rakenteen päällä, sitä enemmän pintarakenteen alle ja pintarakenteeseen voi syntyä VOC-yhdisteitä.

Työterveyslaitos julkaisee ja päivittää tiheästi suuren materiaalitulosietokantansa perustella laatimiaan viitearvoja bulk-mittausmenetelmälle. Työterveyslaitos on esittänyt tutkimuskohteesta irrotetulle bulk-materiaalinäytteille seuraavia viitearvoja:

- PVC-matoille, joissa pehmittimenä DEHP, TVOC 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$
- PVC-matoille, joissa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP, TVOC 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$
 - o 2-etyyli-1-heksanoli 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$
 - o C9-alkoholit 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$
- linoleumi, TVOC 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$

- o propaanihappo 100 µg/m³g
- tasoitteet ja betoni, TVOC 50 µg/m³g.

Viitearvot perustuvat sekalaisiin asiakasnäytteistä tehtyihin analyyseihin. Viitearvo määritellään siten, että suuresta määrästä tuloksia katsotaan, minkä pitoisuuden ylittää 10 % tuloksista. Tämä ns. 90 % persentiili on sama kuin viitearvo.

4.5.3 Materiaalinäytteiden emissiomittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen

Kuten sisäilmanäytteisiin, myös materiaalinäytteiden VOC-tuloksiin vaikuttaa mitatun tilan ilmanvaihto, lämpötila ja kosteuspitoisuus. Tulosten tulkinnassa tulee huomioida rakennekerrokset ja rakenteessa vallinneet kosteusolosuhteet. Koska FLEC- ja Bulk-menetelmälle on käytössä vain vähän ohje- ja viitearvoja, tulosten tulkintaan tarvitaan aina verrokinäytteet, jotka tulisi ottaa samasta kohteesta ns. oletetusta vaurioitumattomasta kohdasta.

Kevennetyn NT build 484 ohjeen mukaisen FLEC-mittausmenetelmän tulosten tulkinnassa tulee huomioida sisäilman lämpötilan ja kosteuden vaikutus mittaustulokseen. Talviaikaan huoneilman suhteellinen kosteus on usein merkittävästi alhaisempi kuin standardin mukainen 50 %RH, minkä takia emissiot ovat alhaisemmat. Tällöin FLEC-tulosten vertailtavuudessa voi olla puutteita, koska vakioimattomat mittaolosuhteet sekä mahdolliset vaihtelut ilmanvaihtokertoimessa ovat tulosten vertailtavuutta heikentäviä epävarmuustekijöitä.

Bulk-menetelmällä saadut tulokset ovat luonteeltaan semikvantitatiivisia, joten saatuja tuloksia ei voida vertailla kuin karkeasti suuruusluokaltaan. Bulk-tulokset eivät kerro mitään sisäilmapitoisuuksista, eikä tuloksia voi verrata rakennusmateriaalien M-päästöluokituksen raja-arvoihin tai käyttää terveyshaitan arviointiin. Käytettäessä Työterveyslaitoksen viitearvoja tulee muistaa, että TTL:n aineisto koostuu sekä tavallisista että vauriokohteiden näytteistä. Viitearvoja voidaan hyödyntää Bulk- emissiomenetelmällä saatujen tulosten arvioinnissa.

Viitearvoylitystä ei pidä tulkita lattiapäällystevaurioksi kohteessa, vaan poikkeamalle saattaa löytyä muukin selitys kuin lattiapäällystevaurio. Bulk-menetelmällä saatujen tulosten vertailtavuus on heikkoa, koska menetelmä ei ole standardisoitu ja siten pie-

netkin erot näytteenkäsittelyssä korostuvat helposti. Koska näytteenkäsittely ei ole va-
kioitua, ei eri laboratorioiden tuottamia kokonaisemissiotuloksia voida vertailla keske-
nään.

FLEC- ja Bulk-tulosten tulkinnassa on oleellista muistaa, että pelkän analyysituloksen
perusteella ei tule tehdä päätöstä lattiapäällystekorjauksista. FLEC- ja Bulk-analyysi-
tulokset eivät kerro sisäilman VOC-pitoisuutta, joten tulosten sisäilmavaikutusten arvi-
oimiseksi tulee aina verrata materiaalipäästöjä sisäilmanäytteiden tuloksiin mahdolli-
sen VOC-lähteen paikallistamiseksi.

4.5.4 Ilmanvaihdon ja talotekniikan vaikutus kokonaisuuteen

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (8/2016) osan I mukaan ilmanvaihdon ul-
koilmavirran tulee olla rakennuksen käytön mukaisesti riittävä ja sen laadun tulee olla
riittävän puhdasta. Ilmanvaihto tulee järjestää siten, että sisäilma vaihtuu koko oleske-
luyöhykkeellä. Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellai-
nen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kul-
keutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleske-
leville terveyshaittaa.

Tilanteissa, joissa ilmanvaihto on perustoimiva käyttötarkoitukseen nähden, ilmavaih-
dolla ei yleensä pystytä väliaikaisesti hallitsemaan liiallisia VOC-päästöjä. Lie-
vissä ongelmassa ilmanvaihto voi kuitenkin hyvinkin olla jopa lopullinen ratkaisu, jos
ilmanvaihto on ollut puutteellista. Ilmanvaihdon toimivuus tulee siksi aina selvittää,
ettei turhaan epäillä lattiapäällysteitä. Huomionarvoista on myös, että vanhempia il-
manvaihtojärjestelmiä ei välttämättä pystytä saamaan lähellekään nykyvaatimusten
mukaista, jolloin pintamateriaalien vähäpäästöisyysvaatimukset korostuvat.

Ongelmatapauksissa rakennusautomaatiojärjestelmässä saattaa olla ohjelmointivir-
heitä tai vääriä asetusarvoja, jolloin järjestelmä ei toimi oikein. Lisäksi rakennusauto-
maatiojärjestelmän toimintaan vaikuttaa anturien kunto. Viallinen anturi aiheuttaa häi-
riöitä järjestelmän toimintaan. Anturien elinikä on lyhyempi kuin ilmanvaihtokoneiden,
joten vaikka ilmanvaihtokone muuten olisi hyvässä kunnossa, voi anturi olla jo tekni-
sen elinkaarensa päässä. Siksi uusissakin järjestelmissä ainakin anturien kunto tulee
tarkastaa. Rakennuksen tilojen käyttötarkoitusta on saatettu vuosien varrella muuttaa,
joten ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota sii-
hen, vastaavatko ilmanjako ja ilmamäärät tilojen nykyistä käyttötarkoitusta.

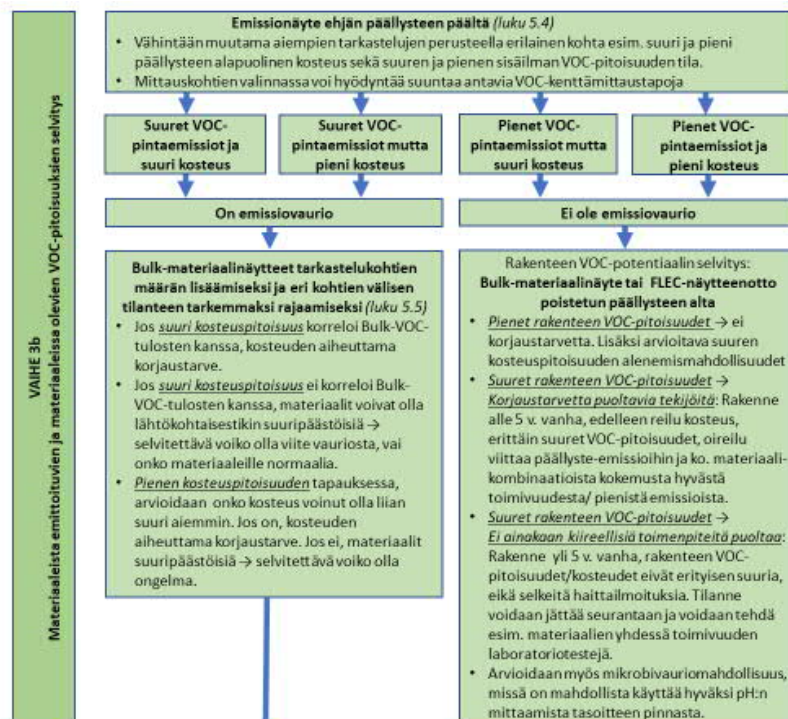
Muuttuvaimavirtaisissa järjestelmissä on varmistettava, että järjestelmä toimii suunnitellusti ja tarkoituksen mukaisesti. Ilmanvaihdossa saattaa olla häiriöitä, esimerkiksi säätö- ja palopeltien virheasentoja, jotka vaikuttavat ilmavirtoihin. Joissain ilmanvaihtojärjestelmissä ilmanvaihtokoneet palauttavat osan poistoilmasta palautusilmana tiloihin. Jos ilmanvaihtokoneessa on kyseinen toiminto, on mitattava ulkoilman ja palautusilman välinen suhde, jotta varmistetaan ulkoilman riittävyys. Lisäksi ilmanvaihtokoneen suodatuksen osalta on tarkastettava, onko suodatustaso ilmanvaihtokoneen palvelualueen käyttötarkoituksen mukainen ja onko suodatinjärjestelmä tiivis. Mikäli ilmanvaihtokoneessa on pyörivä lämmönsiirrin eli lämmöntalteenottokiekko, saattaa järjestelmä palauttaa osan jäteilman kosteudesta tuloilmaan. Mahdollinen siirtyminen riippuu mm. kosteuskuormasta ja ulkoilmaolosuhteista sekä kiekon pintamateriaalista. Vesihöyryn lisäksi järjestelmä saattaa siirtää tuloilmaan muita jäteilman sisältämiä yhdisteitä.

Mikäli TVOC-tuotto tilassa tunnetaan, voidaan mallintamalla karkeasti arvioida lattian pintatuoton vaikutusta sisäilman TVOC-pitoisuuteen eri aikoina ja tilan eri osissa huomioiden tilan ilmanvaihto ja ilmanvuotoluku, soveltaen kammiomenetelmää (ISO 16000-9) ja eurooppalaista mallihuonetta (EN 16516). FLEC-tuloksia ei kuitenkaan suositella käytettävän sisäilmapitoisuuksien tarkkaan arviointiin, koska kenttänäytteenotto ei vastaa olo- ja mittasuhteiltaan ilmapitoisuuslaskujen pohjana olevaa eurooppalaista mallihuonetta.

FLEC-laitteiston näytteenottokammion tilavuus on 35 ml ja pinta-ala 0,0177 m² /5/, joka vastaa kuormituskerrointa 510 m²/m³ ja pysyy muuttumattomana tuotetyypistä riippumatta. Tyypillisesti FLEC-näytteenotossa laitteistoon syötetään ilmaa virtausnopeudella 100–300 ml/min, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 170–510 h⁻¹. Näin ollen FLEC-laitteiston ilmavirta/pinta-alakerroin vaihtelee välillä 0,3–1 m³/m²h. Eurooppalaisessa 30 m³ mallihuoneessa eri materiaalityyppien kuormituskertoimet vaihtelevat välillä 0,007–1 m²/m³ ja ilmavirta/pinta-alakerroimet välillä 0,5–71 m³/m²h ilmanvaihtokertoimen ollessa 0,5 h⁻¹. Tästä johtuen FLEC-tulosten muuntaminen mallihuoneen sisäilmapitoisuudeksi antaa yleensä todellista korkeampia pitoisuuksia johtaen varmallalla puolella olevaan johtopäätökseen.

Pienien vaurioalueiden sekundääriemissioilla ei yleensä ole merkittävää vaikutusta koko tilan sisäilman TVOC-pitoisuuteen. Mitä laajempi vaurioalue on ja mitä korkeampi pitoisuus emittoituu, sitä enemmän sillä voi olla negatiivista vaikutusta koko tilan sisäilman laatuun. Ilmanvaihdolla on oleellinen vaikutus sisäilman TVOC-pitoisuuteen. Pitoisuus alkaa kohota, mikäli ilmanvaihto on pois päältä/toimii puutteellisesti ja pitoisuus kasvaa, kunnes ilmanvaihto käynnistyy/saadaan toimimaan asianmukaisesti. Ilmanvaihdon avulla saatetaan pystyä pitämään sisäilman TVOC-pitoisuus alhaisena.

