



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jani Alastalo

# LAADUKKAAN KORJAUSHANKKEEN ETENEMINEN VANHOISSA VAURIOI- TUNEISSA PIENTALOISSA

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

31.1.2023

Tekijä Otsikko Sivumäärä: Aika:	Jani Alastalo Laadukkaan korjaushankkeen eteneminen vanhoissa vaurioituneissa pientaloissa 60 sivua 31.1.2023
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	Korjausrakentaminen
Ohjaajat:	Yliopettaja, Hannu Hakkarainen Aluepäällikkö, Mikko Mertanen
<p>Suomen rakennuskanta vanhenee, ja rakennusten korjausvelat kasvavat. Vanhojen rakennusten rakenteiden ja järjestelmien tekniset käyttöiät tulevat tiensä päähän. Eri ajankohtina on käytetty aikakaudelleen tyypillisiä rakenneratkaisuja, jotka tiedostetaan nykyisin kosteusteknisen käyttäytymisen osalta riskirakenteiksi. Rakenteen kosteustekninen toimivuus on heikkoa, jolloin rakenteisiin kehittyy kosteus- ja mikrobivaurioita.</p> <p>Kun asukas aistii poikkeavaa hajua tai alkaa oireilla, kuinka hänen tulisi toimia seuraavaksi? Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä laadukkaan korjaushankkeen etenemistä vanhoissa vaurioituneissa pientaloissa. Usein omakotitalon omistajalla ei ole riittävää tietoa, kuinka asian suhteen tulisi edetä. Saatava tieto on hajanaista ja oikean tiedon sisäistäminen voi olla hankalaa. Opinnäytetyössä on käsitelty korjaushankkeen eri vaiheita sekä niihin liittyviä tekijöitä. Lisäksi työhön on otettu esimerkkitapauskohde, joka on todellinen, työelämässä toteutettu korjaushanke.</p> <p>Korjaushanke koostuu useista eri vaiheista. Usein vaiheiden läpiviemiseen tarvitaan asiantuntijoita. Korjaushanke alkaa selvitystyöllä. Rakenteiden kuntoa selvitetään kuntoarvion sekä kuntotutkimuksen avulla. Lisäksi käytettyjen materiaalien haitta-aineet kartoitetaan asbesti- ja haitta-ainekartoituksen avulla. Kartoitukset ja tutkimukset toimivat korjaussuunnittelun lähtötietoina. Korjaussuunnitelmat ovat jokaisessa korjaushankkeessa yksilöllisiä, ja niiden laatijan tulee ymmärtää kosteusteknistä käyttäytymistä. Korjausrakoitsija toteuttaa korjaukset suunnitelma-asiakirjojen sekä sopimusasiakirjojen puitteissa. Urakointia valvoo erillinen valvoja. Korjaustyön valmistuessa tilaaja ottaa vastaan valmiin korjaustyön.</p> <p>Tiedonkululla ja pätevillä asiantuntijoilla on ratkaiseva merkitys korjausten onnistumisen kannalta. Laadukkaasti toteutetut selvitykset, korjaussuunnitelmat, korjaustyön kilpailutusvaihe, korjaustyö ja sen valvonta takaavat onnistuneen lopputuloksen korjaushankkeessa.</p>	
Avainsanat	korjausrakentaminen, tiedon kulku, laadukas lopputulos

