

# Korjausrakentamisen kokonaispalvelu konsepti

Ramboll Finland Oy

Jukka Toikkanen

---



|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala  |                             |
| Koulutusohjelma<br>Rakentamisen koulutusohjelma   |                             |
| Työn tekijä(t)<br>Jukka Toikkanen   |                             |
| Työn nimi<br>Korjausrakentamisen kokonaispalvelu konsepti   |                             |
| Päiväys<br>29.2.2016  | Sivumäärä/Liitteet<br>90+10 |
| Ohjaaja(t)<br>lehtori Pasi Haataja; yliopettaja Merja Tolvanen; toimialapäällikkö TkL Timo Turunen  |                             |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)<br>Ramboll Finland Oy   |                             |
| <p>Tämä opinnäytetyö laadittiin Ramboll Finland Oy:n kiinteistöt &amp; rakentaminen talotoimialayksikölle. Työn tarkoituksena oli kehittää talotoimialayksikön käytössä olevaa korjausrakentamisen palvelukonseptia. Työ laadittiin selkeyttämään rakennesuunnittelijan roolia, asemaa ja valtuuksia korjausrakentamisen systemaattisen prosessinhallinnan kannalta.</p> <p>Työssä käsiteltiin korjausrakentamisen prosessi johdonmukaisesti syventymällä toimintamallin mukaisesti sisäilmahaittaepäilyksen perusselvityksestä lähtötilannekartoitukseen ja edelleen riskiarviointiin, korjaussuunnitteluvaihtoehtojen tarkasteluun ja jatkuen toimintamallin mukaisesti seuranta-suunnitelman johtopäätökseen saakka. Työssä tarkasteltiin rakentamista ja kiinteistönomistajaa ohjaavan lainsäädännön vaikutuksia korjausrakentamisen palvelukonseptiin.</p> <p>Työn lopputuloksena kehitettiin toimintamallia rakennesuunnittelijan työkaluksi onnistuneen korjausrakentamisen kokonaispalvelukonseptin tarpeisiin.</p> |                             |
| Avainsanat<br>korjausrakentaminen, kokonaisuudenhallinta, palvelukonsepti   |                             |
|   |                             |

|   |                  |                  |         |
|---|------------------|------------------|---------|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport   |                  |                  |         |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Civil Engineering   |                  |                  |         |
| Author(s)<br>Jukka Toikkanen  |                  |                  |         |
| Title of Thesis<br>Developing Operation Model of Renovation Process   |                  |                  |         |
| Date  | 29 February 2016 | Pages/Appendices | 90 + 10 |
| Supervisor(s)<br>Mr. Pasi Haataja, Lecturer; Mrs. Merja Tolvanen, Principal Lecturer; Mr. Timo Turunen, Technical Manager   |                  |                  |         |
| Client Organisation/Partners<br>Ramboll Finland Ltd   |                  |                  |         |
| <p>This study was commissioned by the renovation and the refurbishment unit of Ramboll Finland Ltd. The purpose of the thesis was to develop an operation model of renovation process.</p> <p>The first part of the study consisted of literature research. As a result of literature research, the theoretical part was written. The next step was to study how this operation model of renovation could be used in project management in Ramboll Finland Ltd. This operation model covered the whole renovation process dealing with indoor air problems. The study indicated main phases of renovation process; analyzing background files, visual inspection of the building, planning the survey, surveying the building, planning the renovation, evaluation of the renovation methods and plans, renovation works, evaluating the results of the process.</p> <p>As a conclusion of this thesis, it was found out that the structural engineer can improve the result of a renovation process by using this operation model.</p> |                  |                  |         |
| Keywords<br>renovation, refurbishment, service product, control of renovation   |                  |                  |         |
|   |                  |                  |         |

## ALKUSANAT

Opinnäytetyöaihe on kehittynyt päivätyössäni esiin nousevista ongelmista korjausrakentamishankkeissa niin tutkimuksissa kuin korjaussuunnittelussa. Yleensä nämä ongelmat vaikeuttavat ja jopa heikentävät ongelmien ratkaisua, niiden onnistumista niin teknisesti kuin toiminnallisesti.

Korjausrakentamishankkeissa mukana olevan olen kiinnostunut parantamaan ongelman ratkaisua ja kehittämään laadunhallintaa niin tutkimuksessa kuin korjaussuunnittelussa unohtamatta kiinteistöjen ylläpitoa. Toivottavasti toimintamallin avulla syntyy keskusteluja ja uusia avauksia toimintamallin jalkauttamiseen sekä edelleen jatkuvaan kehitystoimintaan. Tärkein pääpaino korjausrakentamisen liiketoiminnassa on kuitenkin tuntea asiakkaan tarpeet, koska ne tuntemalla tuotamme asiakkaillemme vaativia ja innovatiivisia ratkaisuja.

Opinnäytetyöni ohjauksesta esitän kiitokset lehtori Pasi Haatajalle, lehtori Merja Tolvaselle ja toimialapäällikkö Timo Turuselle. Lisäksi kiitokset Ramboll Finland Oy:n Jyväskylän yksikölle opiskelumahdollisuudesta, vaikka tasapainoilua se vaati kaikilta osapuolilta ja erityisesti itseltäni. Erityiskiitos läheisille sekä työ- ja koulukavereille, saamani tuki on mahdollistanut projektin saattamisen päätökseen.

Jyväskylässä 29.2.2016

Jukka Toikkanen

## SISÄLTÖ

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO .....  | 10 |
| 1.1   | Aiheen tausta .....   | 10 |
| 1.2   | Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset .....   | 11 |
| 1.3   | Tutkimuksen suoritus ja menetelmät .....  | 11 |
| 2     | KOKONAISUUDENHALLINTA KORJAUSRAKENTAMISEN HANKKEISSA JA TOIMIJOIDEN VASTUUT SEKÄ VELVOLLISUUDET ..... | 12 |
| 2.1   | Rakentamista ohjaavien määräysten muutos .....  | 12 |
| 2.2   | Tilaaajan vastuut ja velvollisuudet korjaushankkeissa.....  | 15 |
| 2.3   | Korjaussuunnittelijan vastuut ja velvollisuudet korjaushankkeissa.....                                | 17 |
| 2.4   | Viranomaisen rooli korjaushankkeissa .....  | 18 |
| 3     | KOSTEUS- JA HOMEVAURIOT SEKÄ NIIDEN AIHEUTTAMAT ONGELMAT .....  | 21 |
| 3.1   | Rakenteiden ja materiaalien kosteus.....  | 21 |
| 3.2   | Kosteus- ja homevaurion määritelmä, tunnusmerkit ja todentaminen .....                                | 24 |
| 3.3   | Kosteus- ja homevaurioon viittaavat mikrobit .....  | 26 |
| 3.4   | Kosteus- ja homevaurion puuaineslahottajat ja tuhohyönteiset .....                                    | 29 |
| 3.5   | Kosteus- ja homevaurioiden terveyshaitat .....  | 32 |
| 3.6   | Terveyshaitan riskinarviointi.....  | 35 |
| 3.7   | Psykologinen näkökulma työympäristön sisäilmasto-ongelmiin .....                                      | 37 |
| 4     | KIINTEISTÖN KUNNOSSAPITO JA KORJAUSHANKKEEN ENNAKOIMINEN .....  | 39 |
| 4.1   | Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje.....   | 39 |
| 4.2   | Rakennusten kiinteistönpito .....   | 39 |
| 4.2.1 | Suunniteltu käyttöikä .....   | 40 |
| 4.2.2 | Kunnossapito ja sen jaksottaminen .....   | 40 |
| 4.2.3 | Rakennuksen toiminnallinen korjaustarve .....   | 41 |
| 4.2.4 | Rakennuksen tekninen korjaustarve .....   | 42 |
| 4.3   | Rakennuksen kunnan arviointi.....   | 42 |
| 4.3.1 | Kuntoarvio .....  | 42 |
| 5     | RAKENNUKSEN KÄYTTÖIKÄ / ELINKAARI .....   | 44 |
| 5.1   | Tarve- ja hankesuunnittelun vaikutus rakennuksen elinkaarikustannuksiin sekä käyttöikään.....         | 44 |
| 5.2   | Elinkaarimalli .....  | 46 |
| 5.3   | Korjausten vaikutus elinkaarikustannuksiin .....  | 48 |
| 6     | KORJAUSRAKENTAMISEN KOKONAISPALVELU KONSEPTI RAKENNESUUNNITTELUSSA .....                              | 49 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.1    | Korjausrakentamisen palvelukonsepti .....           | 49 |
| 6.2    | Lähtötilanne .....                                  | 49 |
| 6.3    | Lähtötilanteen kohdekäynti.....                     | 50 |
| 6.4    | Käyttäjähastattelu / -kysely.....                   | 51 |
| 6.5    | Lähtötilanneselvitys ja tekninen riskinarvio.....   | 51 |
| 6.5.1  | Tutkimussuunnitelma .....                           | 53 |
| 6.6    | Kosteusvauriokartoitus, pintakosteuskartoitus ..... | 56 |
| 6.7    | Ilmanvaihdon toimintatarkastus .....                | 56 |
| 6.8    | Rakennustekninen kuntotutkimus.....                 | 57 |
| 6.9    | LVI- järjestelmien kuntotutkimus.....               | 61 |
| 6.10   | Sisäilmaston kuntotutkimus .....                    | 62 |
| 6.10.1 | Fysikaaliset olosuhdetekijät.....                   | 63 |
| 6.10.2 | Hiukkasmaiset epäpuhtaudet.....                     | 63 |
| 6.10.3 | Kemialliset epäpuhtaudet.....                       | 65 |
| 6.10.4 | Sisäilmatutkimuksen raportointi.....                | 67 |
| 6.11   | Haitta-ainetutkimus.....                            | 68 |
| 7      | KORJAUSSUUNNITTELUN YHTEYS TUTKIMUSVAIHEESEEN ..... | 70 |
| 7.1    | Tarveselvitys .....                                 | 71 |
| 7.2    | Hankesuunnittelu.....                               | 73 |
| 7.3    | Suunnittelun valmistelu .....                       | 77 |
| 7.4    | Ehdotussuunnittelu .....                            | 77 |
| 7.5    | Yleissuunnittelu .....                              | 77 |
| 7.6    | Toteutussuunnittelu .....                           | 78 |
| 7.7    | Rakentaminen .....                                  | 78 |
| 7.8    | Käyttöönotto .....                                  | 79 |
| 7.9    | Seurantasuunnitelma .....                           | 79 |
| 8      | VIESTINTÄ KORJAUSHANKKEEN AIKANA .....              | 81 |
| 9      | JOHTOPÄÄTÖKSET .....                                | 82 |
| 9.1    | Jatkotutkimustarpeet .....                          | 83 |
|        | LÄHDELUETTELO .....                                 | 85 |

## KÄSITTEET JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Ilmanvaihto</b>            | Seppänen, M. ja Seppänen, O (2007, 160) toteavat, että ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda puhdasta ilmaa hengitystä varten ja poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet.   |
| <b>Korjausaste</b>            | Korjaustoimenpiteiden laskennallisen määrän suhde (%) vastaavaan uudisrakennukseen  |
| <b>Kosteus- ja homevaurio</b> | Rakennusosassa sijaitseva kosteuden aiheuttama mikrobivaurio (tässä opinnäytetyössä)  |
| <b>Kosteusvaurio</b>          | Kosteusvaurioita syntyy, mikäli rakenteen kosteuspitoisuus on liian korkea niin kauan, että materiaalin vaurioituminen on mahdollista. Kosteusvaurio voi olla piilevä tai aistinvaraisesti havaittava.  |
| <b>Osastointimenetelmä</b>    | Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkutyön päämenetelmä, jossa ilmanvaihdollisesti eristetty korjaustyökohte alipaineistetaan mikro- tai hienosuodattimella varustetulla alipaineistajalla ja estetään purkutyössä syntyvän pölyn leviäminen osastoinnin ulkopuolelle.  |
| <b>Riski</b>                  | Riski tarkoittaa erilaisia ei-toivottujen tapahtumien todennäköisyyksiä ja seurausten vakavuusarviointeja (Pääkkönen ja Rantanen 2003, 7-11).   |
| <b>Riskirakenne</b>           | Rakennusosa tai rakennusmateriaali, jonka lämpö- tai kosteustekninen toiminta on puutteellinen verrattuna rasiinukseen tai käyttötarkoitukseen. Riskirakenne voi syntyä suunnittelussa, toteutuksessa, käytössä ja ylläpidossa olevista virheistä tai puutteista sekä rakennusosien ikääntymisen, vanhenemisen vuoksi.  |
| <b>Sisäilma</b>               | Sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Sisäilmalla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä rakenteiden rajaamaa ilmaa tiloissa, joissa ei ole pääsääntöisesti tuotannollisesta tai muusta poikkeavasta toiminnasta johtuvia päästöjä esim. asunnot, toimistot, koulut, päiväkodit, hoitolaitokset jne. (Seppänen, O. ja Seppänen, M. 2007, 10-15) |
| <b>Sisäilmaongelma</b>        | Sisäilman epätyytyttävän laadun aiheuttama viihtyvyyttä tai terveyshaitta tilojen käyttäjille. Teknisten ongelmien lisäksi työpaikalla vaikuttaa työntekijöiden kokema stressi, uupumus, työntekijöiden tuen puuttuminen sekä liiallinen työmäärä.  |
| <b>Sisäilmasto</b>            | Muodostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä. Sisäilmastotekijät: sisäilman kaasumaiset yhdis-   |



teet, sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet, lämpötila, kosteus, ilman liike/virtaus, säteily, valaistus ja melu. (Seppänen, O. ja Seppänen, M. 2007, 10-15)

**Terveyshaitta**

Terveydensuojelulaissa (L 19.8.1994/763) tarkoitetaan terveyshaitalla ihmisessä todettavaa sairautta, muuta terveydenhäiriötä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä.

**Vaara**

Vaara tarkoittaa tekijää tai olosuhdetta, joka voi saada aikaan haitallisen tapahtuman eli vaara tarkoittaa usein henkilön terveyttä tai turvallisuutta uhkaavaa lähdettä, syytä tai aiheuttajaa. Voidaan sanoa, että vaara aiheuttaa riskin. (Pääkkönen ja Rantanen 2003, 7-11).

**Vesiaktiivisuus**

Veden aktiivisuudella (water activity,  $a_w$ ) tarkoitetaan vapaan veden määrää, ja sen arvo voi vaihdella välillä 0-1. Vapaa vesi edustaa siis käytettävissä olevan veden määrää ympäristössä, ei kokonaisvesipitoisuutta. Mitä enemmän veteen on liuenneena kemiallisia aineita, kuten suoloja ja sokereita, sitä pienempi on veden aktiivisuus.

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Aiheen tausta

Kosteus- ja homeongelmia esiintyy kaikessa rakennuskannassa (sivistystoimen ja terveydenhuollon rakennuksissa, asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöissä sekä toimistorakennuksissa). Arvioiden mukaan välitön kosteus- ja homevaurioiden korjaustarve on noin 250 000 pientalossa, 8000 asuinkerrostalossa, 1300 koulussa ja 1200 hoitoalan rakennuksessa. Huonon sisäilman aiheuttamien kustannusten on arvioitu olevan jopa kolme miljardia. (Valtioneuvoston periaatepäätös 12.5.2010, 2-5).

Korjausrakentaminen tarkoittaa olemassa olevan rakennuksen tai rakennelman suppeaa tai laajaa (yhellä kertaa) tapahtuvaa korjaamista. Rakennuksen tai rakennelman elinkaaren aikana näin laajoja toimia tehdään vain muutaman kerran. Korjausrakentamiseen liittyy usein rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien kunnossapitoa, jota tehdään myös kiinteistön vuosittaiseen kunnossapitoon liittyvänä toimenpiteenä.

Korjausrakentamisessa noudatetaan viranomaisten antamia rakennusmääräyksiä soveltuvin osin. Usein viranomaisten tulkinnat rakennusmääräyksistä vaihtelevat hankkeittain, ja myös alueellisia eroja on havaittu.

Rakennusmääräykset ja ohjeet uudistuvat 2020 –luvulle saakka määrävälein tiukentuen. Niiden uusiutumisen taustalla on Euroopan unionin direktiivi energiankulutuksen pienentämisestä ja ilmaston suojelemisesta. Uudistuksen taustalla ovat ilmastotavoitteet, rakennuskannan pitkäaikaiset ympäristövaikutukset sekä taloudellisuus ja kustannustehokkuus.

Rakenteiden käyttöikäsuunnitelmien, lujuuslaskelmien sekä niiden lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointi ja rakennetyyppien laadinta kuuluu perinteiseen rakennesuunnitteluun. Kun rakenteet eivät aiheuta ongelmia, kokonaisvaltaiselle kosteus- ja homevaurioiden korjaussuunnittelun hallinnalle ei ole yleensä tarvetta. Uudisrakennuksia suunnitteleva rakennesuunnittelutoimisto käyttääkin suunnitelmissaan hyväksi todettuja rakenteita, jolloin kokonaisuudenhallinnan tarkastelu voi olla puutteellista.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Ylemmän Insinööriyön tarkoituksena on kehittää Ramboll Finland Oy:n korjausrakentamisen toimintamallia sekä havaita mahdollisesti toimintamallissa esiintyviä ongelmia teoreettisesti tarkastellen. Tutkimus toimii Ramboll Finland Oy:n korjausrakentamisen suunnittelun ohjeistuksena kosteus- ja homevauriokorjauksen sekä peruskorjauksen prosesseissa.

Johdannon jälkeisessä luvussa käsitellään toimintamalliin liittyvien toimijoiden asema, valtuus ja rooli. Seuraavissa luvuissa esitetään teoriaa kosteus- ja homevaurioiden syntymekanismiin, kuntotutkimukseen sekä kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamiin terveyshaittoihin. Toimintamallin eri vaiheita käsitellään luvussa viisi. Rakennuksen käyttöikä ja elinkaari tarkastellaan luvussa kuusi. Luvussa seitsemän esitellään normaalin kosteus- ja homevauriokorjaushankkeen eteneminen. Luvussa kahdeksan käsitellään korjaushankkeen viestinnän vaikutusta onnistumiseen. Johtopäätökset ovat luvussa yhdeksän.

Tämän opinnäytetyön rajausta on tehty käsittelemään Ramboll Finland Oy:n korjausrakentamisen käytössä olevaan toimintamallin eri vaiheita sekä niiden sisältöä. Opinnäytetyö on rajattu koskemaan kosteusvaurioituneen rakennuksen suunnittelua ja suunnittelijoiden velvollisuuksia ja vastuita koskevan maankäyttö- ja rakennuslain (41/2014) muutosta täydentäviin asetus- ja ohjeluonnoksiin. Työn tuloksia hyödynnetään jatkohankkeessa, jonka aikana kehitetään edelleen korjaussuunnittelijan kokonaisvaltaista laatuohjelmajatteluun ja virheiden minimoimista tulevaisuudessa.

## 1.3 Tutkimuksen suoritus ja menetelmät

Tutkimus on toteutettu kaksivaiheisena. Työn pääasiallisen tutkimusmenetelmä on teoreettisen tarkastelu ja käytössä olevan toimintamallin kehittäminen. Teoreettisen tarkastelun on käsittänyt kirjallisuustutkimuksen korjausrakentamisen kokonaisuudenhallintaa käsitteleviin ohjeisiin, määräyksiin ja toimintamalleihin. Tutkimuksen tavoitteena on pyrkiä esittämään toimintamallin tärkeät onnistuneeseen vaikuttavat päätökset ja toimenpiteet sekä edelleen kehittämään käytössä olevaa toimintamallia.

## 2 KOKONAISUUDENHALLINTA KORJAUSRAKENTAMISEN HANKKEISSA JA TOIMIJOIDEN VASTUUT SEKÄ VELVOLLISUUDET

### 2.1 Rakentamista ohjaavien määräysten muutos

Korjausrakentamisessa noudatetaan viranomaisten antamia rakennusmääräyksiä soveltuvin osin. Usein rakennusvalvonta- ja rakennussuojeluviranomaisten tulkinnot rakennusmääräyksistä vaihtelevat hankkeittain, ja myös alueellisia eroja on havaittu.

Suomen rakennusmääräyskokoelmassa on määräyksiä ja ohjeita rakennusosien lämmöneristävyyden osalta. Rakennusosien lämmöneristävyys on 1940-luvulla julkaistu ohjeena ja 1976 julkaisu on muuttunut ohjeesta määräykseksi. Taulukossa 1. on esitetty Suomen rakennusmääräyskokoelman lämmöneristävyyden- ja energia- määräyksen lukuarvot eri vuosikymmeniltä. Tämän päivän rakentamisessa noudatetaan lähes aina määräysten minimiarvoja, kun taas vanhemmissa rakennuksissa lämmöneristävyys on ollut usein ohjeita parempia. Nykyisin rakennusosien lämmöneristävyys ja energialaskennan lähtötiedot muodostavat kompensointiin perustuvan kokonaisuuden, jota määräykset ohjaavat.

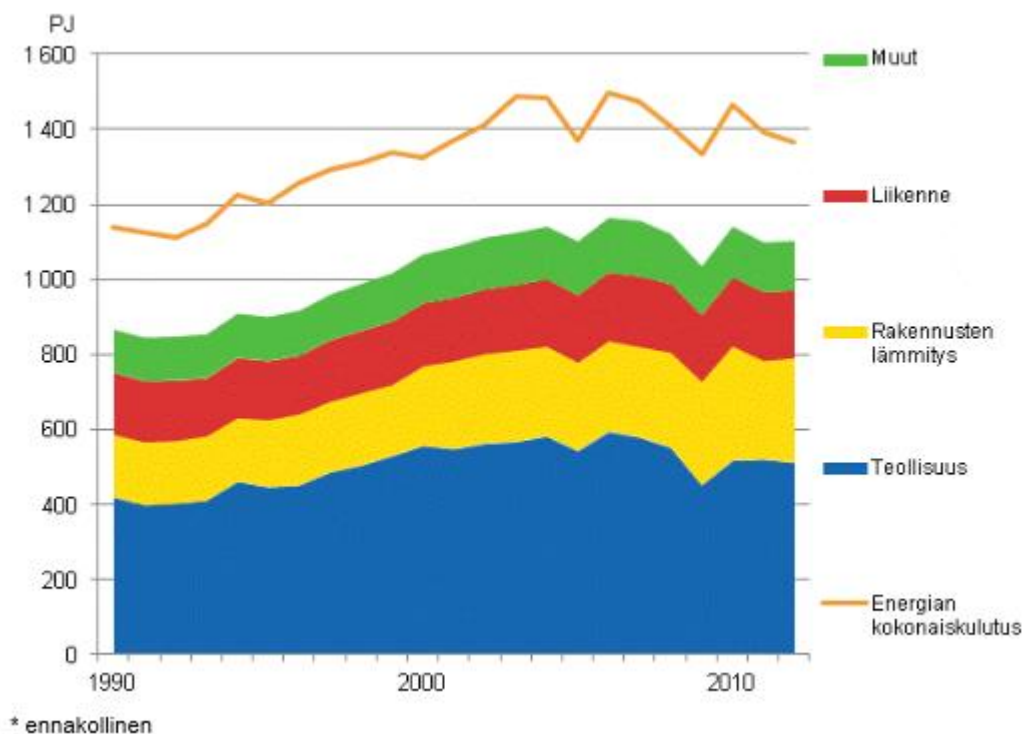
TAULUKKO 1. Suomen rakennusmääräyskokoelman lämmöneristävyydemääräykset vuosina 1976 – 2012.

| Rakennusosa                         | 1976 | 1978 | 1985 | 2003 | 2007 | 2010 | 2012 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Alapohja U (W/m <sup>2</sup> K)     | 0,4  | 0,4  | 0,36 | 0,25 | 0,24 | 0,16 | 0,16 |
| Ulkoseinä U (W/m <sup>2</sup> K)    | 0,4  | 0,29 | 0,28 | 0,25 | 0,24 | 0,17 | 0,17 |
| Yläpohja U (W/m <sup>2</sup> K)     | 0,35 | 0,23 | 0,22 | 0,16 | 0,15 | 0,09 | 0,09 |
| Ovi U (W/m <sup>2</sup> K)          | -    | -    | -    | 1,4  | 1,4  | 1,0  | 1,0  |
| Ikkuna U (W/m <sup>2</sup> K)       | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 1,4  | 1,4  | 1,0  | 1,0  |
| Muita energialaskennan lähtötietoja |      |      |      |      |      |      |      |
| Ilmavuotolukun <sub>50</sub>        | 6    | 6    | 6    | 4    | 4    | 2    |      |
| LTO:n vuosihyötysuhde (%)           | 0    | 0    | 0    | 30   | 30   | 45   |      |

Suomen rakennusmääräyskokoelmassa on annettu määräyksiä ja ohjeita kosteudesta rakennuksen toimivuuden kannalta vuodesta 1976 alkaen. Nykyisin voimassa oleva määräykset ja ohjeet kosteudesta rakentamisessa ovat peräisin vuodelta 1998. Ympäristöministeriö on käynnistänyt lainsäädännön uudistustyön Suomen raken-

usmääräyskokoelman C2 –osan "kosteus, määräykset ja ohjeet". Voimassa olevan kosteus, määräykset ja ohjeet toimivuuden arviointiraportti on valmistunut joulukuussa 2014. Suomen rakennusmääräyskokoelma uudistuu vuoden 2018 alkuun mennessä niin, että rakennusmääräyskokoelmasta tulee julkaisu, johon on kiteytetty asetusten vaatimukset sekä niihin liittyvät Ympäristöministeriön suositukset. (Lehtinen 2015-08-01.)

Rakennusmääräykset ja ohjeet uudistuvat vuoteen 2020 saakka määräväleihin tiukentuen. Vuonna 2020 määräykset ohjaavat rakentamisen lähes nollaenergiakiinteistöihin. Niiden uusiutumisen taustalla on Euroopan unionin direktiivi energiankulutuksen pienentämisestä ja ilmastonsuojelusta. Uudistuksen taustalla ovat ilmastotavoitteet, rakennuskannan pitkäaikaiset ympäristövaikutukset sekä taloudellisuus ja kustannustehokkuus. Kuvassa yksi on esitetty Suomessa käytetyn energian kokonaiskulutuksen ja loppukäytön jakautuminen. Kuvasta 1 voidaan päätellä, että teollisuuden energiankulutus on 2006 vuoden jälkeen supistunut ja rakennusten energiankulutus tarkastelun jakson päättyessä vähäisesti kasvanut.



KUVA 1.

Energian kokonaiskulutuksen ja loppukäytön jakautuminen sektoreittain Suomessa aikavälillä 1970 – 2013. (Suomen virallinen tilasto (SVT))

Rakennuksen lämpöviöiden tarkastelemisesta siirrytään vaiheittain kokonaisenergiatarkasteluun. Muutos on ensiksi tullut voimaan uudisrakentamisessa, ja kaikki uudet julkiset (viranomaisen omistuksessa tai käytössä) rakennukset ovat 31.12.2018 jälkeen lähes nollaenergiarakennuksia. Korjausrakentamisen energiatehokkuuden määräykset astuivat voimaan 1.6.2013 viranomaisten käytössä ja omistuksessa olevissa rakennuksissa. Muiden rakennusten (pois lukien kirkko- ja suojellut rakennukset) korjausrakentamisen energiatehokkuuden määräykset astuivat voimaan 1.9.2013.

Korjausrakentamisen energiatehokkuuden parantamiseen on määräyksissä kolme vaihtoehtoa.

- Noudatetaan peruskorjattavien ja uudistettavien rakennuksien kohdalla rakennusosakohtaisia vaatimuksia
- Energiakulutus on enintään rakennustyyppikohtaisen luettelon mukainen kulutus nettopinta-alaa (m<sup>2</sup>) kohti
- E-lukua pienennetään kertomalla alkuperäinen E-luku määräyksissä annetulla kertoimella

*Lähes nollaenergiarakennuksen* määritelmä on vielä avoinna, mutta pyrkimyksenä on päästä merkittävästi pienempään rakennusten energiakulutukseen kuin mitä nykyinen määräystaso edellyttää. Ympäristöministeriön asetuksessa (YM 1/14 D3, 25.8.2014) rakennusten energiatehokkuudesta on käsitelty tarkemmin lähes nollaenergiarakennuksen tarkoitusta ja määräyksen voimaan tuloa. *Lähes nollaenergiarakennuksella* tarkoitetaan rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus, sellaisena kuin se on määriteltynä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/31/EU liitteen 1 mukaisesti. Tarvittava lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä katetaan hyvin laajalti uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia. (YM asetus 1/14 D3, 25.8.2014).

Vuoden 2018 joulukuun 31 päivän jälkeen uusien rakennusten, jotka ovat viranomaisten käytössä tai omistuksessa, tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Vuoden 2020 joulukuun 31 päivään mennessä kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. (YM asetus 1/14 D3, 25.8.2014).

Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen kustannustehokkaasti rakennusteknisin keinoin nykyisestä määräystasosta on erittäin haasteellinen tehtävä etenkin

julkisissa rakennuksissa. Usein julkisten tilojen käyttö on monimuotoista, ja niiden toimivuudelle asetetaan erityisiä vaatimuksia. Rakenteiden ja teknisten järjestelmien toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska sisäilmaolosuhteiden laatuvaatimukset ovat tavanomaista korkeammat. Lisäksi rakennuksen ulkoiseen ilmeeseen ja kaupunkikuvalliseen asemaan liittyvät arkkitehtoniset seikat korostuvat usein julkisten rakennusten suunnittelussa. Keskeisin haaste pyrittäessä energiatehokkaampaan rakentamiseen on se, että yhä pienemmät virheet ja puutteet suunnittelussa, toteutuksessa, eri järjestelmien säädöissä, toiminnassa, käytössä ja huollossa voivat vaikeuttaa merkittävästi sisäilmaolosuhteiden hallintaa ja lisätä rakennusten energiankulutusta merkittävästi.

## 2.2 Tilaajan vastuut ja velvollisuudet korjaushankkeissa

Kiinteistönomistaja käsitetään tässä opinnäytetyössä konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen KSE 2013 mukaisena toimeksiantajana, tilaajana. KSE 2013 sopimusehtoja sovelletaan niin suunnittelu- kuin tutkimustehtävissä.

Maankäyttö- ja rakennuslain (L 1999/132) tavoite on käsitelty kohdassa 1 § seuraavasti: "tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa".

Tilaaja on useimmissa tapauksissa rakennushankkeeseen ryhtyvä. Kuitenkin on muistettava maankäyttö- ja rakennuslain (L 1999/132, 119§) rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuus, joka velvoittaa tilaajaa rakennushankkeen kaikissa vaiheissa.

Konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa KSE 2013 (RT 13-11143) tilaajan velvollisuudet määritetään seuraavien KSE 2013 kohtien 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 ja 2.1.5 mukaisesti. Tilaajan merkitys lähtötietojen luovuttajana on tärkeä, joka käsitellään KSE 2013 kohdassa 2.1.1. Lähtötietoja ovat esimerkiksi vanhat suunnitelmat, kartat ja perustiedot. Lisäksi tilaajalle kuuluu KSE 2013 kohdan 2.1.2 mukaan hankkeen kokonaisuuden asianmukainen johtaminen tai sen järjestäminen sekä toimek-

siantoon liittyvien säädösten ja viranomaismääräysten edellyttämät tehtävät ja yhteydenpitoaminen ulkopuolisiin laitoksiin, viranomaisiin ja maanomistajiin.

Konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa (KSE 2013) tilaajan vastuut määritetään seuraavien KSE 2013 kohtien 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 ja 2.2.4 mukaisesti. KSE 2013 2.2.1. Myös tilaaja on sopimuksessa tai sopimusehdoissa määritellyllä tavalla vastuussa konsultille vahingoista, jotka johtuvat tilaajan tekemistä virheistä tai laiminlyönneistä. Tilaajan vahingonkorvausvastuu konsultille päättyy viimeistään konsultin vastuiden päättyessä KSE 2013 kohdan 3.2.6 mukaisesti. Nämä rajoitukset eivät kuitenkaan koske tapauksia, joissa on kyseessä tahallisuus tai törkeä tuottamus. Lisäksi on huomioitava KSE 2013 kohdan 2.2.2 mukainen tilaavavastuu. Tilaaja vastaa konsultille antamistaan tehtävän perustiedoista, sitovista ohjeista ja määräyksistä. Tilaaja vastaa siitä, että konsultille sähköisesti luovutettavat lähtötiedot ovat tietoteknisesti virheettömiä (eheysvaatimus).