Mitä tehokkaampi ilmanvaihto on, sitä alhaisempi sisäilman TVOC-pitoisuus saavutetaan, mutta jo reilun ilmanvaihtuvuuden entisestään kasvattaminen ei yleensä enää vaikuta merkittävästi sisäilmapitoisuuksia alentavasti, ks. luku 4.1. Myös ulkovaipan ilmavuotoluvulla on oleellisesti vaikutusta sisäilman TVOC-pitoisuuteen erityisesti silloin, kun ilmanvaihto on pois päältä. Tämä johtuu siitä, että rakenteiden läpi tuleva vuotoilmavirta laimentaa sisäilman TVOC-pitoisuutta.



Kuva 21. Vaihe 3b kaaviona.

4.6 Päätöksenteko (Vaihe 4)

Muovimattopäällysteen korjaustarpeen, korjauksen laadun, laajuuden ja kiireellisyyden arviointi ei aina ole selkeää. Tällöin eri tahojen, kuten sisäilmatuntijoiden, rakennusalan asiantuntijoiden ja terveydenalan ammattilaisten välisen yhteistyön merkitys korostuu. Sisäilmatutkimuksissa ei tule kiinnittää huomiota vain pelkän päällystevaurion arviointiin, vaan aina tulee selvittää myös muut rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät. Jokainen rakennus on tutkittava aina omana kokonaisuutenaan.

Päällystevaurio ei ole sellainen sisäilmaongelma, jonka takia rakennus täytyisi tyhjentää ennen perusteellisten tutkimusten toteuttamista ja huolellisten johtopäätösten tekemistä. Siitä huolimatta työterveyshuollon tulee tapauskohtaisesti arvioida oireilevien yksilöiden mahdollinen uudelleensijoittamistarve, vaikka yleiseen rakennuksen sulkemiseen ei nähdäkään tarvetta. On muistettava, että terveysperusteinen käyttäjäkysely tai terveyshaitan määrittäminen eivät ole sisäilma- tai kuntotutkijan tehtäviä, vaan sen tekee aiheeseen erikoistunut terveydenalan ammattilainen tai terveysviranomainen. Tutkimuksen tekijällä on oltava riittävä tieto kaikista päällystevaurioin arvioinnin osaluista. Lisäksi on huomioitava, että näytteiden ottaminen vaatii aina ammattitaitoa ja erityistä huolellisuutta täsmällisestä ohjeistuksesta huolimatta.

Lattioiden VOC-yhdisteiden emissioiden tulosten tulkinnassa huomioidaan materiaalien primääriemissiot sekä olosuhdevaihtelut mittaushetkellä. Tulosten tulkitsijalla tulee olla hyvät tiedot materiaalien ominaispäästöistä (primääriemissiot) väärin tulkintojen välttämiseksi. Tulosten tulkintaa helpottaa vertailunäytteidenotto vaurioitumattomalta alueelta erityisesti silloin, kun materiaalien primääriemissiot eivät ole tiedossa.

Päällystetyn betonilattian emissioihin vaikuttavat kaikki sen eri komponentit eli runkorakenne, tasoite, liima, lattiapäällyste ja olosuhdevaihtelut. Kenttäolosuhteissa mitataan usein merkittävästi korkeampia VOC-emissioita kuin yksittäisistä materiaaleista laboratorio-olosuhteissa. Lattiapäällysteen asennuksessa käytetyn liiman vaikutus on selvästi nähtävissä niillä PVC-lattiapäällysteillä, jotka ovat VOC-yhdisteitä läpäiseviä. (Järnström H., 2007). Lisäksi tutkittavassa rakenteessa saattaa olla myös muita haittuvia orgaanisia yhdisteitä, kuten öljyhiilivetyjä tai PAH-yhdisteitä esimerkiksi vanhoista rakennusmateriaaleista, vanhasta toiminnasta peräisin tai öljyvahingoista.

Yhteensopimattomien materiaalien emissiot saattavat kohota, vaikka kosteus olisi hyvinkin alhainen. Samoin voi käydä lämpötilojen noustessa esimerkiksi lattialämmityksen takia. Päällystevauriotutkimuksessa tulee siksi keskittyä päällysteen vaurioitumisen arviointiin, eikä pelkästään sisäilman laatuun vaikuttavien kemiallisten emissioiden mittaamiseen.

Kosteus- ja VOC-mittausten perusteella arvioidaan vaurioituminen seuraavin peruskriteerein:

- Rakennekosteus koholla ja VOC-pintaemissiot suuret = on emissioaurio
- VOC-pintaemissiot suuret, mutta betonin kosteus on jo kuivunut = on emissioaurio
- Rakennekosteus koholla, mutta VOC-pintaemissiot alhaiset = ei ole emissioaurio.

Suurten pintaemissioiden tapauksessa tulee pyrkiä selvittämään, onko kyse vauriosta vai suuripäästöisestä pintamateriaalista. Apuna voidaan käyttää Bulk-VOC-tuloksia. Jos korkea kosteus korreloi Bulk-VOC-tulosten kanssa, kyseessä on kosteuden aiheuttama korjaustarve. Jos korkea kosteus ei korreloi Bulk-VOC-tulosten kanssa, materiaalit voivat olla lähtökohtaisesti suuripäästöisiä ja tulee selvittää, voiko olla viite vauriosta vai onko materiaaleille normaalia. Alhaisen kosteuden tapauksessa, arvioidaan, onko kosteus voinut olla liian korkea aiemmin. Jos on, kyseessä on kosteuden aiheuttama korjaustarve. Jos ei, materiaalit ovat suuripäästöisiä ja tulee selvittää voiko olla ongelma ja tuleeko korjata.

Pienten pintaemissioidenkin tapauksessa saattaa kyseessä olla korjaustarve. Korkeiden Bulk-VOC-pitoisuuksien tapauksessa korjaustarvetta puoltavia tekijöitä ovat:

- Rakenne on alle 5 v. vanha, edelleen reilu kosteus, erittäin suuret VOC-pitoisuudet, oireilu viittaa päällyste-emissioihin ja ko. materiaalikombinaatioista kokemusta hyvästä toimivuudesta/ pienistä emissioista.

Vastaavasti ei ainakaan kiireellisiä toimenpiteitä puoltaa:

- Rakenne on yli 5 v. vanha, rakenteen VOC-pitoisuudet/kosteudet ei erityisen suuria eikä selkeitä oireilmoituksia. Tilanne voidaan jättää seurantaan ja voidaan tehdä esim. materiaalien yhdessä toimivuuden laboratoriotestejä.

Myös mikrobivauriomahdollisuus tulee aina arvioida ja tarvittaessa selvittää mikrobinäyttein. Vaurioitumisriskin arvioinnissa on mahdollista käyttää hyväksi pH:n mittauksista tasoitteen pintaosasta mahdollisimman läheltä liimakerroksen alapinta. Mitä alhaisempi pH on, sitä suurempi on mikrobivaurioriski ja sitä pienempi on VOC-vaurioriski, ks. luku 3.4.

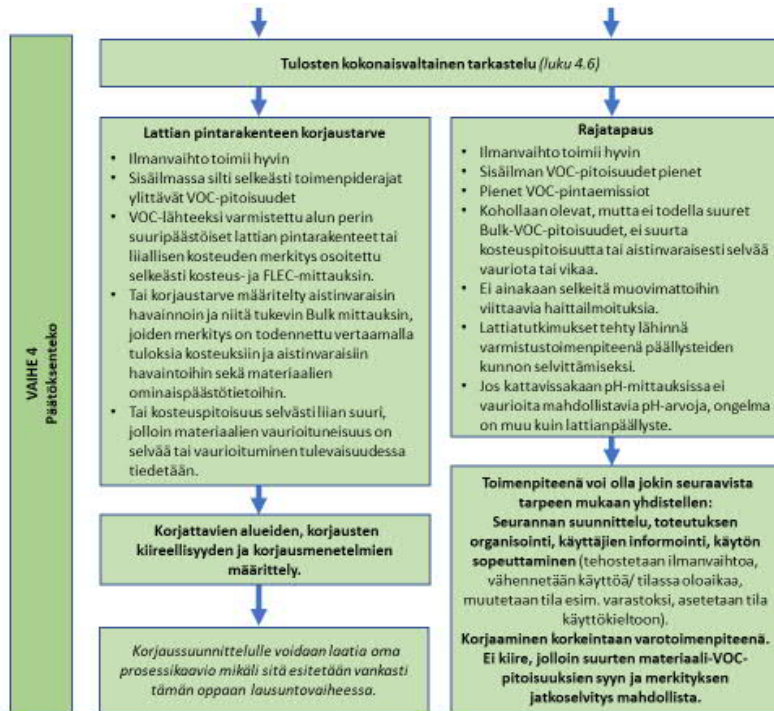
Kosteus- ja VOC-mittaukset tehdään aina otantaperiaatteella ja mittauskohdan edustavuus tulee aina tarkoin arvioida, jotta tiedetään millä alueella mahdollisesti vaurio ja sitä kautta mahdollinen korjaustarve on ja millä ei ole.

Jos kaikki muut asiat ovat kunnossa ja korjattu, mutta ryhmätasolla oireilut jatkuvat edelleen, mallikorjaus on hyvä tapa selvittää lattianpäällysteen sisäilmavaikutusta. Mallikorjauksessa uusitaan lattiapäällyste pienemmässä osassa rakennusta ennen laajoja korjauksia ja arvioidaan uusimisen jälkeen, onko mahdollinen sisäilmahaitta poistunut. Yksittäisen henkilön kokemaan oireiluun voi olla monia syitä ja näiden arviointi kuuluu terveydenhoitohenkilöiden vastuulle.

Mikäli lattiapäällysteiden uusimiseen päädytään, tulee vaurioalue rajata tarkkaan ja korjausmenetelmät valita oikein. Korjaukset on suositeltavaa aloittaa tekemällä korjaukset koehuoneessa, jonka toteutuksen hyväksynnän jälkeen muut vastaavat alueet korjataan vastaavalla tavalla.

Korjaaminen on hyvä aloittaa pahimpien vaurioiden alueelta, jotta korjaustapaa voidaan perustellen keventää vähemmän vaurioituneilla alueilla. Lisäksi korjaustoimenpiteitä mietittäessä tulee aina huomioida vaurion vakavuus (eli onko vain hieman normaalia suuremmat kemialliset päästöt tai materiaalin ikääntymistä vai todella poikkeava tilanne, mm. märkä alusta ja erittäin suuret emissiot yhdistettynä tilassa oleskelevien ihmisten oireiluun), laajuus, alustaan mahdollisesti imeytyneiden VOC-yhdisteiden hallinta sekä kosteuden kuivatustarve.

Selvitysten ja tutkimusten tulosten esittämisessä ei tule korostaa haittaa, vaan keskittyä todettuihin faktoihin. Viestinnässä ei tule dramatisoida, mutta ei myöskään saa puhua yksioikoisesti rauhoittelutarkoituksella, ettei kukaan epäile tulosten vähättelyä. Tulokset tulee aina suhteuttaa kokonaisuuteen ja siihen mitä pidetään hyväksyttävänä. Perusajatuksena on koota kaikki eri tavoin pintarakenteen kuntoisuutta kuvaavat tiedonjyvät mahdollisimman havainnollisesti yhteen ja tehdä asiantuntijan synteesi. Päällysteen aiheuttaman mahdollisen sisäilmahaitan arvioinnista oleellisinta on vaurion todentaminen eikä niinkään mitatut yhdisteet, elleivät yhdisteiden pitoisuudet ole poikkeavan suuria.



Kuva 22. Vaihe 4 kaaviona.

5 Kuntotutkimusmenetelmät

5.1 Ilmanvaihdon toimivuuden selvitys ja paine-erojen mittaus

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistaminen voi olla laajuudeltaan katsastus, tarkastus tai kuntotutkimus. Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien ja laitteiden kuntotutkimusmenettely Suomen LVI-liiton SuLVI ry:n ohjeessa ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus (2016).

Rakennuksen paine-erojen selvittämiseksi on paine-eroja erittäin suositeltavaa mitata jatkuvatoimisin seurantamittauksin riittävän pitkällä mittausjaksolla (vähintään 7...14 vrk). Paine-eron mittaamista on ohjeistettu esim. ilmanvaihtoasetusta täydentävässä julkaisussa: Rakennusten paine-erojen mittausohje, loppuraportti 11.10.2019 (pdf), kommenttiversio.

