

VOC-VAURIOITUNEIDEN JA MATTOPINNOITET- TUIJEN BETONILATTIOIDEN KORJAUSHANKE PROJEKTIHALLINNAN NÄKÖKULMASTA

Pasi Kolu

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma
insinööri ylempi AMK





Tekijä(t) KOLU, Pasi	Julkaisun laji Opinnäytetyö. Ylempi ammattikorkeakoulututkinto	Päivämäärä 06.05.2013
	Sivumäärä 64	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Voc-vaurioituneiden ja mattopinnoitettujen betonilattioiden korjaushanke projektihallinnan näkökulmasta		
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma. Ylempi ammattikorkeakoulututkinto		
Työn ohjaaja(t) JURVELIN, Jouni PITKÄNEN, Seppo		
Toimeksiantaja(t) Vahanen Jyväskylä Oy / KOLLANEN, Tuomo		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee Voc-vaurioituneiden ja mattopinnoitettujen betonilattioiden korjaushanketta projektihallinnan näkökulmasta. Tavoitteena on kehittää ja laatia kokonaisvaltainen toimintaohje mattopinnoitettujen lattioiden Voc-vaurioiden ratkaisemiseksi. Toimintaohjeessa käydään läpi vaurioiden syntyminen ja niiden tutkiminen, korjaussuunnittelu ja varsinainen korjaaminen (ammattillinen painopiste) sekä keskeisenä seikkana koko korjaushankkeen projektinhallinta (koulutusohjelmaan liittyvät tavoitteet).</p> <p>Laadittu opinnäytetyö on tarkoitettu työkaluksi asiantuntijapalveluita tilaaville (projektin johtamisen oppaaksi) sekä asiantuntijoille ja muille korjaushankkeeseen osallistuville tahoille. Opinnäytetyö on ohje Voc-ongelmien selvittämiseen ja korjaamiseen (käydään läpi ongelman ratkaisemisen vaiheet) sekä asiaan liittyvän kokonaisuuden ymmärtämiseen. Tavoitteenani oli kehittää ja tuottaa korjaushankkeesta käytännön läheinen toimintamalli (käsikirja) projektihallinnan näkökulmasta (malli projektin läpiviennille), jossa rakennustekniikan osalta on nostettu esiin viimeisin tieto-taito ongelmien tutkimusten ja korjausten näkökulmasta. Työssä käydään läpi käytännössä hyviksi havaittuja tutkimus- ja korjausmalleja. Opinnäytetyö perustuu tämänhetkiseen tietämykseen, joka monilta osiltaan todennäköisesti vielä täydentyy uusien toimintatapojen ja tietämyksen myötä. Työn tuloksena syntynyt toimintaohje keskittyy lattiakorjauksiin, mutta se on toki sovellettavissa myös muihin vastaavanlaisiin hankkeisiin.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Korjaushanke, projektinhallinta, Voc-vaurio		
Muut tiedot		

Author(s) KOLU, Pasi	Type of publication Master's Thesis	Date 06.05.2013
	Pages 64	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title A reparation project of the Voc-damaged and plastic-mat-coated concrete floors by perspective of the project management		
Degree Programme Professional Master Degree Programme in Technological Competence Management		
Tutor(s) JURVELIN, Jouni PITKÄNEN, Seppo		
Assigned by Vahanen Jyväskylä Oy / KOLLANEN, Tuomo		
<p>Abstract</p> <p>This thesis deals with a reparation project of Voc-damaged and plastic-mat-coated concrete floors from the perspective of the project management. The objective was to advance and make a comprehensive instructions to solve a problem with plastic-mat-coated and Voc-damaged floors. The instructions deal with the following issues; how the damages come into existence and how they are inspected, the plans to repair them and actual reparation (professional focuses), and also as fundamental parts the whole project management of the reparation project (educational focuses).</p> <p>The instructions created in the thesis are designed to be a tool for those who are ordering professional services i.e. to work as a guide of the project management and also for consultants and others who are involved in the reparation projects. This thesis is an indicator of how to find out and how to repair those Voc-problems in other words how to deal with the problem solving stages and also how to understand the whole issue. The priority was to develop and produce a practical operations model of the reparation project (a manual) with the perspective of the project management, the model of project completion, where the highlights is in the latest civil engineering know-how related to the examinations and the reparations of the problems. The thesis deals with examination and reparation models that are noted to be good in practice. The thesis is based on the present knowledge, which probably is going to improve in the future by new operation modes and knowledge. The outcome of this thesis is the manual which concentrates on floor reparation, but can also be applied to other similar projects.</p>		
Keywords Reparation project, Project management, Voc-damage		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

KESKEISET KÄSITTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet.....	7
1.2 Opinnäytetyön toteutus	9
2 PROJEKTI JA PROJEKTISUUNNITELMA.....	10
2.1 Projekti käsitteenä.....	10
2.2 Projektioorganisaatio	12
2.3 Projektin vaiheistus ja projektinohjaus	13
2.4 Prosessien kuvaaminen	14
2.5 Projektisuunnitelma	15
3 HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET	20
3.1 Sisäilmaongelmat yleisesti	20
3.2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.....	21
3.3 Betonilattioiden kosteudet	23
3.4 Voc-emissioiden syntyminen	25
4 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET: LATTIAKORJAUSTEN TOIMINTAMALLI.....	27
4.1 Jyväskylän kaupungin sisäilmastoryhmän Menettelytapaohje sisäilmasto- ongelmien hoitamiseen.....	27
4.2 Projektin kuvaus	28
4.3 Projektin toteuttajatahojen välinen yhteistyö.....	29
4.4 Projektin tekninen prosessi.....	31
4.4.1 Sisäilmasto-ongelman ennakoarviointi (vaihe 1)	32
4.4.2 Sisäilmatutkimus (vaihe 2)	32
4.4.3 Korjaussuunnittelu (vaihe 3)	41
4.4.4 Korjaustoimenpiteet (vaihe 4)	48
4.4.5 Projektin seuranta ja mittarit (vaihe 5)	51
4.5 Projektin aikataulu.....	53
4.6 Projektin laadunvarmistus	54
4.7 Projektin riskiarviot	55
4.8 Projektin päättäminen	56
4.9 Projektin tiedottaminen ja viestintä.....	56
5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	58

LÄHDELUETTELO	63
---------------------	----

KUVIOT

KUVIO 1. Projektin komponentit (Silfverberg, 2007, 21)	10
KUVIO 2. Oppiva prosessi hankeaikaisessa työsuunnittelussa (Silfverberg, 2007, 98)	11
KUVIO 3. Projektin strateginen horisontti (Virtanen, 2009, 152)	13
KUVIO 4. Prosessien kuvaamisen eteneminen (Juhta, 2008, 2-4)	15
KUVIO 5. Periaatteellinen kaavio alkalisen kosteuden aiheuttaman mattoliiman sekundääriemissioiden synnystä (Merikallio ym., 2007, 38)	26
KUVIO 6. Jyväskylän Tilapalvelun toimintamalli sisäilmasto-ongelmien selvittelytyössä (Jyväskylän Tilapalvelu, menettelytapaohje 2009)	28
KUVIO 7. Periaatteellinen organisaatiokaavio	29
KUVIO 8. Periaatteellinen kaavio projektin teknisestä prosessista	31
KUVIO 9. Pintakosteusmittaus	33
KUVIO 10. Aistinvarainen havainnointi pinnoitteen alle	33
KUVIO 11. Näytteenotto sisäilmasta	35
KUVIO 12. Lattiapinnoitteeseen suunnattu ns. kupunäyte	35
KUVIO 13. Lattiakapselointi	46
KUVIO 14. Lattia- ja seinäliittymien tiivistys	46
KUVIO 15. Periaatteellinen kaavio aikataulutuksesta	53
KUVIO 16. Periaatteellinen toimintaohjekaavio Voc-vauriokorjaushankkeesta	59

TAULUKOT

Taulukko 1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden jaottelu (Asumisterveysopas, 2005, 124)	21
Taulukko 2. Sisäilmastoluokat S1, S2 ja S3 (Merikallio, 2007, 39)	37
Taulukko 3. Materiaalien laatuluokat M1 ja M2 (Merikallio, 2007, 37)	41

KESKEISET KÄSITTEET

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Voc, volatile organic compounds) ovat huonelämpötilassa kaasumaisessa olotilassa olevia kemiallisia yhdisteitä (kiehumispiste 50...260 °C). Lyhenteellä Tvoc (total volatile organic compounds) tarkoitetaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää, jonka muodostavat yksittäiset Voc-yhdisteet. Mikrobien aineenvaihdunnan tuloksena syntyneistä haihtuvista orgaanisista yhdisteistä käytetään lyhennettä Mvoc (microbial volatile organic compounds).

Materiaaliemissio

Materiaalien pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö. Primääriemissio on tietylle rakennusmateriaalille ominainen emissio (ominaisemissio), joka hidastuu ajan funktiona. Sekundaariemissio on vastaavasti materiaalissa esiintyvien yhdisteiden hajoamisessa jonkin ulkopuolisen tekijän vaikutuksesta muodostuva haihtuva yhdiste (tai haihtuvat yhdisteet).

Mittarit, indikaattorit (Indicators)

Tekijät, joilla seurataan tavoitteiden saavuttamista ja hankkeella aikaansaatuja muutoksia. Seurantaan tarvitaan yleensä sekä laadullisia että määrällisiä mittareita.

Projekti, hanke (project)

Projekti on haluttuihin tuloksiin pyrkivä kertaluonteinen tehtäväkokonaisuus, joka on ajallisesti ja resursseiltaan määritelty ja jonka toteuttaa tätä tarkoitusta varten luotu organisaatio. Projektiorganisaatio (project organisation) on projektin toteutuksesta vastaava organisaatio, hankkeen toteutustiimi. Projektisuunnitelma (project plan) on vastaavasti projektin johtamistyökaluksi tarkoitettu strategisen tason suunnitelma.

Suhteellinen kosteus (Rh, relative humidity)

Ilman tai materiaalin huokosissa olevan ilman vesimäärä prosentteina siitä vesimäärästä, jonka ko. ilma voi siinä lämpötilassa pitää sisällään. Suhteellinen kosteus on riippuvainen vesimäärän lisäksi voimakkaasti lämpötilasta.

1 JOHDANTO

Sisäilmasto-ongelmaksi ymmärretään yleisesti rakennuksessa oleva terveyttä vaarantava puute tai ongelma. Erilaiset sisäilmasto-ongelmat ovat nykyisin varsin yleisiä ja niistä kärsii Sosiaali- ja terveysministeriön arvioiden mukaan päivittäin jopa 600.000...800.000 suomalaista. Sisäilmasto-ongelmaisten tilojen käyttäjien kokemat erilaiset ärsytysoireet tai yleinen epäviihtyvyys voivat olla seurausta monenlaisista sisäilmasto-ongelmista tai niiden yhteisvaikutuksesta. Sisäilmasto-ongelman taustalla voi olla esim. kosteus- tai mikrobivaurio (yleensä rakenteissa), rakennusmateriaalien kemiallinen päästö (mm. lattiapinnoitteissa kiinnitysliimojen hajoaminen), erilaiset pölyt (mm. mineraalikuituesiintymät), puute ilmanvaihtolaitteiden toiminnassa tai tilojen virheellinen käyttö ja ylläpito (mm. henkilömäärien ylikuormitus).

Rakennusmateriaaleista lähtevät kemialliset päästöt (emissiot) ovat usein syynä koettuihin sisäilmaongelmiin ja emissioiden haittavaikutukset (erilaiset ärsytysoireet) ovat olleet ilmeisiä. Rakennusmateriaaliemissioiden käsittelyn tekee vaikeaksi niiden tutkimus- ja korjaustapojen kirjavuus (useita erilaisia toimintatapoja) sekä erityisesti valtakunnallisesti puuttuvien tavoitteellisten päästöarvojen puuttuminen. Emissio-ongelmiin liittyvät tutkimus- ja erityisesti korjaustavat vaihtelevat suuresti mm. alueittain, pyrkimyksenä on kuitenkin ollut ottaa käyttöön aina parhaiksi osoittautuneet käytännöt, huomioiden toteutumiseen ja lopputulokseen liittyvät riskitekijät.

1.1 Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyö laadittiin yhteistyössä Vahanen Jyväskylä Oy:n (aiemmin Insinööritoimisto Mittatyö Suomi Oy) ja osaltaan Jyväskylän Tilapalvelun kanssa. Opinnäytetyö käsitteli Voc-vaurioituneiden ja mattopinnoitettujen betonilattioiden korjaushanketta projektihallinnan näkökulmasta. Tarkoituksena oli laatia käytännön läheinen ja kokonaisvaltainen toimintaohje mattopinnoitettujen lattioiden Voc-vaurioiden ratkaisemiseksi. Laaditussa toimintaohjeessa hyödynnettiin osaltaan Tilapalvelun omaa olemassa olevaa menettelytapaohjetta, jossa on määritelty yleisiä menetelmiä sisäilmasto-ongelmien ratkaisemiseksi. Tilaajan näkökulmasta olennainen osa projektia on projektisuunnitelma, joka on räätälöity tässä työssä erityisesti lattiakorjaushank-

keiden työkaluksi. Se soveltuu hyvin myös muihin korjausmalleihin (projektimallina). Opinnäyteraportti on tarkoitettu projektin johtamisen apuvälineeksi (hankkeiden vetäjille), mutta se antaa toimintaohjeita ja – malleja myös hankkeeseen osallistuville muille osapuolille sekä esittelee käytännössä hyviksi havaittuja tutkimus- ja korjausmalleja. Työn kulmakivenä on projektijohtosuunnitelma; projektin strateginen johtamistyökalu, jonka pohjalta laaditaan projektin toteutuksen aikaiset yksityiskohtaiset suunnitelmat. Opinnäytetyössä pyrittiin lisäksi kehittämään työkaluja ja menetelmiä, joilla tilaaja voisi vaikuttaa korkean laatutason saavuttamiseen myöhemmin toteutettavissa samankaltaisissa korjaushankkeissa.

Omana henkilökohtaisena tavoitteenani opinnäytetyössä oli perehtyä korjaushankkeen laadullisten tavoitteiden toteuttamiseksi laadittuihin menetelmiin ja teoreettisiin malleihin. Pitkä ura sisäilmatutkimusten ja korjaussuunnittelun puolella loi mielestäni oivan perustan pohtia kokonaisvaltaisesti korjaushankkeen laadullista tasoa. Tavoitteena oli esittää prosessikuvaus sisäilmaongelmien korjaushankkeesta ja sen toteutuksesta. Toimintamallin lähtökohtana on varmistaa asiakaslähtöinen palvelutilanne sekä nostaa esiin kysymys miksi projekti käynnistetään ja millaiseen tulokseen pyritään (ohjausväline tavoitteeseen)? Toiminnan haasteena on kehittää toimintamalli ennakoimalla epäselvyyshkohdat sekä minimoimalla kustannukset ja riskit. Toimintamallilla pyritään hallitsemaan nopea aikataulu ja kiireelliset aloitukset. Hankkeen läpivientiaika lyhenee kun osapuolten roolit ja toimintatavat on määritelty selkeästi ennakkoon (ja kun ne on saatu jalkautettua kentälle).

Opinnäytetyön päätavoitteena oli ongelmaratkaisun esittelyssä ja toimivan toimintatapaohjeistuksen laadinnassa. Opinnäytetyön tarvelähtöisyydellä pyritään varmistamaan, että hankkeen lähtökohdaksi otetaan käyttäjien kokemat ongelmat (havaittu sisäilmasto ongelma). Tavoitteena on löytää ongelmien syyt ja ratkaista ne (lopputuloksena terveelliset tilat). Olemassa olevista eri toimintatavoista pyritään valitsemaan ne, joilla aikaansaadaan laajimmat ja kestävimät vaikutukset, välttämällä kuitenkin ns. ylikorjaamista.

Voc-vaurioiden (Voc, volatile organic compounds eli haihtuvat orgaaniset yhdisteet) selvittäminen (tutkimus), ratkaiseminen (korjaussuunnittelu) ja korjaaminen (urakointi) ovat alan ammattiosaajien työtä. Opinnäytetyössä käydään läpi aluksi miten vauriot syntyvät, sitten miten ongelmat selvitetään ja lopuksi miten ne korjataan. Voc-vaurioihin liittyvät toimenpiteet ovat etupäässä yksittäisiä rakennusteknisiä ratkaisuja, mutta rakennusta on käsiteltävä aina kokonaisuutena, myös mm. ilmanvaihdoilla on käsiteltäviin ongelmiin liittyen suuri merkitys. Korjaustoimenpiteiden keskeisenä tavoitteena on poistaa vaurion syyt ja korjata vaurio siten, että siitä ei jää jatkossa haittaa ihmiselle ja rakenteille.

1.2 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistyyppisenä, lähinnä konstruktivisena tutkimuksena ja tavoitteena oli laatia toimiva ratkaisumalli havaittuihin lattiapinnoiteongelmiin (teoriaan perustuva ratkaisu). Opinnäytetyön taustalla oli tekijän pitkä (yli 10 vuoden) työhistoria aiheeseen liittyvien ongelmien parissa (satoja tutkimus- ja korjauskohteita) sekä Vahanen Jyväskylä Oy:n laaja-alainen yhteistyö Jyväskylän Tilapalvelun kanssa. Edellisen avulla on perehdytty hankkeiden organisaatioiden ja niiden toimintatapojen ymmärtämiseen. Olennainen osa opinnäytetyötä oli sen kytkeminen teoriaan, kirjallisuuteen ja tutkimuksiin aiheesta. Opinnäytetyön toteuttamisen menetelminä käytettiin työskentelyä ko. ongelmien parissa (havaintoja, haastatteluja, kirjallisen aineiston keräämistä) sekä osallistumista erilaisiin tutkimus- ja korjaushankkeisiin. Tutkimustuloksena syntyvän ratkaisumallin toimivuus on osoitettu aiemmissa kohteissamme havaittuina tuloksina (Case-tyyppiset tutkimukset ja niiden tutkimustulokset). Varsinaiset tutkimustulokset perustuvat mm. tutkimuskohteista otettujen erilaisten Voc-näytteiden analyysivastauksiin sekä työmaakohteista saatuihin kokemuksiin ja niissä ratkaisujen toimivuuksien toteamiseen käytännössä.

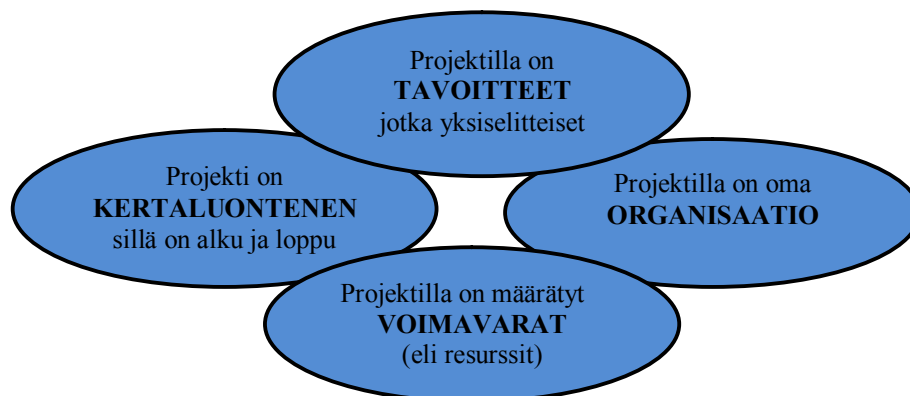
Konstruktiviseen tutkimukseen liittyen, opinnäytetyön painopiste oli havaitun ongelman esittelyssä (mattopinnoitettujen betonilattioiden Voc-ongelmat), ongelmaratkaisun esittelyssä (miten esitettyyn ratkaisumalliin päädyttiin), ratkaisun teoriakytkentöjen näyttämässä sekä esitetystä ratkaisumallista saatujen kokemusten esittelyssä (Virtanen, 2006, 46-52.)

Opinnäytetyö toteutettiin viimeisen kolmen vuoden aikana. Varsinaisen aihevalinnan jälkeen kerättiin aineistoa ja olemassa olevaa tietoa niin projektihallinnasta kuin betonilattioiden Voc-ongelmista. Opinnäytetyössä tukeuduttiin suurelta osin kirjoittajan työelämässä toteuttamiin Voc-tutkimuksiin ja -korjaussuunnitelmiin sekä erilaisiin korjaushankkeisiin ja niistä saatuihin kokemuksiin (mm. tehtyjä kokeiluja sekä kertyneitä onnistumisia ja epäonnistumisia). Vanhojen tutkimus- ja korjauskohteiden tarkempaan yksilöimiseen ja varsinaisten tutkimustulosten esittämiseen opinnäytetyössä ei saatu asiakkaalta (Jyväskylän Tilapalvelulta) lupaa, jonka johdosta em. kohteita käsiteltiin opinnäytetyössä nimettöminä Case-tapauksina. Opinnäytetyön toimeksiantaja toimi kirjoittajan nykyinen työnantaja Vahanen Jyväskylä Oy ja ohjaajana projektipäällikkö Tuomo Kollanen.