Author Title Number of Pages Date	Jani Alastalo The Progression of a High-quality Renovation Project in Old Damaged Detached Houses 60 pages 31 January 2023
Degree:	Master's Degree
Degree Programme:	Programme of Civil Engineering
Specialisation option:	Professionals Major Building Renovation
Supervisors:	Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer Mikko Mertanen, Regional Head
<p>The Finnish building stock is aging and the repair debt is growing. The technical life-time of the structures and systems of old buildings has come to an end. Each time period has its typical structural designs of which some are now known to be risk structures when it comes to moisture behavior. When the moisture performance of the structure is weak, moisture and microbial damage is developed.</p> <p>What should the residents do when they notice uncommon smells or get symptoms? The aim of the thesis is to describe the progression of a high-quality renovation project in old damaged detached houses. Often the house owner has insufficient knowledge how to proceed. The information available is scattered and it may be difficult to internalize the correct information. The thesis describes the phases of the renovation project and their different factors. It describes a real-life case study of a renovation project.</p> <p>Renovation project includes several phases. To go through them experts are often needed. The repair project starts with investigation. The condition of the structures is investigated with condition assessment and condition survey. In addition the harmful substances of the used materials are surveyed with the analysis of asbestos and other harmful substances. The assessments and surveys are the starting point for repair plans. Each renovation project has an individual repair plan and the author has to understand the moisture behaviour. The renovation contractor carries out the repair according to repair plan documents and contract documents. The contract work is supervised by a separate supervisor. As the renovation project is completed, the customer accepts a finished product.</p> <p>Communication and competent experts have a crucial role when it comes to successfully completing the renovation project. High-quality assessments, surveys, repair plans, competitive tendering, contract work and its supervising guarantee a successful final result of a renovation project.</p>	
Keywords	renovation, communication, a high- quality final result

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoite	2
1.3	Tutkimusmenetelmä	2
2	Korjausrakentaminen	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Korjausrakentamisen lähtökohtia	3
2.3	Korjaushankkeen vaiheita	4
2.4	Korjaushankkeen osapuolet	4
2.4.1	Kuntotutkija ja muut erityisasiantuntijat	5
2.4.2	Rakennushankkeeseen ryhtyvä	5
2.4.3	Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelija	6
2.4.4	Pääsuunnittelija	6
2.4.5	Rakennusvalvontaviranomainen	6
2.4.6	Urakoitsija	6
2.4.7	Valvoja	6
3	Rakenteiden vaurioituminen ja kosteustekninen käyttäytyminen	7
3.1	Rakennuksen yleisimmät kosteuslähteet	7
3.2	Kosteuden siirtyminen rakenteissa	10
3.2.1	Painovoimainen siirtyminen	10
3.2.2	Kapillaarinen siirtyminen	10
3.2.3	Kosteuden siirtyminen diffuusiolla	11
3.2.4	Kosteuden siirtyminen konvektiolla	11
3.3	Riskirakenteet	13
3.3.1	Valesokkelirakenne	13
3.3.2	Kaksoisbetonilaattarakenteet	14
3.3.3	Lattiapinnan alapuolelle ulottuvat väliseinärakenteet	15
3.3.4	Betonilaatan päälle puukoolattu lattia	16
3.3.5	Heikosti tuulettuva rossipohja	17

3.3.6	Maanvastaiset puurankaiset seinärakenteet	18
3.4	Mikrobikasvut ja vauriot rakenteissa	19
3.4.1	Mikrobien kasvuedellytykset	19
3.4.2	Mikrobivaurio	20
3.4.3	Mikrobivaurion toteaminen	21
3.5	Rakennuksen painesuhteet	21
4	Ennakoivat tutkimukset- ja selvitykset	22
4.1	Kuntotarkastus	22
4.2	Kuntoarvio	23
4.3	Kuntotutkimus	23
4.3.1	Tiedossa oleva mikrobi- tai kosteusvaurio	24
4.3.2	Tuleva peruskorjaus	24
4.3.3	Tunnettu äkillinen vesivahinko	25
4.3.4	Käyttäjien oireilu, yleinen epäily, poikkeava haju	25
4.3.5	Ennakoiva selvitys	26
4.4	Asbesti- ja haitta-ainekartoitus	26
4.4.1	Asbesti	26
4.4.2	PAH-yhdisteet	27
4.4.3	PCB-yhdisteet	27
4.4.4	Lyijy ja muut raskasmetallit	28
5	Korjaussuunnittelu	28
5.1	Yleistä	28
5.2	Korjaussuunnitelmat	29
5.2.1	Paikannuskaavio	29
5.2.2	Rakennetyypit	30
5.2.3	Rakenneleikkaukset	30
5.2.4	Detaljipiirustukset	30
5.2.5	Korjaustyöselostus	32
5.3	Korjausmenetelmät	32
5.4	Laadunvarmistus	34
5.4.1	Kosteudenhallinta	35
5.4.2	Pölyn- ja puhtaudenhallinta	35
5.4.3	Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu	35
5.4.4	Talotekniset järjestelmät	35