5.2 Kosteusmittaukset

5.2.1 Pintakosteuskartoitus

Aistinvaraisten tarkastelujen yhteydessä lattiarakenteiden kosteustilaa voidaan kartoittaa pintakosteudenilmaisimilla rakennetta rikkomatta. Ilmaisimien avulla voidaan havainnoida samassa rakenteessa eri alueilla olevia mahdollisia kosteuspitoisuseroja.

Pintakosteusilmaisimet havaitsevat yleensä hyvin muovimaton alapuolisen tilan kosteuden. Koska laitteiden toiminta perustuu sähkönjohtavuuteen, on tuloksia tulkittaessa syytä huomioida, että laitteen näyttämään voivat kosteuden lisäksi vaikuttaa monet muutkin tekijät kuten esimerkiksi muovimaton tai tasoitteen ominaisuudet sekä rakenteen pinnassa mahdollisesti olevat teräkset. Kartoituksessa suositellaan käytettävän ilmaisimia, joiden havainnointisyvyys rajoittuu rakenteen pintaosiin välittömästi muovimaton alle.

Pintakosteusilmaisimien lukema-asteikko on laitetyyppikohtainen. Lukemien merkittävyys voidaan tarkistaa esimerkiksi muovimaton alapuolisella viiltomittauksella (ks. luku 5.2.2). Samalla muovimaton alapuolisesta tilasta voidaan tehdä aistinvaraisia havintoja. Näin toimien pintailmaisimen näyttämät saadaan ikään kuin kalibroitua kohteen materiaaleille ja kosteudelle.

Pintakosteuskartoitusta tehdessä ei yleensä ole tarpeen käydä koko lattiarakennetta systemaattisesti läpi, vaan huomio kannattaa kohdentaa oletettavasti kosteampien ja kuivempien alueiden erojen löytämiseen. Lattiarakenteessa muuta rakennetta kosteampia alueita voivat olla esimerkiksi

- ulkoseinän vierustat
- kantavien väliseinien ja pilarien ympäristöt
- vesikatolle johtavien hormien edustat
- putkitunneleiden ja –kanaalien läheisyydessä olevat alueet
- väistönsuojan yläpuoliset alueet
- työmaa-aikaiset laasti- tai tasoiteaseman kohdat.

5.2.2 Viiltomittaus

Viiltomittauksella voidaan mitata muovimaton alapuolisen tilan kosteutta. Mittaus tehdään asettamalla suhteellista kosteutta (RH%) ja lämpötilaa (°C) mittaava mittapää muovimaton alle mattoon tehdyn viillon kautta (kuva 23).

Viiltomittauksista tehdessä ja tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon erityisesti seuraavat seikat:

- Mittaus on herkkä lämpötilamuutoksille. Mittauksen aikana sisäilman, viillon alapuolisen tilan ja mitta-anturin lämpötilan tulisi olla lähellä toisiaan $\pm 0,5$ asteen tarkkuudella.

- Muovimaton alapuolisen liimatilan kemialliset yhdisteet voivat vaikuttaa mitaustuloksiin, minkä vuoksi mittapäää ei tule pitää mittauskohdassa pitkiä aikoja. Yleensä 15 minuutin mittausajalla saadaan riittävän tarkkoja tuloksia. Mittapää on hyvä tarkistaa ja tarvittaessa kalibroida mittauksen jälkeen.

Viiltomittausten yhteydessä on hyvä aistinvaraisesti tarkastella materiaalien kuntoa ja alustaan kiinnittymistä.

Tarkempia ohjeita viiltomittauksen tekemiseen löytyy RT 103333 ohjekortista.



Kuva 23. Viiltomittaus käynnissä muovimaton alta (RT 103333).

5.2.3 Porareikämittaus

Porareikämittauksella voidaan määrittää betonilattiarakenteessa eri syvyyksillä vallitseva kosteus ja lämpötila sekä kosteuden kulkusuunta. Menetelmällä mitataan rakenteeseen tietylle syvyydelle porattuun reikään tasaantuneen ilmatilan suhteellinen kosteus (RH%) ja lämpötila (°C). Porareikämenetelmää käytetään erityisesti, kun halutaan selvittää mahdollisen kosteusvaurion syytä ja laajuutta tai halutaan tietää, onko jossakin rakennekerroksessa mahdollisesti haitallisen korkea kosteuspitoisuus.

Kosteusmittauspisteet ja -syvyydet valitaan tapauskohtaisesti mittausten tavoitteiden mukaan. Kun mittauksilla pyritään selvittämään betonipintaan asennettujen päällystämateriaalien kosteusrasitusta, mittaus tulee tehdä rakenteen pintaosista. Tällöin voidaan esimerkiksi arvioida, onko materiaali sietokykyään korkeammassa kosteuspitoisuudessa. Kosteusrasituksen alkuperää selvittäessä mittaus tulee tehdä useammalta eri syvyydeltä ja eri rakennekerroksista. Eri syvyyksiltä saatujen mittaustulosten (suhteellisen kosteus, lämpötila) avulla voidaan arvioida kosteuden siirtymissuuntaa.

Porareikämittaus on erittäin herkkä lämpötilamuutoksille, mikä tulee ottaa huomioon mittauksista suunniteltaessa, mittauksen aikana ja mittaustuloksia tulkittaessa. Mittaus tulee pyrkiä tekemään rakenteen normaalissa käyttölämpötilassa.

Tarkempia ohjeita porareikämittauksen tekemiseen löytyy *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* ohjekortista.



Kuva 24. Muovimatolla päällystettyyn betonilattian kosteusjakauman selvittämiseksi lattiarakenteeseen on porattu kolmelle eri syvyydelle reiät, joihin asennettu suhteellisen kosteuden mittapäät tasaantumaan mittauksen ajaksi (YO2016).

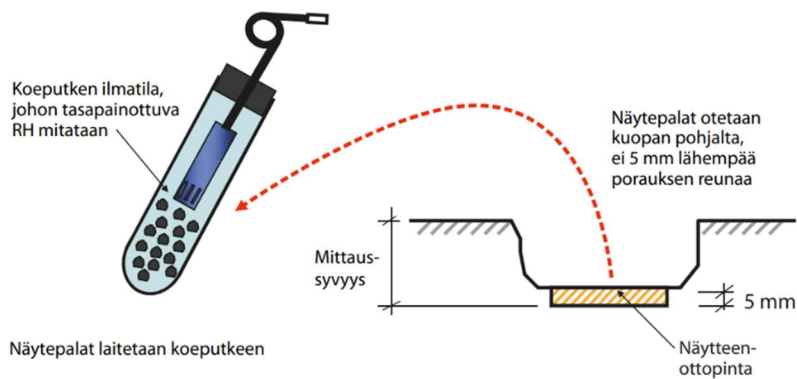
5.2.4 Näytepalamittaus

Muovimaton alapuolisten materiaalien kuten betonin ja tasoitteen suhteellinen kosteus voidaan mitata myös rakenteesta otetusta näytepalasta. Näytepalamittauksia suositellaan erityisesti silloin, kun mittauskohdan lämpötilaolosuhteet ovat epävakaita tai poikkeavat merkittävästi rakenteen normaalista käyttölämpötilasta. Näytepalamittauksista

käytetään myös muovimaton alapuolisen tilan (kiinnitysliimaan vaikuttavan alustan) kosteuden määrittämiseen erityisesti kohteissa, joissa viiltomittaus ei maton ominaisuuksien vuoksi onnistu.

Näytepalamittauksessa rakenteesta tietyltä syvyydeltä otetut materiaalipalat laitetaan yhdessä kosteus- ja lämpötilamittapään kanssa tiiviisti suljettuun koeputkeen. Näytteet tulee ottaa nopeasti heti päällysteen avaamisen jälkeen. Kun tasapainokosteus koeputken ilmatilan ja materiaalipalojen välillä on saavutettu, mitataan koeputken ilmatilan suhteellinen kosteus ja lämpötila (ks. kuva 25).

Näytepalamittauksen etuna porareikämittaukseen verrattuna on sen nopeus ja se, että sitä voidaan käyttää lämpötilaltaan hyvinkin epävakaissa sekä korkeissa tai alhaisissa lämpötiloissa. Mittauksen rajoitteena on sen työläys sekä se, ettei se helposti sovellu syvältä tehtäviin mittauksiin.



Kuva 25. Näytepalamittauksen periaate (RT 103333).

Tarkempia ohjeita näytepalamittauksen tekemiseen löytyy RT 103333 *Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* ohjekortista.

5.3 Sisäilman VOC-mittaus

Sisäilman VOC-näyte voidaan kerätä ilmasta joko aktiivisesti pumpun avulla tai passiivisesti diffuusiokeräimeen (kuva 26). Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaisesti VOC-yhdisteet kerätään pumpun avulla Tenax-TA-adsorbenttiin. Menetelmä

on standardin ISO 16000-6 mukainen. Tälle menetelmälle on saatavilla parhaiten vertailuaineistoja tulkintojen tueksi. Passiivista näytteenottoa käytetään vain poikkeustapauksissa.

Ennen mittausta tilojen tehotuuletusta tulee välttää 12 tuntia. Ilmanvaihdon tulee olla normaalisti toiminnassa ja ilmanvaihtuvuus tulee olla tiedossa. Pintarakennetta ei saa purkaa ennen mittausta tai mittauksen aikana. Suositeltavaa on ottaa rinnakkaiset näytteet ja ns. kenttänä tulosten luotettavuuden parantamiseksi. Kaikki mahdolliset poikkeamat mittausjärjestelyssä pitää huomioida tulosten tulkinnassa.

Näytteenottaja ei saa käyttää hajusteita, syödä purukumia/makeisia, polttaa tupakkaa tai tehdä muuta näytteisiin vaikuttavaa ennen näytteenottoa eikä näytteenoton aikana. Erikoistapauksessa saattaa joskus olla järkevää selvittää myös tuloilman VOC-yhdisteitä, jotta voidaan esim. poissulkea emissiolähde tarkasteltavan tilan ulkopuolella/tuloilmassa.

Keräysnopeus on 50–200 ml/min ja suositeltava kerättävä näytetilavuus on 8–12 l. Jos sisäilmassa tiedetään olevan erittäin korkeita VOC-yhdistepitoisuuksia, on kerättävän näytteen tilavuudesta hyvä sopia analysoivan laboratorion kanssa etukäteen ennen näytteen keräämistä. Näytteet analysoidaan termodesorptio-kaasukromatografimassaspektrometrimenetelmällä. Mittaustulos ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tuloksissa ilmoitetaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) tolueeniekvivalenttina. Standardin ISO 16000-6 mukaan TVOC määritetään n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta, nämä yhdisteet mukaan lukien. TVOC-alueesta tulee mahdollisuuksien mukaan tunnistaa ja kvantitoida vähintään 2/3 sekä määrittää tärkeimmät yhdisteet ko. alueen ulkopuolelta.



Kuva 26. Sisäilman VOC-näytteen keräys pumppuun kytketyllä adsorbenttikeräimellä (YO2016).

5.4 FLEC-menetelmä

Rakenteen pintaemissioiden voidaan mitata kenttäkohteessa ehjän päällysteen päältä FLEC-laitteistolla (Field and Laboratory Emission Cell) ISO 16 000-10 standardin mukaisesti. Standardi määrittelee, että näytteenotossa kammioon johdettavan synteettisen ilman lämpötila tulee olla 23° C ja suhteellinen kosteus 50 %RH. Synteettinen kaasu johdetaan ilmanohjauksikköön, jossa se kostutetaan 50 %RH:iin ennen sen johtamista FLEC-laitteeseen. Kenttämittauksen aikana mittauslämpötila on mitattavassa tilassa vallitseva lämpötila ja sitä säädetään tarpeen ja mahdollisuuden mukaan standardin mukaiseksi. Koska näytteenoton vaatimukset ovat kovat, ISO 16000-10:n mukaista näytteenottoa tehdään harvoin kenttäolosuhteissa.