2 PROJEKTI JA PROJEKTISUUNNITELMA

2.1 Projekti käsitteenä

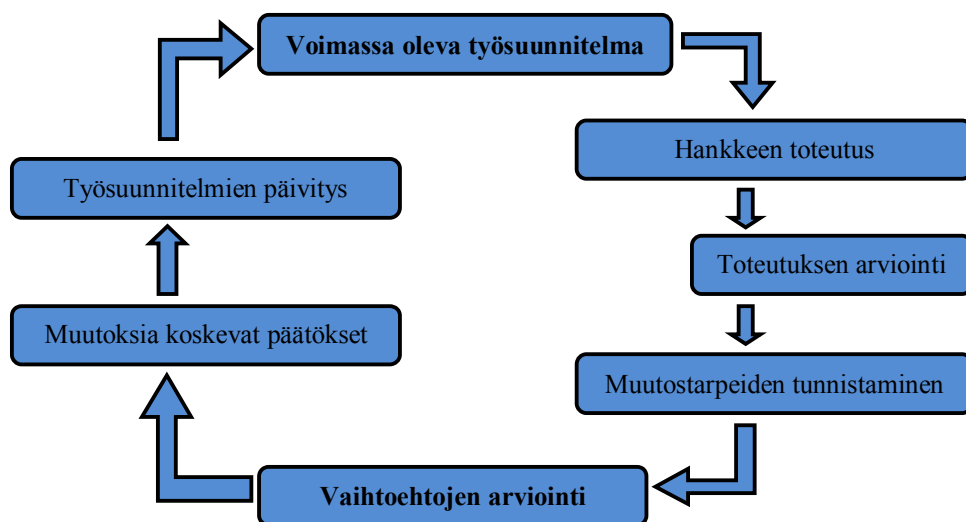
Projekti (project) on määriteltyyn tavoitteeseen pyrkivä, harkittu ja suunniteltu hanke, jolla on aikataulu, määritellyt resurssit sekä oma projektiorganisaatio (kuvio 1 projektin komponentit). Projektille on ominaista sen elinkaari luonne sekä toiminnan suuntaaminen rajattuun kohteeseen. Projekti on itsenäinen työkokonaisuus, jolla on selvä alku ja loppu. (Rissanen, 2002, 11-15.)



KUVIO 1. Projektin komponentit (Silfverberg, 2007, 21)

Vaikka hankkeella pyritään yleensä pitkäaikaiseen ratkaisuun, on itse projektivaihe aina kertaluontoinen ja kestoaltaan rajattu. Projektin yhtenä haasteena onkin sen onnistunut lopettaminen. Projektista on luotava ainutkertainen prosessi, joka jatkuu projektivaiheen jälkeen kestäväällä pohjalla. (Silfverberg, 2007, 22.)

Toistuvat projektit (keskenään samankaltaiset hankkeet) toteutetaan usein projektiorganisaatiossa syntyneiden ja hyviksi koettujen toimintatapojen mukaisesti. Mikäli projektin toteuttamiseksi ei laadita minkäänlaisia toimintasuunnitelmia, on suurena vaarana, että halutut lopputulokset jäävät saavuttamatta. Projektin toteutusmalli on räätälöitävä aina todellisen hankkeen sidosryhmien tarpeiden ja mahdollisuuksien mukaisesti. Projektista on luotava ns. oppiva prosessi, jossa projektin toteutusta tarkastellaan jatkuvasti kriittisesti ja toteutettavaa toimintamallia kehitetään aina seurannan mukana saatavan palautteen pohjalta. Projektiin kuuluu osanaan myös virheiden tekeminen. Tämä ei ole aina pelkästään negatiivinen asia. Ilman kokeiluja ja niihin liittyviä erehdyksiä ei löydetä toimivia ratkaisuja. On usein todettukin, että riskitöntä on vain rutiinien toistaminen. Projektista on luotava aina oppiva prosessi (kuvio 2 oppiva prosessi hankeaikaisessa työsuunnittelussa), jossa laadittuja suunnitelmia on kyettävä muuttamaan, jos toteutuksen aikana havaitaan, että alkuperäinen suunnitelma ei johdakaan projektin tavoitteiden toteutumiseen. Hankkeiden ongelmat eivät johdu aina siitä, että suunnitelmista on poikettu vaan välillä myös niiden tiukasta noudattamisesta. (Silfverberg, 2007, 34.)



KUVIO 2. Oppiva prosessi hankeaikaisessa työsuunnittelussa (Silfverberg, 2007, 98)

2.2 Projektioorganisaatio

Projektilla on oltava selkeä organisaatio, jossa eri osapuolten roolit ja vastuut on selkeästi määritelty. Yleensä projektioorganisaatio koostuu ohjausryhmästä (johtoryhmästä), varsinaisesta projektioorganisaatiosta (vastuullisesta toteuttajatahosta) sekä yhteistyökumppaneista. Projektilla pitää olla aina selkeä vetäjä (projektipäällikkö), joka voi toki delegoida osan tehtävistään muullekin projektihenkilöstölle (varsinainen vastuu kuitenkin projektin vetäjällä). Laajempi projekti kannattaa yleensä organisoida tiimiorganisaatioksi, jolloin osaprojektikohtaiset tiimit vastaavat selkeästi rajatuista kokonaisuuksista. Eri toimijatahojen roolit, valtuudet ja vastuut on määritettävä tällöin selkeästi. (Silfverberg, 2007, 97-102.)

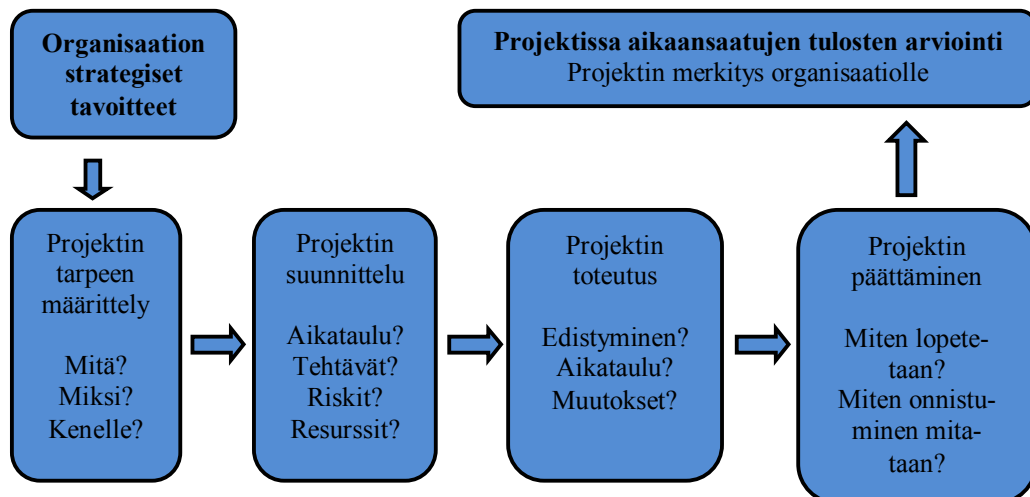
Projektinjohtoisella työllä päästään tuloksiin kustannustehokkaasti. Projektihenkilöstön perehdyttäminen ja valmennus ovat oleellinen osa projektitiimien johtamista. Selkeät tehtäväkuvat (mallitehtäväluettelo) ovat yksi osa tiimin valmennusta (avainhenkilöiden tehtäväkuvaukset osaksi projektisuunnitelmaa). Projektin käynnistysseminaari on yksi parhaimmista keinoista projektitiimin perehdyttämisessä. Käynnistysseminaarissa voidaan täsmentää projektin lähtökohdat ja tavoitteet, päivittää käynnistysvaiheen suunnitelmat, sopia toimintatavoista, rooleista ja vastuista sekä luoda toimivat henkilösuhteet projektin sisälle. Projektin tavoite ja sisältö on oltava selvä ja kaikkien osapuolten on sitouduttava asetettuihin tavoitteisiin. (Silfverberg, 2007, 97.)

Projektilla voi olla myös useita yhteistyötahoja, jotka osallistuvat hankkeeseen omalla panoksellaan ja jotka eivät suoraan toimi projektin johdon alaisuudessa. Yhteistyötahojen roolit on syytä määrittellä selkeästi projektisuunnitelmassa. Mikäli näiden rooli on merkittävä ja mikäli niiden oletetaan tuovan projektille omia voimavarojaan, kannattaa yhteistyötahojen kanssa laatia selkeät sopimukset, joissa määritellään roolit ja vastuut. Verkostoitumisella tarkoitetaan tavallisesti kahden tai useamman projektiin osallistuvan yhteistyötahon välistä tiivistä yhteistyötä (aiemmin käytetty lähinnä termiä alihankinta). Verkostoitumisella pyritään osapuolten yhteisiä etuja ja päämääriä tuottavaan yhteistoimintaan. Verkostoituminen perustuu osapuolten ydinosaamisen tunnistamiseen ja vahvistamiseen sekä yhteistyön laajentamiseen ja syventämi-

seen. Verkostoitumisen avainasemassa on yhteistoiminnan tavoitteellisuus, pitkäaikaisuus, säännöllisyys, vuorovaikutteisuus ja luottamuksellisuus. Verkostoitumiseen liittyy voimakkaasti vakiintuneet toimintatavat ja yhteistyökumppanit sekä mm. vuosisopimukset. Verkostoon osallistuvilla sopimuskumppaneilla voi olla myös muita sopimuskumppaneita eli alihankkijoita, jolloin voi syntyä pitkiäkin alihankintaketjuja (Silfverberg, 2007, 97-102.)

2.3 Projektin vaiheistus ja projektinohjaus

Projektiosituksessa projekti jaetaan (vaiheistetaan) itsenäisiin ja tarkoituksen mukaisiin tehtävä- ja vastuukokonaisuuksiin. Tapauksessamme on luonteva suorittaa jako yhteistyökumppaneiden mukaisesti (eli työlajin mukaisesti; tutkimus, korjaussuunnittelu ja toteutus). Ositukselle on tyypillistä, että myös projektin kokonaisaikataulu joudutaan jakamaan osa-aikatauluiksi. Projekti etenee tavallisesti hyvin hierarkkisesti. Projekti jaksotetaan selkeästi ja ajallisesti peräkkäisiin vaiheisiin (kuvio 3 projektin strateginen horisontti), jossa projektin seuraava vaihe käynnistyy vasta, kun edellinen on saatu täysin päätökseen (Virtanen, 2009, 150 - 155.)



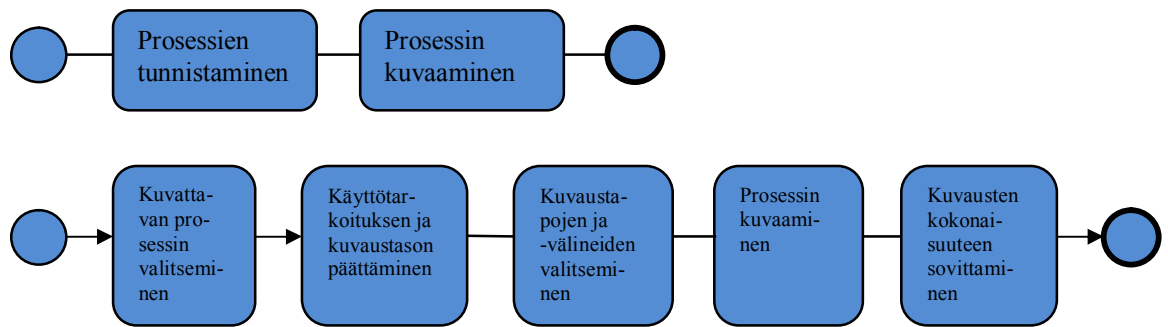
KUVIO 3. Projektin strateginen horisontti (Virtanen, 2009, 152)

Projektin jaksotuksessa saattaa ilmetä poikkeavuuksia projektin kiireellisyyden puitteissa. Myös projektin rahoitus saattaa olla vaiheittainen. Jokaisen osaprojektin päättyessä syntyy mitattava tulos, esim. lausunto (käytetään ohjeistuksen välineenä). Projektin läpiviennille (ja jokaiselle osaprojektille) on suotava riittävä aika (mm. tutkimusten tekeminen, näytteiden analysointi ja tutkimuslausunnon laatiminen).

Projektinohjaus on toimintatapa, jonka avulla projektia käytännössä ohjataan, seurataan ja johdetaan. Siinä keskeistä on tehdä päätelmiä projektin tavoitteiden toteutumisen asteesta ja koostaa näistä päätelmistä johtopäätökset projektin toteutus suunnitelman täsmentämiseksi. Rakennushankkeen tuotannonohjaus voidaan kuvata Demingin laatuymyrällä, jonka mukaan jatkuva kehitys saadaan aikaan suunnitelmalla työ, tekemällä työ suunnitellulla tavalla, tarkastamalla tulokset sekä korjaamalla toimintaa mikäli haluttu tulos ei synny. Ei riitä että koko hanke suunnitellaan, vaan myös esim. valvonnan menetelmät tulisi valita ja päättää se, kuinka valvonta toteutetaan.

2.4 Prosessien kuvaaminen

Prosessi on joukko toisiinsa liittyviä toistuvia toimintoja, joiden avulla syötteet muutetaan tuotoksiksi. Prosessia, prosessiaskelia (etenemistä) sekä prosessin eri toimintojen järjestystä ja niiden välisiä riippuvuuksia kuvataan prosessikaaviolla. Em. prosessin kuvaaminen on osa prosessin kehittämistä. Prosesseja kuvattaessa lähtökohtana on pidettävä sitä, miksi prosessi kuvataan. Prosessikuvausten täytyy olla tarkoituksenmukaisia, ja niiden on tuotava toimintaan hyötyä. Prosessin kuvaaminen alkaa prosessien tunnistamisesta ja kuvattavan prosessin valitsemisesta. Tämän jälkeen päätetään prosessin käyttötarkoitus ja kuvaustaso sekä laaditaan prosessin perustiedot. Tässä vaiheessa laaditaan prosessikaavio ja täytetään toiminnot ko. kaavioon (kuvio 4 prosessien kuvaamisen eteneminen). Prosessikuvaus sovitaan organisaation prosessikarttaan ja kokonaisuuteen. (Juhta, 2008, 2-4.)



KUVIO 4. Prosessien kuvaamisen eteneminen (Juhta, 2008, 2-4)

Prosessin kehittämisellä on useita tavoitteita, mutta yleensä sillä tähdätään toiminnan tehostamiseen, toiminnan laadun ja palvelutason parantamiseen, ongelmatilanteiden hallintaan sekä kustannussäästöjen aikaansaamiseen. Käytännössä tämä voi tarkoittaa asioiden uudenlaista keskittämistä, päällekkäisten työvaiheiden poistamista tai rinnakkaisvaiheiden lisäämistä läpimenoajan nopeuttamiseksi. Usein halutaan lisätä prosessin mitattavuutta, vähentää tarvetta moninkertaisille hyväksynnöille sekä parantaa prosessin käytettävyyttä ja luotettavuutta. Käytännössä prosessien kehittäminen johtaa usein uusien työtiimien muodostamiseen tai uuteen tapaan organisoida prosessit. (Juhta, 2008, 2-4.)

2.5 Projektisuunnitelma

Projekti tarvitsee onnistuakseen toteuttamis- eli projektisuunnitelman (hankkeen toteutusmallin), jonka avulla kuvataan ja suunnitellaan matka lähtötilasta haluttuun tavoitetilaan. Projektisuunnitelmassa asetetaan projektille ajalliset, sisällölliset, laadulliset ja taloudelliset tavoitteet. Projektisuunnitelman rakenne, laajuus, tarkkuus ja suunnitteluprosessi ovat luonnollisesti riippuvaisia itse projektista. Projektisuunnitelman tulisi vastata kysymyksiin; kuka tekee, mitä tekee, milloin tekee, miten tekee, millä resursseilla tekee ja miksi tekee. (Rissanen, 2002, 54-57.)

Projektisuunnitelma täsmennetään toimintaa ohjaavaksi operatiivisilla suunnitelmilla, joista tärkeimmät ovat; Työsuunnitelmat, budjetit, riskiarviot ja laatudokumentit. Projektisuunnitelman laatiminen on hallitun projektityöskentelyn kannalta hyvin tärkeä vaihe. Projektiryhmä ja sen osat syventävät ja tarkentavat projektisuunnitelmas-

ta omat työsuunnitelmansa projektin yleisten periaatteiden ja tarpeiden mukaisesti. Hyvällä suunnittelulla voidaan hallita ennakolta myös monet projektia kohtaavat ongelmat. Projektisuunnitelma voi olla rakenteeltaan monenlainen. (Rissanen, 2002, 54-57.)

Projektisuunnitelman runko voi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

1.) Projektin kuvaus

Projektin kuvauksessa kerrotaan ennakolta tehtyjen taustaselvitysten pohjalta projektin syntymiseen johtaneet syyt (taustat ja lähtökohdat), projektin (hankkeen) toteutusmalli sekä projektin tavoitteet. Projektin kuvauksessa on usein mukana myös yhteenveto laadituista taustaselvityksistä. Sisäilmasto-ongelmissa lähtötietoina ovat yleensä kohdetiedot rakennuksesta ja sen tilojen kunnosta sekä käyttäjien kokemuksista, esim. koetusta oireilusta tai muiden sisäilmasto-ongelmaan vaikuttavien tekijöiden kokonaisvaltaisesta arvioinnista. Sisäilmasto-ongelmissa hankkeen aloitteentekijä (kohderyhmänä ja hyödynsaajana) on yleensä tilojen käyttäjät ja hanke on käynnistetty havaittujen sisäilmasto-ongelmien johdosta. Projektin tavoitteiden määrittäminen on projektin osalta kaiken toiminnan lähtökohtana. Sisäilmasto-ongelmien osalta tavoitteet ovat selkeät ja on helppo kuvata tilanne johon hankkeella pyritään; Sisäilmasto-ongelman poistaminen eli terveellisten ja turvallisten tilojen järjestäminen. Projektin tavoitteet tulevat usein projektin ulkopuolelta ja sama taho tekee usein myös lopullisen toteutumisen arvioinnin.

2.) Projektioorganisaatio ja toteuttajatahojen välinen yhteistyö

Osiassa kuvataan projektin (hankkeen) organisaatio ja johtamismalli sekä toteuttajatahojen ja yhteistyökumppaneiden (sidosryhmien) roolit (tehtävät) ja vastuut sekä seuranta- ja raportointijärjestelmä. Lisäksi kuvataan toteuttajien välinen yhteistyö ja hankkeen vaiheistus sekä hankkeen toteutuksen kannalta tärkeät toimintatavat; yhteiset tavoitteet ja yhteinen strategia. Projektin läpivienti on usein moniammatillista yhteistyötä (asiantuntijaorganisaatio), johon liittyy selvitys osallistuvien asiantuntijoiden johdonmukaisesta ohjaamisesta sekä aktiivista ja suunnitelmallista viestintää. Sisäilmasto-ongelmissa projektioorganisaatio koostuu

yleensä asiakkaasta (käyttäjät) ja tilaajasta (Tilapalvelu tms.) sekä hankkeeseen osallistuvista konsulteista (tutkija, suunnittelija ja valvoja) ja korjausurakoitsijasta (ja aliurakoitsijoista). Projektin toteutuksesta sekä verkoston ja toimitusketjun johtamisesta vastaa projektinjohtaja, jonka tehtävänimike voi vaihdella projektityypeittäin. Organisaatiolle on tyypillistä eri toteuttajatahojen erikoistuminen, työnjako ja vuorovaikutus. Projektiryhmän kokoonpano olisi suotavaa pysyä samana koko hankkeen ajan. Projektiosaaminen on sekä yksilötason osaamista että yhteisöllistä osaamista, kollektiivista osaamista (osaamisen jakaminen on toteuttava organisaation molempiin suuntiin).

3.) Projektin toteutusmalli (työsuunnitelma, strategia)

Työsuunnitelmalla kuvataan tuotosten aikaansaamiseksi tarvittavat konkreettiset toimenpiteet ja niiden ajoittuminen (mitä projektissa tehdään) sekä projektin tehtävät ja tekniset ratkaisut. Mallissa määritetään tehtävien muodostavat etapit (vaiheistus), joiden avulla hankkeen lopputulokseen päästään ja laaditaan realistinen työsuunnitelma, jolla projekti saa aikaan tulokset, joita sidosryhmät siltä odottavat. Konkreettiset toimenpiteet ja tuotokset määritetään osaprojekteittain ja niille karkea aikataulutettu työsuunnitelma. Hankkeen välittömät tavoitteet ja tuotokset määritetään osaprojektikohtaisesti ja niille mittarit, joilla seurataan tavoitteen laadullista saavutusta. Kuvataan hankkeen vaiheistus, tärkeimmät työvaiheet ja niiden liittyminen toisiinsa. Yleensä yksityiskohtaiset työsuunnitelmat kuuluvat hankkeenaikaiseen työsuunnitteluun.

4.) Aikataulu

Aikataulussa kuvataan projektin osa- ja kokonaisaikataulut sekä mahdolliset vaiheistukset. Hankkeelle on varattava realistinen ja riittävä aikataulu. Työsuunnitelmien aikajänne olisi hyvä kytkeä seurantaraportointiin siten, että edellisen jakson raportointi toimii pohjana seuraavan jakson työsuunnittelulle.

Työsuunnitelma voidaan kuvata esim. jana-aikataulumuodossa, johon merkitään resurssien ajallinen tarve ja ajoittuminen.

5.) Työmäärä- ja kustannusarvio (panokset ja budjetti)

Esitetään tehtäväkohtainen erittely suunnitelluista työmääristä (resurssien mitoit- tus ja ajoitus) ja laaditaan tarvittavat kustannusarviot. Kustannusarvioon huomi- oidaan mm. henkilötyö, materiaalit ja laitteet. Voimavarojen pohjalta lasketaan tarvittaessa kustannusarvio ja laaditaan erillinen rahoitussuunnitelma. Panokset eritellään hankkeen budjetin edellyttämällä tarkkuudella.

