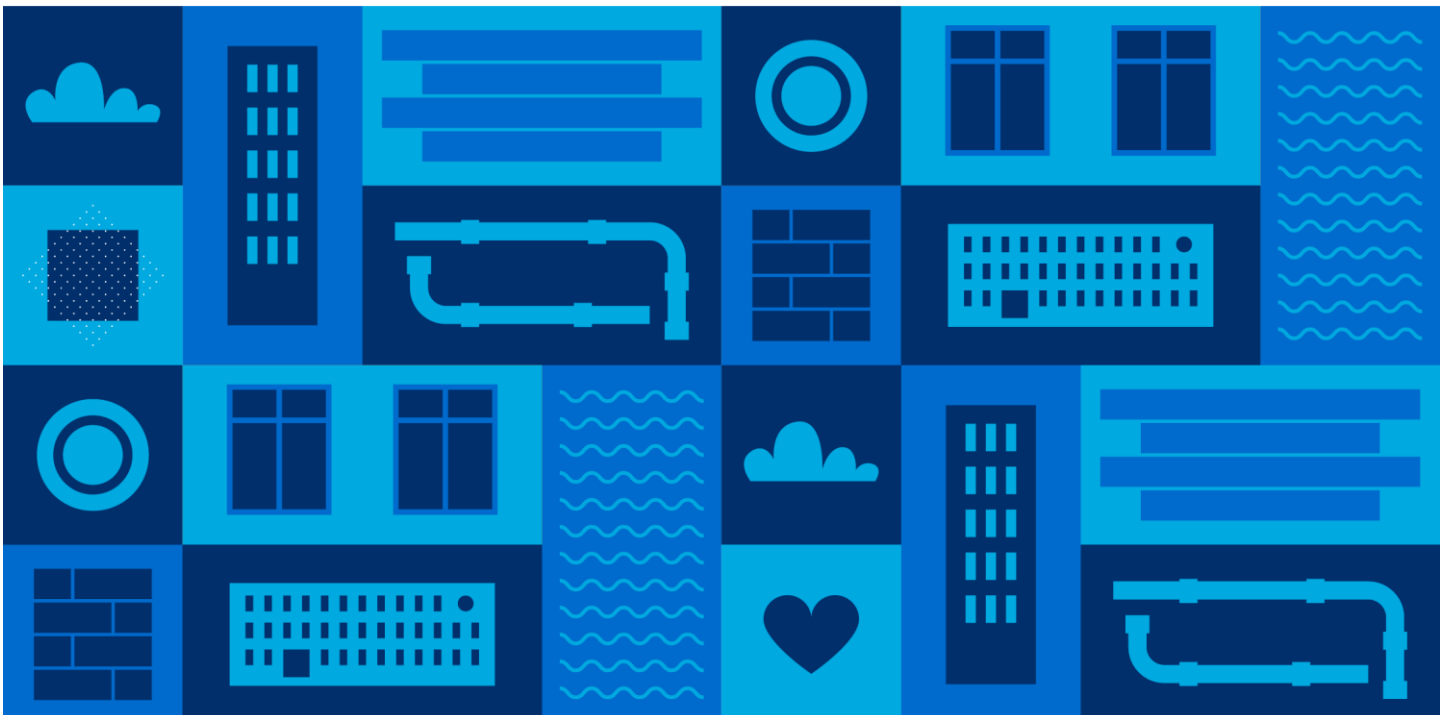




**TERVEET
TILAT** 2028

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

ESIPUHE

Muovimatolla päällystetyt betonilattiat – vauriot, korjaustarpeen arviointi ja korjaus - ohjeistuksen tarkoituksena on ohjata toimintaa tilanteissa, joissa muovimatolla päällystettyä betonilattiaa epäillään rakennuksen sisäilmaongelman lähteeksi. Opas sisältää systemaattisesti etenevän prosessin korjaustarpeen arvioimiseksi ja antaa käytännön ohjeita prosessin eri vaiheisiin. Opasta voidaan hyödyntää myös betonilattian päällystämiseen liittyvässä riskienhallintatyössä sekä uudis- että korjausrakentamisessa.

Opas on suunnattu erityisesti rakennusten kuntotutkijoille, korjaussuunnittelijoille ja tilaajille, mutta se soveltuu hyvin myös materiaalivalmistajille sekä muille tahoille, jotka ovat tekemisissä muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden kanssa. Opas sisältää sekä aihepiiriin liittyvää yleistä tietoa, että vaativammissa tapauksissa hyödynnettävää yksityiskohtaisempaa tietoa. Oppaan ensimmäinen luku on johdanto aihepiiriin. Toinen luku sisältää yleistietoa betonilattioiden päällystämisestä muovimatoilla sekä pintarakenteessa käytettävistä materiaaleista. Kolmannessa luvussa käsitellään muovimattopäällysteiden vaurioilmiöitä. Varsinainen korjaustarpeen arviointiprosessi on esitetty luvussa 4. Luvussa 5 käydään läpi kuntotutkimusmenetelmiä ja luvussa 6 erilaisia korjaustapoja.

Oppaassa käsitellään alustaan liimattuja muovimattoja, mutta sitä voidaan soveltaa myös muihin alustaan liimattaviin lattiapäällysteisiin kuten esimerkiksi linoleum- ja tekstiilipäällysteisiin sekä kvartsivinyylilattoihin. Opasta on laadittu samanaikaisesti Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisun *by 76 Betolattiarakenteiden kosteudenhallinta* kanssa, joka julkaistaan myöhemmin (tavoite vuonna 2023). Lähtökohtana on ollut, että nämä julkaisut täydentävät toisiaan.

Oppaan laadintaa on ohjannut ohjausryhmä: Timo Lahti, pj (ympäristöministeriö), Vesa Pekkola (sosiaali- ja terveysministeriö), Katja Outinen (valtioneuvoston kanslia) sekä Mirva Vuori (Suomen Betoniyhdistys ry).

Käsikirjoituksesta ovat vastanneet Tarja Merikallio Vison Oy:stä sekä Sami Niemi Vahanen Rakennusfysiikka Oy:stä.

Lisäksi kirjoitustyöhön on osallistunut Katariina Laine, Jarno Komulainen, Oskari Talvitie, Toni Lammi, Miia Pitkäranta, Terhi Markkula ja Aarno Glad Vahanen Rakennusfysiikka Oy:stä sekä Vesa Pekkola sosiaali- ja terveysministeriöstä (luku 3.5.2).

Oppaan sisällön tuottamisen tueksi kirjoittajat ovat haastatelleet alan asiantuntijoita ja aiheesta on järjestetty asiantuntijatyöpajoja. Lisäksi julkaisun käsikirjoitus on ollut asiantuntijoille kohdennetulla lausuntokierroksella, josta korjausehdotuksia ja kommentteja saatiin yhteensä 17 eri taholta. Ohjausryhmä ja käsikirjoittajat kiittävät kaikkia lausunnonantajia.

Hankeryhmän puolesta,

Helsingissä, syyskuussa 2022

Sami Niemi ja Tarja Merikallio.

Sisältö

1	Johdanto	8
2	Muovimatolla päällystetty betonilattia	10
2.1	Betonilattian päällystäminen muovimatolla	10
2.2	Betonilattian kosteus ennen ja jälkeen päällystämisen	11
2.3	Lattiatasotteet.....	13
2.4	Alustaan liimattavat muovimatot ja mattoliimat	15
2.4.1	Muovimattotyypit.....	15
2.4.2	Muovimaton pehmittimet	16
2.4.3	Muovimattojen vesihöyrynläpäisevyys	17
2.4.4	Mattoliimat	18
3	Muovimattopäällysteen vaurioilmiöt betonilattioissa	21
3.1	Materiaaliemissiot.....	21
3.2	Alkalinen hydrolyysi.....	23
3.3	Mikrobivauriot muovimattopäällysteissä.....	26
3.4	Muovimattojen mekaaniset vauriot.....	27
3.5	VOC-yhdisteet ja niiden vaikutus sisäilmastoon.....	28
3.5.1	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet	28
3.5.2	Terveysvaikutukset ja vaikutus sisäilmastoon	30
4	Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointi	32
4.1	Perusolosuhteiden varmistaminen (Esiselvitysvaihe 0)	35
4.2	Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimusten suunnittelu (Vaihe 1)	38
4.2.1	Lähtötietojen selvittäminen	40
4.2.2	Katselmuskäynti tutkimuskohteessa ja tutkimustarpeen arviointi	40
4.2.3	Esiselvitysten tulkinta ja tutkimussuunnitelman laadinta vaiheeseen 2	41
4.3	Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset (Vaihe 2).....	42
4.3.1	Rakenne- ja materiaalitietojen tarkentaminen	44
4.3.2	Kosteusmittaukset	44
4.3.3	Mattoliiman alapuolinen pH	46

4.3.4	Muu havainnointi	46
4.3.5	Tulosten tarkastelu ja kokonaisarvio	49
4.4	Sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe 3a)	50
4.4.1	Sisäilman VOC-näytteenotto	52
4.4.2	Sisäilman VOC-näytteiden ohje-, raja- ja viitearvot	53
4.4.3	Sisäilman VOC-mittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen	54
4.5	Päällystemateriaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC-pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe 3b)	56
4.5.1	VOC-näytteenotto muovimatton pinnalta ja materiaaleista irrotetuista näytteistä	58
4.5.2	Materiaalinäytteiden emissioiden ohje- ja viitearvot	59
4.5.3	Materiaalinäytteiden emissiomittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen	61
4.5.4	Ilmanvaihdon ja talotekniikan vaikutus kokonaisuuteen	62
4.6	Päätöksenteko (Vaihe 4)	63
5	Kuntotutkimusmenetelmät	67
5.1	Ilmanvaihdon toimivuuden selvitys ja paine-erojen mittaus	67
5.2	Kosteusmittaukset	68
5.2.1	Pintakosteuskartoitus	68
5.2.2	Viiltomittaus	69
5.2.3	Porareikämittaus	70
5.2.4	Näytepalamittaus	71
5.3	Sisäilman VOC-mittaus	72
5.4	FLEC-menetelmä	74
5.5	Bulk-materiaalinäytteen mittaus	75
5.6	Muut materiaaliemissiomittausmenetelmät	77
5.7	Betonin ja tasoitteen pH:n mittaus	78
5.8	Tutkimusmenetelmien mittausepävarmuus	81
6	Päällystevaurion korjaus	83
6.1	Korjausalueen rajaaminen	83
6.2	Korjausmenetelmän ja korjaustason määrittely eri tilanteissa	83
6.3	Korjausmenetelmät	85
6.3.1	Kevyt korjaus: nykyinen pintarakenteeseen jää rakenteeseen	85

6.3.1.1	Nykyisen muovimaton päälle asennetaan uusi lattiapäällyste	85
6.3.1.2	Nykyisen muovimaton päälle asennetaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros.....	86
6.3.2	Raskas korjaus: pintarakenne puretaan	87
6.3.2.1	Nykyisen pintarakenteen purku ja korjaus alkuperäistä vastaavaksi	90
6.3.2.2	Pintarakenneratkaisun muuttaminen korjauksen yhteydessä	90
6.4	Korjausmenetelmien riskit	91
6.4.1	Korjaustoimenpiteisiin liittyviä riskejä	91
6.4.2	Alikorjaus.....	93
6.4.3	Ylikorjaus.....	94
6.5	Korjaussuunnitelmien laatiminen.....	94
6.6	Korjauksen toimivuuden seuranta	96

Liite: Määritelmät ja käsitteet	98
--	-----------

Lähteet	102
----------------------	------------

1 Johdanto

Rakennusten sisäilmaselvitysten yhteydessä tulee usein vastaan tilanne, jossa uudessa rakennuksessa pian käyttöönoton jälkeen osalla tilojen käyttäjistä on alkanut esiintyä sisäilmaongelmaan viittaavaa oireilua. On varsin tavanomaista, että jo ennen tarkempia selvityksiä syyksi epäillään rakennusvaiheessa liian kostean betonin päälle asennettuja lattiapäällysteitä, erityisesti alustaan liimattavia muovimattoja, vaikka pääasiallinen 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 ominaispäästöt eli primääriemissiot, jotka ovat yleensä suurimmillaan pian maton asentamisen jälkeen pienentyen ajan kuluessa. Myös eri materiaaleja, kuten muovimattoja, mattoliimoja ja tasoitteita, yhteen liitettäessä muodostuu uusia yhdisteitä, joita voidaan pitää normaaleina eivätkä ne siten viittaa esimerkiksi päällystevaurioon. Lisäksi tiedetään, että betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa muovimatoissa ja niiden kiinnittämiin käytävissä liimoissa kemiallista hajoamista. Tämän kemiallisen hajoamisen seurauksena materiaaleista voi haihtua tyypillisiä primääriemissioita suurempia pitoisuuksia tai niistä poikkeavia yhdisteitä eli niin kutsuttuja sekundääriemissioita. Sekä primääri- että sekundääriemissioiden seurauksena joidenkin kemiallisten yhdisteiden määrä sisäilmassa voi nousta oireilua ja jopa terveyshaittaa aiheuttavalle tasolle.

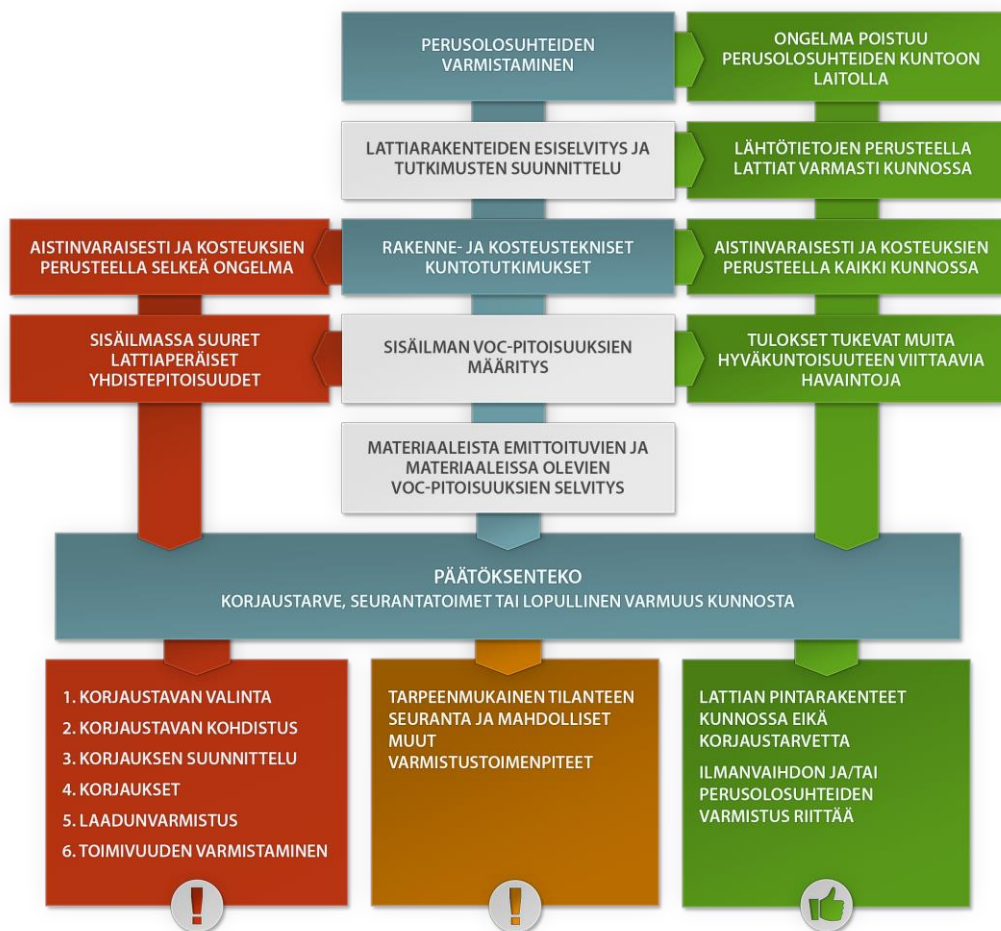
Sisäilmaongelmien välttämiseksi Suomessa on parin viimeisen vuosikymmenen aikana panostettu merkittävästi sekä rakennusmateriaalien tuotekehitykseen niiden ominaispäästöjen vähentämiseksi että rakentamisen kosteudenhallintaan. Silti Suomessa tehdään edelleen vuosittain lukuisia muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden korjauksia sisäilmaongelmaepäilyn ja käyttäjien oireilun takia.

Valitettavan usein korjauspäätökset ja -toimenpiteet voivat perustua virheellisiin johtopäätöksiin johtuen soveltumattomista tutkimusmenetelmistä ja/tai virheellisestä tulosten tulkinnasta. Eri tahojen käsitys normaalista ja poikkeavasta tilanteesta voi myös vaihdella hyvinkin paljon. Ei ole tavatonta, että täysin hyväkuntoinen muovimatto on uusittu, vaikka syy huonoon sisäilmaan on ollut esimerkiksi toimimaton ilmanvaihto tai ilmavuodot maaperästä. Merkittävänä syynä virheellisiin johtopäätöksiin voidaan pitää puutteellista ja osin ristiriitaista ohjeistusta sekä väärin toimintatapojen vakiintumista.

Tämän julkaisun tavoitteena on antaa selkeitä ja alalla yleisesti hyväksyttäviä ohjeita muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiin sekä mahdolliseen korjaukseen. Ohjeistuksen mukaan toimien pyritään varmistamaan sekä tilojen terveellisyyteen ja turvallisuuteen (sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus)

että rakennusten kosteustekniseen toimivuuteen (ympäristöministeriön asetus) liittyviä seikkoja.

Kuvassa 1 on esitetty muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arvioinnin eri vaiheet, kun lähtökohtana on epäily lattian aiheuttamasta sisäilmaongelmasta. Kuvan mukainen vaiheittainen eteneminen (prosessi) soveltuu erityisesti laajojen ja tutkinnallisesti haastavien kohteiden arviointiin. Selkeämissä tapauksissa voidaan usein edetä kyseistä prosessia suoraviivaisemmin.



Kuva 1. Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arvioinnin vaiheet, kun lähtökohtana on epäily lattian aiheuttamasta sisäilmaongelmasta.

2 Muovimatolla päällystetty betonilattia

2.1 Betonilattian päällystäminen muovimatolla

Kun betonilattia päällystetään muovimatolla, matto liimataan yleensä betonin pintaan levitetyn tasoitteen päälle. Tasoituksella varmistetaan alustan riittävä sileys ja mattoliiman yhtäläinen levittyvyys kauttaaltaan. Maton liimaamista suoraan betonipintaan ei nykyisin juurikaan tehdä. Päällystysvaiheessa lattiarakenteen pinnan tulee olla riittävän luja, puhdas ja kuiva, jotta liima tarttuu alustaan. Päällystystyön onnistuminen edellyttää sopivaa liimamäärää, liiman avoaikaa sekä oikeaan aikaan ja oikealla tavalla tehtyä maton asennusta. Päällystystyö on ammattitaitoa ja huolellisuutta vaativa työvaihe. Asennusvaiheessa tehdyt virheet ja huolimattomuus voivat johtaa muovimaton huonoon tartuntaan alustaansa aiheuttaen siten päällysterakenteen vaurioitumisen ilman liiallista kosteuttakin.

Betonilattiaa päällystettäessä on lattian pinnan ominaisuuksien lisäksi kiinnitettävä erityistä huomioita betonin kosteuteen syvemmillä rakenteessa. Vaikka lattian pintaosat ovat päällystyshetkellä kuivat, voi syvemmillä rakenteessa oleva kosteus ajan kuluessa siirtyä päällysteen alle liimakerrokseen. Betonin kemiallisesta koostumuksesta johtuen tämä kosteus on yleensä hyvin alkalista (korkea pH) ja voi siten olla haitallista muovimatolle sekä maton kiinnittämiseen käytetylle liimalle. Lattiarakenteen pinnan alkalisuutta voidaan alentaa käyttämällä tasoitteena matala-alkalista tuotetta. Riittävän alkalipuskurin varmistamiseksi tasoitepaksuutena käytetään usein tasoituksen perustehtävää (pinnan tasaisuus ja sileys) paksumpaa tasoitekerrosta. Tällöin on tärkeää varmistaa tasoitteen ja tasoituksesta kostuvan betonin pintaosan riittävä kuivuminen ennen muovimaton asentamista.

Kosteuden aiheuttamien vaurioiden välttämiseksi rakennusvaiheessa ennen päällystystyöhön ryhtymistä tulee varmistua siitä, että betonilattia on riittävän kuiva. Riittävän kuivumisen arviointi pohjautuu rakenteesta tehtyihin betonin suhteellisen kosteuden mittauksiin sekä päällystemateriaalien (koko pintarakennejärjestelmän) kriittiseen suhteellisen kosteuden arvoon.

Rakennekosteuden lisäksi muovimattopäällysteet voivat vaurioitua rakenteeseen ulkopuolelta tulevan kosteuden vaikutuksesta. Tällöin syynä on yleensä vesivahinko tai

virheellisesti suunniteltu ja/tai toteutettu rakenne. Systemaattisella kosteudenhallintatyöllä niin suunnittelu- kuin toteutusvaiheessa pyritään estämään lisäkosteuden pääsy rakenteeseen sekä varmistamaan rakenteen kuivuminen. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallintaan sekä kosteuden mittaamiseen annetaan tarkempia ohjeita mm. seuraavissa julkaisuissa: *by 76 Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta*, *RIL 250 Kosteudenhallinta ja homevaurion estäminen 2020* sekä *RT 103333 Betonin suhteellisen mittaus*. Kosteudenhallintaa käsitellään myös ympäristöministeriön *asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017)* ja sitä tarkentavassa ohjeessa *Rakennusten kosteustekninen toimivuus* vuodelta 2020.

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. Kosteusvaurioiden välttämiseksi betonilattian tulee kuivua ennen muovimatolla päällystämistä. Lattiarakenteen ei kuitenkaan tarvitse olla kuiva koko paksuudeltaan. Kosteuspitoisuus syvemmällä rakenteessa voi olla päällystyshetkellä ja vielä pitkään päällystämisen jälkeen hyvinkin korkea aiheuttamatta ongelmia. Oleellista on, ettei kosteuspitoisuus pintarakennejärjestelmässä (tasoite, liimat, muovimatto) nouse kriittisen korkeaksi.

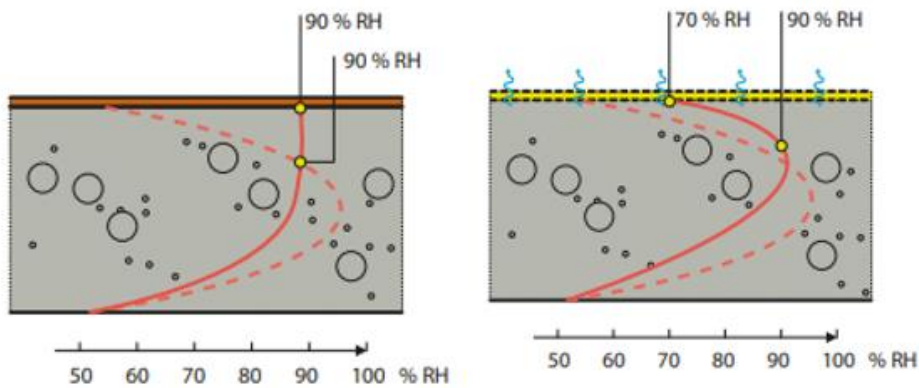
Kuivumisen myötä betonilattiarakenteeseen muodostuu kosteusprofiili, jossa kosteuspitoisuus rakenteen pintaosissa on yleensä alhaisempi kuin syvemmällä rakenteessa. Lattiapäällysteen asentamisen jälkeen syvemmällä rakenteessa oleva kosteus tasaantuu kuivempaa pintaa kohden siten, että kosteuspitoisuus rakenteen pinnassa päällysteen alla kasvaa päällystämisen jälkeen (kuva 2).

Ennen päällystystyöhön ryhtymistä riittää, että kosteuspitoisuus tietyllä syvyydellä rakenteessa on riittävän alhainen varmistamaan, ettei kosteus päällysteen alla nouse kriittisen korkeaksi. Muovimatoilla päällystettäessä kosteuden raja-arvona ns. arvostelusyvydeltä mitattuna pidetään yleensä 85 %RH. Lisäksi päällystyshetkellä rakenteen pintaosan tulee olla kuivempi (yleensä alle 75 %RH), jotta liiman kosteus pystyy tasaantumaan alustaan ja syvemmältä rakenteesta tulevaa kosteutta voi tasaantua pintaosaan ilman, että kosteuspitoisuus nousee kriittisen korkeaksi. Kosteusraja-arvot tietyillä tarkastelusyvyyksillä (ns. arvostelusyvyvydellä) yhdessä muodostavat rakenteen päällystettävyysskriteerit tietyille päällysteelle/pintarakenteelle.

Riittävä kuivuminen voidaan varmistaa rakenteesta tehtävillä kosteusmittauksilla RT-ohjekortin *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mitta* (Rakennustietosäätiö RTS 2021) mukaisesti. Kosteusmittausvyvydet määrättyvät mm. rakenteen paksuuden, kerroksellisuuden ja kuivumissuunnan mukaan.

Kosteudenhallintatoimenpiteillä pyritään varmistamaan, ettei kosteuspitoisuus pintarakennejärjestelmässä (tasoite, liimat, muovimatto) nouse kriittisen korkeaksi. Rakennetarkaisun, betonin ominaisuuksien ja olosuhteiden lisäksi kosteuden uudelleen ja kaantumiseen vaikuttaa merkittävästi pintarakennejärjestelmän vesihöyrynläpäisevyys.

Päällystettävyyteen liittyvät kosteusraja-arvot eivät ole sama kuin pintarakennejärjestelmän kriittinen suhteellinen kosteus. Kriittisen suhteellisen kosteuden arvoon vaikuttaa päällystemateriaalin ja koko pintarakennejärjestelmän ominaisuudet. Eri tuotteiden ja tuoteyhdistelmien kosteudensietokyvyissä ja siten kriittisen suhteellisen kosteuden arvoissa voi olla huomattavia eroja. Useimmilla pintarakennejärjestelmillä kriittinen suhteellisen kosteuden arvon ajatellaan olevan 80...90 %RH. Tarkkoja kriittisen kosteuden arvoja eri materiaaliyhdistelmille ei kuitenkaan ole tieteellisesti määritetty. Tämä on syytä ottaa huomioon vauriotutkimuksissa. Esimerkiksi välittömästi muovimaton alta mitattu yli 85 % RH ei aina ole suora todiste vaurioista, sillä jotkut muovimatto/liima -yhdistelmät voivat kestää huomattavasti korkeampaa kosteutta. Toisaalta jotkut toiset voivat taas vaurioitua huomattavasti alhaisemmassa kosteudessa.



Kuva 2. 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, kuten rakenteesta, betonin ominaisuuksista, kuivumisolosuhteista ja päällysteen vesihöyrynläpäisevyydestä. Kuvassa vasemmalla tiivis päällyste ja oikealla vesihöyryä hyvin läpäisevä päällyste (Kuva: RT 103333).

2.3 Lattiatasoitteet

Betonilattian pintaan levitetään usein ennen päällystystöitä tasoitekerros lattiapäällysteiden alustan tasaamiseksi ja riittävän sileyden aikaansaamiseksi. 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 liiallisen veden lisääminen tasoitemassaan, voivat heikentää merkittävästi tasoitteen lujuutta. Tartuntavetolujuus voi myös heiketä huomattavasti, jos pohjusteena käytetään eri valmistajan tuotetta kuin tasoitteena. Tuotteet voivat olla kemiallisesti yhteensopimattomia, jolloin lopputuloksena voi olla odottamattomia kemiallisia reaktioita sekä päästöjä. Hyvän tartuntalujuuden varmistamiseksi on lisäksi tärkeää, että tasoitettava alusta puhdistetaan tartuntaa heikentävistä epäpuhtauksista ja tarkistetaan, että alusta on riittävän luja käytettävälle tasoitteelle ja muulle pintarakenteelle.

Useimmat lattiatasoitteet ovat ns. matala-alkalisia ($\text{pH} < 11,5$) ja niiden pH on siten yleensä alhaisempi kuin betonin (tuoreen betonin pH on noin 13). Kun betonilattioita päällystetään alustaan liimattavilla muovimatoilla, betonin pinnassa suositellaan käytettävän matala-alkalisia tasoitteita. pH-asteikko on logaritminen, joten esimerkiksi pH-arvojen 11,5 ja 12,5 ero on jo suuri. pH ilmoitetaan yhdellä desimaalilla. Lähtökohtaisesti tasoitetta valittaessa sen matala-alkalisuus varmistetaan tuotteen käyttöturvallisuustiedotteesta. Tasoitteen suoritusasoilmoitus kertoo kyseisen tuotteen ominaisuuksien arvot ja luokat sovellettavaan tuotestandardiin perustuen.

pH:n varmistusta ei lähtökohtaisesti ole tarpeen tehdä työmaalla pH-mittauksin. Tasoitteen pH:n määrittämiselle ei ole vakiintunutta mittaustapaa. Mikäli tarve pH:n määrittämiseen kuitenkin ilmenee, on se suositeltavaa tehdä luvussa 5.7 esitetyllä tavalla.