Lisäksi terveydensuojelulaki (L 1994/763) velvoittaa tilaajia toimenpiteisiin seuraavasti. Terveydensuojelulain (L 1994/763, 1§) tarkoitus on käsitelty lain seuraavasti. Lain tarkoituksena on väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa (terveydensuojelu). Terveydensuojelulaissa tarkoitetaan terveyshaitalla ihmisessä todettavaa sairautta, muuta terveydenhäiriötä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyttä. Lisäksi terveydensuojelulaki (1994/763, 2§) velvoittaa tilaajia. Elinympäristöön vaikuttava toiminta on suunniteltava ja järjestettävä siten, että väestön ja yksilön terveyttä ylläpidetään ja edistetään. Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa on harjoitettava siten, että terveyshaittojen syntyminen mahdollisuuksien mukaan estyy. Opinnäytetyön kohdassa 2.4 on käsitelty viranomaisten rooli korjaushankkeissa.

Terveydensuojelulaki (L 1994/763, 26 §) määrittelee asunnon ja muun oleskelutilan sekä yleisten alueiden terveydelliset vaatimukset kohdan 26 § mukaisesti. Asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. Asunnossa ja muussa oleskelutilassa ei saa olla eläimiä eikä mikrobeja siinä määrin, että niistä aiheutuu terveyshaittaa. Kosteus- ja homevaurion terveyshaitta käsitellään opinnäytetyön luvussa 3.5.



### 2.3 Korjaussuunnittelijan vastuut ja velvollisuudet korjaushankkeissa

Maankäyttö- ja rakennuslaki (L 1999/132, 120a§) käsittelee pääsuunnittelijan velvollisuuden seuraavasti. Pääsuunnittelija vastaa ja huolehtii suunnittelun kokonaisuuden hallinnasta ja sen laadusta, että rakennus- ja erityissuunnitelmat täyttävät asetetut vaatimukset ja muodostavat suunnitelmallisen kokonaisuuden. Lisäksi erityissuunnitelmasta vastaava henkilö huolehtii siitä, että suunnitelma täyttää sille asetetut vaatimukset. Yleensä erityissuunnitelman on laatinut useampi suunnittelija, niistä yhden tulee olla nimetty tämän erikoisalan kokonaisuudesta vastaavaksi suunnittelijaksi.

Suunnittelijoiden vaativuusluokat on esitetty maankäyttö- ja rakennuslain (L 1999/132, 120 d§) kohdassa. Suunnittelutehtävien vaativuusluokat ovat vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Poikkeuksellisen vaativan suunnittelutehtävään vaaditaan ylempi korkeakoulututkinto ja vähintään kuuden vuoden työkokemus vaativista suunnittelutehtävistä. Lisäksi rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista on toistaiseksi voimassa oleva ympäristöministeriön ohje (YM1/601/2015). Lisäksi valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä suunnittelutehtävän vaativuusluokan määräytymisestä.

Vastuullinen suunnittelija on luonnollinen henkilö. Rakennussuunnittelijan ja erityissuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset on esitetty maankäyttö- ja rakennuslain L 1999/132, 120 e§ kohdassa. Kosteusvaurion korjaussuunnitteluhankkeen erityissuunnittelija voi toimia pääsuunnittelijana, kun hän täyttää maankäyttö- ja rakennuslain L 1999/132, 120 d§ ja 120 e§ vaatimukset.

Ammattirakentajien välisien sopimuksien sopimusehtoina käytetään yleisesti konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja KSE 2013 (RT 13-11143). Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot (KSE 2013) soveltuvat käytettäväksi tilaajan ja konsultin välisissä toimeksiannoissa mm. muotoilun, tuotekehitystyön, rakentamisen, tuotannollisen toiminnan sekä yhdyskuntien tutkimus-, selvitys-, suunnittelu-, rakennuttamis- ja valvontatehtävissä.

Konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa KSE 2013 (RT 13-11143) konsultin (korjaussuunnittelijan) velvollisuudet määritetään seuraavien KSE 2013 kohtien 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 ja 3.1.4 mukaisesti. Konsultin velvollisuus kiteytyy KSE 2013 kohdassa 3.1.1. Konsultin tulee asiantuntijana suorittaa saamansa tehtävä sen edellyttämällä

ammattitaidolla objektiivisesti ja hyvää teknistä tapaa noudattaen sekä ottaen huomioon yhteisesti asetetut tavoitteet. Konsultin on pysyttävä sekä taloudellisesti että muutoinkin riippumattomana hankkijoista, valmistajista, urakoitsijoista sekä muista tekijöistä, jotka voivat vaikuttaa häiritsevästi hänen objektiivisuuteensa. Tehtävän koskiessa konsultin omaa, tilaajan tai jonkun kolmannen etua siten, että asian käsittelyn objektiivisuus saattaa siitä kärsiä, konsultti on velvollinen ilmoittamaan tästä tilaajalle.

Konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa KSE 2013 (RT 13-11143) konsultin (korjaussuunnittelijan) vastuut määritetään seuraavien KSE 2013 kohtien 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.9, 3.2.10 ja 3.2.11 mukaisesti. Konsultin vastuun määrittäminen KSE 2013 kohdan 3.2.1 mukaan: "Konsultti vastaa siitä, että hänen luovuttamansa suunnitelma tai suorittamansa tehtävä on sopimuksenmukainen ja täyttää voimassa olevien lakien, asetusten ja viranomaismääräysten vaatimukset. Jos konsultin laatimissa suunnitelmissa tai muissa asiakirjoissa havaitaan virheitä tai puutteita, konsultilla on oikeus ja velvollisuus korjata virheet ja puutteet. Ellei konsultti tilaajan kirjallisesta kehotuksesta huolimatta korjaa edellä mainituissa suunnitelmissa tai asiakirjoissa esiintyviä virheitä tai puutteita kohtuullisessa ajassa, tilaajalla on oikeus korjauttaa ne konsultin kustannuksella. Näiden kustannusten lisäksi konsultti on velvollinen korvaamaan aiheuttamansa vahingon kohtien 3.2.2 ja 3.2.3 mukaisesti. Konsultti vastaa siitä, että tilaajalle tai muille osapuolille sähköisesti luovutettavat aiheet ovat tietoteknisesti virheettömiä (eheysvaatimus)".

#### 2.4 Viranomaisen rooli korjaushankkeissa

Rakennusvalvontaviranomaisen roolia käsitellään maankäyttö- ja rakennuslaissa (L 1999/132, 124 §, 125 §, 130 §, 131 §, 141 §, 142 § ja 143 §). Maankäyttö- ja rakennuslain säätöministeriön hallinnon alalle. Maankäyttö- ja rakennuslain (L 1999/132, 125 §) mukaan rakennuksen rakentamisen lisäksi muutosten ja korjaustyölle tarvitaan rakennuslupa, jos työllä on ilmeisesti vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveydellisiin oloihin. Lisäksi rakennuslupa tarvitaan myös sellaiseen rakennuksen vaippaan tai teknisiin järjestelmiin kohdistuvaan korjaus- ja muutostyöhön, jolla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen. Rakennuksen tai sen osan käyttötarkoituksen olennaista muuttamista varten tarvitaan rakennuslupa. Luvanvaraisuutta harkittaessa rakennusvalvontaviranomainen huomioi käyttötarkoituksen muutoksen vaikutuksen kaavan toteuttamiseen ja muuhun maankäyttöön sekä rakennukselta vaadittaviin ominaisuuksiin.

Lisäksi rakennusvalvontaviranomainen voi puuttua Maankäyttö- ja rakennuslain 1999/132, 166 § mukaan kiinteistönomistajan (tilaaja) rakennuksen kunnossapitoon. Jos rakennus ei jatkuvasti täytä terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimuksia ja aiheuttaa ympäristöhaittaa tai rumentaa ympäristöä. Lisäksi kiinteistön kunnossapitoa on käsitelty opinnäytetyön kohdassa 4.1.

Terveydensuojeluviranomaisen rooli käsitellään 1.3.2015 uudistetussa terveydensuojelulaissa (L 19.8.1994/763). Terveydensuojeluviranomaisen rooli ja keskeiset tehtävät terveyshaitta epäilyksessä on käsitelty opinnäytetyön luvussa 3.5. Terveydensuojeluviranomaisen velvoitteet kohdistuvat kiinteistönomistajalle.

Työsuojeluviranomainen tarkastaa asioita työntekijöiden näkökulmasta ja työsuojeluviranomaisen rooli käsitellään työturvallisuuslaissa (L 23.8.2002/738). Viranomaisen tehtävänä on edistää ja ylläpitää työntekijöiden työ- ja toimintakykyä sekä ehkäistä työstä terveydelle aiheutuvia vaaroja ja haittoja. Viranomainen osoittaa velvoitteensa työnantajalle.

Terveydensuojelu- ja työsuojeluviranomaistoiminta on järjestetty eri tavoilla, vaikka ne kuuluvat sosiaali- ja terveysministeriön hallinnon alalle. Terveydensuojelussa valvontaviranomaisia ovat kuntien terveydensuojeluviranomaiset, niiden toimintaa ohjaa valtakunnallisesti Valvira ja alueellisesti aluehallintovirastot. Työsuojelussa aluehallintovirastot ovat valvovia viranomaisia, niiden toimintaa ohjataan sosiaali- ja terveysministeriöstä. (Säteri & Ahola 2015, 25-29). Työympäristön sisäilman laatua käsitellään useiden viranomaisten valvonnassa ja lainsäädäntö ohjeistaa suoraan tai epäsuoraan ratkaisemaan myös sisäilmaongelmat.

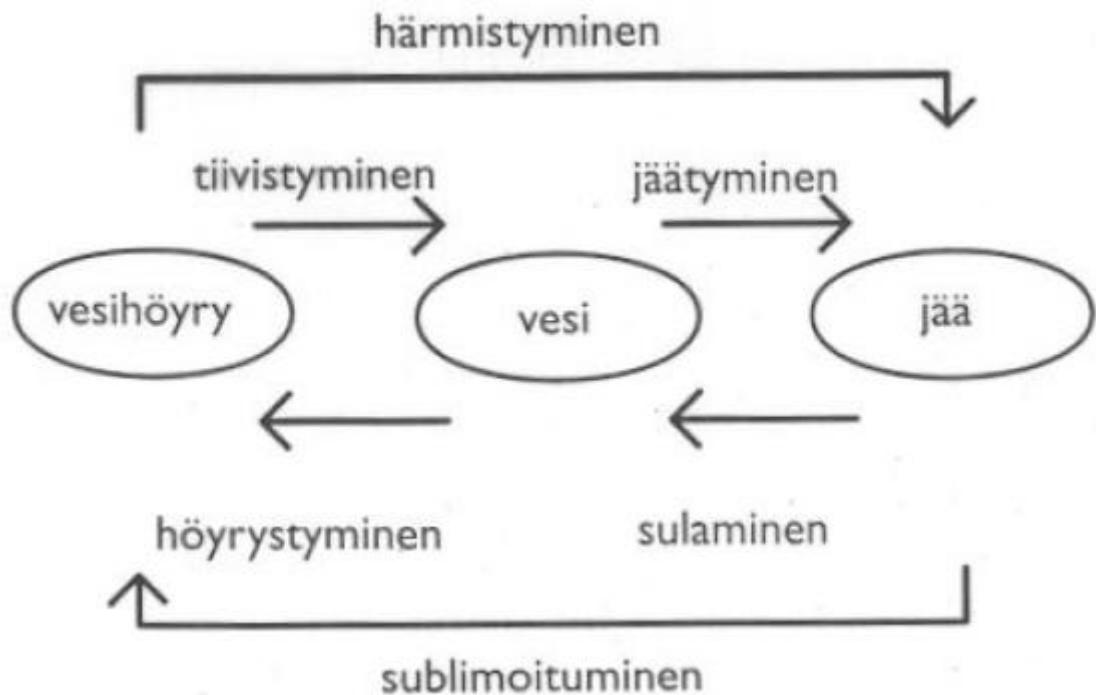
Terveydenhuollon ja tarkemmin lääkärin keskeisempiä tehtäviä on tutkia ja hoitaa potilaita. Joissain tapauksissa lääkäri voi joutua tekemisiin sisäilmaongelmien kanssa, esimerkiksi potilas ilmoittaa ongelmasta tai lääkärille syntyy potilaan oireiden perusteella asiasta mahdollinen epäily. Mikäli lääkäri tekee potilaan kertomuksen perusteella nopean johtopäätöksen rakennuksen sisäympäristöhaittaepäilyksestä ja esimerkiksi toteaa rakennuksen kosteus- ja homevaurioituneeksi ja potilaan oireiden johtuvan siitä. Tämän jälkeen on hyvin vaikeaa todeta rakennuksen olevan kunnossa, vaikka se tutkittaisiin kokonaisvaltaisesti kuinka hyvin tahansa. Esimerkin mukaisten lääkärilausuntojen vuoksi rakennuksen kuntoa selvittävät tahot menettävät luottamuksen potilaan silmissä ja voi syntyä hyvinkin pitkäkestoisia ja vaikeita riitoja. Lää-

käri tarvitsee rakennuksen tilanteesta yhteenvedon siitä, mitä vauriota ja epäpuhtauslähteitä on löydetty, voiko potilas altistua niille ja kuinka merkittävänä epäpuhtauslähteitä voidaan pitää (Mikrobikasvuston vaatimustason ja vaikutustarpeen riippuvuutta sisäilmaan nähden esitetään opinnäytetyön kuvassa 5). Rakennuksen kokonaisvaltainen ja systemaattinen kunnon selvittäminen on edellytyksenä, ettei potilaan oireiden aiheuttajasta tehdä vääriä johtopäätöksiä. Lääketieteellisen terveyshaitan riskinarvion luotettavuus on parhaimmillaan, kun se pohjautuu rakennuksen-, teknisten järjestelmien kuntotutkimus- ja sisäympäristötutkimusraporttiin sekä oirekyselyyn. Kustannus Oy Duodecim on julkaissut kosteus- ja homevauriot verkkojulkaisun. Verkkojulkaisu tarjoaa tietoa kosteus- ja homevaurioiden syntymisestä ja niiden terveysvaikutuksista. Koulutuksessa käsitellään myös sitä, mikä on lääkärin rooli näiden ongelmallisten tilanteiden ratkomisessa yhdessä muiden viranomaisten kanssa. Aihetta käsitellään videoiden, tehtävien ja potilastapausten avulla. (Latvala (Toim.) & Lampi (Toim.) 2014).

### 3 KOSTEUS- JA HOMEVAURIOT SEKÄ NIIDEN AIHEUTTAMAT ONGELMAT

#### 3.1 Rakenteiden ja materiaalien kosteus

Rakennukseen vaikuttavien veden olomuodot (kosteuslähde) ovat kiinteä (jää), nestemäinen (vesi) ja kaasumainen (vesihöyry). Kuvassa kaksi on esitetty veden olomuodon muutokset.



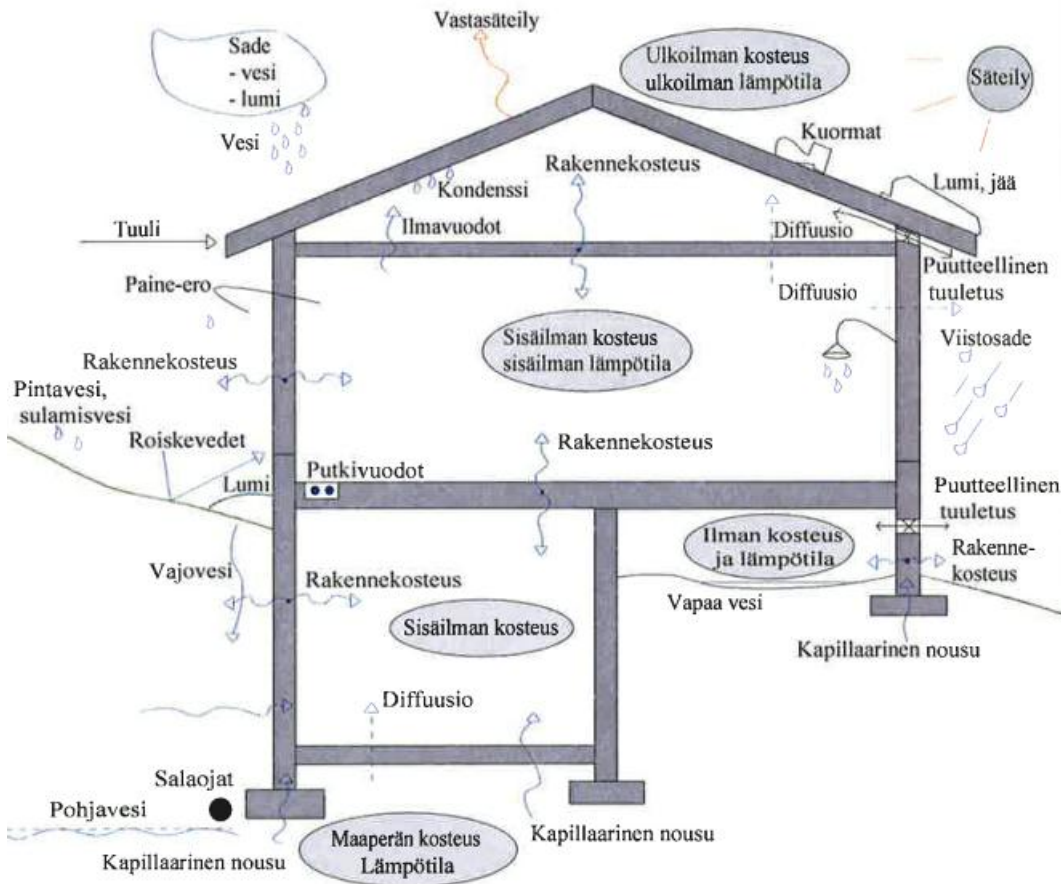
KUVA 2. Veden olomuodon muutokset

Usein kosteusvaurio syntyy näiden olomuotojen yhteisvaikutuksesta, mutta ne eivät suoranaisesti aiheudu kosteuslähteistä, vaan rakennuksen puutteellisesta kosteudenhallinnasta toteutuksen ja käytön aikana. Rakenteet eivät tällöin pääse kuivumaan riittävästi. Sisäilman kosteus voi siirtyä rakenteisiin nestemäisenä tai kaasumaisena (KUVA 4). Sisäpuolisista kosteuslähteistä merkittävimpiä ovat sisäilman kosteus, putkivuodot, käyttövesi ja tilojen käyttötarkoituksen aiheuttama kosteuslisä. Kosteusvaurioita voi esiintyä niin ala-, väli- ja yläpohja- kuin maanvastaisen-, väli- ja ulkoseinä- ja -katoissa. Rakennuksen sisä- ja ulkopuolisia kosteuslähteitä on esitetty kuvassa kolme.

Rakennuksen ulkopuolisia kosteuslähteitä ovat:

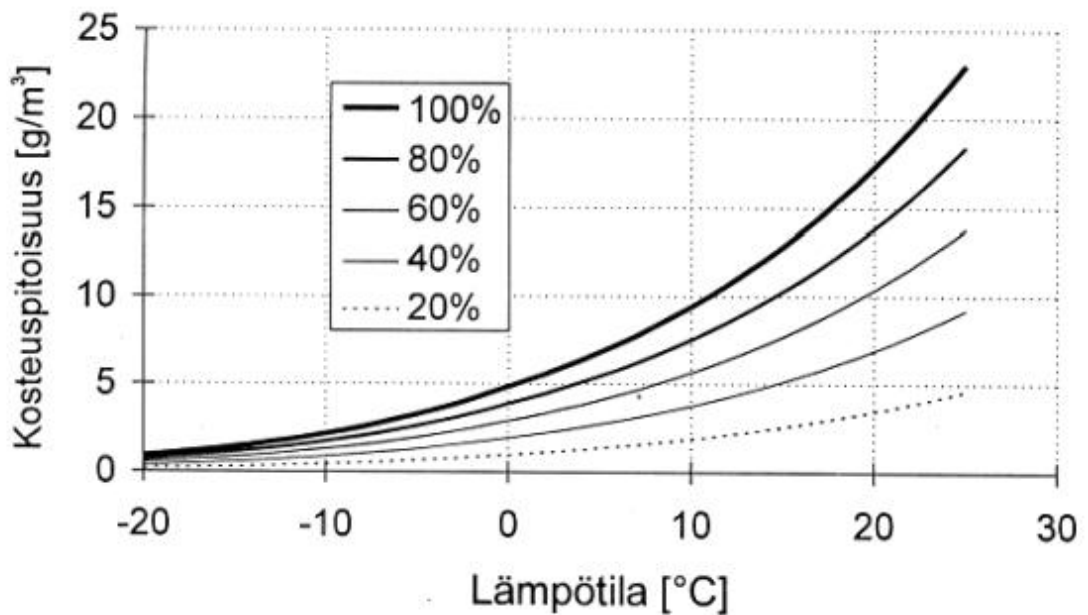
- sade, erityisesti viistosade
- maaperässä oleva kosteus, erityisesti pohjavesi ja orsivesi

- teknisten järjestelmien vuodot, erityisesti putkivuodot
- tilojen käyttö, erityisesti veden käyttö
- Ulkoilman kosteus



KUVA 3. Rakennuksen sisä- ja ulkopuoliset kosteuslähteet. (Leivo (Toim.) 1998, 21)

Kuvassa neljä on esitetty ilman sisältämän vesihöyryn kosteuspitoisuuden ja lämpötilan välistä yhteyttä. Ilman lämpötila vaikuttaa suoraan ilman sisältämän vesihöyryn kosteuspitoisuuteen. Lämpötilan kasvaessa ilman sisältämä kosteuspitoisuus lisääntyy kuvassa neljä olevan kuvaajan käyrän mukaisella tavalla. Esimerkiksi 0 °C:n lämpötilassa ilman kyllästyskosteuspitoisuus on ~ 5 g/m<sup>3</sup> ja + 20 °C:n lämpötilassa ilman kyllästyskosteuspitoisuus on ~ 17,8 g/m<sup>3</sup>.



KUVA 4. Ilman sisältämän vesihöyryn kosteuspitoisuuden ja lämpötilan välinen yhteys

Rakenteiden kannalta merkittävimmät kosteuden siirtymismuodot ovat painovoimainen, kapillaarinen, kosteuskonvektio, diffuusio ja termodiffuusio. (Björkholtz 2004, 55-78). Seuraavassa luettelossa on kuvattu kosteuden siirtymismuotoja.

- Painovoimainen
  - painovoiman (gravitaatiovoima) vaikutuksesta irtovesi alkaa virrata rakenteissa alaspäin
  - esimerkiksi vuotovedet valuvat 2. kerroksen välipohjarakenteen epätiivisiin läpiviennin kautta 1. kerrokseen
- Kapillaarinen
  - kosteusliike on veden liikettä rakennusaineiden huokosissa kapillaarivoimien eli kapillaarisen imun vaikutuksesta
  - kapillaarivoimat syntyvät veden pintajännityksen seurauksena
  - eri rakennusmateriaalit pyrkivät keskenään kapillaariseen tasapainokosteuteen
  - rakennusmateriaalin sisältämät kosteuspitoisuudet vaikuttavat kapillaariseen tasapainokosteuteen
  - esimerkiksi alapohjarakenteen alustäyttökerroksen ilmahuokosten kapillaarivoimat nostavat kosteutta ylöspäin rakenteessa
- Kosteuskonvektio
  - rakenteisiin kohdistuvien ilmanpaine tai lämpötilaeron seurauksena rakenteisiin virtaavan ilman mukana siirtyvää kosteutta

- esimerkiksi kosteutta kulkeutuu rakenteisiin ilman lämpötilan ja paineerojen aiheuttamien ilmavirtausten mukana tai ulkopuolelta rakenteisiin virtaa kuivaa ilmaa
- Diffuusio
  - kosteuden siirtymistä vesihöyrynä rakenteen läpi
  - esimerkiksi; vesihöyryn diffuusio pyrkii tasaamaan vesihöyryn osapaineiden eroja. Kosteus virtaa rakennusmateriaalissa korkean vesihöyryn pitoisuuden / osapaineen huokosista matalan pitoisuuden / osapaineen huokosiin.
  - yleensä diffuusion suunta on lämpimästä tilasta kylmempään lukuun ottamatta maanvastaisia seinä- ja alapohjarakenteita
  - rakenteen sisältämät suolat vaikuttavat diffuusioon
  - diffuusion vaikutusta puoliläpäisevän materiaalin (esimerkiksi solukalvon) läpi kutsutaan osmoosiksi
- Termodiffuusio
  - homogeeninen kaasuseos erottuu lämpötilaerojen vaikutuksesta, kun kevyemmän kaasun pitoisuus kasvaa korkeamman lämpötilan vyöhykkeellä ja vastaavasti raskaamman kaasun pitoisuus kasvaa alhaisemman lämpötilan vyöhykkeellä.
  - esimerkiksi ilman sisältämät hiukkaset toimivat raskaan kaasun tavoin. Termodiffuusio painaa hiukkaset kylmille pinnoille ja lisää rakenteiden pintojen likaantumista.

### 3.2 Kosteus- ja homevaurion määritelmä, tunnusmerkit ja todentaminen

Kosteus- ja homevaurion määritelmiä on useissa julkaisuissa, mutta julkaisuissa ei ole selkeää määritelmää merkittävälle kosteus- ja homevauriolle. Tämä syntyy osittain siinä tapauksessa, että varsinainen terveyshaitan aiheuttaja on vielä tieteellisen tutkimuksen perusteella löytämättä. Näin ollen jokainen toimija lähestyy asiaa omalta tärkeäksi katsomaltaan suunnalta, jolloin jokainen toimija oman näkemyksensä kautta määrittäen. (Reijula, Ahonen, Alenius, Holopainen, Lappalainen, Palomäki, Reiman 2012, 61).

Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012 on täydentänyt RIL 250-2011 ohjeessa kuvailtua kosteus- ja homevaurion määrittystä. Kosteusvauriolla tarkoitetaan sellaista rakenteen kastumista, että rakenteen (rakennusosan / materiaalin) kosteudensietokyky ylittyy, jolloin rakenteet vioittuvat kosteuden vaikutuksesta. Rakenteiden



(rakennusosan / materiaalin) lyhytaikainen ja tuore kastuminen on ensivaiheessa kosteusvaurio, mutta tilanne voi muuttua nopeastikin kosteus- ja homevaurioksi, kun rakenteen riittävää kuivumista ei tapahdu. Suomalaiseen sairaalaympäristöön tehdyssä tutkimuksessa (Reijula ym. 2005; Hellgren ym. 2008) on pystytty osoittamaan rakennusten korjaustarpeen ja sisäilmaoireilun välillä vallitseva korrelaatio, että voimakkain oireilu on siellä, missä korjaustarve on kiireellisintä.

Kosteutta rakenteisiin voi kulkeutua veden jokaisena olomuotona (opinnäytetyön luku 3.1, kuvat 2 ja 3). Suurin osa kosteusvaurioista aiheutuu painovoimaisesti ja kapillaarisesti kulkeutuvasta kosteudesta. Lisäksi maanvastaisen seinä- ja alapohjarakenteen kosteusvaurioitumisessa on huomioitava diffuusion vaikutus. Kosteusvaurion syitä voivat olla suunnittelu- tai rakennusvirhe, rakenteiden puutteellinen tuuletus, vesikatovuodot, epäonnistunut materiaalivalinta tai rakennuksen huolimaton käyttäminen tai kunnossapidon laiminlyöminen. Lisäksi rakennusvaiheen aikana tapahtuneet materiaalien tai rakennusosien kastuminen voi johtaa kosteus- ja homevaurioon sekä edelleen mikrobikasvuun ja mikrobien aineenvaihduntatuotteiden vapautumiseen sisäilmaan vielä sen jälkeenkin, kun rakennusosat ovat kuivuneet.

Kosteus- ja mikrobivaurio aiheuttavat usein näkyviä muutoksia pintamateriaaleissa ja rakennusosien materiaaleissa. Muutosten tunnistaminen on tärkeää, jolloin vauriot havaitaan mahdollisimman aikaisin ja tarvittaviin suunnitelmallisiin selvityksiin ja korjauksiin ryhdytään ennakoivalla periaatteella. Kiinteistönomistajan on varauduttava vuosittain suunnitelmalliseen ja ennakoivaan kiinteistön kunnossapitoon ja ylläpitoon. Kiinteistön kunnossapito ja korjaushankkeen ennakoiminen on käsitelty opinnäytetyön kohdassa 4.

Mikrobikasvusto voi näkyä rakennusosien sisäpinnoilla tai rakenteissa värimuodonmuutoksina materiaalin pinnalla tai puuterimaisina, pölymäisinä tai pistemäisinä kasvustoina. Kasvuston esiintyminen pitää yleensä varmistaa mikrobiologisilla analyysillä pinta- tai rakennusmateriaalinäytteistä, koska kasvustoa voi olla vaikea erottaa muista kosteuden aiheuttamista muutoksista, esimerkiksi suolakertymistä kostuneella tiilimuurauksen pinnalla tai lämmöneristeen likaantumisesta ilmavuodon seurauksena. Mikrobeista aiheutuvan terveyshaitan ja korjaustarpeen arvioinnissa tulee ottaa huomioon altistumisen todennäköisyys. Jos mikrobikasvustoa esiintyy esimerkiksi rakennuksen julkisivuverhouksessa, on arvioitava, voiko mikrobien itiöitä ja niiden aineenvaihduntatuotteita kulkeutua oleskelutilojen sisäilmaan.

Kosteusvaurion seurauksena mikrobikasvustoa voi kehittyä rakenteiden sisällä vuosien aikana niin, ettei rakennuksen sisäpinnoilla ole havaittavissa merkkejä vaurioista. Näissä tapauksissa homeenhaju tai maakellarimainen, tunkkainen haju voi viitata rakennusosien sisäisiin mikrobikasvustoihin. Rakennusosan mikrobikasvuston vaatimustason ja vaikutustarpeen riippuvuutta sisäilmaan nähden esitetään tarkemmin opinnäytetyön kuvassa 5. Haju on usein seurausta mikrobien aktiivisesta kasvusta ja niiden aineenvaihdunnasta, jota muun muassa lämpötila- ja kosteusolosuhteet säätelevät. Kun hajua aistitaan rakennuksessa ajoittain / kausittain, koska haisevia mikrobien aineenvaihduntatuotteita muodostuu epäsäännöllisesti. Lisäksi rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta aiheutuvat paineenvaihtelut ja ulkoiset tekijät, kuten säätilan (ilmanpaineen) muutokset, voivat vaikuttaa hajun esiintymisen säännöllisyyteen. (Asumisterveysopas 2009, 151)

Merkittävä kosteus- ja homevaurio on määritetty eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisussa 1/2012 sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista (rakennusosat ja materiaalit) vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille epäpuhtauksille on todennäköistä. Tämän perusteella korjaustarve arvioidaan kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2009:18 muistion mukaan haitallinen altistuminen on todennäköistä, kun kosteus- ja homevaurio näkyy rakennuksen sisäpinnoilla, mikrobikasvua todetaan materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa, poikkeavaa altistetta on todettu ilma- tai pölynäytteissä, tilat ovat selvästi alipaineisia tai ilmayhteys on vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta työskentelytilaan.

### 3.3 Kosteus- ja homevaurioon viittaavat mikrobit

Mikrobit ovat silmännäkymättömiä eliöitä ja ne ovat osa ihmisen elinympäristöä. Mikrobeja on kaikkialla maapallolla ja niille on ominaista hyvin nopea ja voimakas kyky sopeutua erilaisiin olosuhteisiin. Ne pystyvät muuttumaan ympäristöolosuhteiden mukana. Rakennuksen sisäilmassa tavanomaisesti esiintyvien mikrobien lisäksi ulkoilman mikrobien on mahdollista kulkeutua sisätiloihin.

Mikrobien kasvaminen on mahdollista kun on kosteutta, ravinteita ja sopiva lämpötila. Yleisesti sienet ja bakteerit ovat kasvuedellytyksiltään vaatimattomia. Rakennuksen lämpöolosuhteet ovat yleensä suotuisat kasvun käynnistymiseen. Tärkein mikrobikasvua säätelevä tekijä rakennuksessa on kuitenkin rakenteiden ja etenkin pintojen

kosteus (opinnäytetyön kohdat 3.1 ja 3.2). Olosuhteista riippuen mikrobikasvusto voi kehittyä muutamien päivien, kuukausien tai vuosien aikana. (Asumisterveysopas 2009, 146).

Yleisimmät mikrobien jaotteluperusteet ovat happi-, kasvulämpötila- ja vesiaktiivisuus. Sienet kuuluvat aerobisiin mikrobeihin, joille hapensaanti on välttämätöntä. Myös aktinomykeeteistä valtaosa on aerobisia, lukuunottamatta lajeja, joille happi on kasvua heikentävä tekijä. Mikrobit kasvavat yleisesti lämpötila-alueella 5–40 °C, kasvu on nopeinta 20–30 °C:n lämpötilassa. Optimilämpötila-alue on varsin laaja. Lisäksi esiintyy kestävyyttä joko matalia tai korkeita lämpötiloja kohtaan. (Asumisterveysopas 2009, s. 146; Leivo (Toim.) 1998, 39-50.)