6.) Laadunvarmistus ja tulosten hyväksyminen (seuranta ja arviointi)

Määritetään kullekin tulostavoitteelle ja lopputulokselle kriteerit ja mittaimet, joiden avulla asetettujen tavoitteiden voidaan projektin aikana ja sen päättyessä osoittaa täyttyneen. Työsuunnittelun pohjaksi on jokaiseen hankkeeseen luotava seuranta- ja arviointijärjestelmä, jonka avulla voidaan tarkastella hankkeen ete- nemistä ja tavoitteiden saavuttamista. Seuranta voidaan toteuttaa erilaisilla mit- tareilla sekä asetetuilla laadullisilla ja/tai määrällisillä tavoitteilla. Mittarit ovat projektin johtamisen tärkeimmät seurantavälineet (mittarina konkreettiset kri- teerit). Mittarina voi toimia esim. subjektiivinen palaute (hyödynsaajan mielipide, asiakaspalaute/-tyytyväisyys) tai yksiselitteinen objektiivinen mittari. Projektin etenemistä on seurattava ja arvioitava; toteutusta (toteutustapa ja aikataulu), tu- loksia (tuotosten laatu ja tavoite) sekä toimintaympäristöä (ympäristön oletuk- set). Projektiseurannan kannalta on oleellista pitää säännöllisesti eritasoisia ko- kouksia ja että noudatetaan määritettyjä toimintatapoja ja työmenetelmiä. Työmaan laatusuunnitelmassa esitetään mm. työmaan ajallinen ja taloudellinen tavoite ja ohjaus, riskien kartoitus, laadunvarmistus- sekä työturvallisuustoimet ja -vastuut.

7.) Projektin riskiarviot (ja oletukset)

Arvioidaan riskit ja kuvataan menettely niiden hallitsemiseksi. Pienetkin epäsel- vyydet ja ristiriitaisuudet (organisaatio, sidosryhmät) vaikeuttavat projektityön edellyttämää tehokasta johtamista ja päätöksentekoa. Riskiarviossa eritellään projektin taustaoletukset sekä riskit ja arvioidaan onko projekti yleensäkin to- teutuskelppoinen. Lisäksi määritetään toimintamalli mikäli havaitaan, että suunni- telmat eivät johda haluttuun päämäärään (oppiva prosessi) ja huomioidaan muu- toksissa käytettävät menettelytavat (kuka päättää ja miten tiedotetaan);

hankkeen toteutettavuuden etukäteisarviointi, hankkeen aikainen seuranta ja sisäinen arviointi. Tunnistetaan riskit ja valitaan toimintamallit niiden torjumiseksi. Aiemmista ja meneillään olevista projekteista on hyödyllistä tunnistaa niiden onnistumiseen liittyvät tekijät eli riskit; riskien tunnistaminen ja niiden välttäminen tulevaisuudessa. Riskien arvioinnissa usein peilataan menneisyydestä saatuihin huonoihin kokemuksiin, mm. tietämättömyys, liiallinen epävarmuus ja liika kiire. Riskianalyyssissä nousevat esiin projektin menestystekijöiden kääntöpuolet ja määritetään mahdolliset korjausliikkeet.

Sisäilmasto-ongelmien korjauksiin liittyvät (korjausten onnistumiseen liittyvät) riskit ovat kokonaisuudessaan suuret. Ehkä yleisin syy epäonnistumisiin on liian suppea vauriokorjaus tai se ettei vaurion syytä poisteta tai ei saada korjattua kaikkia sisäilmasto-ongelmien aiheuttajia. Korjaukset on syytä toteuttaa riittävän laajoina ja perusteellisina ainakin silloin kun kyse on todetusta terveydellisestä ongelmasta. Mitä suppeampana ja kevyempänä korjaus tehdään, sitä suurempi riski otetaan. Korjaushanke tulee toki myös tutkia, suunnitella ja valvoa huolellisesti ja oikea-aikaisesti sekä korjata siten, että tiloja voidaan jatkossa käyttää turvallisesti. Sisäilmasto-ongelmiin liittyvien korjausten osalta tilanne on erityisen vaativa silloin, kun altistuneiden henkilöiden tulee voida palata korjattuihin tiloihin takaisin.

8.) Raportointi, tiedotus ja viestintä

Esitetään malli tiedon hallinnasta; tiedon tuottaminen, varastointi ja hallinta (dokumentointikäytännöt) sekä tiedon välittäminen, levittäminen ja hyödyntäminen (tiedottaminen). Raportointi koostuu mm. projektin sisällöllisistä tuotoksista, (esim. tutkimusraportti) sekä projektin edistymisraporteista. Hankkeelle kannattaa luoda raportointi-, seuranta- ja viestintämenetelmä (tulosten julkistaminen ja muu viestintä). Vähimmäisvaatimuksena on, että seurantaraporttien sisällöt ja jaksotus on selkeästi määritelty. Projektin seurantaan ja arviointiin tulee varata riittävästi säännöllisiä seuranta ja loppuarviointeja (ajankohdat kirjataan suunnitelmiin). Lisäksi määritetään menettelytapa jolla hankkeen tulokset julkaistaan, miten tietoa jaetaan ja välitetään projektin sisällä sekä miten tietoa välitetään projektin ohjaus- ja seurantaryhmälle sekä asiakkaille.

9.) Projektin päättäminen

Projektin päättämisen yhteydessä pidetään päättökokous; projektin ja tulosten arviointi sekä jatkotoimenpidesuunnitelmien hyväksyminen. Määritetään toimenpiteet jälkivalvonnasta ja -seurannasta. Usein onnistumista mitataan määrittämällä miten tavoitteet on saavutettu, miten aikataulussa on pysytty ja miten resurssit ovat riittäneet, myös projektioppiminen on tärkeää. Projekti on ollut yleensä onnistunut, kun projektihallinta ja toteutus on toteutettu laadukkaasti sekä tehokkaasti, projekti on saavuttanut sille asetetut tavoitteet ja projektiosapuolet ovat tyytyväisiä lopputulokseen (asiakas on hyväksynyt projektin ja asiakas sekä käyttäjät ovat tyytyväisiä projektiin ja sen lopputulokseen). Lopuksi arvioidaan kriittisesti hankkeen hyvät ja huonot puolet (onnistumiset ja epäonnistumiset) ja laaditaan projektin loppuraportti ja yhteenveto sekä arkistoidaan aineisto. Lopetukseen liittyy lisäksi tulosten esittelymateriaali ja tiedotteet.

10.) Seuranta

Toteutetun korjaushankkeen lopputuloksen seuranta on tärkeää, jotta voidaan todeta korjausten onnistuminen tai toisaalta havaita niiden mahdolliset puutteet. Seuranta voidaan toteuttaa esim. Voc-kontrollinäytteillä tai erilaisten käyttäjäkyselyjen avulla.

3 HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET

3.1 Sisäilmaongelmat yleisesti

Suomen rakentamismääräyskokoelman RakMK D2-osaan (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012) viitaten rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavannomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Sisäilmassa ei saa myöskään esiintyä terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja.

Terveydensuojelulain 1994 / 763 27 §:ään viitaten asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyessä mm. hajua, mikrobeja tai muuta niihin verrattavaa siten, että siitä voi aiheutua terveyshaittaa asunnossa tai muussa tilassa oleskelevalle, voi kunnan terveydensuojeluviranomainen velvoittaa tilojen omistajaa ja/tai haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin terveyshaitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Mikäli näin ei toimita, voidaan kyseinen asunto tai oleskelutila saattaa käyttökieltoon tai muuten rajoittaa sen käyttöä.

Rakennusmateriaaleista lähtevät kemialliset päästöt (emissiot) ovat usein syynä koettuihin sisäilmaongelmiin ja emissioiden haittavaikutukset (erilaiset ärsytysoireet) ovat olleet ilmeisiä. Hyvän sisäilmaston edellytyksenä on erilaisten sisäilma-asioiden huomioiminen rakennuksen koko elinkaaren ajan, johon kuuluu rakennuksen suunnittelu ja rakentaminen sekä käyttö ja ylläpito.

3.2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Lyhenteellä Voc, volatile organic compounds, tarkoitetaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (Taulukko 1 huonelämpötilassa kaasumaisessa olotilassa olevia kemiallisia yhdisteitä, kiehumispiste 50...260 °C). Lyhenteellä Tvoc, total volatile organic compounds, tarkoitetaan vastaavasti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää, jonka muodostavat yksittäiset Voc-yhdisteet. Mikrobin aineenvaihdunnan tuloksena syntyneistä haihtuvista orgaanisista yhdisteistä käytetään lyhennettä Mvoc, microbial volatile organic compounds (Asumisterveysopas, 2005, 124.)

Taulukko 1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden jaottelu (Asumisterveysopas, 2005, 124)

Lyhenne	Ryhmä	Kiehumispiste [°C]
VVOC	Erittäin haihtuvat yhdisteet	0...50-100
VOC	Haihtuvat yhdisteet	50-100...240-260
SVOC	Puolihaihtuvat yhdisteet	240-260...380-400

Sisäilmassa olevat Voc-yhdisteet ovat tavallisesti peräisin rakennuksesta (rakennus- ja sisustusmateriaalit) sekä ihmisestä tai ihmisen toiminnasta. Kosteus- ja mikrobi-vauriokohteissa Voc-yhdisteet voivat olla osittain myös mikrobikasvustojen emissioiden aiheuttamia. Kun rakennusmateriaaleissa tapahtuu kosteus- tai homevaurioita, niin vaurioituneen rakennusmateriaalin Voc-päästöt kasvavat ja/tai niiden koostumus voi muuttua kemiallisten reaktioiden tai mikrobiologisen aineenvaihdunnan seurauksena. Myös ulkoilman saasteet ja mm. liikenteen pakokaasut sekä tupakointi lisäävät Voc-yhdisteiden määrää sisäilmassa.

Materiaaliemissiolla tarkoitetaan materiaalin pinnasta tapahtuvaa kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiötä. Rakennusmateriaaleista lähtevät haitalliset päästöt (emissiot) ovat normaalitapauksissa suurimmillaan uusilla materiaaleilla (päästöt pienenevät yleisesti ajan myötä). Päästöjen lähteinä toimivat nestemäisten tuotteiden liuottimien lisäksi monet materiaalien valmistuksessa käytettävät pehmittimet, stabilisaattorit ja muut lisä- ja apuaineet. Näitä (uusien) materiaalien emissioita kutsutaan yleisesti primääriemissioiksi (ominaisemissioiksi), koska ne ovat vallitsevia uusissa rakennuksissa ja remontoituissa tiloissa. Erotukseksi esim. kosteuden tai muun ulkoisen tekijän (esim. lämpötila ja otsoni) vaurioittamien rakenteiden (materiaalissa esiintyvien yhdisteiden hajoamisen) emissioita kutsutaan sekundääriemissioiksi. Sisäilman epäpuhtauksien määrä on riippuvainen emissiolähteiden voimakkuudesta (rakenteen kosteuspitoisuus korkea tai epätäydelliset kuivumis- ja kovettumisreaktiot) sekä ilmanvaihdon tehokkuudesta (miten ilmanvaihto ”tuulettaa” sisäilmaa). Ilmanvaihdon tehokkuus vaikuttaa kääntäen verrannollisesti sisäilman Voc-pitoisuuteen eli mitä suurempi on ilmanvaihtokerroin niin sitä alhaisemmat ovat Voc-pitoisuudet. Muodostuvaan pitoisuuteen vaikuttaa myös tilan pintojen sorptio, joka muodostuu materiaalien adsorptiosta eli taipumuksesta imeä itseensä kemiallisia epäpuhtauksia ympäröivästä ilmasta ja kyllästymispisteen saavutettuaan alkaa emittoida näitä yhdisteitä. Em. ilmiötä kutsutaan myös kontaminaatioksi (engl. contamination, suom. saastuminen) eli ei-toivotun osatekijän läsnäoloa esim. materiaalissa (Terve talo-teknologiaohjelma 1998-2002, 85.)

Sekundaariemissiot sisältävät usein happoja, aldehydejä ja alkoholiyhdisteitä. Aldehydeillä on usein hyvin matala hajukynnys (aistittavissa hajuina) ja näin ollen niiden emissioiden lisääntyminen heikentää koettua sisäilman laatua. Sekundääriemissioiden emissioprofiili on suhteellisen tasainen ajan funktiona, ja emissioita voi esiintyä pitkällä aikavälillä, jopa monen vuoden ajan. Voc-ongelmat esiintyvät erityisesti lattiarakenteissa, mm. mattopinnoitetut (alustaansa liimatut) yhteen suuntaan kuivuvat maanvaraiset alapohjat ja välipohjien liittolaatat. Erityisesti synteettisten lattiapinnoitteiden (mm. vinyylilaatat ja muovimatot) Voc-päästöt aiheuttavat runsaasti erilaisia sisäilmaongelmia, mm. hajuhaittoja sekä käyttäjien erilaisia ärsytysoireita. Yksi suurimmista ongelmista on kostean betonilaatan päälle asennettujen muovimattojen hajoamistuotteena syntyvä 2-etyyli-1-heksanoli (2EH). Muita muovimattopinnoitteiden emissioihin keskeisesti liittyviä kemiallisia yhdisteitä ovat mm. dietyyli-1,3-butanolit ja TXIB (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidiolidi-isobutyraatti). On kuitenkin muistettava, että monet mattoliimat ja lattiapinnoitteet sisältävät pieniä määriä mm. 2EH:ta primääriemissioina (Merikallio ym., 2007, 36-38.)

3.3 Betonilattioiden kosteudet

Tuoreen betonin suhteellinen kosteus (RH) on 100 %. Betonimassan kovettuessa osa betonin valmistamiseen käytettävästä vedestä sitoutuu (sitoutumiskuivuminen), jolloin sen suhteellinen kosteus laskee. Kovettumisreaktion seurauksena betonin suhteellinen kosteus betonin huokosrakenteessa on yleensä RH 90...98 % (betonilaadusta riippuen). Kovettumisen jälkeen betoniin jää vielä ylimääräistä kosteutta, joka ajan kuluessa haihtuu (haihtumiskuivuminen). Vapaasti kuivuva betonilaatta kuivuu nopeasti pintaosistaan ja huomattavasti hitaammin sisäosistaan. Kun pintaosien kosteuspuite on aikanaan saavuttanut tasapainokosteuden ympäristönsä kanssa (esim. RH 50...60 %), on betonilaatan suhteellinen kosteus 20...30 mm syvyydellä tavallisesti suuruusluokkaa RH 70 %. (Merikallio ym., 2007, 20.)

Vanhassa betonirakenteessa olevan korkean suhteellisen kosteuden kosteuspuiteisuuden taustalla voi olla varsinaisen rakennuskosteuden (rakennusaikaisen kosteuden) lisäksi jokin ulkoinen kosteuslähde, kuten esim. maaperästä nouseva kosteus (kapillaarinen kosteuden nousu tai diffuusio, syynä mm. virheelliset alustäytöt ja sa-

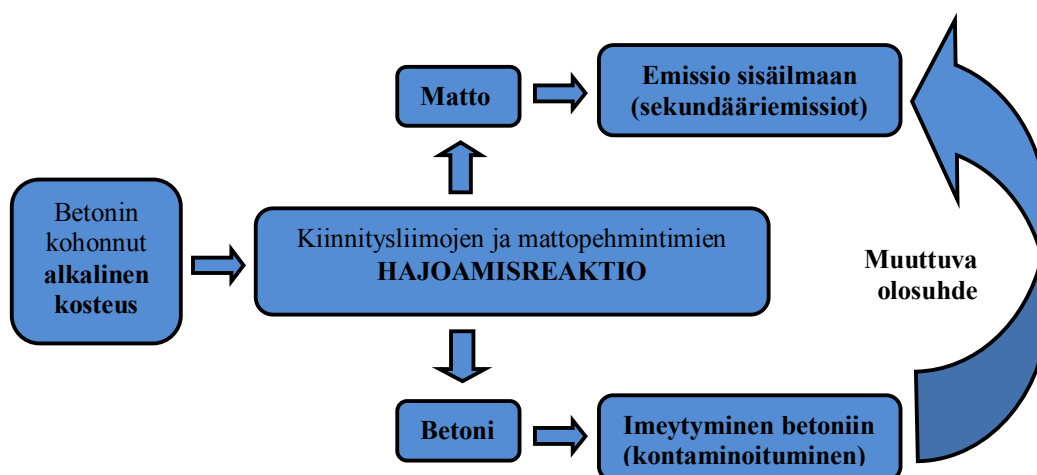
laojituksen toimimattomuus), virheellinen käyttö (runsaat pesuvedet) sekä erilaiset vesivahingot (mm. putkivuoto). Betonirakenteen kuivuminen on riippuvainen mm. betonin laadusta, rakenteen paksuudesta, rakenteen kuivumissuunnista sekä ympäröivistä kuivumisolosuhteista. Betonin kuivuminen on usein rakennustöitä tahdistava ”työvaihe” ja se sanelee usein rakennustyömaan lopullisen aikataulun.

Betonin kosteuspitoisuusraja-arvolla (kriittinen kosteus) tarkoitetaan suurinta sallittua suhteellisen kosteuden kosteuspitoisuuden arvoa, mikä betonin ja päällystemateriaalin kosketuspinnassa saa käyttötilanteessa esiintyä. Tavoitekosteuden raja-arvot ovat yleensä lattiapinnoitevalmistajien laatimia ja ne on määritetty lähtien kunkin päällystemateriaalin tai niiden kiinnitysaineiden tutkituista kosteudensietokyvyistä. Useimmat päällystemateriaalit (mm. tiiviit muovimatot) edellyttävät, että alustana olevan betonin suhteellinen kosteus on vaadituissa rakennesyvyyksissä enintään RH 80-90 % (eli betonin ei tarvitse saavuttaa tasapainokosteutta ympäristönsä kanssa). Betonin kriittiseen kosteusarvoon tulee huomioida myös tasoitteiden, pölynsidontäkäsittelyjen ja liimojen kosteusvara (rakenteisiin lisäkosteutta niiden mukana). Päällystettävyyden vaatimuksena olevat suhteellisen kosteuden raja-arvot eivät tarkoita sitä, että betoni on saavuttanut tavoitekosteutensa läpi rakenteen, vaan riittää kun em. arvo saavutetaan rakenteiden pintaosissa sekä rakenteen paksuudesta riippuvaisella arviointisyvyydellä A (porareikämittausten poraussyvyys). Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa, esim. massiivibetonirakenteisessa välipohjassa mittaussyvyys A on 20 % rakenteen paksuudesta ($0,2 \times d$). Lisäksi mitataan rakenteen pintaosien kosteus syvyydeltä $0,4 \times A$ (10...30 mm syvyydeltä). Yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa, esim. maanvarainen teräsbetoni-laatta tai liittolaattarakenne mittaussyvyys A on vastaavasti 40 % rakenteen paksuudesta ($0,4 \times d$). Paksuissa rakenteissa maksimimittaussyvyys on kuitenkin 70 mm. Edellä mainituista mittaussyvyyksistä (A) saadaan kosteuspitoisuustaso, johon kosteuspitoisuus voi enimmillään nousta tiiviillä materiaalilla päällystetyssä betonilaatassa päällysteen ja betonin rajapinnassa (Merikallio ym., 2007, 27.)

3.4 Voc-emissioiden syntyminen

Tiiviit lattiapinnoitteet (mm. muovimatot) ja niiden kiinnitysliimat ovat vaurioitumisen suhteen erityisen kosteusherkkiä, jonka johdosta mm. rakennustöiden yleisissä laatuvaatimuksissa (RYL) otettiin jo vuonna 1981 käyttöön enimmäisarvoja betonin suhteelliselle kosteudelle (RH) ja lattiapinnoitevalmistajat ovat laatineet vuosien varrella erilaisia pinnoitekohtaisia kosteuspitoisuuksien raja-arvoja. Useiden tutkimusten mukaan muovimatot kestävät noin RH 90 %:n ja mattoliimat yleensä noin RH 85 %:n suhteellisen kosteuspitoisuuden (ns. kriittiset kosteuspitoisuusrajat). Eri materiaaleille sallittuja alustan kosteuspitoisuusraja-arvoja on annettu mm. Betonilattiyhdistyksen (Ryl / By) ja Lattianpäällysteyhdistyksen ohjeissa.

Betonirakenteen sisältämä liiallinen kosteus ja rakenteen alkalisuus (korkea pH n.13) voivat aiheuttaa vaurioita betonirakenteessa kiinni olevissa erilaisissa päällystemateriaaleissa. Matala-alkalisten tasoitteiden (pH <11) käyttö lattiapinnoitteen alla on tutkitusti havaittu (Optiroc-opisto) pienentävän riskiä lattiapäällysteen ja liiman alkalisen kosteuden aiheuttamien sekundääripäästöjen syntymiselle. Päällystekerroksen kosteuden sietokyvyn ylittyessä syntyneitä vaurioita ovat mm. pinnoitteen värjäytyminen, kovettuminen ja irtoaminen alustastaan, mikrobikasvu sekä kemialliset hajoamisreaktiot. Päällystekerroksissa (lattiapinnoite ja kiinnitysliima) tapahtuvien hajoamisreaktioiden seurauksena sisäilmaan voi syntyä haitallisia emissioita (yhdisteitä), jotka betonirakenteessa imeytyvät myös tasoitekerrokseen ja betonin ilmahuokosiin (kontaminoituminen). Syntyneet emissiot vaikuttavat suoraan sisäilmaan ja saattavat kerääntyä mm. riittämättömän ilmanvaihdon seurauksena haitallisessa määrin sisäilmaan (kuvio 5 sekundääriemissioiden syntyminen). Emissioiden aiheuttamat hajuhaitat saattavat olla aistittavissa erilaisina hajuina (mikäli hajukynnykset ylittyvät) tai tilojen tunkkaisuutena ja riittävä altistuminen saattaa aiheuttaa tilojen käyttäjille erilaisia ärsytysoireita. Voc-päästöihin liittyviä tyypillisiä oireita ovat mm. erilaiset silmä-, nenä-, kurkku- ja ihoärsytysoireet.