Pinnan alkalisuuden madaltaminen vähentää päällysteen vaurioitumiseen johtavan alkalisen hydrolyysin riskiä (ks. luku 3.2). Tarkkaa rajaa pH-arvolle, jossa alkalinen hydrolyysi alkaa ei ole pystytty varmuudella määrittämään. Siksi riittävän alkalipuskurin saavuttamiseksi betonin pintaan suositellaan usein levitettävän esimerkiksi noin 5 mm kerros matala-alkalista tasoitetta. Suosituksella (n. 5 mm) pyritään varmistamaan, että betonipinta tulee kauttaaltaan tasoitettua. Kyseessä ei siis ole ehdoton paksuusvaatimus, jonka tulisi täytyä. Tärkeintä on jo liiman levitettävyydenkin kannalta, että tasoitetta tulee aina kauttaaltaan.

Matala-alkaliset itsesiliävät lattiatasoitteet ovat kipsi- tai aluminaattisementtipohjaisia, joissa on yleensä myös portlandsementtiä (seossuhteet vaihtelevat). Aluminaattisementti nostaa pH-arvoa vähemmän kuin betonissa tyypillisesti käytetty portlandsementti. Sementin lisäksi sideaineina käytetään polymeerejä (tyypillisesti 1...5 %). Tasoitteessa käytetyt polymeerit kestävät hyvin alkalista kosteutta. Täyttöominaisuudet saadaan aikaan käyttämällä tasoitteessa hienoa kiviainesta, hiekkaa ja/tai kalkkikiveä. Lisäksi tasoitteissa käytetään erilaisia apuaineita parantamaan esimerkiksi työstöominaisuuksia. Aiemmin yleisesti käytetty kosteusherkkä kaseiini on Suomessa korvattu muilla apuaineilla.

Lattiatasoitteiden pH ei ole muuttumaton. pH-arvon muutokseen vaikuttavat niissä käytetyt ainesosat. Kovettumisen alkuvaiheessa myös matala-alkalisten tasoitteiden pH-arvo voi olla korkea alentuen vasta lujittumisen, ettringiitin muodostumisen (vaatii korkeaa lämpötilaa) ja karbonatisoitumisen myötä. Muutosnopeuksissa on tuotekohtaisia eroja, mihin vaikuttaa myös olosuhteet. Tyypillisesti matala-alkalisten tasoitteiden pH-arvo asettuu 10 ja 11,5 väliin, kun tasoite on lujittunut ja kuivunut riittävän pitkään. Ajan kuluessa tasoitteen alapuolisen betonin alkalit voivat muuttaa tasoitteen pH:ta, varsinkin, jos betoni on kosteaa. Ilmiöstä ei kuitenkaan ole vielä riittävästi tutkimustietoa.

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

Paksuja pumpputasoitteita lukuun ottamatta tasoitteet eivät yleensä hidasta kosteuden poistumista betonista merkittävästi, mutta tasoitetyö voi pidentää koko rakenteen kuivumisaikaa muutamasta päivästä muutamiin viikkoihin johtuen betoniin tartunta-pohjusteen läpi imeytyvästä tasoitteen sisältämästä vedestä. Siihen, miten paljon ja miten syvälle tasoite kastelee alapuolista betonia ja miten nopeasti tämä kosteus poistuu, vaikuttavat merkittävästi tasoitelaa, tasoitekerroksen paksuus sekä alustabetonin tiiviys ja kosteus.

2.4 Alustaan liimattavat muovimatot ja mattoliimat

2.4.1 Muovimattotyypit

Muovimatot voidaan jakaa kahteen tyyppiin (kuva 3):

- 1) Homogeenisiin (tasa-aineisiin) mattoihin, joiden rakenne ja koostumus on sama läpi koko maton. Matoissa on lisäksi yleensä jokin pintakäsittely/kulutuskerros (esim. polyuretaanihartsia, jonka paksuus on 0,2...0,8 mm).
- 2) Heterogeenisiin (moniaineisiin) mattoihin, jotka koostuvat kirkkaasta kulutuskerroksesta ja sen alla olevista kerroksista, kuten joustovinyylistä.

Heterogeenisiä mattoja käytetään yleensä asuinhuoneissa, kun taas homogeenisiä mattoja käytetään enemmän julkisissa tiloissa niiden hyvän kulutuskestävyyden ansiosta. Homogeeniset muovimatot kestävät yleensä joustovinyylimattoja paremmin kosteutta, mutta toisaalta ne ovat vesihöyrynläpäisykyvyltään joustovinyylimattoja tiiviimpiä.



Kuva 3. Heterogeenisen ja homogeenisen muovimaton tyypillinen rakenne.

Muovimattojen pääraaka-aine on tyypillisesti polyvinyylidikloridi (PVC). Tämän lisäksi niissä on erilaisia apuaineita, pehmittimiä, väri- ja täyteaineita sekä stabilointiaineita (valon- ja lämmönkesto). Markkinoilla on myös pehmitinaineettomia polyolefiinipohjaisia mattoja. Tekstiilimatot ovat tyypillisesti myös materiaaleiltaan täysin muovisia, mutta niitä ei yleensä käsitteenä sisällytetä muovimattoihin.

2.4.2 Muovimaton pehmittimet

Muovimaton pääraaka-aine PVC on luonnostaan jäykkää. Pehmittimien avulla muovimatoista saadaan pehmeitä ja joustavampia, jolloin niiden asentaminen helpottuu. Tyypillisesti asuinrakennuksissa käytetyt joustovinyylimatot sisältävät noin 30 painoprosenttia pehmittimiä ja julkisten tilojen homogeeniset matot noin 13...20 painoprosenttia. Alustaan liimattavia muovipäällysteitä kestävämmässä kvartsivinyylilaatoissa pehmittimiä on vain noin 6 painoprosenttia.

Pehmittiminä käytetään yleensä erilaisia estereitä. Kemiallisen rakenteensa takia esterit ovat alttiita alkaliselle hydrolyysille (ks. luku 3.2). Muovimatot ovat pääasiassa ennen vuotta 2007 sisältäneet pehmittintä nimeltä di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP). DEHP:n reaktiotuotteita ovat 2-etyyli-1-heksanoli (2-EH) ja ftaalihapot, joita voi syntyä hapettumisen seurauksena. Vuodesta 2011 DEHP:n käyttö on ollut luvanvaraista Euroopan unionissa, minkä vuoksi DEHP on muovimatoissa laajasti korvattu muilla pehmittimillä. Vuoden 2007 jälkeen yleisesti käytettyjä pehmittimiä ovat muun muassa DINP (di-isononyyliiftalaatti), DINCH (di-isononyylisykloheksaani-1,2-dikarboksylaatti), DEHP/DOP (di-oktyyliiftalaatti), DOTP (di-oktyylitereftalaatti) sekä triglyseridit ja muut kasviöljypohjaiset pehmittimet.

Muovimaton pehmittimet eivät ole kemiallisesti sitoutuneita muovimaton molekyyliin, joten niitä siirtyy matosta ympäröivään ilmaan ja materiaaleihin. Muovimaton asentamisen jälkeistä pehmittimien siirtymistä voidaan pitää normaalina materiaaliominaisuutena. Siirtymisestä huolimatta matot säilyttävät tekniset ominaisuutensa pitkään. Oleellista on, että siirtyvät pehmittinmäärät pysyvät materiaalin päästöluokituksen (esim. M1-luokitus) rajoissa.

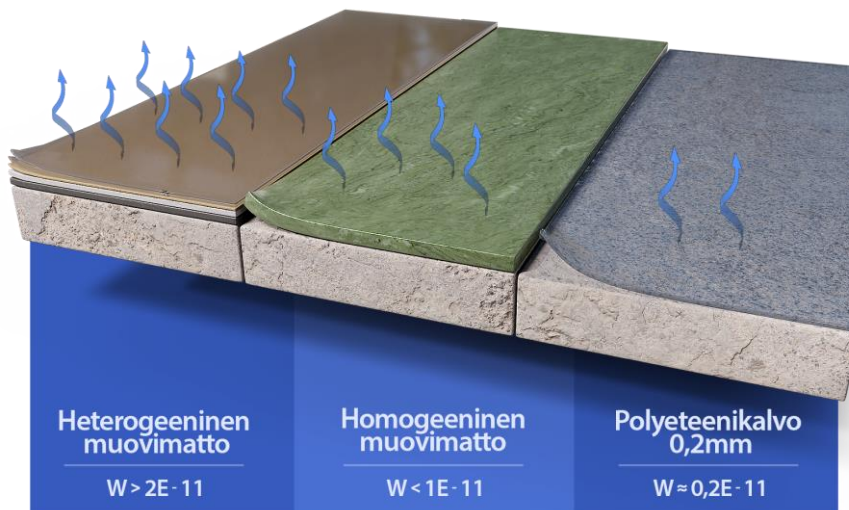
Melko huonosti haihtuvina (semivolatile, SVOC) pehmittimet eivät yleensä näy normaaleissa sisäilman VOC-analyseissa (volatile organic compound, VOC), mutta pölyhiukkasiin kiinnittyneinä niillä voi olla vaikutusta sisäilman laatuun. Pehmittimen hiiliketjun pituus vaikuttaa siirtymiseen siten, että mitä pidempi hiiliketju on, sitä hitaampaa on siirtyminen. Lämpötilan nousun on todettu lisäävän pehmittimien siirtymistä. Sisäilman VOC-mittauksissa havaitaan yleensä pehmittimien hajoamistuotteita, mikäli hajoamista on tapahtunut.

Pehmittimien siirtyminen havaitaan parhaiten pinnasta tehtyjen emissiomittausten (VOC-tutkimusten) tuloksissa tiettyjen pehmittimistä peräisin olevien yhdisteiden pitoisuuksien kasvuna. Pehmittimien siirtyminen näkyy myös muovimaton alta tehtyjen emissiomittausten (esim. bulk-mittausten) sekä betonin pinnasta muovimaton poiston jälkeen tehtyjen emissiomittausten tuloksissa kohonneina pehmittinperäisinä yhdisteinä. (Emissiomittausmenetelmiä on käsitelty luvuissa 5.3 - 5.6.)

Pehmittimiä siirtyy myös maton kiinnittämiseen käytettyyn liimaan. Useimmat mattoliimat on pyritty kehittämään sellaiseksi, että ne säilyttävät mekaaniset ominaisuutensa riittävässä määrin pehmitinmäärän lisääntyessäkin. Suuri pehmitinsiirtymä voi kuitenkin aiheuttaa mekaanisia ongelmia liiman pehmetessä liikaa.

2.4.3 Muovimattojen vesihöyrynläpäisevyys

Muovimattojen vesihöyrynläpäisevyyksissä on tuotekohtaisia eroja (kuva 4). Esimerkiksi kulutuskestävyys on yksi vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttavista tekijöistä. Koska asuintilojen heterogeeniset muovimatot sisältävät yleensä enemmän täyteainetta kuin julkisten tilojen homogeeniset muovimatot, on niiden kulutuskestävyys yleensä huonompi ja vesihöyrynläpäisevyys suurempi kuin homogeenisten mattojen. Julkisten tilojen homogeenisilla muovimatoilla on niiden tiivistä rakenteesta johtuen yleensä hyvä kulutuskestävyys sekä alhaiset emissiot (tyypillisesti selvästi alle M1-luokan vaatimusten). Materiaaliominaisuuksien lisäksi vesihöyrynläpäisevyyteen vaikuttaa sekä alustan että sisäilman kosteus.



Kuva 4. Muovimattojen vesihöyrynläpäisevyyksissä W ($\text{kg}/(\text{m}^2\text{sPa})$) voi olla suuriakin eroja. Tavanomaiset höyrynsulkumuovit (esim. polyeteenikalvo) 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 pintarakenteiden suuntaa antavia vesihöyrynvastuksia. Eri tuotteiden tarkkaa vertailua vaikeuttaa se, että läpäisevyyksiä saatetaan määritellä monella eri tavalla (Lähde: RT-kortti 103333).

Pintarakennetyyppi	S_d
Tekstiilipäällyste avoimella alusrakenteella	< 1 m
Alustaan liimattava parketti	< 1 m
Liima	~ 2 m
Joustovinyylimatto ja linoleumi	< 10 m
Alustaan kiinnittämättömien päällysteiden alusmateriaalit	10...50 m
Homogeeninen muovimatto	20...50 m
Laminaatit ja vinyylilankut	30...60 m
Tekstiilipäällysteet yleensä	10...100 m

2.4.4 Mattoliimat

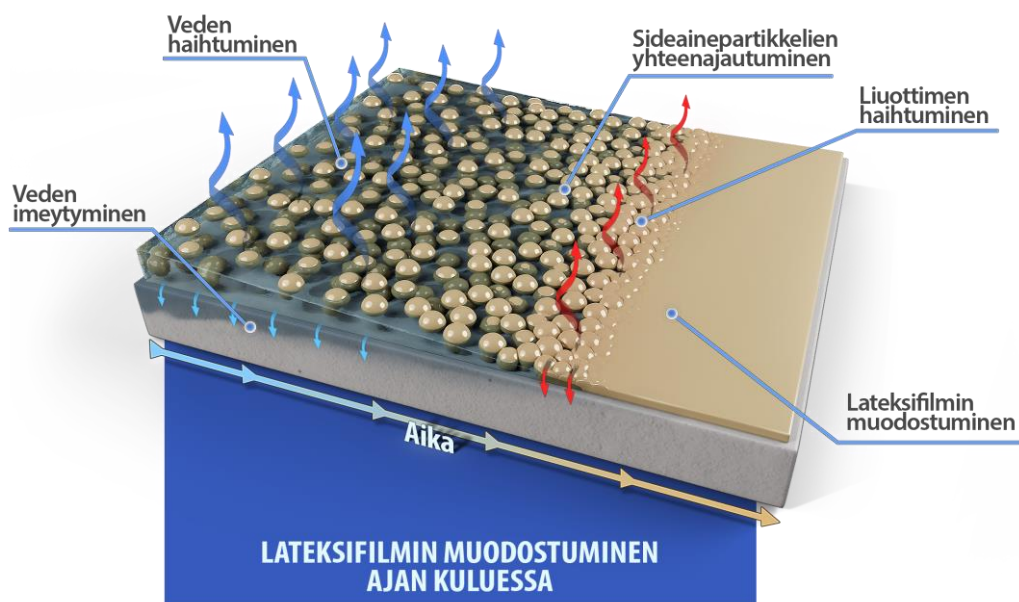
Mattoliimat ovat nykyisin pääsääntöisesti vesiohenteisia dispersioliimoja, jotka levitetään alustaan yksipuolisesti. Joissakin tapauksissa käytetään kontaktiliimoja tai kaksikomponenttisia reaktioliimoja. Tyypillinen nykyisin käytettävä mattoliima on akrylaattikopolymeeridisersioliima.

Muovimatto määrittää, mitä liimaa maton kiinnittämiseen tulee käyttää. Muovimattojen kiinnittämiseen betoni-/tasoitepintaan voidaan käyttää myös alkalinkestävää liimaa. Alkalinkestävän liiman sideaineet ovat yleensä etyleenikopolymeeri ja vinyylasetaatti-dispersio. Erikoistapauksessa voidaan käyttää MS-polymeeripohjaisia (modifioitu silaanipolymeeri) liimoja, jotka ovat yksikomponenttisia ja kovettuvat ilman kosteuden vaikutuksesta. Myös uretaanipohjaisia liimoja käytetään.

Liimojen kuiva-ainespitoisuus on yleensä noin 70 %. Jotta liimat ovat työstettäviä, myös niissä käytetään pehmittimiä. Pehmitinmäärä on tyypillisesti 1...5 paino-% eli huomattavasti alhaisempi kuin muovimatoissa.

Betonin alkalinen kosteus voi aiheuttaa mattoliimassa sekä sideaineen että pehmittimen kemiallisen hajoamisreaktion. Liimojen kosteudensietokyvyissä on tuotekohtaisia eroja. Monien vesiohenteisten liimojen kriittisenä suhteellisen kosteuden raja-arvona pidetään 85 %RH, jotkut sallivat 90 %RH. Kaksikomponenttiliimat kestävät yleensä korkeampia kosteuksia.

Vaikka betonilattiarakenteen pintaan levitettävä liimamäärä on pieni, liiman sisältämä vesi (tyypillisesti 100 g liimaa sisältää noin 30 g vettä) voi hetkellisesti nostaa betonirakenteen pintaosien kosteuspitoisuutta. Tämä suhteellisen kosteuspitoisuuden kasvun suuruus 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 100 %:iin pelkästä liiman kosteudesta. Liimakerroksen suhteellisen kosteuden kasvun on todettu lisäävän muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden emissioita (ks. luvut 3.1 ja 3.2).



Kuva 5. Periaatteellinen kuva vesiohenteisen akrylaattiliiman (lateksin) kuivumisesta. Osa liiman vedestä imeytyy aluksi alapuoliseen betoniin, mistä se ajan kuluessa haihtuu. Liottimien 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 kuivia, kun rakenteen (betonin/tasoitteen) suhteellinen kosteus aivan rakenteen pinnassa sekä 1...3 cm syvyydellä on alle 75 %RH. Päällystämisen jälkeen 1...3 cm syvyydellä kosteus yleensä aluksi nousee.

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 annettaessa liiman 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 sekä muovimaton että liiman valmistajan asennusohjeita.

3 Muovimattopäällysteen vaurioilmiöt betonilattioissa

3.1 Materiaaliemissiot

Materiaaliemissio on materiaalista tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö, jota voidaan käsitellä vain materiaalin pinnan emissiona ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) tai emissiopotentiaalina koko materiaalista määritettynä ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$). Materiaaliemission nopeuteen vaikuttavat mm. materiaalin lämpötila ja ilmankosteus, sen pinnassa tapahtuva ilmanvaihtuvuus sekä yhdisteen diffuusiokerroin kyseisessä materiaalissa (materiaalin tiiviys). Tyypillisiä emissioita ovat erilaiset haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet.

Uusista lattiapäällystemateriaaleista haihtuu sisäilmaan erilaisia yhdisteitä, joista osa kuuluu VOC-yhdisteisiin. Useimmat yhdisteet voidaan aistia kullekin materiaalille ominaisena hajuna. Materiaalista sen valmistamiseen liittyvien yhdisteiden haihtuminen on normaalia ja niitä kutsutaan ominaispäästöiksi tai primääriemissioksi.

Materiaalin ominaispäästöt vähenevät yleensä ajan kuluessa. Jos näin ei tapahdu, kyseessä voi olla alun perin viallinen (ei-stabiili) tuote tai materiaali on joutunut sietokykyään korkeampaan kosteuteen ja/tai lämpötilaan. Materiaalin vanhetessa siitä haihtuvat yhdisteet ja niiden määrät eivät yleensä pysy samoina eli materiaalin ns. VOC-profiili muuttuu. Vanhenemiseen vaikuttaa oleellisesti esimerkiksi auringon UV-säteily.

Muovimatoille (PVC) tyypillisimpiä haihtuvia yhdisteitä ovat aldehydit ja aromaattiset yhdisteet. Myös alkoholit ovat yleisiä, varsinkin C8...C12-alkoholit. Mattoliimojen tyypillisiä yhdisteitä puolestaan ovat C9...C11-alkoholit.

Suomalaisten rakennusmateriaalien päästöluokitus eli M1-luokitus on oleellisesti vähentänyt uusien materiaalien päästöjä vuodesta 1995 lähtien. Materiaalit voidaan luokitella päästöluokkiin sen perusteella, miten paljon niistä yksittäisinä tuotteina haihtuu erilaisia yhdisteitä. Päästöluokitus on kolmiportainen siten, että luokka M1 on paras ja luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, jotka eivät täytä edes luokan M2 vaatimuksia. Rakennusmateriaalien päästöluokitus on osa *Sisäilmastoluokitus 2018* -kokonaisuutta (Rakennustietosäätiö 2018) ja päästöluokituksessa asetetaan enimmäisarvot tuotteesta haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissiolle (TVOC, total volatile organic compound), yksittäisten VOC-yhdisteiden emissioille, ammoniakkin ja formaldehydin emissioille, sekä tuotteen hajulle luokissa M1 ja M2.

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 mukaisen luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio on alle 5 µg/m²h. Lisäksi M1-luokitellut tuotteet eivät saa haista. M1-koestusikä on 28 vrk. (Rakennustietosäätiö 2018). Täysin emissiovapaita muovimattoja ei ole olemassa. Käytännössä on myös havaittu, että M1-luokitus ei aina takaa vähäpäästöisyyttä, koska tuotteen emissioissa voi valmistuseräkohtaisesti olla joskus suurtakin vaihtelua.

Rakennusmateriaalien päästöluokitus esittää vaatimukset tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa käytettäville materiaaleille hyvän sisäilman laadun kannalta. Tavoitteena on käyttää vähäpäästöisiä tuotteita, etteivät materiaalien päästöt lisää ilmanvaihdon tarvetta. Vähäpäästöisten rakennusmateriaalien käyttö ei yksinään takaa 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. Liitettäessä eri materiaaleja yhteen syntyy uusia yhdisteitä/sidoksia, joita voidaan pitää normaaleina eivätkä ne siten automaattisesti viittaa esimerkiksi päällystevaurioon.

Kosteuden vaikutuksesta materiaaleissa ja niiden yhdistelmissä voi tapahtua kemiallista hajoamista, minkä seurauksena materiaaleista haihtuu normaaleista primääriemissioista poikkeavia yhdisteitä tai suurempia määriä alkuperäisiä yhdisteitä. Näitä usein vaurioitumisesta aiheutuvia päästöjä kutsutaan sekundääriemissioiksi. Myös yhteensopimattomien materiaalien emissiot saattavat kohota, vaikka kosteus olisi alhainen. Samoin voi käydä lämpötilojen noustessa esimerkiksi lattialämmityksen takia.

Muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden VOC-emissioiden on usein todettu olevan yhteydessä alustabetonin alkaliseen kosteuteen, joka voi aiheuttaa hajoamisreaktioita sekä matossa että mattoliimassa. Haasteelliseksi ongelmankentän tekee se, että emissioiden on joskus havaittu olevan korkeat, vaikka betonin kosteuspitoisuus on ollut alhainen ja joskus tilanne on voinut olla aivan päinvastainen.

VOC-emissioiden kannalta haasteellisin muovimattojen raaka-aine on niissä käytetty pehmitin. Askeläänieristetyissä matoissa emissioita voi myös aiheuttaa eristeenä käytettävän polyuretaanivaahdon kemiallinen hajoaminen alkalisen kosteuden vaikutuksesta. Sisäilmaongelmien aiheuttajaksi on myös epäilty muovimatoissa ennen vuotta 2007 käytettyä viskositeetin säätöön tarkoitettua lisäainetta TXIB:tä (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaaanidiolidi-isobutyaatti).

3.2 Alkalinen hydrolyysi

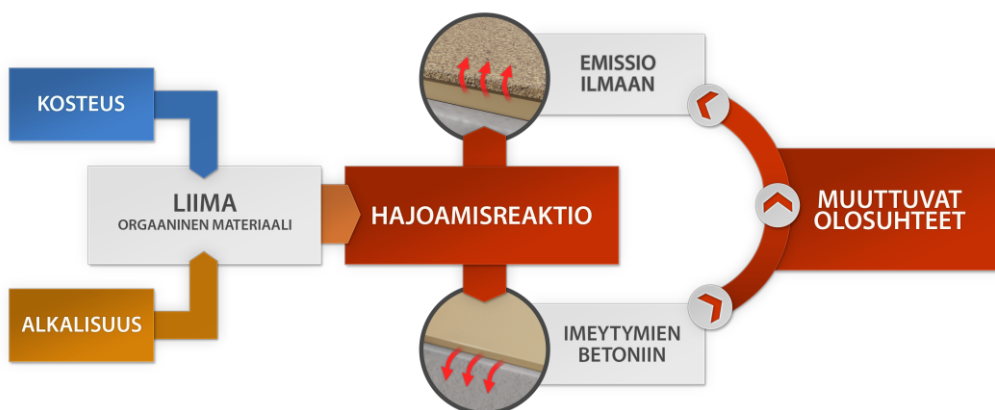
Betoni ja muut sementtituotteet ovat yleensä hyvin alkalisia (pH vähintään 12,5) eli emäksisiä aineita, jotka luovuttavat hydroksidi-ioneja vesiliuokseen. Betonin tai tasoitteen alkalinen kosteus voi aiheuttaa muovimaton pehmittimien ja liimojen kemiallisen hajoamisen. Reaktiota kutsutaan alkalisiksi hydrolyysiksi. Hydrolyysireaktion nopeus riippuu kosteuspitoisuuden lisäksi lämpötilasta ja materiaalin pH:sta.

Koska pehmittimet ovat usein estereitä, hydrolysoituessaan ne muodostavat samoja hajoamistuotteita kuin esterit yleensä, eli alkoholeja ja happoja (ja niistä hapettuneita yhdisteitä). Hydrolyysissä muodostuvista alkoholeista C8...C10-alkoholit (oktanol - dekanoli) ovat tyypillisiä ftalaattipohjaisten pehmittimien hajoamistuotteita. Ei-ftalaattipohjainen pehmitin on tere-ftalaatti DOTP, joka hajoaa etyyliheksanoliksi.

Perinteisten ftalaattipohjaisten ja ftalaattittomien pehmittimien hajoamisreaktio tapahtuu samalla periaatteella, joten pehmittimen vaihtaminen ftalaattittomaan ei poista muovipäällysteiden mahdollista hajoamisongelmaa.

Muovimattojen lisäksi akrylaattipohjaiset kopolymeeriliimat voivat sisältää estereitä, kuten 2-etyyliheksyyli-akrylaatteja, jotka voivat reagoida alkalisen kosteuden kanssa ja tuottaa mm. 2-etyyli-1-heksanol (2-EH) ja n-butanoli (1-butanoli) emissioita. Matto-liiman akrylaattikopolymeerien hajoamiselle kriittinen pH-alue on 11...13 (Sjöberg 2001 ja Sjöberg & Ramnäs 2007).

Hajoamisen seurauksena liiman tartuntaominaisuudet huononevat ja maton pehmittinaineet 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 6).



Kuva 6. Periaatteellinen kaavio betonin alkalisen kosteuden aiheuttaman mattoliiman sekundääriemission synnystä.

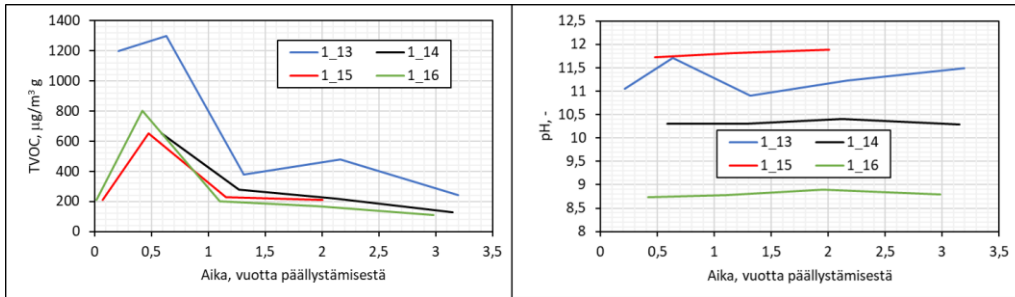
Muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden emissioiden on havaittu kasvavan liiman suhteellisen kosteuden noustessa. Kriittisenä suhteellisen kosteuden arvona välittömästi muovimaton alla liimatilassa pidetään yleensä 85 %RH:ta. On kuitenkin syytä huomioida, että eri liimojen ja muovimattojen kosteudensietokyvyissä voi olla huomattavia eroja. Jotkut materiaaliyhdistelmät voivat kestää huomattavasti korkeampaa kosteutta, kun taas joillakin yhdistelmillä hajoaminen voi alkaa huomattavasti alhaisemmassa kosteudessa.

Betonilattiarakenteen pinnan alkalisuutta (pH:ta) voidaan alentaa levittämällä betonin pintaan matala-alkalista tasoitetta (ks. luku 2.3) ja täten pienentää alkalisen hydrolyysin riskiä. Riskiä voidaan myös pienentää varmistamalla, että pintarakenteen kosteus pysyy alhaisena. Tasoitteiden matala-alkalisuuden suojausvaikutuksen on todettu huononevan, kun kosteus on yli 90 %RH. Siksi tasoitetta levitettäessä alustabetonin pintaosan suhteellisen kosteuden tulisi yleensä olla alle 90 %RH. Jotkut tasoitteet edellyttävät tätäkin alhaisempaa kosteutta.