Vesiaktiivisuudella on suurin merkitys mikrobien kasvun kannalta, koska täysin kuivassa ympäristössä mikrobien kasvu on vähäistä tai merkityksetöntä, jolloin ne ovat lepotilassa. Materiaalin vesiaktiivisuus riippuu mikroilmaston suhteellisesta kosteudesta. Esimerkiksi tilan keskeltä mitattu sisäilman suhteellisen kosteuden arvo ei välttämättä ennusta riskiä oikein. Tällöin rakennus- ja pintamateriaalien paikallisella (mikroilmasto) suhteellisella kosteudella on vaikutus mikrobikasvun kannalta. Mikrobikasvu on mahdollista käynnistyä, kun rakennusosan (pintaosa / rakenne) mikroilmaston tasapainokosteus ylittää RH 80 %. (Asumisterveysopas 2009, 146; Leivo (Toim.) 1998, 39-50)

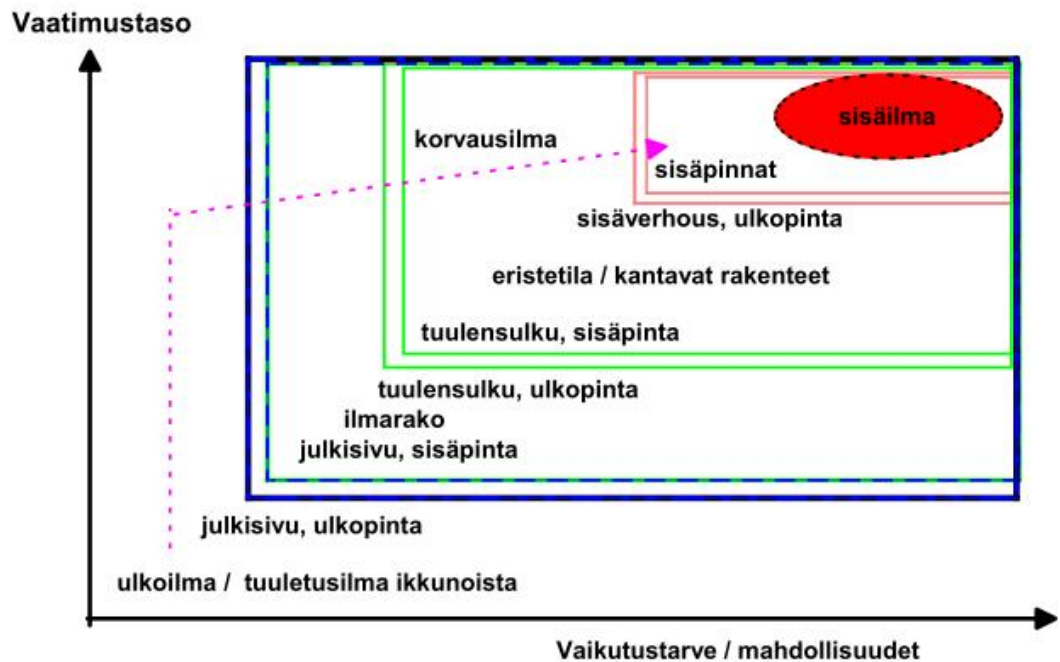
Sukessiolla tarkoitetaan mikrobilajiston muuttumista ympäristöolosuhteiden mukaan. Ilmiö voidaan havaita monissa ympäristöissä; esimerkiksi maaperässä, rakennuksen kosteusvaurioituneessa materiaalissa ja haihduttavan ilmankostuttimen vesisäiliössä. Mikrobilajisto, joka aloittaa kasvamisen, on sellaista lajistoa, jolla on parhaimmat ominaisuudet sopeutua vallitseviin ympäristöolosuhteisiin. Vaikka ympäristöolosuhteet pysyisivät muuttumattomina, mikrobilajisto voi vaihtua, koska mikrobit muuttavat itse välitöntä mikroilmastoa tuottamalla aineenvaihdunnan sivutuotteena esimerkiksi lämpöä ja kosteutta. Rakennuksen kosteusvaurioissa on mahdollista nähdä, että mikrobikasvu ei ole irrallinen ilmiö, vaan siihen voi liittyä vahva eläinmaailman mukanaolo. (Leivo (Toim.) 1998, 39-50)

Vuodenajalla on erityisen suuri vaikutus ilman sisältämiin itiöpitoisuuksiin Suomen ilmastossamme, jolle on tyypillistä kylmä talvi lumipeitteineen. Talvella ulkoilman itiöpitoisuudet ovat hyvin matalia. Keväällä maan pinnan paljastuttua ulkoilman sienitiöpitoisuudet kasvavat. Sieni-itiöpitoisuudet noudattelevat luonnon normaalia vuosi-

kiertoa. Kasvukauden lopulla, elo-syyskuussa, sienten aktiivisuus on huipussaan, ja näin ollen ulkoilman itiöpitoisuudet korkeimmillaan.

Indikaattorimikrobit ovat eri tutkimuksissa esiintyneitä, vauriorakennuksissa tai vaurioituneissa materiaaleissa todettuja mikrobeja, joita harvemmin esiintyy vauriottomien vertailurakennusten ilmanäytteissä tai vertailupinnoilla tai –materiaaleista otetuissa näytteissä. Indikaattorimikrobeista on laadittu alan kirjallisuudessa asumisterveyden asiantuntijoiden kokoamia luetteloita. (Asumisterveysopas 2009, 172). Taulukossa on luettelo ulko- ja sisäilmassa yleisesti esiintyvistä sienisuvuista ja –ryhmistä sekä kosteusvaurioon viittaavista mikrobisuvuista, -lajeista ja –ryhmistä.

Käytännössä pintojen ja rakenteiden luonnollista vanhenemista onkin toisinaan vaikeaa erottaa haitallisesta vioittumisesta tai vaurioitumisesta. Erityisesti eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012 on osoittanut, että rakennuksen (rakennusosa / materiaali) elinkaaren loppuminen näyttää johtavan sisäilmaongelmiin, joista terveyden kannalta kosteus- ja homevauriot ovat merkittävimpiä osatekijöitä. Kuvassa 5 on esitetty periaatteellinen kuvaus kriteeristön vaatimustasosta ja vaikutustarpeista ja -mahdollisuuksista eri rakenteen materiaalikerroksissa. Useimmiten jokaisessa rakenteen materiaalikerroksessa on sekä ajallista että paikallista (mikroilmasto) vaihtelua. Esimerkiksi ulkoilman mikrobipitoisuus vaihtelee hyvin laajasti talven lähes 0-pitoisuuksista loppukesän ja syksyn useiden tuhansien tai kymmenientuhansien pitoisuuteen. Sisäilman osalta vastaavaa vaihtelua esiintyy, kun korvausilma otetaan suoraan ulkoilmasta, esimerkiksi ikkunatuuletus tai korvausilmaventtiili. Tällöin seurauksena on usein kuitenkin suhteellisen laaja eri mikrobilajien monimuotoisuus. Sen sijaan mahdollisessa vauriotapauksessa lajisto on usein harvinaisempi ja pitoisuudeltaan jonkin verran korkeampi, riippuen tietysti mikrobilähteen sijainnista sisäilmaan nähden. (Kokko ym. 1999, 27-35.)



KUVA 5. Mikrobikasvuston vaatimustaso ja vaikutustarve / mahdollisuudet rakenteen eri osissa. (Kokko ym. 1999, 31)

Terveyshaittana pidettävästä mikrobikasvustosta irtoaa itiöitä, hiukkasia ja muita haihtuvia yhdisteitä huoneilmaan. Irtoamiseen vaikuttavat ilmavirtaukset, ihmisen (käyttäjän) toiminnat ja tasapainokosteuden vaihtelu. Mikrobihiukkaset ovat massapitoisuudeltaan pieniä, jolloin ne pysyvät huoneilmassa pitkiä aikoja, tilassa olevat henkilöt altistuvat niille hengitysteiden ja ihon välityksellä. Ulkoilman tai maaperän kanssa kosketuksissa olevissa rakenteissa voi esiintyä suuria mikrobipitoisuuksia ilman, että kyseessä on varsinainen mikrobikasvu. (Asumisterveysopas 2009, s. 146-148)

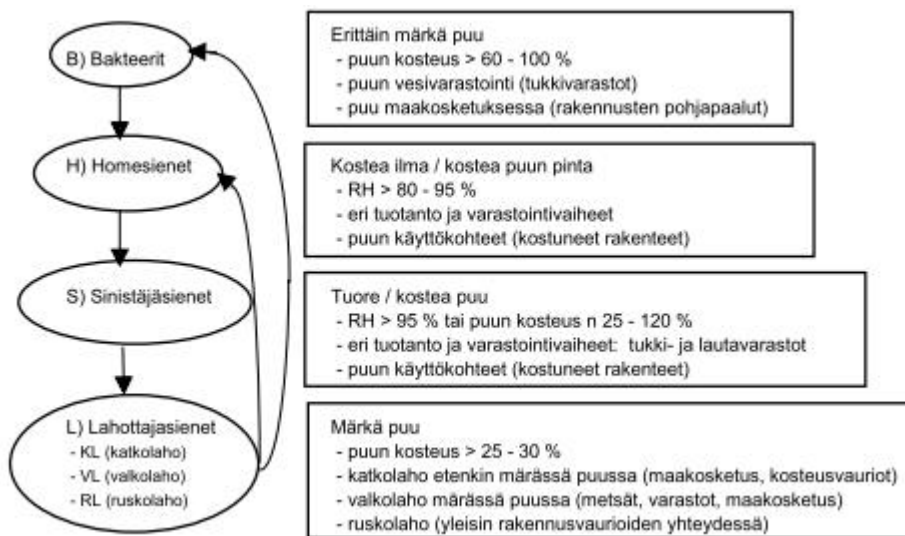
### 3.4 Kosteus- ja homevaurion puuainelahottajat ja tuhohyönteiset

Puun luontainen kestävyys biologisia vaurioita, kuten hometta ja lahoa vastaan on geneettisesti määräytynyt ja vaihtelee suuresti eri puulajien, yksilöiden ja rungon eri osien välillä. Puun kestävyys luokitellaan useimmiten sydänpuun lahonkestävyyden mukaan, mutta kestävyys vaihtelee eri vaurion aiheuttajia vastaan. Pintapuun kestävyys on useimmilla lajeilla sydänpuuta heikompi. Puun ja orgaanisten materiaalien hajoaminen luonnossa tapahtuu hyvin monien erilaisten mikro-organismien, bakteerien ja sienten peräkkäisestä tai samanaikaisesta toiminnasta. Puussa elävät eliöt hajottavat ja käyttävät hyödykseen puun eri rakenneosia kemiallisesti (lähinnä entsyymaattisilla reaktioilla, mikro-organismit) ja mekaanisesti (hyönteiset). Puun tyyppipitoi-

suus on hyvin pieni muihin orgaanisiin materiaaleihin verrattuna, mikä osaltaan hidastaa puun hajoamista. (Kokko ym. 1999, 22-27).

Kosteus on voimakkaimpia puun säilyvyyteen vaikuttava tekijä. Pintapuun solukko on puun kasvuaikana rakentunut veden kuljetukseen ja myöhemmässä vaiheessa se muuttuu sydänpuuksi, jossa ei ole vastaavaa aktiivisuutta. Puu on hygroskooppista materiaalia, jolloin puun kosteus seuraa ympäristön kosteustilaa. Tehokkainta puun kostuminen on suorassa vesikontaktissa, jolloin vesi imeytyy kapillaarisesti puuhun. Syiden suunnassa veden imeytyminen on moninkertaista tangentialiseen ja radiaaliseen suuntaan verrattuna. Kosteus ei sellaisenaan suoraan vaurioita puuta, mutta kosteus heikentää puun lujuutta ja lämmöneristävyyttä ja se on edellytys biologiselle ja kemialliselle turmeltumiselle. (Kokko ym. 1999, 22-27)

Rakennuksen teknisen toimivuuden kannalta ongelmallisempia organismeja ovat lahottajasienet, joiden aiheuttama vaurio heikentää monien eri materiaalien lujuutta. Suomessa hyönteisvauriot liittyvät lahottajasienien olemassa oloon, koska hyönteiset käyttävät hyväkseen lahottajasienten rihmastoja ja niiden pehmittämää puuta. (Kokko ym. 1999, 27-32.)



KUVA 6. Puun mikrobiongelmat /-vauriot (Kokko ym. 1999, 31.)

Puurakenteiden kannalta ongelmallisempia organismeja ovat lahottajasienet, joiden aiheuttama vaurio kohdistuu suoraan puun rakennekomponentteihin. Katkolahottajasienet ovat usein läheistä sukua home- ja sinistäjä sienille. Pahoin sinistyneessä puussa saattaakin olla katkolahoa. Runsasta katkolahoa on lähinnä maa- ja vesikos-

ketuksessa olevassa märässä puussa. Kun laho on edennyt pitkälle ja puu kuivuu, silloin siinä on havaittavissa värin- ja muodonmuutoksia (halkeilua).

Puun selluloosaa hajottavat ruskolahottajasienet ovat usein haitallisimpia rakennuksien lahovaurioiden aiheuttajia. Tyypillisiä rakennuksissa esiintyviä ruskolahottajasieniä ovat lattiasieni (*Serpula lacrymans*), kellarisieni (*Coniophora puteana*), laakakääpä (*Poria / Antrodia sp*), aidaskääpä (*Gleophyllum sepiarium*) ja saunakääpä (*Gleophyllum trabeum*). Valkolaho ilmenee lähinnä kasvavissa puissa sekä maa- ja puuketuksessa olevassa puutavarassa. Ruskolahottajasienet erittävät happoja ja entsyymejä, joiden vaikutuksesta materiaalien rakenne muuttuu nopeasti sienikasvuston levitessä ja puun lujuus heikkenee. Laho-ongelmat ovat homeongelmien lailla hyvin monimuotoisia ja niihin voi liittyä hyvin monia mikrobilajeja. (Kokko ym. 1999, 27-33.)

Lahottajasienet vaativat kasvaakseen selvästi kosteammat olosuhteet kuin homeet. Puu on lahoamisen riskialueella, kun sen kosteus lähestyy puusolujen kyllästymispistettä. Tämä on kosteustila, jossa puun soluseinät eivät enää ime itseensä lisää vettä, vaan puun soluonteloihin alkaa tiivistyä vapaata vettä. Puusolujen kyllästymispiste saavutetaan, kun puuta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on pitkään lähellä 100 %. Kasvualustaltaan paras happamuusaste on pH 5 ja vaihteluväli on pH 2-7. Kasvu edellyttää aina mikroilmaston osalta seisovaa tai hyvin hitaasti liikkuvaa ilmamassaa. (Kokko ym. 1999, 22-33)

Eläimistä hyönteiset vaikuttavat merkittävimmin rakenteiden kestävyYTEEN. (Kokko ym. 1999, 27-35) Jyrsijät, linnut ja etenkin tikat aiheuttavat mekaanisia vikoja, mutta niiden vaikutus on kuitenkin usein paikallinen. Toisaalta jyrsijät (hiiret ja rotat) vioittavat höyrynsulku- ja lämmöneristekerroksia. Pahimmallaan ne voivat aiheuttaa laajojakin vaurioita.

Puuta vaurioittavia hyönteisiä ovat varsinaiset puuta ravinnelähteenä käyttävät puutuholaiset, jotka heikentävät puun lujuutta. Näiden lisäksi kuorellisessa puussa voi olla ns. kuorituholaisia, jotka aiheuttavat lähinnä pintavikoja. Eräät hyönteiset kaivautuvat rakennusmateriaaleihin vain tehdäkseen niihin pesiä. (Kokko ym. 1999, 27-35.)

Suomessa esiintyvät hyönteisvauriot ovat yleensä yhteydessä lahovaurioihin ja rakenteelliset vauriot ovat paikallisia. Hyönteisvauriot kehittyvät yleensä hitaasti maamme ilmaston johdosta. Varsinaisen vaurion aiheuttavat yleensä hyönteisten toukat. Tupajumi (*Anobim punctatum*) on tunnetuin ja yleisin *Anobiae*-heimon puutu-

holaisista. Kuolemankello (*Xestobium rufovillosum* ja *Hardrobregmus pertinax*) elävät vain lahovikaisessa puussa samoin kuin hirsijumi (*Hardrobregmus confusus*). Kuolemankello ja hirsijumi ovat yleisimpiä vanhoissa puurakennuksissa esiintyviä puutuholaisia Suomessa. (Kokko ym. 1999, 27-35.)

### 3.5 Kosteus- ja homevaurioiden terveyshaitat

Valtioneuvoston 12.5.2010 periaatepäätöksen mukaan 600 000 – 800 000 suomalaista altistuu päivittäin kosteus- ja homevaurioille kodeissa, työpaikoilla tai muissa julkisissa rakennuksissa.

Terveydensuojelulaki (L 1994/763, 27 §) määrittelee asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyvän terveyshaitan. Lisäksi asunnon ja muun oleskelutilan terveydellistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista on säädetty Sosiaali- ja terveysministeriön 23.4.2015 voimaan tulleessa asetuksessa.

*Jos haitta aiheutuu asuinhuoneiston tai muun oleskelutilan rakennuksen rakenteista, eristeistä tai rakennuksen omistajan vastuulla olevista perusjärjestelmistä, haitan poistamisesta vastaa rakennuksen omistaja, ellei muualla laissa ole toisin säädetty. Jos terveyshaitta aiheutuu kuitenkin asunnon tai muun oleskelutilan käytöstä, joka ei ole tavanomaista, terveyshaitan poistamisesta vastaa asunnon tai muun oleskelutilan haltija. Kunnan terveydensuojeluviranomainen kohdistaa velvoitteen sille, jonka vastuulla haitta on. Velvoite ohjaa käynnistämään viipymättä tarvittaviin toimenpiteisiin terveyshaitan ja siihen johtaneiden tekijöiden selvittämiseksi, poistamiseksi tai rajoittamiseksi.*

Terveydensuojelulain (L 1994/763, 27 §) tarkoitettujen määräysten antamisen tulee perustua terveydensuojeluviranomaisen tekemään tarkastukseen sekä riittäviin ja luotettaviin mittauksiin, näytteisiin, tutkimuksiin, selvityksiin tai havaintoihin. Terveyshaitan selvittämiseksi voidaan lisäksi antaa määräys rakenteen kuntotutkimuksen suorittamisesta.

Terveydensuojelulain (L 1994/763, 31 §) käsittelee mikrobit ja vahinkoeläimet seuraavasti. Terveydensuojeluviranomainen velvoittaa kiinteistön tai yleisen alueen omistajan tai haltijan käynnistämään toimenpiteet terveyshaittaa aiheuttavien mikrobitien ja vahinkoeläinten hävittämiseksi kiinteistöltä tai yleiseltä alueelta. Lisäksi terveydensuojeluviranomainen voi määrätä kunnassa tarpeellisista toimenpiteistä va-

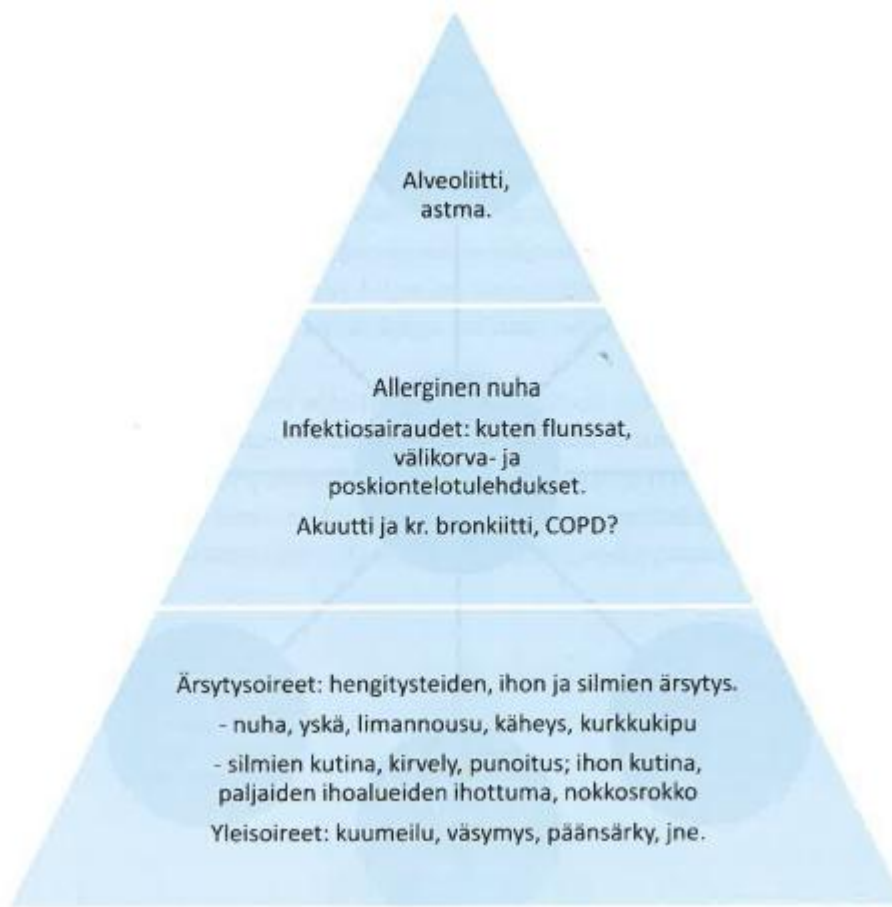


hinkoeläinten hävittämiseksi, mikäli niiden voidaan katsoa levittävän tauteja tai muutoin aiheuttavan terveyshaittaa.

Rakennuksen mikrobien aiheuttaman terveyshaitan määritelmä on tarkemmin käsitelty Sosiaali- ja terveysministeriön 23.4.2015 julkaisemassa asetuksessa asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisiä olosuhteista ja ulkopuolisen asiantuntijan pätevyysvaatimuksista.

Rakennuksessa oleskelevien henkilöiden oireilu saattaa viitata mikrobien aiheuttamaan terveyshaittaan, joka on käsitelty opinnäytetyön luvussa 3.5. Tyypillisiä henkilöoireita ovat silmien, ihon ja hengitysteiden limakalvojen ärsytysoireet, kuten nenän tukkoisuus ja nuha, äänenkähäys, yskä ja limannousu keuhkoista, toistuvat nenäverenvuodot, hengenahdistus ja hengitystievaikkeudet. Myös erilaisia yleisoireita voi esiintyä, esimerkiksi selittämätöntä kuumeilua, päänsärkyä, väsymystä ja pahoinvointia. Näitä oireita voi esiintyä myös muista sisäilmatekijöistä johtuen. Oireiden liittyminen sisäilman laatuun on todennäköistä, jos oireet lievittyvät tai häviävät, kun rakennuksesta ollaan poissa. Altistukseen viittaavat myös toistuvat infektiot, kuten hitaasti paranevat flunssat, poskiontelon- ja keuhkoputkentulehdukset ja lapsilla korvatulehdukset. Poikkeuksellisen mikrobialtistuksen seurauksena voi kehittyä pitkäaikaisraus, esimerkiksi krooninen keuhkoputkentulehdus, allerginen nuha, astma, ihottuma tai alveoliitti. (Asumisterveysopas 2009, 152)

Mikrobialtistuksen ja oireilun ajallisen (pitkäkestoisuus) yhteyden sekä oireiden vakavuuden muuttuminen vaikutusajan suhteen esitetään opinnäytetyön kuvassa 7. Kuvassa seitsemän on esitetty kosteusvaurioaltistumiseen liittyvät oireet ja sairaudet. Kuvaajassa alhaalla on ensivaiheen yleiset oireet, ylimpänä pitkäaikaiseen altistumiseen liittyvät sairaudet. (Putus 2014, 8-11).



KUVA 7. Kosteusvaurioaltistumiseen liittyvät oireet ja sairaudet. (Putus 2014, 11.)

Mikäli työntekijöiden oireilu on laajaa eikä yksiselitteistä ongelman aiheuttamaa vauriomekanismia ei tunneta, niin tässä tapauksessa työpaikalla on mahdollista toteuttaa oirekysely, joka on yksi osa kokonaisvaltaista selvitystä. Työterveyslaitos on jatkokehittänyt ruotsalaisen (Örebro / MM-40) mallin pohjalta sisäilmastokyselyn, jonka avulla saadaan todennäköinen kuvaaja käyttäjien kokemista oireista, niiden laajuudesta ja koetusta sisäilmastosta. Kyselyn avulla voidaan selvittää, aiheutuvatko työntekijöiden kokemat oireet työpaikan huonosta sisäilmasta, organisaation psykologisesta ongelmasta tai jostakin muusta haitasta. Kyselyn tuloksia verrataan laajan taustatutkimuksen avulla kerättyihin vertailuarvoihin. Psykologinen näkökulma on huomioitava tapauksissa, joissa tilojen käyttäjät kokevat olosuhdehaittoja tiloissa, joissa ei ole ilmeisiä (rajallisia vaurioita) sisäilmastoon liittyviä ongelmia. Vertailuarvoista selkeästi poikkeavien olosuhdehaittojen avulla voidaan päätellä tiloissa olevia ja esiintyviä ongelmia. (Putus 2014, 8-28)

### 3.6 Terveyshaitan riskinarviointi

Riskinarviointi on tieteeseen perustuva systemaattinen prosessi arvioida eri tilanteisiin liittyviä riskejä, esimerkiksi terveyshaitan todennäköisyyden ja seurausten arviointi ristiintaulukoinnilla (Pääkkönen & Rantanen. 2003; Seuri & Palomäki 2000; BS 8800, 1998). Riskinarviointi on useimmiten työkalu riskien välttämiseksi, vähentämiseksi tai hallitsemiseksi.

Riskillä on suomenkielessä synonyymeinä vahingonvaara tai vahingon uhka. Arkikielessä riski-sanaan liittyy epäonnistumisen tai uhan todennäköisyydelle. Matemaattisesti riski on lopputuloksen todennäköisyys kerrottuna sen aiheuttamilla osajäännöksillä. Riski voidaan luokitella riskin vakavuutta ja suuruutta kuvaavien adjektiivien avulla esimerkiksi seuraavasti: Riskin vakavuus / suuruus; vähäinen, kohtalainen, merkittävä tai sietämätön. Taulukossa 2 on esitetty terveyshaitan todennäköisyyden ja seurausten arviointi. (Pääkkönen & Rantanen 2003, 10)

TAULUKKO 2. Terveyshaitan todennäköisyys ja seurausten arviointi. (Pääkkönen & Rantanen 2003, 10)

| Terveyshaitan todennäköisyys   | Terveyshaitan riskin vakavuuden ja suuruuden arviointi                                   |   |  |
|--|--|---|--|
|  | Vähäiset   | Haitalliset   | Vakavat  |
| Seuraukset   | <i>Ei oireita tai satunnaista viihtyvyyshaittaa tai ärsytysoireilua</i>                  | <i>Toistuvaa ärsytysoireilua, infektiota, ODTS</i>  | <i>Pysyvä sairaus, ammattitauti</i>  |
| <b>Epätodennäköinen</b><br><i>Ei todettua kosteusvauriota, ei riskirakenteita</i>  | <b>Merkityksetön riski</b><br><i>-ei toimenpiteitä</i>                                   | <b>Vähäinen riski</b><br><i>-seuranta</i>   | <b>Kohtalainen riski</b><br><i>-toimenpiteet altisteiden selvittämiseksi välttämätön</i>                   |
| <b>Mahdollinen</b><br><i>Kosteusjälkiä, ei mikrobikasvua, riskirakenteita, korjattu kosteusvaurio</i>  | <b>Vähäinen riski</b><br><i>-seuranta</i>  | <b>Kohtalainen riski</b><br><i>-toimenpiteet altisteiden selvittämiseksi välttämätön</i>          | <b>Merkittävä riski</b><br><i>-toimenpiteet altisteiden poistamiseksi käynnistettävä nopeasti</i>          |
| <b>Todennäköinen</b><br><i>Näkyvä vaurio sisäpinnalla, mikrobikasvua materiaaleissa tai poikkeavaa mikrobialtistetta todettu (ilma- tai pölynäyte), ilmayhteys vauriosta työskentelytilaan</i> | <b>Kohtalainen riski</b><br><i>-toimenpiteet altisteiden selvittämiseksi välttämätön</i> | <b>Merkittävä riski</b><br><i>-toimenpiteet altisteiden poistamiseksi käynnistettävä nopeasti</i> | <b>Sietämätön riski</b><br><i>-välttömät toimenpiteet, työn keskeyttäminen, huoneen / tilan sulkeminen</i> |

Riskinarvioinnin tavoitteena on olla riippumaton tieteellinen prosessi, joka ei huomioi poliittisia tai taloudellisia vaikutuksia. Ratkaisuvaihtoehtojen arvioinnissa (hyödyt ja riskit), riskinhallinnassa, huomioidaan poliittisten ja taloudellisten vaikutusten lisäksi esimerkiksi terveys- ja ympäristövaikutukset. Lisäksi tärkein osa-alue riskianalyyseissä on riskiviestintä eli tiedottaminen.



KUVA 8. Riskianalyysin osa-alueet (Seuri & Palomäki 2000, 21)

Kuvassa 8 on kuvattu riskianalyysin kolme päävaihetta. Päävaiheet ovat riskinarviointi, riskinhallinta ja riskiviestintä. Riskianalyysiä käyttävät terveydensuojelu- ja työsuojeluviranomaiset. Parhain lopputulos saadaan, kun terveyshaitan riskianalyyseihin laati ja on erikoislääkäritasoisena sairaalan asiantuntija (Nordman & Uitti 2007, 653-664).

Yleisesti suomalaisessa lainsäädännössä sekä terveydensuojelulain että työturvallisuuslain lähtökohtana on riskien tunnistaminen ja terveyshaittojen ennaltaehkäisy. Työpaikoilla työtapaturma- ja ammattitautilaki (L 2015/459) ja ammattitautiasetus (L 1988/1347) antavat lisäksi ohjeita työpaikoilla sairastuneiden sairauksien toteamisesta ja syy-yhteyden osoittamisesta. Terveydensuojelulaki (L 1994/763) ei sen sijaan edellytä syy-yhteyden osoittamista. Riskin käsite on erilainen eri laeissa. Eri rakennuksissa on käyttötarkoituksen ja toiminnan mukaisesti eri vastuuviranomaisia (opin näytetyön luku 2.4), näiden kaikkien tavoitteena on (moniammatillinen) yhteistyössä laadittu systemaattinen selvitys rakennuksen kunnosta ja käyttäjien altistumisesta (riskinhallinta) –riskianalyysi.