6	Korjauksien valmistelu	36
6.1	Korjaustyön kilpailutus	36
6.2	Urakkamuodot yleisesti homekorjaushankkeessa	37
6.2.1	Kokonaisurakka	38
6.2.2	Osaurakkamuotoinen toteutus (osa urakka ja jaettu urakka)	39
6.2.3	Yksikköhintaurakka	39
7	Rakennusvaihe	39
7.1	Aikataulutus	39
7.2	Korjaustyön valvonta	40
8	Korjaustyön valmistuminen ja jälkiseuranta	40
8.1	Vastaanotto	41
8.2	Takuuaika	41
8.3	Jälkiseuranta	41
8.4	Rakennuksen kunnossapito	42
8.4.1	Huoltokirja	42
9	CASE-esimerkkikohde	42
9.1	Riskiarvio ja kuntotutkimus	43
9.2	Korjaussuunnittelu	46
9.3	Korjaustyön kilpailutus	48
9.4	Korjaustyö ja korjaustyön valvonta	50
9.5	Korjaustyön valmistuminen ja jälkiseuranta	52
10	Johtopäätökset	53
11	Yhteenveto	56
	Lähteet	58

## Termistö

Kuntotutkimus	Kuntotutkimuksella tarkoitetaan yleisesti jonkun yksittäisen rakenteen, rakenneosan, järjestelmän tai laitteen tarkempaa tutkimista. Tutkimusmenetelmät ovat usein rakenteita rikkovia.
Kuntoarvio	Kuntoarviolla käsitetään kiinteistön, rakennuksen, rakennuksessa olevan järjestelmän tai rakenneosan kunnon arvioimista pääasiassa aistienväraisesti sekä rakennetta ja materiaaleja rikkomattomin menetelmin.
Vaurioitumismekanismi	Fysikaalisesta ilmiöstä johtuva tapa, jolla kosteus tai vesi kulkeutuu rakenteeseen aiheuttaen kosteusvaurion.
Mikrobivaurio	Mikrobivaurio tarkoittaa homeiden, bakteerien, hiivojen ja lahottajien haitallista esiintymistä rakenteessa.
pmy	pesäkkeen muodostava yksikkö.
Tekninen käyttöikä	Käyttöönoton jälkeinen aika, jona rakenteen, rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät. Kun tekninen käyttöikä on kulunut umpeen, rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella. Tekninen käyttöikä perustuu käytössä oleviin tietoihin ja kokemukseen rakenteen, rakenneosan, järjestelmän tai laitteen kestävydestä ja on yleistävä.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Suomen rakennuskanta on suhteellisen nuorta, minkä vuoksi vanhan rakennuskannan korjausvelka kasvaa merkittävästi enenevässä määrin. Vanhoissa rakennuksissa on käytetty lukuisia vaurioherkkiä rakenneratkaisuja. Käytettyjen rakenneratkaisujen kosteustekninen toimivuus on ollut heikkoa rakenteiden heikon tuulettuvuuden vuoksi. Riskit ovat usein toteutuneet, jolloin rakenteisiin on päässyt muodostumaan kosteus- ja mikrobivaurioita. Käyttäjät ovat alkaneet kokea huonoon sisäilmaan viittaavaa oireilua. Kun asukas alkaa oireilemaan, kuinka hänen tulisi seuraavaksi toimia?