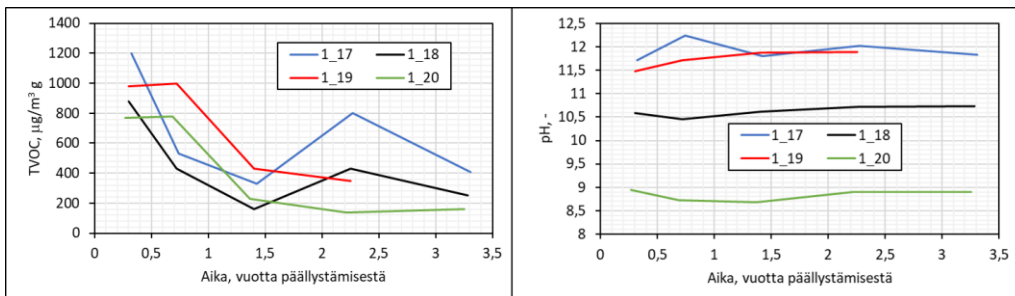
Pelkkä kosteus (ei vaadi alkalisuutta) voi aiheuttaa polymeereissä turpoamista, mutta yleensä tämä ilmiö ei riko molekyyliyrakennetta, ja molekyyliyrakenne palautuu ennalleen materiaalin kuivussa. Korkea lämpötila, UV-säteily ja hapettuminen voivat puolestaan hajottaa polymeerejä.

Usein ajatellaan, että alkalinen hydrolyysi jatkuu loppuun asti sen käynnistyttyä, vaikka rakenne kuivuisikin normaaliolosuhteeseen. Siitä, miten voimakkaana reaktio jatkuu ja milloin ja millä edellytyksillä reaktio voi hidastua/loppua ei kuitenkaan ole tarkkaa pitkäaikaista tutkimustietoa.

Kuvissa 7 ja 8 on esimerkit maton alapuolisten VOC-yhdistemäärien muutoksesta laboratoriotutkimuksissa reilun 3 vuoden aikana, kun rakenne pääsee kuivumaan päällystämisen jälkeen päällysteen läpi.



Kuva 7. Alustan pH:n vaikutus bulk-VOC-tuloksiin (VOC-yhdisteiden bulk-kokonaisemissio) ja TVOC-pitoisuuden kehitys ajan myötä laboratoriotutkimuksessa. Päällystettäessä betonin kosteus arvostelumittaussyvyydellä 85 %RH. Matto on heterogeeninen DINCH-pehmittimellä ja liimana akryylikopolymeeridispersio. pH:n muutos maton alapinnassa on hidasta. Kuvaajien selosteet: 1_13 ilman tasoitetta, 1_14. matala-alkalinen tasoite, 1_15 sementtipohjainen tasoite, 1_16 kipsipohjainen tasoite. (Lähde: Leivo et al. 2021)

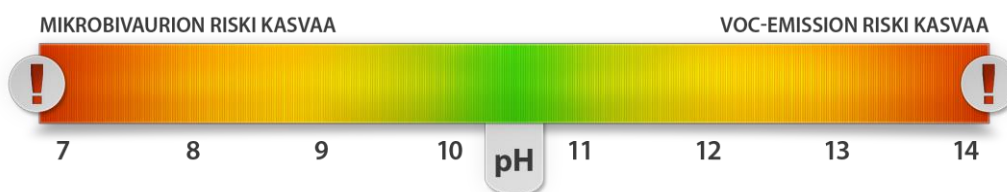


Kuva 8. Alustan pH:n vaikutus bulk-VOC-tuloksiin (VOC-yhdisteiden bulk-kokonaisemissio) ja TVOC-pitoisuuden kehitys ajan myötä laboratoriotutkimuksessa. Päällystettäessä betonin kosteus arvostelumittaussyvyydellä 93 %RH. Matto on heterogeeninen DINCH-pehmittimellä ja liimana akryylikopolymeeridispersio. 1,5 vuoden kohdalla tilanne pääosin kuten kuivemmalle päällystetyillä koekappaleilla. 2 vuoden jälkeen havaittavissa selvempää VOC-pitoisuuksien nousua, joka kuitenkin kääntyy laskuun 3 vuoden jälkeen. Kuvaajien selosteet: 1_17 ilman tasoitetta, 1_18. matala-alkalinen tasoite, 1_19 sementtipohjainen tasoite, 1_20 kipsipohjainen tasoite. (Lähde: Leivo et al. 2021)

3.3 Mikrobivauriot muovimattopäällysteissä

Tiivis muovimatto, mattoliiman kemikaalit sekä emäksinen betonialusta muodostavat yleensä epäsuotuisat olosuhteet mikrobikasvulle. Betonilattioissa muovimaton alapinnassa mikrobikasvustoa on tyypillisesti havaittu vasta, kun maton alapuolinen suhteellinen kosteus liimassa on ollut pitkään yli 90 %RH. Useimmiten kyseessä on tällöin ollut vanha maanvarainen alapohjarakenne tai märkätila, jossa kosteusrasitus maton alla on ollut voimakasta ja jatkuvaa. Jos betonin ja muovimaton välissä on ollut herkästi mikrobivaurioituvaa, yleensä sinne kuulumatonta, orgaanista materiaalia, on mikrobivaurioita kuitenkin havaittu myös alhaisemmassa kosteudessa.

Matala-alkalisten tasoitteiden käyttö voi lisätä mikrobivaurioriskiä, mutta myös tällöin kosteus on merkittävässä roolissa. Mikrobivaurioriski kasvaa, kun alustan pH on alle 10. Alustan pH:n kasvu puolestaan lisää alkalisen hydrolyysin ja siitä mahdollisesti seuraavien VOC-vaurioiden riskiä (kuva 9). Muovimattolattioissa on harvoin todettu samanaikaisesti sekä mikrobivaurio että kemiallinen vaurio (Markkanen et al. 2020).



Kuva 9. Muovimaton alustan pH:n vaikutus mahdolliseen vauriotyyppiin.

Muovimattojen alla olosuhteet ovat mikrobikasvulle haasteelliset. On epäilty, että olosuhteet, erityisesti hapen puute voisivat suosia anaerobisia tai muulla tavoin rakennuksissa epätyypillisiä mikrobeja, joiden saaminen esiin tavanomaisella mikrobiviljelyllä voi olla epäluotettavaa, ja siksi osa muovimattojen mikrobivaurioista jäisi todentamatta. Muovimattojen mikrobivaurioitumisilmiöitä on yleisesti ottaen tutkittu vähän, eikä edellä mainitusta ilmiöstä ole riittävästi tutkimusnäyttöä. Käytännön kokemusten perusteella voidaan kuitenkin pitää epätodennäköisenä, että ilmiö olisi yleinen.

3.4 Muovimattojen mekaaniset vauriot

Muovimatto voi irrota alustastaan myös muun syyn kuin kosteuden vaikutuksesta. Syy voi olla esimerkiksi liimauksen epäonnistuminen kohdassa, johon kohdistuu kova mekaaninen rasitus. Tällöin irronnut matto saattaa kulutuksessa venyä ja nousta koholle ikään kuin kuplaksi/kupruksi.

Alustastaan irronneen muovimaton pohjassa on usein kiinni sekä liimaa että tasoitetta, jolloin kyseessä on tasoitteesta tapahtuva koheesiomurtuma. Muokin murtopinta voi olla mahdollinen. Joskus liima irtoaa tasoitteesta. Murtopinta voi myös vaihdella pienelläkin alueella. Betonirakenteen pintaan ennen tasoittamista jäänyt heikko sementtiliimakerros voi johtaa betonin pintaosissa tapahtuvaan murtumaan.



Kuva 10. Muovimattoa on irrotettu lattiasta. Osa tasoitteesta on irronnut betonista ja jäänyt kiinni mattoon (vaaleat alueet). Osittain tasoite on vielä kiinni lattiassa ja liimamäärän vaihtelut sekä liimakampauksen jäljet näkyvät (tummat alueet). Tässä tapauksessa lattian pintarakenteessa ei ollut vikaa/vaurioita. (Kuva: Vahanen Rakennusfysiikka Oy)

3.5 VOC-yhdisteet ja niiden vaikutus sisäilmastoon

3.5.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet

Sisäilmassa esiintyy satoja orgaanisia kaasumaisia yhdisteitä. WHO ja ISO jakavat haihtuvat orgaaniset yhdisteet kolmeen haihtuvuuden mukaiseen luokkaan: 1) erittäin haihtuvat orgaaniset yhdisteet VVOC (very volatile organic compounds), 2) haihtuvat orgaaniset yhdisteet VOC (volatile organic compounds) ja 3) puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet SVOC (semivolatile organic compounds).

VOC-yhdisteiksi kutsutaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joilla on huoneenlämpötilassa merkittävä höyrynpaine. WHO:n määritelmän mukaan VOC-yhdisteiden sulamispiste on huoneilman normaalilämpötilaa alhaisempi ja kiehumispiste on noin 50...260 °C. Eri yhteyksissä VOC-yhdisteistä voidaan käyttää erilaisia määritelmiä ja luokitteluja, jotka perustuvat mm. yhdisteiden kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin, analysoinnissa käytettyihin mittausten menetelmiin tai terveys- ja ympäristöhaittoihin. Laajasti ymmärrettynä VOC-yhdisteellä voidaan tarkoittaa mitä tahansa hiiltä sisältävää yhdistettä (hiilimonoksidia ja hiilidioksidia lukuun ottamatta), joka voi esiintyä kaasumaisessa muodossa tavanomaisissa sisä- tai ulkoympäristön lämpötiloissa.

VOC-yhdisteiden esiintymisen sekä pitoisuuksien paikallinen ja ajallinen vaihtelu sisäilmassa on suurta. Vaihteluun vaikuttavat sekä rakennuksen sisäiset että ulkoiset lähteet. Rakennuksen sisäisiä päästölähteitä ovat mm. erilaiset rakennus- ja sisustusmateriaalit, laitteet ja tekniset järjestelmät, tilojen käyttäjät, lemmikit ja käyttäjien toiminta sekä erilaiset kuluttajatuotteet ja siivousaineet. Hyvinkin erilaiset materiaalit voivat vapauttaa samoja haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Siksi sisäilmasta mitatun yhdisteen lähdettä ei voida päätellä yhden mittauksen perusteella eikä ilman laajempaa kohdetutkimusta.

VOC-yhdisteisiin kuuluvat muun muassa seuraavat orgaaniset yhdisteet (Sisäilmayhdistys 2022):

- alkaanihiilivedyt (esim. heksaani, dodekaani, undekaani)
- terpeenit (esim. α -pineeni, β -pineeni, 3-kareeni, limoneeni)
- aromaattiset hiilivedyt (esim. tolueeni, bentseeni, ksyleenit, styreeni, trimetyylibentseeni)
- klooratut hiilivedyt (esim. 1,4-diklooribentseeni, trikloorietyleeni)
- alifaattiset aldehydit (esim. heksanaali, nonanaali)

- alkoholit (esim. etanoli, n-butanoli, propanoli, 2-etyyli-1-heksanoli)
- esterit ja ketonit (esim. n-butyyliasetaatti, asetonit)
- muut yhdisteet (esim. pyridiini, siloksaanit).

Alifaattisten ja aromaattisten hiilivetyjen esiintyvyys on vähentynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana, mikä liittyy todennäköisesti rakennusmateriaalipäästöjen väheneemiseen, 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 hygienia tuotteiden ja siivousaineiden muutoksiin. Näiden yhdisteiden esiintyvyyden kasvu saattaa osin selittyä myös analytiikan kehittymisellä, mihin viittaa keskimääräisten pitoisuuksien aleneminen määräysrajan ylittävissä näytteissä. Alkoholien osalta on havaittavissa siirtymää 2-etyyli-1-heksanolista C9-alkoholeihin, mikä selittyy PVC-muovimattojen pehmittimien muuttumisella. (Wallenius et al. 2021)

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 muu vaurio. Kierrätysmateriaalien yleistymisen mattopäällysteiden valmistuksessa on joissakin tapauksissa lisännyt tuotteiden ominaispäästöjä.

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

3.5.2 Terveysvaikutukset ja vaikutus sisäilmastoon

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet) ovat yleisiä sisäilman yhdisteitä. Niitä vapautuu asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilmaan monista eri lähteistä. VOC-yhdisteiden on havaittu voivan aiheuttaa erilaisia ärsytysoireita. Joidenkin yhdisteiden kohdalla aineen matala hajukynnys voi myös aiheuttaa viihtyvyyshaittaa sisäympäristöissä.

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

Muovimattopäällysteiden vaurioista syntyvät VOC-päästöt voivat nostaa tilassa esiintyviä sisäilmapitoisuuksia. Haju- ja viihtyvyyshaittojen lisäksi muovimattopäällysteiden vauriot voivat ilmapölyisesti vaikuttaa myös tilojen käyttäjien terveyteen. Siksi haittojen poistaminen voi olla perusteltua myös terveystieteestä. Kaikissa tilanteissa rakenteessa oleva vaurio ei kuitenkaan aiheuta terveyshaittaa. Lattiapäällysteessä olevan vaurion vaikutus sisäilmaan ja tilojen käyttäjien altistumiseen riippuu vapautuvien yhdisteiden ominaisuuksien lisäksi niiden pitoisuuksista ja altistumisajasta. Esimerkiksi kansainväliset terveystieteelliset arvot (EU-LCI, Lowest Concentration of Interest ja RW, Richtwerte) perustuvat elinikäiseen altistumiseen.

Muovimattopäällysteen vauriosta syntyvä tavanomaisesta poikkeava pitoisuus sisäilmassa ja siihen liittyvä terveydellisen merkityksen tai terveyshaitan arviointi perustuvat nykyisin ilmasta otettavaan VOC-näytteeseen. Ilmanäyte ottaa huomioon lattiasta vapautuvan emission lisäksi myös ilmanvaihdon laimentavan vaikutuksen. Mikäli tavanomaisesta poikkeavaa pitoisuutta ja siitä mahdollisesti syntyvää terveyshaittaa arvioitaisiin suoraan lattiasta otettavan näytteen analyysillä, tulisi näytteen lisäksi arvioida, minkälaisen emission lattiapäällyste aiheuttaa sisäilmaan, kuinka paljon ilmanvaihto laimentaa pitoisuutta ja muut haitan kokonaisarviointiin liittyvät tekijät. FLEC-näyte (FLEC, Field and Laboratory Emission Cell) kuvaa lattiapäällysteistä vapautuvaa emissiota, mutta ei huomioi ilmanvaihdon laimentavaa vaikutusta. Näistä syistä ilmanäytteen katsotaan olevan toimivin tapa arvioida haittaa nimenomaan altistumisen näkökulmasta. Ilmanäyte kuvaa ilman laatua ja yhdessä materiaalinäytteen tai pintaemissionäytteen kanssa voidaan myös päätellä sisäilmassa todetun ärsyttävän tai hajuhaittaa aiheuttavan yhdisteen lähdettä.

Asuntojen ja muiden oleskelutilojen sisäilman toimenpiderajoista säädetään sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön *asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015)*. Erityisesti lattia-

pinnoitteen/päällysteen vaurioihin liittyvien VOC-yhdisteiden toimenpiderajat on määritetty TXIB:lle ja 2-EH:lle. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen terveyshaitan valvonnassa toimivaltainen viranomaisena on kunnan terveydensuojeluviranomainen. Työympäristöjen olosuhteiden arviointiin Työterveyslaitos (TTL) on antanut omat tavoitearvot. Työpaikkojen valvonnassa toimivaltainen viranomaisena on aluehallintoviraston työsuojeluviranomainen. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat tai Työterveyslaitoksen tavoitearvot eivät ole terveysperusteisia, vaan kertovat enemmän epätavallisesta pitoisuudesta ja siihen liittyvästä jatkotoimenpidetarpeesta.

Jokaisella yhdisteellä on oma yksilöllinen haitallinen pitoisuus, minkä lisäksi yhdisteeseokset voivat vaikuttaa koettuihin tasoihin. Ihmiset kokevat haitat eri tavoin. Työterveyslaitos ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) ovat tehneet toimistotyyppisten tilojen ja asuntojen VOC-ilmapitoisuuksista katsaukset (Juntunen et al. 2022, Wallenius et al. 2021), 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.

Korkeina pitoisuuksina VOC-yhdisteet voivat aiheuttaa tilojen käyttäjille oireita, mutta asunnoissa ja toimistotyyppisissä tiloissa pitoisuudet ovat useimmiten niin pieniä, että haitat terveydelle ovat epätodennäköisiä. Tilojen käyttäjien kokemasta oireilusta ei voi tehdä suoraa johtopäätöstä siitä, että oireilu johtuisi juuri lattian pintarakenteen päästöistä tai siinä todetusta vauriosta. Korjausten onnistumisen tavoitteeksi tai mittariksi ei voida myöskään asettaa pelkästään sitä, että tilan käyttäjien oireet poistuvat.

Oireiden syntymiseen vaikuttavat lattian päällystemateriaalien lisäksi myös lukuisat muut tekijät yhtä aikaa ja ne vaihtelevat yksilöittäin. Se, että ihminen saa oireita, on aina kaikkien tekijöiden summa, eikä eri tekijöiden osuutta oireiden syntyyn pystytä erottamaan toisistaan. Jos lattian korjaamisen myötä tilan käyttäjien oireilu vähenee, on korjaustoimenpiteellä ollut tällöin merkitystä oireiluun. Tilan käyttäjien kokemaa oireilua tai havaitsemia hajuhaittoja ovat usein käynnistämässä muovimattopäällysteen kunnan selvittämistä. Tilan käyttäjille suunnatut käyttäjäkyselyt voivat auttaa kohdistamaan tutkimuksia juuri niihin tiloihin, joissa haittoja on koettu eniten. Muovimattojen vaurioita tulisi kuitenkin tarkastella ennen kaikkea rakennusteknisenä ja olosuhteasiana.

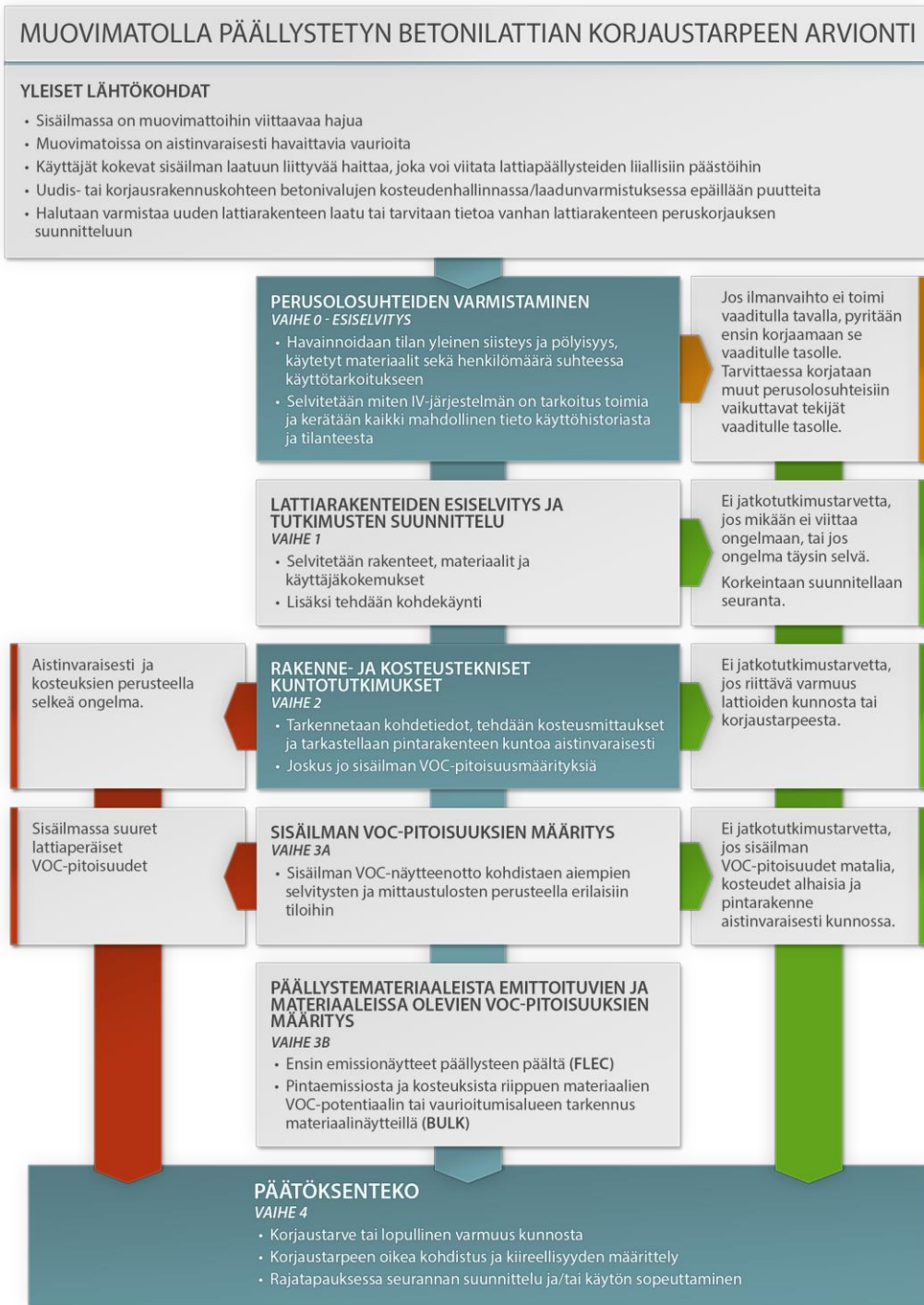
4 Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointi

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 korjaustarpeen arviointi on tilanteissa, joissa muovimattoa epäillään sisäilman kohonneiden VOC-pitoisuuksien lähteeksi, mutta matossa ei ole aistinvaraisesti havaittavaa vaurioitumista.

Sisäilmassa aistitut hajut sekä tilassa oleskelevien oireilu ovat usein lähtökohtana epäilylle, että muovimatosta haihtuu tavanomaista enemmän VOC-yhdisteitä. Syyksi epäillään usein betonin liiallisen kosteuden aiheuttamaa muovimaton tai mattoliiman kemiallista hajoamista, vaikka kyse voi olla jostain aivan muusta. Ongelmaepäilyn aiheuttaja voi olla esimerkiksi puutteellisesti toimiva ilmanvaihto. Asian haastavuutta lisää se, että muovimatot ovat harvoin kokonaan hajuttomia.

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarvetta ei tule määrittää yksittäisen VOC- tai kosteusmittauksen perusteella, vaan kohdetta tulee aina tarkastella laajemmin. Huomioon otettavia seikkoja ovat mm. kohteen ilmanvaihto, lattian rakenne- ja kosteustekninen toimivuus sekä käytetyt materiaalit. Lisäksi varsinkin uusissa rakennuksissa on syytä ottaa huomioon kohteen rakennusaikaiset tapahtumat. Vanhemmissa rakennuksissa arvioidaan esimerkiksi maakosteuden vaikutusta alapohjan pintarakenteisiin. Laajempaa kohteen peruskorjausta varten arvioidaan mahdollisten vaurioiden lisäksi pintarakenteiden jäljellä olevaa käyttöikää/korjaustarvetta.

Korjaustarpeen arviointi perustuu erilaisiin selvityksiin, mittauksiin ja aistinvaraisiin havaintoihin. Kuvassa 11 on esitetty systemaattisesti etenevä ja varsin laaja prosessi korjaustarpeen arviointiin. Käytännössä vaiheet usein limittyvät ja ne voidaan tehdä tapauskohtaisesti perustellusti vaihtoehtoisessa järjestyksessä. Ohjeistuksessa käydään läpi korjaustarpeen arvioinnin prosessia ja viitataan prosessikaaviossa esitettyihin eri vaiheisiin.



Kuva 11. Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arvioinnin lähtökohta ja selvitysprosessin päävaiheet. Kohteen koosta ja tilanteen luonteesta riippuen vaiheita saattaa olla mahdollista yhdistää. Joskus yksikin vaihe saattaa vaatia useamman käynnin kohteella.

Epäselvissä tapauksissa on suositeltavaa tehdä ensin rajatun alueen koekorjaus seuranta-mittauksineen ja sen perusteella arvioida laajempien korjausten tarvetta. Mikäli epäilyalaiset alueet ovat rajallisia eikä niiden korjaaminen edellytä suuria investointeja suhteessa laajempien tutkimusten 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 ensin saada muilla tutkimusmenetelmillä selvitettyä. Joskus tietyillä kosteusmittauksilla ja aistinvaraisilla tarkasteluilla voidaan löytää vaurioita nopeastikin, mutta päällysteen vaikutus sisäilman laatuun ja siten esimerkiksi mahdollisten korjausten kiireellisyyden arviointi edellyttää usein systemaattisesti etenevää tarkastelua.

Ennen korjaustarpeen arviointiin liittyvien tutkimuksen aloittamista on syytä määrittää niiden tarkoitus ja tavoite. Tämä ohjaa valitsemaan tarkoituksenmukaiset mittaus- ja analyysimenetelmät. Tutkimusmenetelmiä ei tule valita niiden edullisuuden tai helpouden perusteella. Oleellista on saada hyödynnettävissä olevaa tietoa sekä riittäväällä tarkkuudella tulkittavissa olevia mittaustuloksia, joille on olemassa tunnettuja vertailuarvoja.

Ennen varsinaisia lattiarakenteeseen kohdistuvia selvityksiä ja tutkimuksia on syytä ensin varmistaa kohteen ilmanvaihdon toimivuus ja mahdolliset muut selkeät sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät (*Esiselvitysvaihe 0: Perusolosuhteiden varmistaminen*). Mikäli ilmanvaihto todetaan toimivaksi, eikä tilassa havaita muita sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä, siirrytään lattiarakenteen tarkempaan tarkasteluun.

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 sisäilmateknisiä löydöksiä arvioidaan kokonaisuutena terveysperusteinen näkökulma huomioiden. Terveysperusteinen näkökulma on vähintään käyttäjäkokemusten huomiointia.

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: *Päällystemateriaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC-pitoisuuksien määrittäminen.*

Vaiheessa 4: *Päätöksenteko* 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 välttää samalla turhia kustannuksia aiheuttavaa ylikorjaamista.

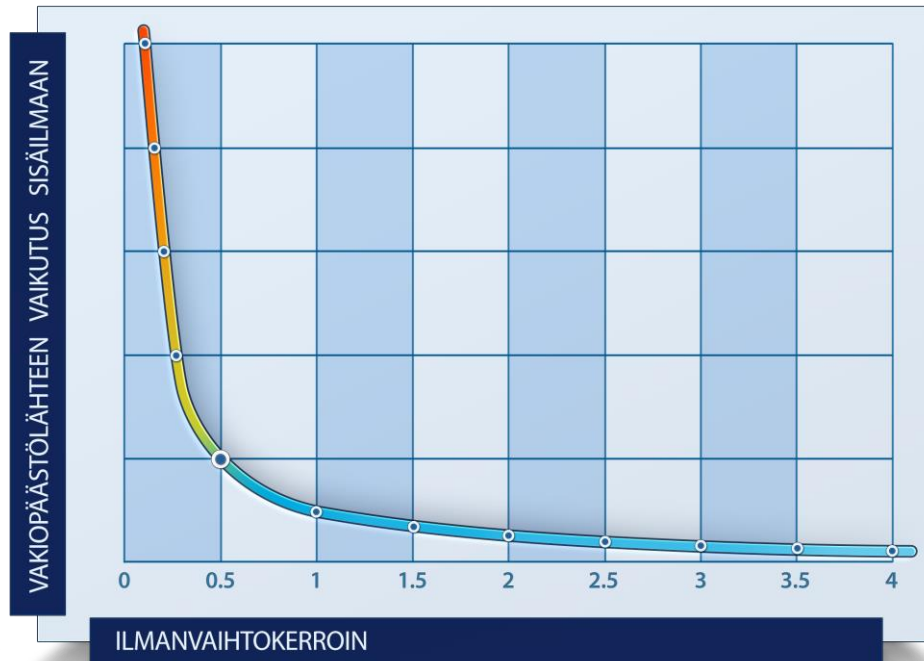
Tämä korjaustarpeen arviointiprosessi noudattaa ja täydentää ympäristöministeriön julkaisua *Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016 (Pitkäranta M. toim., 2016).*

4.1 Perusolosuhteiden varmistaminen (Esiselvitysvaihe 0)

Mikäli muovimattoa epäillään sisäilmaongelman lähteeksi, on ensiarvoisen tärkeää varmistaa kohteen ilmanvaihdon toimivuus ennen muita tarkempia selvityksiä. Puutteellisesti toimivan ilmanvaihdon takia sisäilman VOC-pitoisuudet voivat nousta haitalliseksi tasolle, vaikka emissiotuotto lattiasta olisi normaali.

Lisäksi on syytä arvioida tilojen puhtauden, käytöstä aiheutuvien päästöjen ja esimerkiksi pölyisyyden vaikutusta sisäilman laatuun sekä varmistaa, että tilojen käyttö on suunnitellun mukaista.