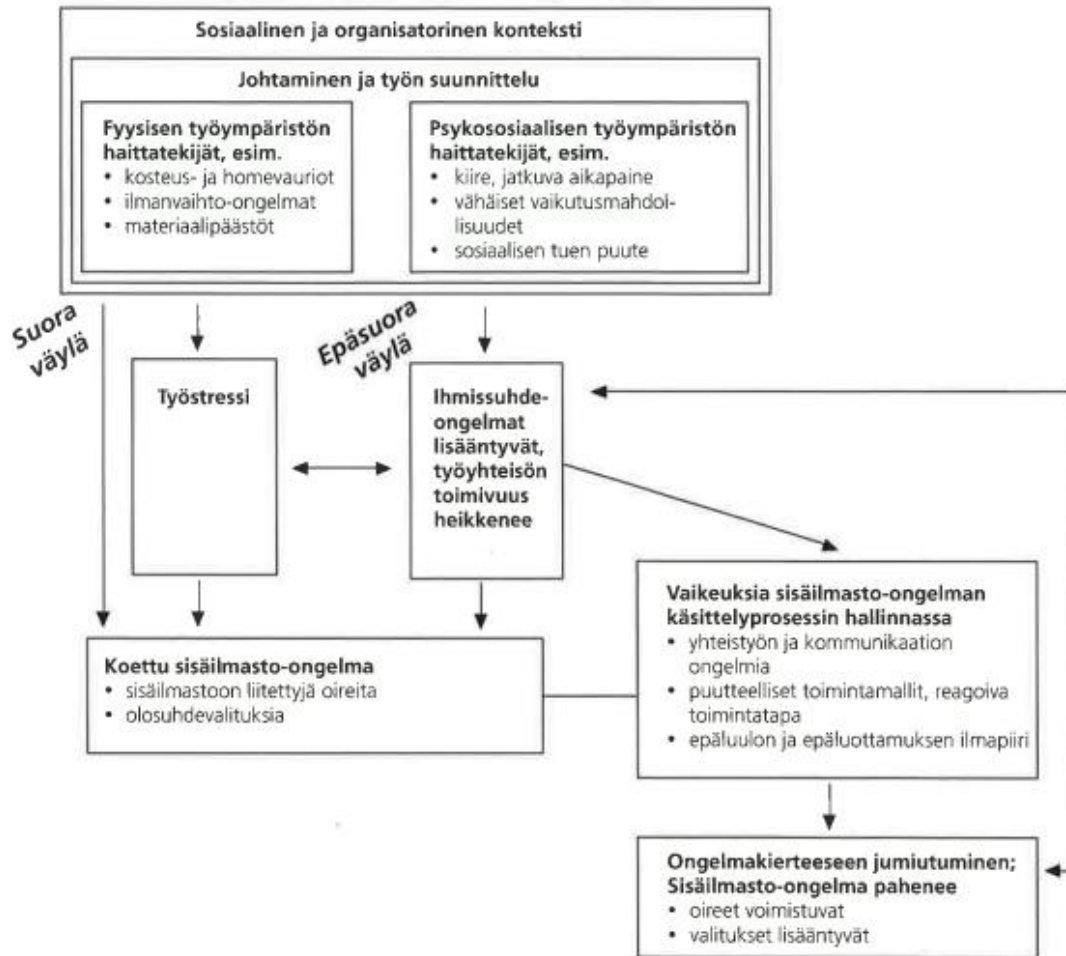
### 3.7 Psykologinen näkökulma työympäristön sisäilmasto-ongelmiin

Sisäilmaston merkitys ihmisten hyvinvoinnin osalta on näin ollen kasvanut huomattavasti. Ihmiset tarkkailevat ympäristöään yksilöinä, jolloin ihmisten niin negatiiviset kuin positiiviset kokemukset ovat yksilöllisiä. Perinteisesti sisäilmasto-ongelmia on selvitetty rakennusteknisen, sisäympäristön ja lääketieteen näkökulmasta. Tutkimustiedon lisääntyessä sisäilmasto-ongelmat ovat osoittautuneet taustaltaan monitekijäiseksi kemiallisten, fysikaalisten, biologisten ja psykososiaalisten sisäympäristötekijöiden sekä yksilöllisten tekijöiden vuorovaikutuksesta kehittyväksi tilaksi. (Lahtinen 2004, 6-11.)

Esimerkiksi Marjaana Lahtisen työ- ja organisaatiopsykologian alaan kuuluvan tutkimuksen tavoitteena oli auttaa paremmin ymmärtämään sisäilmasto-ongelmien monimutkaisuutta sekä edistää valmiuksia ratkaista niitä. Tutkimuksen tulokset tukivat näkemystä psykososiaalisen työympäristön merkityksestä sisäilmasto-ongelmien tausta- ja osatekijöinä. Työnsä harvoin tai ei koskaan mielenkiintoiseksi arvioivat henkilöt sekä liian suuren työkuorman alla työskentelevät ja omat vaikutusmahdollisuutensa vähäisiksi kokevat työntekijät raportoivat tilastollisesti merkitsevästi enemmän olosuhdehaittoja ja sisäilmastoon liitettyjä oireita kuin psykososiaalista työympäristöä myönteisesti arvioivat. Lisäksi rajujen organisaatiomuutosten ja niiden aiheuttaman henkisesti kuormittava tilanne kärjistää koettuja sisäilmasto-ongelmia. (Lahtinen 2004, 6-11.)

Erityisesti kosteus- ja homevauriokohteille on tyypillistä yleisen epäluottamuksen ilmapiirin syntyminen ja kärjistyneet konfliktitilanteet. Sisäilmasto-ongelmien ydin on fyysisessä työympäristössä, mutta myös psykososiaalinen työympäristö vaikuttaa siihen, millaisen ilmiasun ongelma saa työpaikalla. Organisaation taidot hallita ongelman ratkaisuprosessin inhimillistä ja sosiaalista puolta vaikuttavat lisäksi keskeisellä tavalla siihen, millaiseen lopputulokseen sisäilmasto-ongelman ratkaisussa päädytään. Epäonnistuneella prosessin hoidolla voidaan hukata käytettävissä olevat resurssit ja jumiutua pitkäksi aikaa ongelmakierteeseen. Sisäilmasto-ongelman ratkaisussa ei ole kysymys pelkästään teknisen ongelman objektiivisesta korjaamisesta vaan samalla myös ihmisten kokemuksista. Jos työntekijöiden subjektiivinen kokemus ja tulkinta eivät muutu, sisäilmasto-ongelmailmoitukset ja -havainnot (työympäristöön kohdistuvat valitukset ja koetut oireet) pysyvät työpaikalla huolimatta teknisesti onnistuneista ratkaisuista. Kuva 8 auttaa ymmärtämään psykososiaalisen työympä-

ristön roolia sisäilmasto-ongelman synnyssä ja pahenemisessa. (Lahtinen 2004, 6-11).



KUVA 9. Kaavio työympäristön roolista sisäilmasto-ongelman synnyssä ja pahenemisessa (Lahtinen 2004, 74).

## 4 KIIINTEISTÖN KUNNOSSAPITO JA KORJAUSHANKKEEN ENNAKOIMINEN

### 4.1 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

Kiinteistönpito käsittää kaikki ne toimenpiteet, oikeussuhteet ja taloudelliset seikat, jotka mahdollistavat kiinteistön jatkuvan tarkoituksen mukaisen käyttämisen. Kiinteistönpito-prosessi alkaa rakennuksen valmistumisesta ja päättyy rakennuksen käytöstä luopumiseen, kun rakennus puretaan, se tuhoutuu tai muuten hylätään. Toistuvuutensa mukaan kiinteistönpitoimet voidaan jakaa jatkuviin, toistuviin ja kertaluonteisiin tehtäviin. (Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen RakMK A4 2000, 2).

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen viranomaisten sisältö velvoite on käsitelty Suomen Rakennusmääräyskokoelman A4 osassa. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje sisältää kiinteistönpitoa ohjaavaa ja varmistavaa kiinteistökohtaista asiakirjakokonaisuutta. Asiakirjakokonaisuuteen yhdistetään kiinteistönhoidon, huollon ja kunnossapidon lähtötiedot, tavoitteet, tehtävät ja ohjeet sekä kiinteistönomistajalle, ylläpito-organisaatiolle että tilojen käyttäjille annettavat ohjeet. Käyttö- ja huolto-ohjeen kunnossapitajaksot, tarkastukset ja huolto-ohjelmat pohjautuvat rakennuksen tai sen teknisten järjestelmien suunnitelluista käyttöikätaavoitteista. Lisäksi rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje tulee laatia huomioon ottaen rakennuksen ja rakennusosien ominaisuuksien säilyminen suunnitellun käyttöiän ajanjakson. (Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen RakMK A4 2000, 2.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (L 1999/132, 166 §) määrittää rakennuksen kunnossapidon, että rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset eikä aiheuta ympäristöhaittaa tai rumenna ympäristöä. Lisäksi maankäyttö- ja rakennuslaki (L 1999/132, 166 §) velvoittaa rakennuksen omistajan suunnitelmalliseen kunnossapitoon, jos velvollisuutta laiminlyödään, kunnan rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä rakennuksen korjattavaksi tai sen ympäristön siistittäväksi. Ennen korjauskehotuksen antamista rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä rakennuksen omistajan esittämään rakennusta koskevan kuntotutkimuksen terveellisuuden tai turvallisuuden

### 4.2 Rakennusten kiinteistönpito

Kiinteistönpito tarkoittaa juridiseen oikeuteen tai velvollisuuteen perustuvaa vastuuta kiinteistöstä ja siihen liittyvistä ominaisuuksista. Kiinteistönpito sisältää esimerkiksi kiinteistön teknisten järjestelmien ja rakennusosien hoitoa sekä ylläpitoa, asiakaspalvelua, talous- ja henkilöstöhallintoa. (Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen RakMK A4 2000, 2.)

Rakennuksen elinkaaren aikana omistajan huolto- ja ylläpitotavat sekä käyttäjän toimintatavat ovat avainasemassa käyttövirheiden estämisessä. Lisäksi ilman dokumentointia toteutettu suunnittelematon kunnossapito ja ylläpito luovat edellytyksiä home- ja kosteusongelmiin ja edelleen korjausrakentamishankkeen käynnistymiseen. Rakenteiden ja talotekniikan kunnan suunnitelmalliseen seurantaan ja niiden ylläpitoon on olemassa työkaluja, mm. rakennuksen huoltokirja.

#### 4.2.1 Suunniteltu käyttöikä

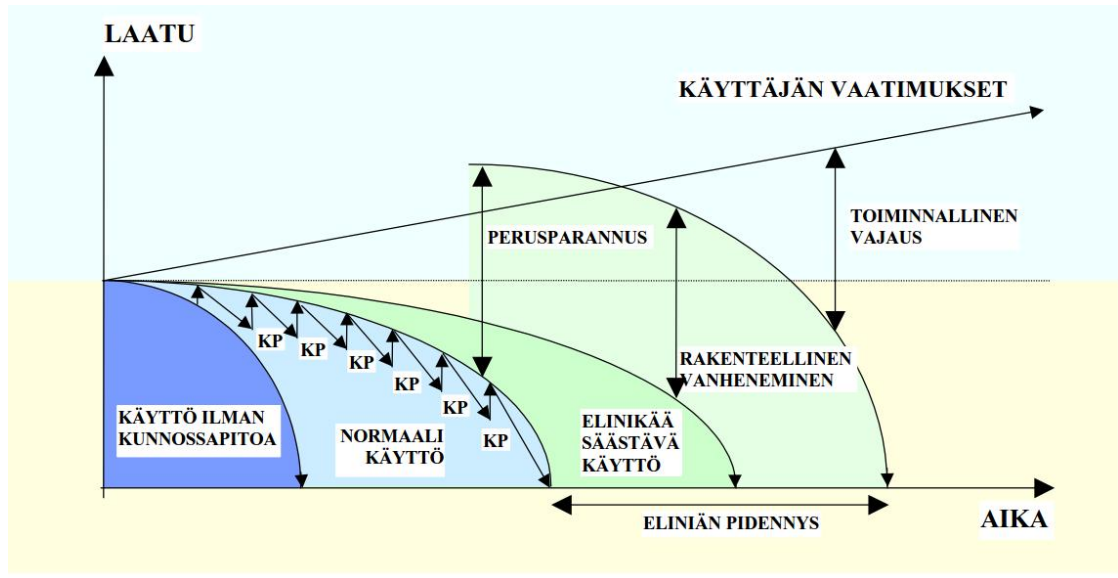
Rakennuksen suunnittelussa rakennusosille määritetään käyttöikä. Käyttöikä havainnollistaa rakennuksen, rakennusosan tai teknisen järjestelmän käyttöönoton jälkeistä aikaa, kun rakennusosan tai teknisen järjestelmän suunnitellut toimivuusvaatimukset täyttyvät. (Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen RakMK A4 2000, 2.) Teknisen käyttöiän saavuttaminen edellyttää, että rakennus sekä tekninen järjestelmä on suunniteltu, toteutettu voimassa olleiden määräysten ja käyttöönotettu ohjeiden mukaisesti. Lisäksi edellytetään, että asianmukaiset vuosittaiset kunnossapito-, ylläpito-, hoito- ja huoltotoimenpiteet on tehty ja dokumentoitu sekä käyttöohjeita on noudatettu.

#### 4.2.2 Kunnossapito ja sen jaksottaminen

Rakenteen, rakennusosan tai teknisen järjestelmän korjaaminen tai osittainen uusiminen, täydentäminen ja kunnostaminen ovat kunnossapitoa. Kunnossapidon tarkoitus on vaikuttaa rakennuksen arvon säilymiseen, teknisen kunnan ylläpitoon sekä ehkäistä rakennuksen tai sen rakennusosien täydellinen vaurioituminen (opinnäytteen kuva 10). Kunnossapito voi olla joko systemaattisen suunnitelmallista tai ilmenneisiin vaurioihin ja puutteisiin reagoivaa riippuen valitusta kunnossapitostrategiasta. Suunnitelmallisen kunnossapidon hankinta on usein kalliimpaa verrattuna reagoivaan kunnossapitostrategiaan, mutta pitkällä aikavälillä kokonaiskustannukset ovat suuremmat akuutteihin ongelmiin tai vaurioihin reagoivassa kunnossapitostrategiassa. Kunnossapitoon kohdistetut vaatimukset vaihtelevat rakennustyypeittäin sekä käyttä-



järyhmittäin. (KH 90-00403, 1-2; Myyryläinen 2008, 22-47; Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen RakMK A4 2000, 2.)



KUVA 10. Kunnossapidon ja perusparannuksen /-korjauksen vaikutus rakennuksen käyttäjien kokemaan laatuun (Puhto & Tiainen 2011, 27).

#### 4.2.3 Rakennuksen toiminnallinen korjaustarve

Rakennuksen tai rakennetun ympäristön korjausrakentamisen lähtökohtana on useimmiten rakennuksen toiminnallinen vanheneminen, minkä vuoksi taloudellinen tuottoarvo on alentunut omistajan kannalta epätydyttävälle tasolle. Energianhinnan voimakkaasta kasvusta aiheutuvat kasvavat lämmityskustannukset, epäkelvoista pinnoista tai muodoltaan vaikeista tiloista johtuvat kohtuuttomat kunnossapitokulut, jotka korostuvat kalliin ihmistyövoiman epärationaalisen käytön vuoksi, rakenteiden, talotekniikan ja pintojen kalliiksi kohonneet vuosikorjaus- ja huoltotyöt sekä rakennuksessa tapahtuvaan toimintaan nähden "nuhruinen" ja imagoa heikentävä ulkoasu ovat tällaisia muita toiminnallisia vanhenemissyytiä, joiden vuoksi rakennus tai rakennettu ympäristö päätetään peruskorjata, uusia tai muuttaa toiseen käyttötarkoitukseen. Rakennuksien käyttäjien toiminnan muuttumisen lisäksi alueen maankäyttö ja sen luonne kehittyvät tai taantuvat rakennushetkeen verrattuna. Alueellinen väestön ikärakenteen kehitys sekä muuttoliike kasvukeskuksiin voi lisätä nykyisestäään muuttaa rakennuksien toiminnallista korjaustarvetta, jolloin esimerkiksi teollisuuslaitos muutetaan asuin-, palvelu- tai hoitolaitostiloiksi. Rakennuksen toiminnallista vanhentuneisuutta indikoivat myös sellaiset seikat, että talotekniikka ei toimi tyydyttävällä tavalla, esteetön liikkuminen on vaikeaa (Esteetön rakennus. 2005. Suomen RakMK

F1, 3) tai esimerkiksi paloteknisten puutteiden vuoksi rakennuksessa toimivien / työskentelevien ihmisten henkilöturvallisuus vaarantuu. (RIL 174-1-1988, 91-92)

#### 4.2.4 Rakennuksen tekninen korjaustarve

Rakennuksen tai rakennetun ympäristön tekninen käyttöikä (opinnäytetyön luku 5.2.1) on se aika, jonka rakennus, rakennusosa, tekninen järjestelmä tai rakennusmateriaali on teknisten ominaisuuksiensa puolesta käyttökelpoinen ja on kulumisen puolesta kunnossa.

### 4.3 Rakennuksen kunnan arviointi

#### 4.3.1 Kuntoarvio

Kuntoarvion tavoitteena on kunnossapitosuunnittelun lähtötietojen hankinta. Kuntoarviossa kiinteistönomistajalle laaditaan ryhmätyönä tehty arvio rakennuksen tai rakennetun ympäristön kunnosta ja korjaustarpeesta. Kuntoarvioijia on yleensä kolme henkilöä: rakennus-, LVIA- sekä sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien asiantuntija, muodostavat työryhmän. Yleensä työryhmän koordinointi kuuluu rakennustekniikan asiantuntijalle. Kuntoarvion vaiheita ovat ennakkosuunnittelu, lähtötietojen kerääminen ja käsittely, käyttäjäkysely ja haastattelut, kiinteistötarkastus, raportointi ja tiedottaminen.

Kuntoarviossa rakennukselle ja siihen kuuluville järjestelmille suoritetaan aistinvarainen tarkastus, jolla arvioidaan rakennuksen ja siihen kuuluvien järjestelmien nykytilanteen kunto sekä mahdollisesti ilmenevät vauriot. Tarkastuksessa kiinnitetään erityistä huomiota rakennuksen ja siihen kuuluvien järjestelmien turvallisuuteen ja terveellisyyteen liittyviin seikkoihin sekä havaittuihin merkittäviin vaurioihin tai vikoihin.

Tarkastuksessa arvioidaan vikoja ja vaurioita, jotka ikääntyessään voivat aiheuttaa mittavia vaurioita, turmeltumista tai taloudellisia riskejä. Rakenteiden osalta selvitetään rakennejärjestelmä ja sen toimintatapa sekä huomioidaan erityisrakenteiden kunto. Tarkastuksessa arvioidaan LVIAS- ja tietoteknisiä järjestelmiä työryhmän työnsuorituksen mukaisesti. Lisäksi tarkastuksessa arvioidaan sisäilmaston laatuun vaikuttavia tekijöitä, kuten esimerkiksi lämpötila, ilmanvaihtuvuus, käyttäjän toiminta ja valaistus. Tarkastuksessa voidaan ottaa kantaa home- ja kosteusvaurioiden sekä asbesti- ja haitta-aineiden esiintymiseen kohteessa. (RT 18-11086, 1-3)

Kuntoluokka on arvio tarkastettavan kohteen kunnosta ja kuvaa kunnossapitosuunnitelmaehdotuksessa esitetyn rakennusosan tai teknisen järjestelmän ja korjaustarpeen kiireellisyyttä. Kuntoluokituksessa on käytössä 5-portainen luokitus, joka on kuvattu RT 18-11061 ohjekortissa.

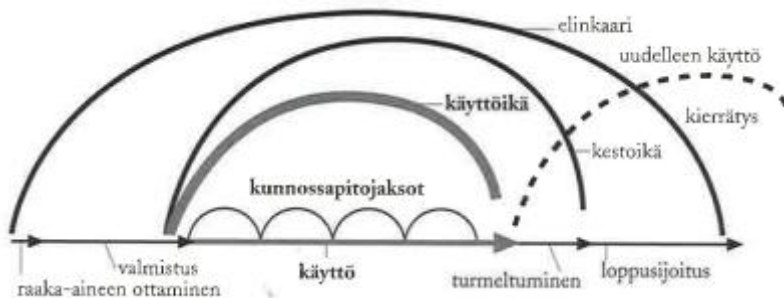
Tehdyistä havainnoista laaditaan raportti, joka sisältää pitkäntähtäimensuunnitelman (PTS). Raportissa esitetyistä toimenpiteistä esitetään sisältö, kustannusarvio, suositeltava korjausajankohta ja mahdolliset korjausvaihtoehdot. PTS-suunnitelman tarkastelu-aika on usein kymmenen vuotta kuitenkin vähintään viisi vuotta, ja siinä huomioidaan teknisten asioiden lisäksi myös toiminnalliset ja taloudelliset näkökulmat.

Kuntoarvioinnin aikana havaitut lisäselvitys- tai kuntotutkimustarpeet esitetään raportissa. Vain kohdennetuilla kuntotutkimuksilla pystytään tarkentamaan kuntoarvion havaintoja ja kiinteistönomistaja voi ennakoita tulevia korjauksia.

## 5 RAKENNUKSEN KÄYTTÖIKÄ / ELINKAARI

### 5.1 Tarve- ja hankesuunnittelun vaikutus rakennuksen elinkaarikustannuksiin sekä käyttöikään

Rakennuksen elinkaari alkaa raaka-aineen käyttöönottamisesta ja päättyy uudelleen-käyttöön, kierrätykseen tai loppusijoituspaikkaan (kuva 11). Rakennusosakohtainen käyttöikä saavutetaan ainoastaan huoltamalla rakennusosia systemaattisesti oikein ja tekemällä niiden kunnossapitotoimet ajallaan. Käyttöikä voi päättyä ennen aikojaan, mikäli rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu ennen rakennusosien luonnollisen käyttöiän päättymistä. Tekninen käyttöikä tarkoittaa käyttöönoton jälkeistä aikaa, jonka loppuun kuluessa, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella. Mikäli muunneltavuus huomioidaan oikealla tavalla jo suunnittelu- ja toteutusvaiheessa, rakennuksen käyttötarkoitusta voidaan muuttaa pienillä korjauksilla uuteen käyttöön. (Myyryläinen 2008, 22)



KUVA 11. Erilaisten elinkaarien kuvaaminen (Myyryläinen 2008, 22)

Rakennuksen suunniteltu käyttöikä on (SFS-EN 1990+A1+AC: Rakenteiden suunnitteluperusteet) mukaan tavallisille rakennuksille 50 vuotta ja kantaville (primääri) rakenteille 100 vuotta. Suunniteltu käyttöikä määritetään SFS-EN 1990+A1+AC kohdan 2.3 mukaan. Kuvassa 12 on esitetty rakennuksen viitteellinen suunniteltu käyttöikä (SFS-EN 1990+A1+AC: Rakenteiden suunnitteluperusteet) mukaan. Rakennusosien (esimerkiksi ulkoseinärakenne) suunniteltu käyttöikä on RIL 216-2013 mukaan 50 vuotta, lukuun ottamatta (primääri) kantavia rakenteita. Jolloin ulkoseinärakenteen yksittäisen osan, esimerkiksi lämmöneristeen tai höyrynsulun käyttöikä on sama kuin rakennusosan. Rakenteille, rakennusosille tai -järjestelmille on esitetty ohjeelliset käyttöiät RT 18-10922 -ohjekortissa.

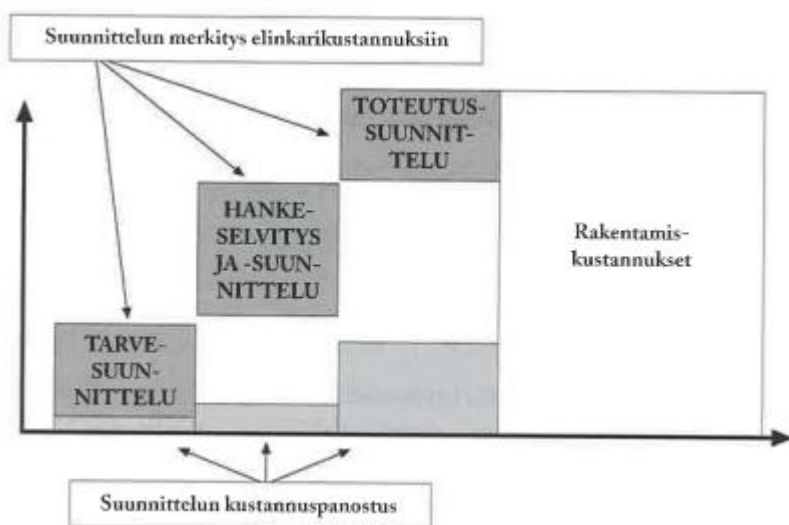
| Suunnitellun käyttöiän luokka | Viitteellinen suunniteltu käyttöikä (vuosia) | Esimerkkejä  |
|-------------------------------|--|--|
| 1                             | 10   | Tilapäisrakenteet <sup>(1)</sup>   |
| 2                             | 10...25                                      | Vaihdeettavissa olevat rakenteen osat, esim. nosturiratapalkit, laakerit |
| 3                             | 15...30                                      | Maatalous- ja vastaavat rakennukset                                      |
| 4                             | 50   | Talonrakennukset ja muut tavanomaiset rakenteet                          |
| 5                             | 100  | Monumentaaliset rakennukset, sillat ja muut maa- ja vesirakennuskohteet  |

<sup>(1)</sup> Sellaisia rakenteita tai niiden osia, jotka voidaan purkaa uudelleen käytettäväksi, ei pidetä tilapäisinä.

KUVA 12. Rakennuksen viitteellinen suunniteltu käyttöikä (SFS-EN 1990+A1+AC: Rakenteiden suunnitteluperusteet, 48)

Rakenne tulee suunnitella siten, että sen kunnon heikkeneminen suunnitellun käyttöiän aikana ei heikennä rakenteen toimivuutta aiottua huonommaksi, kun otetaan asianmukaisesti huomioon rakenteen ympäristö ja odotettavissa oleva ylläpidontaso. (SFS-EN 1990+A1+AC: Rakenteiden suunnitteluperusteet, 48)

Tarve- ja hankesuunnittelussa ratkaistaan pääosin rakennuksen elinkaaren pituus ja elinkaaritalous. Rakennusta ei voida käyttää sen paremmin tai taloudellisemmin kuin millaiseksi se on alun perin suunniteltu ja rakennettu. Tarve- ja hankesuunnittelu luo perustan koko rakennuksen käytettävyydelle, toimivuudelle ja elinkaarikustannuksille. Tästä syystä tarve- ja hankesuunnittelun merkitys korostuu ylitse muiden suunnitelmien, koska tarve- ja hankesuunnitelmassa määritetään rakennuksen toimivuus, muunneltavuus, sisäilmasto ja energiatalous. Energia muodostaa rakennuksen elinkaarikustannuksista noin 80 %, joten sisäilmaston ja energiatalouden suunnittelu on erittäin tärkeää. Rakennuksen on taattava toiminnan tarvitsemat palvelut turvallisesti, terveellisesti ja taloudellisesti. Suunnittelijan on tärkeää ymmärtää asiakkaan pitkän tähtäimen toimintaprosessi. Hankesuunnittelun tarkoituksena on selventää tarveselvityksessä määritellyt rakennuttajan tavoitteet ja viedä hanketta eteenpäin huomioiden tarvesuunnittelussa määritettyjen vaatimuksien mukaisesti. Hankesuunnittelussa selvitetään tilat ja niiden ominaisuudet sisäilmastovaatimuksineen mahdollisimman tarkoin yhteistyössä rakennuttajan ja rakennuttajaa edustavien asiantuntijoiden kanssa. Tarve- ja hankesuunnitteluvaiheen kustannusten osuus elinkaarikustannuksista on esitetty kuvassa 13. Parhaimpaan lopputulokseen päästään lisäämällä systemaattisen tarve- ja hankesuunnittelun osuutta. (Myyryläinen 2008, 22-25)



KUVA 13. Suunnittelun merkitys elinkaarikustannuksiin (Myyryläinen 2008, 24)

## 5.2 Elinkaarimalli

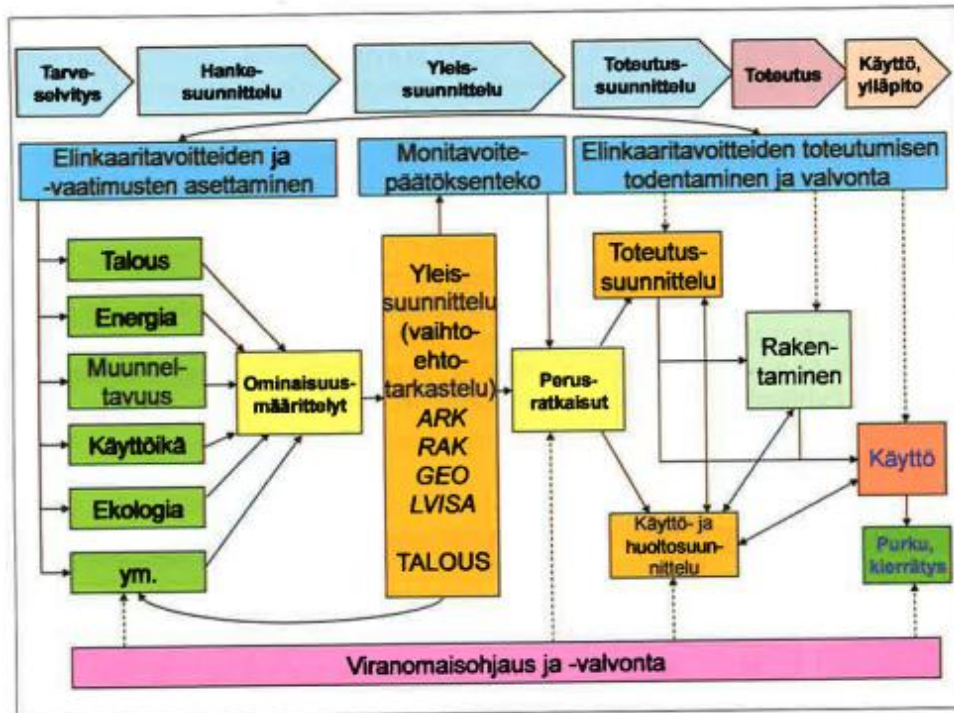
Rakennuksen ja rakennustuotteen elinkaari-prosessin vaiheet ja niihin liittyvät elinkaa-ren vaiheet ovat (sisältävät eri vaiheisiin liittyvät kuljetukset)

- Valmistus; raaka-aineiden hankinta, materiaalien ja tuotteiden valmistus sekä rakentaminen
- Käyttö; rakennuksen ja rakennustuotteen käyttö
- Purku; rakennuksen ja rakennustuotteiden purku sekä materiaalien ja rakennusosien kierrätys ja uudelleenkäyttö

Kaikissa elinkaaren vaiheissa kuluu energiaa ja syntyy jätteitä. Rakennuksen elinkaa-ren vaiheista ainoa päästöjä vähentävä vaihe on purkuvaihe, johon kuuluu rakennusosien uudelleenkäyttö sekä materiaalien kierrätys tai käyttö energiatuotannossa.

Rakennuksen elinkaareen sisältyy omistajan kannalta useita suunnittelu-, kehitys- ja käyttöjaksoja. Kehittämishankkeet tuottavat valituille tonteille tai alueille rakennuksia, joita käytetään ja uudistetaan tarpeen mukaan. Jossakin vaiheessa, esimerkiksi teknisen käyttöiän saavuttamisesta tai rakennuksen vanhanaikaistumisesta, rakennus puretaan ja tontin kehittäminen alkaa uudelleen. (RIL 216-2013, 17-19).

Kuvassa 14 on esitetty elinkaari-tekniikan soveltaminen rakennushankkeen vaiheissa sekä osana rakennuksen ylläpitoa ja käyttöä.



KUVA 14. Hankkeen vaiheet ja eri elinkaaritekniikkaan liittyviä ohjauskeinoja. (RIL 216-2013, 18)

Elinkaaritekniikan menetelmien (mm. elinkaarisuunnittelun) käytön laajuus vaihtelee eri rakennushankkeissa kohdetyypin, käyttötarkoituksen ja rakennuttajan tarpeiden mukaan. Sisältö määritetään aina tapauskohtaisesti.

Elinkaaritekniikan systematiikka toteutetaan samojen periaatteiden mukaisesti kaikissa eri hankkeen toteutusmuodoissa (esimerkiksi perinteinen tilaajavetoinen hanke, KVR, ST ja elinkaarimalli). Rakennuksen rakennuttamis-, suunnittelu-, toteuttamis- sekä ylläpitovastuiden ja -tehtävien jako eri osapuolille riippuu käytetystä hankkeen toteutusmuodosta. (RIL 216-2013, 19-31)

Yleisperiaatteena on, että kukin osapuoli (esimerkiksi suunnittelu, rakennuttaminen) suorittaa tehtävänsä elinkaariperiaatteella normaaliin tehtäväänsä kuuluvana. Erityistapauksissa, kuten hyvin vaikeissa tai suurissa kohteissa, voidaan hankkeissa lisäksi käyttää elinkaareen liittyvien teknistaloudellisten erityistehtävien suorittamiseen tai koordinointiin pitkälle erikoistunutta elinkaarisuunnittelijaa. (RIL 216-2013, 19-31)

RIL 216-2013 julkaisun mukaan elinkaarisuunnittelu on rakennuksen tai rakenteen ja sen osien kokonaisvaltaista suunnittelua, jonka tavoite- ja vaatimusmäärittelyn perustana ovat seuraavat elinkaarilaadun vaatimukset: käyttövaatimus (sosiaaliset vaati-

mukset), rahatalousvaatimus, kulttuurivaatimus, ekologinen (luonnontalous-) vaatimus.

Elinkaarisuunnittelu eroaa perinteisestä rakennusten ja rakenteiden suunnittelusta kahdella merkittävällä tavalla:

- suunnittelussa huomioidaan kaikki elinkaarilaadun vaatimusryhmät ja näkökulmat
- suunnittelu tehdään elinkaariperiaatteella, jolloin kaikki edellä mainittujen ominaisuuksien tarkastelut ulotetaan koko elinkaaren ajalle.

Elinkaarisuunnittelun tavoitteena on tuottaa ja kuvata ratkaisut, joiden mukaisesti valmistetaan kestäväällä tavalla laadukas rakennus, joka täyttää omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan vaatimukset koko elinkaaren ajan hallitulla ja optimoidulla tavalla.