Omakotitalon ostaminen on yksi elämän rahallisesti suurimmista investoinneista. Omakotitalot eivät ole huoltovapaita, vaan niihin kertyy ajan myötä korjaustarvetta. Korjaustarvetta voi muodostua esimerkiksi teknisen käyttöiän ylittymisen seurauksena. Tyypillisin remonttitoimenpide on pintojen uusiminen. Vanhojen talojen pintojen uusimisten yhteydessä rakenteista voi paljastua laajoja kosteus- ja mikrobivaurioita. Omakotitalojen omistajat ryhtyvät itse usein toteuttamaan korjaushanketta. Usein korjauksia tehdään ilman korjaussuunnitelmia ja sopimuksia, mikä osaltaan aiheuttaa ongelmia korjaushankkeessa.

Tavallisen omakotitaloasujan tietous korjausrakentamisesta on usein puutteellista. Eri näistä tietoa on tarjolla suuri määrä, jolloin oikean tiedon löytäminen voi olla hankalaa. Väärien materiaalien käyttäminen väärissä paikoissa rakennetta voi aiheuttaa jopa lyhyellä aikavälillä vaurioitumista rakenteissa. Korjaushankkeen aikana voidaan tehdä useita vääriä ratkaisuja, joilla voi olla kohtalokas vaikutus rakennuksen käyttöikään.

Korjausrakentaminen pitää sisällään laajoja osa-alueita, joita voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Korjaustyön laajuus voi vaihdella suuresti hankkeen luonteesta riippuen. Pienemmissä korjaustöissä, esimerkiksi lattiapinnoitteen vaihtotyössä työ voidaan toteuttaa ilman asiantuntijoiden avustusta. Suuremmissa korjausprojekteissa hankkeeseen voi osallistua useita eri alan ammattilaisia eri korjaushankkeen vaiheissa. Organisaation kasvaessa myös hankkeen kustannukset kasvavat.



Pientalon korjaushankkeen väärät ratkaisut voivat aiheuttaa huomattavia kustannuksia rakennuksen elinkaaren aikana. Vaurioituneita rakenteita on korjattu siten, että vain vauriot on korjattu, eikä itse vaurion aiheuttajaa ole poistettu. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjauksissa tulisi kiinnittää vaurioituneiden rakenteiden lisäksi erityistä huomiota vaurion aiheuttajaan ja sen poistamiseen. Mikäli vaurion aiheuttajaa ei poisteta, voi uuden rakenteen käyttöikä jäädä huomattavan pieneksi. Näin käytettyjen rahojen vastine jää pieneksi.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Alalla on paljon tietoa ja osaamista, mutta olemassa olevan tiedon saanti korjaushankkeista sekä korjaushankkeisiin liittyvistä asioista on usein hajanaista. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda pientalojen omistajille tietoa korjaushankkeen eri vaiheista sekä niiden tärkeydestä. Opinnäytetyö käsittelee korjaushanketta kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen näkökulmasta. Opinnäytetyö selvittää, miksi eri korjaushankkeen vaiheet on hyvä toteuttaa ennen varsinaista korjaustyötä ja mihin korjaustyön aikana tulee kiinnittää erityistä huomiota. Korjaushankkeen eri vaiheiden välillä tiedonkulun merkitys korostuu hankkeen onnistumisen kannalta. Opinnäytetyössä tuodaan ilmi konsultoinnin merkityksestä onnistuneessa hankkeessa.

Opinnäytetyöaihe on peräisin työelämästä: usein yksityiset omakotitalojen omistajat eivät tiedä, kuinka toimia kosteus- ja mikrobivaurioiden paljastuttua omissa pientaloissa. Omistajien huolena on epätietoisuus tulevasta korjaushankkeesta sekä siihen liittyvistä asioista. Nykyisin sisäilmaongelmat tiedostetaan monitahoisiksi ongelmiksi, joissa mikrobivaurioiden rinnalla ongelmia aiheuttaa myös muut sisäilman laatutekijät sekä emisiot. Näiden ymmärtäminen on ensiarvoisen tärkeää onnistuneen korjaushankkeen kokonaisuuden kannalta.