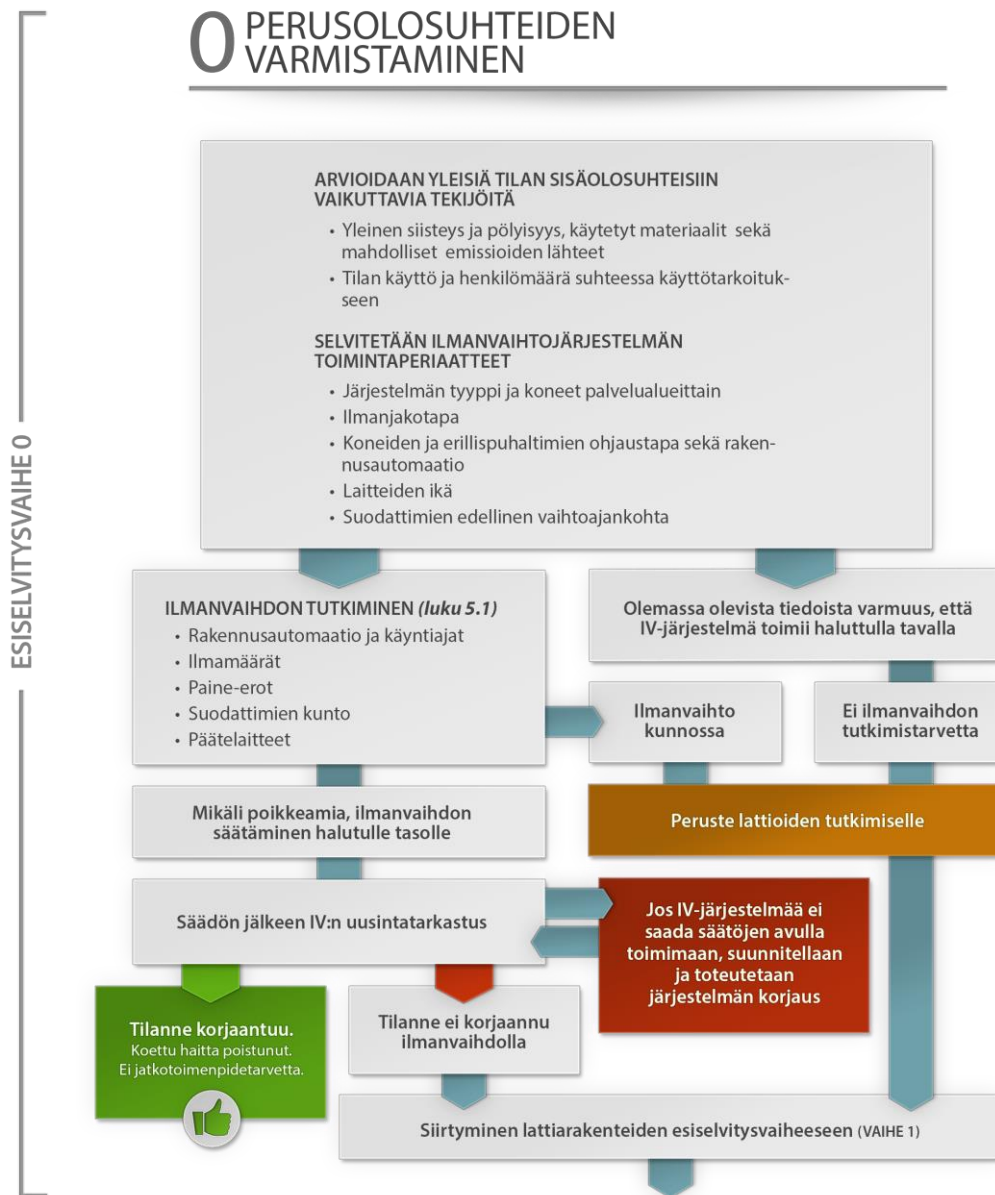
Ilmanvaihtuvuuden perusteella voidaan arvioida mahdollisten materiaaliemissioiden poistumista tarkasteltavasta tilasta. Tilan tai rakennuksen ilmanvaihtokerroin vaikuttaa olennaisesti siihen, mikä vaikutus materiaaliemissioilla on sisäilman epäpuhtauspitoisuuteen. Asumisterveysasetuksen toimenpideraja asunnoissa on $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$, joka vastaa keskimäärin ilmanvaihtokerrointa 0,5 1/h. Tätä pienemmällä ilmanvaihtokertoimella sisäilmapitoisuudet voivat nousta hyvinkin jyrkästi. Vastaavasti kasvatettaessa ilmanvaihtokerrointa yli 1 1/h, jää epäpuhtauksia laimentava vaikutus suhteellisesti pienemmäksi (kuva 12).



Kuva 12. Ilmanvaihtokerroimen vaikutus sisäilmapitoisuuden suuruusluokkaan.

Mikäli ilmanvaihdon toiminnassa havaitaan puutteita, on aluksi hyvä 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. Esiselvitysvaiheessa riittää usein karkean tason ilmanvaihto-tarkastelu. IV-tutkimuksia voidaan tarpeen mukaan jatkaa pidemmälle muiden tutkimusten yhteydessä.

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin esiselvitysvaiheen 0 (*Perusolosuhteiden varmistaminen*) eteneminen ja toimenpiteitä on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Kaaviokuva muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin esiselvitysvaiheesta 0: Perusolosuhteiden varmistaminen.

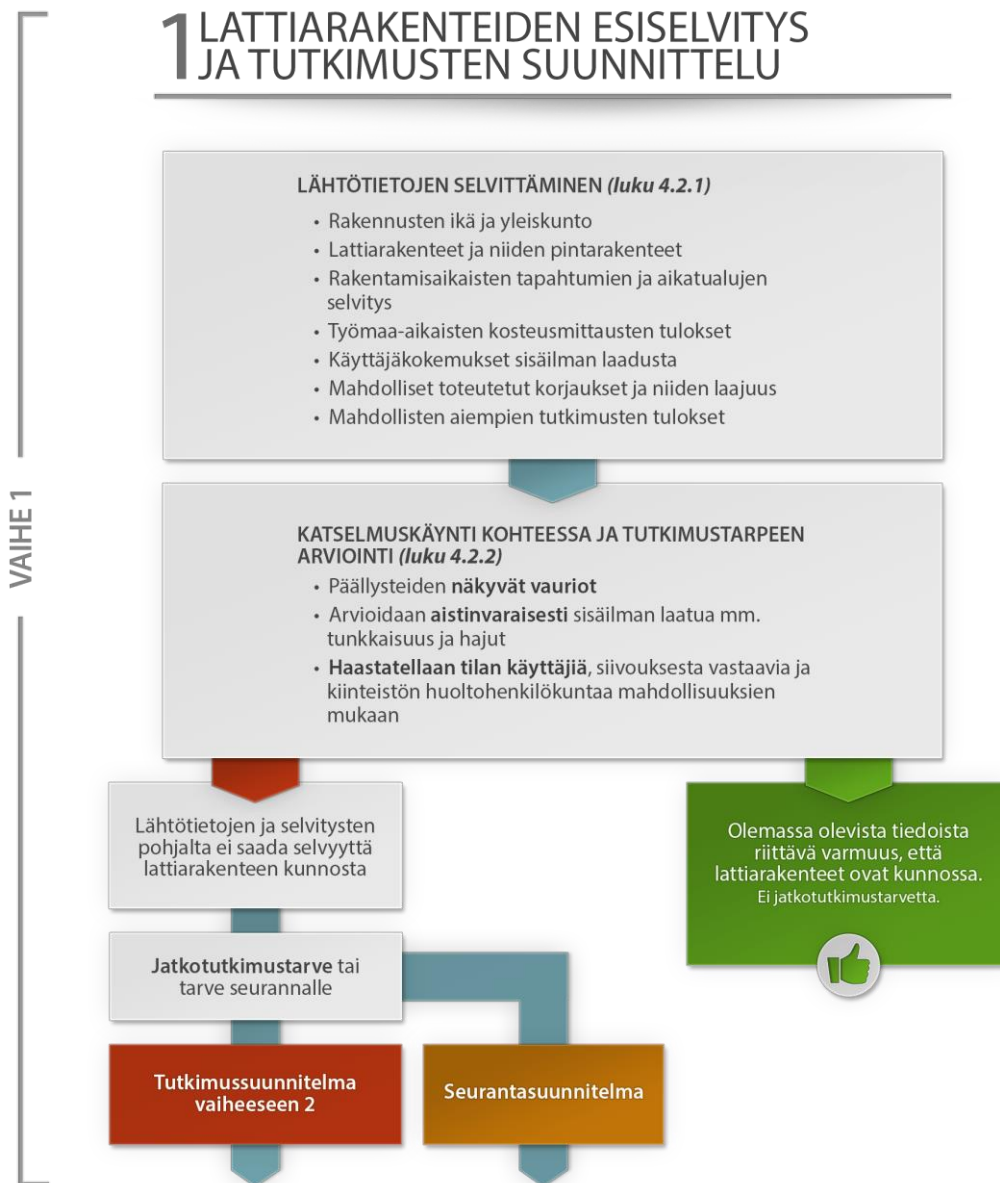
4.2 Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimusten suunnittelu (Vaihe 1)

Ennen varsinaisten lattioihin kohdistuvien tutkimusten aloittamista on hyvä selvittää kohteen lähtötiedot dokumenttien, haastattelujen ja mahdollisen katselmuskäynnin pohjalta. Lähtötietojen ja katselmuskäynnin havaintojen avulla voidaan arvioida tarkempien tutkimusten tarvetta ja tarvittaessa laatia jatkotutkimussuunnitelma.

Lattiarakenteiden esiselvitysvaiheessa on tärkeää tarkastella ja tunnistaa myös muita sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä kuin mahdollinen päällystevaurio, ellei näitä ole selvitetty jo aiemmin ”0-vaiheessa”. Tällaisia ovat 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.

Joskus ongelman syy voi olla niin ilmeinen, että korjaustarpeen arvioinnissa voidaan suoraan (ilman esiselvitysvaihetta) siirtyä prosessin myöhäisempiin vaiheisiin.

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin vaihe 1: *Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimusten suunnittelu* on tarkemmin esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Kaaviokuva muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin vaiheesta 1: *Lattiarakenteiden esiselvitys ja tutkimusten suunnittelu.*

4.2.1 Lähtötietojen selvittäminen

Lähtötietona pyritään selvittämään mahdollisimman kattavasti muun muassa

- rakennuksen ikä ja yleiskunto
- lattiarakenteet ja niiden pintamateriaalit
- uudiskohteissa liiallista rakennekosteutta epäiltäessä rakentamisaikataulu ja erityisesti lattiarakenteen kuivumiseen liittyvät seikat (betonivaluajankohta sekä tasoitus- ja päällyysajankohdat, betonilaadut, kuivumisajat ja -olosuhteet)
- työmaa-aikaiset kosteusmittausraportit
- käyttäjien kokemukset kohteen sisäilman laadusta, tilakohtaisista vaihteluista ja taustalla olevista terveyshaittaepäilyistä liittyen rakennuksessa oleskeluun. Yhteistyö terveydenhuolto- ja työsuojeluhenkilöstön kanssa on usein oleellista varsinkin suurissa ja/tai julkisissa kohteissa. Pienemmissä kohteissa terveydenhuoltohenkilöstöä voi edustaa esimerkiksi yksittäisen henkilön lääkäri.
- toteutetut korjaustoimenpiteet ja niiden laajuus
- 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 (esim. värjäytymät, maton irtoaminen alustastaan, kupruilu)
- sisäilman laatu aistinvaraisesti (esim. mahdollinen tunkkaisuus ja hajut)
- karkealla otannalla pintakosteusilmmaisimella mahdollisesti havaituista kosteammista alueista.

Katselmuksen yhteydessä haastatellaan mahdollisuuksien mukaan tilan käyttäjiä sekä kiinteistön siivouksesta ja huollosta vastaavia henkilöitä. Käyttäjäkokemukset on hyvä saada tietoon mahdollisimman tarkoin, vaikka kokonaisuuden arviointi pyritään tekemään teknisin perustein.

Katselmuskäynti ja esiselvitysvaiheen 0 ilmanvaihdon tarkastelu voidaan myös yhdistää.

4.2.3 Esiselvitysten tulkinta ja tutkimussuunnitelman laadinta vaiheeseen 2

Jos muovimattovaurion syy on ilmeinen, jatkotutkimusten sijaan riittää usein ongelman aiheuttajan poistaminen ja päällysteen uusinta. Ilmeisiä syitä voivat olla esimerkiksi selkeä kosteusvaurio, väärin hoitomenetelmien aiheuttama maton pinnan vaurioituminen tai elinkaarensa loppupäässä oleva matto. Jos vaurioepäily kohteena on vain yksi huone tai muuten rajattu alue, lattiapäällyste on usein edullisempaa uusien ilman laajempia tutkimuksia. Tällöin ongelma saadaan usein myös poistettua nopeasti.

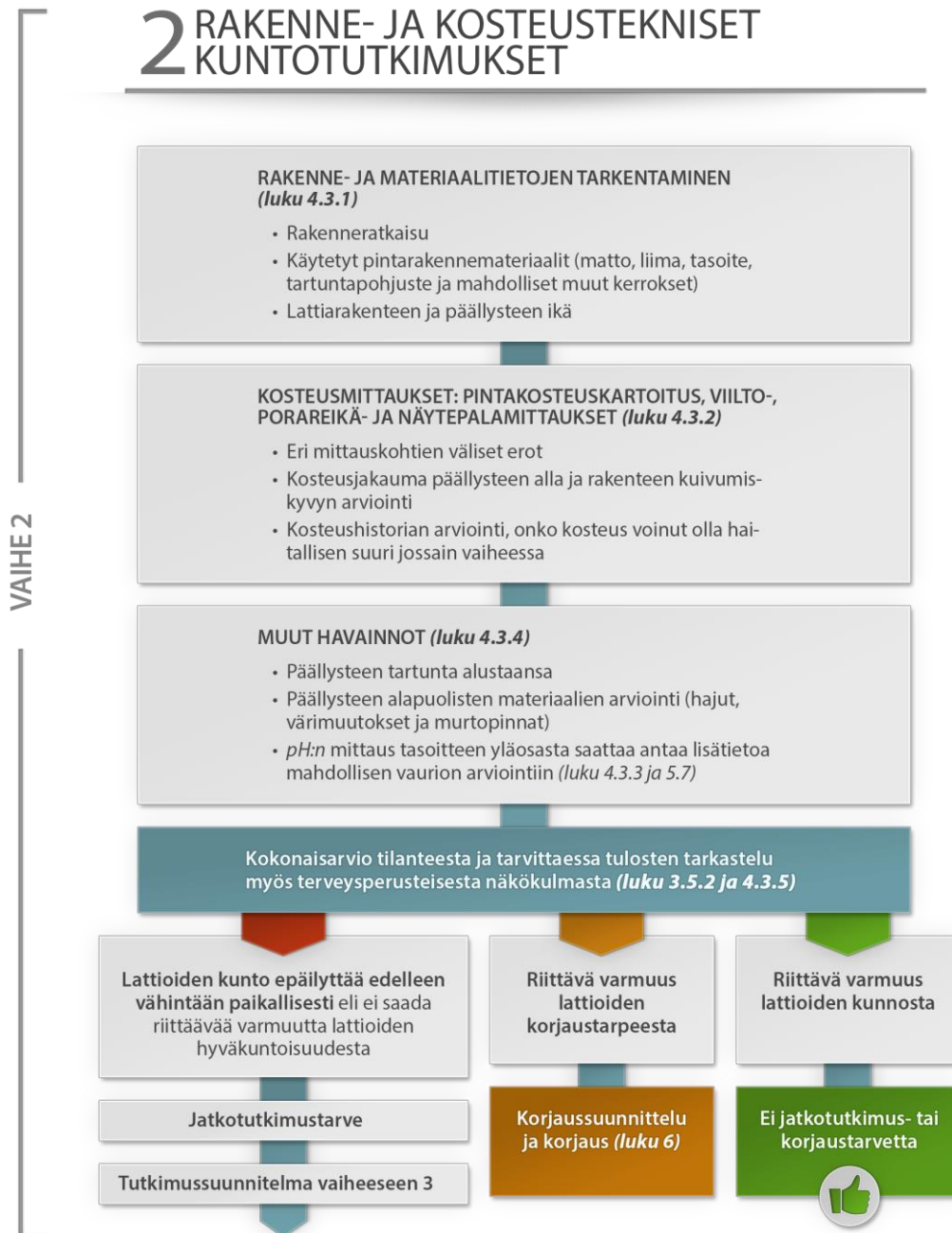
Esiselvitysten tulosten tulkinnassa ja jatkotoimenpiteitä suunniteltaessa voidaan noudattaa seuraavia ohjeita:

- Jos muovimatossa on näkyviä vaurioita, värjäntymiä tai se on selvästi käyttöikänsä päässä → Muovimatto on tarkoituksenmukaista uusien ilman laajoja jatkotutkimuksia. Ennen uuden maton asentamista on kuitenkin syytä tarkistaa betonirakenteen kosteus ja pinnan kunto.
- Jos lattiarakenteeseen kohdistuu kosteusvaurioepäily → Tarvitaan tarkemmat kosteustekniset tutkimukset.
- Jos sisäilmassa havaitaan normaalista poikkeavia hajuja → Tarvitaan tarkemmat tutkimukset päästölähteiden tunnistamiseksi.
- Jos käyttäjien kokemat terveyshaitat terveydenhoitoalan ammattilaisen tulkitsemana viittaavat lattiapäällystevaurioihin ilman näkyviä kosteusvauriomerkkejä → Tarvitaan tarkemmat ja kattavat tutkimukset kokonaisvaltaisen arvion saamiseksi.

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

4.3 Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset (Vaihe 2)

Mikäli lattiarakenteiden esiselvitysvaiheessa 1 ei saada riittävästä varmuudesta lattian kunnosta ja selvitys on tuonut esiin jatkotutkimustarpeen, siirrytään korjaustarpeen arvioinnissa vaiheeseen 2: *Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset*. Rakenne- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten tulosten perusteella voidaan yleensä arvioida pintarakenteen vaurioitumisen syytä. Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin vaihe 2: *Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset* on esitetty tarkemmin kuvassa 15.



Kuva 15. Kaaviokuva muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin vaiheesta 2: Rakenne- ja kosteustekniset kuntotutkimukset.

4.3.1 Rakenne- ja materiaalitietojen tarkentaminen

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin vaihe 2 aloitetaan yleensä kohteen rakenne- ja materiaalitietojen tarkentamisella. Johtopäätösten tekemistä varten oleellisia tietoja ovat muun muassa

- yksityiskohtaiset tiedot rakenneratkaisuista (mm. rakennetyypit ja rakenevahvuudet)
- käytetyt pintarakennemateriaalit (muovimatto, liima, tasoite, tartuntapohjuste ja mahdolliset muut kerrokset kuten esimerkiksi kapselointikerrokset). Materiaaleista pyritään selvittämään mahdollisuuksien mukaan 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

Kosteusmittauksilla on tärkeä rooli muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arvioinnissa, sillä merkittävä osa vaurioista on lattiarakenteessa olevan liiallisen kosteuden aiheuttamia.

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

Kosteuspitoisuus välittömästi muovimaton alla voidaan mitata viiltomittauksella (luku 5.2.2). Koko lattiarakenteen kosteusjakauma voidaan määrittää rakenteessa eri syvyyksistä tehtävillä betonin suhteellisen kosteuden mittauksilla (luvut 5.2.3 ja 5.2.4).

Jos pintakosteuskartoituksella on löydetty eroja saman lattian eri alueilla, viiltomittaukset ja porareikämittaukset on hyvä kohdistaa sekä mahdollisesti kosteammalle että kuivemmalle alueelle.

Rakenteesta useammalta eri syvyydeltä ja eri rakennekerroksista tehtävillä kosteusmittauksilla saadaan määritettyä rakenteen kosteusjakauma, joka auttaa arvioimaan sekä kosteuden kulkusuuntaa että pintarakennejärjestelmään (matto, liima, tasoite) kohdistuvan kosteusrasituksen suuruutta. Jos esimerkiksi lattiarakenteessa on noin vuoden päästä päällystämistä selvä kosteusjakauma, jossa 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. arvostelusyvyuden kosteutta. Tietoa voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi arvioitaessa, onko betonissa ollut liikaa kosteutta päällystyshetkellä.

Rakenteen kosteuden arviointi pintakosteusilmamaisimella ja rakennekosteusmittauksin rakenteen ikä, rakenneratkaisut ja pintarakennetiedot huomioon ottaen antaa yleensä varsin hyvän kuvan pintarakenteeseen liittyvistä riskeistä, kun tarkasteluun liitetään vielä aistinvarainen arviointi huonetilasta sekä muovimatosta ja sen alta.

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

Uusissa rakennuksissa tutkimuksilla voidaan pyrkiä arvioimaan, onko betonilattian kosteustila täyttänyt päällystyshetkellä sille asetetut vaatimukset. Päällystyshetken rakennekosteuden määrän arviointi on kuitenkin vaikeaa pelkkien myöhemmin tehtävien kosteusmittausten perusteella, joten arviointi vaatii tuekseen aiemmin mainittuja rakentamisen aikaisia taustatietoja. Vanhemmissa rakennuksissa lattiarakenne on yleensä kuivunut lähes kokonaan, jolloin mahdolliset rakennuksen valmistumisen jälkeen tapahtuneet kastumiset tai vanhat vaurioalueet saattavat erottua hyvinkin selke-

ästi. 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 vaikutusta pintarakenteen mahdolliseen vaurioitumiseen. Siksi korjaustarvetta arvioitaessa on tärkeää selvittää lattiarakenteessa käytettyjen tasoitteiden laatu (mahdollinen matala-alkalisuus, pH) sekä paksuus. Joskus voi olla tarpeellista mitata liimaan kontaktissa olevan pinnan pH (ks. luku 5.7), jotta voidaan arvioida liiman vaurioitumisriskiä (onko pH mahdollisesti vaurioita aiheuttavalla vai vaurioitumattomuuteen viittaavalla tasolla).

4.3.4 Muu havainnointi

Rakenne- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen yhteydessä tulee aina tehdä aistinvaraisia havainnoita muovimaton mahdollisesta värjäytymisestä ja kupruilusta sekä tartunnasta alustaan. Lisäksi olisi hyvä mahdollisuuksien mukaan arvioida muovimaton alapuolisen tilan hajua sekä liiman koostumusta.

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.

Yksinkertainen menetelmä tartunnaltaan heikkojen alueiden löytämiseen on ns. kopojen etsintä. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi liu'uttamalla ruuvimeisselin tai vastaavan vartta lattiapäällysteen päällä samalla havainnoiden 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 käsi-voimin. Varsinaisten vetokokeiden tekemistä ei yleensä suositella, koska tartuntalujuudelle ei ole olemassa selkeitä tavoitearvoja.

Tartuntaa testattaessa hyväkuntoisen uuden pintarakennejärjestelmän murtuminen tapahtuu tyypillisesti liimakerroksesta eli liimaa jää sekä mattoon että sen alapuoliseen tasoitteeseen. Kuivalle alustalle asennetut joustovinyylimatot irtoavat tyypillisim-

min 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 heikkolujuksisen tasoitteen pinnalle. Näissä tapauksissa pintarakenne on yleensä kunnossa (kuva 16).



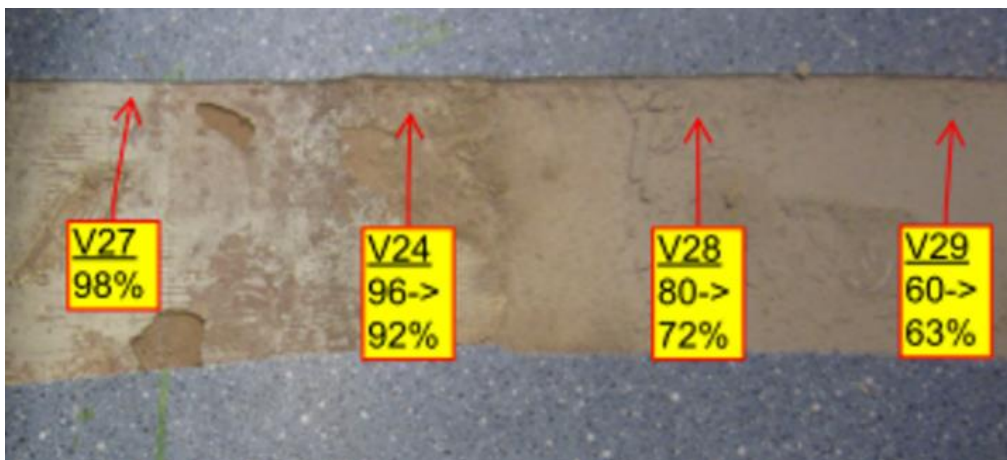
Kuva 16. Alustaan liimattua muovimattoa on avattu aistinvaraista tarkastelua varten pieneltä alueelta. Maton avauksen yhteydessä tasoitteen pintaosa irtosi tasalaatuisesti maton ja liiman mukana koeavausalueen kosteimmallakin alueella, jonka oletettiin olevan emissiovaurioitunut. Avauksen yhteydessä ei juurikaan aistittu hajua. Tarkkaan valitun avauskohdan perusteella pintarakenteen todettiin olevan kauttaaltaan hyväkuntoinen. (Kuva: Vahanen Rakennusfysiikka Oy)

Muovimattoa voidaan avata pieniltä alueilta aistinvaraista havainnointia varten. Avatusta kohdasta voidaan arvioida maton alapuolisen tilan (liiman ja tasoitteen) hajua, maton, liiman ja tasoitteen tartuntaa alustaan sekä niiden koostumusta. Maton avauksesta maton alapuolisia yhdisteitä pääsee sisäilmaan, minkä takia sisäilman VOC-näytteitä ei pidä ottaa pian avausten jälkeen, vaan mieluiten ennen avauksia.

Muovimaton avauksen yhteydessä havaitaan lähes poikkeuksetta aina jonkin verran liiman ja tasoitteen hajua, mikä on normaalia. Poikkeuksellisen voimakas ja tavanomaisesta poikkeava haju voi kuitenkin viitata kohonneisiin sekundääriemissioihin. Arvio hajuista voidaan tehdä esimerkiksi vertailemalla keskenään oletetusti vaurioitunutta ja vaurioitumatonta aluetta. Yksittäisen henkilön hajuaistimukset ovat aina hyvin subjektiivisia, joten hajujen perusteella tehtävät johtopäätökset tulisi aina varmentaa myös muulla tavalla.

Aistinvaraisessa havainnoinnissa tutkijan tulee aina olla varovainen oman terveytensä kannalta. Ennen hajuhavainnointia on syytä arvioida silmämääräisesti, onko haistelu ylipäätään välttämätöntä.

Mikäli tutkimuksilla päädytään lattioiden korjaamiseen, aistinvaraista arviointia on hyvä jatkaa laajemmilla koeavauksilla ja varsinaisten purkutöiden aikaisilla havainnoilla sekä havaintojen dokumentoinnilla. Havainnot auttavat korjausalueen rajaamisessa ja korjausmenetelmien valinnassa.



Kuva 17. Kuvaan on havainnollistettu paikoin kosteusteknisesti toimimattoman maanvaraisen betonilattiarakenteen muovimaton alapuolisia kosteusmittaustuloksia. Mattoa on irrotettu viiltokosteusmittausten jälkeen. Kuvasta voidaan havaita pinnan väri- ym. erot kosteampien ja kuivempien kohtien välillä. (Kuva: Vahanen Rakennusfysiikka Oy)



Kuva 18. Muovimattoa on avattu paikoitellen. Paikallisesti vaurioitunut alue näkyy kuvassa etualalla tummempänä. Matto oli näiltä osin heikosti kiinni alustassa ja haju maton alla oli huomattavasti voimakkaampi kuin kuvan ylälaudassa olevassa hyväkuntoisessa avauskohdassa, jossa pinta oli vaalempi ja matto tiukemmin kiinni alustassa. (Kuva: Vahanen Rakennusfysiikka Oy)

Muovimaton heikkoon tartuntaan alustaansa voi olla useita syitä. Yleisempiä syitä ovat

- kyseiseen käyttöön soveltumaton liima
- liimausalustan huono laatu
- huolimattomasti tehty liimaustyö ja maton asennus (liiman liian vähäinen määrä, ylipitkä liiman avo aika, jyräksen epäonnistuminen)
- liiman vaurioituminen kosteuden takia.

Hyvin korkeassa kosteudessa (esimerkiksi vesivahinkotapauksissa) liima saattaa liueta nestemäiseksi eli saippuoitua. Tällöin liimalla ei ole juuri lainkaan tartuntalujuutta. Liiman saippuoituminen on myös mahdollista, jos muovimaton asennus on tehty erittäin kostealle betonialustalle, jolloin kosteuspitoisuus liimatilassa on alusta alkaen korkea pysyen myös pitkään korkeana. Tällöin liima ei ole välttämättä milloinkaan kovettunut eikä kuivunut kunnolla.