### 5.3 Korjausten vaikutus elinkaarikustannuksiin

Rakenteiden, rakennusosien ja teknisten järjestelmien käyttöiät sekä suunnitelman mukainen elinkaari on mahdollista saavuttaa vain suorittamalla määritetyt kunnossapitokorjaukset ajallaan. Kiinteistönpidon tehtävänä on osaltaan toteuttaa rakennuksen hankkeen alussa määritellyjä tavoitteita ajallaan, jotka luonnollisesti voivat käytön aikana muuttua. Ylläpitoa ja käyttöä selkeyttää kiinteistölle laadittu kiinteistöohjelma, joka päivitetään kiinteistön elinkaaren aikana vastaamaan olemassa olevaa tilannetta. Rakennuksen, rakennusosan tai teknisen järjestelmän korjausta ei ole myöskään taloudellista lykätä. Rakennuksen tai rakennusosan vaurioituminen voi edetä vauriotyypistä riippuen nopeasti - näkyvästi tai hitaasti – näkymättömissä, mikä synnyttää elinkaarikustannuksiin huomioimatonta ylimääräistä korjausvelkaa sekä samalla heikentää koko rakennuksen käytettävyyttä. Rakennusten ylläpitoa ja käyttöä terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta ohjaa suuri määrä lakeja, asetuksia ja viranomaisohjeita, joista rakennusten omistajien tulee olla tietoisia ja joita tulee noudattaa. (RIL 216-2013, 177-186)



## 6 KORJAUSRAKENTAMISEN KOKONAISPALVELU KONSEPTI RAKENNESUUNNITTELUSSA

### 6.1 Korjausrakentamisen palvelukonsepti

Korjausrakentamisen prosessikaavio (kuva 15) on laadittu yhteistyökumppaneiden projektien aikana sekä Ramboll Finland Oy:n sisäisen koulutuksen opetusmateriaaliksi. Prosessikaaviota on täydennetty yhteistyökumppaneiden suunnittelu- ja menettelytapaohjeiden perusteella. Korjausrakentamisen palvelukonsepti jakautuu kahteen pääosiin kuntotutkimukseen ja korjaussuunnitteluun. Korjausrakentamisen palvelukonseptiin sisältyy kaksi vaihetta, tutkimus- ja korjaussuunnittelu. Lähtötietojen käsitteleminen ja tutkimusvaihe on esitetty opinnäytetyön kohdassa kuusi ja korjaussuunnittelu opinnäytetyön kohdassa seitsemän.



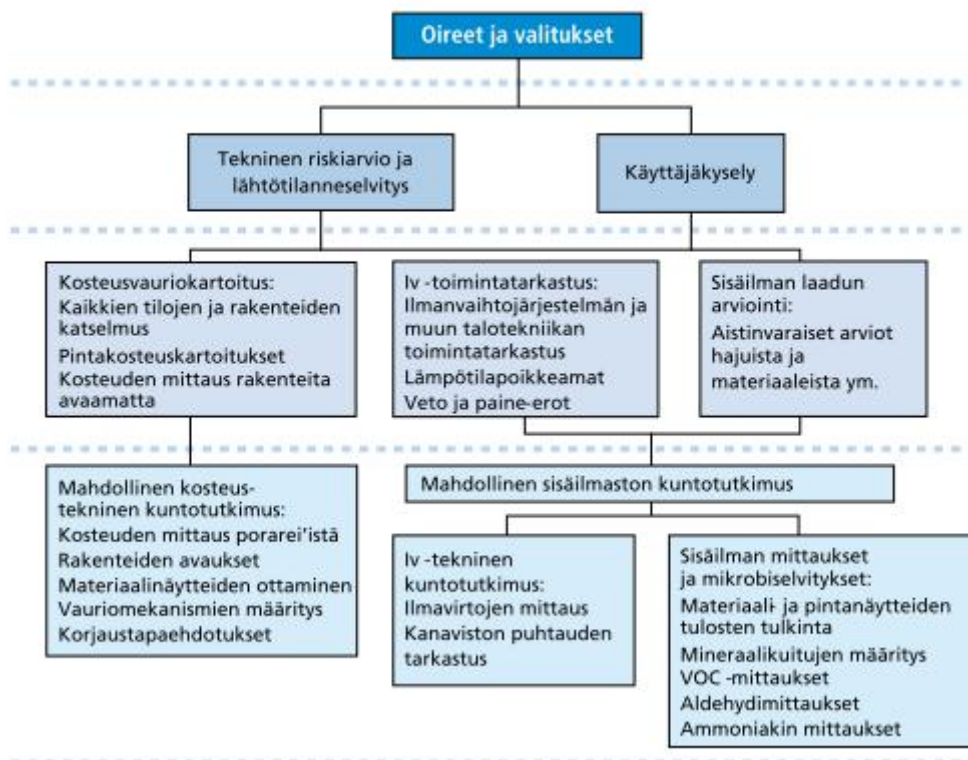
KUVA 15. Ramboll Finland Oy:n prosessikaavio (Turunen 2011)

### 6.2 Lähtötilanne

Lähtötilanteena on usein kiinteistössä havaittu pitkälle edennyt kosteus- tai homevaurio, joka on kehittynyt jo sisäilmasto-ongelmaksi. Sisäilmasto-ongelma on terveyttä tai turvallisuutta vaarantava puute tai ongelma rakennuksessa. Tilojen käyttäjien oireilu

tai epäviihtyvyys voi johtua monenlaisista sisäilmasto-ongelmista ja usein näiden yhteisvaikutuksesta. Syynä voi olla esimerkiksi kosteus- tai homevaurio, rakennusmateriaaleista aiheutuva kemiallinen päästö, erilaiset pölyt tai hiukkaset, vika ilmanvaihto- tai muiden teknisten laitteiden toiminnassa tai virheellinen käyttö tai laiminlyönti huollossa tai ylläpidossa. Tilaajan toimintaan on kehitetty useita toimintamalleja

### 6.3 Lähtötilanteen kohdekäynti



KUVA 16. Rakennuksen kunnon arviointi ja tutkimisen vaiheet (Asikainen (Toim.) osa 1, 12)

Lähtötilanneselvityksessä tarkistetaan piirustusten ja aikaisempien selvitysten perusteella kohteen riskirakenteet ja ilmanvaihtojärjestelmän tekninen taso sisäilman laadun kannalta. Lisäksi varmistetaan, että piirustukset vastaavat nykytilannetta. Lisäksi asiantuntijan on pyrittävä selvittämään lähtötilanneselvityksessä, että onko kyseessä ilmeiset- (rajalliset) tai epäselvät vauriot. Riskirakenteiden sekä ilmanvaihtojärjestelmän arvioinnin jälkeen selvitetään, mitkä niistä ovat johtaneet kosteusvaurioihin tai sisäilmaongelmiin ja mitkä ovat toimineet ongelmitta. Nämä asiat tarkastetaan kenttätutkimuksien aikana systemaattisilla kartoituksilla, tarkastuksilla sekä havainnoilla.

Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän toimintatarkastuksen tekijä tai sisäilma-asiantuntija selvittää tarkastettavien tilojen sisäilmasta mahdollisia laatupoikkeamia. Arviointi tehdään aistinvaraisesti etsimällä mahdollisia hajuja ja niiden lähteitä. Tiloissa voi olla esimerkiksi viemärinhajua, homeenhajua, ruokalan tuoksuja tai mahdollisia materiaalin emissioita. Myös yleinen tunkkaisuus, jonka lähdettä ei voida osoittaa, on tärkeä ja dokumentoitava havainto, joka on huomioitava jatkotutkimuksessa. Sisäilman laadun arvioinnin yhteydessä voidaan myös tarkastella pintojen pölyisyyttä, arvioida siivouksen tasoa sekä samalla päättää tarkempien tutkimuksien tarpeellisuus.

#### 6.4 Käyttjähaastattelu / -kysely

Sisäilman huonoon laatuun / laatupoikkeamiin sekä haittailmoituksiin on mahdollista löytää vastauksia haastatteleamalla siivous- ja kiinteistönhoitohenkilöstöä. Etenkin haastattelulla saadaan tietoa myös ongelmien laajuudesta, säännöllisyydestä ja mahdollisesti osittain paikannettuakin ongelmia. Käyttjäkysely sisältää kyselyn rakennuksessa havaituista rakenteellisista vaurioista ja muista epäkohdista sekä oireja olosuhdehaittakyselyn. Käyttjäkysely tehdään jakamalla kyselykaavakkeet koko rakennuksessa tai tutkittavassa rakennuksen osassa työskentelevälle henkilökunnalle. Käyttäjien asiakkaille tms. kolmannelle osapuolelle käyttjäkyselyä ei suoriteta.

Esimerkiksi rakennuksessa oleskelevia henkilöitä voidaan pyytää kirjaamaan muistiin esimerkiksi kahden viikon ajan, milloin ja missä rakennuksen tilassa he aistivat poikkeavaa hajua ja muita mahdollisia laatupoikkeamia. Näiden lisätietojen perusteella voidaan selvittää, liittyytkö hajun esiintyminen tiettyyn rakennuksen tilan käyttötarkoitukseen vai onko se yhteydessä esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan, jolloin hajulähteen tai paikallisen (rajattu) vaurion paikallistaminen saattaa olla mahdollista ja kokonaisvaltaista sekä systemaattista selvitystä ei käynnistetä laajana tutkimuksena.

#### 6.5 Lähtötilanneselvitys ja tekninen riskinarvio

Sisäilmahaitoista kärsivien rakennusten kunnon arviointia käynnistettäessä ei yleensä osata arvioida oikein tarvittavia tutkimuksia eikä tutkimuksen kustannuksia. Sen vuoksi arviointi toteutetaan yleensä kahdessa vaiheessa. Arviointi aloitetaan lähtötilanneselvityksellä (kuva 16, tekninen riskinarvio ja lähtötilanneselvitys; kuva 17 lähtötilanneselvitys ja riskinarvio). Kuvassa 17 esitetään lähtötilanneselvityksen ja riskinarvion sisältö. Lisäksi on huomioitava lähtötilanneselvityksen ja riskinarvion merkityk-

sellisyys hankkeen onnistumisessa, koska kaikki päätökset tukeutuvat laadittuun lähtötilanneselvitykseen ja riskinarviointiin. Yleensä rakennus- ja taloteknisen riskinarvioinnin toteuttaa rakennusten kuntotutkimuksiin erikoistunut yritys (kuntotutkija), jolta löytyy sekä rakennus- että LVIA-tekniistä asiantuntemusta. Kun käyttäjän toimintaa valvotaan terveydensuojelulain mukaan niin (vastuullisen tutkijan) ulkopuolisen asiantuntijan pätevyysvaatimus säädetään terveydensuojelulain 49 § mukaan. Kuntotutkija tekee lähtötilanneselvityksen (kiinteistönhoito- ja käyttäjähaastattelujen, aikaisempien selvitysten-, tutkimuksien ja korjauksien sekä mahdollisen haastattelun siivous- ja kiinteistönhoitohenkilöstölle ja käyttäjätyytyväisyyskyselyn (opinnäytetyön luku 6.4), piirustusten ja kohdekäynnin pohjalta.

## Lähtötilanneselvitys ja riskinarvio

Kohteen tekniset asiakirjat:  
Korjaushistoria, suunnitelmat

Kohteessa tehdyt  
selvitykset ja  
tutkimukset

Lähtötilanteen kohdekäynti:  
Kohdekäynti, haastattelut  
kiinteistönhuollon ja hallinnasta  
vastaaville

Kohdekäynnin havainnot:  
Asiakirja poikkeavuudet  
Pintailmaisintarkastelut

Käyttäjäkysely:  
Käyttäjän havainnot ja  
henkilökunnan oirekysely

Lähtötilanneselvityksen ja  
riskianalyysin raportti ja mahdolliset  
kiireelliset korjaustapaehdotukset ,  
sisältää tutkimussuunnitelma n

KUVA 17. Lähtötilanneselvitys ja riskinarviokuvaaja

Asiantuntija selvittää kohteen piirustuksista ja kyseessä olevan aikakauden tyypillisten ratkaisujen perusteella kohteen riskirakenteet. Lisäksi asiantuntija tutustuu rakennuksen korjaushistoriaan loppudokumenttien avulla. Asiantuntija saa lisätietoa vanhoista rakennuksista esimerkiksi kerrostalot 1880 -1960 –arkkitehtuuri julkaisusta. Myös ilmanvaihtojärjestelmän tekninen taso nähdään piirustusten ja rakentamis- sekä korjausajankohdan perusteella.

Tutkimuksia tekevän henkilön tulee selvittää tilojen rakenteet, materiaalit sekä rakennekokonaisuuksien rakennusfysikaaliset (lämpö ja kosteus) toimintatavat, jotta riskinarviointiin tukeutuvat tutkimukset osataan kohdistuvat oikein. Mikäli tutkittavana on

ollut liian suppea tai kokonaan väärä alue / rakennusosa, joudutaan korjauksen tai jo purkutöiden aikana tekemään uusia tutkimuksia ja vastaavasti muutoksia korjaussuunnitelmiin. (Asikainen osa 1, 14)

Teknisen riskinarvion tarkoituksena on käsitellä rakennusosittain kohdekäynnillä havaitut vauriot ja suunnitelmista havaitut riskirakenteet. Riskinarviossa käsitellään riskien realisoituminen ja niiden jäljellä oleva käyttöikä.

#### 6.5.1 Tutkimussuunnitelma

Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite on käsiteltävä tutkimussuunnitelmassa. Lähtökohta ja tavoite kappale sisältävät: tutkimuskohteen osoite- ja laajuustiedot, kaavoituksen perustiedot, aikataulu mahdollisimman tarkasti, ja selvitys-/mittaustyypeittäin jaoteltuna, ilmoitetaan päivämäärät, myös raportoinnin suunniteltu aikataulu (päivämäärä) ja mahdollisesti tulosten esittelyajankohta käyttäjille. Lopuksi laaditaan yhteenveto mikä käynnisti projektin (esim. oireilu (niiden laajuus, millaiset oireet, missä), käyttäjärekламаatio, peruskorjausta varten tehtävä selvitys, rakenteiden kunnon selvitys, sisäilmatutkimus, seuranta) ja kuka ja miksi tutkimussuunnitelma on tilattu.

Tutkimussuunnitelma / -ohjelma sisältää lähtötietojen hankinnan, kohteen rakenteiden ja käyttötapojen selvitykset, vaurioriskinarvion ja kenttämittaushjelman sekä käytettävien laboratorioiden nimeämisen. Tutkimussuunnitelman aikana laaditaan tutkimuksen hypoteesi, jonka todennäköisyys varmistetaan kenttämittausten avulla. Sisäilma- ja kuntotutkimus voidaan ajoittaa siten, että osa tutkimuksesta tehdään korjaussuunnittelun ja korjaustyöhön liittyvän purkutyön yhteydessä. Tämä on perusteltua seuraavissa tapauksissa: vauriot ovat eri rakennusosissa ja korjaukset toteutetaan rakennusosittain, vaurion syyn selvittäminen edellyttää rakenteiden laajamittaista avaamista, rakenteiden avaaminen haittaa tilojen käyttöä (esimerkiksi osa rakennuksesta on normaali käyttötilanteessa), eikä menettely vaikeuta kohtuuttomasti korjaustöiden aloittamista. Kuntotutkimuksen samanaikainen suoritus korjaustyön kanssa on otettava huomioon korjaushanketta suunniteltaessa ja etenkin urakkaohjelmaa sekä tarjouspyyntöä laadittaessa. (Ympäristöopas 28, s. 10)

Tutkimussuunnitelmassa esitetään vähintään seuraavat yhteystiedot: tilaaja, tutkimuksen vastuuhenkilöt, muut osapuolet (esim. Museovirasto), mahdolliset urakoitsijat ja näytteiden analysointilaboratoriot.

Rakennuksen taustatiedot sisältävät rakennuksen yleiskuvauksen, käyttö- ja korjaushistoriasta (aiempien tutkimusten perusteella tehtyjen toimenpiteiden ja mahdollisesti myös niiden vaikutusten) ja rakenteiden kuvaus talonimikkeistön mukaisesti jaoteltuna. Referoidaan aiemmin toteutettujen tutkimusten ja raporttien johtopäätökset sekä havaitut vauriot. Kohdekäynnin tiedot (pvm, osallistujat, katselmoidut tilat, huomiot) kirjataan tutkimussuunnitelmaan. Myös sellaiset havainnot, joilla jonkin asian todettiin olevan kunnossa, kirjataan muistiin. Käyttäjien haastattelun tulokset kirjataan tutkimussuunnitelman muistiinpanoihin. Ja mikäli jo arviointikierröksellä tehtiin korjaavia toimenpiteitä, ne myös dokumentoidaan.

Lisäksi laaditaan rakennuksen pohjapiirroksen oireilua aiheuttavat / haittailmoituksen kohteina olevat tilat.

Kosteusteknisten tutkimuksien lyhyt yhteenveto, eli miksi ja mitä tutkitaan. Lisäksi tarkempi esitys, mitkä tilat tutkitaan, miksi ja millä menetelmillä. Selvitetään tutkimukseen suunnitellut kosteusmittausmenetelmät: pintakosteuskartoitukset, viilto- ja kosteusmittaukset, porareikämittaukset, näytepalamittaukset, kuivatus-punnitusmenetelmä.

Laaditaan lyhyt yhteenveto rakennetutkimuksien rakenteiden avaus- ja tarkastuspai-koista, mitä ja miksi on tutkittava. Rakenneavausten paikat merkitään tutkimussuunnitelman liitteenä olevaan pohjapiirroksen. Mikäli rakenneavausten yhteydessä on tarkoitus ottaa näytteitä esim. (materiaali) mikrobimäärityksiin, mainitaan tämä ja näytteenotonperusteet. Avausohjeessa kerrotaan tarkemmin rakenteiden avauksissa ja tarkastuspisteiden valinnassa huomioitavat asiat. Muistutetaan, että mikäli avauksissa havaitaan poikkeavaa, niin otettava rakenneasiantuntijaan yhteyttä, jotta voidaan pitää välikatsaus ja tarvittaessa täydennetään tutkimussuunnitelmaa. Rakenteet ja materiaalit kuvaillaan rakennusosittain.

Talotekniikka- ja ilmanvaihtoselvityksestä laaditaan yhteenveto, miksi ja mitä selvitetään. Selvityksen laatija on talotekniikka-asiantuntija / -tutkija. Lisäksi kuvaillaan IV-järjestelmän perustiedot, käyttäjän toiminnan vaikutus, talotekniikan ja tilojen tarkistus.

Sisäilmamittaussuunnitelman laatijan on oltava sisäilma-asiantuntija / -tutkija. Sisäilmamittauksista laaditaan lyhyt yhteenveto, mitä näytteitä tarvitaan ja miksi, ja toisaalta, miksi joitain (tyypillisiä/yleisiä) näytteitä ei ole tarvetta kohteessa ottaa. Tässä voi jo ennakoita saadun tuloksen vaikutusta mahdollisiin jatkosuunnitelmiin: miksi tietyt

asiat kannattaa selvittää heti tai missä tapauksissa vaiheittain syventyvät selvitykset ovat perustellummat. Mittauspisteet merkitään pohjapiirroksen menetelmäkuvauksen mukaisesti. (Ramboll Finland Oy:n kuntotutkimuksen menetelmäkuvauksen mukaisesti). Lisäksi tutkimussuunnitelmassa on huomioitava tutkimusolosuhteiden kuvaus / vaatimus ja mahdolliset rajoitteet tilojen käyttäjille. Mitä asioita, milloin ja miten kerrotaan tutkimuksista käyttäjälle? Tiedotussuunnitelmaan pohjautuvan tiedotteen avulla käyttäjiä informoidaan tutkimuksista aiheutuvista haitoista. Käyttäjän ohjeistetaan mittauksen aikaiselle toiminnalle esim. siivousohjeet ja tuuletuskielto.

Tutkimussuunnitelman sisällön määrittelemisen edellyttää perusteellista pohjatietoa kohteen rakenteista, talotekniikasta sekä niiden yhteistoiminnasta, pitkäaikaiskestävyydestä ja vauriomekanismeista. Lisäksi erilaisten korjausvaihtoehtojen tuntemus on erittäin olennaista tutkimussuunnitelman tekemisessä, sillä tutkimusraportti toimii korjaussuunnittelun lähtötietona sekä raportin johtopäätökset ohjaavat investointipäätöksiä.

Tutkimukselle ei voida määrittää tiettyä vakiosisältöä, vaan sisältö on räätälöitävä jokaiseen kohteeseen erikseen, koska jokainen rakennus on yksilö. Tarkastelu on kohdistettava erikseen kaikkiin erilaisiin rakennusosiin. Tutkimuksen peruserätyksenä on, että tutkimuksessa käydään läpi kaikki potentiaaliset vauriotavat, jotka voivat aiheuttaa korjaustarvetta. Tarkasteltavat asiat on asetettava tärkeysjärjestykseen. Tutkimuksessa on pyrittävä keräämään rinnakkaisia tietoja mahdollisimman monesta lähteestä. Vaurioiden tilannetta ja etenemistä kuvaavia lisätietoja voidaan yleensä hankkia tutkimussuunnitelman laadinnan aikana tai kenttätutkimuksen aikana valmisteluvaiheessa

- kohteen suunnitteluasiakirjoista (yleensä rakenne- ja LVI-piirustukset) sekä muista taustatiedoista (korjaushistoria ja huoltokirja)
- kohteella suoritettua alustavalla silmämääräisellä tarkastelulla / lähtötilan selvityksen havainnoilla

kenttätutkimusvaiheessa (varsinainen tutkimus)

- kohteen rakenteita ja näkyviä vaurioita silmämääräisesti tarkastelemalla
- erilaisin kenttätutkimusmenetelmin näytteenoton ja laboratoriotutkimusten avulla.

Tutkimukselle on luonteenomaista, että sen mielekäs sisältö ja laajuutta ei pystytä aina ennakoimaan tarkalleen oikein, vaan tutkimuksen lopullinen sisältö tarkentuu

vasta varsinaisen tutkimuksen aikana joko kenttätutkimusvaiheessa tai vasta analyysiin aikana.

#### 6.6 Kosteusvauriokartoitus, pintakosteuskartoitus

Kosteusvauriokartoitus tehdään pääsääntöisesti rakenteita avaamatta rakennuksen riskirakenteille. Suurin osa riskirakenteista on tässä vaiheessa tiedossa lähtötilan selvityksen ja haastattelun sekä käyttäjäkyselyn perusteella. Loput riskirakenteet selviävät kaikkien tilojen, rakennusosien ja rakenteiden katselmuksessa. Katselmuksessa on tärkeää käydä systemaattisesti läpi kaikki tilat poikkeuksista. Katselmukseen piiriin kuuluvat sisätilojen (maanpäälliset tilat, kellari, kanaalit, yhdyskäytävät, erityistilat) lisäksi ryömintätilat, ullakotilat, vesikatto ja ulkoseinät. Riskirakenteista tehdään pintakosteuskartoitukset. Tyypillisiä tarkastettavia asioita ovat maanvastaiset seinät, alapohjat ja märkätilojen rakenteet. Pintakosteusilmaisimen antama tulos on suhteellinen (yleisesti sähkönjohtavuus), joka on suhteutettava tarkasteltavan rakenteen kokonaisuuteen sekä materiaalikerrokseen. Tuloksen perusteella voidaan päätellä, onko materiaalin kosteuskäyttäytymisessä havaittavissa eroavaisuuksia tyypilliseen pidettävään tilanteeseen. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun kartoituksen suorittaja on kuntotutkimukseen ja korjausrakentamiseen erikoistunut kuntotutkija. (Asikainen osa 1, 14.: RIL 255-1-2014, ) Lisäksi kartoituksen suorittajalla on suositeltavaa olla voimassa oleva kosteudenmittaajan pätevyys.

#### 6.7 Ilmanvaihdon toimintatarkastus

Ilmanvaihdon toimintatarkastuksessa tarkastetaan ilmanvaihtojärjestelmän yleinen kunto, puhtaus, tekninen taso ja se, toimivatko ne suunnitellulla tavalla sekä tutustutaan korjaushistoriaan. Mahdollisiin mineraalikululähteisiin kiinnitetään huomiota. Yleensä ilmanvaihtojärjestelmät vaativat perusteellisempaa tarkastusta, jotta järjestelmän kunto, ilmavirtojen riittävyys ja mahdolliset korjaustarpeet saadaan selvitettyä. Tarkastuksen suorittajan tulisi olla hyvin perehtynyt sisäilmaston- ja ilmanvaihdon kuntotutkimuksiin. (Asikainen osa 1, 14-15). Tarkastuksessa käydään kaikissa ilmanvaihtokonehuoneissa, joissa tarkastetaan puhaltimet, suodattimet, äänenvaimentimet (potentiaaliset kuitulähteet), kammiot sekä ilmanvaihtokoneiden yleinen kunto ja puhtaus. Ilmavirtoja (tulo- ja poistoilmanvaihto) tarkastetaan merkkisavulla tai mittauksin (yhdistelmämittalaitteella) pistokoeluonteisesti kaikkien ilmanvaihtokoneiden palvelualueilta. Tarkastukset tehdään vähintään niistä tiloista, joissa käyttäjäkyselyn perusteella epäillä olevan ongelmia. Ilmanvaihdon tarkastus- tai puhdistusluukuista tar-



kastetaan silmämääräisesti tuloilmakanaviston puhtaus. (Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastusohje, SIY Sisäilmatieto Oy)

Päätelaitteissa olevien äänenvaimennusmateriaalien kuntoon on kiinnitettävä huomiota, koska rikkoontuneista äänenvaimennusmateriaaleista voi irrota kuituja. Jos tuloilmanjako aiheuttaa huoneisiin / tiloihin selvää vetoa, se raportoidaan. Tulo- ja poistoilmavirtojen tasapainoisuutta arvioidaan pistokoeluonteisesti paine-eromittauksilla (hetkellisiä mittauksia), joilla määritetään sekä rakennuksen ulko- ja sisäpuolen että eri huonetilojen välisiä paine-eroja. Tarkastuksessa mitataan radiaattorien sekä huoneiden lämpötilat ja tarkastetaan radiaattorien termostaatit ja niiden kunto. (Asikainen osa 1, 15)

#### 6.8 Rakennustekninen kuntotutkimus

Kuntoarviossa havaitut lisätutkimukset konkretisoituvat rakennuksen todellisen kunnan arviointimenetelmässä, kuntotutkimuksessa. Kuntotutkimukselle ei voi sisällyttää vakiosisältöä, vaan sisältö on laadittava jokaiseen kohteeseen erikseen. Tarkasteltavat asiat on asetettava tärkeysjärjestykseen. Kuntotutkimuksessa tarkasteltavien asioiden tärkeysjärjestys on jaettava kolmeen luokkaan (Haukijärvi 2005, 5):

##### Luokka I: terveellisyyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat

- rakennusosien / rakenteiden kantavuus ja kiinnitysvarmuus se niiden puutteet
- rakenteiden kosteustekninen toimivuus, kun vesivuodot ja kosteusvauriot voivat aiheuttaa terveydensuojelulain mukaisen terveyshaitan sisätiloissa
- rakennusosissa ja materiaaleissa esiintyvät terveydelle tai ympäristölle haitalliset aineet

##### Luokka II: korjausmenetelmän valintaan ja vaurioiden etenemiseen vaikuttavat asiat

- esimerkiksi rakennusosan materiaalin lujuusomaisuuden tai suunnitellun käyttöön ristiriitaisuus
- rakennusosan / rakenteiden kosteustekninen toiminta, merkittävä vaikutus vaurioiden etenemiseen

##### Luokka III: muut asiat

- pintamateriaalien kunto
- esteettisyys

Rakenteiden kunto sekä turmeltumisen syyt ja seuraukset selvitetään johdonmukaisesti etenemällä erilaisin tarkentuvien tutkimus- ja mittausten menetelmin. Kohdennetulla kuntotutkimuksella selvitetään vaurioiden syy, laajuus ja sijainti sekä vauriomekanismin määrittäminen, jotta korjaussuunnittelun aikana osataan valita oikeat korjausmenetelmät. Onnistuneen sisäilmaongelman rakennuksen vaurioiden korjauksen edellytyksenä on, että vaurioiden syyt ja laajuus sekä vauriomekanismit on selvitetty riittävällä tarkkuudella ja varmuudella. (Ympäristöopas 28. 1997, 9)

Rakennustekninen kuntotutkimus tehdään, mikäli kosteusvauriokartoituksen havainnot vaativat lisäselvitystä. Kun tiedetään ja osataan paikallistaa olemassa olevat piilovauriot tai on tapahtunut esimerkiksi äkillinen vesivahinko, tutkimukset voidaan kohdistaa oikeisiin rakenteisiin jo kuntotutkimuksen alkuvaiheessa. Ne tapaukset, joissa epäillään kosteus- ja homevaurioita tai viitteet kosteus- ja homevaurioista on saatu sisäilmatutkimusten avulla, vaativat usein laajoja tutkimuksia ennen kuin piilovaurio ja sen syy / aiheuttaja rakennuksessa osoitetaan ja paikallistetaan. (Ympäristöopas 28. 1997, 9-10)

Tutkimuksen laajuus ja eteneminen vaihtelevat lähtökohdasta riippuen. Kun vaurion syy ja laajuus voidaan todeta jo ensimmäisellä kohdekäynnillä, voidaan vaurioiden korjaus aloittaa ilman laajoja mittauksia ja erityistä korjaussuunnittelua. Yleensä vaurion syy ja laajuus joudutaan selvittämään asiakirjatarkastelun, riskiarvion ja paikan päällä tehtävien kenttätutkimuksien ja –mittauksien avulla. Laajin sisäilmasto- ja kuntotutkimus joudutaan suorittamaan moniongelmaisessa rakennuksessa, jossa on useasta eri syystä johtuvia vaurioita eri rakennusosissa ja talotekniikkajärjestelmissä. (Ympäristöopas 28. 1997, 10)

Laajojen vaurioiden syiden selvittäminen edellyttää, että sisäilma- ja kuntotutkijat ymmärtävät rakennuksen ja sen osien rakennusfysikaaliset lämmön- ja kosteudensiirtymisilmiöt ja toisaalta, miten eri siirtymisilmiöt voivat aiheuttaa todetun home- ja kosteusvaurion. Lisäksi tutkijan on tunnettava homevaurion edellytykset, mikrobit ja niiden kasvun edellytykset sekä muut sisäilmastoon vaikuttavat fysikaaliset ja kemialliset osatekijät.

Rakennusteknisessä kuntotutkimuksessa tehdään viiltokosteus-, näytepala- ja porareikäkosteusmittauksia, avataan rakenteita sekä otetaan materiaali- ja pintanäytteitä,

joista validoitu laboratorio määrittää mikrobipitoisuuden ja –lajiston. (Asikainen osa 1, s. 15-16 sekä Ympäristöopas 28 1997, 20-33)

Kuntotutkimuksen yhteydessä materiaalinäytteet otetaan rakenteita avaamalla. Avauskohdista selvitetään rakenteen kerrokset, materiaalit, rakennusfysikaalinen ja mikrobiologinen kunto koko rakenteen paksuudelta. Avauskohdan on oltava niin suuri, että 10 x 10 cm:n kokoisen näytepalan ottaminen ilman kontaminointia on mahdollista. Lainaus Ramboll Finland Oy:n kuntotutkimuksen menetelmäkuvauksesta (Toikkonen, J.): "Rakenneavauksia tehdään rakenteiden toteutustavan selvittämiseksi. Rakenneavauksista otetaan näytteitä todennäköisesti vaurioituneista rakennusmateriaaleista. Materiaalinäytteistä tehdään tarvittaessa mikrobimäärityksiä ja haitta-aineanalyysyjä. Rakenneavaukset on pyrittävä tekemään mahdollisimman huomattomaan kohtaan ja avausten paikkaukset on tehtävä nykyistä tilannetta vastaavaksi. Rakenneavausten paikat esitetään tutkimusraportin liitteenä olevissa paikannuskaavioissa. Ala-, väli- ja yläpohjiin tehtävien rakenneavauksien (pintarakenteet) koko on noin 500 x 500 mm<sup>2</sup>. Umpinaisten alustatilojen toteutustavan ja mahdollisen maatäytön selvittämiseksi tehtävät rakenneavaukset tehdään myös vähintään 500 x 500 mm<sup>2</sup> kokoisina. Ulkoseinärakenteeseen ja märkätilojen alapohjaan tehtävät rakenneavaukset voidaan tehdä esimerkiksi halkaisijaltaan noin 100 mm rasiaporanäyttein. Materiaalinäytteet voidaan ottaa rasiaporanäytteiden keskeltä, jolloin rakenteen kuumenemisen vaikutus porauksessa ei vaikuta näytteen laatuun. Rakenneavauksen koko ja näytteenottomenetelmä on kuitenkin harkittava aina tapauskohtaisesti." Materiaalinäytteenotosta ja näytteiden jatkokäsittelystä on annettu ohjeita sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysoppaassa (Asumisterveysopas 2009, 154-156).