KUVIO 5. Periaatteellinen kaavio alkalisen kosteuden aiheuttaman mattoliiman sekundääriemissioiden synnystä (Merikallio ym., 2007, 38)

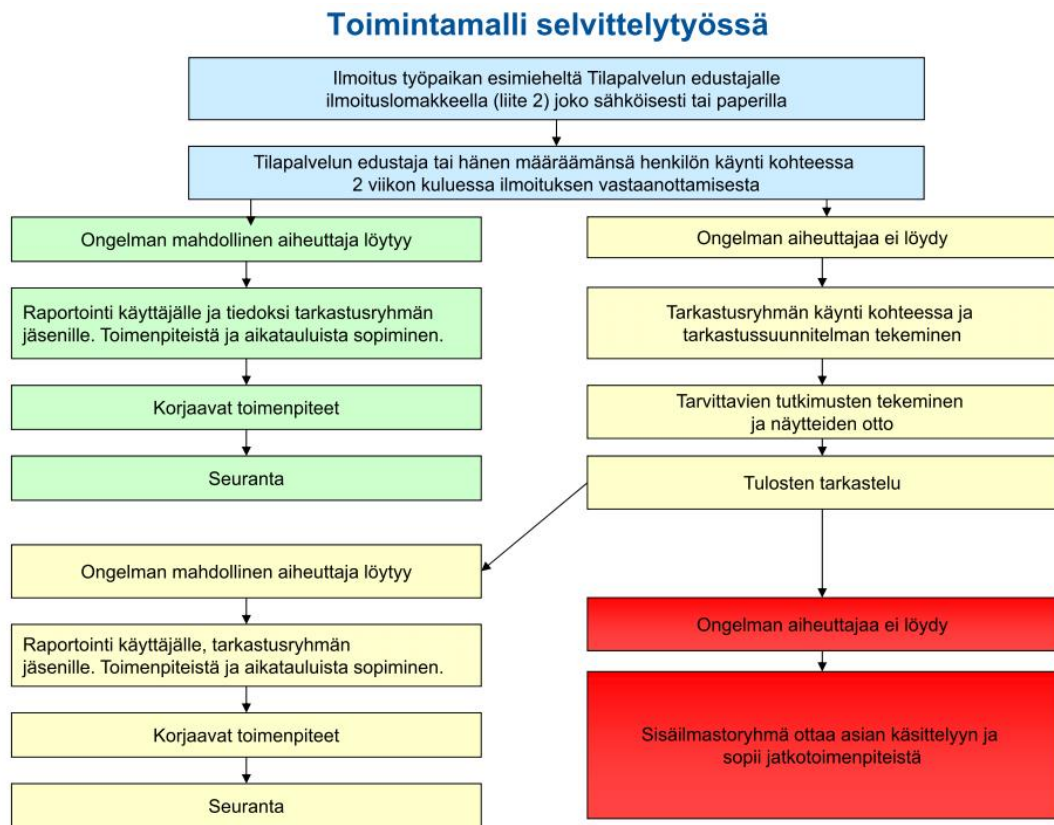
Kuten aiemmin mainittiin, lattiapinnoitteessa olevien aineiden (kuten pehmintimien) sekä kiinnitysliimojen ainesosien hajoaminen synnyttää sisäilmaa pilaavia haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (Voc) päästöjä (sekundääriemissio). Emissioita voi syntyä myös huonolaatuisista mattomateriaaleista, joiden primääripäästöt ovat itsessään korkeat (primääriemissio) tai esim. linoleum-maton osalta vääränlaisen puhdistuksen johdosta (vesipesu). Voc-päästöt ovat usein vanhan kosteusvaurion seurausta (rakenteissa ylimääräistä kosteutta). Rakennusvaiheessa muovimatto on saatettu liimata kostean betonin ja/tai tasoitteen päälle, jolloin betonialustan alkalinen kosteus on vuosien kuluessa reagoinut tasoitteen, liiman ja muovimaton kanssa; alkuvaiheessa reagoinut kiinnitysliiman kanssa ja myöhemmin hajottanut mattopinnoitteen pehmintimiä. Kosteusrasitusten taustalla on usein rakennusaikainen jäännöskosteus tai maaperäkosteus (myös putkivuodot, siivousvedet yms.). Vauriot voivat syntyä (syntyvät usein) jo lattiapinnoitteen asennusvaiheessa ja jatkuvat sen jälkeen. Kun vaurio on kerran tapahtunut, se on rakenteessa edelleen. Tapahtumalle on tyypillistä, että se jatkuu, vaikka muovimaton alla oleva kosteuspitoisuus laskee kuivumisajan myötä. Siinä vaiheessa kun pinnoitevaurio havaitaan, rakennekosteus ei ole välttämättä enää kohonnut. Kun reaktio on kerran alkanut, se ei enää pysähdy vaikka betoni kuivuisikin. Reaktiolle on lisäksi tyypillistä, että se katalysoi itse itseään, joten sekundääriemissiot voimistuvat ajan myötä. Ajan saatossa mm. syntyneet alkoholit painuvat betonilaatan ilmahuokosiin (kontaminaatio), joka on tutkittava ja huomioitava tulevassa korjaussuunnittelussa sekä korjausten toteuttamisessa.

Liima-aineiden hajoamisen yhteydessä syntyy (tai pitoisuudet voimistuvat) haittaavana yhdisteenä (indikaattoriyhdisteenä) 1-butanoli ja synteettisissä lattiamateriaaleissa (PVC-matot) pehmintimien (ftalaattiesterit) hajoamistuotteena 2-etyyli-1-heksanolia (2EH). 2EH on selvästi tunnetuin (runsasta keskustelua herättänyt) ja mattopinnoiteongelmiin yleisesti liitetty yhdiste. 2EH selvästi kohonnut pitoisuus (hajukynnys $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) on aistittavissa pistävänä hajuna. 2EH:ta vapautuu sisäilmaan muovi- ja linoleum-matoista sekä primääri- että sekundaariemissioina. Primääriemissiot vähenevät ja sekundaariemissiot säilyvät tai voimistuvat ajan myötä. 2-etyyli-1-heksanoli tunkeutuu rakenteessa alaspäin betoniin ja mitä vanhempi ongelma on niin sitä syvemmillä betonissa yhdiste on. Em. yhdisteiden (indikaattorien) poikkeava pitoisuus sisäilmassa tai rakenteessa antaa yleisesti viitteitä mahdollisesta päälystevauriosta, mutta ei sellaisenaan kuvaa mahdollista terveyshaittaa (Merikallio ym., 2007, 36-37.)

4 OPINNÄYTETYÖN TULOKSET: LATTIAKORJAUSTEN TOIMINTAMALLI

4.1 Jyväskylän kaupungin sisäilmastoryhmän Menettelytapaohje sisäilmasto-ongelmien hoitamiseen

Jyväskylän kaupungin sisäilmastoryhmällä on käytössään laatimansa toimintatapa- ja menettelytapaohje 2009, jossa on määritelty menetelmiä sisäilmasto-ongelmien ratkaisemiseksi. Menettelytapaohjeen tavoitteena on kuvata selkeästi toimintatavat sisäilmasto-ongelmien selvittämiseksi; kuinka ongelmaepäilyn selvittäminen pannaan vireille ja kuinka selvittely etenee. Ohjeessa kerrotaan myös perusteita sisäilmasioista ja niihin liittyvistä ongelmista sekä avataan toimintamalli työryhmien ja toimijoiden tehtävistä ja vastuista. Sisäilmasto-ongelman selvittelytyöstä on laadittu erillinen toimintamalli, jossa on määritetty yksityiskohtaisesti toimintatavat sisäilmasto-ongelmien kohdatessa. Opinnäytetyön toimintamallikuvauksessa keskitytään kuviossa 6 keltaisella merkittyyn osioon; kun ongelman aiheuttajaa ei löydy (seurauksena korjaavat toimenpiteet ja seuranta).



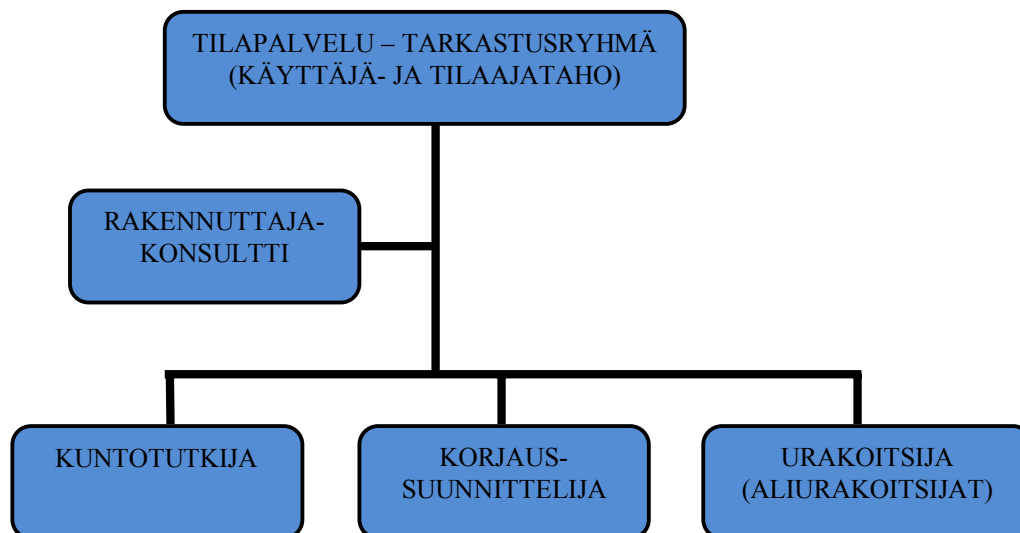
KUVIO 6. Jyväskylän Tilapalvelun toimintamalli sisäilmasto-ongelmien selvittelytyössä (Jyväskylän Tilapalvelu, menettelytapaohje 2009)

4.2 Projektin kuvaus

Projektin kuvauksessa kerrotaan projektin syntymiseen johtaneet syyt sekä projektin tavoitteet, rajaukset ja tulokset. Ennakoivina toimenpiteinä on ollut käyttäjien tekemä ilmoitus (sisäilmasto-ongelman ilmoituslomake) sisäilmaongelmasta. Tilaajan edustaja (esim. Tilapalvelu tai tarkastusryhmä) tai hänen määräämänsä henkilö on käynyt kohteessa (aloittanut taustaselvitykset, löytänyt tarpeen jatkoselvityksille) ja laatinut yhteenvedon tehdyistä taustaselvityksistä. Hankkeen taustalla on yleensä sisäilmasto-ongelma; Esim. hajuhaitta, vauriojälki tai työntekijöiden oireilu.

4.3 Projektin toteuttajatahojen välinen yhteistyö

Osiassa kuvataan hankkeen organisaatio ja johtamismalli sekä toteuttajatahojen roolit ja niiden välinen yhteistyö (kuvio 7).



KUVIO 7. Periaatteellinen organisaatiokaavio

Tilapalvelu (projektipäällikkö)

Tilapalvelun (tai Tilapalvelun edustajien) pääasiallisena tehtävänä on vastata hallinnoimiensa kiinteistöjen ylläpidosta, kunnossapidosta ja käytettävyydestä siihen tarkoitukseen, johon tilat on tarkoitettu. Ongelmien kohdatessa (käyttäjäreklamaatio ongelmasta) Tilapalvelu organisoii tarvittavat jatkotoimenpiteet eli vastaa projektin strategisesta suunnittelusta ja johtamisesta sekä huolehtii hankkeen rahoituksesta ja ulkopuolisten toteuttajien hankinnasta; tutkimus, suunnittelu ja urakointi. Tilapalvelu myös valvoo hankkeen edistymistä ja arvioi sen tuloksia (hankkeen laadunvalvonta), hoitaa koordinaatiota ja tiedonkulkua eri sidosryhmien välillä sekä huolehtii hankkeeseen liittyvän tiedottamisen (viestinnän varmistaminen lähtötilanteesta jatkoseurantaan asti) sekä yhteydenpidon asiakkaisiin (tilojen käyttäjiin). Tilapalvelu kutsuu koolle projektin käynnistysseminaarin ja seurantaseminaarit (kokoukset). Tarkastusryhmä on kohdekohtainen työryhmä, joka perustetaan tarvittaessa ja lakkautetaan kun ongelma on poistettu. Tarkastusryhmä tekee tarkastuksen kohteeseen ja laatii kuntotutkijan kanssa varsinaisen tutkimussuunnitelman.

Rakennuttajakonsultti

Projektiin otetaan mukaan tarvittaessa erillinen rakennuttajakonsultti, joka hoitaa Tilapalvelulle kuuluvia tehtäviä ja sen lisäksi erikseen annettuja toimeksiantoja (mm. korjaustöiden valvonta). Sisäilmasto-ongelmiin liittyvissä korjaushankkeissa olisi hyvä olla vähintään yksi henkilö (projektinjohtaja tai esim. sisäilma-asioihin ja kosteusvaurioihin erikoistunut asiantuntija), joka on mukana koko hankkeen ajan tutkimuksesta toteutukseen. Mikäli näin ei toimita, on vaarana, että tiedonkulku katkeaa projektin aikana henkilöiden vaihtuessa (tiedonhallintaongelmia), kun esim. tutkimisen ja suunnittelun hoitavat eri henkilöt.

Kuntotutkija

Kuntotutkija on Tilapalvelun palkkaama ulkopuolinen asiantuntija. Kuntotutkija vastaa sisäilmasto-ongelmiin liittyvien tutkimusten toteutuksesta (selvitetään ongelmat). Tutkija laatii saatujen taustatietojen pohjalta erillisen tutkimusohjelman Tilapalvelun hyväksyttäväksi. Varsinaiset tutkimukset tehdään laaditun tutkimusohjelman mukaisesti (tutkimussuunnitelmaa päivitetään tarpeen mukaan) ja tutkimustulosten pohjalta laaditaan tutkimuslausunto, jossa on esitetty tarvittavat jatkotoimenpidesuosituksukset sekä korjauslaajuudet. Kuntotutkija esittelee selvitystyön tulokset tilaajalle ja luovuttaa raportin korjaussuunnittelijalle. Tutkimukset on tehtävä riittävän laaja-alaisina, jotta saadaan luotettavat ja riittävät lähtötiedot korjaussuunnittelun pohjaksi. Kuntotutkijan on tarvittaessa osoitettava pätevyytensä ko. tutkimustehtäviin (mm. koulutus, kokemus ja referenssit).

Korjaussuunnittelija

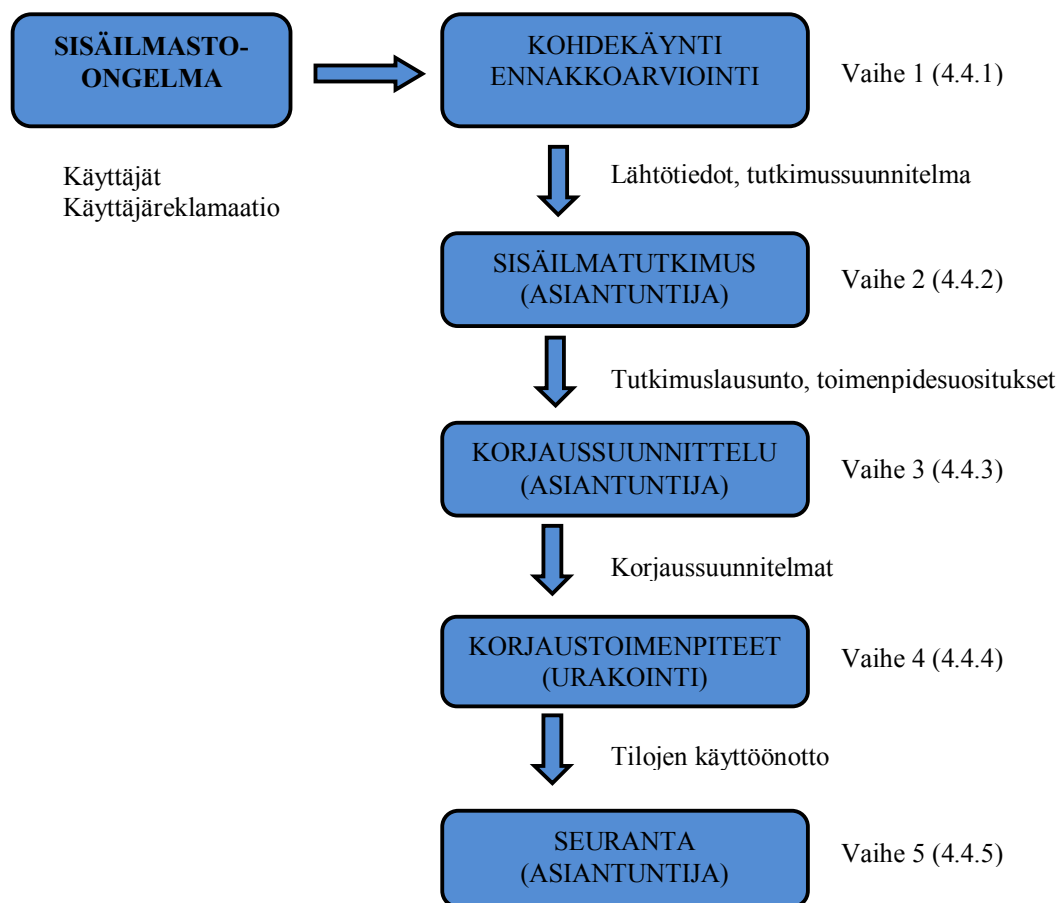
Korjaussuunnittelija on kuntotutkijan tapaan Tilapalvelun palkkaama ulkopuolinen asiantuntija. Korjaussuunnittelija vastaa tarvittavien korjaussuunnitelmien laatimisesta (määritetään korjaustapa). Korjaussuunnitelmat tehdään laadittujen tutkimusten pohjalta (tutkimuksia täydennetään tarpeen mukaan).

Urakoitsija

Korjausurakoitsija vastaa varsinaisten korjausten toteutuksesta. Korjausurakoitsijan (ja hänen yhteistyökumppaniensa, alihankkijoiden) tulee olla perehtynyt korjausten yhteydessä käytettäviin korjausmenetelmiin. Tarvittavat korjaustoimenpiteet toteutetaan laadittujen suunnitelmien mukaisesti.

4.4 Projektin tekninen prosessi

Projektin teknisessä prosessissa kuvataan projektin tehtävät ja tekniset ratkaisut (kuvio 8) sekä määritetään tehtävien muodostavat etapit (vaiheistus), joiden avulla hankkeen haluttuun lopputulokseen päästään. Samalla laaditaan realistinen työsuunnitelma, jolla saadaan aikaan sidosryhmien odottamat tulokset. Projektin tavoitteena on terveelliset ja turvalliset tilat.



KUVIO 8. Periaatteellinen kaavio projektin teknisestä prosessista

4.4.1 Sisäilmasto-ongelman ennakkoarviointi (vaihe 1)

Epäily sisäilmasto-ongelmasta lähtee yleensä tilojen käyttäjien tekemästä haittailmoituksesta (sisäilmasto-ongelman ilmoituslomake). Tilaajan (esim. Tilapalvelun) toimesta tehdään lähtöselvitykset havaituista sisäilmasto-ongelmista. Lähtötietojen kokoamisen on muodostettava riittävän laaja-alainen arvio sisäilma-ongelmasta. Lähtötietovaiheessa rakennukseen ja sen käyttäjiin kohdistuvat aiemmat selvitykset kootaan yhteen. Lähtötietojen ja arviokäynnin avulla ongelma määritetään alustavasti ja tehdään tarvittava tutkimussuunnitelma selvitysten tilaamiseksi (konsulttiryhmän kokoaminen; tutkija ja tarvittaessa jo suunnittelija).

4.4.2 Sisäilmatutkimus (vaihe 2)

Tutkimukset lähtevät käyntiin esiselvittelyvaiheella, jossa perehdytään tilaajalta saatuihin lähtötietoihin sekä muihin kohteeseen liittyviin asiakirjoihin (mm. vanhat suunnitelmat, aiemmat tutkimusraportit sekä tiedot korjaushistoriasta). Vanhoista suunnitelmista poimitaan esiin mahdolliset riskirakenteet (rakenteiden riskianalyysi, jossa selvitetään rakennetyypit ja niiden lämmöneristyskyky sekä kosteustekninen toimintatapa). Käyttäjäkyselyvastausten perusteella kartoitetaan oireilujen ongelma-alueet. Tutkimusten alkuvaiheessa kohteeseen tehdään aistinvarainen tarkastelu (onko näkyviä vikoja, hajuhaittoja tai muuten aistittavia vaurioita), jonka avulla laaditaan alustava tilanne- ja riskiarvio sekä tutkimussuunnitelma ja tutkimusten mittausohjelma. tässä vaiheessa voidaan todeta jo kiireellisimmät korjaustoimenpiteet. Aistinvaraisten arviointien yhteydessä rakenteiden pintaosien kosteuksia ja niiden alueellisia vaihteluja voidaan selvittää alustavasti suuntaa-antavalla pintakosteusmittarilla (kuvio 9). Lisäksi voidaan tehdä lattiapinnoitteisiin viiltoja, jolloin saadaan tehtyä aistinvarainen arvio lattiapinnoitteen alta (kuvio 10, onko hajupoikkeavuuksia) ja mitattua kosteudet heti lattiapinnoitteen kosketuspinnasta. Kenttätutkimusten yhteydessä tehdään tarvittavat rakennekosteusmittaukset (porareikämittaus), rakenneaukaisut ja –poraukset (varmistetaan rakenteiden kunto ja suunnitelmien mukaisuus) sekä otetaan tarvittavat näytteet (sisäilma- ja materiaalinäytteet) ja tehdään tarvittavat mittaukset (lämpötila ja kosteus).