4.3.5 Tulosten tarkastelu ja kokonaisarvio

Lattiarakenteesta tehtyjen kosteusmittausten tulosten sekä aistinvaraisten havaintojen pohjalta voidaan arvioida lattiapäällysteen vaurioitumisen todennäköisyyttä sekä mahdollisen vaurion laajuutta. Johtopäätösten tekeminen on suhteellisen helppoa, kun rakenteesta mitatut kosteuspitoisuudet ovat korkeita ja aistinvaraiset havainnot viittaavat selkeästi vaurioon. Haastavampaa johtopäätösten tekeminen on, kun kosteuskokemukset ovat alle pintarakenteen kriittisen arvon, mutta muut havainnot viittaavat vaurioon. Tällöin voidaan pyrkiä selvittämään, onko pintarakenteen kosteuspitoisuus voinut olla vaurioitumisen käynnistävällä tasolla joskus sen elinkaaren aikana. Lisätukea päätelyyn voi saada esimerkiksi mattoliiman alapuolisen pinnan pH-mittauksella (luku 5.7).

Rakenne- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten jälkeen muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointi etenee seuraavasti:

- Jos lattiarakenteessa on kosteusmittausten perusteella selvästi normaalia korkeampi kosteuspitoisuus ja muovimatossa tai sen alla on selkeä kosteusvaurioon viittaava haju ja/tai näkyvä vaurio → Korjaustarve on ilmeinen. Korjauksen kiireellisyys tulee arvioida.
- Jos muovimatto on selkeästi käyttökänsä päässä ja/tai se on soveltumaton kyseiseen rakennetyyppiin tai käyttötarkoitukseen ja muovimaton aiheuttamasta sisäilmahaitasta on vahva epäily → Nopeasti toteutettava korjaustarve on ilmeinen.

- Jos lattiarakenteen kosteuspitoisuuden epäillään perustellusti olleen aikaisemmin kohollaan ja/tai pintamateriaalien ominaisuuksia ei tunneta ja/tai aistinvaraisesti havaitaan normaalitilanteesta poikkeavaa → Tarve tehdä VOC-mittauksia on ilmeinen korjaustarpeen määrittämiseksi.
- Jos tarkastelualueelta ei löydetä alueita, joissa on näkyviä vaurioita tai lattiarakenteen kosteuspitoisuus on yli kriittisen kosteuden → Lisätutkimuksia tai korjauksia ei välittömästi tarvita, mutta kohde voi jäädä seurantaan. Mikäli käyttäjien oireiluilmoituksia on kuitenkin runsaasti, kohteen tutkimista tulee jatkaa.
- Jos lattiarakenteen kosteuspitoisuuden todetaan (kosteusseurannan tai rakennusfysikaalisen päättelyn perusteella) pysyneen varmuudella kriittisen kosteuspitoisuuden alapuolella koko pintarakennejärjestelmän elinkaaren ajan, eikä aistinvaraisesti havaita normaalista poikkeavaa ja käytetyt materiaalit ovat hyvälaatuisia (esim. M1-luokiteltuja) → Tarkempia lisätutkimuksia tai korjauksia ei suurella todennäköisyydellä tarvita.

4.4 Sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittäminen (Vaihe3a)

Kun kohteen ilmanvaihdon on todettu olevan kunnossa ja lattiarakenteen kuiva sekä aistinvaraisesti tarkasteltuna kunnossa, mutta edelleen sisäilmassa epäillään olevan muovimatosta peräisin olevia kohonneita VOC-pitoisuuksia, edetään arviointiprosessissa sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittämiseen kuvan 19 mukaisesti.

Joskus sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittäminen voi olla perusteltua tehdä jo tutkimusvaiheessa 2. Tällainen tilanne voi esimerkiksi olla, jos päällysteen alapuolinen kosteus on mahdolliseen vaurioon viittaavalla tasolla, tiloissa on selkeästi lattiapäällysteisiin viittaava poikkeava haju tai ilmanvaihtoa epäillään lattiapäällysteperäisen sisäilman laadun huonontumisen syyksi.



Kuva 19. Kaaviokuva muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin vaiheesta 3a: Sisäilman VOC-pitoisuuksien määrittäminen.

Sisäilman VOC-mittauksilla ei voi todistaa, ettei vauriota välttämättä olisi. Alhaiset sisäilman VOC-pitoisuudet eivät suoraan tarkoita, että lattiapäällysteet ovat varmulla kunnossa. Toisaalta sisäilmapitoisuuksien ollessa alhaisia, ei lattiapäällysteillä voi olla merkittävää vaikutusta sisäilman laatuun, vaikka päällysteen alapuoliset pintarakenteissa olevat VOC-pitoisuudet olisivat miten suuria tahansa.

4.4.1 Sisäilman VOC-näytteenotto

Sisäilman VOC-pitoisuutta voidaan mitata aktiivisella ja passiivisella menetelmällä ISO-standardien mukaisesti. 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.

Sisäilman VOC-mittauskohtien valintaan vaikuttavat mahdolliset ongelmaepäilyt, tilan käyttäjien kokemat oireet, kosteusmittaustulokset sekä aistinvaraiset havainnot ja tiedot ilmanvaihdosta. Ilmanvaihtokertoimen tulee normaalin huonekorkeuden tiloissa olla vähintään 0,5 1/h. VOC-näytteen keräyspaikkaa valittaessa tulee huomioida ilmanvaihdon pääte-elinten sijoittelu sekä ilmavirtausten liikkeet tiloissa.

Jos lattiarakenteen kosteuspitoisuuksissa ei ole todettu vaihtelua, VOC-mittauskohdat valitaan mahdollisuuksien mukaan tilan kosteustapahtumien (rakennusaikaiset tapahtumat, mahdolliset vesivahingot), tiloissa aistittavien hajujen tai oirekuvausten perusteella. Summittaisesti toteutettujen VOC-mittausten perusteella ei yleensä voida tehdä tilanteen arviointia näytteenkeräystilaa laajemmalle alueelle. Koska mittausten määrä on rajallinen, tutkimussuunnitelmassa tulee perustella, mistä kohtaa ja miksi näytteet otetaan. VOC-näytteenotossa on suositeltavaa ottaa vaurioepäilyalueen lisäksi näyte parhaassa kunnossa olevalta oletetulta verrokkialueelta.

Sisäilman VOC-mittausten ajankohta on oleellinen (kauanko esimerkiksi ilmanvaihto on ollut päällä ennen ilmanäytteen keräystä). Suositeltavin ajankohta toimistoympäristössä on yleensä aamu, koska useimmissa tapauksissa näytteessä näkyy silloin lähinnä rakenteiden päästöt. Toisaalta myöhemmin päivällä näytteitä kerätettäessä 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, mittaolosuhteiden tulisi olla mahdollisimman samankaltaiset jokaisella näytteenottokerralla. Esimerkiksi korkea lämpötila ja korkea sisäilman kosteus yleensä suurentavat materiaaleista haihtuvien VOC-emissioiden määrää.

Lattiapäällystettä ei saa avata juuri ennen näytteenottoa. Mahdolliset aiemmat kosteusmittausten tai aistinvaraisen arvioinnin takia avatut kohdat tulee paikata tiiviisti ja ajoissa, jotta ilmanvaihto pystyy normalisoimaan tilanteen ennen ilmanäytteenottoa.

Sisäilman VOC-mittausta käsitellään laajemmin 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 esimerkiksi asumisterveysasetuksen (STMa 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 (Wallenius et al. 2021). Lisäksi työperäisille altisteille on olemassa erilaisia työhygieenisiä raja-arvoja, kuten suomalaiset HTP-arvot (STMa 654/2020, HTP, haitallisiksi tunnetut pitoisuudet). Osa edellä mainituista arvoista on terveysperusteisia, jolloin arvot on asetettu niin, että ne suojaavat nykytiedon mukaan haitallisilta terveysvaikutuksilta. Osa taas on viitearvoja, jotka antavat tietoa esimerkiksi altisteiden tavanomaisista pitoisuuksista, ja siten vertailukohdan mittaustuloksille. EU-LCI-arvojen ja RW I ja II -arvojen hyödyntämisessä tulee erityisesti muistaa, että niitä ei ole tarkoitettu käytettäväksi viitearvoina sisäilman laadun arvioinnissa.

Asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) on asetettu toimenpiderajoja tietyille kemiallisille tekijöille, kuten VOC-yhdisteille ja formaldehydille. Toimenpiderajan ylittyminen edellyttää toimenpiteitä terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Asumisterveysasetuksen 15 §:n 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 ovat suomalaisia, lakisääteisiä työhygieenisiä ohjearvoja, jotka on vahvistettu työturvallisuuslain (738/2002) nojalla annetulla sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (654/2020). 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 ohjearvoja, 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. Arvoja ei ole tarkoitettu käytettäväksi viitearvoina sisäilman laadun arvioinnissa

Työterveyslaitos on laatinut viitearvoja toimistotyypissä työympäristöissä mitattaville haihtuville orgaanisille yhdisteille (Wallenius et al. 2021). 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 toimistotyypisten työympäristöjen pitoisuustasoihin. Kokonaispitoisuuden viitearvo toimistotilan huoneilmassa on $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoden 2021 julkaisun mukaan. 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 $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Työterveyslaitoksen ohjeistuksen mukaisesti viitearvojen perusteella ei tule antaa arvioita terveyshaitasta eikä korjaustarpeesta.

Jatkuvatoimisille mittalaitteille ei ole olemassa ohjearvoja. Mittaustulos on suuntaa-antava, eikä yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksia voida päätellä niiden perusteella.

Terveysperusteisten arvojen lisäksi sisäilmassa esiintyville kemiallisille yhdisteille on yleensä määritetty myös niille ominainen hajukynnys. Hajukynnys on pitoisuus, jonka ylittyä ihmiset pystyvät havaitsemaan ko. yhdisteen. Hajukynnysarvot ovat usein suuntaa-antavia, sillä hajun aistimisessa on suuria yksilöllisiä eroja. Hajukynnysten määrittelytavat ovat olleet pitkään samoja, joten melko vanhojakin kynnyksiä voi harkiten hyödyntää tulosten tulkinnassa.

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. Tutkittavan tilan pinta-alan kasvaessa yli 10 m^2 :iin, saadaan VOC-yhdisteet mitattua luotettavimmin poistopäätelaitteen läheisyydestä. Tuloilman määrä ja virtausnopeus vaikuttavat erityisesti pistemäisten päästöjen leviämiseen. Pitoisuudet pienenevät, kun etäisyydet päästölähteen ja mittauspisteen

välillä kasvavat. Kalusteet, sermit, ym. esteet huoneessa muuttavat ilmavirran ja yhdisteiden liikkeitä, mikä olisi huomioitava 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 ominaisemissiot, jotta ei tehdä ylimitoitettuja tai vääriä tulkintoja päällysteen vauriosta. Tulosten tulkitsijalla olisi hyvä olla käytettävissä tiedot tilan lattia-, seinä- ja kattopintojen materiaaleista, sillä niillä on isoina pinta-aloina merkittävä vaikutus sisäilman rakennusmateriaaliperäisiin emissioihin. Tiloissa, joissa on paljon uudehkoja kiintokalusteita, korostuu niistä peräisin olevat emissiot (tyypillisimmin formaldehydi). Tulosten tulkintaa helpottaa vertailunäytteidenotto vaurioitumattomalta alueelta erityisesti silloin, kun materiaalien ominaisemissiot eivät ole tiedossa.

Tuloksiin vaikuttaa merkittävästi mitatun tilan tilavuus, ilmanvaihto, lämpötila ja kosteuspitoisuus. Korkea lämpötila ja korkea sisäilman kosteus lisäävät rakennusmateriaalien päästöjä. Tämä on hyvä ottaa huomioon vertaillessa kesä- ja talviaikaan tehtyjä mittauksia.

Sisäilmanäytteiden tulosten arvioinnissa tulee ottaa huomioon, millä menetelmällä näytteet on analysoitu sekä myös se, mihin adsorbenttiin ilmanäyte on kerätty (ks. luku 5.3).

Toimistorakennuksissa sisäilman pitoisuudet ovat tyypillisesti alhaisemmat kuin asunnoissa johtuen suurelta osin tehokkaammasta ilmanvaihdosta. Myös materiaalivalinnat sekä tilojen käyttö vaikuttavat. Tästä syystä toimistotilojen VOC-tulosten tulkinnassa tulisi ensisijaisesti käyttää Työterveyslaitoksen viiteaineistoa. Viitearvon ylitys ei suoraan tarkoita vaurioita, vaan ainoastaan poikkeamaa koko aineiston suhteen jonkin tietyn materiaalin/tilanteen kohdalla. Jonkin tietyn materiaalin kohdalla TTL:n suuren materiaalikirjon viiteaineisto ei välttämättä ole toimiva vertailukohta.

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

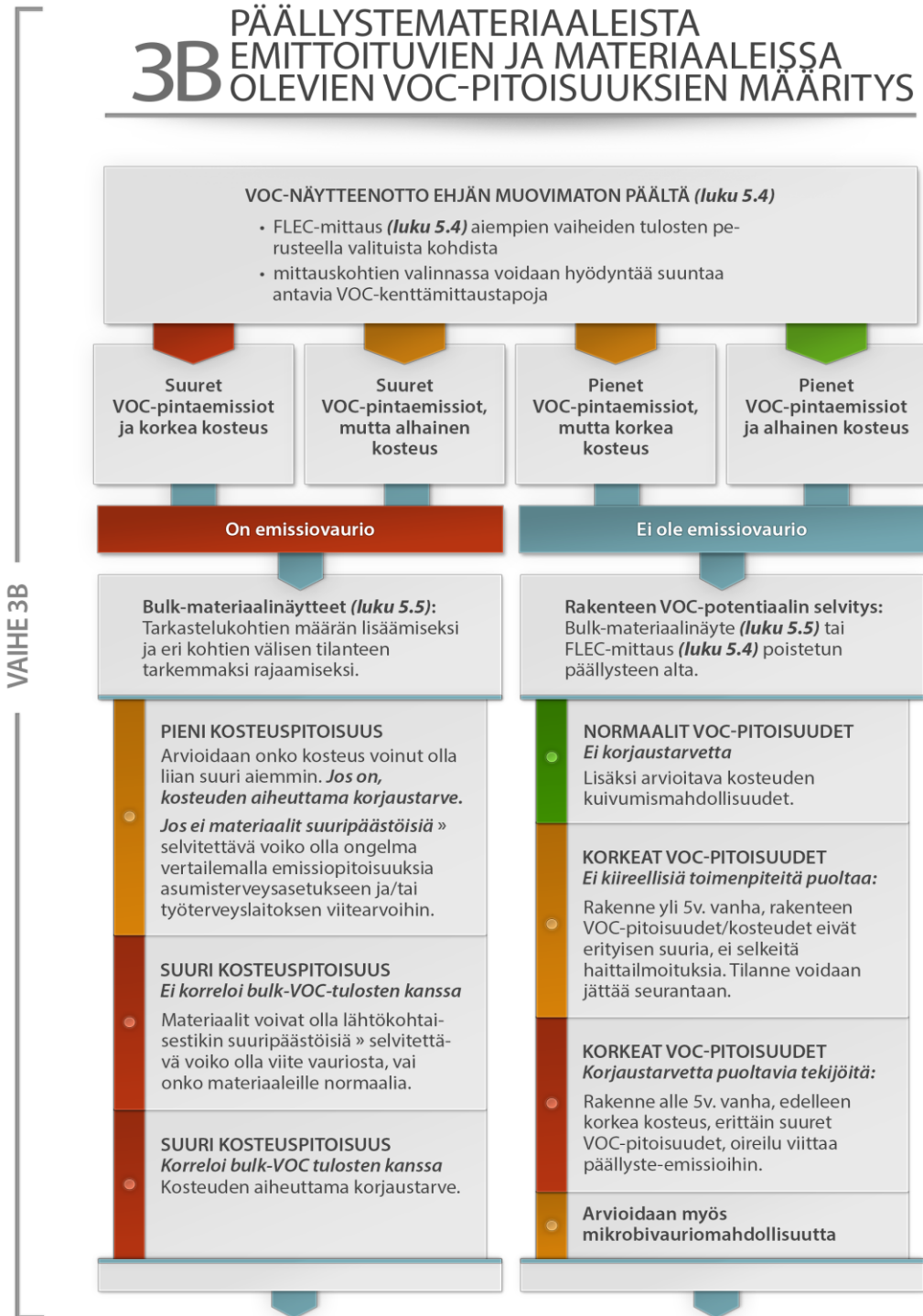
- Jos viitearvot ja vertailunäytteiden tulokset ylittyvät selvästi → Korjaustarve on ilmeinen. Tarvitaan korjauksen kiireellisyyden arviointi.
- Jos viitearvot ja vertailunäytteiden tulokset eivät ylity selvästi → Korjaukset eivät ole kiireellisiä. Arvioidaan korjaus- ja jatkotutkimustarvetta. Erittäin pienten alueiden kohdalla kannattaa arvioida jatkotutkimusten hyöty suhteessa kustannuksiin.

- Jos sisäilman VOC-pitoisuudet ovat normaalitasoa, ilmanvaihto toimii, lattiarakenne on kuiva ja aistinvaraisesti tarkasteltuna hyväkuntoinen → Ei korjaustarvetta. Mikäli käyttäjät silti oireilevat, tulee oireilun aiheuttajaa etsiä muualta kuin muovimatolla päällystetystä lattiarakenteesta.

Pelkkien sisäilmamittausten perusteella ei tule tehdä päätöstä lattioiden korjaustarpeesta. Mikäli sisäilman VOC-pitoisuuksien toimenpiderajat ylittyvät, tulosten analysoinnissa tulee kiinnittää erityisesti huomiota tyypillisiin muovimatosta ja liimasta peräisin oleviin yhdisteisiin. Oleellista on myös huomioida, että asumisterveysasetuksen toimenpiderajat on määritetty varovaisuusperiaatteella, jotta epäkohtiin puututaan ennen kuin terveyshaittoja syntyy.

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

Jotta sisäilman emissiolähde saadaan luotettavasti selville, tulee korjaustarpeen arviointiprosessissa jatkaa vaiheeseen 3b: *Päällystemateriaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC-pitoisuuksien määrittäminen*. Mikäli sisäilman VOC-tulokset ovat alhaisia, mutta lattiarakenteen kosteus on koholla ja muovimaton alla on aistinvaraisesti havaittavissa näkyviä muutoksia, tulee selvitystä jatkaa vaiheeseen 3b ennen mahdollista päätöstä korjauksesta. Selvityksiä varten tulee laatia tutkimussuunnitelma, jossa huomioidaan selvitysten ja mahdollisten korjausten kiireellisyys. Materiaaleista emittoituvien ja materiaaleissa olevien VOC-pitoisuuksien selvitysprosessi on esitetty kuvassa 20.



4.5.1 VOC-näytteenotto muovimaton pinnalta ja materiaaleista irrotetuista näytteistä

Muovimatolla päällystetystä betonilattiasta vapautuvia VOC-yhdisteitä voidaan määrittää suoraan lattian pinnasta FLEC-menetelmällä (luku 5.4) tai materiaaleista irrotetusta näytteestä bulk-menetelmällä, jossa kokonaisemissio mitataan laboratoriossa mikrokammio menetelmällä (luku 5.5). Lattiasta voidaan myös irrottaa materiaalinäyte laboratoriossa tehtäviin pintaemissiotutkimuksiin kammio menetelmällä (luku 5.6) tai FLEC-menetelmällä, jolloin näytteen koon tulee olla näihin soveltuva.

Suoraan lattiarakenteesta ehjän muovimaton päältä FLEC -menetelmällä määritettyjä pintaemissioita voidaan verrata sisäilmasta mitattuun pitoisuuteen, jolloin saadaan mahdollisesti selvitettyä sisäilman VOC-pitoisuuksien lähde.

FLEC-mittaukset ovat varsin työläitä ja kalliita, minkä vuoksi mittauskohdat on syytä valita tarkoin. Mittauskohtien valinnassa tulee hyödyntää korjaustarpeen arviointiprosessin aikaisempien vaiheiden tuloksia. Kun tarkoin valituista kohdista saadaan tulokset, voidaan todetun tilanteen esiintymisaluetta tarkentaa FLEC-mittausten rinnalla helpommilla, nopeammilla ja halvemmilla bulk-näytteenotoilla.

Tulosten tulkinnassa tulee huomioida, ettei sisäilma-, FLEC-, kammio- tai materiaalinäytteistä saatuja mittaustuloksia voida suoraan verrata keskenään, sillä jokainen mittausmenetelmä mittaa eri asiaa (ks. luvut 5.3 - 5.6.)

FLEC-mittaus voidaan tehdä myös muovimaton alapuolisesta rakennepinnasta, esimerkiksi paljaasta betonipinnasta muovimaton poistamisen jälkeen. Mittauksen tarkoituksena on tyypillisesti määrittää rakenteeseen adsorboituneiden VOC-yhdisteiden pitoisuuksia tai arvioida korjausten yhteydessä tarvittavaa tuuletusajan pituutta ja VOC-yhdisteiden merkitystä mahdollisesti tarvittavissa pintarakennekorjauksissa. Vaurioselvityksissä alustabetonin FLEC-mittaus betonin pinnasta tehdään aikaisintaan kolmen vuorokauden kuluttua lattiapäällysteen poistosta yleensä paljaalta betonipinnalta (Järnström 2005).

Bulk-menetelmällä tutkittavasta materiaalista irrotetusta näytteestä mitataan sen kaikilta pinnoilta haihtuvia yhdisteitä. Menetelmällä voidaan selvittää esimerkiksi muovimaton, mattoliiman, tasoitteen ja betonin emissioita samasta kohdasta rakennetta. Bulk-näyte ei yleensä ole tasalaatuinen, vaan sen koostumus vaihtelee näytteenottokohdan mukaan. Kun kohteessa olevasta muovimatosta irrotetaan näyte bulk-analyysia varten, mukaan tulee yleensä eri määriä mattoliimaa ja tasoitetta. Bulk-näyte osoittaa, mitä yhdisteitä matossa, mattoliimassa ja tasoitteessa on (VOC-potentiaali, kokonais-emissio), 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 päällysteestä. Bulk-menetelmän emissiot kuvaavat eri asiaa kuin kohteessa FLEC-menetelmällä mitatut pintaemissiot.

Alustabetoniin imeytyneitä VOC-yhdisteitä voidaan mitata eri syvyyksiltä betonista otetuista materiaalinäytteistä karkeasti bulk-menetelmällä. Betoniin eri syvyyksille imeytyneiden VOC-yhdisteiden määrittäminen tulee tarpeelliseksi tyypillisesti pahojen päällystevaurioiden tapauksissa, kun tarvitaan tietoja korjaussuunnittelun lähtöteidoiksi. Karkeaksi bulk-menetelmän tekee se, että näytteenotossa ei päästä helposti tarkkoihin syvyyksiin ja yhdisteitä saattaa siirtyä näytteenotossa pinnasta syvemmälle. Tuloksia tulkittaessa on myös syytä huomioida, että emissioiden mittaaminen alustabetonista ei anna todellista kuvaa tilanteesta, sillä todellisuudessa pintamateriaalin diffuusiovastus hidastaa haihtumista.

4.5.2 Materiaalinäytteiden emissioiden ohje- ja viitearvot

FLEC-mittausten tuloksille ei ole olemassa viitearvoja, mutta suuntaa antavaa tietoa tulosten kokoluokasta saa esimerkiksi M1-luokituksen luokitusrajoista (Rakennustietosäätiö 2020). Ohjeellisia arvoja FLEC-mittaukselle on annettu VTT:n mittausaineistossa FLEC-mittausmenetelmälle (Järnström 2007), jossa ilman kosteus on vakioitu 50 %RH:n (ISO 16000-10 mukaisesti) ja mittaus on tehty oikeasta rakenteesta. Tyypillisesti 12 kuukauden ikäisestä PVC-päällysteisestä lattiarakenteesta asuinrakennuksista mitattu TVOC-emissio on alle 150 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ja normaalista poikkeavissa tilanteissa mitattu TVOC-emissio on yli 200 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (taulukko 2). Rakennuksissa tyypillisesti päällysteen päältä mitatut 2-etyyli-1-heksanolipitoisuudet ovat asuinrakennuksissa alle 20 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (tolueenin vasteella laskettuna) tai alle 30 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (yhdisteen omalla vasteella laskettuna).

Taulukko 2. Viitearvoja ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) pintaemissioille 12 kk ikäiselle rakenteelle (Järnström 2007).

	Ominaispäästöt $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$	
	PVC (n=6)	
	normaali arvo	poikkeava arvo
Happo	10	15
Alkoholi	15	25
Aldehydi	15	25
Alifaattinen hiilivety	20	40
Aromaattinen hiilivety	25	65
Syklolaani	<5	5
Esteri	15	30
Glykoli/ glykolieetteri	25	50
Ketoni	10	20
Terpeeni	<5	5
TVOC	120	170
Ammoniakki	15	25
Formaldehydi	5	10

Paljaan betonipinnan päältä kolmen vuorokauden kuluttua päällysteen poiston jälkeen FLEC-menetelmällä mitatut TVOC-emissiot ovat tiiviiden muovimattopäällysteiden tapauksessa normaalisti $> 500 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Betonipinnalta kolmen vuorokauden kuluttua päällysteen poistosta mitatut 2-EH-pitoisuudet 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 muodostua VOC-yhdisteitä.

Työterveyslaitos julkaisee ja päivittää säännöllisesti suuren materiaalitulosietokantansa perustella laatimiaan viitearvoja bulk-mittausmenetelmälle (esim. julkaisu *Haittavat orgaaniset yhdisteet toimistotyypisissä työympäristöissä* 2021). Työterveyslaitos on esittänyt tutkimuskohteesta irrotetuille bulk-materiaalinäytteille seuraavia viitearvoja:

- PVC-matoille, joissa pehmittimenä DEHP, TVOC 200 µg/m³g
- PVC-matoille, joissa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP, TVOC 500 µg/m³g
 - 2-etyyli-1-heksanoli 50 µg/m³g
 - C9-alkoholit 320 µg/m³g
- linoleumi, TVOC 650 µg/m³g
 - propaanihappo 100 µg/m³g
- tasoitteet ja betoni, TVOC 50 µg/m³g.

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

4.5.3 Materiaalinäytteiden emissiomittausten tulosten tulkinta ja ohjearvojen soveltaminen

Materiaalinäytteiden VOC-mittausten tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon näytteenottokohdan rakennekerrokset ja rakenteessa vallinneet kosteusolosuhteet. 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 ISO 16000-10 mukainen 50 %RH, minkä takia emissiot ovat tyypillisesti alhaisemmat. Tällöin FLEC-tulosten vertailtavuudessa voi olla puutteita, koska vakioimattomat mittaolosuhteet sekä mahdolliset vaihtelut ilmanvaihtuvuudessa ovat tulosten vertailtavuutta heikentäviä epävarmuustekijöitä.

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.

Bulk-menetelmällä saatuja tuloksia ei voida vertailla kuin karkeasti suuruusluokaltaan, koska näytteenkäsittely ei ole vakioitua. Bulk-tulokset eivät kerro mitään sisäilmapitoisuuksista, eikä tuloksia voi verrata rakennusmateriaalien M1-päästöluokituksen raja-arvoihin tai käyttää terveyshaitan arviointiin. Käytettäessä Työterveyslaitoksen viitearvoja tulee muistaa, että aineisto koostuu sekä tavallisista että vauriokohteiden näytteistä. Viitearvoja voidaan hyödyntää bulk-emissiomittausmenetelmällä saatujen tulosten arvioinnissa.

Viitearvoylitystä ei suoraan pidä tulkita lattiapäällystevaurioksi, sillä poikkeamalle voi löytyä muukin selitys kuin vaurio päällysteessä. Bulk-menetelmällä saatujen tulosten

vertailtavuus on heikkoa, koska menetelmä ei ole standardoitu ja siten pienetkin erot näytteenkäsittelyssä korostuvat helposti. Koska näytteenkäsittely ei ole vakioitua, eri laboratorioiden tuottamia kokonaisemissiotuloksia ei voida vertailla keskenään.

FLEC- ja bulk-tulosten tulkinnassa on oleellista muistaa, että pelkän analyysituloksen perusteella ei tule tehdä päätöstä lattiapäällystekorjauksista. Tulosten sisäilmavaikutusten arvioimiseksi tulee aina verrata materiaalipäästöjä sisäilmanäytteiden tuloksiin mahdollisen VOC-lähteen paikallistamiseksi.

4.5.4 Ilmanvaihdon ja talotekniikan vaikutus kokonaisuuteen

Asumisterveysasetuksen (STMa 545/2015) 8 §:n mukaan ilmanvaihdon ulkoilmavirran tulee olla rakennuksen käytön mukaisesti riittävä ja sen laadun tulee olla riittävän puhtaasta. Ilmanvaihto tulee järjestää siten, että sisäilma vaihtuu koko oleskeluvyöhykkeellä. Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa.