Rakenteiden avaukset ja materiaalinäytteiden ottaminen keskitetään alueille, joissa on riskinarviossa havaittu riskejä, poikkeuksellista kosteutta tai hajua tai joiden lähellä rakennuksen käyttäjillä havaitaan oireita. Avattavan kohdan tulisi edustaa mahdollisimman hyvin tutkittavaa riskirakennetta, jolloin yksikin epäiltävän ongelma-alueen avauskohta voi olla riittävä vaurion toteutukseen – ei kuitenkaan vaurion laajuuden arvioimiseen. Tutkittavalle kohdalle on usein tarpeen ottaa vertailunäyte riskirakenteesta, jossa muut edellä mainitut tekijät eivät ole toteutuneet. (Asikainen osa 1, 15-16)

Tutkimuksen aikana on yhden asiantuntijan vastattava koko asiantuntijaryhmän tutkimuskokonaisuuden läpiviennistä, koordinoinnista, raportoinnista ja viestinnästä vauriotapauksesta riippumatta. (Ympäristöopas 28.1997, 10)

Tutkimukseen sisältyy kaksi vaihetta. Ensimmäiseen vaiheeseen sisältyy lähtötietoihin tutustuminen, alustava tilannearvio / riskinarvio (lähtötilanneselvitys esitetty opinnäytetyön luvussa 6.5) ja tutkimusohjelma / -suunnitelma (opinnäytetyön luvussa 6.5.1). Ensimmäisessä vaiheessa kuntotutkijan on tiedostettava rakennusajankohdalle tyypillisinä pidettyjen rakennustapojen ja –materiaalien vaikutuksen rakenteiden vaurioitumiseen. Tutkimuksen toiseen vaiheeseen sisältyvät varsinaiset tutkimukset, analysointi, raportointi sekä mahdolliset lisätutkimukset. Kuntotutkimusta varten laaditaan tutkimusohjelma /-suunnitelma, joka sisältää rakennuksen käyttö- ja huoltohistorian perusteella selvityksen tutkittavista rakenteista ja suoritettavat tutkimustoimenpiteet. Kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää rakenteiden vaurioitumisaste ja nykytilanne, arvioida jäljellä oleva käyttöikä ja vaurioitumisen kehittyminen. Kuntotutkimus jakautuu tutkimuskohteen tai syy-yhteyden perusteella tarkemmin määriteltyihin ja ohjeistettuihin luokkiin. Kuvassa 17 on esitetty normaalin kuntotutkimuksen eteneminen (Ympäristöopas 28. 1997, 9-11).



KUVA 17. Kuntotutkimuksen prosessikaavio (Ympäristöopas 28. 1997, 9)

Esimerkiksi julkisivuun kohdennettua kuntotutkimusta tarvitaan korjaussuunnittelun lähtötietoina. Kuntoarvio on aina liian ylimalkainen korjaussuunnittelua varten. Lisäksi julkisivukorjauksen menetelmä ja korjausaste on todennäköisesti pelkän kuntoarvion perusteella väärä. Kunnolla laaditun (julkisivun) kuntotutkimuksen avulla korjaus-

suunnittelussa on mahdollista onnistua, koska korjausten kohdentaminen ja määrien arviointi voidaan suorittaa tarkemmin. (By 44 1998, 9)

Betonirakenteisen julkisivun kuntotutkimusta ja sen sisältöä on käsitelty Suomen betoniyhdistyksen julkaisussa betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, by 42. Lisäksi rapatun julkisivun kuntotutkimusta ja sen sisältöä on käsitelty Suomen betoniyhdistyksen julkaisussa rapatun julkisivun kuntotutkimus, By 44 1998.

Betonin alkalikiviainesreaktio on kiviaineksen kemiallinen rapautumisreaktio, joka on ensimmäisen kerran tunnistettu Yhdysvalloissa 1940-luvulla. Alkalikiviainesreaktioista tunnistetaan kolme eri tyyppiä reaktiotavan mukaan: alkalipiioksidireaktio, alkalisilikaattireaktio ja alkalikarbonaattireaktio. Kaikissa alkalireaktioissa yhtenäisenä tekijänä ovat korkeassa alkalipitoisuudessa reagoivat kivilajit, suhteellisen suuri määrä alkali-ioneita liunneena hydratoituneen betonin huokosverkostossa sekä betonin suhteellinen kosteus vähintään 80%. (Punkki & Suominen 1994, 30-32)

Betonin rapautumista aiheuttavista tekijöistä alkalikiviainesreaktio tunnetaan Suomessa varsin huonosti. Yleisesti uskotaan, että Suomessa ei alkalikiviainesreaktiota esiinny ja että runkokiviaines on fysikaalisesti, mekaanisesti ja kemiallisesti lujaa ja kestävä. Alkalikiviainesreaktiota on todettu erilaisissa betonirakenteissa, mutta tyypillisimmät kohteet ovat olleet sillat, padot, säiliöt ja julkisivut. Alkalikiviainesreaktio on tunnistettavissa betonirakenteen ohuthienäyteistä tutkimuslaboratoriossa vain petrografian ammattilaisen analysoinnilla. (Pyy, Leivo, Lehmus 2012, 5-17)

## 6.9 LVI- järjestelmien kuntotutkimus

Peruskorjaushankkeiden ja suurempien vauriokorjausten lähtötietona tulisi pääsääntöisesti olla systemaattisia kuntotutkimuksia, jolloin vältetään kuntoarvioijan korjaus ehdotusten avulla pelkästään olettamukseen perustuvalta virheinvestoinnilta. (RT 01-10541, 1-5). Teknisten järjestelmien tutkimus on perusteltua, kun peruskorjaus- tai vauriokorjaushankkeessa aiotaan säilyttää ja yhteen sovittaa teknisiä järjestelmiä. LVV-kuntotutkimuksen lopputuloksena tilaaja saa luotettavan tiedon kiinteistön putkistojen todellisesta kunnosta ja jäljellä olevasta käyttöiästä tai uusimisajankohdasta. Tilaaja voi suunnitella ja tehdä päätöksiä etukäteen putkistojen uusinnasta ja valmistella rahoitusta sekä käyttää putkijärjestelmä investoinnit elinkaaren loppuun saakka.

LVV-kuntotutkimus tarkentaa kiinteistön kuntoarvion kunnossapitosuunnitelmaehdotuksessa (PTS-ehdotus) esitettyä putkistojen korjausajankohtaa ja -kustannuksia sekä niihin liittyviä riskejä. (RT 01-10541, 1-5)

Lisäksi rakennuksen ilmanvaihto- ja ilmastointi- sekä rakennusautomaatiojärjestelmien yleisarvioinnin tarkoituksena on selvittää, täyttääkö järjestelmä nykyiselle tai tulevalle käytölle asetetut vaatimukset. Arvioinnissa tarkastellaan mm. seuraavia ominaisuuksia: sisäilmasto, energiatehokkuus, toiminnallisuus, muunneltavuus, täydennettävyyys ja kustannustehokkuus. Yleisarvioinnin tuloksena saadaan suositukset siitä, mitä järjestelmälle on tehtävä vaatimusten saavuttamiseksi. (Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän kuntotutkimus, Sulvi ry)

Yleisarvioinnin tehtäviin kuuluu myös yksityiskohtaisen kuntotutkimuksen suunnittelu, joka sisältää käyttäjähaastattelut, asiakirjatarkastuksen, tutkimussuunnitelman, kenttätutkimuksen sekä raportoinnin että tiedottamisen. (Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmän kuntotutkimus, Sulvi ry)

Yleisarvioinnin tuloksena kuntotutkimus voidaan myös keskeyttää, mikäli yleisarvioinnin kuluessa voidaan todeta, ettei järjestelmää ole kunnostettavissa tulevan käytön vaatimuksia varten teknisesti tai taloudellisesti järkevällä tavalla verrattuna koko järjestelmän täydelliseen uusimiseen.

#### 6.10 Sisäilmaston kuntotutkimus

Sisäilmaston kuntotutkimuksella etsitään sisäilmasto-ongelmien syitä erityisesti tapauksissa, joissa vakavia kosteusvaurioita ei ole havaittu tai ne eivät selitä sisäilmasto-ongelman syitä. Sisäilmaston kuntotutkimuksessa tulkitaan myös niitä tietoja, jotka on saatu rakennusteknisen kuntotutkimuksen materiaalinäytteiden mikrobitutkimuksissa. Sisäilmaston kuntotutkimus tehdään jokaisessa kohteessa erikseen laadittavan tutkimussuunnitelman mukaan. Tutkimussuunnitelma laaditaan ilmanvaihdon toimintatarkastuksen, sisäilman laadun aistinvaraisen arvioinnin ja kosteusvauriokartoituksen perusteella. Sisäilman laadun arviointiin liittyvät näytteenotot keskitetään alueille, jotka ovat tulleet esiin aiemmin tehdyssä oirekyselyssä ja kuntoarvioinneissa. Ongelma-alueilta tehtävien mittausten ja näytteenottojen lisäksi otetaan vertailunäytteitä alueilta, joissa ongelmia ei ole havaittu. Sisäilmaston kuntotutkimuksen perusteella pyritään päättämään, missä osissa rakennusta vaurio mahdollisesti sijaitsee ja mihin tarkemmat kosteustekniset kuntotutkimukset ja rakenneavaukset tulisi keskittää.

Sisäilmaston kuntotutkimuksessa saatuja fysikaalisten, mikrobiologisten ja kemiallisten analyysien tuloksia käytetään yhdessä kosteusteknisen kuntotutkimuksesta tehtyjen havaintojen kanssa korjaussuunnitelmaa laadittaessa. (Asikainen osa 1, 16-17; Asumisterveysopas 2009, 154-158; koulurakennuksia koskien kansanterveyslaitoksen oppaassa Mecklin, Putus, Hyvärinen, Haverinen-Shaughnessy, Lignell, Nevalainen 2007; toimiston sisäilmaston tutkiminen Salonen, Lappalainen, Lahtinen, Holopainen, Palomäki, Koskela, Backlund, Niemelä, Pasanen, Reijula 2011.)

Asuntojen ja muun oleskelutilan olosuhdetekijöiden mittausten menetelmistä, mittausten virhetarkastelusta, pitoisuuksista ja toimenpiderajoista on säädetty Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 23.4.2015. Säännöllisesti siivottavien pintojen pölykertymää mitataan siivouslaadun INSTA 800 –mittausstandardin mukaisesti ja siivoustasoa verrataan standardin antamiin viitearvoihin.

#### 6.10.1 Fysikaaliset olosuhdetekijät

Fysikaaliset olosuhdetekijät ovat lämpötila, kosteus, ilmanvirtaus, sähkömagneettinen säteily sekä muu säteily, valaistus ja melu. Fysikaaliset olosuhdetekijät vaikuttavat tilan viihtyvyyteen. Sisäilmaston kuntotutkimukseen sisältyy usein tilojen pitkäaikainen fysikaalinen olosuhdeseuranta ( $\geq 7$  vrk). Sisäilmaston fysikaalisen olosuhdeseurannan avulla selvitetään tilan lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus. Tulo- ja poistoilmavirtojen tasapainoisuutta arvioidaan pitkäaikaisesti paine-eromittauksilla ( $\geq 7$  vrk), joilla määritetään sekä rakennuksen ulko- ja sisäpuolen että eri huonetilojen välisiä paine-eroja. Sisäilmaston kuntotutkimukseen voi sisältyä epäpuhtaus-, olosuhde-, paine-ero- ja ilmanvaihtoteknisten tutkimusten lisäksi kuulua muitakin selvityksiä. Tällaisia ovat mm. rakennuksen tiiveyden selvittäminen ( $n50 / q50$  –luvun) vuotoilmaluvun määrittäminen olemassa olevalla ilmanvaihtojärjestelmällä tai rakennusosien tiiveyden tarkastaminen merkkiainekokeiden avulla. (Ramboll Finland Oy:n mitta- ja näytteenottolaitteet menetelmäohje).

#### 6.10.2 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi aerosoli, pöly (kiinteiden hiukkasten muodostama aerosoli), hengitettävät hiukkaset, pienhiukkaset, epäorgaaniset kuidut, mikrobit, allergeenit ja asbesti. Aerosoli on nimitys kaasun ja leijuvan kiinteiden tai nestemäisten hiukkasten seokselle. Lisäksi pölyt ja pienhiukkaset ovat aerosoleja leijuessaan ilmassa. Epäorgaanisia kuituja ovat mm. tekniset lasikuidut ja teolliset

mineraalikuidut. Mikrobinäytteiden tulosten näytteenotto ja tulkinta on hyvin ohjeistettua Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksissa ja julkaisuissa, kuitenkin on huomioitava, että jokainen tulkinta pitää aina tehdä tapauskohtaisesti. Sama mittaustulos voi tietyssä tapauksessa osoittaa välitöntä korjaustarvetta ja toisessa kohteessa rakenteen ja teknisen järjestelmän normaalia toimintaa. Korjaustarve osoitetaan mittaustuloksen avulla saadulla sisäilmasto-ongelman vauriomekanismilla eikä pelkällä yksittäisellä mittaustuloksella. Tulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että vuodenajat vaikuttavat ilmanäytteiden ottoon ja tulkintaan. Kohonneet mikrobipitoisuudet voivat johtua ulkoilman epäpuhtauksista tai mikrobipitoisten materiaalien käsittelystä sisätiloissa. Mittaukset tulisi tehdä talvella (maan ollessa jäässä ja/tai lumen peitossa), koska tällöin ulkoilman sieni-itiöiden ja bakteereihin kuuluvien sädesienten pitoisuudet ovat pienimmillään. Jos sisäilman mikrobipitoisuuksia mitataan sulan maan aikana, on samanaikaisesti otettava vertailunäyte myös ulkoilmasta. (Asikainen osa 1, s. 17-18; Ramboll Finland Oy:n mitta- ja näytteenottolaitteet menetelmäohje). Toisaalta joissakin vanhoissa toimivissa esimerkiksi ala- tai yläpohjarakenteiden materiaaleissa voi esiintyä kohonneita mikrobipitoisuuksia, jotka eivät välttämättä edellytä välittömiä korjauksia, ellei kyseinen materiaali ole ilmavuodon kautta yhteydessä sisäilmaan. Mikrobiologisissa tutkimuksissa tulee ensisijaisesti keskittyä materiaalinäytteisiin, joiden avulla vaurioituneet rakenteet saadaan heti paikannettua. Sisäilman mikrobipitoisuuden vaihteluun vaikuttavat monet tekijät kuten ilmavirtaukset, painesuhteet, mikrobien kasvualustat ja -olosuhteet (esimerkiksi kosteusvaihtelut materiaalissa) sekä mikrobien lajisto ja ominaisuudet. Sisäilman mikrobipitoisuuksien mittaaminen on harkittava tapauskohtaisesti. Joissakin tapauksissa sisäilman mikrobipitoisuuksien mittaaminen systemaattisesti voi auttaa todentamaan piilossa olevia kosteus- ja mikrobivaurioita, jotka eivät ole tulleet ilmi rakennusteknisessä kuntotutkimuksessa.

Kaikista kuntotutkimuksissa mitattavista ominaisuuksista tai näytteenotto- ja käsittelytavoista ei ole annettu ohjeellisia arvoja, ja tuloksia on tällöin verrattava mahdolliseen vertailuaineistoon sekä yleiseen tutkimusaineiston tietoon. Jos tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä mitatuille epäpuhtauksille ei ole olemassa vertailuarvoja, tulee tulosten tulkinnassa käytetyt perusteet mainita raportoinnissa. (Asikainen osa 1, 17-18; Ramboll Finland Oy:n mitta- ja näytteenottolaitteet menetelmäohje).

Arvioitaessa rakennusmateriaalinäytteiden tulosten merkitystä sisäilman laadun kannalta tulee ottaa huomioon kuvan 5 mikrobikasvuston vaatimustaso ja vaikutustarve / mahdollisuudet rakenteen eri osissa ja seuraavat luetellut tekijät:

- kuinka lähellä huonetilan sisäpintaa tutkittava materiaali sijaitsee



- tuottaako mikrobikasvusto hajua
- onko kosteusteknisen kuntotutkimuksen rakenteissa havaittu poikkeavaa kosteutta
- tuleeko tutkitun rakenteen kautta ilmapuotoja sisäilmaan päin

Allergeenit ovat yleensä biologista alkuperää olevia orgaanisia hiukkasia. Allergeeneja ovat mm. homeet, punkit, eläinpöly ja siitepöly.

Asbesti on yleisnimitys luonnon mineraalikuiduille. Asbestin uusi käyttö, maahantuonti ja kauppa kiellettiin Suomessa vuodesta 1994 alkaen.

### 6.10.3 Kemialliset epäpuhtaudet

Kemialliset sisäilman epäpuhtaudet ovat lähtöisin joko rakennuksesta tai käyttäjästä tai käyttäjän toiminnasta. Kemiallisia epäpuhtauksia ovat mm. aldehydit, ammoniakki, formaldehydi, haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC/TVOC), hiilidioksidi, hiilimonoksidi, otsoni, PAH-yhdisteet, radon, rikkidioksidi, styreeni, typen oksidit ja tupakansavu.

Sisäilma saattaa sisältää ärsytysoireita tai terveyshaittaa aiheuttavia määriä kemiallisia aineita (epäpuhtauksia). Sisäilman epäpuhtaudet ovat todennäköisesti peräisin rakennus- ja sisustusmateriaaleista, kosteuden vaurioittamista rakenteista, käyttäjän, kunnossapidon ja ylläpidon toiminnoista tai tilan ulkopuolelta (rakennuksen muut tilat ja toiminnat, liikenteen ja teollisuuden päästöt). Kemialliset epäpuhtaudet ovat hiukasmaisia tai kaasumaisia yhdisteitä, jotka voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin yhdisteisiin. (Asumisterveysopas 2009, 128-129)

Kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuudet sisäilmassa saattavat vaihdella ympäristöolosuhteiden (ulkoilma, sisäilman lämpötila, -suhteellinen kosteus ja ilmanvaihtojärjestelmä) tai rakennuksessa ja sen ulkopuolella tapahtuvien toimintojen mukaan. Sisäilman kaasumaiset orgaaniset yhdisteet ovat todennäköisesti yhteydessä ihmisten kokemiin terveys- ja hajuhaittoihin sekä erityisesti tilojen viihtyvyshaittojen tuntemuksiin. Sisäilmassa samanaikaisesti esiintyvillä useilla yhdisteillä saattaa olla vaikutuksiltaan myös toisiaan vahvistava ominaisuus. Sisäilman orgaaniset yhdisteet voivat olla materiaalien lähtöaineita tai niiden hajoamistuotteita. Niiden tärkeimpiä lähteitä ovat esimerkiksi rakennus- ja sisustusmateriaaleihin sisältyvät puu, muovit, kumit, maalit, lakat, liimat ja monet hartsit. Niihin kuuluvat sekä luonnon että synteettisiä materiaaleja. (Asumisterveysopas 2009, 128-129)

Kemiallisten, sisäilmassa esiintyvien aineiden kokonaismäärää kuvataan usein haihtuvien orgaanisten aineiden pitoisuuksien määrällä (VOC, Volatile Organic Compounds), ja näytteenoton analyysitulokset ilmoitetaan terminä TVOC (kaikki haihtuvat orgaaniset aineet). TVOC-mittaustulos on kuitenkin yleensä niin epätarkka, ettei sitä voida käyttää sellaisenaan terveyshaitan arvioinnissa. Tavanomaisena pitoisuutena voidaan pitää 200 – 300 µg/m<sup>3</sup> pitoisuutta. Sisäilmasta on kyetty analysoimaan useita orgaanisia yhdisteitä ja ne ryhmitellään kiehumispisteen perusteella asumisterveysopas 2009 julkaisun sivun 136 ryhmäjaon mukaisesti. Kiehumispiste vaikuttaa yhdisteen haihtuvuuteen. Mitä alhaisempi kiehumispiste yhdisteellä on, sitä haihtuvampi se on, ja sitä nopeammin se kaasuuntuu siitä materiaalista, jossa sitä on.

Useiden orgaanisten aineiden päästöt materiaaleista lisääntyvät, kun materiaalin kosteussisältö lisääntyy. Kuivissa sisäilman olosuhteissa monet rakennus- ja sisustusmateriaalit kykenevät absorboimaan epäpuhtauksia ja toimimaan myös pitkään epäpuhtauksien toissijaisena lähteenä. Orgaanisten yhdisteiden (VOC) terveysvaikutuksista sisäilmassa, varsinkin aineiden alhaisissa pitoisuuksissa, on vähän tietoa käytettävissä. VOC-yhdisteiden lähteitä voivat olla myös rakennusmateriaalit ja puhdistusaineet, minkä vuoksi VOC-mittauksia ei pidä käyttää mikrobikasvun toteamiseen. (Asumisterveysopas 2009, 138)

TVOC-mittausten tulokset saattavat vaihdella laboratoriomäärittysten menetelmäeroista johtuen, minkä vuoksi eri laboratorioden määrittämät pitoisuudet eivät aina ole aina vertailukelpoisia keskenään. Tulosten erilaisuutta syntyy myös siksi, että analytiikassa (laitteisto, adsorptiomateriaali, keräysnopeus jne) sekä yhdisteiden kvantitoinnissa (tolueeniekvivalentti tai muu) on eroja. (Asumisterveysopas 2009, 138)

Vanhojen puupohjaisten levyjen (esimerkiksi lastulevyn) liima-aineista voi vapautua formaldehydiä esimerkiksi silloin, kun rakennuksen seinä on kostunut ja levyn pinta on käsitelty ainoastaan huoneen sisäpuolelta. Lisäksi juuri käyttöönotettujen rakennuksien varusteista, irto- ja kiintokalusteista on todettu vapautuvan formaldehydiä sisäilmaan. (Ramboll Finland Oy, korjausrakentaminen). Formaldehydipitoisuus tulisi määrittää erityisesti, joissa käyttäjillä esiintyy silmä- ja ylähengitysteiden oireita. Ammoniakin haju saattaa aiheutua vanhoissa tasoitteissa käytettyjen orgaanisten materiaalien kuten kaseiinin tai gelatiinin hajoamisesta kostumisen seurauksena. Jos rakennuksessa haisee ammoniakki ja siellä työskentelevillä ihmisillä on ärsytysoireita,

ammoniakkipitoisuus on syytä mitata. Ärsytysoireiden selvityksen yhteydessä tulee ottaa myös sisäilman VOC-näyte muiden ärsyttävien yhdisteiden selvittämiseksi. Tapauskohtaisesti voidaan ottaa myös muita sisäilmanäytteitä, kuten esimerkiksi PAH-näytteitä (polysykliset aromaattiset hiilivety-yhdisteet), joilla saadaan selvitettyä vanhojen kreosootti- tai bitumipohjaisten eristemateriaalien aiheuttamia sisäilmariskejä. Sisäilman kemiallisten epäpuhtauksien tutkimusmenetelmien tutkimustarve tulee tarkastella rakennuksen iän, rakennustavan ja riskinarvion perusteella.

Sisäilmaston kuntotutkimuksen suorittaminen on ohjeistettu Sisäilmayhdistyksen, Suomen LVI-yhdistysten liiton [Suomen LVI-yhdistysten liitto, 1997], Työterveyslaitoksen [Työterveyslaitos] julkaisemissa oppaissa ja ohjeissa. Sisäilman epäpuhtauksien näytteenotosta, näytteenottopisteiden valinnasta ja tarvittavista näytemääristä on annettu ohjeita sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuissa [sosiaali- ja terveysministeriö, 2008; Ympäristö- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, 2008]. Sisäilmaston kuntotutkimuksissa otettujen näytteiden tulosten tulkinnassa käytetään apuna mm. sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen [Sosiaali- ja terveysministeriö, 2003], Asumisterveysoppaan [Ympäristö- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, 2008], Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston ohjeissa [Valvira], Sisäilmastoluokituksen [Sisäilmayhdistys, 2008], koulu- ja päiväkotirakennuksen mikrobinäytteiden osalta Kansanterveyslaitoksen oppaan [Mecklin ym., 2007] sekä sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen [Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 23.4.2015] antamia enimmäis-, ohje-, normaali-, tavoite- tai toimenpidearvoja.

#### 6.10.4 Sisäilmatutkimuksen raportointi

Tutkimusten jälkeen laadittavasta raportista tulee selvästi käydä ilmi, millaisia rakenteita rakennuksessa on käytetty, missä vaurioita on havaittu, kuinka laajoja ne ovat ja kuinka ne ovat aiheutuneet (kosteus- ja sisäilmasto-ongelman vauriomekanismit). Lisäksi on selostettava myös vaurioille sopivat korjaustavat sekä korjaamisessa käytettävät materiaalit. Materiaalivalintojen rajaaminen on erityisen tärkeää silloin, kun rakenteen toimivuus riippuu suoraan materiaalin kosteusteknisistä ominaisuuksista. (Asikainen osa 1, 18-19; Turunen 2011).

Tutkimustulokset esitetään raportissa, johon kootaan kaikki tutkimuksessa saatu tieto sisäilma- ja kosteusongelmien syistä, laajuudesta ja niiden vaikutuksesta käyttäjien toimintaan. Esityksen on oltava mahdollisimman selkeä ja yksiselitteinen sekä keskittyä sisällöltään vain oleellisiin sekä merkityksellisiin asioihin. Raportti voi muodostua yhden tai useamman eri tutkijan tekemistä tutkimuksista. Esimerkiksi yhden asiantun-

tijan tutkimusselostuksen liiteasiakirjana voi olla toisen asiantuntijan laatima täydentävä tutkimus. Vaikeissa ja moniongelmaisissa kohteissa tutkimuksen suoritukseen voi osallistua rakennustekninen asiantuntija, LVI-asiantuntija sekä sisäilma-asiantuntija, jolloin raportti voi muodostua kolmen tai useamman eri tutkijan laatimasta tutkimusselostuksesta. Yhteiseen selostukseen kootaan kaikkien tutkijoiden tutkimusselostukset, joista tutkijat yhteistyössä ja vastuullisen tutkijan johdolla laativat yhteisen selkeän ja lyhyen tiivistelmän, jossa esitetään päätulokset ja yhteisesti sovitut sekä suunnitellut korjaustapavaihtoehdot. Yhteistyön merkitystä tulee korostaa erityisesti suurissa ja moniongelmaisissa kiinteistöissä heti tutkimustyön alkuvaiheessa eli lähtötilanneselvityksessä. (Asikainen osa 1, 18-19; Turunen 2011).

Tutkimusraportin tulee olla selkeä ja itsenäisesti ymmärrettävä ilman erillisiä rakennuspiirustuksia tai muuta tausta-aineistoa. Raporttia laadittaessa on huomioitava myös se, että sitä lukevat muutkin kuin sisäilma-, rakennus- ja LVI-tekniikan asiantuntijat mm. käyttäjän, työsuojeluhenkilöstön ja työterveyshuollon asiantuntijat.

#### 6.11 Haitta-ainetutkimus

Haitta-ainearviolla ja sen perusteella laaditulla tutkimuksella selvitetään, missä kiinteistön rakennusosissa ja teknisissä järjestelmissä voi olla terveydelle vaarallisia ja haitallisia aineita sekä rakennustarvikkeita. Haitta-ainetutkimusta varten on laadittava yksityiskohtainen tutkimussuunnitelma. Asbesti- ja haitta-aineasiantuntija selvittää, paikallistaa ja valitsee rakennuksesta ja tilaajan toimittamien lähtötietojen perusteella haitta-ainetutkimusta varten tutkittavat rakennusosat ja tekniset järjestelmät. Tämän tutkimussuunnitelman perusteella voidaan suunnitella kenttätutkimukset ja näytteenotot tutkijan ja käyttäjän terveyden kannalta turvallisesti. Aistinvaraisten havaintojen ja näytteiden analysoinnin perusteella tutkimuksesta laaditaan raportti. Siinä esitetään kattavasti tiedot haitta-ainepitoisista rakenteista, rakennusosista ja teknisistä järjestelmistä korjaus- ja purkusuunnittelua sekä urakkalaskentaa että työturvallisuussuunnittelua varten. Haitta-ainetutkimusraportissa tulee tuoda selkeästi esille ne haitallisia aineita sisältävät materiaalit, joista voi olla vaaraa rakennuksen käyttäjille sekä ympäristölle. Esimerkiksi vanhan teollisuusrakennuksen toimintojen tai kemikaalivahingon vuoksi pilaantuneet maanvastaiset rakenteet voivat aiheuttaa ympäristön pilaantumisriskin. Lisäksi rakennushistoriaselvitysten perusteella arvioidaan kiinteistön käyttöhistoriasta johtuvia haitta-aineriskejä. Vanhojen kaatopaikkojen ja voimakkaasti haitta-aineilla pilaantuneen maaperän haihtuvat haitalliset aineet voivat kulkeu-

tua vuotoilmareittien kautta rakennuksen sisäilmaan ja ne voivat imeytyä rakenteisiin. (RT 20-11159 2014, 1-3)

Raportissa tulee myös arvioida vanhoista korjaustoimenpiteistä mahdollisesti aiheuttuneita ympäristön pilaantumisriskejä, esimerkiksi julkisivun elastisten saumojen uusiminen. Lisäksi raportissa tulee tuoda esille myös ne tilat / maanalaiset rakenteet, joihin tutkimushetkellä ei ollut pääsyä. Esimerkiksi kuvattavia riskirakenteita ovat öljysäiliöt, kanaalit ja kanavat (RT 20-11159, 1-3).

Tutkimusraportin perusteella voidaan suunnitella rakennuksen tai rakennusosien ja teknisten järjestelmien muutos- ja korjaustoimet terveyden ja rakennuksen käytön kannalta turvallisesti.

## 7 KORJAUSSUUNNITTELUN YHTEYS TUTKIMUSVAIHEESEEN

Suunnittelijoiden määrä sekä osaaminen voi vaihdella hankkeen laajuuden, aikataulun ja vaativuuden mukaan. Lisäksi korjaushankkeen osapuolten joukko täydentyy hankkeen edetessä vaiheittain. Uudet osapuolet joutuvat nopeasti perehtymään kohteeseen saamiensa lähtötietojen perusteella. Virheelliset ja puutteelliset lähtötiedot, puutteellinen tietojen ymmärtäminen tai väärät oletukset aiheuttavat korjaushankkeen aikana laaturvirheitä ja häiriöitä. (Kiviniemi 1997, 28-29.)

Korjaushankkeen osapuolten toimintaa ohjaavissa laatujärjestelmissä tulee erityisesti määrittellä myös menettelyt ja toimenpiteet, joilla ehkäistään virheiden ja häiriöiden syntyminen hankkeen eri vaiheiden rajapinnoissa. Toimenpiteiden avulla varmistetaan tietojen siirtyminen seuraavaan hankevaiheeseen ja siinä mukana toimiville osapuolille. Hankevaiheiden rajapintojen laadunvarmistukseen liittyvät toiminnot on kuvattu julkaisun VTT:n tiedotteessa 1849 sivulla 29.

Tavanomaisessa peruskorjauskohteessa tarveselvitys on yleensä valmistunut ja suunnitteluprosessi käynnistyy yleensä hanke- tai ehdotussuunnitteluvaiheella. Pie-nissä ja äkillisissä korjaussuunniteluissa suunnitteluun varattu aika on vähäinen ja korjaukset käynnistyvät samaan aikaan kuin suunnittelu, jolloin hanke käynnistyy yleis- tai toteutussuunnitteluvaiheella. Suunnittelun vaativuusluokat ja suunnittelijan kelpoisuus määräytyvät maankäyttö- ja rakennuslain L 132/1999 kohtien 120 a§, 120 b§, 120 c§, 120 d§ ja 120 e§ mukaan. Korjaussuunnittelijan vastuut ja velvollisuuksia on käsitelty opinnäytetyön kohdassa 2.4.

Suunnitteluvaiheen koordinoivalla laatusuunnitelmalla tarkoitetaan menettelyä, jossa rakennuttaja ja suunnittelija määrittelevät yhteistyössä tarvittavat laadunvarmistuksen toimenpiteet sekä tarkentavat suunnitteluryhmän yleiset toimintatavat hankkeen aikana. (Kiviniemi, M. 1997, 32). Koordinoiva laatusuunnitelma laaditaan korjaussuunnittelun alkuvaiheessa. Suunnitteluvaiheen koordinoivan laatusuunnitelman tärkeimpiä asiakokonaisuuksia on esitetty julkaisun VTT:n tiedotteita 1849 sivulla 33.