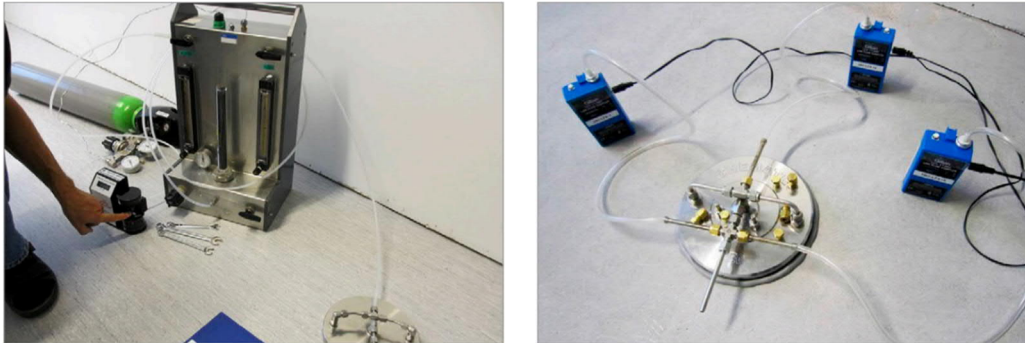
Kenttäolosuhteissa tehdään pääasiassa pintaemissiomittauksia ISO standardista poikkeavalla, kevennetyllä mittausmenetelmällä NT build 484 ohjeen mukaisesti. Ohjeen mukaan adsorbenttiputken läpi suodatettua huoneilmaa johdetaan puhaltavalla pumpulla suoraan FLEC-laitteeseen siinä lämpötilassa ja suhteellisessa kosteudessa, kuin kohteessa mittaushetkellä vallitsee. Kevennetyssä mittaustavassa ilmaa ei kostuteta vakioituihin olosuhteisiin. Näytteenoton aikainen lämpötila on sama kuin tutkittavan tilan sisäilman ja rakenteen pinnan lämpötila.

FLEC-mittaustulos ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu neliömetriltä tutkittavaa pintaa tunnissa). Tuloksissa ilmoitetaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) tolueeniekvivalenttina sekä yksittäisten yhdisteiden emissiopitoisuudet kuten sisäilman VOC-analyyseistä.

Tulosten vertailtavuuden kannalta on tärkeä ilmoittaa, kumman standardin mukaan näytteet on otettu. NT build 484- ohje on asiakasystävällisempi alhaisempien syntyvien näytteenotokustannusten ja helpomman käytettävyyden takia. Kevennetynt NT BUILD-mittausmenetelmän mukaisessa mittauksessa tulosten tulkintaan tuo haasteita sisäilman suhteellisen kosteuspitoisuuden vaihtelut. Tarkkaa vertailuaineistoa ei ole käytettävissä tulosten tulkinnan tueksi, johtuen olosuhdevaihteluista. NT build 484-menetelmä sopii siksi käytettäväksi varsinkin tilanteisiin, joissa vertaillaan kohteessa tehtävin mittauksin eri alueiden emissioiden eroja.

Ennen FLEC-näytteenottoa tehdään aistinvarainen arviointi tilan sisäilmasta. Tutkittavan rakenteen rakennustyyppi ja kosteuspitoisuus selvitetään. Emissiomittaus aloitetaan tyyppillisesti tilasta/kohdasta, jossa oletetaan olevan pienimmät päästöt. Viimeisenä tutkitaan tila/kohta, jossa oletetaan olevan suurimmat päästöt. FLEC-näytteenoton yhteydessä mitataan sisäilman olosuhteet (RH ja T) sekä pintarakenteen lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus kaikissa mittapisteissä. Lisäksi tehdään aistinva-

rainen arviointi tutkitusta materiaalipinnasta. Näytteenottojen jälkeen mitataan päällysteen alapuolinen kosteus ns. viiltomittauksella (ks. luku 5.2.2), minkä jälkeen avataan päällystettä ja arvioidaan myös päällysteen alapinnan ja liimakerroksen kuntoa.



Kuva 27: Lattiapinnan emissiomittaus FLEC-menetelmällä. Vasemmassa kuvassa standardin SFS-EN ISO 16000-10 mukainen menetelmä ja oikeassa kuvassa ohjeen NT BUILD 484 mukainen menetelmä (YO2016).

Jotkut analyseja tekevät laboratoriot ilmoittavat materiaalinäyteanalyysit tehdyiksi FLEC-menetelmällä, vaikka kyseessä on ISO 16 000-9 emissiokammion menetelmän sovellus. Tuloksen tulkinnan kannalta on tärkeää tietää, onko kyse pintaemissiosta vai materiaalinäytteen emissiokammioanalyysistä, jossa materiaalinäytteen molemmat puolet sekä tuoreet leikkauspinnat vaikuttavat kokonaisemission määrään.

5.5 Bulk-materiaalinäytteen mittaus

Materiaaleista voidaan mitata VOC-emissioita kammiomenetelmällä laboratoriossa. Tutkittavasta materiaalista irrotetaan näytepala, joka pakataan tiiviisti alumiinifolioon ja uudelleensuljettavaan pussiin ja toimitetaan mahdollisimman tasalämpöisenä analyysilaboratorioon. Laboratoriossa näytepala hienonnetaan, punnitaan ja emissio määritetään yleensä standardin SFS-EN ISO 16000-9 emissiokammion menetelmän mukaisesti. Laboratoriossa materiaalinäytteiden analysointiin käytetään mm. mikrokammioilaitteistoa (Micro-Chamber/Thermal Extractor, μ -CTE). Tätä näytteenotto- ja analyysimenetelmää kutsutaan Bulk-menetelmäksi. Menetelmä ei sovellu pintaemission mittaamiseen.

Bulk-materiaalinäyte kuvaa tutkittavan rakenteen emissiopotentiaalia. Kohteesta irrotettuun materiaalinäytteeseen voi olla tutkittavan materiaalin lisäksi kiinnittynyt muitakin materiaaleja, kuten liimaa, tasoitetta, pohjustusainetta ja betonia, jotka vaikuttavat emissioihin. Mittauksessa mitään näytepalan pintaa ei peitetä, minkä vuoksi kyseinen analyysi kuvaa kaikilta näytteen pinnoilta vapautuvia yhdisteitä. Näytteeseen tulee myös runsaasti tuoretta leikkauspintaa, joka yleensä emittoi voimakkaasti. Materiaalinäyte ei siis kuvaa materiaalin todellista pintaemissiota huonetilaan.

Bulk-analyysien tulokset ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia kuutiometriin ilmaa) tai $\mu\text{g}/\text{gh}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia tunnissa). Tuloksissa ilmoitetaan kunkin tunnistetun yhdisteen yksittäinen emissio sekä kaikkien analysoitujen VOC-yhdisteiden yhteenlaskettu emissio tolueeniekvivalenttina (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden emissiopitoisuudet, vastaavasti kuin sisäilman VOC-analyyysien osalta.

Bulk-näytteenoton yhteydessä mitataan sisäilman olosuhteet (RH ja T) sekä pintarakenteen lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus kaikissa mittapisteissä. Lisäksi tehdään aistinvarainen arviointi tutkitusta materiaaalipinnasta ja päällysteen irrotuksen jälkeen myös päällysteen alta. Ennen näytteenottoa päällysteen alapuolinen kosteus voidaan mitata viiltomittauksella.



Kuva 28. Bulk-mittauksessa materiaali suljetaan näytteenoton jälkeen tiiviisti alumiinifolioon ja toimitetaan ilman suuria lämpötilavaihteluja (yleensä kylmälaukussa) laboratorioon. Keskellä kuva pilkotusta materiaalista ennen mikrokammioon sulkemista ja oikealla kuva mikrokammioilaitteistosta. (Lähde: Vahasen kuva-arkisto).

Bulk-menetelmällä saatuja tuloksia ei voida vertailla kuin karkeasti suuruusluokaltaan, koska näytteenkäsittely ei ole vakioitua. Samasta syystä ei eri laboratorioiden tuottamia kokonaisemissiotuloksiakaan voida vertailla keskenään. Emissionäytteiden tulos-

ten tulkinta vauriotutkimuksissa edellyttää tarkkoja tietoja rakenteesta, materiaalityypistä, kosteuspitoisuudesta ja iästä. Mittausepäätarkkuus tulee aina huomioida mittaus-tavan valinnassa ja tulosten tarkastelussa. VOC-mittausten näytteenoton ja analyysin virherajat ovat tyypillisesti noin ± 30 % ja kenttämittauksissa mittausvirhe kasvaa vielä tästäkin.

5.6 Muut materiaaliemissionmittausmenetelmät

Kammiomenetelmää hyödynnetään pääasiassa käyttämättömien rakennusmateriaalien päästöluokitustestauksessa (esim. M1-luokitus), mutta sitä voidaan soveltaa myös käytettyjen materiaalien testaamiseen. Koska kammiomenetelmä perustuu eurooppalaiseen mallihuoneeseen (EN 16516) ja standardiin ISO 16000-9. Mallihuoneen olosuhteet ovat vakioituneet (23 ± 1 °C, 50 ± 5 %RH, ilmanvaihto 0,5 h⁻¹). Kammiotestauksen tuloksista voidaan laskea pintaemissionopeuden (mg/m²h tai µg/m²h) lisäksi myös mallihuonepitoisuus (µg/m³). Menetelmällä saadaan vertailukelpoisia tuloksia, joiden avulla voidaan arvioida päästöjen vaikutusta sisäilman laatuun. Kammiotestaus tapahtuu aina laboratorio-olosuhteissa ja näytekappaleiden koko vaihtelee testattavan tuotetyypin ja käytetyn kammion tilavuuden mukaan. Käytettyjen materiaalien tuloksia voidaan tietysti varauksin verrata M-luokituksen raja-arvoihin.

Keräävien menetelmien lisäksi haihtuvia orgaanisia yhdisteitä voidaan mitata myös jatkuvatoimisilla mittalaitteilla. Tällaisten mittalaitteiden käyttö on yleistynyt viimeisen vuosikymmenen aikana sisäilman laadun arvioinnissa, mutta tutkimustietoa niiden luotettavuudesta löytyy vähän. Mittaustekniikka perustuu useimmiten yhdisteiden aiheuttamaan fotoionisaatioon (PID). Laitteiden valmistajilta ja toimittajilta on saatavilla vähän tietoa laitteiden kalibroinnista, herkkyydestä ja valikoivuudesta. Siksi tällä hetkellä ei tarkalleen tiedetä, mitä yhdisteitä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mittaamiseen tarkoitetut jatkuvatoimiset laitteet itse asiassa mittaavat.

PID-mittalaitteen (Photo-Ionic Detector) soveltuvuutta kenttämittauksiin on selvitetty Tampereen yliopiston tutkimushankkeessa vuosina 2018 - 2021. Menetelmässä lattia-päällysteestä leikataan mattopala irti ja kohdan päälle asennetaan teräskupu, jonka reunat asettuvat silikonisen tiivisterenkaan päälle (kuva 29). Mittausjärjestelyn annetaan tasaantua 60 minuuttia ennen mittausta. Teräskuvun tiiviisti tulppattujen reikien kautta imetään ilmanäyte PID-mittalaitteeseen. Menetelmä korreloi melko hyvin aistinvaraisiin arvioihin sekä Bulk-näytteisiin ja tällä hetkellä menetelmä on ns. screenaus, jonka perusteella voidaan kohdistaa tarkempia tutkimusmenetelmiä. PID-mittauksen validointi on kesken.



Kuva 29. Vasemmalla PID-näytteenottokohdan avaaminen ja oikealla mittaus käynnissä (Muovipäälysteisten lattioiden vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta. Tampereen Yliopisto, Rakennustekniikka 2021).

5.7 Betonin ja tasoitteen pH:n mittaus

Betonin ja tasoitteen pH:ta voidaan mitata materiaalinäytteistä ASTM C110- standardia soveltaen. Materiaalista esim. porataan 16 mm poralla jauhemainen näyte. Porauspölyä otetaan $0,5 \pm 0,02$ g ja se sekoitetaan $5 \pm 0,2$ g ionipuhdistettua vettä. Kiintoaineksen laskeuduttua astian pohjalle, veden pH mitataan tarkoitukseen soveltuvalla pH-elektrodilla.

Tampereen yliopiston muovimattotutkimuksessa vuosina 2018 – 2021 kehitetyn pH-mittausmenetelmän suoritusohjeen mukaan tasoitteen pinta puhdistetaan mekaanisesti mahdollisista mattoliiman jäämistä käyttämällä poraukseen mahdollisimman loivaa noin \varnothing 20 mm betoniterää. Porattaessa on varottava poraamasta tasoitteen alapuoliseen rakenteeseen, jotta näytteeseen ei pääse sekoittumaan betonipölyä. Mikäli tarvittavan näytemäärän poraaminen ei onnistu yhdellä porauksella, voidaan suorittaa lisäporauksia ensimmäisen porauskohdan välittömään läheisyyteen. Useista vierekkäisistä porakohdista näytettä kerätessä tulee varmistua, että poraussyvyys on mahdollisimman identtinen eri porakohtien välillä ja porajauhon mukaan ei tule suurempia lohjenneita kappaleita. Mikäli tasoitteen paksuus mahdollistaa, voidaan tasoitteesta ottaa pH-profiili poraamalla näytteitä useista kerroksista. Myös tasoitteen alapuolisesta betonista voidaan ottaa pH-näyte. Mikäli samasta kohtaa otetaan useampia näytteitä, tulee poranterä puhdistaa, jokaisen porauksen välissä. Ennen jokaisen näytteen poraamista, porauskohta puhdistetaan imurilla.