KUVIO 9. Pintakosteusmittaus

KUVIO 10. Aistinvarainen havainnointi pinnoitteen alle

Kenttätutkimusten jälkeen ja laboratorioanalyysivastausten valmistuttua laaditaan varsinainen sisäilmatutkimuslausunto, jossa on kerrottu tutkimusmenetelmät sekä tutkimushavainnot ja – tulokset. Tutkimuslausuntoon kootaan johtopäätökset sisäilmaongelmien syistä ja rakenteissa esiintyvien ongelmien laajuudesta ja miten ne vaikuttavat rakenteen kestävyteen tai aiheuttavat haittaa tilojen käyttäjille. Johtopäätösten perusteella laaditaan toimenpide-ehdotukset, esitetään korjaustapavaihtoehdot ja/tai jatkotoimenpide-ehdotukset. Tutkimusten ja toimenpide-esitysten on oltava riittävän tarkkoja ja laaja-alaisia, jotta niiden pohjalta voidaan laskea hankesuunnitteluvaiheen kustannusarvio sekä tilata ja toteuttaa varsinainen korjaussuunnittelu. Selvitystulokset on raportoitava selkeästi, jotta asiaan perehtymätönkin voi ne ymmärtää. Tutkimuslausunnon tarkoituksena ei ole kuitenkaan laatia yksityiskohtaista korjaussuunnitelmaa.

Voc-emissioiden tutkiminen

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksien mittaaminen (Voc-analyysi) on yksi tapa selvittää tilojen terveyshaittaepäilyjä ja se kuuluu osana sisäilmatutkimusten kokonaisuuteen. Sisäilman Voc-mittauksiin päädytään usein silloin kun tiloissa on tavanomaisesta poikkeavaa hajua ja/tai käyttäjillä ilmenee erilaista oireilua. Selvitys voidaan tehdä myös, kun halutaan tehdä sisäilman yleistä laatutason selvitystä tai kun halutaan selvittää lattiapinnoitteiden mahdollisia kosteusvaurioita (mm. liima-aineiden ja mattopehmintimien hajoaminen). Mittauksilla saadaan selvitettyä rakennuksesta peräisin olevat päästöt sekä tiloissa oleskelevien henkilöiden työskentelyolosuhteet.

Voc-analyysin tekemiseksi on olemassa useita erilaisia menetelmiä. Kaikille näytteenottomenetelmille on yhteistä se, että niistä lasketaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (Tvoc) sekä tunnistetaan yksittäisiä yhdisteitä (pääkomponentteja) ja mahdollisia mikrobien aineenvaihdunnan tuloksena syntyneitä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (Mvoc). Eri menetelmillä saadut mittaustulokset eivät ole suoraan verrannollisia keskenään (mm. mittayksiköt eri laatuksia). Sisäilmanäytteiden osalta näytetulokset kertovat kohteesta mittaushetkellä vallitsevan todellisen tilanteen (millaista sisäilma on), tulokset ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gramman miljoonasosa tutkittavaa yhdistettä kuutiometrissä ilmaa). Pinnoitteisiin kohdistettavien näytteiden osalta vaurioituneiden rakenteiden emissiot tulisi mitata ensisijaisesti oikeasta rakenteesta vauriopaikalla eikä rakennetta tulisi paloitella erillisiin laboratorioissa suoritettaviin mittauksiin. Voc-mittaukset tehdään tavallisesti sisäilmasta tai materiaaleista seuraavasti;

1.) Sisäilman aktiivinen Voc-näyte

Sisäilmanäyte kerätään ilmapumpulla Tenax-putkeen (kuvio 11, absorbenttiin). Näyte kerätään huonetilan keskialueelta ja hengitysvyöhykkeeltä (n.1500 mm lattiapinnasta). Näytteen keräilyaika on tavallisesti n.15 min ilmamäärävirtauksen ollessa n.0,2 l/min (ilmanäyte n.3000 ml eli n.3 l). Näytteen tulos ilmoitetaan yksikössä; $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.) Sisäilman passiivinen Voc-näyte

Sisäilmanäyte kerätään passiivisesti (ilman ilmapumppua) Tenax-putkeen (putkessa verkolla varustettu diffuusiopää). Näytteen keräilyaika on tavallisesti 2 viikkoa (tarvittaessa 7 vrk tai tehdään pitkäkestoisia useampia viikkoja kestäviä mittauksia). Passiivisissa mittauksissa tulee kontrolloida mittausten mahdolliset virhetekijät (tilojen käyttö mittausten aikana). Näytteen tulos ilmoitetaan yksikössä; $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.) Lattiapinnoitteeseen suunnattu Voc-näyte

Lattiapinnoitteeseen suunnattu kupunäyte kerätään ilmapumpulla tenax-putkeen käyttäen apuna lattiapinnoitteen päälle (ilman viiltoa, viiltomittauksia ei suositella tehtäväksi) asennettua lasikupua (kuvio 12) tai teräskantta (eksikaattorikansi).

Ennen mittauksen aloittamista lasikupu annetaan tasaantua mittauskohteessa n.30 min (kupua ei saa tiivistää alareunastaan, tiivistysaineista saattaa aiheutua lisäemissioita näytteeseen), mittauksen aikana kammion korvausilma syötetään huoneilmasta hiiliputken kautta (suodattaa korvausilman epäpuhtaudet). Näytteen keräilyaika on tavallisesti n.15 min ilmamäärävirtauksen ollessa n.200 ml/min (näyte n.3000 ml eli n.3 l). Näytteen tulos ilmoitetaan yksikössä; $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



KUVIO 11. Näytteenotto sisäilmasta

KUVIO 12. Lattiapinnoitteeseen suunnattu ns. kupunäyte

4.) Lattiapinnoitteen Flec-kenttätutkimusnäyte (ensisijainen näytteenottotapa)

Lattiapinnoitteeseen suunnattu Flec-näyte kerätään Flec-menetelmällä (field and laboratory emission cell); Välineenä Flec-emissiokammio, kaksi kalvopumppua (virtausnopeus n.100 ml/min), nollausalusta (lasilevy), tarvittava määrä adsorbenttiputkia (Tenax TA) ja desinfiointivälineistö. Mittauksen aikana rakenteen pintaan asennetaan kammio, johon syötetään puhdasta, synteettistä ilmaa ja kammioista poistuvan ilman Voc-pitoisuudet mitataan. Näytteen tulos ilmoitetaan yksikössä; $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$.

5.) Koepalamenetelmä

Materiaalinäyte otetaan joko lattiapinnoitteesta (esim. näytepala $150 \times 150 \text{ mm}^2$, Flec-laboratoriotutkimusnäyte tai pienempi näytepala lasipurkkiin ja mittaamalla purkissa olevan ilman Voc-pitoisuudet) tai tarpeen mukaan alusbetonista (kun halutaan selvittää betonirakenteen mahdollisia kontaminaatioita). Otettu materiaalinäyte lähetetään analysoitavaksi laboratorioon (PK Group Ab). Näytteen tulos ilmoitetaan yksikössä; $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$, $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$ tai $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ (näytetyypistä ja analysointimenetelmästä riippuen). Koepalamenetelmän ongelmana on, että se an-

taa usein liian suuria pitoisuuksia (erityisesti pienempi näytepala), koska tulos ei huomioi mitenkään yhdisteiden hitaampaa diffuusiota yhtenäisen lattiapäällysteen läpi (pinnoitteen kapseloiva vaikutus).

Voc-näytteet tulisi ottaa ensin sisäilmasta ja jos sisäilmanäytteistä löytyy haitallisessa määrin lattiapäällysteiden vaurioitumiseen liitettyjä Voc-yhdisteitä, niin seuraavaksi mitataan ehjän lattiapinnoitteen päältä (ensisijaisesti Flec-kenttätutkimusnäyte tai vaihtoehtoisesti ns. kupunäyte). Parinäytteillä saadaan todennettua haihduttaako tilan ilmanvaihto lattiapinnoitepäästöt riittävästi pois sisäilmasta (näkyvätkö lattiapinnoitepäästöt sisäilmassa).

Näytteenottotilan suhteen tulee huomioida näytteenottoon mahdollisesti vaikuttavat virhelähteet, kuten ihmiset ja kotieläimet, viherkasvit, jäteastiat, pesuaineet ja hajusteet, elintarvikkeet, tupakka, liikenne, suojaamaton adsorbenttiputki, liiallinen ilmankosteus sekä tutkija itse. Tutkituissa tiloissa ei saisi olla näytteenottohetkellä ihmisiä eikä siivouksia (kemikaaleja) saisi olla tehty 1 vrk:n aikana tai vahauksia 4 viikon aikana. Mahdollisista remonteista olisi syytä olla kulunut 0,5...1 vuotta. Ennen näytteenottoa tilan ikkunat ja ovet suljetaan (jo edellisenä iltana). Ihmiset ja kotieläimet poistetaan tilasta vähintään muutama tunti ennen mittausta. Näytteenotossa pitäisi kirjata ylös ilmanvaihdon tehokkuus (mahdollisuuksien mukaan) ja koneellisen ilmanvaihdon tulisi olla osateholla (tai yleisesti tilassa olevaa tilannetta vastaavalla teholla). Näytteenottoon liittyy olennaisena osana aistinvaraisten havaintojen tekeminen, mm. virhelähteiden arviointi, mahdollisten hajuhaittojen (myös oiretapaukset), sisäilmapuutteiden ja materiaalitietojen (onko M1) kirjaaminen sekä ilmanvaihdon yleinen havainnointi (ilmanvaihdon merkitys tuloksiin). Voc-mittausten rinnalla kohteesta tulisi mitata ainakin sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, tutkittavan tilan paine-erot ulkoilmaan ja naapuritiloihin sekä tehdä tarvittaessa kosteusmittaukset välittömästi pinnoitteen alta ja eri syvyyksiltä betonirakenteesta.

Voc-emissioiden tutkimistulosten tulkinta

Valtioneuvoston asetukseen 1174/2006 viitaten terveydensuojelulain mukaisissa viranomaistutkimuksissa laboratoriolta tulee olla Elintarviketurvallisuusviraston (Eviran) hyväksyntä käyttämälleen analysointimenetelmälle. Voc-mittausten tulosten tulkinnan tekee haasteelliseksi seikka, että sisäilman Voc-yhdisteille ja niiden enimmäispitoisuuksille sisäilmassa ei ole annettu kansainvälisiä tai kotimaisia viranomaisstandardeja. Sisäilmaluokitus 2000 antaa tavoitearvoja sisäilman epäpuhtauspitoisuuksille. Luokitus on tarkoitettu käytettäväksi asetettaessa tavanomaisia työ- ja asuintiloja koskevia sisäilmastotavoitteita. Luokituksessa sisäilmasto on jaettu kolmeen luokkaan seuraavasti:

Taulukko 2. Sisäilmastoluokat S1, S2 ja S3 (Merikallio, 2007, 39)

Sisäilmastoluokka	Ominaispiirre	Tvoc [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
S1	Yksilöllinen sisäilmasto	<200
S2	Hyvä sisäilmasto	<300
S3	Tyydyttävä sisäilmasto	<600

Sisäilmastoluokassa S1 (yksilöllinen sisäilmasto) tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Luokassa S2 (hyvä sisäilmasto) tilan sisäilman laatu on vastaavasti hyvä, eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Luokan S3 sisäilmasto on tyydyttävä ja tilan sisäilman laatu täyttää rakentamismääräysten ja -säännösten vähimmäisvaatimukset, ilma saattaa tuntua ajoittain tunkkaiselta. Työ- ja asuintilat pyritään toteuttamaan ensisijaisesti sisäilmastoluokan S1 ja vähintään luokan S2 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun. Asumisterveysohjeessa (Sosiaali- ja terveysministeriö, oppaita 2003:1) on esitetty, että Tvoc-mittaustulosta ei voida käyttää sellaisenaan terveyshaitan arvioinnissa. Toisaalta kohonnut Tvoc-pitoisuus, kun Tvoc ylittää arvon $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on osoitus lisäselvitysten tarpeesta yksittäisten yhdisteiden tutkimiseksi. Asumisterveysohjeessa annetaan ohjearvot ainoastaan ammoniakille ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ei terveysperusteinen ohjearvo), formaldehylille ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja styreenille ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). WHO:n sisäilmaohjeessa on PVC-muovimattojen Voc-päästöjen indikaattoriyhdisteiksi todettu 2,2,4-trimetyyli-1, TXIB (3-pentaanidioli diisobutyraatti) sekä 2-etyyli-1haksanoli. Em. yhdisteille ei ole annettu kuitenkaan viitearvoja.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden analyysimenetelmällä tunnistetaan yksittäisiä Voc-yhdisteitä ja määritetään niiden pitoisuuksia sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (Tvoc). Näytteen analyysitulokset kuvaavat sisäilman ja/tai lattianpinnoitepäästöjen laatua. Sen avulla voidaan saada selville mitkä yhdisteet aiheuttavat tiloissa poikkeavaa hajua. Jokaisesta näytteestä analysoidaan tavallisesti vähintään 15...20 pitoisuudeltaan suurinta (ja/tai erityisesti syystä muuten haettua) yhdistettä ja tilattaessa myös n.20 mikrobi- ja kosteusvaurioita indikoivaa ns. Mvoc-yhdistettä. Voc-tulosten tulkintaa vaikeuttaa myös seikka, että myös täysin virheettömistä tai ei kostuneista (ei mikrobivaurioituneista) materiaaleista saattaa haihtua myös Mvoc-yhdisteitä (kaikkia Mvoc yhdisteitä ei ole spesifioitu ainoastaan mikrobivaurioihin liittyviksi). Eli tällä hetkellä ei pystytä aivan kiistattomasti arvioimaan onko jokin rakennusmateriaali mikrobivaurioitunut Mvoc-mittauksien perusteella. Kosteusvaurioita indikoivia emissioita voi syntyä myös huonolaatuisista mattomateriaaleista, joiden primääripäästöt ovat itsessään korkeat (primääriemissio). Oleellista on tunnistaa, mikä on normaalia ja mikä ei (eli missä vaiheessa tulokset ovat koholla tai selvästi koholla). Annettujen raja- ja ohjearvojen ylitys ei kuvaa suoraan terveyshaittaa, vaan tavanomaisesta poikkeavaa sisäilman laatua tai lattianpinnoitepäästöä.

Lattianpinnoiteongelmien (mm. kiinnitysliimojen ja mattopehmentimien hajoaminen) osalta oleellimmat yhdisteet ovat 2-etyyli-1-heksanoli (2EH), 1-butanoli ja TXIB (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidolidi-isobutyraatti). On kuitenkin muistettava, että em. yhdisteet ovat tyypillisiä PVC-mattojen emissiotuotteita, joita aina normaalistakin emittoituu pieniä määriä (primääripäästöt). Esim. PVC-lattianpinnoitteen asennusvaiheessa emissioiden pääkomponentit ovat yleensä 2EH ja 2-etyylihaksaanihappo, arvot näissäkin tapauksissa yleensä $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mm. VTT:n suosittelema toimenpideraja-arvo). TXIB on viite mm. muovipinnoitteiden pehennysaineista, 1-butanolin esiintyminen viittaa rakenteessa jossakin vaiheessa vaikuttaneen liiallisen kosteuden (ja alkalisuuden) vahingoittamasta liimasta ja 2-etyyli-1-heksanoli viittaa vastaavasti muovimattojen ja erityisesti niiden pehmentimien hajoamiseen (Optiroc-opisto). Havaittaessa selviä poikkeavuuksia lattianpinnoitteiden Voc-mittauksissa, on syytä varmistaa myös etteivät em. yhdisteet (joille ominaista) ole tunkeutuneet ajan saatossa myös betonihuokosiin (kontaminoituminen). Mitä vanhempi ongelma on, niin sitä syvemmällä betonissa on 2-etyyliheksanolia. Usein käy, että vaurioitunut lattianpin-

noite uusitaan, mutta päästöt jäävät vaivaamaan tiloja betonilaatan kontaminaatioina. Edellä mainitut havainnot todettiin mm. Jyväskylän talousalueella olevan terveysaseman sisäilmatutkimuksissa (Case 1. Omia tutkimuksia vuodelta 2013), jossa kerättiin yhteensä 6 materiaalinäytettä (näytteet aiemmin uusitun lattiapinnoitteen alusbetonirakenteesta) niiden Voc-määrittystä varten. Näytteet (6 kpl) otettiin kolmesta eri näytteenottopisteestä noin 15 ja 30 mm syvyyksiltä. Näytteistä viidessä esiintyi mm. 2-etyyli-1-heksanoli ja niistä neljässä kohonneena tai selvästi kohonneena pitoisuutena (2EH: 10,05, 19,81, 63,93 ja 110,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tutkimustulosten pohjalta todettiin tuolloin, että aiemmin tehdyt korjaukset ovat olleet puutteelliset (tiloissa myös runsasta oireilua) ja ongelmatiloihin suositeltiin pohjabetonirakenteiden kapealointia.

Koska Voc-yhdisteille ja niiden enimmäispitoisuuksille ei ole annettu varsinaisia viranomaisstandardeja, joudutaan mittaustuloksia vertailemaan referenssikohteiden vertailuarvoihin. Sisäilman Tvoc-pitoisuus asettuu tavallisesti sisäilmaluokkaan S1 (Tvoc <200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja on usein hyvinkin alhaisella tasolla, jopa alle 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ei viitetä ongelmasta). Yksittäisten yhdisteiden osalta pitoisuudet ylittävät erittäin harvoin 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja ovat normaaliolosuhteissa tavallisesti <5 tai ainakin <10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joka vastaa usein n.10 %:n pitoisuutta yhdisteiden yhteen lasketusta kokonaispitoisuudesta. Jos yksittäisen yhdisteen pitoisuus ylittää 10 % Tvoc:ista niin yhdisteen osuus on kohtalaisen suuri, mutta jos Tvoc on alhainen esim. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, niin 10% osuus (n.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) on harvoin merkki mistään tavanomaisesta poikkeavasta. Edellä mainittuun viitaten yhdisteen todellinen pitoisuus on arvioinnin kannalta merkitseväämpää kuin sen suhteuttaminen prosentuaalisesti Tvoc-pitoisuuteen. Tvoc-pitoisuus on kokonaisuudessaan suuntaa-antava sisäilman laadun arvioinnissa ja yksittäisten yhdisteiden tunnistaminen on osoittautunut yhä tärkeämmäksi. Kahden samansuuruisen Tvoc-pitoisuuden omaavan tuloksen terveydellinen merkitys ei ole välttämättä lainkaan sama, sillä Voc-alueen yhdisteisiin kuuluu hyvin eri tavalla vaikuttavia yhdisteitä. Yksittäisten yhdisteiden osalta on huomioitava mahdollinen selvästi vallitseva osuus (n.20...30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), jolloin yhdisteen päästölähde olisi syytä jäljittää tarkemmin ja ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin (Valvira, 2011.)

Kostuneiden lattioiden reuna-alueet ovat yleensä keskialueita vaurioherkempiä mikrobivaurioille (RH 75...95 % lämpötilassa 0...55 °C mahdollistaa mikrobikasvun), koska ko. alueilla on suurempi hapen läsnäolo (keskialueilla vastaavasti tiiviit mattopinnoitteet). Vaikuttaisi myös, että lattioiden keskialueilla olevien Voc-päästöjen (mm. alkoholiin) suurempi läsnäolo vaikeuttaa osaltaan mikrobien (sienten ja bakteerien) olemassaoloa (Voc-päästöt pääsevät haihtumaan paremmin lattioiden reuna-alueilta). Myös betonin emäksisyys muodostaa osaltaan epäsuotuisat olosuhteet mikrobikasvustoille. Edellä mainitut havainnot todettiin Jyväskylän talousalueella olevan koulurakennuksen sisäilmatutkimuksissa (Case 2. Omia tutkimuksia vuodelta 2005), jossa kerättiin yhteensä 44 materiaalinäytettä niiden mikrobimääritystä varten. Näytteistä 39 kpl otettiin tutkittujen tilojen lattiapinnoitteista ja niiden liima- ja tasoitekerroksista. Otetuista lattiapinnoiteinäytteistä 12 näytteessä (n.31 %) esiintyi niukasta runsaaseen kasvuun kosteusvaurioita indikoivia sieni-itiöitä (mm. *Aspergillus versicolor*, *Eurotium* ja *Acremonium*), yksittäisessä näytteessä esiintyi lisäksi sädesienibakteeria (*Streptomyces*). Mikrobivaurioituneista näytteistä suurin osa otettiin rakennuksen pohjakerroksesta (maanvarainen teräsbetoni-laatta) ja kaikki vaurionäytteet otettiin lattioiden reuna-alueilta (keskilattioiden materiaalinäytteissä ei havaittu varsinaisia mikrobivaurioita). Lattioiden reuna-alueilla oli lisäksi havaittavissa selviä värjäytymiä ja hajua (mikrobiperäistä hajua). Lattioiden betonirakenteista mitatut rakennekosteudet vaihtelivat välillä RH 50,0...85,9 % lämpötiloissa 16,4...23,4 °C (vesihöyrypitoisuudet 8,8...16,1 g/m³).

Tulkittaessa Voc-näytteen kokonaispitoisuus (Tvoc) tai yksittäisten yhdisteiden päästöt (emissiot) kohonneeksi tai selvästi kohonneeksi, yhdessä aistittavien hajuhaittojen (ja mahdollisten väriaurioiden) ja tutkituissa tiloissa esiintyneiden oireilujen kanssa voidaan tulkita selvästi, että tutkituissa tiloissa on korjaustarve. Tulkintoihin ei voida (ainakaan) vielä antaa selvästi rajattavia ja täsmällisesti noudatettavia jatko-toimenpidetarpeita. Tulkinnessa huomioitava, että pienetkin päästömäärät saattavat aiheuttaa oireilua selvästi herkistyneille henkilöille. Vastaavasti Voc-mittauksien tuloksilla tai niiden kokonaispitoisuudella (Tvoc) ei voida osoittaa myöskään sisäilman olevan kunnossa. Toimistotyypisissä tiloissa on yleensä tehokkaamman ilmanvaihdon johdosta pienemmät Voc-päästöt kuin esim. asuinrakennuksissa.