## 1.3 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyö toteutetaan pääosin kirjallisuusselvityksenä. Aineistoa kerätään alan saatavilla olevista aineistosta. Opinnäytetyö toteutetaan osin toiminnallisena tutkimuksena: opinnäytetyössä hyödynnetään työelämän hyväksi todettuja kokemuksia ja käytänteitä

suoritetuista korjaushankkeista. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään esimerkkitapaus korjaushankkeesta, joka on todellinen, työelämässä toteutettu korjaushanke.

## 2 Korjausrakentaminen

### 2.1 Yleistä

Korjausrakentaminen on merkittävä rakentamisen sektori, jolla on iso kansantaloudellinen merkitys [1, s.3]. Korjausrakentamisen tarve lisääntyy huomattavasti tulevaisuudessa. Tällä hetkellä Suomen rakennuskannasta valtaosa on peruskorjauksessa. Näissä rakennuksissa esiintyy home- ja kosteusvaurioita tai niiden syntyminen on lähitulevaisuudessa todennäköistä. [2, s.3]

Kiinteistöjen kunnan ylläpitokulttuuri on ollut heikohkoa. Ennakoivan ylläpidon laimin lyöminen voi aiheuttaa pienien pulmien kertaantumisen suuriksi. Säästetystä ylläpidosta tulee siten kallista. Tämä näkyy omakotitalojen rakennuskannassa. [3]

Korjausrakentamisen taustalla on nykyisin yhä enenevässä määrin kosteus- ja mikrobivaurio. Lainsäädännön mukaan on huolehdittava, ettei rakennuksesta aiheudu terveyden vaarantumista, ja että rakennus on terveellinen ja turvallinen käyttää.

### 2.2 Korjausrakentamisen lähtökohtia

Asuinrakennusten korjaustarpeista noin 70 prosenttia on rakennusosien korjaamista, vanhenemisen, kulumisen ja vaurioitumisen takia. Noin 23 prosenttia korjaustarpeesta koostuu vuosikorjauksista tai alkavien vaurioiden poistavasta kunnossapidosta. Loput 7 prosenttia on esteettömyyden ja kosteusvaurioiden korjaamista. [3]

Kiinteistöä tulee säännöllisesti huoltaa, ylläpitää ja korjata sen käyttöominaisuuksien ja arvon säilyttämiseksi. Korjaamisessa kunnostetaan tai uusitaan olemassa olevia rakenteita joko niin, että laatutasoa parannetaan, tai niin, ettei se muutu. [4]

Kunnossapito voi johtua kosteus- ja mikrobivaurioista tai käytönaikaisesta kuluneisuudesta. Rakenteilla, materiaaleilla ja tekniikalla on tekninen käyttöikä. Teknisen käyttöiän lähestyessä loppuaan, rakenteen, materiaalin tai laitteen uusimiseen tulee varautua. [5]

Liiallisen kosteuden seurauksena rakenteisiin voi syntyä kosteus- ja mikrobiologisia vaurioita. Lisäksi liiallinen kosteus voi aiheuttaa fysikaalisia sekä kemiallisia vaurioita, kuten muodonmuutoksia sekä emissioita. Kosteus- ja mikrobivaurioita syntyy, kun rakenteessa vallitseva kosteuspitoisuus on tarpeeksi korkea liian kauan. [6]

Rakennuksen perusparannuksella rakennus tai sen osa korjataan uutta vastaavaksi. Perusparannuksella voidaan parantaa viihtyisyyttä. Tyypillisiä perusparannuksia rakennuksessa ovat muun muassa kylpyhuoneiden saneeraukset ja pintamateriaalien uusimiset. Peruskorjaustarve syntyy rakennuksien ikääntyessä.