Tilan kokoon nähden pienen vaurioalueen emissioilla ei yleensä ole merkittävää vaikutusta koko tilan sisäilman TVOC-pitoisuuteen. Lievissä ongelmatilanteissa ilmanvaihdon tehostaminen on usein riittävä ratkaisu, varsinkin jos ilmanvaihto on aiemmin ollut puutteellista. Vaurioalueen laajentuessa kokonaisemissiotuotto lattiarakenteesta sisäilmaan kasvaa, jolloin myös sisäilman TVOC-pitoisuus kasvaa. Hyvin toimivan ilmanvaihdon avulla myös laajempien vaurioalueiden sisäilman TVOC-pitoisuus on usein mahdollista pitää hyväksyttävällä tasolla, vaikka lattiarakenteesta haihtuisikin jonkin verran sekundääriemissioita. Jos emissiotuotto on runsasta, ongelmaa ei yleensä pystytä edes väliaikaisesti hallitsemaan ilmanvaihdolla.

Ilmanvaihdon toimivuus tulee aina selvittää ennen muihin korjaustarpeen arviointiin liittyviin toimenpiteisiin ryhtymistä (ks. luvut 4.1 ja 5.1). Ilmanvaihtojärjestelmän osalta on varmistettava, että järjestelmä toimii suunnitellusti ja tarkoituksenmukaisesti. Järjestelmissä, joissa käytetään kiertoilmaa, on varmistettava, että tiloihin tuodaan riittävästi ulkoilmaa, sillä kierrätysilman käyttö palauttaa osan mahdollisista materiaaliemissioista tuloilmaan. Ulkoilman riittävyden lisäksi on tärkeää, että ilmanvaihtokoneen suodatusosat ovat tiiviit ja tuloilman suodatusluokka vastaa tilan käyttötarkoitusta ja on riittävä rakennuspaikan ulkoilman epäpuhtauksien suodattamiseksi.

Ilmanvaihdon toimivuuden arviointiin vaikuttaa myös se, että vaikka ilmanvaihtokerroin olisi esim. 1 1/h, ei se suoraan tarkoita, että koko tämä määrä ilmaa vaihtuisi, etenkin koko tilassa. Sekoittavalla ilmanjaolla voi karkeasti sanoa, että vain noin reilu puolet ilmasta oikeasti vaihtuu ja toinen puoli tuloilmasta menee käytännössä suoraan poistoon, vaikka ilmanjako on toimiva.

Mikäli VOC-yhdisteiden kokonaistuotto (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 kammionmenetelmää (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-tulos ei myöskään kerro muovimaton reunoilta tapahtuvista päästöistä, jotka voivat olla käytännössä hyvinkin merkityksellisiä.

FLEC-laitteiston näytteenotokammion tilavuus on 35 ml ja pinta-ala 0,0177 m² (NT Build 484, 1998), 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 ilmanvaihtokerroimen ollessa 0,5 h⁻¹. (Leino et al. 2020) Tästä johtuen FLEC-tulosten muuntaminen mallihuoneen sisäilmapitoisuudeksi antaa yleensä todellista korkeampia pitoisuuksia johtaen varmalla puolella olevaan johtopäätökseen.

4.6 Päätöksenteko (Vaihe 4)

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen, korjauksen laadun, laajuuden ja kiireellisuuden arviointi ei aina ole yksiselitteistä. Johtopäätösten tekeminen edellyttää usein sekä rakennus- ja terveysalan että sisäilma-asiantuntijoiden yhteistyötä. Korjaustarvetta arvioitaessa ei tule kiinnittää huomiota vain lattian päällysteisiin, vaan tarkasteluissa tulee aina ottaa huomioon myös muut sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät.

Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiin liittyvät tutkimukset eivät yleensä edellytä kohteen tyhjentämistä ennen tutkimusta. Kyseessä ei myöskään yleensä ole sellainen sisäilmaongelma, etteikö rakennusta voisi käyttää ennen

johtopäätösten tai korjausten tekemistä. Joissakin tapauksissa esimerkiksi työterveyshuolto voi kuitenkin tarvittaessa arvioida rakennuksessa oireilevien henkilöiden uudelleensijoittamistarvetta. Lattioista tehtyjen VOC-mittausten tulosten tulkinnassa tulee huomioida rakenteessa käytettyjen materiaalien ominaispäästöt (primääriemissiot) sekä mittaushetken olosuhteet. Jos materiaalien primääriemissiot eivät ole tiedossa, tulosten tulkinnassa voidaan käyttää hyväksi vertailumittausten tekoa vaurioitumattomalta alueelta.

Muovimatolla päällystetyn betonilattian emissioihin vaikuttavat kaikki rakenteen eri komponentit eli betoni, tasoite, liima ja muovimatto sekä lisäksi rakennetta ympäröivät olosuhteet. Käytännön kohteissa todellisista rakenteista mitataan usein merkittävästi korkeampia VOC-pitoisuuksia kuin yksittäisistä materiaaleista laboratorio-olosuhteissa. Esimerkiksi muovimaton asennuksessa käytetyn liiman vaikutus on selvästi nähtävissä niillä PVC-lattiapäällysteillä, jotka ovat VOC-yhdisteitä läpäiseviä (Järnström 2007). Tutkittavassa rakenteessa voi olla myös vanhoista rakennusmateriaaleista tai aikaisemmasta toiminnasta peräisin olevia muita yhdisteitä, kuten esimerkiksi öljyhiilivetyjä tai PAH-yhdisteitä.

Kaikki pintarakennejärjestelmän (matto, liima, tasoite) materiaalit eivät reagoi samalla tavalla yhteen liitettäessä. Joidenkin materiaaliyhdistelmien emissiot saattavat kohota hyvin alhaisessakin kosteudessa, kun taas jollakin toisella yhdistelmällä vastaavaa ei havaita. Samoin voi käydä lämpötilojen noustessa esimerkiksi lattialämmityksen takia. Päällystevauriotutkimuksessa tulee siksi keskittyä päällysteen vaurioitumisen arviointiin laajemmin, eikä pelkästään sisäilman laatuun vaikuttavien kemiallisten emissioiden mittaamiseen.

Muovimatolla päällystetyn betonilattian vaurioitumista voidaan arvioida kosteus- ja VOC-mittausten (FLEC-menetelmällä) perusteella seuraavasti:

- Rakennekosteus pintarakennejärjestelmän läheisyydessä koholla ja VOC-emissiot lattian pinnasta mitattuna suuret -> On emissioaurio.
- VOC-emissiot lattian pinnasta mitattuna suuret, mutta rakennekosteus pintarakennejärjestelmän läheisyydessä alhainen (betoni kuivunut) -> On emissioaurio.
- Rakennekosteus pintarakennejärjestelmän läheisyydessä koholla, mutta VOC-pintaemissiot alhaiset -> Ei ole emissioaurio.

Jos lattiarakenteen pinnasta FLEC-menetelmällä mitatut VOC-emissiot ovat korkeat, tulee pyrkiä selvittämään, onko kyse vauriosta vai alun perin suuripäästöisestä pintamateriaalista. Apuna voidaan käyttää materiaalinäytteiden emissiomittaus tuloksia (FLEC ja bulk). Jos korkea kosteus korreloi bulk-VOC-tulosten kanssa, kyseessä on kosteuden aiheuttama vaurio. Jos korkea kosteus ei korreloi bulk-VOC-tulosten

kanssa, materiaalit voivat olla lähtökohtaisestikin suuripäästöisiä ja tulee selvittää, voiko kyseessä olla viite vauriosta vai onko päästötaso materiaaleille normaalia. Alhaisen kosteuden tapauksessa arvioidaan, onko kosteus voinut olla liian korkea aiemmin, jolloin kyseessä voi olla kosteuden aiheuttama korjaustarve. Jos näin ei ole, materiaalit ovat suuripäästöisiä. Myös tällöin tulee selvittää, voivatko päästöt aiheuttaa sisäilmaongelman ja miten mahdollinen ongelma tulee korjata.

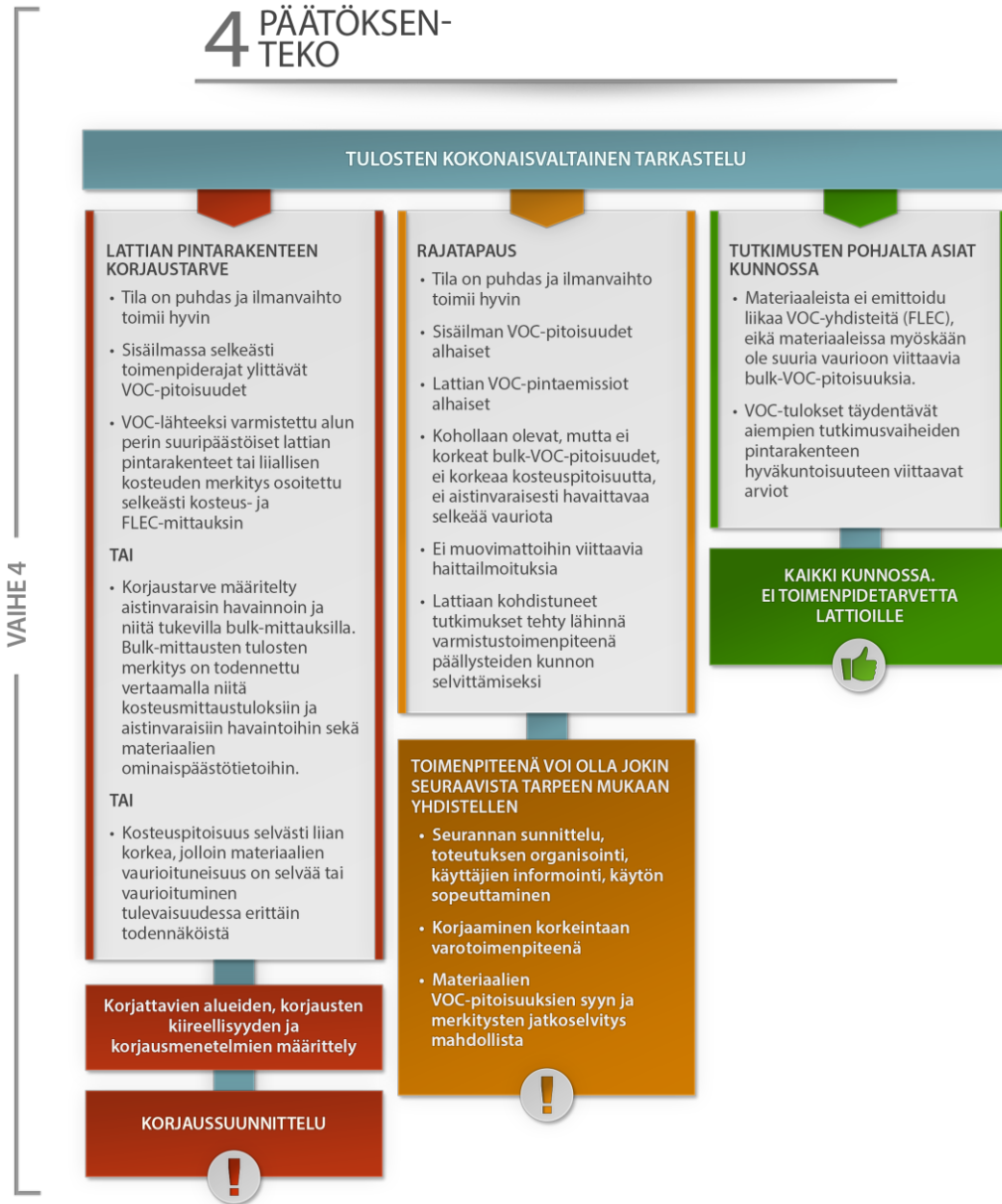
Muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarvetta voidaan arvioida myös pintarakennejärjestelmästä otettujen materiaalinäytteiden emissiomittaustulosten (bulk-mittaus) tulosten perusteella esimerkiksi seuraavasti:

- Rakenne on alle 5 v. vanha, kosteuspitoisuus korkea, erittäin suuret VOC-pitoisuudet, oireilu viittaa päällyste-emissioihin ja kyseinen materiaalikombinaatio on aiemmin todettu toimivaksi -> Korjaustarve.
- Rakenne on yli 5 v. vanha, rakenteen VOC-pitoisuudet/kosteudet eivät ole erityisen suuria eikä selkeitä oireilmoituksia -> Ei välitöntä korjaustarvetta. Tilanne voidaan jättää seurantaan.

Muovimaton alapuolisen tilan (maton alapinta, liima, tasoite) mikrobivauriotumisriski tulee myös arvioida ja tarvittaessa selvittää mikrobinäyttein. Vaurioitumisriskin arvioinnissa voidaan käyttää hyväksi pH:n mittaamista tasoitteen pintaosasta mahdollisimman läheltä liimakerroksen alapintaa. Mitä alhaisempi pH on, sitä suurempi on mikrobivaurioriski ja sitä pienempi on VOC-vaurioriski (ks. luku 3.3).

Jos tutkimukset osoittavat lattiarakenteen olevan kunnossa tai lattia on korjattu, mutta ryhmätasolla tilan käyttäjien oireilut jatkuvat edelleen, voidaan lattiapäällysteen sisäilmavaikutusta selvittää mallikorjauksen avulla. Mallikorjauksessa lattiapäällyste uusitaan pienemmässä osassa rakennusta ennen mahdollisia 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 kullekin korjausalueelle valita tarkoituksenmukaisiksi (luku 6).

Selvitysten ja tutkimusten tulokset kootaan yhteen analysointia varten. Mittaustulokset tulee suhteuttaa kokonaisuuteen ja siihen mitä pidetään hyväksyttävänä tasona. Johdopäätösten tulee perustua todettuihin faktoihin. Muovimattopäällysteen mahdollisesti aiheuttaman sisäilmahaitan arvioinnissa oleellisinta on lattian pintarakennejärjestelmässä olevan todellisen vaurion todentaminen, ei mitatut VOC-yhdisteet. Kuvassa 21 on esitetty muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeen arviointiprosessin päätöksenteon vaiheet.



5 Kuntotutkimusmenetelmät

5.1 Ilmanvaihdon toimivuuden selvitys ja paine-erojen mittaus

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden varmistaminen voi olla laajuudeltaan katsastus, tarkastus tai kuntotutkimus. Ilmanvaihdon katsastuksessa tehdään pääasiassa aistinvaraisia havaintoja. Tarkastuksessa ilmanvaihtojärjestelmän kunto, toiminta ja puhkaus tarkastetaan aistinvaraisten havaintojen lisäksi myös mittauksin. Kuntotutkimuksessa ilmanvaihdon kunto ja ylläpidon taso selvitetään yksityiskohtaisesti.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta arvioitaessa selvitetään vähintään seuraavat asiat:

- ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi
- ilmanvaihtokoneet palvelualueittain
- ilmanvaihtokoneiden ja erillispuhaltimien ohjaustapa
- laitteiden ikä ja kunto
- suodattimien edellinen vaihtoajankohta
- ilmanjakotapa ja ilmanjaon toimivuus huonetiloissa
- vastaako tilan käyttö ilmanvaihdon suunniteltua toimintaa.

Esiselvitysvaiheessa riittää usein katsastus. Tarkastuksia tai tutkimuksia voidaan tarpeen mukaan jatkaa pidemmälle muiden tutkimusten kanssa samanaikaisesti. 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)*.

Ilmanvaihtokoneiden, kanavistojen ja pääte-elinten lisäksi keskeinen tekijä rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän toimivuudessa on rakennusautomaatio. Rakennuksessa voi olla aikaohjelmia tai ulkolämpötilasta riippuvia ilmamäärien säätöjä. Erilaisissa käyttötilanteissa mahdollisesti tapahtuva ilmamäärien epätasapaino saattaa aiheuttaa rakennukseen epätoivottuja painesuhteita. Siksi ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa arvioitaessa on perehdyttävä myös ilmanvaihtoa ohjaavan rakennusautomaation toimintaan.

Rakennuksen paine-erojen selvittäminen edellyttää usein jatkuvatoimisia seuranta-mittauksia (vähintään 7...14 vrk:n ajan). Mittauspisteitä tulee olla siten, että mittaus-dataa saadaan jokaiselta ilmanvaihtokoneen palvelualueelta ja mielellään myös eri julkisivuilta ja kerroksista. Paine-eron mittaamista on ohjeistettu esim. uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annettua ympäristöministeriön asetusta (YMa 1009/2017) täydentävässä julkaisussa *Rakennusten paine-erojen mittausohje, loppuraportti 2019*.

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 kosteuspitoisuuseroja.

Pintakosteusilmaisimet havaitsevat yleensä hyvin muovimaton alapuolisen tilan kosteuden. Koska laitteiden toiminta perustuu sähkönjohtavuuteen, on tuloksia tulkittaessa syytä huomioida, että laitteen näyttämään lukemaan 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.

Pintakosteusilmaisimen lukema-asteikko on laitetyyppikohtainen. Lukemien merkittävyys voidaan tarkistaa esimerkiksi muovimaton alapuolisella viiltomittauksella (ks. luku 5.2.2). Samalla muovimaton alapuolisesta tilasta voidaan tehdä aistinvaraisia havaintoja (ks. luku 4.3.4). Näin toimien pintailmaisimen lukemat saadaan ikään kuin kalibroituja 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
- väestönsuojan 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 22).

Viiltomittaukseen 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 tilan kemialliset yhdisteet voivat vaikuttaa mittaustuloksiin, minkä vuoksi mittapää ei tule pitää mittauskohdassa pitkiä aikoja. Yleensä 15 minuutin mittausajalla saadaan riittävän tarkkoja tuloksia. Mittapää on hyvä tarkistaa ja tarvittaessa kalibroida mittauksen jälkeen.

Viiltomittauksen yhteydessä on hyvä aistinvaraisesti tarkastella materiaalien kuntoa ja alustaan kiinnittymistä. Tarkempia ohjeita viiltomittauksen tekemiseen on esitetty RT-ohjekortissa *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* (Rakennustietosäätiö RTS 2021).



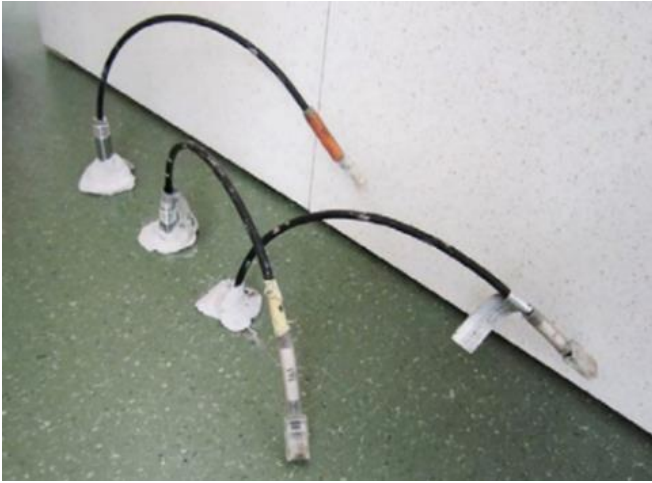
Kuva 22. Viiltomittaus käynnissä muovimatolla (Rakennustietosäätiö RTS 2021).

5.2.3 Porareikämittaus

Porareikämittauksella voidaan määrittää betonilattiarakenteessa eri syvyyksillä vallitseva kosteus ja lämpötila sekä kosteuden kulkusuunta (kuva 23). 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. Mittaus tulee tehdä rakenteen pintaosista, kun pyritään selvittämään betonipintaan asennettujen päällystemateriaalien kosteusrasitusta. 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 mittausta suunniteltaessa, mittauksen aikana ja mittaustuloksia tulkittaessa. Mittaus tulee pyrkiä tekemään rakenteen normaalissa käyttölämpötilassa. Tarkempia ohjeita porareikämittauksen tekemiseen on esitetty RT-ohjekortissa *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* (Rakennustietosäätiö RTS 2021).



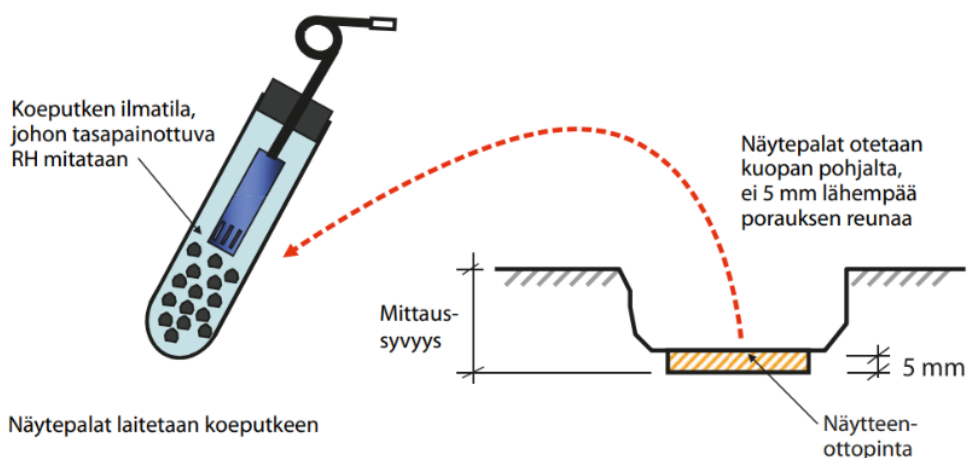
Kuva 23. Betonilattian kosteusjakauman selvittämiseksi on muovimatolla päällystettyyn lattiarakenteeseen porattu kolmelle eri syvyydelle reiät, joihin tiivistettyihin mittausputkiin on asennettu suhteellisen kosteuden mittapäättä tasaantumaan mittauksen ajaksi (Ympäristöopas 2016).

5.2.4 Näytepalamittaus

Muovimaton alapuolisten materiaalien, kuten betonin ja tasoitteen, suhteellinen kosteus voidaan mitata myös rakenteesta otetusta näytepalasta. Näytepalamittauksista 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 24).

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



Kuva 24. Näytepalamittauksen periaate (Rakennustietosäätiö RTS 2021).

Tarkempia ohjeita näytepalamittauksen tekemiseen on esitetty RT-ohjekortista *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mitta*us (Rakennustietosäätiö 2021).

5.3 Sisäilman VOC-mittaus

Sisäilman VOC-näyte voidaan kerätä ilmasta joko aktiivisesti pumpun avulla (kuva 25) tai passiivisesti diffuusiokeräimeen. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (Valvira 2016) mukaisesti VOC-yhdisteet kerätään pumpun avulla Tenax-TA-adsorbenttiin tai yhdistelmäadsorbenttiin. Mittaus toteutetaan standardin ISO 16000-6 mukaan. 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. kenttänolla (nollaputki) 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 juuri ennen näytteenottoa eikä näytteenoton aikana. Näytteenottajan on lisäksi hyvä poistua tilasta näytteenoton ajaksi. Erikoistapauksessa saattaa joskus olla järkevää selvittää myös tuloilman VOC-yhdisteitä, jotta voidaan esim. poissulkea emissiolähde tarkasteltavan tilan ulkopuolella/tuloilmassa.

Keräysnopeus on 20–200 ml/min ja suositeltava kerättävä näytetilavuus on 8–12 l. Jos sisäilmassa tiedetään olevan erittäin korkeita VOC-yhdistepitoisuuksia, on kerättävän näytteen normaalia pienemmästä 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 25. Sisäilman VOC-näytteen keräys pumppuun kytketyllä adsorbenttikeräimellä (Ympäristöopas 2016).

5.4 FLEC-menetelmä

Rakenteen pintaemissiot voidaan mitata kenttäkohteessa ehjän päällysteen päältä FLEC-laitteistolla (Field and Laboratory Emission Cell) standardin ISO 16 000-10 mukaisesti. Standardi määrittelee, että näytteenotossa kammioon johdettavan synteettisen ilman lämpötila tulee olla 23 °C ja suhteellinen kosteus 50 %RH. Kenttämittauksen aikana mittauslämpötila on mitattavassa tilassa vallitseva lämpötila ja sitä säädetään tarpeen ja mahdollisuuden mukaan standardin mukaiseksi. Koska näytteenoton vaatimukset ovat kovat (mittauslämpötila 23 ± 2 °C ja laitteiston tulee stabiloitua 24 h ennen emissionäytteiden keräystä), standardin ISO 16000-10 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. Kevennetyissä 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 = pintaemissionopeus). Tuloksissa ilmoitetaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) tolueeniekvivalenttina sekä yksittäisten yhdisteiden emissiopitoisuudet kuten sisäilman VOC-analyseistä. FLEC-mittaus soveltuu vain tasaisille pinnoille, koska laitteiston riittävä tiiveys on ehdoton edellytys mittauksille. Kuvassa 26 on esimerkit FLEC-mittaustavoista.

Tulosten vertailtavuuden kannalta on tärkeä ilmoittaa, minkä menetelmän mukaan näytteet on otettu. NT Build 484 -ohje on asiakasystävällisempi alhaisempien näytteenottokustannusten ja helpomman käytettävyyden takia. Kevennetyn NT Build 484 -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 rakennetyyppi ja kosteuspitoisuus selvitetään. Emissiomittaus aloitetaan tyyppillisesti tilasta/kohdasta, jossa oletetaan olevan pienimmät päästöt. Viimei-

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



Kuva 26. Lattiapinnan emissiomittaus FLEC-menetelmällä. Vasemmassa kuvassa standardin ISO 16000-10 mukainen menetelmä (Kuva: Ympäristöopas 2016) ja oikeassa kuvassa ohjeen NT Build 484 mukainen menetelmä (Kuva: Vahanan Rakennusfysiikka Oy).

5.5 Bulk-materiaalinäytteen mittaus

Materiaaleista voidaan mitata VOC-emissioita kammiomenetelmillä laboratoriossa. Tutkittavasta materiaalista irrotetaan näytepala (yleensä kooltaan noin 10 cm x 10 cm), joka pakataan tiiviisti alumiinifolioon, uudelleensuljettavaan pussiin tai johonkin muuhun tiiviiseen pakkaukseen ja toimitetaan analyysilaboratorioon. Näytteenottajan tulee varmistua, että pussin omat tai muut emissiot eivät kontaminoi näytettä, joten esim. polyeteeni- tai polypropyreenipusseja ei tule käyttää. Laboratoriossa näytepala hienonnetaan, punnitaan ja siitä määritetään emissio. Bulk-määrittelyyn ei ole olemassa standardia.

Laboratoriossa materiaalinäytteiden analysointiin käytetään mm. mikrokammiolaitteistoja (Micro-Chamber/Thermal Extractor, μ -CTE). Tätä näytteenotto- ja analyysimenetelmää (kuva 27) kutsutaan bulk-menetelmäksi. Menetelmä ei sovellu pintaemissioiden (pintatuoton) mittaamiseen. Bulk-emissiota kutsutaan myös kokonaisemissioksi.

Bulk-materiaalinäyte kuvaa tutkittavan materiaalin 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 emissiota huonetilaan.

Bulk-menetelmä mittaa myös muuta kuin päällysteen ja liiman emissiokapasiteettia. Tämä korostuu erityisesti tiivispintaisilla lattiapäällysteillä. Käytännössä liimakerroksessa kaasut liikkuvat (harvaan kammatussa liimassa erityisesti). Jos muovimatossa on esimerkiksi tiivis PU-kulutuserros, maton alapuolisten kerrosten kaasuntuottoa purkautuu maton reunoilta. Tämän pystyy joskus toteamaan jopa merkkiainekokeella.

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 materiaalipinnasta ja päällysteen irrotuksen jälkeen myös päällysteen alta. Ennen näytteenottoa tai sen jälkeen päällysteen alapuolinen kosteus on suositeltavaa mitata viiltomittauksella.



Kuva 27. Bulk-mittauksessa materiaali suljetaan näytteenoton jälkeen tiiviisti alumiinifolioon ja uudelleen suljettavaan pussiin ja toimitetaan analyysilaboratorioon. Keskellä kuva pilkotusta materiaalista ennen mikrokammioon sulkemista ja oikealla kuva mikrokammioilaitteistosta (kuvat: Vahanen Rakennusfysiikka Oy).

5.6 Muut materiaaliemissionmittausmenetelmät

Kammiomenetelmää hyödynnetään pääasiassa käyttämättömien rakennusmateriaalien päästöluokitustestauksessa (esim. M1-luokitus), mutta sitä voidaan soveltaa myös käytettyjen materiaalien testaamiseen. Kammiomenetelmä perustuu eurooppalaiseen mallihuoneeseen (EN 16516) ja standardiin ISO 16000-9. Mallihuoneen olosuhteet ovat vakioituneet (23 ± 1 °C, 50 ± 5 %RH, ilmanvaihto 0,5 1/h). Kammiotestauksen tuloksista voidaan laskea pintaemissionopeuden ($\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ tai $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) lisäksi myös mallihuonepitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). 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 tietyin varauksin verrata M1-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, Photo-Ionic Detector). Laitteiden valmistajilta ja toimittajilta on saatavilla vähän tietoa laitteiden kalibroinnista, herkkyydestä ja valikoi- vuudesta. Siksi tällä hetkellä ei tarkalleen tiedetä, mitä yhdisteitä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden mittaamiseen tarkoitettuja jatkuvatoimiset laitteet itse asiassa mittaavat.