4.4.3 Korjaussuunnittelu (vaihe 3)

Korjaussuunnittelu toteutetaan laadittujen tutkimusten tuloksena syntyneiden toimenpide-ehdotusten pohjalta. Tutkimuslausunnosta tulee käydä ilmi; mitä korjataan, missä laajuudessa korjataan ja miksi korjataan. Korjaussuunnittelun ratkaistavaksi jää varsinaisen korjaustavan valitseminen; miten korjataan ja millä menetelmällä päästään hyvään ja kestäväan lopputulokseen. Korjaussuunnittelun perusteena on aina vaurion aiheuttaneen tekijän korjaaminen niin, että vaurion uusiutuminen estetään; vaurioon johtanut liiallinen kosteus ja vauriomekanismit saadaan pysyvästi poistettua. Korjaukset on tehtävä tarpeenmukaisessa laajuudessa siten, että kosteusvauriosta aiheutuvat terveyshaitat poistuvat ja rakennusta voidaan turvallisesti käyttää, mutta myös siten että korjauskustannukset pysyvät kohtuullisina ja vältetään ns. yli-
korjaaminen. Korjaustoimenpiteillä voidaan myös estää epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan (mm. tiivistyskorjaukset ja rakennuksen painesuhteiden hallinta) ja ehkäistä rakenteen vaurioituminen jatkossa.

Sisäilmaston lopulliseen laatuun vaikuttavat osaltaan olennaisesti myös sisätiloissa käytetyt rakennusmateriaalit. Sisäilman Tvoc-pitoisuudet ovat alhaisempia talossa, jonka suunnittelu ja toteutus ovat tehty sisäilmastoluokituksen mukaisesti. Rakennustyömaan kosteudenhallinnalla, materiaalivalinnoilla sekä ilmanvaihdon teholla näyttäisi olevan ratkaisevan suuri merkitys uusien rakennusten sisäilman Tvoc-pitoisuuksiin. Tvoc-pitoisuudet muuttuvat talojen ikääntymisen ja käytön myötä. Sisäilmaluokitus 2000 määrittelee myös tavoitearvoja yksittäisten materiaalien epäpuhtauspitoisuuksille (Tvoc, ammoniakki ja formaldehydi). Luokituksessa materiaalit on jaettu kahteen luokkaan seuraavasti:

Taulukko 3. Materiaalien laatuluokat M1 ja M2 (Merikallio, 2007, 37)

Materiaalin laatuluokka	TVOC [µg/m ² h]	Ammoniakki [µg/m ² h]	Formaldehydi [µg/m ² h]
M1	200	30	50
M2	400	60	125

Rakennusmateriaalien päästöluokitus ilmaisee vaatimukset tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa käytettäville materiaaleille hyvän sisäilman laadun kannalta. Pyrittäessä sisäilmastoluokkiin S1 ja S2 on sisätiloissa käytettävä ensisijaisesti M1-luokiteltuja tai niihin rinnastettavia rakennusmateriaaleja. Pelkkä materiaalin vähäpäästöisyys (M1-merkki) ei kuitenkaan yksistään takaa etteikö valmiista lattiarakenteesta emittoituisi haitallisia yhdisteitä. Lattiarakennetta tulee tarkastella kokonaisuutena, joka koostuu varsinaisen betonirakenteen lisäksi mahdollisesta tasoitekerroksesta, kiinnityслиimas- ta ja lattiapinnoitteesta. Rakenteeseen (kerrosten kombinaatioon) vaikuttaa haitalli- sesti rakenteen liiallinen kosteus ja erityisesti betonin alkalinen kosteus, joka hajot- taa liima-aineita ja lattiapinnoitteiden pehmintimiä. Betonilattioiden emissioilla ja suhteellisella kosteudella on havaittu olevan selvä yhteys; Emissiot kasvavat suhteel- lisen kosteuden noustessa ja päinvastoin. Käyttämällä matala-alkalisia tasoitteita (pH<11) voidaan emissioiden määrää pienentää (Optiroc-opisto). Pinnoiteasennusten yhteydessä tulee huomioitava myös tasoitteiden ja liiman rakenteeseen mukanaan tuoma lisäkosteus, joka voi nostaa kosteuden kriittiseksi hetkellisesti.

Voc-vaurioiden korjaustavat

Muovimattopinnoitettujen betonilattioiden emissio-ongelmien korjaamiseksi on olemassa useita erilaisia korjaustapoja ja niiden kombinaatioita, joista osa on valitet- tavasti osoittautunut vääriksi ja/tai riittämättömiksi. Useissa korjauskohteissa on ha- vaittu, että ainoastaan vaurioituneen lattiapinnoitteen poistaminen ja uuden asen- taminen ei ole riittävä toimenpide syntyneiden emissio-ongelmien poistamiseksi. Materiaalin kuuluminen vähäpäästöiseen M1 luokkaan on yleensä sisäilman kannalta turvallinen ratkaisu, mutta se ei aina takaa ongelmattomuutta. Emissio-ongelmiin liittyvien korjausten pyrkimyksenä on ollut ottaa käyttöön aina parhaiksi osoittautu- neet käytännöt, huomioiden toteutumiseen ja lopputulokseen liittyvät riskitekijät. Korjaustavan valinta on tehtävä aina tapauskohtaisesti (laadittujen tutkimusten poh- jalta) sekä suunniteltava vaurioasteen ja -laajuuden mukaisesti.

Voc-vaurioituneiden betonilattioiden yleisimmin käytettyjä korjaustapoja on olemassa mm. seuraavasti;

Koko lattiarakenteen uusiminen

Korjaustoimenpiteenä uusitaan koko lattiarakenne (tarvittaessa puutteellisin alustäyttöineen ja lämmöneristyksineen). Korjaustapana koko lattiarakenteen uusiminen on usein toiminnallisesti varmin korjaustapa, rakenteesta saadaan poistettua mahdolliset puutteet ja muut riskit (esim. epäkelvot alustäytöt). Koko lattiarakenteen uusiminen on kuitenkin korjaustapana suuritöinen ja kallis toimenpide (korjauskustannukset eivät pysy kohtuullisina), joka lisää myös työn kestoa (mm. uusien betonivalujen kuivumisajat) huomattavasti. Korjaustapana koko lattiarakenteen uusimiseen päädytään harvoin (ylikorjaaminen) ja silloinkin jostakin erityisestä syystä (tai jos vanha rakenne on muuten totaalisen väärin toteutettu).

Lattiapintojen desinfiointi

Korjaustoimenpiteenä poistetaan vanhat lattiapinnoitteet liima- ja tasoitekerroksiin. Mattopinnoitepoiston jälkeen lattiarakenteen vanhat tasoitekerrokset ja betonirakenteen pintaosat jyrsitään pois (saadaan poistettua Voc-päästöjä ja näin laskea niiden pitoisuuksia rakenteessa). Jyrsitetyt betonipinnat imuroidaan huolellisesti ja hapetetaan / desinfioidaan soveltuvalla desinfiointiaineella, esim. 12 %:nen vetyperoksidi (käsittely kahteen kertaan). Desinfiointikäsittelyjen jälkeen asennetaan uusi matala-alkalinen (pH<11) lattiatasoite, kerrosvahvuus min. 5 mm (Optiroc-opiston tutkimusten mukainen suoja betonin alkalista kosteutta vastaan). Matala-alkaisissa tasoitteissa materiaalin pH on alennettu lähemmäksi neutraalia, jolla on pyritty estämään pinnoitemateriaalien (mm. niiden pehmintimien) hajoaminen ja siten haitallisten yhdisteiden, kuten 2-etyyli-1-heksanolin muodostuminen rakenteeseen. Uusiin tasoitekerrosten päälle asennetaan uusi lattiapinnoite (lattiapinnoitevalmistajan asennusohjeiden mukaisesti).

Korjaustavan vahvuutena on sen edullisuus ja nopeus, lisäksi toimenpide ei vaadi erillishankintoja vaan sama urakoitsija voi hoitaa kaikki työvaiheet. Desinfiointien yhteydessä betonirakenteen pintakerroksen hapettuvat ja rakenteen pintaosien Voc-yhdisteiden pitoisuudet edelleen vähenevät, mutta desinfiointiaine tunkeutuu aino-

astaan betonilaatan pintakerrokseen, jolloin betonirakenteeseen kontaminoituneet yhdisteet jäävät edelleen rakenteeseen. Korjaustoimenpiteenä rakenteiden desinfiointikäsitely on osoittautunut useissa kohteissa yksistään riittämättömäksi toimenpiteeksi. Korjatuista tiloista on tullut reklamaatioita ja uusituista rakenteista on ajan saatossa mitattu poikkeavia Voc-tuloksia (betonirakenteessa Voc-jäämiä). Lisäksi tiloissa herkistyneet käyttäjät voivat reagoida varsinaisten Voc-emissioiden lisäksi desinfioinnissa käytettyihin kemikaaleihin tai kemikaalien mahdollisesti tehostamiin muiden toksiinien muodostumisiin.

Lämmittämiseen perustuva korjaustapa

Korjaustoimenpiteenä poistetaan vanhat lattiapinnoitteet liima- ja tasoitekerrokseen, betonialusta imuroidaan ja desinfioidaan. Purkutöiden ja desinfiointikäsitelyjen jälkeen betonilaatta lämpökäsitellään. Lämpökäsittelyssä betonilaatta lämmitetään jaksoittain yleensä n.+60 °C:een, jolloin saadaan haitallisia yhdisteitä (mm. alkoholit) liikkeelle. Lämmitys pysäyttäen jaksoittain ja rakenne tuuletetaan (imu). Lämpökäsittelyn tarkoituksena on haihduttaa haitalliset yhdisteet pois rakenteesta. Lämpökäsittelyn jälkeen asennetaan uusi matala-alkalinen (pH<11) lattiatasoite ja sen päälle uusi lattiapinnoite (lattiapinnoitevalmistajan asennusohjeiden mukaisesti).

Lämpökäsittelyllä saadaan parhaassa tapauksessa poistettua rakenteesta haitallisia yhdisteitä (tai osa niistä). Lämpökäsittelyn seurauksena saadaan samalla kuivattua rakennetta, tosin samalla alustäyttöjen lämpötila nousee aiheuttaen kiihtyvän kosteusliikettä maaperästä. Lämpökäsittelystä on olemassa vaihtelevia kokemuksia. Osassa tutkimuksissa lämpökäsittelyllä on päästy hyviin lopputuloksiin; rakenteesta on saatu poistettua haluttuja yhdisteitä. Useissa kohteissa lämpökäsittely on korjaustapana kuitenkin osoittautunut riittämättömäksi (ei muuta varsinaista ongelmarakennetta). Korjatuista tiloista on tullut reklamaatioita (mm. ärsytysoireet jatkuneet) ja jälkimittauksilla on todettu, että Tvoc-pitoisuudet ovat pienentyneet ja osa alkoholeista saatu poistettua, mutta tilalle on tullut muita yhdisteitä. Lämpökäsittely on lisäksi toimenpiteenä aikataulua hidastava (pitkät käsittelyajat) ja kallis toimenpide.

Jyväskylän talousalueella olevan koulurakennuksen sisäilmatutkimuksissa (Case 3. Omia tutkimuksia vuodelta 2010) tutkittiin lämpökäsittelyn vaikutusta betonilaatan Voc-päästöihin. Rakenteesta otettiin betoninäytteet 3 kpl ennen ja jälkeen lämpökäsittelyn. Näytteiden Voc-analysoinneissa havaittiin, että kahdessa näytteessä oli Tvoc-pitoisuudet pienentyneet arvoista 7,17 ja 7,54 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$ arvoihin 6,56 ja 7,25 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$ (vähäisesti) ja yhdessä näytteessä vastaavasti kasvaneet arvosta 4,34 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$ arvoon 11,52 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$ (moninkertaistuneet). Näytteissä ennen lämpökäsittelyä esiintyneet 2-etyyli-1-heksanoli pitoisuudet (0,11, 0,41 ja 0,97 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$) saatiin lämpökäsittelyllä poistettua. Näytteissä esiintyneet 1-butanoli pitoisuudet (1,36, 1,94 ja 1,07 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$) saatiin vastaavasti pääosin poistettua, yhteen näytteeseen jäi vielä lämpökäsittelyn jälkeen ko. yhdistettä 0,64 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$ (arvo ennen lämpökäsittelyä 1,94 $\mu\text{g}/\text{g}/\text{m}^3$). Lämpökäsittelyn seurauksena näytteiden Mvoc-yhdisteet olivat vähentyneet olennaisesti (mm. etikkahappo) tai poistuneet kokonaan (mm. 2-heksanoli, limoneeni). Lämpökäsittelyn seurauksena mm. aldehydipitoisuudet (mm. butanaali, nonanaali ja dekanaali) olivat kasvaneet ja näytteisiin oli ilmestynyt uusia yhdisteinä estereitä (mm. butyyliidekyyliesteri) ja happoja (mm. butaanihappo ja dekyylifosforihappo). Aistinvaraisesti arvioituna betoninäytteissä oli havaittavissa ennen lämpökäsittelyä selviä hajuhaittoja (pistävää hajua, todennäköisesti 2-etyyli-1-heksanoli), joita saatiin selvästi vähennettyä toteutetun lämpökäsittelyn avulla.

Tuulettuva lattiarakenne

Korjaustoimenpiteenä poistetaan vanhat lattiapinnoitteet liimakerroksineen sekä mahdollisesti heikosti alustassaan olevat tasoitekerrokset (lattiapintojen hionta). Lattiapinnoitepoiston jälkeen betonilaatta tasoitetaan ja sen päälle asennetaan ilmastoitu ja alipaineistettu lattiarakenne (esim. muovirakenteinen ilmapalsta sekä koneellinen poistoilmanvaihto). Ilmastoidun lattiarakenteen päälle asennetaan uusi lattiarakenne (esim. levyrakenne ja lattiapinnoite). Korjaustapana tuulettuva lattiarakenne on oikein toteutettuna varmatoiminen (epäpuhtaudet imetään hallitusti betonirakenteesta pois). Tuulettuva lattiarakenne on kokonaisuutenaan myös suhteellisen edullinen, mutta usein rajoitettujen rakennekorkeuksien johdosta sen käyttö on usein mahdotonta. Tuulettuva lattiarakenne vaatii myös säännöllistä huoltoa.

Kapselointimenetelmä

Korjaustoimenpiteenä poistetaan vanhat lattiapinnoitteet liimakerroksineen sekä mahdollisesti heikosti alustassaan olevat tasoitekerrokset (lattiapintojen hionta). Lattiapinnoitepoiston jälkeen betonilaatta ja sen rakenneliittymät kapseloidaan (kuviot 13 ja 14, haitalliset yhdisteet kapseloidaan rakenteeseen). Kapseloinnin jälkeen asennetaan uusi matala-alkalinen ($\text{pH} < 11$) lattiatasoite ja sen päälle uusi lattiapinnoite (lattiapinnoitevalmistajan asennusohjeiden mukaisesti).



KUVIO 13. Lattiakapselointi

KUVIO 14. Lattia- ja seinäliittymien tiivistys

Kapseloinnin vahvuutena on sen edullisuus ja nopeus, lisäksi toimenpide ei vaadi erillishankintoja vaan sama urakoitsija voi hoitaa kaikki työvaiheet. Betonirakenteen kapselointimenetelmällä (soveltuvalla epoksihartsikäsittelyllä), saadaan luotettavasti suljettua haitalliset yhdisteet rakenteeseen. Kapseloinnin onnistumisesta on olemassa runsaasti referenssikohteita, joista on hyvät kokemukset eikä tietoon ole tullut suurempia reklamaatioita. Kapselointien jälkimittauksilla on saatu todettua, että päästöt on saatu kapseloitua rakenteeseen (päästöt häviävät), samalla kapselointi toimii myös kosteussulkuna. Kapselointi on korjaustoimenpiteenä suhteellisen uusi ja kapselointituotteiden pitkäikäisyydestä (elinkaaresta) ei ole vielä varmuutta.

Kapselointikorjauksiin liittyen Vahanen yhtiöiden toimesta on laadittu Uzin PE460 haitta-aineiden läpäisevyytutkimus (tutkimusraportti 21.09.2009), jossa tutkittiin mainitun epoksinnoitteen haitta-aineiden läpäisevyyttä rakenteessa. Haitta-aineena tutkittiin PAH-yhdisteitä sisältävää murskattua valuasfalttia, jonka pääyhdisteenä oli naftaleeni (mm. helpommin höyrystyvien Mvoc-yhdisteiden läpikulkeutu-

minen on huomattavasti vähäisempää). Tutkimuksissa todettiin, että Uzin PE460:ä voidaan käyttää rakenteiden sisältämien haitta-aineiden hallinnassa (sekä kuivalla että kostealla alustalla) ja että se sulkee hyvin koko Voc-kehumispistealueen yhdisteit^ä ja voidaan siten käyttää myös betonirakenteisiin imeytyneiden pinnoitteiden hajoamistuotteiden hallintaan (kapselointiin).

Voc-vaurioiden korjaaminen

Tehtyjen tutkimusten ja toteutettujen korjausten lopputulosten perusteella (jälkiseuranta) sekä tämän hetkisen tietämyksen mukaan Voc-vaurioituneiden betonilattioiden luotettavimmaksi korjaustavaksi on osoittautunut aiemmin käsiteltyjen korjaustapojen kombinaationa; Lattioiden hionta (ja irtonaisten tasoitekerrosten poistaminen), tarvittaessa pintojen desinfiointi (12 %:nen vetyperoksidi) ja tilojen tuulettaminen sekä betonilaatan kapselointi epoksihartsilla (edellytyksenä että betonilaatan alapuoliset rakenteet ovat muutoin kunnossa).

Pinnoitevauriot ovat vähennettävissä, kun kuivatetaan rakenne riittävästi ennen pinnoitustöiden aloittamista. Vaadittavan kuivattamisasteen (kriittinen kosteus arvon) määrää pinnoitemateriaalin kosteudensietokyky ja sen vesihöyrynläpäisevyys. Kriittisen kosteuden arvo on varmistettava aina rakenteen riittäväillä suhteellisen kosteuden mittauksilla. Rakenteille voidaan soveltaa yleisesti Rh 85...90 %:n arvoa (epätarkemmilla mittauksilla kosteusarvojen oltava alempia), kunhan huolehditaan siitä että betonialustan pintaosat ovat hyvin kuivuneet. Muovimatoilla päällystetyissä rakenteissa 85 %:n kosteusraja-arvoa voidaan pitää perusteltuna. Rakenteiden kosteuspiitoisuus on tärkeätä mitata yleisestä määräytyssyvydestä ja myös rakenteiden pintaosista. Rakenteen pintaosissa (syvyydellä 0,4xA) ja aivan pinnassa (viimeisimmän tasoituskerran jälkeen) suhteellisen kosteuden tulisi olla alle Rh 75 %. Näin kosteuden arvoille saadaan riittävä varmuusmarginaali, muutoin pinnoitettavuus on varmistettava tapauskohtaisesti tarkemman fysikaalisen tarkastelun perusteella (esim. hyvin vesihöyryä läpäisevä pinnoite). Käyttämällä matala-alkalisia tasoitteita (pH<11) voidaan emissioiden määrää pienentää. Pinnoiteasennusten yhteydessä tulee huomioitava myös tasoitteiden ja liiman rakenteeseen mukanaan tuoma lisäkosteus, joka voi nostaa kosteuden kriittiseksi hetkellisesti (pinnassa Rh <75 %).

4.4.4 Korjaustoimenpiteet (vaihe 4)

Korjaustyöt toteutetaan (urakointi) tutkimusten pohjalta laadittujen erillisten korjaussuunnitelmien mukaisesti ja niiden edellyttämässä laajuuksissa. Suunnitelmista poikkeamista sovitaan aina erikseen suunnittelijan kanssa. Ratu-kortissa 82-0383 on menetelmäkuvaus kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutöistä. Ko. menetelmä on sovellettavissa myös Voc-vaurioituneiden lattioiden korjaushankkeisiin. Mikäli rakenteissa on asbestia sisältäviä rakennusmateriaaleja, on purkutyöt tehtävä niiltä osin asbestipurkutyönä. Asbestitöissä on otettava huomioon valtioneuvoston päätös asbestityöstä. Asbestia sisältävien rakenteiden purkutöistä on menetelmäkuvaus Ratu-kortissa 82-0347 (ja kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purkutöistä Ratu-kortissa 82-0381).

Korjausten olennaisena osana (ylläpitävinä toimenpiteinä) on työturvallisuustoimet, työaikainen siivous ja pölyntorjunta. Työmaasta laaditaan aluesuunnitelma, jossa on esitetty korjaushankkeeseen ja työmaajärjestelyihin liittyvät oleelliset seikat, kuten kulkureitit, työmaa-alueet, varastoalueet jne. Korjaustöiden käytännön järjestelyistä, kuten aikatauluista, tilojen käytöstä sekä työajoista sovitaan rakennuttajan ja käyttäjien edustajien kanssa ennen töiden aloittamista. Korjaustöiden suhteen tulee huomioida, että osastoidun korjausalueen ulkopuoliset alueet ovat korjaustöiden ajan usein normaalissa käytössä.

Osastoinnit, alipaineistukset ja suojaukset

Ennen purku- ja korjaustöiden aloittamista tehdään tarvittavat osastoinnit, alipaineistukset ja suojaukset. Korjausalueet eristetään kokonaisuudessaan sitä ympäröivistä muista tiloista ilmastollisesti omaksi työalueekseen. Osastoinneissa pyritään käyttämään hyväksi rakennuksen huonejakoa tai osasto tehdään tilapäisillä seinärakenteilla, esim. muovieristetty suojaseinä (esim. 25x50 rimoitus ja rakennusmuovi 0,2 mm, saumoissa ja liittymissä huolellinen teippaus). Suojaseinien suhteen tulee huomioida, että kohteen hätäpoistumistiet pysyvät käyttökunnossa koko korjaustöiden ajan. Työmaa-aikainen kulku korjausalueelle järjestetään hallitusti erillisen sulkuteltan kautta. Purkualue merkitään selvästi ja estetään ulkopuolisten pääsy varsinaiselle työalueelle.