Luotettavan mittaustuloksen saavuttamiseksi mittalaitteet (pH-elektrodit) tulee kalibroida mitattavan alueen kattavilla kalibrintinesteillä aina ennen mittausta, esim. pH 7; 10 ja 12,5 kalibrointiliuoksilla. Näytettä sekoitetaan 5, 10 ja 15 minuutin kohdalla liuoksen valmistamisesta. Viimeisen sekoituksen jälkeen mahdollisesti erottunutta näytettä ei tule sekoittaa ennen mittausta 20 minuutin kohdalla mittalaitteen likaantumisen vähentämiseksi. Mikäli näytteenä käytetään porausjauheen sijasta tasoitekappaleista murennettua/murskattua näytettä, saadaan tulokseksi yleensä 0,2...0,5 pH-yksikköä pienempiä tuloksia.

Näytteenottoon perustuvan pH-mittauksen sijaan voidaan karkeasti arvioida materiaalin pH:ta suoraan rakenteen pinnasta seuraavasti: Pinnalle muotoillaan halkaisijaltaan 15...25 mm kokoinen mittausalue käyttäen neutraalia tiivistyskittiä. Kitin neutraalisuuden voi selvittää liuottamalla kittiä ionipuhdistetussa vedessä ja mittaamalla nesteen pH:n kuten edellä on esitetty tasoiteliuokselle. Mittausalueelle lisätään 300 µl ionipuhdistettua vettä ja mikäli liuos imeytyy tasoitteeseen ennen mittausta, uusi 300 µl annos ionipuhdistettua vettä lisätään mittausalueelle 5 minuuttia ennen mittausta 20 minuuttia 1. veden lisäyksestä. pH määritetään pH-paperilla vertaamalla värin muutosta paperin valmistajan värikarttaan. Määrittämiseen käytetään pH-paperia, jonka tarkkuus on vähintään 0,5 pH-yksikköä. Näin määritetty pH edustaa aivan materiaalin pintaa ja esimerkiksi tasoitteen pH:ksi saadaan näytteenottoon perustuvaan näytteenottopaan nähden yleensä 1...2 pH-yksikköä alempia tuloksia johtuen siitä, että aivan tasoitteen pinta karbonatisoituu paljon nopeammin kuin jo muutaman millimetrin syvyys.

Koska pH-mittaukseen ei ole vakiintuneita mittaustapoja, tulee mittaajan itse selvittää mittauksen tarkkuuteen vaikuttavat tekijät.

5.8 Tutkimusmenetelmien mittausepävarmuus

Korjaustarpeen arvioinnissa käytettävien menetelmien ja laitteiden tulee validoituja eli käyttötärpeeseensä soveltuvia. Niin kosteus- kuin emissiomittauksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon, että kaikkeen mittaamiseen liittyy sekä mittalaitteesta, mittaus-suorituksesta että mittausolosuhteista johtuvaa epävarmuutta.

VOC- näytteiden analysointi tulee tehdä akkreditoitussa analyysilaboratorioita. Eri laboratorioden saamia tuloksia verratessa tulee huomioida, että vain yhdisteen omalla vasteella määritettyjä tuloksia, joiden mittausepävarmuus on tiedossa, voidaan verrata toisiinsa. Tolueeni ja muut VOC-yhdisteet eivät ole vasteeltaan samanlaisia ja

siitä syystä tolueeniekvivalenttina määritetyt tulokset ovat semikvantitatiivisia eli niihin sisältyvää epävarmuutta ei kyetä määrittämään.

Yhdisteen omalla vasteella määritettyä tulosta ei voi verrata tolueenin vasteen avulla määritettyyn tulokseen ja päinvastoin. Mikäli raja-arvo on määritetty yhdisteen omalla vasteella, ei tolueenin avulla määritettyä tulosta voi verrata siihen. Samassa kohteessa tulisi siksi käyttää näytteiden analysoinnissa aina samaa laboratorioita tulosten vertailukelpoisuuden varmistamiseksi, sillä eri laboratorioiden tuloksia ei voida suoraan vertailla keskenään, vaikka analyysit on pyritty tekemään samaa standardia noudattaen.

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 ilmoitetut VOC-yhdisteiden toimenpideraja-arvot on ilmoitettu tolueenivasteella laskettuina (FID). Jos laboratorio on laskenut yhdisteiden pitoisuudet sen omalla vasteella, niin laboratorion tulee muuntaa saadut tulokset tolueenivasteella lasketuiksi. Vasta tällöin näytteiden tuloksia voidaan verrata asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoihin.

Asumisterveysasetus edellyttää tulosten mittausepävarmuustarkastelua. Mittausepävarmuuden laskemiseksi tulee olla tiedossa laboratorion ilmoittama mittausepävarmuus, joka saattaa vaihdella yhdistekohtaisesti. Yhdistekohtainen mittausepävarmuus vaihtelee tyypillisesti välillä $\pm 10 \dots \pm 50$ %. Toimenpideraja ylittyy, kun mittausepävarmuuden alaraja ylittää toimenpiderajan. Mittausepävarmuustarkastelu koskee sisäilman VOC-näytteiden analyysituloksia, sillä vain sisäilman VOC-näytteille on annettu asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat. Yleisesti VOC-mittausten näytteenoton ja analyysin virherajat ovat tyypillisesti noin ± 30 %. Kenttämittauksissa ja materiaalinäytteenottoon perustuvissa analyyseissä mittausvirhe kasvaa vielä tästäkin.

VOC-näytteenotossa on noudatettava menetelmäkohtaisia näytteenotto-ohjeita, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Analyysitulokseen vaikuttavat suuresti näytteen säilytystapa laboratorioon kuljetuksen aikana, säilytysaika, näytteenottotapa ja näytteenottopaikan olosuhteet. Esimerkiksi korkeat lämpötilat ja korkea sisäilman kosteus suurentavat VOC-emissioiden määrää. Mittausten yhteydessä on suositeltava ottaa aina vertailunäyte oletetulta vaurioitumattomalta pinnalta/ tilasta tulosten tulkintaa varten. Samasta kohteesta ja samasta vaurioitumattomasta pintarakenteesta otetut vertailunäytteet ovat yleensä parhaat apuvälineet tulosten tulkintaan, paremmat kuin käytävissä olevat yleiset viitearvot.

6 Päällystevaurion korjaus

6.1 Korjausalueen rajaus

Muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden vaurioit ovat usein paikallisia. Korjausta suunniteltaessa on tärkeää aluksi rajata korjausta vaativat alueet turhien korjausten välttämiseksi. Myös tarvittavien korjausten laatu voi vaihdella eri alueilla. Rajausta tehdessä joudutaan usein puntaroimaan korjauksen hyötyä suhteessa sen aiheuttamiin kustannuksiin ja muihin haittoihin.

Korjausalueen rajausta voidaan tarkentaa tekemällä paikallisia koepurkujua alueille, joiden kosteus- ja emissiomittaustulokset poikkeavat toisistaan.

6.2 Korjausmenetelmän ja korjaustason määrittely eri tilanteissa

Lattiarakenteen korjausmenetelmät valitaan korjaussuunnitteluvaiheessa tapauskohtaisesti kohteesta tehtyjen selvitysten ja tutkimusten sekä korjauksen tavoitetason mukaan. Korjausmenetelmien valintaan vaikuttavat muun muassa rakennetyypit, rakenteiden kosteustekninen toimivuus, mahdollisten vaurioiden laajuus ja laatu, rakenteisiin imeytyneiden emissioiden määrä, tiloihin tulevat uudet lattianpäällysteet sekä korjaushankkeen toiminnalliset ja taloudelliset näkökulmat.

Lähtökohtana muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeelle voi olla esimerkiksi seuraavat:

- Lattianpäällysteet halutaan uusia peruskorjauksessa tai tilojen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä esim. arkkitehtuurin, kulumisen ja uuden käyttötarkoituksen vuoksi. Korjaustarpeen taustalla ei ole kosteus- tai emissiovauriota.
- Lattianpäällyste on irronnut alustasta esimerkiksi mekaanisen kulumisen tai asennustyövirheen vuoksi. vuoksi tai kiinnitys on alun perin ollut huono esimerkiksi työvirheen vuoksi. Korjaustarpeen taustalla ei ole kosteus- tai emissiovauriota.

- Lattian pintarakenteesta aiheutuva hajuhaitta, mutta sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpideraja ei ylity. Päälytemateriaaleihin ei kohdistu eikä ole kohdistunut elinkaaren aikana kosteusrasitusta.
- Lattian pintarakenteen emissiot ovat koholla, mistä aiheutuu sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpiderajan ylitys. Päälytemateriaaleihin ei kohdistu kosteusrasitusta nyt, mutta on kohdistunut aikaisemmin (esim. asennettu liian märälle alustalle tai kastunut vesivahingossa).
- Lattian pintarakenteen emissiot ovat koholla, mistä aiheutuu sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpiderajan ylitys. Päälytemateriaaleihin kohdistuu kosteusrasitusta.

Korjausmenetelmän valintaan vaikuttaa olennaisesti tavoiteltava korjaustaso. Kaikkien lattiapäällystekorjausten tavoitteena on saada tilaan käyttötarkoitukseen sopivat ja kyseisessä rakennetyypissä toimivat lattianpäällysteet. Vauriolähtöisissä korjauksissa tavoitteena on lisäksi saavuttaa vähintään sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpiderajan alitus. Tavoitteeksi voidaan asettaa myös häiritsevän hajun poistuminen ja käyttäjien tyytyväisyys (subjektiivinen kokemus). Tavoitetta asetettaessa on syytä tiedostaa, että korjauksilla ei koskaan saavuteta emissioiden nollatasoa.

Korjausmenetelmän ja korjaustason valintaan vaikuttaa myös korjauksilta tavoiteltava päällysteen käyttöikä. Muovilattianpäällysteiden keskimääräinen tekninen käyttöikäarvio on noin 20...30 vuotta. Todellinen käyttöikä riippuu kuitenkin paljon tilojen käytöstä ja esimerkiksi siitä, kävelläänkö lattioilla ulkokengät jalassa vai sukkasillaan.

6.3 Korjausmenetelmät

Muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden korjausmenetelmät vaihtelevat niin sanotuista kevyistä korjauksista raskaisiin seuraavasti:

Kevyt korjaus: nykyinen pintarakenne jää rakenteeseen

- 1) Ilmanvaihtojärjestelmän korjaukset (ei toimenpiteitä lattianpäällysteelle)

- 2) Nykyisen muovimaton päälle asennetaan uusi lattianpäällyste
- 3) Nykyisen muovimaton päälle asennetaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros

Raskas korjaus: pintarakenne puretaan

- 4) Nykyisen pintarakenteen purku ja korjaus vastaavalla tavalla
- 5) Pintarakenneratkaisun muuttaminen korjauksen yhteydessä.

6.3.1 Kevyt korjaus: nykyinen pintarakenne jää rakenteeseen

6.3.1.1 Ilmanvaihtojärjestelmän korjaukset (ei toimenpiteitä lattianpäällysteille)

Ilmanvaihdon tehostaminen voi olla yksi sisäilman laatua parantava keino, mikäli sisäilma VOC-pitoisuudet ovat liian korkeita. Jos ilmanvaihtojärjestelmä mahdollistaa ilmanvaihtuvuuden lisäämisen normaalia tavoitetasoa suuremmaksi, voidaan toimenpiteellä onnistua pienentämään sisäilman VOC-pitoisuuksia, sillä emissiot rakenteista eivät yleensä kasva samassa suhteessa kuin ilmanvaihtuvuus kasvaa.

Ilmanvaihdon tehostamista voidaan myös käyttää ensiaputoimenpiteenä varmistamaan, että tiloja voidaan turvallisesti käyttää ennen varsinaisia korjauksia.