PID-mittalaitteen soveltuvuutta kenttämittauksiin on selvitetty Tampereen yliopiston tutkimushankkeessa vuosina 2018–2021 (Leivo et al. 2021). Menetelmässä lattiapäällysteestä leikataan mattopala irti ja kohdan päälle asennetaan teräskupu, jonka reunat asettuvat silikonisen tiivisterenkaan päälle (kuva 28). Mittausjärjestelyn annetaan tasaantua 60 minuuttia ennen mittausta. Teräskuvun tiiviisti tulpattujen reikien kautta imetään ilmanäyte PID-mittalaitteeseen. Menetelmä korreloi melko hyvin aistinvaraisiin arvioihin sekä bulk-näytteisiin. Tällä hetkellä menetelmä on ns. screenaus, jonka perusteella voidaan kohdistaa tarkempia tutkimusmenetelmiä. PID-mittauksen validointi on kesken tätä ohjeistusta kirjoitettaessa.



Kuva 28. Vasemmalla PID-näytteenottokohdan avaaminen ja oikealla mittaus käynnissä (Kuva: Leivo et al. 2021).

5.7 Betonin ja tasoitteen pH:n mittaus

Betonin tai tasoitteen pH-arvo voidaan mitata käyttämällä jauhemenetelmää. Kiinteästä aineesta ei voida mitata pH-arvoa, joten betoni- tai tasoitenäyte jauhetaan ja jauhe sekoitetaan ionivaihdettuun veteen, jolloin jauheesta liukenee hydroksidi-ioneja veteen. Mittaamalla muodostuneen liuoksen pH-arvo, saadaan varsin tarkka arvio kiintoaineksen pH:lle. Vastaava menetelmä on käytössä useiden muidenkin kiinteiden aineiden pH-arvon mittaamisessa.

Tampereen yliopistossa on tehty vuosina 2018–2021 muovimattotutkimus (Leivo et al. 2021), jossa on tutkittu myös pH-arvon mittaamista. Tutkimusta täydennettiin tätä julkaisua varten mittaustapojen osalta Tampereen Yliopistossa tehdyllä diplomityöllä (A. Glad 2022, kesken tämän julkaisun valmistuessa). Em. tutkimuksissa todettiin poraaminen kätevimmäksi jauheen valmistamismenetelmäksi. Tutkimusraportin liitteenä olevan pH-mittauksen suoritusohjeen mukaan aluksi tasoitteen tai betonin pinta puhdistetaan mekaanisesti mahdollisista mattoliiman jäämistä, minkä jälkeen tasoitteesta tai betonista otetaan jauhetta poraamalla. Poraamiseen soveltuu mahdollisimman loivakärkinen poranterä. Porattaessa on varottava poraamasta tasoitteen alapuoliseen rakenteeseen, jotta näytteeseen ei pääse sekoittumaan betonipölyä (kun halutaan tulos vain tasoitteesta). Samalla tavalla voidaan määrittää myös tasoitteen pH ennen mattoasennusta tai ylipäätään valitulla tuotteella saavutettava pH. Hyvin ohuen tasoitteen näytteenottoon poraus ei ole luotettava näytteenottotapa betonin päältä, koska mukaan tulee väkisin betonia. Porauksen sijaan tasoitenäytteen voi hienontaa tarkoitukseen soveltuvalla murskaimella.

Mikäli tarvittavan näytemäärän poraaminen ei onnistu yhdellä porauksella, voidaan suorittaa lisäporauksia ensimmäisen porauskohdan välittömään läheisyyteen. Useista vierekkäisistä porakohdista näytettä kerättäessä tulee varmistua, että poraussyvyys on mahdollisimman identtinen eri porauskohtien välillä, eikä porajauhon mukaan 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 esimerkiksi eri syvyyksiltä, tulee poranterä puhdistaa jokaisen porauksen välissä. Ennen jokaisen näytteen poraamista, porauskohta puhdistetaan imurilla. Jauheen lämpeneminen saattaa aiheuttaa virhettä mittaustuloksiin (Räsänen & Penttala 2004), joten jauheen kuumenemista tulee välttää, ja terän tulee antaa jäähtyä aika ajoin poraamisen aikana erityisesti suurempia jauhemääriä porattaessa. Terävää kaakeliterää käytettäessä jauhe kuumenee vähiten. Myös pienen kierrosnopeuden käyttäminen porattaessa pienentää jauheen lämpenemistä.

Porajauheen kerääminen onnistuu esimerkiksi suodatinpussin ja pienen sudin avulla. Tuoreita tasoitteita tutkittaessa tulee pH-arvon mittausta tehdä mahdollisimman nopeasti jauheen poraamisen jälkeen, koska jauheen pH-arvo muuttuu säilytettäessä. Vanhoilla tasoitteilla ja betoneilla pussitus aika ei ole niin kriittinen, mutta mittaukset on silti syytä tehdä pian poraamisen jälkeen.

Porajauheesta ja vedestä muodostuva liuos ei ole homogeeninen, joten kiintoaines painuu astian pohjalle sekoittamisen jälkeen. Liuoksen tulee olla mahdollisimman kylmä, jotta kiinteän aineen pH:ksi nesteestä mittaamalla saatu tulos kuvaa tasoitteen pH:ta mahdollisimman hyvin. pH on tarkkaan ottaen vain nesteen ominaisuus. Vettä tulee lisätä jauheen sekaan siten, että mittaaminen juuri ja juuri onnistuu, mutta vettä ei ole liikaa. Vettä tulee lisätä siten, että kiintoaineksen pinnalle jää kohtuullisen seisotusajan jälkeen riittävä vesikerros, josta pH-arvo pystytään mittaamaan pH-mittarin mittapään koskematta kiintoaineskerrokseen.

Käytettävän mittaustastian halkaisija ja tilavuus vaikuttavat tarvittavaan jauhemäärään. Jos mittaustastian halkaisijaa kasvatetaan, tarvitaan enemmän jauhetta, jotta liuoksesta erkautuu seisotusajan jälkeen riittävän paksu kerros vettä, ja mittarin mittapää saadaan tarpeeksi syvälle erkanevaan vesikerrokseen mittalaitteen valmistajan ohjeistuksen mukaisesti. Tällöin liuos pysyy mahdollisimman kylmänä myös suuremmilla näytemäärillä. Pieniä jauhemääriä käytettäessä tulee mitta-astian (esimerkiksi koeputken) halkaisijan olla riittävän pieni, jotta mittarin mittapää syrjäyttää riittävästi vettä, ja mittapää menee vesikerrokseen riittävän syvälle.

Mittaaminen onnistuu luontevasti koeputkessa, kun jauhemääränä käytetään vähintään 2 g. Tätä pienemmällä jauhemäärällä vesimäärä jää niin pieneksi, ettei mittarin elektrodi mene riittävän syvälle nesteeseen koskematta kiintoainekseen. Eri ikäisistä

tasoitteista ja betoneista porattujen jauheiden tilavuudet eroavat toisistaan, joten sopiva vesimäärä tulee testata tapauskohtaisesti. Sopiva jauhe-vesisuhde löytyy yleensä väliltä 1:1,5...1:2,3. Jauhe mitataan mitta-astiaan $\pm 0,02$ g tarkkuudella ja vesi $\pm 0,2$ g tarkkuudella. Näytettä sekoitetaan liuoksen valmistamisen jälkeen 1...5 minuuttia, jonka jälkeen liuoksen annetaan seistä koskematta 15 minuuttia ennen pH-lukeman mittaamista mittalaitteen likaantumisen vähentämiseksi. Mittalaitteen likaantuminen aiheuttaa virhettä mittaustuloksiin.

Luotettavan mittaustuloksen saavuttamiseksi mittalaitteet tulee kalibroida vähintään kahdella mitattavan alueen kattavalla kalibrintinesteellä aina ennen mittausta. Kalibrointi tulee tehdä uudelleen mittausten välillä, jos mitataan kerralla paljon. Alkalisten liuosten ollessa kyseessä, kalibrointi suoritetaan esimerkiksi pH 7, pH 10 ja pH 12,5 kalibrintiliuoksilla riippuen mittarin kalibrintimahdollisuuksista. Kalibrintinestevalmistaja on määritellyt tietyn lämpötilan, jossa kalibrintineste on ilmoitetun pH-arvon mukainen. Kalibrintinesteen tulisi olla mahdollisimman tarkkaan valmistajan määrittämässä lämpötilassa mittaria kalibroitaessa. Myös tutkittavien liuosten ja mittarin huuhteluveden tulisi olla mahdollisimman tarkkaan huoneenlämpötilassa ja mahdollisimman lähellä kalibrintinesteen lämpötilaa. Mittalaitteena voidaan käyttää pH-mittaria, jossa on manuaalinen tai automaattinen lämpötilan kompensointi. Jos käytetään manuaalista lämpötilan kompensointia, tulee liuosten lämpötila mitata ja mittari säätää manuaalisesti ennen pH-arvon mittaamista.

Näytteestä valmistetaan vähintään kaksi liuosta. Jos eri liuosten mittaustulokset eroavat toisistaan enemmän kuin 0,1 pH-yksikköä, virhelähteet pyritään tunnistamaan ja mittaaminen uusitaan. Uusia tuloksia vertaillaan edellisiin, ja niiden luotettavuus arvioidaan. Lopullisena mittaustuloksena ilmoitetaan yksittäisten mittausten tulosten keskiarvo 0,1 pH-yksikön tarkkuudella. pH-mittarina käytetään mittalaitetta, jonka tarkkuus on vähintään $\pm 0,01$ pH-yksikköä. pH-arvon mittaustulos luetaan mittarin näyttöltä, kun arvo on pysynyt muuttumatta 1 minuutin ajan 0,01 pH-yksikön tarkkuudella. Tulokset esitetään yhdellä desimaalilla.

pH-mittauksista laaditaan mittauspöytäkirja. Mittauspöytäkirjaan tulee merkitä mittaus-tilanteessa vallitsevat olosuhteet, kuten lämpötila, sekä kohteen tiedot. Pöytäkirjaan tulee myös kirjoittaa mittauksen suorittaja, jauheen poraamisen ja mittauksen suorituksen ajankohdat, liuosten lämpötilat ja käytetyt välineet. Mittauspöytäkirjaan tulee merkitä mittauksissa käytetty poraussyvyys, jauhemäärä, vesimäärä, sekoitusaika ja uuttoaika. Lisäksi laaditaan selvitys mittauskohtien sijainneista esimerkiksi kohteen pohjakuvaa hyödyntäen. Pöytäkirjaan tulee arvioida mittauksen suorituksen epävarmuustekijät ja niitä hyödyntäen arvioida mittauksen kokonaisvarmuus. Mittauspöytäkirjan laadintaan voidaan käyttää apuna RT-ohjekortin *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen* (Rakennustietosäätiö RTS 2021) mittauspöytäkirjan laadintaohjeita.

5.8 Tutkimusmenetelmien mittausepävarmuus

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

Kosteusmittausten epävarmuus on käsitelty RT-ohjekortissa *RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* (Rakennustietosäätiö RTS 2021).

VOC-näytteiden analysointi tulee tehdä akkreditoitussa analyysilaboratoriossa. 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 kaikissa tapauksissa 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 laboratorioden tuloksia ei voida suoraan vertailla keskenään, vaikka analyysit on pyritty tekemään samaa standardia noudattaen.

Asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) ilmoitetut VOC-yhdisteiden toimenpideraja-arvot on ilmoitettu tolueenivasteella laskettuina. Asumisterveysasetuksessa esitetyt toimenpiderajat on esitetty tolueenivasteella liekki-ionisaatiodetektorilta (FID, Flame Ionization Detector) määritettynä. 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 enemmän.

VOC-näytteenotossa on noudatettava menetelmäkohtaisia näytteidenotto-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

Vaurioituneen muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa tulee aina huomioida vaurion laajuus ja vakavuus (esim. VOC-päästöjen suuruus), betonialustaan mahdollisesti imeytyneet VOC-yhdisteet sekä rakenteen kuivastusarve.

Korjaaminen on hyvä aloittaa pahiten vaurioituneilta alueilta. Tällöin korjaustapaa voidaan mahdollisuuksien mukaan perustellusti keventää vähemmän vaurioituneille alueille siirryttäessä. 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.

6.1 Korjausalueen rajaus

Korjausta suunniteltaessa on tärkeää aluksi rajata korjausta vaativat alueet turhien korjausten välttämiseksi. Myös korjausten vaatimustaso voi vaihdella eri alueilla, mikä tulee ottaa huomioon korjausmenetelmää valittaessa. Valintoja tehtäessä joudutaan usein puntaroimaan korjauksen hyötyä suhteessa sen aiheuttamiin kustannuksiin ja muihin haittoihin. Korjausalueen rajausta voidaan tarkentaa tekemällä paikallisia koe-
purkuja esimerkiksi 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 lattian rakenne ja sen kosteustekninen toimivuus, vaurioiden laajuus ja laatu, rakenteisiin imeytyneiden emissioiden määrä, lattioihin valitut uudet päällystemateriaalit sekä korjaushankkeen toiminnalliset, terveydelliset ja taloudelliset näkökulmat.

Lähtökohtana muovimatolla päällystetyn betonilattian korjaustarpeelle voi olla esimerkiksi seuraavat:

- Lattiapäällysteet halutaan uusia peruskorjauksessa tai tilojen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä esim. arkkitehtuurin, kulumisen ja uuden käyttötarkoituksen vuoksi. Korjaustarpeen taustalla ei ole kosteus-, emissio- tai muuta vauriota.
- Lattiapäällyste on irronnut alustasta esimerkiksi mekaanisen kulumisen tai asennusvirheen vuoksi. Korjaustarpeen taustalla ei ole kosteus- tai emissiovauriota.
- Lattian pintarakenteesta aiheutuva hajuhaitta, mutta sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpideraja ei ylity. Päällystemateriaaleihin ei kohdistu eikä ole kohdistunut elinkaaren aikana kosteusrasitusta.
- Lattian pintarakenteen emissiot ovat koholla, mistä aiheutuu sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpiderajan ylitys. Päällystemateriaaleihin ei kohdistu kosteusrasitusta, mutta on kohdistunut aiemmin (esim. asennettu liian märälle alustalle tai kastunut vesivahingossa).
- Lattian pintarakenteen emissiot ovat koholla, mistä aiheutuu sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpiderajan ylitys. Päällystemateriaaleihin kohdistuu kosteusrasitusta.
- Lattian pintarakenteen emissiot ovat koholla, mistä aiheutuu sisäilman VOC-pitoisuuden toimenpiderajan ylitys. Päällystemateriaaleihin on kohdistunut voimakas lämpövaikutus esim. lattialämmityksen liian kovasta tehosta.

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

Korjausmenetelmän ja korjaustason valintaan vaikuttaa myös korjatun päällysteen tavoiteltu käyttöikä. Muovilattiapäällysteiden keskimääräinen tekninen käyttöikäarvio on noin 20...30 vuotta. Todellinen käyttöikä riippuu kuitenkin paljon tilojen käytöstä (esimerkiksi kävelläänkö lattioilla ulkokengillä vai sukkasillaan).

6.3 Korjausmenetelmät

Muovimatolla päällystettyjen betonilattioiden korjausmenetelmät vaihtelevat niin sano-
tuista kevyistä korjauksista raskaisiin seuraavasti:

Kevyt korjaus: Nykyinen pintarakenne jää rakenteeseen

- 1) Nykyisen muovimaton päälle asennetaan uusi lattiapäällyste
- 2) Nykyisen muovimaton päälle asennetaan VOC-yhdisteitä pidättävä ai-
nekerros.

Raskas korjaus: Pintarakenne puretaan

- 1) Nykyisen pintarakenteen purku ja korjaus vastaavalla tavalla
- 2) Pintarakenneratkaisun muuttaminen korjauksen yhteydessä.

Maanvastaisten alapohjien kosteusrasitusta voidaan pienentää käyttämällä maa-ai-
neksen alipaineistamista kuten radonin hallinnassa. Alipaineistuksella voidaan tehos-
taa betonin alaspäin kuivumista ennen lattian päällystämistä ja päällystämisen jäl-
keen. Jossain tapauksessa alipaineistamisella voidaan välttyä muuten tarvittavilta
päällystekorjauksilta.

6.3.1 Kevyt korjaus: nykyinen pintarakenne jää rakenteeseen

6.3.1.1 Nykyisen muovimaton päälle asennetaan uusi lattiapäällyste

Olemassa olevan muovimaton päälle voidaan asentaa uusi päällyste, mikäli rakenne
on kuiva, lattiapäällysteessä ei ole todettu merkittäviä kemiallisia vauriota ja lattia on
mekaanisesti kunnossa.

Uusien materiaalien ja alkuperäisen pintarakenteen yhteensopivuus tulee varmistaa.
Mikäli uusi päällyste liimataan vanhan muovimaton päälle (mikä ei ole suositeltava
vaihtoehto), tulee liiman ja vanhan muovimaton yhteensopivuus varmistaa. Tavan-
omaiset mattoliimat eivät yleensä sovellu tähän tarkoitukseen. Toimivampi ratkaisu on
laittaa vanhan muovimaton päälle alustaan kiinnittämätön tai tarrakiinnitteinen pääl-
lyste. Mitä vanhempi aiempi muovimatto on, sitä kriittisemmin sen jättämiseen uuden
päällysteen alle tulee suhtautua.

Kyseistä korjausvaihtoehtoa harkittaessa tulee huomioida, että ratkaisu saattaa kasvattaa merkittävästi pintarakenteen vesihöyrynvastusta ja siten hidastaa rakenteessa mahdollisesti olevan kosteuden poistumista. Korjaus ei saa heikentää rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Tämä tulee huomioida varsinkin maanvaraisissa alapohjarakenteissa.

Lattiapinnan nousu uuden päällysteen paksuuden verran voi aiheuttaa teknisiä ongelmia, kuten muutostarvetta ovissa.

6.3.1.2 Nykyisen muovimaton päälle asennetaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros

Muovimaton päällystetyn lattian emissiopäästöjä voidaan pienentää asentamalla muovimaton pintaan VOC-yhdisteitä pidättävä ainekerros ja tämän päälle uusi lattiapäällyste kuten laminaatti tai parketti. Markkinoilla on ainakin aktiivihiiheen perustuvia tuotteita, joita voidaan käyttää sellaisenaan esimerkiksi laminaatin tai parketin alusmateriaalina, mikäli kohteessa ei ole erityisiä äänitekniisiä vaatimuksia.

Käytettävän tuotteen absorbointikyvystä tulee olla varmuus valmistajalta saadun tiedon tai käyttökokemusten kautta. Ainekerroksen absorbointikyvyn ja alustassa olevien yhdistemäärien perusteella arvioidaan, miten pitkään rakenteesta vapautuvat yhdisteet mahtuvat absorbointikerrokseen. Käytettävyyden arvioinnissa tulee huomioida, että absorptiokerros voi täytyä myös muista kuin pidäteltäviksi tarkoitetuista yhdisteistä.

Käytettävästä tuotteesta ja alustan lähtöyhdistepitoisuuksista riippuen menetelmän käyttöikä on yleensä muutamasta vuodesta reiluun 10 vuoteen. Käyttöään päätyttyä absorboiva kerros voidaan uusida tai valita muu korjausmenetelmä. Käytettäessä esimerkiksi lukkopontillisia pintarakenteita samat pintarakenteet voidaan uudelleen asentaa uuden absorbointikerroksen päälle.

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

VOC-yhdisteitä pidättäviä ainekerroksia voidaan käyttää myös vanhan päällysteen poistamisen jälkeen työstetyille pinnalle estämään alustaan absorboituneiden VOC-yhdisteiden sisäilman haihtumista esim. silloin, kun haihtumiselle/haihduttamiselle ei ole riittävästi aikaa käytettävissä.

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. Melko usein tasoite irtoaa mattoa poistettaessa. Mikäli muovimatossa tai liimassa on asbestia, tulee purku tehdä ns. asbestipurkuna. Asbestitilanne tulee selvittää ennen purkutöihin ryhtymistä. Purkutöiden jälkeen alustaa yleensä tuuletetaan siihen mahdollisesti absorboituneiden VOC-yhdisteiden määrän vähentämiseksi. Tuuletusaikaa voidaan lyhentää lämmittämällä rakennetta (ns. VOC-lämmitys, eng. bake-out). Lopuksi pintarakenne korjataan joko alkuperäistä vastaavaksi tai siihen tehdään muutoksia.

Alustan absorboituneet VOC-yhdisteet ja riittävä purkusyvyys

Pintarakennejärjestelmästä (muovimatto ja liima) on voinut siirtyä VOC-yhdisteitä alapuoliseen tasoitekerrokseen ja betoniin. Mikäli näitä ns. jäännösemisioita havaitaan runsaasti, ohuiden tasoitekerrosten poistaminen on yleensä perusteltua.

Valtaosa VOC-yhdisteistä poistuu, kun matto, liima ja tasoite poistetaan. Joskus on kuitenkin tarpeellista poistaa myös betonia. Betonipinnan riittävää purkusyvyyttä arvioidessa tulee ottaa huomioon vaurion laajuus ja kesto, rakenteen ikä, betonin ominaisuudet sekä uuden suunnitellun päällysteen läpäisevyys. Betonin ominaisuuksista merkittävin on sen tiiviys. Mitä tiiviimpää betoni on, sitä huonommin se absorboi VOC-yhdisteitä. Betonipinnan hionta voi joissain tapauksissa olla riittämätön toimenpide, jolloin jäännösemisioiden poistamiseen tarvitaan jyrintää. Parhaaseen tulokseen päästään yleensä, kun pinta jyrsitään kahteen kertaan ristiin.

Eri yhdisteiden haihtumisnopeuksissa on eroja. Haihtumisnopeus on riippuvainen yhdisteiden osahöyrynpaineesta, mikä korreloi kohtalaisen hyvin niiden kiehumispisteen kanssa. Haihtumisnopeuserot voidaan ottaa huomioon, kun määritetään hyväksyttävien yhdistekohtaisten jäännösemisioiden määrää suhteessa uuden pintarakenteen VOC-tiiviyteen. Yleisesti käytössä oleva, bulk-menetelmällä määritetty korkein sallittu jäännösemisio määrä n. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ ei aina ole tarkoituksenmukainen.

Alustan jäännösemisioita voidaan määrittää myös FLEC-menetelmällä, jolloin purettu pinnan tulee olla puhdas ja tasainen.

Taulukossa 3 on esimerkki n. 4 vuotta vanhan ongelmaselvityskohteen lattiarakenteen (ontelolaatta + pumpputasoite + liima + matto) keskimääräisestä 2-EH-jakaumasta bulk-menetelmällä määritettynä. Vaikka kohteen ilmanvaihto toimi hyvin, sisäilman VOC-pitoisuudet olivat yli toimenpiderajan. Lattia päätettiin korjata vaihtamalla vanhan

päällysten tilalle alkuperäistä vastaava uusi päällyste. Maton ja liiman poiston yhteydessä 2-EH-yhdisteistä poistui noin 75 %:a. Kun rakenteesta poistettiin vielä yli 10 mm pumpputasoitetta, 2-EH:n poistoaste saatiin 97 %:iin. Tällöin todennäköisesti myös valtaosa muista jäännösemissoista saatiin poistettua.

Taulukko 3. Bulk-tekniikalla esimerkkikohteen eri rakennekerroksista määritetyt 2-etyyli-1-heksanolipitoisuuksien (2-EH, µg/m³g) suuruusluokat. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n case-tutkimus)

Rakennekerros	2-etyyli-1-heksanolipitoisuus [µg/m ³ g]
Matto	200
Liima	1000
0 - 10 mm tasoitteessa	350
10 - 20 mm tasoitteessa	40
20 - 30 mm tasoitteessa	8
Ontelolaatan pintaosa	2

Alustan jäännösemissoiden poistumisen tehostaminen

Yleisenä ohjeena on, että jäännösemissoiden vähentämiseksi alustaa olisi hyvä tuulettaa 2...3 viikon ajan ennen uusien lattiapäällysteiden asentamista. Tuuletettavaksi jätetään se pinta rakenteesta, josta ylöspäin pintamateriaalit uusitaan. Tuuletuksen riittävyys voidaan varmistaa esimerkiksi mallikorjauksen avulla.

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 jäännösemissoiden haihtuminen saattaa olla oletettua hitaampaa.

Tuuletusaikana tilojen ilmanvaihdon tulee olla hyvä, jotta sisäilma pystyy ottamaan vastaan rakenteesta haihtuvat yhdisteet eivätkä yhdisteet absorboitu muille pinnoille. Muihin pintoihin absorboitumista voidaan vähentää esimerkiksi suojamuoveilla.

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

Mikäli betonialustassa on purkurajaa syvemmällä merkittäviä määriä jäännösemissioita, voidaan yhdisteiden haihtumisen tehostuskeinona käyttää ns. VOC-lämmitystä, jotta tuuletusajasta ei tule kohtuuttoman pitkää. Menetelmässä betonirakenteen lämpötila nostetaan yli 60 °C:een muutamiksi päiviksi kerrallaan. Käytännössä tämä tapahtuu yleensä betonin kuivattamiseen tarkoitetuilla ns. levykuivaimilla. Menetelmä aiheuttaa voimakkaan VOC-päästön huoneilmaan, joten tilan tuuletuksen riittävyteen ja muihin pintoihin absorboitumisen estämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Menetelmää käytettäessä tulee varmistaa, ettei korkea lämpötila vaurioita muita rakenteita ja materiaaleja.

Betonialustan kuivatustarve

Betonilattian päällystekorjausten yhteydessä tulee aina arvioida betonialustan mahdollinen kuivatustarve. Ennen uuden lattiapäällysteen asentamista tulee kosteusmittauksin (RT-ohjekortin RT 103333 mukaisesti) varmistaa, että lattiarakenne on riittävän kuiva. 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. Kosteuden haihtuminen on yleensä VOC-yhdisteiden haihduttamista 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 VOC-lämmitys.

Jäännösemissioiden kapselointi alustaan

Rakennetta ei aina pystytä kuivattamaan, eikä siinä olevia jäännösemissioita tuulettamaan riittävästi ennen uusien päällysteiden asentamista. Tällainen tilanne tulee tyypillisesti vastaan jatkuvasti käytössä olevissa tiloissa, joissa korjauksen läpimenoajan 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 toimiva ilmanvaihto pitää jäännösemissioiden pitoisuudet sisäilmassa lähes olemattomina.

Kapselointikäsitteily tehdään yhtenäisenä kerroksena tarkoitukseen kehitetyillä epoksikapselointituotteilla tai vastaavilla tuotteilla materiaalivalmistajan ohjeita noudattaen. Kapseloitavan pinnan tulee olla luja ja kuiva. Syvemmällä rakenteessa voidaan sallia hyvinkin korkea kosteuspitoisuus.

Kapselointikerroksen päälle tehdään pääsääntöisesti tasoitus ennen uuden pintarakenteen asennusta. Tasoitteen tartunta kapselointikerrokseen tulee varmistaa esim. kvartsihiekkasirotuksella viimeiseen kapselointikerrokseen. Tasoitteen tulee antaa kuivua ennen tiiviin päällysteen asentamista, sillä pintakerrokset eivät pääse kuivumaan alaspäin kapseloinnin läpi. Tasoitteen kuivuminen on erityisen kriittistä, jos uusi päällyste on tiivis ja se kiinnitetään liimaamalla. Tasoitteen riittävän alhainen kosteus on hyvä tarkistaa näytepalamittauksella ennen liimausta ja lisäksi varmistua liiman riittävästä avoajasta ennen maton painantaa (tarraliimaus on suositeltavin liimaustapa). Mikäli päällyste liimataan suoraan kapselointikerroksen päälle, materiaalien yhteensopivuus on varmistettava.

6.3.2.1 Nykyisen pintarakenteen purku ja korjaus alkuperäistä vastaavaksi

Jos lattiarakenne todetaan suunnitteluratkaisultaan kosteusteknisesti toimivaksi, mutta muovimattopäällyste on vaurioitunut rakenteeseen rakennusaikana jääneen liiallisen rakennekosteuden vuoksi, korjaus voidaan tehdä alkuperäisellä pintarakennetarkaisulla.

Yksinkertaisimmillaan tämä korjaus on silloin, kun rakenne on vaurioitumisen jälkeen päässyt kuivumaan ja betoniin/tasoitteeseen ei ole imeytynyt merkittäviä määriä VOC-yhdisteitä. Korjaaminen voidaan tällöin tehdä poistamalla muovimatto ja liima, korjaamalla mahdollisesti irrotuksessa vaurioitunut tasoite sekä asentamalla pintaan alkuperäistä vastaava muovimatto tarkoitukseen soveltuvalla liimalla.