Osastoitu korjausalue alipaineistetaan. Osastoon syntyy alipaine, kun osastosta poistetaan jatkuvasti ilmaa mikro- tai hienosuodattimella varustetulla, tehokkailla alipaineistajilla tai ilmanpuhdistimilla. Alipaineistuksella estetään purkutyössä syntyvän pölyn leviäminen osaston ulkopuolelle, korvausilman virtaus on aina puhtaasta tilasta likaiseen tilaan päin. Alipaineistus mitoitetaan niin, että osaston ilma vaihtuu 6...10 kertaa tunnissa. Alipaineistus tarkastetaan tarvittaessa merkkisavulla. Alipaineistuksen poistoilma puhdistetaan alipaineistuslaitteisiin liitettävillä karkea- ja mikro- tai hienosuodattimilla. Poistoilma johdetaan aina suoraan ulkoilmaan. Korjausalueella olevat kaikki säilytettävät pinnat sekä varsinaisen korjausalueen ulkopuoliset kulureitit suojataan vaurioitumiselta ja likaantumiselta. Korjausalueella olevat kaikki ilmanvaihtoventtiilit suljetaan koko korjaushankkeen ajaksi.

Purkutyö

Toteutettavista purkutöistä laaditaan tarvittaessa erillinen purkusuunnitelma (korjaussuunnittelun pohjalta), jossa esitetään mm. toteutettavat purku- ja siivoustyöt, jätteiden siirrot, pölyntorjunta sekä ympäristön ja työntekijöiden suojaus. Suunnitelmassa kiinnitetään erityistä huomiota työntekijöiden turvallisuuden lisäksi myös työn vaikutuspiirissä olevien henkilöiden turvallisuuteen.

Purkutoimenpiteenä korjattavien tilojen vanhat muovimattopinnoitteet poistetaan rintataitenostoineen. Rakenteesta poistetaan kaikki pehmeät ja alustassaan heikosti kiinni olevat tasoitekerrokset vaurioitumattomaan betoniin saakka. Lattiapinnoitteen liimajäämät ja tasoitteiden pintakerrokset hiotaan pois. Tasoitteita ei välttämättä tarvitse jyrsiä pois kapselointikäsitteilyn yhteydessä (tosin suositeltavaa, jos tasoitekerroksissa voimakkaita kontaminaatioita). Purkutöiden sekä lattiahiontojen (ja tarvittaessa jyrshintöjen) jälkeen pinnat imuroidaan huolellisesti.

Aiheutuvat epäsiisteydet ja syntyvä pöly poistetaan välittömästi (imurointi), purkukohteessa syntyvä purkujäte pussitetaan välittömästi jätessäkkeihin ja huolehditaan jätteiden asianmukaisesta siirrosta. Osaston sisällä pölyn poistoa tehostetaan mahdollisuuksien mukaan kohdepoistolla varustetuilla työvälineillä. Kohdepoistoimurien ja alipaineistuslaitteistojen imuysiköt sijoitetaan ensisijaisesti osaston ulkopuolelle (laitteistojen ilmankierto ei lisää työtilan pölyä ja vältetään laitteiston tarpeeton li-

kaantuminen). Kohdepoistolaitteistona käytetään mikro- tai hienosuodattimella varustettuja tehokkaita pölyimureita ja poistettavan materiaalin mukaisia imusuulakeita ja – letkuja. Kohdepoistolaitteisto liitetään suoraan työkoneisiin. Purkutöissä käytetään henkilökohtaisia suojaimia, joissa on oltava CE-hyväksyntä. Hengityssuojaimina käytetään P2, P3 tai P3/A2-luokan suodattimella varustettua moottoroitua koko- tai puolinaamaria.

Purkutöiden jälkeen (ja tarvittaessa niiden aikana) tehdään rakenteiden erilliskatselmus, jossa tarkastetaan vanhat säilytettävät rakenteet ja niiden kunto sekä laadittujen suunnitelmien soveltuvuus ja toteutettavuus. Purkualueita rajoittavien säilytettävien liittymärakenteiden (hiottujen tasoite- ja betonipintojen) pintakerrosten emissioita voidaan pienentää hapettamalla rakenteen pintakerrokset esim. 12 %:lla vetyperoksidilla (käsittely kahteen kertaan) ja/tai tuulettamalla korjattavia tiloja (esim. kahden viikon ajan).

Korjaustyöt

Korjaustoimenpiteiden alkuvaiheessa lattia- ja seinärakenteiden liittymät täytetään tarvittaessa (isommat asennusraot) elastisella M1-luokitellulla liimatiivistysmassalla. Lattiat kapseloidaan esim. Betton Oy:n Uzin-tuotteilla. Diffuusiosuojattu höyrynsulukupohjustin levitetään kahteen kertaan; UZIN PE 460 New. Pohjustimella tehdään myös seinille nostot n.50 mm. Seinien ja lattioiden liittymäkohdat tiivistetään kauttaaltaan (ulko- ja väliseinäliittymät) UZIN BST 75 butyylikumisaumanauhalla, joka liimataan pohjustimen ensimmäisen levityskerroksen päälle. Lattiatasoitukset tehdään lattiatasoitteella UZIN NC 170 LevelStar. Kapselointi- ja tasoiteasennukset toteutetaan valmistajan asennus- ja käsittelyohjeita noudattaen. Tasoitettujen ja tarvittaessa kuivattujen tasoitepintojen (pinnoitevalmius varmistetaan vähintään pintakosteusmittarilla) päälle asennetaan uusi lattiapinnoite; Muovimatto esim. Upofloor Oy:n Estrad 2,0 mm, joka nostetaan seinäpinnoille rintataitteen n.100 mm (korkeuden peitettävä kapselointien rintataitteen sekä vanhojen rintataitteenostojen purkujäljet). Mattosaumat ja seinillennostot tiivistetään muovisella hitsauslangalla. Lattiapinnoiteasennuksissa noudatetaan valmistajan asennusohjeita. Betonialustan suhteellinen kosteus arviointisyvyydellä A on oltava maksimissaan RH 85 % ja betoni- sekä tasoitekerrosten pinnassa ja 10...30 mm syvyydellä maksimissaan Rh 75 %.

4.4.5 Projektin seuranta ja mittarit (vaihe 5)

Kuten aiemmin mainittiin, on projektilla (sisäilmakorjauksilla) oltava selkeä päätepite ja toimenpiteillä selkeä tavoite. Sisäilmakorjausten tavoitteena on yksiselitteisesti sisäilmasto-ongelmien poistaminen (terveelliset ja turvalliset tilat). Vaikeimmissa tapauksissa on kuitenkin yleistä etteivät pahimmin altistuneet käyttäjät pysty olemaan rakennuksessa korjausten jälkeenkään (vaikka teknisesti ratkaistuna ongelmat olisin poistettu). Sisäilmasto-ongelmissa vaikein kysymys on usein rakennuksen turvallisuuden ja terveellisyyden toteaminen. Seurannan tarkoituksena on varmistaa korjaustoimenpiteiden onnistuminen. Seuranta tehdään tavallisesti omana toimenpiteenä, mutta se voidaan kytkeä myös esim. korjausten takuutarkastuksiin. Korjattu sisäilmaongelma vaatii aina seuranta. Seurannalla kontrolloidaan mm. että oliko arvio sisäilman syystä oikea ja korjattiinko kaikki vauriot ja haitan aiheuttajat eli oliko korjaukset riittävät, toistuuko vaurio ja hävisikö koetut terveyshaitat. Projektisuunnitelmassa tai viimeistään projektin loppuraportissa määritetään toimenpiteet jälkivalvonnasta / -seurannasta. Seurannassa korjaustoimenpiteiden onnistumisen ja korjausten vaikutusten seuraamiselle on sovittava konkreettiset mitattavat tavoitteet. Seuranta toteutetaan tavallisesti kolmesta näkökulmasta; seurataan käyttäjien terveydentilaa ja kokemuksia tiloista, arvioidaan tehdyt korjaukset ja arvioidaan kiinteistön huollon ja ylläpidon laatu. Seurantamenetelmät olisi suositeltavaa olla samat kuin ennen korjauksia (ja mieluiten samaan vuodenaikaan), jolloin niiden vertailtavuus olisi keskenään yhdenvertaista. Mikäli seurannassa havaitaan, että haitat eivät hävinneet korjaustoimenpiteiden myötä, tehdään uudelleen arviointi. Voihan olla, että on tutkittu väriä asioita tai kaikkia sisäilmaongelmien aiheuttajia ei ole osattu ottaa huomioon (Seuri ym., 2000.)

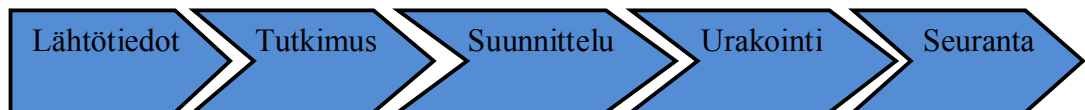
Kyselytutkimus on vanha ja luonnollinen tapa kerätä ihmisiltä tietoa erilaisia tarpeita varten. Kyselytutkimuksella hankitaan arvio ongelmatilojen käyttäjiltä ennen ja jälkeen toteutettujen korjaustoimenpiteiden. Terveystilaa ja siinä tapahtuvia muutoksia seurataan käyttäjäkyselyin, haastatteluin ja terveystarkastuksin, oireseurannalla varmistetaan korjaustoimenpiteiden onnistuminen. Sisäilmastokyselyn tuloksia voidaan hyödyntää parhaiten jos kysely on tehty samansisältöisenä myös ennen korjaustoimenpiteitä tutkimusten yhteydessä. Kyselytutkimuksessa on huomioitava, että

selvät kysymykset tuottavat päteviä tuloksia ja tarkat kyselyt eivät sisällä tulkinnanmahdollisuuksia. Lyhyet kysymykset ovat tavallisesti pitkiä soveltuvampia ja yhdessä kysymyksessä kysytään vain yhtä asiaa. Kyselyssä on huomioitava kyselyn ja vastaamisen vaivattomuus, esim. verkkokysely sähköpostitse pienentää tavallisesti vastauksien kynnystä. Usein onnistumista tulee arvioida korjausprosessin onnistumisen avulla. Prosessin onnistumista tulisi seurata ja dokumentoida koko korjausprosessin ajan ja panostaa erityisesti valvontaan. Lisäksi esim. sisäilmaryhmä voi tehdä työmaakäyntejä. Sisäilmaolosuhteita voidaan seurata katselmoimalla tilat säännöllisesti myös korjausten jälkeen. Seuranta voidaan toteuttaa myös arvioimalla korjausten suunnittelu ja toteutusvaiheet, korjaustöiden jälkeinen siivous ja tuuletus sekä käytettyjen työ- ja suojausmenetelmien toteutus. Seuranta voidaan toteuttaa rakennusteknisesti, jossa varmistetaan, että rakennus toimii korjausten jälkeen suunnitellusti (Seuri ym., 2000.)

Sisäilman laatu on monen tekijän summa ja eri sisäilmatekijöillä on erilainen vaikutus tilojen käyttäjien terveyteen. Sisäilmakorjauksissa poistetaan sisäilmahaittaa aiheuttavat tekijät sekä haitan aiheuttajat, mutta esim. sisäilman mikrobimittauksiin liittyvien epävarmuuksien takia tätä ei sisäilmamittauksilla pystytä useinkaan aukottomasti osoittamaan. Työhygieenisessä seurannassa korjaustöiden jälkeen tarkennetaan mittauksin, että asiat tulivat kuntoon. Korjausten onnistumisen arviointiin ja seurantaan käytettävien mittausten tarve tulee aina arvioida erikseen. Mikäli sisäilmamittauksia tehdään, suositellaan niitä tehtävän aikaisintaan 3-6 kk korjausten jälkeisten siivousten jälkeen. Toimenpiteiden onnistuminen voidaan varmistaa kontrollinäytteillä sisäilmasta (tarvittaessa suunnattuna lattiarakenteesta). Toteutettavat seurantatoimenpiteet on toteutettava suunnitellusti ja niitä on valvottava ja ohjattava. Seurannan sisältö riippuu sisähaitasta ja toteutettavista korjaustoimenpiteistä, seurannasta on päätettävä aina kohdekohtaisesti (Seuri ym., 2000.)

4.5 Projektin aikataulu

Projektinhallinnan kannalta on erityisen tärkeää luotettava (realistinen) aikataulutus, jossa on kuvattu projektin osa- ja kokonaisaikataulut sekä mahdolliset vaiheistukset. Laadittua aikataulutusta seurataan jatkuvasti tilanneviivalla, jolla ilmaistaan tehtävien edistyminen. Aikataulutusta päivitetään projektin aikana tarvittaessa. Aikataulus- sa huomioidaan resurssien käytettävyys (ajallinen tarve), saavutetut etapit ja katsel- mukset sekä ilmaantuneet muutokset. Sisäilmasto-ongelmiin liittyvissä projekteissa aikataulutus ja hankkeen työsuunnitelmien aikajänne olisi hyvä kytkeä seurantara- portointiin siten, että edellisen jakson raportointi toimii pohjana seuraavan jakson työsuunnittelulle (kuvio 15). Ajallisesti arvioituna selvitys- ja tutkimustöihin (lähtötie- dot ja tutkimus) kuluu aikaa tyypillisesti 1...6 kk (kenttätutkimukset, mahdolliset täy- dentävät tutkimukset, näyteanalyysit ja varsinainen tutkimuslausunto) ongelmien laajuudesta riippuen. Vastaavasti suunnittelulle tulisi varata aikaa 1...2 kk ja urakoin- nille tapauksesta ja korjauslaajuuksista riippuen 1...6 kk. Sisäilmasto-ongelmiin liitty- vien korjaushankkeiden aikataulut vaihtelevatkin suuresti, aina muutamasta kuukau- desta jopa vuoteen.



KUVIO 15. Periaatteellinen kaavio aikataulutuksesta

Projektin kannalta on oleellista, että projektin läpiviennille suodaan riittävästi aikaa (realistinen aikataulutus). Aikataulutus vaikuttaa luonnollisesti tilojen käytettävyy- teen sekä korvaavien evakkotilojen ajalliseen tarpeeseen ja on siten merkittävä ta- loudellinen kysymys. Aikataulu koostuu tehtäväluettelon mukaisesti tehtävien työ- määrästä ja kestosta, tehtävien suoritusjärjestyksestä ja niiden riippuvuussuhteista sekä resurssien arvioinnista (muut kohteet). Laadittu aikataulu esitetään, se hyväksy- tään ja siihen sitoudutaan. Aikatauluarvion laatimisen ja siinä pysymisen ongelmana on korjauskohteissa usein projektisisällön laajeneminen. Aikataulutuksen yhteydessä esitetään tehtäväkohtainen erittely suunnitelluista työmääristä (resurssien mitoitus ja ajoitus), jonka seurauksena saadaan usein haluttu kustannusarvio. Kustannukset

koostuvat välittömistä rakennuttamis-, työ-, materiaali- ja alihankintakustannuksista sekä välillisistä kustannuksista kuten evakotilat ja korjausten muut kustannukset. Välilliset kustannukset nousevat usein varsinaisia korjauskustannuksia suuremmiksi. Kustannusten arviointi edellyttää vaurion aiheuttamissyyn ja laajuuden tuntemusta sekä näiden perusteella laadittua korjaussuunnitelmaa.

4.6 Projektin laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen tarkoituksena on määrittää kullekin tulostavoitteelle ja lopputulokselle kriteerit ja mittaimet, joiden avulla asetettujen tavoitteiden voidaan projektin aikana ja sen päättyessä osoittaa täyttyneen. Laadunvarmistuksen perusvaatimuksena on säännöllinen seuranta ja säännölliset kokoukset. Aina työkokonaisuuden alkaessa (tutkimus, suunnittelu ja toteutus) pidetään aloituspalaveri, jossa käydään läpi lähtötilanne; tutkimusten osalta selvityksen kohteena olevat sisäilmasto-ongelmat, suunnittelun osalta tehdyt tutkimukset ja urakoinnin osalta laaditut korjaussuunnitelmat. Aloituspalaverissa sovitaan tarvittavat tarkastukset sekä työn aikana tehtävät laadunvarmistustoimenpiteet. Korjaustyön aikana rakennuttajan asettama valvoja tarkastaa korjaustöiden osalta ainakin seuraavat työvaiheet:

- Osastoinnit, suojaukset ja alipaineistukset (tarkastus korjausalueittain)
- Purkutöiden laajuus ja säilytettävien rakenteiden desinfioinnit
- Alustojen kapselointikäsitteilyt ja rakenteiden tiivistykset
- Alusrakenteiden pinnoitettavuus (rakenne- ja pintakosteudet)
- Lopputarkastus

Lisäksi tarkastetaan muita työvaiheita tarpeen mukaan ja kaikista tarkastuksista laaditaan aina asianmukainen muistio (tarkastuspöytäkirja). Urakoitsijan on ilmoitettava tulevista työvaihekatselmuksista tilaajalle (valvojalle) vähintään kaksi vuorokautta ennen ko. tarkastusta. Työvaiheita ei saa peittää ennen kuin valvoja on hyväksynyt ne. On muistettava, että rakennuttajan laadunvalvonta ei vähennä urakoitsijan vastuuta ja velvollisuutta omaan laadunvalvontaan. Urakoitsija on velvollinen pitämään jäljentävää työmaapäiväkirjaa, johon kirjataan mm. kaikki työn laatuun ja laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet.

4.7 Projektin riskiarviot

Jotta projektista saadaan luotua ns. oppiva prosessi, on projektin toteutusta tarkasteltava jatkuvasti kriittisesti ja toteutettavaa toimintamallia on kehitettävä seuran mukana saatavan palautteen pohjalta. Projektiin kuuluu osanaan myös virheiden tekeminen, joka ei ole aina pelkästään negatiivinen asia. Ilman kokeiluja ja niihin liittyviä erehdyksiä ei löydetä aina toimivia ratkaisuja. On usein todettukin, että riskitöntä on vain rutiinien toistaminen. Riskiarvioinnin tarkoituksena on selvittää ongelma ja sen ratkaisu. Sisäilmaratkaisun valintaan vaikuttaa usein taloudellisuus, joka tulisi huomioida vasta korjausvaihtoehtoja valittaessa, ei riskiarvioinnissa. Projektisuunnitelman riskiarviossa arvioidaan projektiin liittyvät riskit ja kuvataan menettely niiden hallitsemiseksi (riskinhallinta). Riskien kokonaisarvioinnissa huomioidaan kaikki mahdolliset riskit ja niihin liittyvät mahdolliset tulevat haitat. Riskinhallinnan tarkoituksena on palvella päätöksentekoa ja nopeuttaa sopivimman vaihtoehdon valintaa (monenlaisia kohteita ja niiden päätöksenteossa monenlaisia ryhmiä).

Riskiarvioinnissa on keskeisessä osassa asiantuntijoiden osuus, mutta toiminnassa on huomioitava myös käyttäjien osuus, mm. tilojen tuleva käyttö ja uusien sisäilmahaittojen todennäköisyys. Oleellista on myös se, että kohteesta on tehty riittävästi selvityksiä ja että kaikki sisäilman haittatekijät on saatu selvitettyä ja havaituille terveyshaitoille on saatu riittävä selvitys. Usein haittatekijöitä on useita ja valitettavan usein osa haittatekijöistä jää siten huomioimatta ja korjaamatta. Tällöin sisäilmakorjaukset eivät paranna rakennusta ja sen sisäilmaolosuhteita vaan siellä esiintyy korjausten jälkeenkin ongelmia. Virheellisten tai puutteellisten korjausten taustalla on usein tutkimusten puutteellisuus tai tutkimusten suorittajien asiantuntemuksen puute. Kosteusmittaukset tai muut mittaukset ja näytteenotto voidaan suorittaa väärin tai niiden tuloksia tulkitaan virheellisesti. Erityisesti johtopäätösten tekemisessä tarvitaan monipuolista osaamista ja kokemusta, jotta hallitaan ongelmien syinä usein olevat monien tekijöiden vaikutus. Toimenpide-ehdotuksissa esitetään usein myös niin alikuin ylikorjaukseen johtavia toimenpiteitä. Ensiarvoisen tärkeää on siis korjausten onnistumisen kannalta varmistua kuntotutkijoiden ja korjaussuunnittelijoiden kuten myös korjausurakoitsijoiden ammattitaidosta. Lisäksi korjaustoimenpide tulee valvoa huolella ja varmistaa että korjaukset eivät vaurioita rakennusta lisää (Seuri, 2000.)

4.8 Projektin päättäminen

Projektille on ominaista sen elinkaariluonne, jolla on selvä mitattava alku ja loppu. Projektin ymmärretään tavallisesti päättyvän siihen, kun korjaustyöt on tehty ja työt on hyväksytysti vastaanotettu. Projektin päättyessä projektista laaditaan loppureportti ja arkistoidaan aineisto. Tilapalvelulla on oma ohje sähköisten dokumenttien tuottamisesta ja luovutusdokumenteista. Luovutusohje koskee kaikkia Tilapalvelun rakennushankkeita (uudisrakennus, peruskorjaus ja pientyöt). Kaikki dokumentit luovutetaan sähköisessä muodossa cd:lle tallennettuna sekä paperikopiona. Pientöiden osalta, mikäli kohde on avattu ns. Buildercomin ProjectInfoon, tallennetaan loppuluovutusaineisto pientöiden tallennusohjeen mukaisesti ProjectInfoon. Mikäli hankkeessa on mukana rakennuttajakonsultti, toimitetaan dokumentit keskitetysti konsultille.