Ilmamäärien säätö on tehtävä hallitusti niin, ettei tilan alipaineisuuden kasvun myötä sisäilmaan pääse muita epäpuhtauksia esimerkiksi rakenteiden ilmavuotokohtien kautta. Ilmanvaihdon tehostamisessa on myös otettava huomioon energiankulutuksen kasvu.

Ilmanvaihdolle tehtävät toimenpiteet eivät poista varsinaista ongelmaa, mikäli tilan lattianpäällyste on vaurioitunut.

Kaikissa lattianpäällystekorjauksissa tulee aina varmistaa ilmanvaihdon toimivuus korjausten päätteeksi.

6.3.1.2 Nykyisen muovimaton päälle asennetaan uusi lattiapäällyste

Olemassa olevan muovimaton päälle voidaan asentaa uusi päällyste, mikäli rakenne on kuiva, eikä lattiapäällysteessä ole todettu vauriota. Uusien materiaalien ja alkupe-
räisen pintarakenteen yhteensopivuus tulee varmistaa. Mikäli uusi päällyste liimataan
vanhan muovimaton päälle, tulee liiman ja vanhan muovimaton yhteensopivuus var-
mistaa. Yleensä turvallisempi ratkaisu on laittaa vanhan muovimaton päälle alustaan
kiinnittämätön tai tarrakiinnitteinen päällyste. Mitä vanhempi aiempi muovimatto on,
sitä kriittisemmin tulee suhtautua sen jättämiseen uuden päällysteen alle.

Kyseistä korjausvaihtoehtoa harkittaessa tulee huomioida, että ratkaisu kasvattaa
merkittävästi pintarakenteen vesihöyrynvastusta ja siten hidastaa rakenteessa mah-
dollisesti olevan kosteuden poistumista. Korjaus ei saa heikentää rakenteen kosteus-
teknistä toimivuutta.

6.3.1.3 Nykyisen muovimaton päälle asennetaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros

Muovimatolla päällystetyn lattian emissiopäästöjä voidaan pienentää asentamalla
muovimaton pintaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros ja tämän päälle uusi lattian-
päällyste kuten esimerkiksi laminaatti tai parketti. Markkinoilla on ainakin aktiivihiileen
perustuvia tuotteita, joita voidaan käyttää sellaisenaan esimerkiksi laminaatin tai par-
ketin alusmateriaalina, mikäli ei ole erityisiä ääniteknisiä vaatimuksia.

Käytettävän tuotteen absorbointikyvystä tulee olla varmuus valmistajalta saadun tie-
ton tai käyttökokemusten kautta. Ainekerroksen absorbointikyvyn ja alustassa olevien
yhdistemäärien perusteella arvioidaan, miten pitkään rakenteesta vapautuvat yhdis-
teet mahtuvat absorbointikerrokseen. Käytettävästä tuotteesta ja alustan lähtöyhdiste-
pitoisuuksista riippuen menetelmän käyttöikä on muutamasta vuodesta reiluun 10
vuoteen. Käyttöiän päätyttyä absorboiva kerros voidaan uusida tai valita muu korjaus-
menetelmä. Käytettäessä esimerkiksi lukkopontillisia pintarakenteita samat pintara-
kenteet voidaan uudelleen asentaa uuden absorbointikerroksen päälle.

Korjaustapa soveltuu käytettäväksi esimerkiksi käyttöä turvaavana toimenpiteenä tai
tiloissa, joissa lattiapäällysteitä uusitaan tilan käytöstä johtuen tiheästi (vuokratut toi-
mistotilat tai liiketilat, vuokra-asunnot).

VOC-yhdisteitä pidättäviä ainekerroksia käytetään myös vanhan päällysteen poistami-
sen jälkeen työstetyille pinnalle estämään alustaan absorboituneiden VOC-yhdisteiden
haihtumista.

6.3.2 Raskas korjaus: pintarakenne puretaan

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjausta voidaan pitää ns. raskaana korjauksena, kun pintarakenne puretaan. Pintarakenteesta poistetaan muovimatto, mattoliima ja tapauskohtaisesti tasoite sekä alustan betonipintaa. Purkutöiden jälkeen rakennetta tuuletetaan ja/tai kuivatetaan tarvittaessa tai käytetään ns. bake-out- menetelmää jäännösemissoiden poistamiseksi. Lopuksi pintarakenne korjataan joko alkuperäistä vastaavaksi tai siihen tehdään merkittäviä muutoksia.

Alustaan absorboituneet VOC-yhdisteet ja riittävä purkusyvyys

Pintarakennejärjestelmästä (muovimatto ja liima) on voinut siirtyä yhdisteitä alapuoliseen tasoitekerrokseen ja betonipintaan. Mikäli näitä ns. jäännösemissoita havaitaan runsaasti, ohuempien (muutamien millimetrien paksuisten) tasoitekerrosten poistaminen on yleensä perusteltua. Yleensä suurimmat emissiot poistuvat, kun matto, mattoliima ja tasoite puretaan pois.

Betonipinnan tarpeellista purkusyvyyttä arvioitaessa tulee huomioida vaurion laajuus ja kesto, betonin laatu, rakennuksen ikä sekä uuden suunnitellun päällysteen läpäisevyys. Betonipinnan hionta voi joissain tapauksissa olla riittämätön toimenpide, jolloin jäännösemissoiden poistamiseen tarvitaan jrsintää kahteen kertaan (ristiinjrsintä). Betoni absorboi sitä huonommin VOC-yhdisteitä mitä tiiviimpää se on.

Eri yhdisteiden haihtumisnopeus vaihtelee ja on riippuvainen yhdisteiden/yhdisteryhmien kiehumispisteistä. Myös tämä voidaan huomioida hyväksyttävien jäännösemissoiden määrässä suhteessa uuden pintarakenteen VOC-tiivyyteen.

Taulukossa 3 on esimerkki noin 4 vuotta vanhan ongelmaselvityskohteen ontelolaattarakenteen keskimääräisestä 2EH-jakaumasta. Muiden yhdisteiden pitoisuudet olivat merkityksettömiä. Vaikka ilmanvaihto toimi hyvin, olivat sisäilman VOC-pitoisuudet yli toimenpiderajojen. Lattia päätettiin korjata uudella alkuperäistä vastaavalla päällysteellä. Matto ja liima saatiin poistettu (petkeleellä) varsin helposti, jolloin noin 75 % VOC-yhdisteistä poistui (ks. taulukko 3). Kun rakenteesta poistettiin vielä yli 10 mm plaanoa, VOC:ien poistoaste saatiin jo 97 %:iin. Nyt aikaa ei enää tarvinnut käyttää alustaan absorboituneiden VOC:ien haihduttamiseen.

Taulukko 3. Bulk-tekniikalla esimerkkikohteen eri rakennekerroksista määritetyt 2-etyyli-1-heksanolipitoisuuksien (2EH, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) suuruusluokat.

	2EH
matto	200
Liima	1000
0 - 10 mm plaanossa	350
10 - 20 mm plaanossa	40
20 - 30 mm plaanossa	8
ontelolaatan pintaosa	2

Sallittujen jäännösemssioiden (VOC-pitoisuuksien) arvioinnissa tulee huomioida uuden päällysteen tiiviys. Siksi varsin vakiintuneen n. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ käyttö jäävän pinnan korkeimpana sallittuna Bulk-VOC-tuloksena ei aina ole tarkoituksenmukaista. Jos esimerkiksi alusta on edelleen kostea, on yhtenä toimivana korjaustapana muovimaton vaihtaminen keraamiseen laatoitukseen. Tällöin alustaan jäävät VOC-yhdisteet saattavat päästä helpostikin laattasaumoista sisäilmaan ja em. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saattaa olla hyvinkin perusteltu tavoite VOC-pitoisuus ennen uudelleen päällystystä.

Toinen yleensä eksaktimpi tapa on tarkastella alustan jäännös VOC-pitoisuuksia FLEC-mittauksella puretulta ja puhdistetulta pinnalta.

Alustan jäännösemssioiden poistumisen tehostaminen

Yleisenä ohjeena on, että alustaa olisi hyvä tuulettaa 2...3 viikon ajan ennen uusien lattiapäällysteiden asentamista. Tuuletettavaksi jätetään se pinta, josta jälleenrakennus on suunniteltu aloitettavaksi. Tähän pintaan päästään yleensä joko hionnalla tai jyrsinällä. Jäävä pinta tulee aina imuroida mahdollisimman huolellisesti puhtaaksi purkupölyistä.

Betonipinnan ristiinjyrsintä on tehokas tapa tehostaa haihduntaa. Jyrsintä lisää betonin pintaosan haihduttavaa pintaa ja halkeilua. Halkeamien kautta VOC-yhdisteiden matka sisäilmaan lyhenee. Pelkkä hionta saattaa puolestaan tiivistää pintaa, jolloin jäännösemssioiden haihtuminen saattaa olla hidasta.

Tuuletusaikana tilojen ilmanvaihdon tulee olla hyvä, jotta sisäilma pystyy ottamaan vastaan rakenteesta haihtuvat yhdisteet eikä yhdisteet absorboitu muille pinnoille. Muihin pintoihin absorboitumista voi vähentää esimerkiksi suojamuoveilla, jotka ovat yleensä välttämättömiä purkupölyn hallinnassa.

Lämpötilan nosto nopeuttaa haihduntaa. Mikäli lattiarakenteessa on lattialämmitys, kannattaa sitä käyttää haihtumisen tehostamiseksi.

Mikäli betonialustaa ei voida purkaa syvälle ja/tai siinä hyvin syvällä merkittäviä määriä jäännösemissioita, voidaan VOC-yhdisteiden haihtumisen tehostuskeinona käyttää niin sanottua Bake-Out menetelmää. Menetelmässä betonirakennetta kuumennetaan nostamalla betonin lämpötila yli 50 °C:een. Käytännössä tämä tapahtuu yleensä betonin kuivattamiseen tarkoitetuilla ns. levykuivaimilla. Menetelmä on yleensä hyvin kallis suuren kalustotarpeen ja energiankulutuksen takia. Korkea lämpötila voi myös aiheuttaa vaurioita muihin rakenteisiin ja materiaaleihin sekä aiheuttaa hyvin voimakkaan VOC-päästön huoneilmaan, jolloin tuuletus ja muihin pintoihin absorboitumisen välttämisen nousevat entistään tärkeämpään rooliin.

Betonialustan kuivatustarve

Lattiapäällystekorjausten yhteydessä tulee aina arvioida mahdollinen betonialustan kuivatustarve. Mikäli lattiarakenteeseen asennetaan korjauksen yhteydessä alkupeiristä vastaavat päällysteet, tulee alusta kuivattaa päällystemateriaalien edellyttämään kosteustasoon. Riittävä kuivuminen varmistetaan betonin suhteellisen kosteuden mittauksin RT 103333 ohjekortin mukaisesti. Koska rakenteen kosteusjakauma voi poikeata huomattavasti uudisrakennuskohteessa olevien rakenteiden kosteusjakaumista, on mittaukset hyvä tehdä useammalta eri syvyydeltä rakenteen kosteusjakauman määrittämiseksi.

Mikäli rakennetta joudutaan sekä kuivattamaan että tuulettamaan jäännösemissioiden poistamiseksi, kuivuminen on yleensä aikataulullisesti määräävä tekijä. Kuivattaminen on yleensä VOC:ien haihuttamista hitaampaa. VOC-yhdisteet liikkuvat ja siten poistuvat rakenteesta tehokkaammin kosteuden mukana kuin kuivasta rakenteesta. Suuri kuivatustarve ja varsinkin pyrkimys nopeaan korjausaikaan puoltaa korkeiden lämpötilojen käyttöä. Tällöin esimerkiksi tehokkaan levykuivatuksen yhteydessä on myös mahdollista saada alustalle jäännösemissioiden haihtumista tehostava edellä mainittu Bake-Out käsittely.

Jäännösemissioiden kapselointi alustaan

Rakennetta ei aina pystytä kuivattamaan eikä siinä olevia jäännösemissioita tuulettamaan riittävästi ennen uusien päällystein asentamista. Tällainen tilanne tulee tyypillisesti vastaan jatkuvasti käytössä olevissa tiloissa, joissa korjauksen läpimenoaika tulee olla mahdollisimman lyhyt. Tällöin korjausmenetelmänä voidaan käyttää kapselointia.