6.3.2.2 Pintarakenneratkaisun muuttaminen korjauksen yhteydessä

Korjauksen yhteydessä pintarakenneratkaisu voidaan myös muuttaa alkuperäisestä poikkeavaksi. Jos muovimatto korvataan esimerkiksi laminaatilla tai vinyylilankulla, on korjaukselta suunniteltaessa syytä huomioida päällysteiden paksuuserot. Esimerkiksi laminaatti saattaa olla muovimattoa huomattavasti paksumpi, mikä voi aiheuttaa haasteita muun muassa väliovien kanssa.

Mikäli betonirakennetta ei saada muovimaton kannalta riittävän kuivaksi tai pysymään kuivana esimerkiksi maakosteuden takia, korvaavaksi päällysteeksi voidaan valita alkuperäistä muovimattoa paremmin vesihöyryä läpäisevä ratkaisu. Tällaisia vaihtoehtoja ovat esimerkiksi keraaminen laatoitus tai tekstiilipäällyste ilman tiivistä alusrakennetta. Korjausvaihtoehtona voidaan myös käyttää korkeampaa kosteutta kestäviä materiaaleja. Esimerkiksi useimmilla massapinnoitteilla voidaan saada aikaan muovimaton kaltainen, mutta kosteutta hyvin kestävä lattiapinta. Tiiviitä pintarakennevaihtoehtoja valittaessa tulee kiinnittää erityistä huomioita kosteuden mahdolliseen siirtymiseen vaakasuunnassa, esimerkiksi päällysteen alta seinärakenteisiin.

Vaihdettaessa muovimattopäällyste työmaalla levitettävään pinnoitteeseen (esimerkiksi polyuretaanielastomeeriin), tuotteen kriittisin valmistusvaihe siirtyy tehtaasta työmaalle. Pinnoitemassan sekoittaminen ja levittäminen työmaalla edellyttävät materiaalivalmistajan ohjeiden tarkkaa noudattamista. Esimerkiksi kaksikomponenttisen tuotteen epäonnistunut sekoitus työmaalla saattaa johtaa hyvinkin suuripäästöiseen lattiarakenteeseen. Materiaalivalintoja tehtäessä tulee ottaa huomioon eri tuotteiden käyttöiät.

6.4 Korjausmenetelmien riskit

6.4.1 Korjaustoimenpiteisiin liittyviä riskejä

Lattioiden korjaaminen on usein varsin työlästä ja kallista, minkä vuoksi korjaustoimenpiteisiin ryhtymiselle pitää olla hyvät perustelut ja korjaustyö tulee suunnitella huolella. Pienissä vaurioissa välittömästi toteutettu korjaus ilman perusteellisia tutkimuksia voi kuitenkin joissakin tapauksissa olla kokonaistaloudellisesti järkevämpi vaihtoehto.

Muovimaton päällystetyn betonilattian korjaamiseen liittyy muun muassa seuraavia haasteita ja riskejä:

- Purkutyöstä aiheutuvat vauriot. 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. Liian rajut työtavat saattavat myös irrottaa lähellä työaluetta olevia hyväkuntoisia pintarakenteita, kuten keraamisia laattoja.

- Puhtauden ja pölynhallinta. Korjaustyön puutteellinen puhtauden- ja pölynhallinta 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. Laajemmissa purkutöissä voidaan joskus joutua käyttämään asbestipurkuperiaatteita, vaikkei rakenteissa olisi asbestia.
- Haitta-aineet. Muovimatoissa käytetyistä yhdisteistä TXIB ja DEHP on luokiteltu vaarallisiksi aineiksi. Osa PVC-muovimatoista ja niiden liimoista sekä osa linoleumimatoista saattavat sisältää asbestia. Myös kvartsvinyylilaatoissa ja niiden kiinnittämiseen käytetyissä liimoissa voi olla asbestia. Ennen purkutöitä on suositeltavaa teettää haitta-ainetutkimus voimassa olevien säädösten ja ohjeiden mukaan (esim. valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 785/2015 ja RT-ohjekortti RT 18-11245).
- Haitta tilankäytölle. Lattioiden korjaaminen aiheuttaa lähes aina haittaa tilojen käyttäjille, sillä korjattavat tilat tulee tyhjentää. Lisäksi korjaustöiden aiheuttamista melua sekä haju- ja pölypäästöjä. Näiden hallinta vaatii aina tarkkaa etukäteissuunnittelua.

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

- Työvirheet. Päällystekorjaus voi aiheuttaa uusia ongelmia. Esimerkiksi kapselointiaineen epäonnistunut sekoitus tai aineen reagointi alusrakenteen kanssa voi muodostaa lisää tai uusia yhdisteitä ja päästöjä.
- Yhteensopimattomat materiaaliyhdistelmät. Keskenään yhteensopimattomien tai päästöluokittelemattomien tuotteiden käytön seurauksena VOC-päästöt ovat suurempia kuin ennen korjausta
- Uuden pintarakenteen primääriemissiot. Joidenkin (tyypillisesti päästöluokittelemattomien) tuotteiden ominaisemissiot ja -hajut voivat olla häiritsevän voimakkaita useiden kuukausien ja jopa vuosien ajan. Korjauksissa on yleisesti hyvä muistaa, että uusien materiaalien emissiot ovat lähes aina korkeampia ja hajut voimakkaampia, kuin vanhempien materiaalien.
- Tilojen liian nopea käyttöönotto korjausten jälkeen. Uudisrakentamisessa lattiapäällysteiden emissioista merkittävä osa ehtii poistua ennen tilojen käyttöönottoa, mutta päällystekorjausten jälkeen tiloihin tullaan usein heti korjausten valmistuttua, jolloin uusien materiaalien primääriemissiot ovat korkeimmillaan.
- Jäännösemissioiden tarttuminen ympäröiviin pintoihin. Alustaan on voinut ajan kuluessa imeytyä hyvin suuria VOC-pitoisuuksia, jotka ovat

pääosin pysyneet lattiapäällysteen alla aina korjaushetkeen asti. Purkutyön yhteydessä näitä yhdisteitä vapautuu korjausalueelle absorboituen mahdollisesti tilan muihin pintoihin. Korjausten jälkeen muilta pinnoilta huoneilmaan emittoituvat yhdisteet voivat heikentää sisäilman laatua.

- Alustan jäännösemissiot.
 - Alustan jäännösemissiot voivat heikentää sisäilman laatua silloin, kun uusi pintarakenne on liian läpäisevä. Jos halutaan käyttää läpäisevää pintarakennetta, tulee jäännösemissiot poistaa alustasta perusteellisemmin purkamalla, tuulettamalla ja lämmittämällä kuin tiivistä uutta pintarakennetta käytettäessä.
 - Mikäli uusi pintarakenne on tiivis tai jäännösemissiot on kapseoitu alustaan, niistä ei yleensä aiheudu ongelmia.
 - Jäännösemissioiden poistamisessa tuulettamalla ja alustaa lämmittämällä tulee varautua siihen, että riittävä tuuletusaika voi vaihdella muutamasta viikosta useisiin kuukausiin. Tuuletusjaksosta voi muodostua työmaata tahdistava sekä aikatauluihin ja kustannuksiin merkittävästi 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 epäonnistuneesta tiedottamisesta ja mahdollisesti ärsytysoireiden vähättelystä seurannut luottamuspuola. Käyttäjät eivät esimerkiksi luota osakorjausten onnistumiseen, vaan ovat tyytyväisiä 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 yleensä voimakkaina juuri korjatuissa tiloissa. Käyttäjien tulee ymmärtää, että korjauksilla ei tavoitella emissioiden nollassoa, sillä rakennettuun ympäristöön kuuluu erilaisia emissioita ja hajuja. Osa käyttäjistä voi kokea nämä haitallisiksi.

6.4.2 Alikorjaus

Korjaus saattaa epäonnistua, jos korjauksia ei kohdisteta riittävän laajalle alueelle ja jonnekin jää tilan kokoon ja ilmanvaihtuvuuteen nähden liian suuriemissioisia lattiapintoja. Korjaus voi myös epäonnistua, jos vaurioituneita materiaaleja ei poisteta riittävän huolellisesti ja/tai syvältä. Tällöin alusrakenteeseen jää oletettua suurempia jäännösemissioita, jotka voivat kulkeutua sisäilmaan esimerkiksi 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 kehittyikin myöhemmin korjausta vaativaksi.

6.4.3 Ylikorjaus

Ylikorjauksessa valittu korjausmenetelmä on tyypillisesti liian raskas aiheuttaen turhaa ja pitkittävää haittaa käytölle, turhia kustannuksia sekä tarpeetonta jätettä ja energia-hukkaa. 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 syvälle ja lisäksi kapseloidaan, vaikka alustassa ei esimerkiksi jyrsinän seurauksena enää juuri ole jäännösemisioita. Joskus ongelma olisi saatu poistettua yksistään ilmanvaihdon korjaustoimilla.

6.5 Korjaussuunnitelmien laatiminen

Korjaussuunnittelun vaativuus riippuu lähtötilanteesta ja voi vaihdella tavanomaisesta poikkeuksellisen vaativaan. Korjaussuunnitelman laatiminen on yleensä kosteus- ja mikrobivaurioihin sekä rakennusfysiikkaan erikoistuneiden asiantuntijoiden työtä. Korjaussuunnittelija voi osoittaa pätevyytensä referenssein tai esimerkiksi FISE:n kosteusvaurion korjaussuunnittelijan tai rakennusfysiikan suunnittelijan pätevyydellä.

Mikäli korjauskohteessa toteutetaan samaan aikaan ilmanvaihtoon liittyviä toimenpiteitä, tulee suunnittelutyössä olla mukana ilmanvaihdon suunnittelija.

Korjaussuunnitteluun liittyviä kohdekohtaisia asiakirjoja ovat mm. korjaustyöohje tai korjaustyöselostus, jossa esitetään käytettävien materiaalien ja korjaustöiden lisäksi laadunvarmistustoimenpiteet (esim. mallityöt, työvaihekatselmukset, mittaukset ja mitausten tavoitetasot). Suunnitelmissa esitettäviä tavoitearvoja ovat esimerkiksi alustan päällystämiskosteusraja-arvot, jäännösemissioiden sallitut tasot ja korjauksen tavoiteltu käyttöikä. Tarvittaessa laaditaan erillinen laadunvarmistus- ja seurantasuunnitelma, jossa edellä mainitut laadunvarmistusasetukset on esitetty.

Korjaussuunnitelmat koostuvat muun muassa seuraavista asiakirjoista:

- Tasopiirustus, jossa esitetään periaatteet korjaustyön laajuudesta
- Tarvittavat rakenneleikkaukset
- Mahdollisesti tarvittavat yksityiskohtaiset piirustukset esimerkiksi liittymäpinnoista ja liittymien tiivistämisestä.

Suunnitelmalliseen laadunvarmistukseen kuuluu käytettävien tuotteiden tarkka dokumentointi ja tuote-eräkohtainen tarkastelu esimerkiksi seuraavasti:

- Mattotoimittajaa veloitetaan toimittamaan työmaalle mahdollisimman vähän eri tuotantoeriä olevia päällysteitä. Jos näytteet tulevat ennen mattoja, vain ennakkotestattuja toimitetaan.
- Urakoitsija veloitetaan pitämään kirjaa, mitä lattiapäällysteen valmistuserää kussakin tilassa on käytetty.
- Jokainen työmaalle toimitettava erä tutkitaan asiantuntijan toimesta aistinvaraisesti ja testataan bulk-VOC-menetelmällä.
- Analyysituloksia verrataan aistinvaraisiin havaintoihin sekä tuotevalmistajan ilmoittamiin materiaaliarvoihin.
- Valitaan kohteeseen vähäriskisin tuotevaihtoehto.
- Kaikista asennettavista eristä talletetaan kaksi osanäytettä: suojaamattomana säilytettävä ”vanheneva” näyte sekä kaksinkertaiseen alumiiniin käärittävää ”neitseellinen” näyte. Näytteet säilytetään tavanomaisissa sisäilmaolosuhteissa.
- Liimattavista tuotteista talletetaan myös liimasta/liimoista näytteet alkuperäispakkauksissa.

Rakennusvaiheen dokumentoinnin ja tarkastelun tietoja voidaan hyödyntää mahdollisissa ongelmaselvityksissä ja toimivuuden seurannoissa kyseisen kohteen ns. omina viitearvoina/lähtötilannetietoina.

Ilmanvaihtojärjestelmään liittyvät toimenpiteet suunnitellaan yhteistyössä kohteeseen nimetyn 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.

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 käytettäviä keinoja ovat esimerkiksi mittaukset, tarkastukset ja käyttäjäkyselyt. Keinot valitaan aina tapauskohtaisesti. Toteutettavien mittausten, tarkastusten ja kyselyiden ajoitukset ovat tyypillisesti esimerkiksi 0,5 vuotta, 1 vuosi ja 2 vuotta korjausten valmistumisesta. Seurannan jatkamisesta päätetään yleensä parin vuoden jälkeen alkuvaiheen tulosten perusteella. Seuranta on hyvä liittää osaksi kiinteistökanan hallintaa.

Käyttäjien kokemuksista saadaan tietoa tekemällä kohteen kaikille käyttäjille suunnattu käyttäjäkysely. Paras tarkkuus ja tulosten hyödynnettävyys saadaan silloin, kun sama taho tekee saman kyselyn ennen ja jälkeen korjausten ja vastausprosentti on vähintään 50 %. Korjausten onnistumisesta voidaan kysellä myös kiinteistön omistajan yleisen käyttäjätyytyväisyyskyselyn yhteydessä. Palautetta korjausten onnistumisesta voidaan saada kysymättäkin ja kaikki tiedot on syytä huomioida, kun arvioidaan onnistumista.

Kyselyllä saatavan käyttäjäkokemustiedon tueksi on yleensä hyvä tehdä aistinvaraisia tarkasteluja tiloissa esimerkiksi yksi- ja kaksivuotistakuutarkastuksen yhteydessä tai erillisellä katselmuskäynnillä. Taustatiedoksi tarvitaan aina ilmanvaihdon toimivuustiedot. Ilmanvaihdon toimivuutta ja painesuhteiden pysyvyyttä seurataan tyypillisesti jatkuvakestoisella olosuhdeseurannalla, jota voidaan tehdä joko talotekniikkaan liitetyillä antureilla tai erillisillä mittalaitteilla.

Rakenteisiin mahdollisesti jääneen tai sinne siirtyvän (esim. maanvaraisissa lattioissa) kosteuden käyttäytymistä voidaan korjauksen jälkeen seurata rakennekosteusmittauksin. Oleellisinta on seurata kosteusilannetta heti pintarakenteen alla liimatilassa. Seurantamittauskohdiksi tulee lähtökohtaisesti valita oletettavasti kosteimmat kohdat. Mittaustuloksia verrataan pintarakenteen kosteudensietokykyyn. Jos kosteuspitoisuus välittömästi pintarakenteen (muovimaton) alla pysyy materiaalikohtaisen kriittisen kosteusarvon alapuolella, korjauksen voidaan näiltä osin todeta onnistuneen. Ohjeita seurantamittausten tekemiseen niin kertaluonteisilla pintarakennetta paikallisesti rikkovilla menetelmällä kuin jatkuvatoimisilla mittaustavoilla on annettu RT-ohjekortissa *RT-103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus* (Rakennustietosäätiö RTS 2021).

Sisäilman VOC-pitoisuutta voidaan seurata määräajoin ympäristöministeriön julkaisun *Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* (Pitkäranta, M. toim. 2016) mukaan tehdyillä mittauksilla. Mittaukset tehdään yleensä pistokoemaisesti. Seurattavien tilojen valinnassa kannattaa hyödyntää korjausta edeltävien tutkimusten ja selvitysten tuloksia sekä korjaustyön aikana kertynyttä tietoa. Uusien materiaalien primääripäästöjen vuoksi sisäilman VOC-mittausta on yleensä järkevä tehdä aikaisintaan puoli vuotta korjauksen valmistumisen jälkeen.

Mikäli sisäilman VOC-pitoisuuksissa havaitaan korjausten jälkeen merkittävää nousua, voidaan lattiarakenteen pinnasta tehtävällä FLEC-mittauksella tarkistaa, onko emissioiden lähteenä uusittu pintarakennejärjestelmä. Mikäli FLEC-mittaustulokset viittaavat ongelmaan, voidaan sen esiintymislaajuutta arvioida helpommin ja nopeammin tehtävällä bulk-menetelmällä.

Liite: Määritelmät ja käsitteet

Pintarakennejärjestelmä;	Betonin päälle asennettavat rakennekerrokset kuten tartun- tapohjuste, tasoite, päällysteen kiinnitysaine sekä pääl- lyste/pinnoite.
Kriittinen kosteus	Materiaalikohtainen suhteellisen kosteuden raja-arvo, jonka ylittyessä betonin ja betonin pintaan asennetun materiaalin rajapinnassa materiaali tai materiaaliyhdistelmät saattavat vaurioitua kosteuden vaikutuksesta.
Päällystyskriteeri	Kosteusraja-arvo(t) tiety(i)llä syvyydellä/syvyyksillä, jotta kos- teus päällysteen alla ei nouse haitallisen korkealle päällystä- misen jälkeen. Kriteerin täyttyminen todetaan kosteusmittauk- sin.
Kosteusjakauma	Kosteusprofiili. Betonirakenteessa eri syvyyksillä vallitseva kosteus. Betonirakenteen kuivuessa siihen muodostuu kos- teusjakauma, jossa pintaosat ovat yleensä sisäosaa kuivem- pia. Päällystetyn betonirakenteen jakaumat voi olla hyvin eri- laisia riippuen muun muassa rakenteen iästä ja päällysteen vesihöyrynläpäisevyydestä.
Vesihöyrynläpäisevyys	Materiaaliominaisuus, joka kuvaa miten vesihöyry pystyy lä- päisemään materiaalin. Kuvaa vesimäärää, joka stationääriti- lassa läpäisee aikayksikössä pinta-alayksikön suuruisen ja pi- tuusyksikön paksuisen homogeenisen ainekerroksen, kun ai- nekerroksen eripuolilla olevien tilojen vesihöyrypitoisuuksien ero (tai vesihöyryn osapaine-ero) on yksikön suuruinen.
Arvostelusyvyys	Kosteusmittausvyvyys A, jolla päällystysraja-arvo tulee alittaa mittausepävarmuus huomioon ottaen.
RH	Relative humidity; suhteellinen kosteus (%). Ilman suhteelli- nen koteuspitoisuus, joka ilmoittaa kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä kyllästymiskosteuspitoisuuteen verrattuna tietyssä lämpötilassa. Materiaalin RH on sen huokosilman RH.
pH	pH-luku mittaa aktiivisten vetyionien määrää. Kun pH-luku las- kee yhden yksikön verran happamuus kasvaa kymmenker- taiseksi, eli pH-asteikko on logaritminen. Neutraalin liuoksen

	pH-luku on 7, mitä suuremmat arvot liittyvät emäksiin (esim. natriumhydroksidi) pienemmät happoihin.
Alkalinen kosteus	Betoni ja muut sementtituotteet ovat yleensä hyvin alkalisia eli emäksisiä aineita, jotka luovuttavat hydroksidi-ioneja vesiliuokseen. Tämä alkalinen kosteus voi aiheuttaa muovimaton pehmittimien ja liimojen kemiallisen hajoamisen.
PVC	Polyvinyylikloridi.
Pehmitin	Muovin valmistuksessa käytettävä aine, joka pehmentää ja notkeuttaa tuotetta, jota muuten olisi hankala muotoilla, levittää tai työstää.
Dispersioliima	Dispersioliima on liima, joka on nestemäistä huoneen lämpötilassa. Dispersio on kiinteitä hiukkasia, jotka kelluvat nesteessä, yleensä vedessä.
Kaksikomponenttiliima	Liima, joka aikaansaadaan sekoittamalla liima-aine ja kovetin juuri ennen liiman levitystä.
Alkalinen hydrolyysi	Betonin ja/tai tasoitteen alkalisen kosteuden aiheuttama muovimaton pehmittimien ja liimojen kemiallinen hajoaminen.
Emissio	Haihtuminen, materiaalista vapautuu kaasumaisessa olomuodossa olevia yhdisteitä ympäröivään ilmaan.
VOC	Volatile Organic Compound, haihtuva orgaaninen yhdiste.
TVOC	Total Organic Compounds, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä. Standardin ISO 16000-6 mukaan TVOC määritetään n-heksaanin ja n-heksadekaanin väliseltä alueelta, nämä yhdisteet mukaan lukien.
2EH	2-etyyli-1-heksanolista usein käytetty lyhenne.
Materiaaliemissio	Ilmoitetaan pinnan emissiona ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$).
Emissiopotentiaali	Ilmoitetaan materiaalin kokonaisemissiona ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$).

FLEC	Field and Laboratory Emission Cell. Mittaustulos ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu neliömetriltä tutkittavaa pintaa tunnissa = pintaemissionopeus).
Bulk	Kohteelta irrotettujen materiaalinäytteiden analysointiin käytetään yleensä ns. mikrokammiolaitteistoa. 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). Materiaalitekniikassa bulk- sanaa käytetään materiaalista, joka on ns. irtotavaraa.
Adsorbentti	VOC-yhdisteet kerätään VOC-mittauksissa pumpun avulla adsorbenttiin, yleensä joko Tenax-TA-adsorbenttiin tai yhdistelmäadsorbenttiin.
M1-luokitus	Suomalainen rakennusmateriaalien päästöluokitus.
Hajukynnys	Hajuaineen pienin pitoisuus, jonka koehenkilöt pystyvät havaitsemaan.
HTP-arvo	Työperäisille altisteille on olemassa lakisääteisiä työhygieenisiä raja-arvoja, kuten suomalaiset HTP-arvot, haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. HTP-arvot ovat pienimpiä ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden katsotaan voivan vahingoittaa työntekijää. Haitallisen vaikutuksen ilmaantuminen riippuu pitoisuuden lisäksi altistusajasta.
Toimenpideraja	Toimenpiderajaa käytetään terveydensuojeluvalvonnassa kynnyksarvona sille, milloin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi on ryhdyttävä toimenpiteisiin. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat tai Työterveyslaitoksen tavoitearvot eivät ole terveysperusteisia, vaan kertovat enemmän epätavallisesta pitoisuudesta ja siihen liittyvästä jatkotoimenpidetarpeesta.
Viitearvo	Viitearvot tarkoittavat mittaustulosten vaihteluväliä eli viiteväliä, jonka sisällä oleva tulos on niin sanotusti normaali. Viite-

	<p>tearvo määritellään siten, että suuresta määrästä tuloksia katsotaan, minkä tuloksen ylittää esim. 5 % tuloksista, jolloin ns. 95 % persentiili on viitearvo.</p>
Emissioaurio	Materiaalin kemiallinen vaurioituminen.
Ilmanvaihtokerroin	Ilmanvaihtokerroin ilmoittaa kuinka montaa kertaa tunnissa tilan tilavuuden verran ilmaa vaihtuu.
Palvelualue	Palvelualue on se alue, jolle tietyn ilmanvaihtokoneen on suunniteltu vaikuttavan.
Purkuraja	Tutkimustulosten perusteella määriteltävä raja, johon asti pintarakenteet puretaan.
Jäännösemissio	Pintarakenteiden poistamisen jälkeen rakenteeseen jäänyt emissiomäärä.
Kapselointi	Korjaustapa, jonka tavoitteena on estää tai hidastaa kaasumaisten epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan diffuusiolla materiaalien läpi. Kapseloinnissa peitetään kaasuntiiviillä materiaalilla kauttaaltaan joko kaasumaisia epäpuhtauksia päästävä pinta tai sitä ja sisäilmaa rajaava pintarakenne. Käsitteily tehdään yhtenäisenä, jolloin myös ilmavuodot sisäilmaan estetään. Kapseloinnin tarve riippuu tarkastellusta epäpuhtaudesta (haihtuvuus ja määrä) ja epäpuhtauslähdeä ja sisäilmaa erottavan rakenteen läpäisevyydestä kyseiselle epäpuhtaudelle.
VOC-lämmitys	Englanniksi bake-out. VOC-lämmityksessä rakennetta lämmitetään pintarakenteiden poistamisen jälkeen tarkoituksena nopeuttaa jäännösemissioiden poistumista rakenteesta.

Lähteet

A-Insinöörit (2019). Rakennusten paine-erojen mittausohjeprojektin loppuraportti 14.10.2019 (pdf).

EN 16516 (2017) Harmonized standard for emissions of dangerous substances from construction products Determination of emissions into indoor air.

ISO 16000-6 (2021). Indoor air. Part 6; Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on Tenax TA, thermal desorption and gas-chromatography MSD/FID.

ISO 16000-9 (2006) Indoor air. Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing. Emission test chamber-method.

ISO 16000-10 (2006) Indoor air. Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing. Emission test cell method.

Juntunen M., Salmela A., Jalkanen K., Hovi H., Wallenius K., Hyvärinen A. (2022) Haihtuvat orgaaniset yhdisteet asunnoissa: Pitoisuustasot, yleisimmät yhdisteet ja terveysvaikutukset. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, työpaperi 5/2022 (julkari.fi).

Järnström H. (2005) Muovimattopinnoitteiden lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa. VTT Publications 571/2005.

Järnström H. (2007) Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings, VTT Publications 672/2007.

Keinänen H. (2013) Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin. Opinnäytetyö. Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate.

Leino K., Hovi H., Parshintsev E. (2020) Kuinka arvioida materiaaliemissioiden vaikutusta sisäilman kemialliseen laatuun? Rakennusfysiikka 2020, Seminaarijulkaisu 6 s. 69–74.

Leivo V., Sarlin E., Suonketo J., Pikkuvirta J., Pentti M. (2021) Muovipäällysteisten lattioiden vaurioituminen kosteuden vaikutuksesta. Tampereen Yliopisto. Rakennustekniikka. Tutkimusraportti nro RAK/2640/21.

Lindberg R., Wahlman J., Suonketo J., Paukku E. (2002) Kosteusvirtatutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu 2002.

Markkanen P., Villberg K., Mielo T., Hovi H., Tuovila H., Valkeinen R., Lönnblad P. (2020) Lattiapäällysteiden alapuolisen kosteuden aiheuttamat materiaalivauriot. Sisäilmastoseminaari 2020. Sisäilmayhdistys raportti 38.

Merikallio T., Niemi S., Komonen J. (2007) Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällistäminen. Suomen Betonitieto Oy.

Metiäinen P. (2012) VOC-yhdisteiden tulkinta asumisterveys tutkimuksissa. Ympäristö ja terveys -lehti nro 5-6/2012.

NT build 484 (1998) Building materials: Emission of volatile compounds – On-site measurements with Field and Laboratory Emission Cell (FLEC). Nordtest.

Pitkäranta Miia, toim. (2016). Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016, Ympäristöministeriö.

Rautiainen P. (2022) Päästölähteiden, ilmanvaihdon ja painesuhteiden vaikutukset VOC-yhdisteiden pitoisuuteen sairaalaympäristössä ja henkilöstön oireiluun. Väitöskirja. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta.

Rakennustietosäätiö RTS (2018). RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus.

Rakennustietosäätiö RTS (2020). Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1.

Rakennustietosäätiö RTS (2021). RT 103333 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus.

Rakennustietosäätiö RTS (2016). RT RT 18-11245 Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet.

Räsänen V., Penttala V. (2003) The pH measurement of concrete and smoothing mortar using a concrete powder suspension, Cement and Concrete research.

Sisäilmayhdistys (2022). <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Muut-sisailmatutkimukset/Kemialliset-tutkimukset>.

Sjöberg A. (2001) Secondary emissions from concrete floors with bonded flooring materials. Effects of alkaline hydrolysis and stored decomposition products. Chalmers University of Technology, Department of Building Materials.

Sjöberg A., Ramnäs O. (2007) An experimental parametric study of VOC from flooring systems exposed to alkaline solutions. *Indoor Air* 2007.

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (545/2015).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (654/2020).

Suomen LVI-liiton SuLVI ry:n ohje ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kuntotutkimus (2016).

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry (2020). RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen.

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta (785/2015).

Valvira (2016). Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Ohje 8/2016.

Wallenius K., Hovi H., Mahiout S., Remes J., Rautiala S., Jokela P., Leino K., Liukkonen T. (2021). Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistoympäristössä: Päästölähteet, mittaamenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Työterveyslaitos (julkari.fi).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017).

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen ilmanvaihdesta ja sisäilmastosta (1009/2017).

Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (2020).

Ympäristöministeriön ohje. Ilmanvaihdon katsastusopas (2022).



VALTIONEUVOSTO
STATSRÅDET

Valtioneuvoston kanslia

Statsrådets kansli

Opetus- ja kulttuuriministeriö

Undervisnings- och kulturministeriet

Sosiaali- ja terveysministeriö

Social- och hälsovårdsministeriet

Ympäristöministeriö

Miljöministeriet