Tietomallintamisen yleiset tietomallivaatimusten (YTV 2012) päivitys julkaistiin vuonna 2012. Päivitys pohjautuu Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaisemaan tietomallivaatimukseen. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostuvat 14 –osasta ja ne sisältävät ohjeet lähtötietojen mallinnuksesta, suunnitteluprosessiin, rakentamiseen ja päättyen tietomallien hyödyntämiseen käytön ja ylläpidon aikana. Tietomallintamisen

käyttäminen korjaushankkeen rakennesuunnittelussa vaikuttaa hankkeen luonne, laajuus, tilaajan päätökset kuin myös muiden suunnittelijoiden toiminta. Lisäksi rakennesuunnittelijan toimintaan vaikuttaa myös se, pystyvätkö suunnittelijaosapuolet hyödyntämään tietomalleja. Kun korjaushankkeen muutokset ovat merkittäviä tai peruskorjaukseen sisältyy uudisrakennusosa (laajennus) ja käytetään esivalmistettuja rakennusosia. Esimerkiksi peruskorjauksessa rakennuksesta jää vain kantava runkorakenne, suunnittelu tehdään tietomallipohjaisena. Tietomallipohjaisen suunnittelun aikana lähtötietojen merkityksellisyys kasvaa perinteistä piirustus pohjaista suunnittelemaan suuremmaksi. (Haavisto 2013, 66-68).

Tietomallisuunnittelun vaikutuksesta analyysien luotettavuus kasvaa ja analysoinnissa ei tapahdu inhimillisiä virheitä, kun tietomallisuunnittelua verrataan perinteiseen suunnittelun analysointiin. Lisäksi suunnitelmien sisäisiä ristiriitoja pystytään poistamaan ja suunnitelmien puutteelliset tiedot voidaan havaita luotettavasti. (Hietanen 2005, 64-65.)

## 7.1 Tarveselvitys

Korjauskohteissa rakennushankkeen tarveselvitysvaihe voidaan jakaa toiminnalliseen ja tekniseen korjaustarveselvitykseen. Tarveselvitysvaiheen toteutuminen on yleensä tilojen käyttäjien vastuulla, mutta kosteusvaurioituneissa tai sisäilmaongelmaisissa sekä laajoissa että rakennusryhmiä käsittävissä kohteissa tarveselvityksen toteutukseen on kannattavaa hankkia ulkopuolinen asiantuntija. (Turunen 2011)

Peruskorjattavan rakennuksen tarveselvityksessä on ensisijaisesti arvioitava tilojen toiminnallista korjaustarvetta ja niiden jälkeen teknistä korjaustarvetta (rakennuksen kunto- ja kelpoisuusarvio), jota täydennetään kunnossapitosuunnittelun tiedoilla. Suuret korjaustarpeet (etenkin peruskorjaukset) tulisi pyrkiä ennakoimaan noin viiden – kymmenen vuoden määräajoin tehtävillä kuntoarvioilla. Selvityksen aikana pyritään saamaan selkeä ja kattava kokonaiskuva rakennuksessa esiintyvistä vaurioista ja käyttäjien kokemista oireista. Peruskorjausta ja mahdollisia korjaustapoja tarkasteltaessa tulee rakennuksen nykytilanteen kokonaiskuva rakenteiden sekä teknisten järjestelmien kunnosta että toiminnallisuudesta olla riittävän selkeä ja kattava. Ennen peruskorjauksen hankesuunnitteluprosessin käynnistymistä tulisi suorittaa kattava (kokonaiskuva) kunto-, kelpoisuus- ja tekninen riskinarvio. Kun suoritetuissa rakenteiden ja teknisten järjestelmien arvioissa on käynyt selkeästi ilmi, että kohteessa tarvitaan laajoja korjaustoimenpiteitä, yleensä yksityiskohtaisia tutkimuksia ei tarvita.

Mitä enemmän korjauskohteen rakenteita ja teknisiä järjestelmiä ollaan jättämässä ennalleen, sitä yksityiskohtaisemmin ja laajemmin tulee selvittää niiden kunto. Mikäli joitakin rakennusosia tai teknisiä järjestelmiä jätetään korjaamatta, niin ne tulee huomioida teknisessä riskinarviossa. (RIL 250-2011, 19-46; Turunen 2011)

Rakennuksen kunto- ja kelpoisuusarviossa selvitettäviä asioita:

- käyttäjäkyselyt ja huoltohenkilöstön haastattelut
- kaavamääräykset
- asiakirjoihin tutustuminen, piirustuksien nykytilanne
- rakennustaiteelliset ja ympäristöarvot
- tilat ja toimivuus (katselmuksessa kierretään kaikki tilat kuntoarvion mukaisesti sekä huomioidaan muuntojoustavuus)
- rakenteet ja kunto (tekninen riskiarvio, asteittain tarkentuvaa)
- paloturvallisuus
- ääneneristävyys
- energiataloudellisuus

Mikäli nykyisille tiloille ei ole tarvetta, tilojen korjaaminen ei ole kannattavaa. Rakennuksen peruskorjaaminen tarjoaa mahdollisuuden silloin, kun tilojen ominaisuuksia ja käyttötarkoituksia pitää muuttaa. Tarveselvityksen yhteydessä toteutetaan usein työympäristön suunnittelua, jolloin peruskorjauksen jälkeen on mahdollista siirtyä modernisoituun ja tilatehokkaaseen toimintaympäristöön. Mikäli rakennuksen kunnossapidon laiminlyönnin vuoksi korjaustarpeita ei ole ennakoitu ja korjauksiin ryhdytään vasta, kun rakennuksen kunto pakottaa välittömiin korjauksiin. Tarveselvityksen pää tavoitteena on kuntotutkimus- ja hankesuunnittelutarpeen toteaminen. Tarveselvitysvaihe on usein varsin lyhyt ja prosessi käynnistyy suoraan hankesuunnittelulla. (Turunen 2011.)

Rajatun vikaantuneen tai vaurioituneen rakennusosan korjaaminen on usein normaalia kunnossapitoa. Kun kosteusvaurion syy, laajuus ja niiden seuraukset ovat varmuudella selvillä, niin kohdennettua tutkimusta ei tarvita, vaan silloin suunnitellut toimenpiteet hyväksytetään kunnossapidosta vastaavalla. Koska rakenteet tulisi korjata välittömästi ennen varsinaista kosteus- ja homevaurion realisoitumista. (Torikka, Hyypöläinen, Mattila, Lindberg 1999, 68-69).



## 7.2 Hankesuunnittelu

Tarveselvityksen hankepäätyksen jälkeen käynnistyy hankesuunnitteluprosessi. Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään haluttu korjausten taso tarpeiden ja resurssien pohjalta. Hankesuunnitteluprosessin aikana tulisi selvittää kattavasti (kokonaiskuva) rakennuksen ja teknisten järjestelmien kunto-, kelpoisuus- ja yleensä laaditaan tekninen riskinarvio. Kun suoritetuissa rakenteiden ja teknisten järjestelmien kuntotutkimuksissa on käynyt selkeästi ilmi, että kohteessa tarvitaan laajoja korjaustoimenpiteitä, yleensä yksityiskohtaisia tutkimuksia ei tarvita. Mitä enemmän korjauskohteen rakenteita ja teknisiä järjestelmiä ollaan jättämässä ennalleen, sitä yksityiskohtaisemmin ja laajemmin tulee selvittää niiden kunto. Mikäli joitakin rakennusosia tai teknisiä järjestelmiä jätetään korjaamatta, niin ne tulee huomioida kuntotutkimuksissa ja etenkin teknisessä riskinarviossa. (RIL 250-2011, 19-46; Turunen 2011.)

Rakennuttajan/tilaajan/rakennuttajakonsultin tulee määrittellä ja valita sisäilmastoa, siihen vaikuttavien rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtautta ja rakennusmateriaalien päästöjä koskevat tavoitearvot hankesuunnitteluvaiheessa yhdessä suunnittelijoiden kanssa ja antaa ne tiedoksi hankkeen kaikille suunnittelijoille. Hankesuunnitteluvaiheessa asetetaan yleistavoitteet määrittämällä esim. hankeohjelmaan keskeisten tilatyypin sisäilmastoluokat. Sisäilmaluokituksen rakenne on esitetty kuvassa 18. Sisäilmastoluokitus ei ole viranomaisohje tai sellaisen tulkinta. Luokituksessa mainitut asiat muuttuvat sopimusosapuolia sitoviksi siinä muodossa, kuin niihin yksilöidysti viitataan hankkeen sopimusasiakirjoissa. Tärkeimmät sopimusasiakirjat, joissa luokitukseen voidaan viitata, ovat omistajan ja käyttäjän välinen esivuokrasopimus/ryhtymispäätös, konsulttisopimukset, urakkasopimukset (urakkaohjelma, urakkarajaliite, työselostukset ja piirustukset). Lisäksi sisäilmastoluokituksen asioita esitetään työmaan laatusuunnitelmassa. Sopimusasiakirjoissa käytetään mahdollisimman täsmällisiä ja yksilöityjä viittauksia. Esimerkiksi pelkkä sisäilmastoluokan mainitseminen ei yksistään riitä, vaan työselostuksiin on syytä kirjoittaa ne vaatimukset, jotka ko. luokan saavuttamiseksi edellytetään. (RT 07-10946 2009, 2-9)

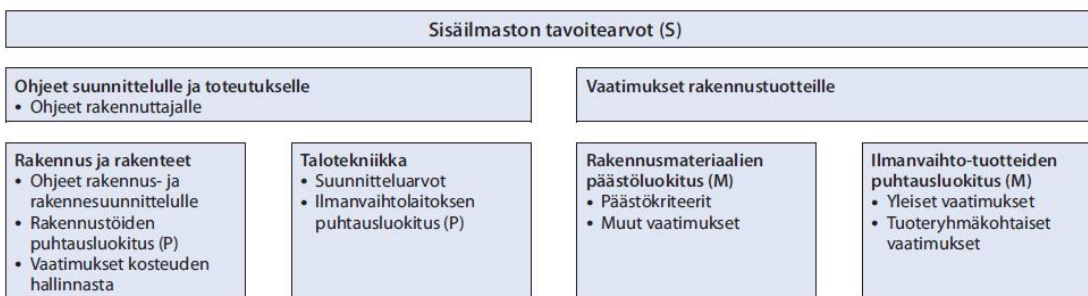
Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot on asetettu siten, että luokka S3 vastaa maankäyttö- ja rakennuslain (RT YM1-21357, LVI YM-00365, KHYM-10488) sekä terveysuojelulain 309/2006 (RT STM-21319, LVI STM-00341, KHSTM-10460) vaatimuksia. Nykytietämyksen mukaan tämän luokituksen tavoitearvojen toteutuessa ei terveille henkilöille aiheudu terveyshaittaa, jos rakennuksessa on suunnitellulla tavalla toimiva ilmanvaihto eikä erityisiä epäpuhtauslähteitä ole. Sisäilmastoluokitus on

kolmitasoin: laatuluokat S1, S2 ja S3. Luokka S1 on paras, mikä merkitsee suu-  
rempaa tyytyväisten osuutta. Tavoitteen asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri  
toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä tai viihtyvyyttä vaarantavien ongel-  
mien syntyminen riskiä. (RT 07-10946 2009, 2-9)

Rakennustöiden suunnittelua, ohjausta, toteutusta, käyttöönottoa ja käyttöä varten on  
valittava rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka sekä rakennusma-  
teriaalien valintaa varten rakennusmateriaalien päästöluokka. S1- ja S2-luokan laatu-  
tavoitteiden saavuttaminen edellyttää puhtausluokan P1 rakennustöitä ja ilmanvaihto-  
järjestelmää sekä M1-luokan rakennusmateriaalien käyttöä. (RT 07-10946 2009, 2-9)

Lisäksi talonrakentamisen korjaussuunnittelua ohjataan tehtäväluettelolla. Tehtävä-  
luetteloa käytetään suunnittelijan tehtävälaajuuden sisällön määrittelyssä, suunnitte-  
lukokonaisuuden hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta.

Ympäristöministeriön asetuksessa (12.3.2015) rakentamista koskevista suunnitelmi-  
sta ja selvityksistä on käsitelty erityisesti rakennuksen kunnosta (tutkimukset ja selvi-  
tykset) laadittujen selvitysten sisältöä, purku- ja suojaussuunnitelman (purettavat ra-  
kenteet, purkutoimenpiteet ja niistä aiheutuvien haittojen ehkäiseminen sekä osas-  
tointi että alipaineistus) sisältöä, kosteudenhallintasuunnitelman (toimenpiteet, joilla  
rakennusaineet, -tuotteet sekä rakennusosat suojataan sään aiheuttamilta tai työ-  
maan olosuhteilta johtuvilta haittavaikutuksilta sekä niiden kosteudensuojauksen to-  
teuttaminen että rakenteiden kuivumisen varmistaminen) sisältöä ja kosteusvaurion  
korjaussuunnitelman (toimenpiteet, joilla haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttö-  
jiin poistetaan, sekä suunnitellun rakenteen tai järjestelmän toiminta ja käyttöikä) si-  
sältöä.



KUVA 18. Sisäilmaluokituksen rakenne (RT 07-10946 2009, 3)

Hankesuunnittelun aikana suoritetaan kunto yms. tutkimukset ja määritetään korjausten tavoitetaso. Lisäksi korjaussuunnitelmien ristiintarkastuksen suorittaa vastuullinen tutkija. Vastuullinen tutkija tarkastaja tutustuu korjaussuunnitelmiin ja vertaa kunto- tai sisäilmastotutkimuksen johtopäätöksiin. Tutkijan suunnittelun ohjaus ja ennakointi on tärkeä riskien löytämiseksi, joihin tutkija voi yhdessä hankkeen suunnittelijoiden kanssa löytää kosteusvaurioiden ja sisäilmaston kannalta turvallisempia ratkaisuja. (Säteri & Backman 2004, 75-79.)

Hankeselvityksen sisältö on esitetty liitteessä yksi. Hankeselvityksen asioista laaditaan hankesuunnitelma, jolloin hankkeen sisällön vertailua voidaan tehdä kustannusten, hyötyjen ja riskinarvion perusteella. Hankesuunnitelmassa esitetään määritelty tavoitetaso ja siihen liittyvä tavoitehinta sekä toteutusaikataulu ja -tapa sekä rahoitussuunnitelma. Hankesuunnitelman tärkein tavoite on tuottaa lähtötiedot korjaussuunnittelua varten. Tavoiteasetteluun kuuluvat mm. esteettiset tavoitteet, toimivuustavoitteet, sisäilman laatutavoitteet, energiankulutus- ja ympäristötavoitteet, elinkaaritavoitteet sekä tekniset tavoitteet. Rakennushankkeen kriittiset laatutekijät voidaan ryhmitellä hallinnollisiin ja teknisiin tekijöihin. Ylläpidon kriittiset laatutekijät muodostavat oman ryhmänsä. Kohdekohtaisen kriittisen laatutekijän huono toimivuus muodostaa potentiaalisen vaurioriskin. Hankesuunnitelman sisältö on liitteenä kaksi. (Turunen 2011)

Rakennukset tulee suunnitella siten, että toteutus on mahdollista tehdä suunnitelman mukaisesti. Korjaussuunnittelussa on huomioitava, että kosteuden kertyminen rakenteiden osiin tai sisäpinnoille ei ole mahdollista, jolloin käyttäjille ei pääse syntymään terveyshaittoja. Lisäksi korjaussuunnittelussa on varmistuttava rakenteen vikasietoisuudesta, jolloin rakenteessa on varmuutta kestää jopa lyhytaikaisia käyttövirheitä tms. Pääsuunnittelijan tulee yleensä korjaussuunnittelussa ottaa huomioon rakennuksen toiminnallisuuden ja arkkitehtuurin lisäksi myös rakennusten rakennusfysikaalinen toimivuus yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Arkkitehtuuri muodostuu massoista, suhteista, pinnoista, materiaaleista ja detaljeista. Suunnittelun aikana on entistä enemmän kiinnitettävä huomiota materiaalien pitkäaikaiskestävyyteen, säänkestävyyteen ja toimiviin sekä toteutettaviin detaljeihin. Lisäksi useiden julkisivumateriaalien ja monimutkaisten detaljien käyttö samassa rakennuksessa tuottavat usein vaikeasti hallittavia liitosdetaljeja ja mahdollisia riskirakenteita. Sisätilat tulee suunnitella siten, ettei niihin jää tuulettumattomia tiloja tai yksityiskohtia (liitosdetaljit), joissa voi esiintyä pintakondensaatiota. Lisäksi peruskorjauksen laajennuksen hankesuun-

nittelussa pitää huomioida, että rakennuksen (laajennuksen) maanvastaisia seiniä ei pitäisi sallia muualla kuin ulkoseinälinjoilla. (RIL 250-2011, 19-46)

Rakennusfysikaalisen suunnittelun sekä laskennan tavoitteet ja periaatteet on kuvattu julkaisun RIL 255-1-2014 sivuilla 17-85. Lisäksi RIL 107-2012 julkaisussa on ohjeistettu rakennusten veden- ja kosteudeneristeen suunnittelua. Kosteudenhallintaprosessia on kuvattu RIL 250-2011 julkaisussa sekä rakennushankkeen ohjaus kosteudenhallinnan näkökulmasta julkaisussa. (Miettunen & Turunen 2015.) Lisäksi rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä suunnitteluluokitusta ja suunnitteluperiaatteita on kuvattu (Lehtinen & Viljanen 2001.) julkaisussa yksityiskohtaisesti.

Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuustarkastelu jakautuu kolmiportaiseen suunnitteluluokitukseen RF1, RF2 ja RF3, joista RF1 on vaativin. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu julkaisu on kehitetty Teknologian kehittämiskeskuksen Terve talo –tutkimusohjelman aikana. Rakenteiden analyysipohjainen lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden arviointia RF1 suunnitteluluokassa. Laskennallisen simuloinnin avulla kuvataan ideaalisen rakenteen, liitoksen tai liittymän toimintaan valituissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa ja niillä materiaaliominaisuuksilla, joita rakennekerrokseen on suunniteltu. Laskennalla voidaan vertailla eri vaihtoehtojen toimivuutta samoissa olosuhteissa ja erilaisten sisä- ja ulkopuolisten kosteusrasitusten aikana. Pelkkä laskennallinen tarkastelu ei riitä osoittamaan rakenteita turvallisiksi (Nieminen, Kouhia, Ojanen, Knuuti 2013, 14-20.) Lisäksi on tehtävä suunnitteluluokan tehtävät, laadittava riskinarvio rakenteille ja niiden vaikutuksista toimivuuteen. Riskinarvio laaditaan yleensä suunnitteluluokissa RF1 ja RF2.

Vahingon tai onnettomuuden todennäköisyyden tarkka määrittely on rakennushankkeissa käytännössä mahdoton tehtävä. Todennäköisyyden sijasta on tarkasteltava hankkeen vaativuutta. Hankkeen vaativuus ja vahingon todennäköisyys eivät aina riipu suoraan toisistaan, mikä on hankkeen vaativuuden arvioinnissa otettava huomioon. Korrelaatio vaativuuden ja todennäköisyyden välillä on riittävä riskinarvio laadinnassa. Hankkeen tai rakenteen vaativuuden kasvaessa kasvaa myös riskin realisoituminen, koska:

- vaativa monimutkainen rakenne on suunnittelun ja toteutuksen sekä ylläpidon kannalta alttiimpi virheisiin
- harvinaisista rakenteista ei kaikilla osapuolilla ole kokemusta, jolloin virhemahdollisuus on suuri

- hankeorganisaation osapuolien suuri määrä voi johtaa puutteelliseen yhteistyöhön ja tietokatkoksiin

Virheen tai vahingon normaalia suurempi todennäköisyys voi myös aiheutua hankeorganisaation vähäisestä kokemuksesta tai osaamisesta hankkeen luonteeseen nähden, vaikka olosuhteet ja rakenteet sinänsä eivät ole poikkeuksellisen vaativia. (RIL 241-2007, 14-16)

### 7.3 Suunnittelun valmistelu

Korjaussuunnittelu käynnistyy yksityisen tai julkisen rakennushankkeeseen ryhtyvän tai hänen edustajansa yhteydenotolla. Yhteydenoton jälkeen seuraa suunnittelupalvelun hankintamenettely (RT 13-10994, 2). Hanketietokorttiin yhdistetään rakennuskohteen lähtötiedot ja tilaajan edellyttämä laatutaso sekä täydennetään talonrakentamisen suunnittelun tehtäväluetteloita täsmentävä suunnittelutehtävien laajuus ja vaativuus. Hanketietokorttia käytetään korjaushankkeen aikana ja täydennetään tarvittaessa. Hanketietokortti HT12 (RT 10-11106) on suunnitteluhankinnan apuväline.

### 7.4 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheen aikana suunnittelijat laativat vaihtoehtoisia ratkaisuja hankesuunnitelmassa määritettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Suunnittelun (ARK12, GEO12, RAK12, SIS12 ja TATE12) tehtäväluettelo käytetään suunnittelijan tehtävälaajuuden sisällön määrittelyssä, suunnittelukokonaisuuden hallinnassa sekä osana suunnittelun laadunvarmistusta. Ehdotussuunnittelun vaiheen aikana on usein tarpeellista tarkastaa laaditut korjaussuunnitelmat. Korjaussuunnitelmien tarkastuksen voi tehdä suunnittelutoimiston hyväksytty sisäinen tarkastaja tai ulkopuolinen tarkastaja. Kosteusteknistä suunnitelmien tarkastamista on käsitelty Sisäilmastoseminaari 2004 julkaisuissa ja VTT:n T144 tutkimusraportissa sekä RIL 251-1-2014 julkaisussa.

### 7.5 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään lähes lopulliset valinnat arkkitehtuurin, rakenneratkaisujen, teknisten järjestelmien ja rakennuksen tyyppillisten tilojen kuten mallihuoneen osalta. Rakennuttajan tulee ohjata suunnittelua kirjaamalla sisäilmastotavoitteet

selkeästi (esim. Sisäilmastoluokitus 2008 avulla) kaikkien suunnittelijoiden tiedoksi. Valitun sisäilmastoluokan toteutumista ei voi sisällyttää pelkästään yksittäisen suunnittelijan tehtäväksi, vaan kaikkien suunnitteluun osallistuvien on oltava tietoisia rakennuttajan tavoitteista. Suunnitteluryhmän jokaisen suunnittelijan tulee osaltaan huolehtia siitä, että valitun sisäilmastoluokan edellyttämät suunnitteluratkaisut esitetään piirustuksissa, työselostuksissa, urakkarajaliitteessä ja työmaanlaatusuunnitelmassa. Hankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvelvollisuus siitä, että asiakirjojen ristiriidattomuus varmistetaan myös valittujen sisäilmaston suunnitteluratkaisujen osalta. (RT 07-10946 2009, 2-9)

Lisäksi RT 07-10805 Terveen talon toteutuksen –ohjekortissa on rakentamisprosessin eri vaiheisiin soveltuvia toimenpiteitä sekä niihin soveltuvia tarkastuslistoja tekniikanaloittain.

## 7.6 Toteutussuunnittelu

Hankesuunnittelun aikana korjausvaihtoehtojen tarkastelemisen (taloudellinen, tekninen ja terveydellinen riskinarvio) seurauksena valikoituu projektiin parhaiten soveltuva korjaustapa. Toteutussuunnittelussa yleissuunnitelma edelleen kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. Toteutussuunnitteluun sisältyy tuote- ja järjestelmäosasuunnittelu.

Hyvän sisäympäristön suunnittelu on tavoitteellista toimintaa, jossa on otettava huomioon lukuisat, usein toisistaan riippuvat sisäympäristötekijät, eri käyttäjäryhmien tarpeet ja työprosessin sujuvuusvaatimukset sekä voimassa oleva maankäyttö- ja rakennuslaki että valtioneuvoston asetukset.

Nykyään suunnitteluprosessille onkin tyypillistä limittäinen suunnittelu, jossa käyttäjäpalautetta hyödynnetään useissa suunnittelun vaiheissa. Suunnitteluprosessissa joudutaan tyypillisesti tekemään kompromisseja vastakkaisten suunnittelutoimijoiden välillä. Suunnittelussa on lisäksi varauduttava myös tulevaisuuden muutostarpeisiin.

## 7.7 Rakentaminen

Rakentamisvaiheen aikana suunnittelija suorittaa viranomaisten määräämät sekä tilaajan kanssa erillistehtävinä sovitut valvonta- ja selvitystehtävät. Suunnittelija

suunnittelee rakentamisen aikaiset muutokset, tarkennukset ja toimittaa muutosdokumentit viranomaisille.

Lisäksi suunnitelmakatselmuksia järjestetään rakentamisen aikana, esimerkiksi ennen työvaiheiden käynnistymistä. Suunnitelmakatselmuksen tarkoituksena on pienentää suunnitelmien aiheuttamia epäselvyyksiä ja aikatauluongelmia. Suunnitelmakatselmukset kuuluvat osaksi ennakoivaa laadunhallintaa ja laatuvirheiden ennaltaehkäisyä, jossa laadunvarmistuksen painopistettä siirretään jälkikäteisestä tarkastamisesta ennakkosuunnitteluun, ohjaukseen ja laaturiskien tunnistamiseen.

## 7.8 Käyttöönotto

Käyttöönotossa varmistetaan järjestelmien toiminta ja dokumentoidun luovutusaineiston toimittaminen tilaajan arkistointiohjeen mukaan.

Huoltokirja on asiakokonaisuus, jossa määritetään rakennuksen, rakennusosien sekä teknisten järjestelmien huolto- ja käyttötehtävät. Huoltokirja laaditaan kiinteistö- ja rakennuskohtaisesti. Huoltokirja ohjaa oikein toteutuvaan määräaikaishuoltoon, mahdollisimman hyvään energiatehokkuuteen ja hyvään sisäilmastoon. Lisäksi huoltokirjan noudattaminen estää käytännössä huoltotoiminnan laiminlyönnit ja energiatehokkuus pystytään pitämään mahdollisimman hyvänä. (Myyryläinen 2008, 40-41)

Huoltokirjan laadinta aloitetaan jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin laadinnan periaatteista on päätettävä. Laadinnan organisointi on rakennuttajan tai hänen edustajansa päätettävissä. Huoltokirjan laadinnan koordinoijaksi ja vastuuhenkilöksi soviin usein talotekninen pääsuunnittelija, talotekninen erityisvalvoja tai erillinen huoltokirjakoordinaattori. (Myyryläinen 2008, 40-41)

## 7.9 Seurantasuunnitelma

Seurantasuunnitelman tarkoitus on arvioida sisäilmakorjausten onnistuminen ja todentaa korjauksille asetetut tavoitteet sekä varmentaa tilojen hallittu käyttöönotto. Suunnitelman avulla seurataan ja todennetaan tilojen sisäilman laatutason pysyvyyttä pääsääntöisesti kahden ensimmäisen käyttövuoden aikana ja tunnistetaan työympäristön sisäilmaan liittyviä riskitekijöitä. Kahden vuoden seurannan jälkeen prosessi todennäköisesti päätetään tai uudelleen arvioidaan, miten ja millä intensiteetillä si-

säilman laadun pysyvyyttä on jatkossa seurattava. Seurantasuunnitelman sisällön kuvaus on esitetty liitteessä neljä.

Peruskorjauksen jälkeinen laadunvalvontasuunnitelma on yhtenäinen sisäilmakorjausten seurantasuunnitelman kanssa. Laadunvalvontasuunnitelma on kuitenkin suppeampi kuin seurantasuunnitelma. Sen osia ovat mm. rakennuksen takuuajana toteutettava käyttäjätyytyväisyyskysely, mahdollinen työhygieeninen mittaus, tarkka ja systemaattinen ylläpito ja olosuhdeseuranta sekä talotekniikkamittaukset.

Laadunvarmistuksen tavoitteena on varmistaa korjausten toteutuminen ajantasaisten suunnitelmien mukaisesti. Arvioitavia asioita ovat: dokumentointi, korjausten toteutus, kosteudenhallinta, päällystettävyydsmittaukset, puhtaudenhallinta, sisäilmaluokitus, korjausten jälkeisen siivouksen onnistuminen, työ- ja suojausmenetelmien toteutus. Laadunvarmistuksessa on huomioitava viestintä, että laadittua viestintäsuunnitelma noudatetaan ja päivitetään.

Rakennuksen suunnittelu- ja hankevaiheessa asetettiin erilaisia tavoitteita, joiden onnistuminen arvioidaan laadunvarmistussuunnitelmassa esitetyillä tavoilla. Jokaisesta korjaushankkeen palautteesta voimme oppia ja sen opitun tiedon vieminen tuleviin hankkeisiin sekä sisäiseen koulutukseen.

Kun rakennus on "nimetty" sisäilmaongelmaiseksi (usein toistunut ja paljon korjattu vaurio ja käyttäjillä on vaikeita terveyshaittoja vaurion syy-seurauksena), sitä välttämättömämpi seurantasuunnitelman noudattaminen on.

Seurannassa mahdollisesti käytettävien laboratoriokokeiden määrä on pieni. Seuranta-ajan tulee olla riittävän pitkä. Ensimmäiset seurantamittaukset on suositeltavaa tehdä vasta 2...4-6 kuukauden kuluttua korjauksen valmistumisesta. Seuranta on syytä jatkaa ainakin 1 vuoden ajan. (Suomen yliopistokiinteistöt Oy. Materiaalipankki.)

Terveydellisen seurannan on oltava vähintään 1 vuoden pituinen ja seurannan toteuttajana on terveydenhuollon edustaja. (Sisäilmayhdistys ry. Terveelliset-tilatietojärjestelmä.)



## 8 VIESTINTÄ KORJAUSHANKKEEN AIKANA

Sisäilmasto-ongelmaa käsiteltäessä projektiryhmän (esim. sisäilmatutkija, suunnittelija, rakennuttaja, työterveyshuolto ja käyttäjän edustaja) toiminnan tulee olla tavoitteellista ja prosessinomaista (kuva 19). Tilan käyttäjiä osallistava työskentelyote sekä vuorovaikutteinen ja säännöllinen viestintä niin projektiryhmän jäsenten kesken kuin ongelmatilannetta hoitavien ja tilan käyttäjien välillä edesauttavat onnistuneeseen ratkaisuun pääsemistä. Suunniteltu viestintä tukee sisäilmasto-ongelman ratkaisua, jolloin luottamus on mahdollista saavuttaa. Viestintäsuunnitelma on projektiryhmän työväline, jota päivitetään sisäilmasto-ongelman käsittelyn aikana (tutkimuksista korjausten seurantasuunnitelmaan). Suunnitelmaan kootaan projektiryhmän sisäisen tiedonkulun varmistamiseen liittyvät pelisäännöt sekä periaatteet ja käytännön toimet, jotka liittyvät viestintään tilan käyttäjien ja muiden keskeisten sidosryhmien suuntaan. Viestintäsuunnitelman tulee olla osana toimenpideprosessia, sillä irrallisena asiakirjana ja toimenpiteenä se jää irralliseksi. (Lahtinen, Ginström, Harinen, Lappalainen, Tarkka, Unhola 2010, 8-24)



KUVA 19. Sisäilmasto-ongelmien ratkaisun hyvät käytännöt (Lahtinen ym. 2010, 10)

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Korjausrakentamisen prosessia (kuva 15) noudatetaan systemaattisesti kokoaikaisesti ja kokonaisvaltaisesti alkutilanteen katselmuksesta käyttöönottovaiheeseen ja edelleen seurantasuunnitelman raportointiin saakka. Prosessiin kytkeytyvän moniammatillisen ryhmän on tunnettava korjausprosessin tärkeimmät pääkohdat, jotka ovat lähtötilanteen selvittäminen, riskinarvion laatiminen ja huolellinen hankesuunnittelu. Koska hankesuunnitelmassa kuvataan nykytilanne, tutkimukset, korjaustavat, toteutusmuoto ja niiden mukaisesti määritetään korjausprosessin tavoitehinta päätöksen käsittelyä varten. Liian usein aikataulujen ja budjettien laadinta on puutteellista sekä suunnittelun että toteutuksen aikana. Varsinkaan kilpailemisella kustannuksien sekä aikataulujen minimoinnissa ei pystytä tuottamaan kestäviä ja pitkäaikaisia rakennuksia.

Yrityksen, jonka palveluvalikoimaan sisältyy sisäilmaongelman ratkaiseminen alusta loppuun, niin tiedonhallinnan ja toimintamallin noudattamisen merkitys korostuu onnistuneessa sisäilmaongelman ratkaisemisessa. Hyvätkään asiantuntijat eivät saa parasta mahdollista tulosta, mikäli toimintamalli sisäilmaongelmien ratkaisun etenemisessä ei ole kaikille toimijoille selvä. Toimintamalleja on monia, jokaisella yrityksellä ja jopa työntekijällä yleensä omansa, mutta ainakin yrityksen sisällä olisi tärkeää, että kaikki toimisivat samalla järjestelmällisyydellä noudattaen vain yhtä yksinkertaistettua toimintamallia sisäilmaongelmaisten kohteiden kanssa.