Kapseloinnissa kaasumaisia epäpuhtauksia päästävä pintarakenne peitetään kauttaaltaan kaasutiiviillä materiaalilla. Tavoitteena on estää tai hidastaa kaasumaisten

yhdisteiden kulkeutuminen rakenteesta sisäilmaan. Yhdisteiden mahdollinen diffusio-
tuminen kapselointikerroksen läpi sisäilmaan tapahtuu yleensä niin hitaasti, että toi-
miva ilmanvaihto pitää jäännösemissioiden pitoisuudet sisäilmassa lähes olematto-
mina.

Kapselointikäsittely tehdään yhtenäisenä kerroksena tarkoitukseen kehitetyillä epok-
sikapselointituotteilla tai vastaavilla tuotteilla materiaalivalmistajan ohjeita noudattaen.
Kapseloitavan pinnan tulee olla luja ja kuiva. Syvemmillä rakenteessa voidaan sallia
hyvinkin korkea kosteuspitoisuus.

Kapselointikerroksen päälle tehdään yleensä tasoitus ennen uuden pintarakenteen
asennusta. Tasoitteen tulee antaa kuivua ennen tiiviin päällysteen asentamista, sillä
pintakerrokset eivät pääse kuivumaan alapäin kapseloinnin läpi. Tasoitteen kuivumi-
nen on erityisen kriittistä, jos uusi päällyste on tiivis ja se kiinnitetään liimaamalla. Mi-
käli päällyste liimataan suoraan kapselointikerroksen päälle, on materiaalien yhteen-
sopivuus varmistettava.

6.3.2.1 Nykyisen pintarakenteen purku ja korjaus vastaavalla tavalla

Jos lattiarakenne todetaan suunnitteluratkaisultaan kosteusteknisesti toimivaksi,
mutta muovimattopäällyste on vaurioitunut rakenteeseen rakennusaikana jääneen lii-
allisen rakennekosteuden vuoksi, korjaus voidaan tehdä alkuperäisellä pintarakenne-
ratkaisulla.

Yksinkertaisimmillaan tämä korjaus on silloin, kun rakenne on jo kuivunut pintaraken-
teen läpi ja rakenteen alapinnan kautta, eikä alustaan ole imeytynyt suuria määriä hai-
tallisia VOC-yhdisteitä. Tällöin korjaaminen voidaan tehdä poistamalla muovimatto ja
mattoliima, korjaamalla mahdollisesti irrotuksessa vaurioitunut tasoite sekä asenta-
malla pintaan alkuperäistä vastaava muovimatto tarkoitukseen soveltuvalla liimalla.

6.3.2.2 Pintarakenneratkaisun muuttaminen korjauksen yhteydessä

Korjauksen yhteydessä pintarakenneratkaisu voidaan myös muuttaa alkuperäisestä
poikkeavaksi. Muovimattoja on korjauksen yhteydessä korvattu esimerkiksi laminaa-
teilla tai vinyylilankuilla. Tällöin on syytä huomioida, että päällysteiden paksumissa
on eroja. Esimerkiksi laminaatti saattaa olla muovimattoa huomattavasti paksumpi,
mikä voi aiheuttaa haasteita mm. väliovien kanssa.

Mikäli alusrakennetta ei saada muovimaton kannalta riittävän kuivaksi tai pysymään
kuivana, korvaavaksi päällysteeksi voidaan valita alkuperäistä muovimattoa paremmin

vesihöyryä läpäisevä ratkaisu. Tällaisia vaihtoehtoja ovat esimerkiksi keraaminen laatoitus tai tekstiilipäälyste ilman tiivistä alusrakennetta. Vaihtoehtona on myös korkeampaa kosteutta kestävien materiaalien käyttö. Esimerkiksi useimmilla massapinnoitteilla saadaan aikaa hyvin muovimaton kaltainen lattiapinta, mutta ne kestävät kosteutta muovimattoa huomattavasti paremmin. Nämä ratkaisut soveltuvat erityisesti kohteisiin, missä lattiarakenteeseen siirtyy kosteutta maaperästä.

Jos alapohjarakenteen pintarakenne vaihdetaan aiempaa tiiviimmäksi, tulee kosteuden haitallinen siirtyminen sivusuunnassa, esimerkiksi seinien alaosiin, estää.

Vaihdettaessa muovimatto esimerkiksi polyuretaanielastomeeriin, tuotteen kriittisin valmistusvaihe siirtyy tehtaasta työmaalle. Onnistuneen lattiapinnoitteen aikaansaaminen edellyttää materiaalivalmistajan ohjeiden tarkkaa noudattamista. Esimerkiksi kaksi-komponenttisen tuotteen epäonnistunut sekoitus työmaalla saattaa tuottaa lopputuloksena hyvinkin suuripäästöisen lattian pintarakenteen.

Materiaalivalintoja tehdessä on myös syytä huomioida, että polyuretaanielastomeerin käyttöikä on tyyppillisesti lyhyempi kuin hyvän homogeenisen muovimaton.

6.4 Korjausmenetelmien riskit

6.4.1 Yleistä korjaustoimenpiteisiin liittyviä riskejä

Lattioiden korjaaminen on usein työlästä, kallista ja riskialtista, minkä vuoksi korjaustoimenpiteisiin ryhtymiselle pitää olla hyvät perusteet ja korjaustyö eri vaiheineen tulee suunnitella huolella.

Muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden korjaamiseen liittyy muun muassa seuraavia haasteita ja riskejä:

- Purkutyö voi vaurioittaa alustaa ja ympäröiviä rakenteita. Alustaan liimattujen muovimattojen poistossa joudutaan usein käyttämään mekaanisia menetelmiä. Tärinä ja iskut voivat aiheuttaa rakenteiden halkeilua ja tiiviiksi tarkoitettujen rakenneliittymien aukeamisia aiheuttaen uudenlaisia sisäilmaongelmia.

Tärinä voi myös aiheuttaa putkirikkoja ja muita vaurioita taloteknisille järjestelmille. Rajut työtavat saattavat myös irrottaa lähellä työaluetta olevia hyväkuntoisia pintarakenteita, kuten esimerkiksi keraamisia laattoja.

- Puhtauden- ja pölynhallinta. Korjaustyön puutteellinen puhtaudenhallinta saattaa johtaa siihen, että purkutyöaikaiset pölyt heikentävät korjauksen jälkeen sisäilman laatua. Pölyn ja epäpuhtauksien hallinta tulee tehdä suunnitelmallisella osastoinnilla ja painesuhteiden hallinnalla. Korjaustyön päätteeksi mahdollinen pöly tulee siivota huolellisesti pois, jottei se myöhemmin aiheuta ärsytysoireita tilan käyttäjille. Tällöin onnistunutkin lattiakorjaus voidaan todeta epäonnistuneeksi. Laajemmissa purkutöissä voidaan joutua käytetään asbestipurkuperiaatteita.
- Haitta tilankäytölle. Lattioiden korjaaminen aiheuttaa lähes aina haitta tilojen käyttäjille, sillä korjattavat alueet tulee aina tyhjentää. Lisäksi korjaustoimenpiteistä syntyy melua sekä haju- ja pölypäästöjä.

Laajempia alueita korjattaessa on hyvä aluksi tehdä mallikorjauksia, joista saatujen kokemusten pohjalta korjaustapaa voidaan edelleen kehittää. Mallikorjauksen jälkeen voidaan esimerkiksi seurata käyttäjäkokemuksia ennen korjausten jatkamista laajemmin. Näin toimien vähennetään korjausten epäonnistumisen riskiä.

Korjaustyö ei aina johda toivottuun lopputulokseen. Epäonnistumista voivat aiheuttaa muun muassa seuraavat seikat:

- Työvirheet. Päällystekorjaus saattaa aiheuttaa myös kokonaan uusia ongelmia. Esimerkiksi kapselointiaineen epäonnistunut sekoitus tai aineen reaktointi alusrakenteen kanssa voi muodostaa uusia haittayhdisteitä. Tällöin sisäilmaontelma saattaa jopa pahentua.
- Yhteensopimattomat materiaaliyhdistelmät. Kun käytetään keskenään yhteensopimattomia tai päästöluokittelemattomia tuotteita, voi tuloksena olla suurempia VOC-päästöjä kuin ennen korjauksia.
- Uuden pintarakenteen primääriemissiot. Joidenkin, tyypillisesti päästöluokittelemattomien tuotteiden ominaisemissiot ja ominaishajut voivat säilyä häiritsevän voimakkaana useita kuukausia tai jopa vuosia. Korjauksissa on yleisesti hyvä muistaa, että uusien materiaalien emissiot ovat lähes aina korkeampia ja hajut voimakkaampia, kuin vanhoissa rakenteissa.

- Tilojen liian nopea käyttöönotto korjausten jälkeen. Uudisrakentamisessa lattiapäällysteiden emissioista merkittävä osa ehtii poistua ennen tilojen käyttöönottoa, mutta lattiakorjausten jälkeen tiloihin tullaan usein heti korjausten valmistuttua, jolloin uusien materiaalien primääriemissiot ovat korkeimmillaan.
- Jäännösemissioiden tarttuminen ympäröiviin pintoihin. Alustaan on saattanut ajan kuluessa imeytyä hyvin suuria VOC-pitoisuuksia, jotka ovat pääosin pysyneet lattiapäällysteen alla aina korjaushetkeen asti. Purkutyön yhteydessä näitä yhdisteitä vapautuu korjausalueelle absorboituen mahdollisesti muihin pintoihin. Korjausten jälkeen muilta pinnoilta huoneilmaan emittoituvat yhdisteet voivat joiinkin aikaa heikentää sisäilman laatua jopa enemmän kuin ennen korjausta.
- Alustan jäännösemissiot. Alustaan jääneet jäännösemissiot voivat heikentää sisäilman laatua silloin, kun uusi pintarakenne on hyvin läpäisevä. Mikäli uusi pintarakenne on tiivis tai jäännösemissiot on kapseloitu alustaan, niistä ei aiheudu ongelmia. Jos halutaan käyttää läpäisevää pintarakennetta, tulee jäännösemissiot poistaa alustasta perusteellisemmin purkamalla, tuulettamalla ja lämmittämällä. Jäännösemissioiden poistamisessa tuulettamalla ja alustaa lämmittämällä tulee varautua siihen, että riittävä tuuletusaika voi vaihdella muutamasta viikosta useisiin kuukausiin. Siten tuuletusjaksosta voi muodostua työmaata tahdistava ja eniten aikatauluihin sekä kustannuksiin vaikuttava tekijä.
- Vesivahinko jo korjatulla alueella. Mikäli alustaan on jäänyt jäännösemissioita, ne voivat reagoida uutta pintarakennetta voimakkaammin poikkeavaan kosteuteen ja emissiotasot voivat nousta korkeiksi.

Vaikka korjaus olisi teknisesti onnistunut, kohteen käyttäjät voivat edelleen osoittaa tyytymättömyyttä. Syynä tyytymättömyyteen on usein luottamuksen puute. Käyttäjät eivät esimerkiksi luota osakorjausten onnistumiseen, vaan ovat tyyväisiä vasta kun kaikki alueet on korjattu. Luottamusta voidaan vahvistaa hyvällä viestinnällä kertomalla avoimesti, mihin korjaustavan valinta perustuu. Lisäksi on tärkeää kertoa uusien materiaalien ominaishajuista, jotka aistitaan juuri korjatuissa tiloissa yleensä voimakkaana. Käyttäjien tulee ymmärtää, että korjauksilla ei tavoitella emissioiden nollatasoa, vaan rakennettuun ympäristöön kuuluu erilaisia emissioita ja hajuja, ja että kaikki eivät välttämättä heti koe tilannetta täydelliseksi.

6.4.2 Alikorjaus

Korjaus saattaa epäonnistua, jos korjauksia ei kohdisteta riittävän laajalle alueelle ja jonnekin jää korjauksen jälkeenkin edelleen tilan kokoon ja ilmanvaihtuvuuteen nähdessä liian suuriemissioisia lattiapintoja.

Yhtä lailla korjaus saattaa epäonnistua, jos vaurioituneita materiaaleja ei poisteta riittävän huolellisesti ja/tai syvältä. Tällöin alusrakenteeseen jää oletettua suurempia jäännösemissioita, jotka voivat esimerkiksi kulkeutua sisäilmaan läpäisevien pintarakenteiden kautta.