4.9 Projektin tiedottaminen ja viestintä

Sisäilmasto-ongelmiin liittyvissä asioissa on oleellista, että tilojen käyttäjät saavat tarvitsemansa tiedon prosessin etenemisestä säännöllisesti sen kaikissa vaiheissa. Myös projektiin osallistuvien tahojen välinen tiedonjako on elintärkeää. Tiedonjako on tapahduttava kaikille samansisältöisenä. Tutkimuksista ja niiden tuloksista sekä suunnitelluista jatkotoimenpiteistä on tiedotettava koulu- ja päiväkotien osalta tarvittaessa myös lasten vanhemmille. Vanhempainilloissa on oltava mukana tarvittavat osapuolet (lisäksi kirjallinen tiedote). Tiedottamisen on oltava suunnitelmallista (viestintäsuunnitelma osaksi toimintasuunnitelmaa) ja siitä on selvittävä miten tieto siirretään käyttäjiltä sisäilmaryhmälle, mitkä asiat, millä tavalla ja missä vaiheessa tiedotetaan käyttäjille, miten varmistetaan eri osapuolten välinen tiedonsiirto ja miten huomioida ulkopuolinen tiedonvälitys (oppilasvanhemmat, tiedotusvälineet). Tiedottamisen (ja viestinnän) suunnittelussa on hyvä pitää mielessä ”WHO, Outbreak communication 2005” periaatteet; Rakenna ja ylläpidä luottamusta, tiedota ajoissa, vaali toiminnan läpinäkyvyyttä, kunnioita ihmisten huolestuneisuutta ja suunnittele viestintä etukäteen. (Työterveyslaitos, Sisäilmaongelmien ratkaisun toimintamalli, toimintakortti 17, 2009.)

Tiedottamisessa on usein kyse paitsi varsinaisen sanoman välittämisestä (tiedon jakamisesta) niin myös merkitysten tuottamisesta, yhteisen ymmärryksen rakentamisesta sekä vastavuoroista näkemysten vaihtamisesta. Tällöin nousee avainasemaan keskustelu eri osapuolten kesken, mm. tutkimuksissa olisi syytä kuulla myös käyttäjiä, kyse ei ole enää vain tiedottamisesta vaan yhteistyöstä (myös asianomaisilla on omat intressinsä asian ratkaisemiseksi), jossa kaikki osapuolet saavat äänensä kuuluviin ja tulevat kuulluksi (osallistava viestintäprosessi). Tiedotus on aloitettava jo hankkeen alkuvaiheessa; mitä tehdään, milloin tehdään, miksi tehdään ja mitkä ovat mahdolliset haitat. Muutoin syntyy helposti puheita ja epäilyjä korjausten ja tutkimusten riittävyydestä, epävarmuutta, huolta ja jopa lisäoireita sekä tarpeetonta sairastelua. Pahimmassa tapauksessa epäonnistuneella ja huonolla tiedottamisella voidaan pilata paljon, haitta ei välttämättä poistu vaikka teknisesti ratkaistuna näin olisikin ja varsinaiset sisäilmaongelmat on poistettu. Asiantuntijan on pystyttävä kuulemaan avoimesti käyttäjiä ja heidän oletuksiaan ja epäilyksiään, eikä saa olla sitoutunut ennalta mihinkään ratkaisuun tai osapuoleen sekä omattava riittävä tieto-taito ja osaaminen. Tiedottaminen hankkeen aikana toteutetaan tapauskohtaisesti ja suunnitellusti. Tiedottaminen on parhaimmillaan proaktiivista, jolloin tietoa jaetaan ennen kysymyksiä tai jopa ennen kuin kysymykset ovat muotoutuneet. Proaktiivisessa tiedottamisessa tiedottaja voi vaikuttaa itse siihen, miten tieto tuodaan esiin (päättää tiedottamisen sävyn). Vastaavasti reaktiivisessa tiedottamisessa toimitaan vain paineiden ja kysymysten seurauksena, jolloin tiedottaminen on pahimmillaan toivotonta huhujen kaatamista ja luonteeltaan puolustautumista (kerran tietoa pantannutta epäillään jatkossakin). Hyvään tiedottamiseen liittyy proaktiivisuuden lisäksi avoimuus ja totuudenmukaisuus ilman sensuuria ja salailua (Seuri Markku ym., 2000.)

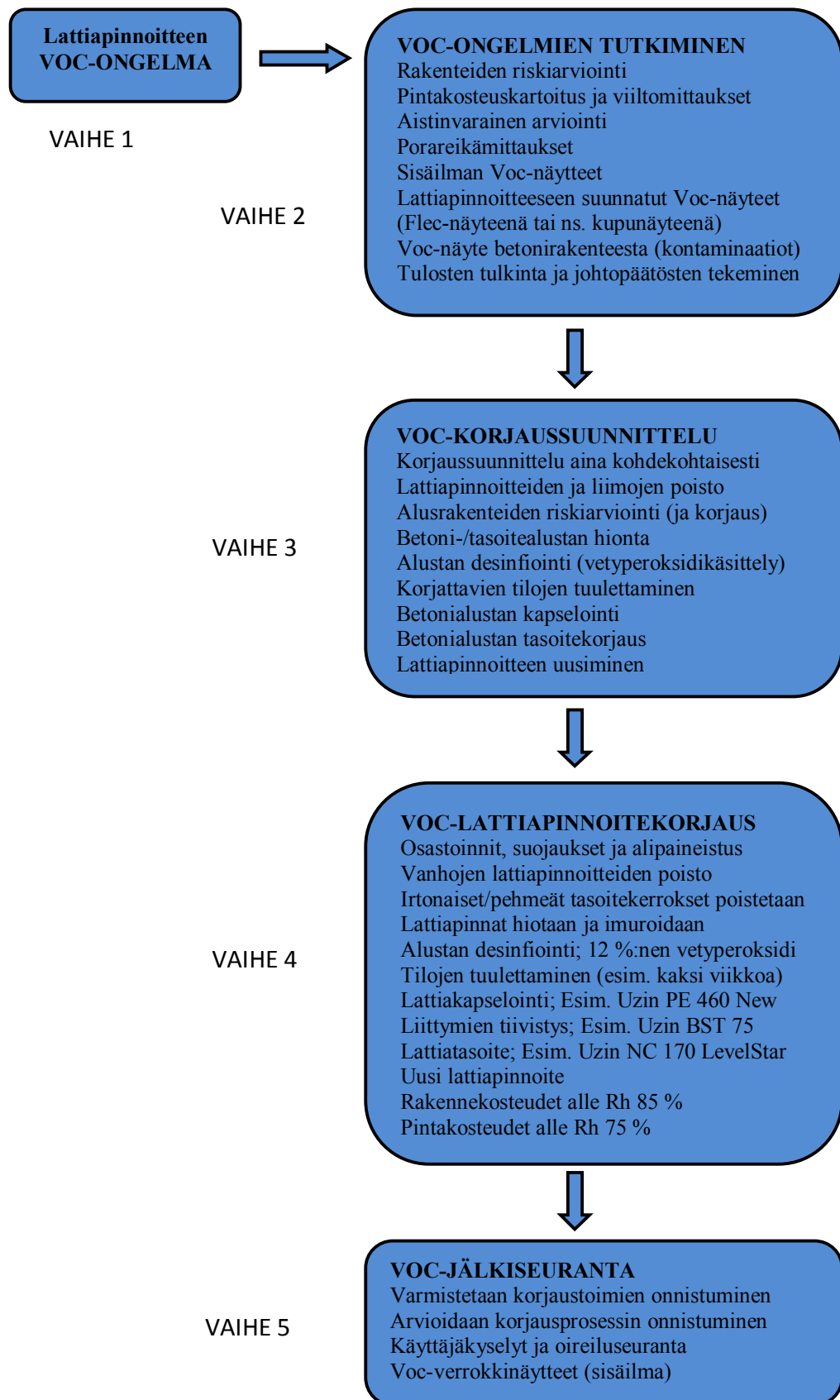
Tilapalvelun menettelyohjeen mukaan Tilapalvelun edustaja tiedottaa työpaikalla sisäilmasto-ongelman selvitystyön käynnistymisestä ja etenemisestä kohteen esimiehelle (sekä sisäilmastoryhmälle) ja osallistuu tarvittaessa henkilökunnan tiedotustilaisuuteen (esimies tiedottaa työpaikalla Tilapalvelulta saamansa tiedon mukaisesti). Suunnitelmallinen viestintä sisäilmasto-ongelmaan selvittämiseen osallistuvien tahojen kesken on tärkeää ja se tukee ongelman ratkaisua. Projektiaikainen viestintä tulee olla säännöllistä ja sen tulee olla mukana kaikissa osaprojektivaiheissa; Sisäilma-ongelman havainto (haittailmoitus), suunnittelu ja esiselvitykset,

sisäilmatutkimukset, korjaussuunnittelu, urakointi ja toimenpiteet sekä seuranta. On muistettava, että tiedottaminen on sisäilmasto-ongelmien ratkaisemisessa avainasemassa. Riskien kokemiseen liittyy myös tiedotus. Tieto, joka saadaan muutoinkin luotettavana pidetystä lähteestä, koetaan luotettavana. Samaten epäluotettavana lähteenä pidetyn tahon tietoon suhtaudutaan epäluottamuksella. Riskit, jotka yleisön käsityksissä liittyvät joihinkin toisiin, vaarallisina pidettyihin asioihin, koetaan myös itse vaarallisina. Täten kosteus- ja homevauriorakennukset, jotka yleisön mielissä saattavat liittyä joihinkin julkisuudessa olleisiin hankaliin tapauksiin, koetaan itsekin hankalina, vaikka eivät sitä itse asiassa olisi. Hyvällä riskiviestinnällä ei voida korvata riskin heikkoa arviointia tai tehotonta hallintaa. Kyse ei ole propagandasta. Sen sijaan heikolla viestinnällä voidaan tuhota hyvinkin riskiarviointi ja – hallinta. (Seuri Markku ym., 2000.)

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tuloksena valmistui toimintaohjeen kaltainen materiaali palvelemaan ja tukemaan Voc-vaurioituneiden betonilattioiden parissa työskenteleviä henkilöitä. Toimintaohjeen (kuvio 16) tarkoituksena on toimia ohjeena ja mallina erilaisten Voc-vauriohankkeiden läpiviennissä. Toimintaohje antaa mallin Voc-vaurioiden tutkimiselle, korjaussuunnittelulle sekä varsinaiselle korjaukselle, lisäksi se toimii samalla muistilistana ja ohjeena varsinaisen korjaushankkeen aikana. On muistettava että ohjeistus on laadittu tämänhetkisen tiedon pohjalta ja mallia on hyvä päivittää ja täydentää, jos ja kun siinä havaitaan puutteita ja muutostarpeita.

Tutkimus- ja korjaustoimien osalta on tärkeä huomioida, että jokainen rakennus on yksilö ja siten tutkittava ja korjattava aina omana kokonaisuutenaan. Työssä annetut toimintaohjeet ovat siten yleispäteviä ja varsin usein käytettyjä korjausmenetelmiä.



KUVIO 16. Periaatteellinen toimintaohjearvio Voc-vauriokorjaushankkeesta

Tämän hetkisen tietämyksen mukaan varsinaisten Voc-näytteiden osalta on suositeltavaa ottaa ensin näyte sisäilmasta ja sitten lattiapinnoitteeseen suunnattuna (saadaan todettua ilmanvaihdon merkitys). Lattiapinnoitteeseen suunnatut näytteet suositellaan otettavan kohteessa ehjän lattiapinnoitteen päältä sekä ensisijaisesti Flec-menetelmällä tai vaihtoehtoisesti ns. kupunäytteenä. Flec-menetelmän käyttöä rajoittaa käytännössä lähinnä mittalaitteiston vaikea saatavuus ja menetelmän kalleus. Korjaussuunnittelun ja korjaustoimien osalta todettakoon, että parhaaksi korjausmenetelmäksi on käytännössä osoittautunut betonilaatan kapselointimenetelmä, jossa betonilaatassa olevat Voc-kontaminaatiot suljetaan epoksihartsilla rakenteeseen. Korjausten yhteydessä tehtävät desinfioinnit (12 %:nen vetyperoksidi) ja tuuletukset vähentävät myös osaltaan säilytettävien rakenteiden päästöjä.

Laaditussa toimintaohjeessa päädyttiin korjausmenetelmään, jossa kontaminoidut betoni (ja tasoitekerrokset) kapseloidaan. Kapseloinnin vahvuutena on sen edullisuus ja nopeus, lisäksi betonirakenteen kapselointimenetelmällä saadaan luotettavasti suljettua haitalliset yhdisteet rakenteeseen (mm. Vahanen yhtiöiden haitta-aineläpäisevyytutkimus). Kapseloinnin onnistumisesta on olemassa runsaasti referenssikohteita, joista on hyvät kokemukset eikä tietoon ole tullut suurempia reklamaatioita. Kapselointien jälkimittauksilla on saatu todettua, että päästöt on saatu kapseloitua rakenteeseen. Vertailupohjaksi todettakoon, että itsekin olen ollut mukana muutamissa kohteissa (mm. kouluja ja terveysasemia), joissa pelkkä vaurioiden lattiapinnoitteiden (ja niiden kiinnitysliimojen) poistaminen on korjausmenetelmänä osoittautunut riittämättömäksi (lattiat jouduttu sittemmin korjaamaan toistamiseen rakenteissa olevien kontaminaatioiden johdosta). Kapselointimenetelmällä on saatu parhaat kokemukset kokonaisuutta ja kustannustehokkuutta ajatellen. Mikäli rakenteesta halutaan varsinaisen kapseloinnin ohella poistaa rakenteen suurimmat päästö määrät (kontaminaatiot) voidaan haluttaessa lattiarakenteen tasoite- ja pintabetonikerrokset jyrsiä ja vetyperoksidikäsitellä sekä tuulettaa korjattavia tiloja varsinaisten purkutöiden jälkeen (esim. 2 viikon tuuletusjakso).

Opinnäytetyö laadittiin kehittämistyyppisenä tutkimuksena ja tavoitteena oli löytää toimiva ratkaisumalli lattiapinnoitteiden Voc-ongelmiin. Työn ammatillisen osuuden laadimista helpotti allekirjoittaneen pitkä (yli 10 vuoden) työhistoria aiheeseen liittyvien ongelmien parissa. Taustalla on satoja aihealueeseen liittyviä tutkimus-, suunnittelu- ja/tai toteutuskohteita. Lukuisien hankkeiden myötä on myös käytännössä perehdytty erilaisiin tapoihin hoitaa ja läpi viedä hankkeita, samalla on tutustuttu erilaisiin organisaatiomalleihin ja niiden toimintatapoihin. Olennainen osa tehtyä opinnäytetyötä on sen kytkeytyminen aikaisemmin hankittuun teoriaan, osaamiseen, kirjallisuuteen ja tutkimuksiin aiheesta. Iso osa työn tutkimusosaa on ollut jokapäiväinen työskentely ko. ongelmien parissa (havaintoja, haastatteluja ja kirjallisen aineiston keräämistä) sekä osallistumista erilaisiin tutkimus- ja korjaushankkeisiin.

Voc-vaurioituneiden betonilattioiden tutkimus- ja korjaustavoiksi on olemassa monia eri toimintatapoja. Tässä teoksessa on käyty läpi erilaiset menetelmät. Työssä laadittuun toimintaohjeeseen on otettu käytännössä ja lopputulokseltaan sekä taloudelliset näkökulmat huomioiden parhaat mahdolliset menetelmät ja toimintatavat. Laadittu opinnäytetyö ja siihen liittyvät (aiemmin laaditut) tutkimukset ja vuosien varrella toteutetut ”kokeilut” osoittavat, että Voc-vaurioituneiden lattioiden korjaamiseksi olevista eri vaihtoehdoista ja niiden variaatioista vain osalla päästään haluttuihin lopputuloksiin. Koulutusohjelmaan liittyen tavoitteena oli myös projektijohtamista ja – hallintaa koskevien teemojen käsittely organisaatio- ja projektitasolla, johon on kytketty ammatilliselta puolelta toimintamalli lattiakorjaushankkeeseen liittyen. Projektihallinnan ja organisaatioiden osalta on huomioitu eri osapuolten työtehtävät ja niiden työmenetelmät toimintatapana.

Laaditulle toimintatapaohjeelle on ollut tarve, koska sellaista ei ole tiedettävästi aiemmin laadittu. Voc-mittausten tulosten tulkinnan tekee haasteelliseksi seikka, että sisäilman Voc-yhdisteille ja niiden enimmäispitoisuuksille sisäilmassa ei ole annettu kansainvälisiä tai kotimaisia viranomaisstandardeja. Tästä johtuen mitattuja Voc-pitoisuus- ja emissiotuloksia joudutaan aina vertaamaan aiemmista kohteista kerättyihin referenssiarvoihin (”normaaliarvoihin”). Mittaustulosten virheellisten tulkintojen osalta on päädytty varmasti välillä myös virheellisiin johtopäätöksiin ja tarpeettoman suuriin tai vastaavasti joskus alimitoitettuihinkin korjauksiin.

Tutkimus- ja korjausmenetelmät ovat muuttuneet ja kehittyneet huomasti viime vuosien aikana, johon liittyen herääkin kysymys; millaisen tiedon varassa toimimme. Vielä tänä päivänäkään ei osata tunnistaa kaikkia pintarakennepäästöjä, saati sitten todeta mitkä yhdisteet ja missä pitoisuuksissa ovat terveyttä haittaavia. Lähitulevaisuudessa tulee varmasti uutta tietoa, joka on omaksuttava ja otettava käyttöön (mm. Voc-yhdisteiden kokonaismäärien ohjeavot ja yksittäisten yhdisteiden merkitys). Tämä osaltaan korostaa hankkeessa tapahtuvaa jatkuvan oppimisen tarpeellisuutta. Ratkaisuja on etsittävä tutkimusten ja opetuksen kautta. Ennaltaehkäisevinä toimenpiteinä korostuvat rakentamisen laatuasiat; suunnittelu ja toteutus, mutta myös rakennuksen käyttö ja ylläpito.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

Asumisterveysohje, sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1, sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki 2003

Asumisterveysopas, sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeet (STM:n oppaita 200:1) soveltamisopas, Vammala 2005

HTP-arvot 2009, Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet, sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2009:11, Helsinki 2009

Merikallio Tarja. Niemi Sami. Komonen Juha. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Lahti: Betonikeskus Ry / Suomen Betonitieto Oy

Optiroc-opisto. 2004. Tasoitteiden alkaliselta kosteudelta suojaavat ominaisuudet, kehitysinsinööri Gunnar Lauren, Optiroc Oy Ab, 21.10.2004

Ratu-kortti 82-0383, 2011. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku

Ratu-kortti 82-0347, 2009. Asbestia sisältävien rakenteiden purku

Ratu-kortti 82-0381, 2011. Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku

Rissanen, Tapio. 2002. Projektilla tulokseen, projektin suunnittelu, toteutus, motiivointi ja seuranta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

RT RakMK-21503 D2, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012, Helsinki 2011

Seuri Markku & Palomäki Eero, 2000. Haasteellinen sisäilma, riskianalyysi sisäilmaongelmissa, Tampere: Rakennustieto Oy

Silfverberg, Paul. 2007. Ideasta projektiksi, projektityön käsikirja. Helsinki: Edita Prima Oy

Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira. 2011. Lausunto Vocmittaustulosten tulkinnasta asuntojen terveyshaitta-arvioinnissa, lausunto 30.8.2011

Stenlund, Heikki. 1996. Projektijohtamisen perusteet. Helsinki: Oy Edita Ab

Suomen betoniyhdistys BY45 ja Suomen betonilattiaiyhdistys BLY7. 2000. Betonilattiat 2000 by45/bly7, Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2012. RakMK D2-osa, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012

Tekes, 2003, Terve talo –teknologiaohjelma 1998-2002

Terveydensuojelulaki, 1994

Vahanen Oy. 2009. Uzin PE460 haitta-aineiden läpäisevyystutkimus 21.09.2009

Vartiainen, Matti. Ruuska, Inkeri. Kasvi, Jyrki J.J. 2003. Projektiosaaminen – Dynaamisen organisaation voimavara. Tampere: Teknologiateollisuus Ry / Tammerpaino Oy

Virtanen, Aila. 2006. Konstrukttiivinen tutkimusote. Ammattikasvatuksen aikakauskirja 1/2006

Virtanen, Petri. 2000. Projektityö. Porvoo: Wsoy yritysjulkaisut

Virtanen, Petri. 2009. Projekti strategian toteuttajana. Tallinna: Tietosanoma Oy

Ympäristö ja terveys –lehti, 8/2005

Sähköiset lähteet

Juhta – Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. JHS 152 Prosessien kuvaaminen. Versio 6.6.2008

Jyväskylän Tilapalvelu, 2009. Sisäilmastoryhmän laatima toimintatapa- ja menettelytapaohje sisäilmasto-ongelmien ratkaisemiseksi

Järnstöm, Helena. VTT 2005. Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa

Kylliäinen, Kai. Lopputyö 2010. Betonirakenteiden VOC-emissiot ja niiden vähentäminen rakennetta lämmittämällä

Sosiaali- ja terveysministeriön kotisivut, Hyvinvoinnin edistäminen, Kosteus- ja homevauriot 6.3.2013

Työterveyslaitos, 2012. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (Tvoc) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. Tavoitetaso TY-01-2012

Valtioneuvoston asetus 1174, 2006. Valtioneuvoston asetus elintarvikelain ja terveydensuojelulain nojalla tutkimuksia tekevästä laboratorioista