Kokonaisuudenhallinnan opettava lopputulos syntyy vasta samanlaisen toiminnan toistuessa ja palautteesta oppimalla. Nykyiset toimintamallit ovat osin puutteellisia sisäilmaongelmaisten kiinteistöjen korjaussuunnittelun ja etenkin kosteudenhallinnan osalta. Rakenneteknisten ratkaisujen asiantuntijoiden lisäksi on osattava ottaa huomioon entistä kattavammin myös talotekniikka-asiantuntijat sekä sisäilmastoasiantuntijat. Perustietämystä yhteistyössä toimivien asiantuntijoiden työstä olisi saatava levitettyä läpi koko sisäilmakorjaushankkeessa mukana olevien toimialojen. Raportointivaiheessa yhteistyön tulos on saatava niin selkokieliseksi, että kiinteistön omistajallakin on mahdollisuus ymmärtää luettavansa, jolloin kiinteistönomistaja pystyy tekemään todellisuuteen pohjautuvia päätöksiä.

Jokaisella yrityksellä on omat toimintamallinsa, mutta tuleva tarve tehdä enemmän yhteistyötä eri toimijoiden kanssa edesauttaa jokaisen yrityksen kehittämään omia toimintamalleja, jotta ne toimisivat yhteistyössä muiden yritysten ja tilaajatahojen toi-

mintamallien kanssa. Eri asiantuntijoiden toiminta pitäisi sisällyttää samaan toimintamalliin, jotta kaikki tieto liikkuisi niin eri asiantuntijoiden kuin kiinteistön omistajankin välillä saumattomasti.

Korjausrakentamisen prosessin aikana havaittujen sisäilmaongelmien ratkaisuihin on kysymys moniammatillisen yhteistyön toimivuudesta, jolloin käytännössä toimivia rutiineja on kehittynyt vain muutamille työpaikoille (kiinteistönomistajille). Hyvin sujuva moniammatillinen yhteistyö vaatii onnistuakseen sekä yhteistyön rakenteiden organisoimista että tietoista kehittämistyötä. Moniammatillinen yhteistyö edellyttää eri intressien ja ammattiryhmäkohtaisten työskentelykäytäntöjen yhteen sovittamista, eri toimijoiden roolien selkiyttämistä ja yhteisen tavoitteen asettamista sekä löytämistä. Yhteisen viitekehyksen muodostaminen ja yhteistoiminta vaatii harjoittelua eikä se aina ole helppoa, kun tehtävänä on hankalien sisäilmaongelmien ratkaiseminen.

Viestintä on avainasemassa sisäilmaongelmien ratkaisussa (kuva 18). Koska vain osallistavassa ja vuorovaikutteisessa korjausrakentamisen prosessissa kaikki osapuolet tietävät tilanteen ja tuntevat tulevansa kuulluiksi.

Kehitetään suunnittelun kokonaislaadunhallintaa nykyisestäään avustamaan uusien hankkeiden suunnittelua, jolloin tiedostetaan ja opitaan virheistä sekä puutteista että aikatauluhallinnasta. Lisäksi kehitetään lähtötietojen hallintaa yhdessä korjaussuunnitelmien sisäisentarkastuksen kanssa. Parannetaan laatujärjestelmän (Ramboll Finland Oy) käyttämistä, jolloin tiedon jakaminen suunnitteluryhmälle sekä asian käsitteleminen on helpompaa ja nopeampaa. Hyödynnetään suunnittelupalautteiden lisäarvoa oppimisen työkaluna. Etenkin korjaussuunnittelijan on seurattava kansallisen tiedeyhteisön tuottamia tutkimuksia ja julkaisuja, jolloin tiedostamme systemaattisesti nykyiset ja tulevaisuuden haasteet sekä ongelmat.

### 9.1 Jatkotutkimustarpeet

Toimintamallin ohjeiden täydentäminen ja laatiminen erityisesti sisäilma-asioiden tai ongelmien huomiointiin prosessin alkuvaiheessa, viestinnässä, korjaussuunnittelussa ja sisäilmatiedon siirtymisessä eri vaiheiden välillä, on tarpeen. Johtopäätöksissä kuvattujen ongelmakohtien huomioon ottaminen ja niiden ratkaiseminen ohjeistusta jatko kehitettäessä tulee huomioida. Toimintamallista tulisi myös tehdä sähköinen lähtötiedot paremmin huomioiva versio, jolloin se linkittyisi sisäiseen toiminnanohjausjärjestelmään ja laitteisiin, unohtamatta helppokäyttöisyyttä. Kehityshankkeet

ovat toteutuneet, esimerkiksi rakennushankkeen kosteudenhallinnan ohje on esitelty syksyllä 2015. (Miettunen & Turunen 2015.)

## LÄHDELUETTELO

- Asikainen, V. (Toim.) 2008. *Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Osa 1. Kiinteistönomistajan opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnan tutkimiseen ja korjaushankkeisiin.*
- Björkholz, D. 2004. *Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. 3. painos. Rakennustieto Oy.*
- Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, by 42.* Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.
- Betonilattiat 2014, by 45/BLY 7.* Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.
- Betonirakentamisen laatuohjeet 2013, by 47.* Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.
- Haavisto, I. 2013. *Tietomallintaminen korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa.* Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [viitattu 11.8.2015].
- Haukijärvi, M. 2005. *JUKO –ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaustarpeen selvittäminen ja kuntotutkimukset.* Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.
- Hietanen, J. 2005. *Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Filosofinen selvitys tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksista.* Tampere: Rakennustieto Oy.
- Hirsijärvi, S., Remes P., Sajavaara P. 2013. *Tutki ja kirjoita. 15.-17. painos.* Jyväskylä: Kirjayhtymä Oy.
- Jokiranta, K. (Toim.) & Palonen, J. (Toim.). 1999. *Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille. SIY raportti 12.* Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.
- Kiviniemi, M. 1997. *Korjaushankkeen laatusuunnitelmat. VTT tiedotteita 1849.* Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).
- Kokko, E; Ojanen, T.; Salonvaara, M.; Hukka, A.; Viitanen H. 1999. *Puurakenteiden kosteustekninen toiminta. VTT tiedote 1991.* Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).
- Korjausrakentaminen 1. Yleiset perusteet. RIL 174-1-1988. 1988. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen. RIL 250-2011. 2011. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- KH 90-00403. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Lahtinen, M. 2004. *Psykologinen näkökulma työpaikkojen sisäilmasto-ongelmiin – Työ ja ihminen tutkimusraportti 25.* Työterveyslaitos.
- Lahtinen, M., Ginström, A., Harinen, S., Lappalainen, S., Tarkka, O., Unhola, T. 2010. *Selätä sisäilmastokiista – viesti viisaasti.* Työterveyslaitos.

Latvala, J. (Toim.) & Lampi, J. (Toim.). 2014. *Kosteus- ja homevauriot*. [viitattu 2015-08-07]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/dvk00010>.

Lehtinen, T. 2015-08-01. *Teemalehti kosteudenhallinta 7B/2015*. Helsingin rakennusmestarit ja –insinöörit jäsenlehti. [viitattu 2015-10-01]. Saatavissa: [http://www.hrmy.fi/pdf/HRI1506B\\_1-20.pdf](http://www.hrmy.fi/pdf/HRI1506B_1-20.pdf).

Lehtinen, T., Viljanen, M. 2001. *Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu. Teknillisen korkeakoulun talonrakennustekniikan julkaisuja 119*. Espoo: Libella painopalvelu Oy.

Leivo, V. (Toim.) 1998. Opas kosteusongelmiin. *Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Julkaisu 95*. Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Lindberg, R., Wahlman, J., Suonketo, J., Paukku, E. 2002. *Kosteusvirta-tutkimus, Julkaisu 119*. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

LVI 01-10541. 2013. LVV-kuntotutkimus. Tilaajan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

*Maankäyttö- ja rakennuslaki*. L 5.2.1999/132. [viitattu 18.12.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P120>.

Merikallio, T., 2009. *Betonilattian "riittävän" kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa*. Teknillinen korkeakoulu. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. [verkkojulkaisu]. [viitattu 2014-02-18]. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4656/isbn9789512299577.pdf?sequence=1>.

Miettunen, K. & Turunen, T. 2015. *Rakennushankkeen ohjaus kosteudenhallinnan näkökulmasta*. Jyväskylä: Ramboll Finland Oy.

Myyryläinen, L. 2008. *Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa*. 2. painos. Kiinteistöalan kustannus Oy.

Nordman, H., Uitti, J. 2007. *Majvik II –suosituksesta ohjeita kosteusvaurioiden selvittelyyn*. Suomen lääkärilehti.

Nieminen, J; Kouhia, I.; Ojanen, T.; Knuuti, A. 2013. *Kosteusteknisesti toimivia periaateratkaisuja. VTT Technology T144*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Neuvonen, P. 2006. *Kerrostalot 1880 -1960 –arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen*. Rakennustieto Oy.

Peltola, S. (Toim.) 2008. *Suunnittelijan opas koulurakennusten sisäilmasto-ongelmien ja kosteusvaurioiden korjaamiseen*. Espoo: Opetushallitus.

Puhto, J. & Tiainen A. 2011. *Kiinteistönhoidon hankintaprosessin kehittäminen. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden raportti 198*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Punkki, J.; Suominen, V. 1994. *Alkalikiviainesreaktio Norjassa – ja Suomessa. Betoni 2/1994*. Suomen Betonitieto Oy.

Putus, T. 2014. *Home ja terveys, kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesienten esiintyminen sekä terveyshaitat*. Pori: Suomen ympäristö- ja terveysalan kustannus Oy.

Pyy, H., Leivo, M., Lehmus, E. 2012. *Esitutkimus alkalikiviainesreaktiosta ja sen esiintymisestä Suomessa*. VTT Expert service Oy. Asiakasraportti VTT-CR-00554-12/FI.

Pääkkönen, R., Rantanen, S. 2003. *Työympäristön kemiallisten ja fysikaalisten riskien arviointi ja hallinta*. Kolmas painos. Jyväskylä: Työterveyslaitos.

Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. RIL 251-1-2014. 2014. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Rakennusten veden- ja kosteuseristysohjeet. RIL 107-2012. 2012. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Rakenteellisen turvallisuuden varmistaminen. Erytymenettelyn soveltamisohje. RIL 241-2007. 2007. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. RIL 216-2013. 2013. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

*Rapatun julkisivun kuntotutkimus 1998, by 44*. Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.

Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E., Reiman, M. 2012. *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012*. [viitattu 11.8.2015]. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj\\_1+2012.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf)

Reijula, K., Hyvärinen, M., Palomäki, E., Vahamäki, K., Hellgren, U., Rantama, M., Mikkola-Delis, T., Teikari, M., Lappalainen, S., Tuomi, T. 2005. *Sairaalarakennusten sisäilma ja työntekijöiden sekä potilaiden terveys*. [loppuraportti]. Helsinki: Työterveyslaitos.

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 07-10946. 2009. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 13-11143. 2014. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11061. 2012. Kiinteistön kuntoarvio. Kuntoluokan määräytyminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11086. 2012. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

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

RT 20-11160. 2014. Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Salonen, H., Lappalainen, S., Lahtinen, M., Holopainen, R., Palomäki, E., Koskela, H., Backlund, P., Niemelä, R., Pasanen A-L., Reijula, K. 2011. *Toimiston sisäilmaston tutkiminen*. Helsinki: Työterveyslaitos.

Seppänen, M., Seppänen, O. 2007. *Rakennusten sisäilmasto- ja LVI-tekniikka. 4. painos*. Espoo. SIY Sisäilmatieto Oy.

Seuri, M. & Palomäki, E. 2000. *Haasteellinen sisäilma*. Riskianalyysi sisäilmaongelmissa. Rakennustieto Oy.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2008. *Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas*. Pori: Ympäristö ja terveys-lehti.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. *Kosteusvauriot työpaikoilla. Kosteusvauriotyöryhmän muistio*. [verkkajulkaisu]. www.tyosuojelu.fi. [viitattu 11.8.2015]. Saatavissa: <http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/111938/URN:NBN:fi-fe201504224254.pdf?sequence=1>.

Suhonen, P.; Tenkama, P. 2010. *Raportointiohjeet*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Sisäilmayhdistys ry:n www-sivu [verkkajulkaisu]. [18.12.2014]. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat>.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 1998. BS 8800:fi. Ohje työterveys- ja turvallisuusjohtamisjärjestelmistä. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2007. SFS-EN 1990 + A1 + AC. Rakenteiden suunnitteluperusteet.. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

Suomen virallinen tilasto (SVT) ): Suomen virallinen tilasto [verkkoinaisto]. [viitattu 18.12.2014]. Saatavissa: <http://www.tilastokeskus.fi/meta/svt/>.

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy:n www-sivu [verkkajulkaisu]. [18.12.2014]. Saatavissa: <http://sykoy.fi/yhtio/materiaalipankki/>.

Säteri, J. (Toim.) & Backman, H. (Toim.). 2004. Sisäilmastoseminaari 2004. SIY raportti 22. Juva: SIY Sisäilmatieto Oy.

Säteri, J. (Toim.) & Ahola, M. (Toim.). 2015. Sisäilmastoseminaari 2015. SIY raportti 33. Juva: SIY Sisäilmatieto Oy.

*Terveydensuojelulaki*. L 19.8.1994/763, [viitattu 27.12.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>.

Torikka, K., Hyypöläinen, T., Mattila, J., Lindberg, R. 1999. *Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus. Julkaisu 99*. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto.



Turunen, T. 2011. *Korjausrakentamisen sisäinen koulutusaineisto ja prosessikaavio*. Jyväskylä: Ramboll Finland Oy.

*Työtapaturma- ja ammattitautilaki*. L 24.4.2015/459. [viitattu 11.8.2015]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150459>.

*Työturvallisuuslaki*. L 23.8.2002/738. [viitattu 18.12.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.

Tähtinen, K. 2012. *Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen*. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Rakentamisen koulutusohjelma. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö. [viitattu 18.12.2014].

Valtioneuvoston periaatepäätös rakennusten kosteusvaurioiden ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseksi. 2008. Valtioneuvoston periaatepäätös 19.8.2008.

Valtioneuvoston periaatepäätös toimenpiteistä rakennusten kosteusvaurioiden ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseksi. 2010. Valtioneuvoston periaatepäätös 12.5.2010.

Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. 1997. *Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas 28*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. *Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta*. 2014. *Ympäristöministeriön asetus 1/14 D3*. Määräykset 2014. Helsinki; Ympäristöministeriö. [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/41811>.

Ympäristöministeriö. *Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Suomen Rakentamismääräyskokoelma A4*. 2000. Määräykset ja ohjeet 2000. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/6022-A4.pdf>.

Ympäristöministeriö. *Esteetön rakennus. Suomen rakentamismääräyskokoelma F1*. 2005. Helsinki; Ympäristöministeriö. [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf>.

YTV 2012. *Yleiset tietomallivaatimukset 2012*. [verkkajulkaisu]. COBIM –hanke. Senaatti-kiinteistöjen tietomallintamishankkeen laajentamis- ja päivittämishanke. Hanke-vastaava: Finne, C. Rakennustietosäätiö RTS. [viitattu 11.8.2015]. Saatavissa: <http://www.buildingsmart.fi/8>.

## Liite1 Hankeselvityksen sisältö

Hankeselvitysvaiheessa selvitettäviä asioita ovat:

- tarveselvityksessä havaitut asiat
- rakennuksen nykytilanteen toiminnan ja käytön selvitys
- kiinteistötietojen dokumentointi
- kaavamääräykset vs. rakennuslupa
- rakenteiden kuntotutkimus (kunto ja lujuus), pohjautuu systemaattiseen tutkimussuunnitelmaan
- pohjarakennusselvitys
- lähtötiedot ja rakennustekninen- tai sisäilmaston kuntotutkimus (luku 6), joka pohjautuu systemaattisesti laadittuihin tutkimussuunnitelmiin (luku 6.5.1)
- teknisten järjestelmien kuntotutkimukset, pohjautuvat systemaattiseen tutkimussuunnitelmaan (luku 6.)
- rakennushistoriallinen selvitys (suojellut rakennukset)
- oire- ja käyttäjätyytyväisyyskyselyt (luku 3.5)

## Liite 2 Hankesuunnitelman sisältö

### Hankesuunnitelman sisältö:

- kuvaus nykytilanteesta
- vaihtoehtojen tarkastelu (kiinteistöstrategian mukaisesti)
  - kiinteistön peruskorjaus
  - toiminta muussa kiinteistössä / vuokratiloissa
  - uudisrakennus
- selvitys rakennuspaikasta
- rakenne- ja teknisten järjestelmien tavoitetasojen määrittely ja laadunhallinta suunnitteluun
  - rakennuttavuusselvitys
  - rakennustapaseloste (talo 2000 nimikkeistö)
  - LVIAS-rakennustapaseloste (talo 2000 nimikkeistö)
  - akustinen rakennustapaseloste
  - alustavat pohjakaaviot, pääleikkaukset, julkisivut ja havainne näkymät (mallisuunnitelmasta)
  - alustavat päärakennetyypit
  - paloluokka
  - sisäilmastoluokka, sisäilmastoluokitus 2008 mukaan
  - suunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto "Terve talo" –ohjeiden mukaan
  - suunnittelun ja toteutuksen (rakennustyöt ja ilmanvaihtojärjestelmät) puhtaudenhallintaluokka
  - suunnittelun ja toteutuksen pintamateriaalipäästöluokka
  - laadunvarmistustoimenpiteet
    - kosteudenhallinnan riskitasoarvio eli kosteusriskinarvio, RIL 250-2011
    - tavoiteasetteluista koostuva riskiarvio, RIL 241-2007
  - energialuku E-luokka
  - akustinen luokka
- huonetilaohjelma
- ympäristövaikutukset
- kustannukset ja niiden rahoitussuunnitelma
- hankkeen jälkeen käyttöönotettavan rakennuksen käytön aikaiset kustannukset

- toteuttamisaikataulu ja -malli
  - huomioidaan Terve talo -ohjeet, sisäilmastoluokitus 2008 ja kosteus-riskiluokka

### Liite 3 Kosteuden huomioiminen korjaussuunnittelun aikana.

#### Suunnittelussa huomioitavien kriittisten rakennusosien selvitys:

- Pihakansien vedeneristys ja vesienpoisto
- Katutasen (pihakannen) ja sisätilojen väliset sokkelit, pihavesien pääsy lattian sisälle ja lattian alusrakenteiden kuivuminen ja kuivana pysyminen
- Kerroksellisten lattioiden kastumisvaara ja kuivuminen
- Yläpohjarakenteiden kastumisvaara ja kuivuminen
- Lasitiiliseinien rakenteet ja liittymät
- Tiiliverhoitujen ulkoseinien tuuletusväliin pääsevän veden hallittu ulosjohtaminen ja tuuletus, tuuletusvälin auki pysyminen
- Lasiseinien rakenteet ja liittymät
- Aukkojen liittymien vesitiiveys / tuuletus
- Vesieristys ja rakenteiden liikuntasaumamat
- Räystääliittymät
- Lasikatot ja niiden liittymät, sekä tilojen tuuletus ja vedenpoisto
- Seinien liittymät vesikattoon, ylösnousevan seinän sisälle pääsevän veden hallittu ulosjohtaminen
- IV-konehuoneiden rakenteet (vedeneristeet)
- Märkätilojen rakenteet (vedeneristeet)
- LV-putkistoissa ja kalusteissa mahdollisesti esiintyvien vuotojen hallittu havainnointi
- Pihavesien ja kattovesien hallittu poisjohtaminen, SOK-, SVK ja PVK-kaivojen oikea malli ja viemärien riittävä koko (hiekkapesät, käännetyissä katoissa vesien pääsy kaivoon myös vesieristeiden pinnalta ja putkien koko, min. 100 mm
- Homehtumiselle alttiiden materiaalien välttäminen, mm puupintainen vaneri on altis homehtumaan seinien ulkopinnoissa tai muuallakin kylmissä sateelta suojatuissa tiloissa
- Rakennusratkaisut, joista ei ole aiempaa kokemusta

#### Kosteusteknisesti kriittisten rakennusosien selvitys:

- Betonirungon kastuminen sateista tai lumien sulaminen
- Vesien pääsy seinärakenteisiin holveilta
- Vesien pääsy rankaseiniin ja pelti-mineraalivilla-pelti – seinien sisälle

- Betonirakenteiden kuivuminen, kuivumisolosuhteet mittaukset ja betonin ominaisuudet
- Rakenteiden kuivumismahdollisuus myös valmiissa rakennuksessa (kuivumismahdollisuuden omaavat rakenteet)
- Sääsuojuukset vesikattokorjauksissa sekä julkisivuja uusittaessa
- Kipsilevyseinien kastumisen estäminen
- Materiaalien kastumisen estäminen kuljetuksen, varastoinnin, asentamisen ja työn aikana sekä rungon kuivumisvaiheessa

Märkätilojen kriittisten rakennusosien selvitys:

Märkätiloissa käytetään VTT:n sertifikaatin mukaista vedeneristysjärjestelmää ja asentajina sertifioituja asentajia ja sen on täytettävä RakMK C2:n vaatimukset. Vedeneristysjärjestelmässä on vedeneristeen lisäksi hyväksytty sen yhteydessä käytettävät lattiakaivot ja muut liittyvät osat. Sertifioiduissa vedeneristysjärjestelmässä järjestelmän osat kuten lattian ja seinän vedeneriste toimivat yhdessä muodostaen kokonaisuuden. Eri järjestelmien tuotteita ja menetelmiä ei saa sekoittaa keskenään.

- Märkätilojen rakenteet tehdään ensisijaisesti kivipohjaisista materiaaleista
- Vedeneristystä käytetään kauttaaltaan kaikkien niiden tilojen lattioissa ja seinissä, joissa on lattiakaivo
- Vedeneristeenä käytetään materiaalia, jonka soveltuvuus käyttötarkoitukseensa on luotettavin testein osoitettu
- Vedeneristemateriaalin ja lattiakaivon yhteensopivuus tulee olla varmistettu etukäteen
- Vedeneristystyön suorittamiseen kiinnitetään erityistä huomiota, esimerkiksi vedeneristeen kalvopaksuuden mittaaminen

Päällyste- ja pinnoitemateriaalien kosteusraja-arvot

- Kohteen eri tiloihin suunnitellut (lattiat / seinät) päällyste- ja pinnoitemateriaalit ja niiden alustalle asettamat kosteuspitoisuusraja-arvot selvitetään.
- Noudatetaan ensisijaisesti materiaalin valmistajan antamia tuotteitansa koskevia raja-arvoja.
- Sallitut alustan kosteuspitoisuusraja-arvot ilmoitetaan suhteellisen kosteuspitoisuuden (RH %) arvoina. Mikäli kosteusraja-arvo on annettu paino-% materiaalityömittajalta tulisi saada tieto kyseistä paino-% vastaavasta RH-arvosta.

- Kosteusraja-arvoja on annettu mm. Betonitiedon sekä Betonilattiyhdistyksen ohjeissa BY 47, Betonirakentamisen laatuohjeet 2013; BY 54 / BLY 12, Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010.
- Päälystettävistä rakenteista kootaan luettelo, jossa on esitetty materiaalitiedot ja rakennevahvuudet sekä rakenteiden sijainti kohteessa

Pinnoitettavalle pintalattialle asetetaan suhteellisen kosteuden vaatimukset julkaisun Betonirakentamisen laatuohjeet 2013, BY 47 sekä Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, BY 54 / BLY 12 mukaisesti.

Betonin suhteellinen kosteus määritetään laadittavan kosteudenhallintasuunnitelman mukaan mittaamalla sekä RT 14-10984 (2010) betonin suhteellisen kosteuden mittaus ohjeen mukaisesti.

#### Aikataulusuunnittelu

- Kosteusherkillä materiaalilla päälystettävillä betonirakenteille laaditaan kuivumisaika-arviot erilaisissa toteutusolosuhteissa, suunnittelun apuna voidaan käyttää julkaisua Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi
- Laaditaan ennuste toteutusajankohtaa vastaavista kuivumisolosuhteista
- Todetaan rakenteiden kuivumisaikatarve suhteessa päälysteen alustalta edellyttämään kosteuspitoisuusarvoon
- Valitaan menettelytavat aikataulussa pysymiseksi (materiaalivalinnat, rakenneratkaisut, kuivatus)

Mikäli kohteen rakenteiden kuivumisaika muodostuu arvioiden mukaan pidemmäksi kuin suunniteltu toteutusaika edellyttää, valitaan menettelytavat aikataulussa pysymiseksi. Seuraavilla menettelytapavaihtoehdoilla voidaan vaikuttaa aikatauluun (Merikallio 2009, 118-121):

- materiaalivalinnat
- betonin ominaisuudet
- päälysteen / pinnoitteen ominaisuudet
- rakenneratkaisut
- tehostettu kuivatuksen suunnittelu ja toteutus

#### Runkorakenteiden suojaus:

- Höyrynsulku vedeneristekermistä väliaikaiskatteena
- Vesikattokannattajat elementeistä, ei paikallarakennettuna, työ nopeutuu

- Aluskate nopeasti paikoilleen
- Sadevesi ohjataan hallitusti pois ylimmiltä holveilta imuroimalla tai käyttämällä väliaikaista / pysyvää viemärijärjestelmää (kaivot säilyvät, mutta viemäröinti väliaikainen), ettei vesi pääse valumaan ulkoseinäeristeisiin tai pitkälle alempiin kerroksiin
- Talvirakentamisessa lumi poistetaan ensisijaisesti mekaanisesti, ei sulattamalla
- Holveissa olevien aukkojen (läpiviennit, saumat jne.) suojaamisella estetään veden valuminen alimpiin kerroksiin
- Sadeveden tunkeutuminen ulkoseinärakenteisiin pyritään estämään
- Ovet ja ikkunat asennetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tarvittaessa aukoissa käytetään väliaikaisia suojauksia
- Alakerrosten kosteudelle herkkiä vaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatto on kiinni
- Kevyteleментit suojataan vahvalla muovikalvolla, joka poistetaan ennen yläpuolisten elementtien asennusta
- Vesikaton rakenteista laaditaan erillinen suojaussuunnitelma

#### Toteutuksen aikaisten vesivahinkojen torjunta:

- Varaudutaan työaikaisiin vesivahinkoihin ennalta (vesi-imuri, kuivatuslaitteiden nopea saatavuus). Erityistä huomiota on kiinnitettävä lämmitysvesiverkoston mahdollisiin vuotoihin
- Huolehditaan työnaikaisten käyttövesien poistamisesta kerroksista.
- Vesivahingon aiheuttaja korjataan ja vesi poistetaan välittömästi

#### Vesivahinkoja voivat aiheuttaa esimerkiksi:

- Työnaikaisten aukkojen vuodot
- Betonirakenteiden jälkihoito kastelemalla
- Laastiasema
- LVI-laitteistojen vuodot
- Työnaikainen vesihuolto timanttikorauksessa
- Muut vettä käyttävät työsuoritukset

#### Rakennuksen kuivatus:

- Kuivatuksen alkaessa lisäkosteuden pääsy rakennukseen estetään
- Lumi poistetaan ensisijaisesti mekaanisesti ja vesilätäköt imuroidaan



- Kuivatus suunnitellaan ottaen huomioon ympäristöolosuhteet
- Oma lämmitysjärjestelmä otetaan käyttöön mahdollisimman aikaisin
- Sisäilman suhteellinen kosteus pyritään pitämään alle 50%:ssa ja lämpötila yli 20°C:ssa
- Kuivatuksen tehokkuutta seurataan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittauksin
- Kuivatukseen mahdollisesti tarvittavien lisälaitteiden saatavuus ja toimivuus kohteessa varmistetaan ennakkoon
- Tarpeen mukaan ilmankuivaimet ja lämminilmapuhaltimet
- Betonin kuivaus on tehokkainta betonia lämmittämällä

#### Yhteistyö LVIAS-suunnittelijoiden kanssa

- Sovitaan LVIAS-suunnittelijoiden kanssa niistä mahdollisista erityistoimenpiteistä, joita kohteen kosteuden hallinta edellyttää
- Kaukolämpöliittymä saatava ajoissa, työnaikaiset lämmityslaitteet kaukolämmöllä
- Kohteen oman lämmitysjärjestelmän käyttö työaikaiseen lämmitykseen ja kuivatukseen. Lohkottaisessa lämmityksessä tarvittavien venttiilien suunnittelu ja asennus.
- Kohteeseen laadittavan erillisen ilmanvaihtojärjestelmän käyttö työaikaiseen kuivatukseen (tehon määritys, työnaikaiset mahdolliset lisälaitteet, suodattimet)
- LV-putkiston käyttö työaikaiseen vedenpoistoon rakenteista (viemärijärjestelmän nousu tahdistetaan rungon nousun kanssa) tai työnaikaisen putkistorjestelmän rakentaminen
- Työnaikainen vesihuolto suoritetaan ulkona väliaikaisella letkulla. Jokaisen työntekijän tulee osaltaan huolehtia, ettei ylimääräistä vettä joudu rakenteisiin.

(Turunen 2011; Sisäilmayhdistys ry. Terveelliset tilat -tietojärjestelmä; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy. Materiaalipankki.)

#### Liite 4 Seurantasuunnitelman sisältö

Seurantasuunnitelman sisältö vaihtelee kohteittain ja siinä on huomioitava muun muassa seuraavat asiat (Turunen 2011; Sisäilmayhdistys ry. Terveelliset tilat - tietojärjestelmä; Suomen Yliopistokiinteistöt Oy. Materiaalipankki.):

- ongelman luonne
- ongelman laajuus
- altistuneiden määrä
- todettujen oireiden ja sairauksien luonne
- rakennustekninen seuranta
  - rakennus ja siinä olevat talotekniset järjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla
  - tilat ovat siinä käytössä, mihin ne on suunniteltu
  - mahdollisten kosteusvaurion merkkien ilmaantumisen tarkkailu ja raportointi
- indikaattorisuureiden seuranta / mittaus
  - lämpötila, kosteus ja ilman liike
  - tarkkailu toistuvilla mittauksilla
- mikrobinäytteiden toistettu ottaminen
  - mikrobinäytteiden ottaminen kuuluu seurantaan, mikäli alkuperäisessä haitassa on ollut kyse kosteus ja homevaurioista
  - mikrobinäytteitä otetaan pääasiassa ilmasta ja pinnoilta
  - ennen näytteenottoa on varmistettava siivouksen laadunhallinnan toiminnasta
- sisäilman laadunseuranta
  - seurataan näytteenotolla ja aistinvaraisesti
- käyttäjien havaintojen rekisteröinti
  - käyttäjiä neuvotaan korjauskohteen tarkemmasta havainnoinnista käytön aikana (vähintään YSE98 takuu aika)
  - neuvotaan oikea yhteyshenkilö, jos jotakin poikkeavaa havaitaan
- oireiden ja sairauksien seuranta
  - terveyden seuranta voidaan tehdä terveydenhuollon toimenpiteinä kyselyin, haastatteluin, terveystarkastuksin, laboratoriokokein tai oireseurannalla
  - kyselyä ei voi käyttää, jos sitä ei ole käytetty ennen kohteen korjaamista

- jos kyselyä käytetään, tulisi uusintakysely tehdä samaan vuodenaikaan kuin alkuperäinen kysely.

## LIITELUETTELO

*Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, by 42.* Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.

Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010. By 54 / BLY 12. Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry, Suomen Betonilattiyhdistys ry.

*Betonilattiat 2014, by 45/BLY 7.* Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.

*Betonirakentamisen laatuohjeet 2013, by 47.* Helsinki; Suomen Betoniyhdistys ry.

Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen. RIL 250-2011. 2011. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Merikallio, T., 2009. *Betonilattian "riittävän" kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa.* Teknillinen korkeakoulu. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. [verkkajulkaisu]. [viitattu 2014-02-18]. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4656/isbn9789512299577.pdf?sequence=1>.

Rakenteellisen turvallisuuden varmistaminen. Erityismenettelyn soveltamisohje. RIL 241-2007. 2007. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sisäilmayhdistys ry:n www-sivu [verkkajulkaisu]. [18.12.2014]. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat>.

Suomen Yliopistokiinteistöt Oy:n www-sivu [verkkajulkaisu]. [18.12.2014]. Saatavissa: <http://sykoy.fi/yhtio/materiaalipankki/>.

Turunen, T. 2011. *Korjausrakentamisen sisäinen koulutusaineisto ja prosessikaavio.* Jyväskylä: Ramboll Finland Oy.