Alustaan jääneiden VOC-yhdisteiden pääsy liiallisella emissionopeudella huoneilmaan uuden pintarakenteen alta sivuteitse voi tapahtua alustaan kiinnittämättömillä korjausratkaisuilla. Alustaan kiinnittämättömän pintarakenteen päällä käveltäessä lattiapäällysteen ja/tai päällysteen alusmateriaalin alla oleva ilma ja siihen mahdollisesti kerääntyneitä VOC-yhdisteitä ikään kuin pumpataan huoneilmaan.

Mikäli alustan korjausratkaisun edellyttämää alustan kuivuustasoa ei saavuteta ja uudet pintarakenteet asennetaan liian kostealle, voidaan aiheuttaa uudelleen sama ongelma kuin mitä oltiin korjaamassa.

Virheelliset johtopäätökset mittaustuloksista voivat johtaa alikorjaamiseen. Esimerkiksi tutkimushetkellä vallitsevista emissiomääristä tehdään johtopäätös, että jokin alue ei vaadi korjausta, vaikka emissioaurio jatkuukin korjausta vaativaksi.

6.4.3 Ylikorjaus

Ylikorjauksessa valittu korjausmenetelmä on tyypillisesti liian raskas aiheuttaen turhaa ja pitkittyvää haittaa käytölle, turhia kustannuksia sekä tarpeetonta jätettä ja energiahukkaa. Ylikorjausta on myös kaikkien tilojen korjaus silloin, kun korjausten kohdistaminen yksittäisiin tiloihin olisi ollut riittävä toimenpide.

Tyypillisin ylikorjauksen muoto on hyväkuntoisten lattioiden korjaaminen. Toiseksi yleisin on liian raskas korjaustapa, jolloin esimerkiksi vanhaa rakennetta poistetaan tarpeettoman syväälle ja lisäksi kapseloidaan, vaikka alustassa ei perusteellisen jyrsinän ansiosta enää juuri ole jäännösemissioita. Ääritapauksessa yksistään ilmanvaihdon korjaustoimilla olisi saatu ongelma poistettua.

6.5 Korjaussuunnitelmien laatiminen

Korjaussuunnittelun vaativuus riippuu lähtötilanteesta ja voi vaihdella tavanomaisesta poikkeuksellisen vaativaan. Usein korjaussuunnitelmien laatiminen on erikoistunutta asiantuntijatyötä, jota tekevät kosteus- ja mikrobivaurioihin tai rakennusfysiikkaan erikoistuneet korjaussuunnittelutoimistot. Korjaussuunnittelija voi osoittaa pätevyyteensä erillisellä referenssiluettelolla tai erillisellä kosteusvaurion korjaussuunnittelun tai rakennusfysiikan suunnittelupätevyydellä, (FISE).

Mikäli kohteelle toteutetaan myös laajempia ilmanvaihtojärjestelmän toimenpiteitä, on hankkeeseen sitoutettava myös erillinen ilmanvaihdon suunnittelija.

Korjaukselle on paremmat edellytykset onnistua silloin, kun kohteen erikoissuunnittelija laatii kohdekohtaisesti seuraavat asiakirjat:

- korjaustyöohje tai korjaustyöselostus, jossa esitetty käytettävien materiaalien ja korjaustöiden lisäksi myös laadunvarmistustoimenpiteet, kuten mallityöt, työvaihekatselmukset ja mittaukset sekä mittauksen tavoitetasot. Suunnitelmassa esitettäviä tavoitearvoja ovat esimerkiksi alustan päällystämisen raja-arvot sekä alustan sallittu jäännösemissioiden taso ja mittausmenetelmä sekä korjauksen tavoiteltu käyttöikä. Tarvittaessa laaditaan erillinen laadunvarmistus- ja seurantasuunnitelma, jossa edellä mainitut laadunvarmistusseikat on esitetty. Korjaussuunnitelmat koostuvat seuraavista asiakirjoista:
 - Tasopiirustus, jossa esitetään periaatteet korjaustyön laajuudesta
 - Tarvittavat leikkaukset, tyypillisesti mittakaava on 1:10 tai 1:20
 - Mahdollisesti tarvittavat yksityiskohtaiset piirustukset esimerkiksi liittymäpinnoista, tyypillisesti mittakaava on 1:2 tai 1:5.
 - Huomioidaan ilmanvaihtojärjestelmän toimenpiteet yhteistyössä kohteeseen nimetyin ilmanvaihdon korjaussuunnittelijan kanssa.

6.6 Korjauksen toimivuuden seuranta

Rakennushankkeissa korjausten onnistuminen varmistetaan urakan takuuajana. Seurantamittauksia tehdään tyypillisesti ennen kaksivuotistakuutarkastusta, jolloin mahdollisesti havaitut puutteet voidaan nostaa esille takuutarkastuksessa. Takuuajan jälkeen tehtävän seurannan tarve riippuu rakennushankkeen luonteesta, tehdyistä korjaustoimenpiteistä ja kahden ensimmäisen käyttövuoden aikana tehdyistä havainnoista sekä seurantamittauksissa saaduista tuloksista.

6.6.1 Seurantasuunnitelma osaksi korjausuunnittelua

Varsinkin sisäilmaongelmalähtöisissä korjauksissa luottamusta käyttäjien suuntaan on mahdollista rakentaa kertomalla, että korjausten onnistumista tullaan seuraamaan etukäteen laaditun seurantasuunnitelman mukaisesti. Seurantasuunnitelma tulee laatia jo korjausten suunnitteluvaiheessa. Yleensä laadittava dokumentti on laadunvarmistus- ja seurantasuunnitelma, johon on koottu myös työmaa-aikaiset laadunvarmistustoimenpiteet. Suunnitelmaa voidaan tarkentaa korjausten aikana tehtyjen havaintojen perusteella. Usein vasta seurannalla saadaan lopullinen tieto korjausten onnistumisesta.

Seurannassa on käytettävissä seuraavissa kappaleissa esiteltyjä keinoja. Keinot valitaan aina tapauskohtaisesti ja erinäisten mittausten, tarkastusten ja kyselyiden ajoitukset ovat tyypillisesti esimerkiksi 0,5 vuotta, 1 vuosi ja 2 vuotta korjausten valmistumisesta. Pidemmät seurannat kannattaa yleensä ehdollistaa siten, että 1 tai 2 vuoden jälkeen seurannan yksityiskohtia ja ylipäätään jatkamista tulee arvioida alkuvaiheen tulosten perusteella.

Seuranta on hyvä liittää osaksi kiinteistökannan hallintaa, johon liittyy eri ikäisten lattiarakenteiden kunnan seuranta ja uusimisten ajoitus mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Tyypillisin lattiapäällysteen uusimisperuste on päällysteen ikääntyminen tai tilan käyttötarkoituksen muutos, joka edellyttää pintarakenteen vaihtamista toislaiseksi. Korjattujen tilojen seuraamisen sisällyttäminen muuhun kiinteistökannan hallintaan varmistaa sen, että suunnitellut seurantatoimenpiteet muistetaan tehdä oikea-aikaisesti.

6.6.2 Käyttäjäkyselyt

Käyttäjiltä saadaan yleensä ainakin jotain palautetta kysymättäkin, mikäli käyttäjät ovat selvästi tyytymättömiä esimerkiksi siksi, että oireilu jatkuu ja/tai tiloissa selvästi aistittavia lattiapäällystyperäisiä hajuja korjausten jälkeenkin. Yksittäiset palautteet saattavat kuitenkin olla jopa harhaanjohtavia, sillä yksittäisen ihmisen kokemus sisäilman laadusta on subjektiivinen.

Luotettavampi käsitys käyttäjätyytyväisyydestä saadaan tekemällä virallisia käyttäjä- tai oirekyselyitä niin, että mahdollisimman suuri osa käyttäjistä kannustetaan vastaamaan. Kysely voi olla terveysviranomaisen tai terveydenhuollon ammattilaisen laatima ja tulkitsema. Paras tarkkuus ja tulosten hyödynnettävyys saadaan silloin, kun sama taho tekee saman kyselyn ennen ja jälkeen korjausten ja vastausprosentti on vähintään 50 %.

Joskus voi riittää esimerkiksi kiinteistön omistajan yleinen käyttäjätyytyväisyyskyselykin, jossa muiden asioiden lisäksi kysytään muutamalla kysymyksellä, miten tehty lattiakorjaus on vastaajan mielestä toiminut.

6.6.3 Aistinvaraiset tarkastelut

Kyselyllä saatavan käyttäjäkokemustiedon tueksi on yleensä hyvä tehdä aistinvaraisia tarkasteluja tiloissa esimerkiksi yksi- ja kaksivuotistakuutarkastuksen yhteydessä tai erillisellä katselmuskäynnillä. Taustatiedoksi tarvitaan aina ilmanvaihdon toimivuustiedot.

6.6.4 Rakennekosteusseuranta

Mikäli rakenteita ei ole korjausten yhteydessä saatu kauttaaltaan riittävän kuiviksi ja pintarakenteet on tietoisesti laitettu riskikostealle alustalle, kosteusjakauman kehittymistä päällysteen alla on syytä seurata. Oleellista on seurata kosteusatilannetta heti pintarakenteen alla. Syvemmältä tehtävillä seurantamittauksilla voidaan puolestaan arvioida päällysteen alapinnan kosteuspitoisuuden kehitystä tulevaisuudessa. Mittauskohtien kohdistuksessa tulee lähtökohtaisesti keskittyä alueille/kohtiin, joissa uuden päällysteen alle jäi korkein kosteus. Seurantamittauksia verrataan pintarakenteen

kosteudensietokykyyn. Kun kosteus pysyy riittävän alhaisena, voidaan korjauksen toteutuksen onnistuneen.

Ohjeita seurantamittausten tekemiseen niin kertaluonteisilla pintarakennetta paikallisesti rikkovilla menetelmällä kuin jatkuvatoimisilla mittaustavoilla on annettu ohjekortissa RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittausta.

6.6.5 Sisäilmanäytteen VOC-analyysi

Seurantasuunnitelman mukaisesti sisäilman VOC-pitoisuus voidaan mitata määräajoin. Mittaukset voidaan tehdä pistokoeotannalla. Mitattavien tilojen määrän ei yleensä tarvitse olla kovin suuri, kun tilojen valinnassa hyödynnetään kaikki korjausta edeltävä ja korjauksen aikainen tieto. Uusien materiaalien primääripäästöjen vuoksi sisäilman VOC-mittaus on yleensä järkevä tehdä aikaisintaan puoli vuotta korjauksen valmistumisen jälkeen.

6.6.6 FLEC-mittaus mikäli sisäilmamittauksen tuloksissa viitteitä VOC-tuoton kasvusta

Ehjän lattianpäällysteen pintatuoton määrittäminen FLEC-tekniikalla tehdään, mikäli sisäilmapitoisuuksissa havaintaan merkityksellistä nousua. Mikäli uusi päällyste ei toimi halutusti ja alkaa jollakin tavalla vaurioitua, tämä ei yleensä näy emissiomittauksissa ainakaan alle vuodessa päällysteasennuksesta.

Mikäli epäillään uuden pintarakenteen liian suurien ominaisemissioita esimerkiksi valmistusvirheen tai materiaalien yhteensopimattomuuden takia, voidaan FLEC-mittaus tehdä aiemmin. Mikäli FLEC-mittaustulokset viittaavat poikkeamaan, voi ongelman esiintymislaajuutta arvioida helpommin ja nopeammin tehtävillä bulk-materiaalinäytteillä.

6.6.7 Ilmanvaihdon toimivuuden seuranta

Ilmanvaihdon toimivuutta ja painesuhteiden pysyvyyttä seurataan tyypillisesti jatkuva-kestoisella olosuhdeseurannalla, jota voidaan tehdä joko talotekniikkaan liitetyillä antureilla tai erillisillä mittalaitteilla. Tuloksia verrataan rakennusautomaatiosta mahdollisesti saataviin lämpötila-, kosteus- ja paine-suhdetietoihin sekä ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoihin. Seuranta tehdään tyypillisesti ensimmäisen käyttövuoden aikana, jolloin painesuhteiden seuranta tehdään useita kertoja esimerkiksi sekä lämmityskaudella että kesällä.

Liitteet

Päivitetään lopuksi.

Lähteet

Päivitetään loppuksi.



VALTIONEUVOSTO
STATSRÅDET

Valtioneuvoston kanslia

Statsrådets kansli

Opetus- ja kulttuuriministeriö

Undervisnings- och kulturministeriet

Sosiaali- ja terveysministeriö

Social- och hälsovårdsministeriet

Ympäristöministeriö

Miljöministeriet