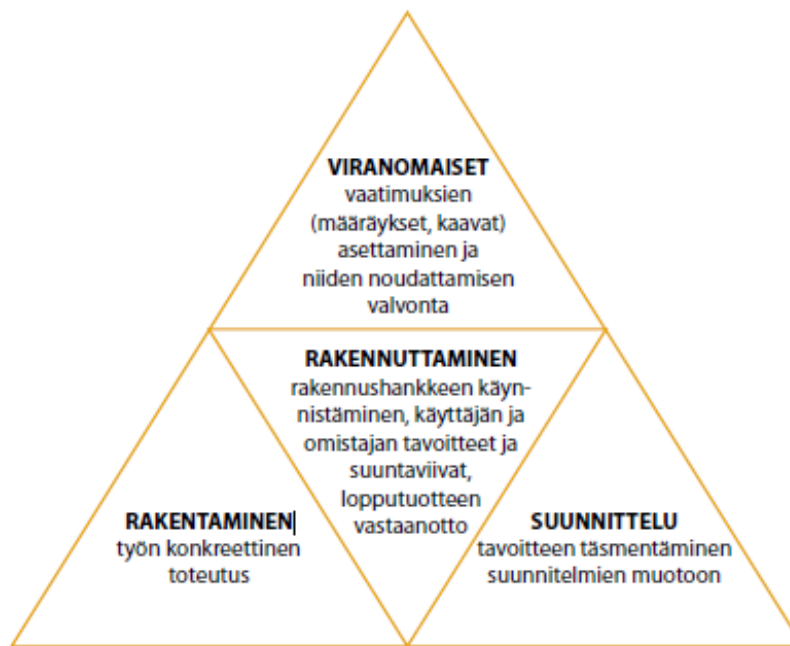
### 2.3 Korjaushankkeen vaiheita

Korjaushanke koostuu useista eri vaiheista. Usein vaiheiden läpiviemiseen tarvitaan asiantuntijoita. Korjaushanke alkaa selvitystyöllä. Rakenteiden kuntoa selvitetään kuntoarvion sekä kuntotutkimuksen avulla. Lisäksi käytettyjen materiaalien haitta-aineet kartoitetaan asbesti- ja haitta-ainekartoituksen avulla. Kartoitukset ja tutkimukset toimivat korjaussuunnittelun lähtötietoina. Korjaussuunnitelmat ovat jokaisessa korjaushankkeessa yksilöllisiä ja niiden laatijan tulee ymmärtää kosteusteknistä käyttäytymistä. Korjausurakoitsija toteuttaa korjaukset suunnitelma-asiakirjojen sekä sopimusasiakirjojen puitteissa. Urakointia valvoo erillinen valvoja. Korjaustyön valmistuessa tilaaja ottaa vastaan valmiin korjaustyön.

### 2.4 Korjaushankkeen osapuolet

Korjaushankkeessa on mukana useita eri osapuoлия, ja heidän tehtävänsä voidaan ryhmitellä suunnittelu, rakennuttamis- rakentamis- ja viranomaistehtäviin [7, s.19].

Seuraavalla sivulla, kuvassa 1 on esitetty korjaushankkeen osallistuvien tehtäviä hankkeen eri vaiheissa.



Kuva 1. Korjaushankkeen osallistuvien tehtävät hankkeen eri vaiheissa [7, s.19]

#### 2.4.1 Kuntotutkija ja muut erityisasiantuntijat

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tekijältä, kuntotutkijalta, edellytetään kokemusta sekä monipuolista osaamista. Kuntotutkijan tulee ymmärtää rakennuksen ja rakenteiden rakennusfysikaaliset kosteuden- ja lämmönsiirtymisilmiöt ja muun muassa, miten eri siirtymisilmiöt voivat aiheuttaa olemassa olevan kosteusvaurion. Kosteus- ja sisäilmateknisissä selvityksissä voidaan hyödyntää lisäksi eri alojen asiantuntijoita, joita ovat esimerkiksi LVV kuntotutkijat, IV-mittaajat, asbesti- ja haitta-aineasiantuntijat, rakennusten lämpökuvaajat, rakennusten tiiveyden mittaajat sekä rakenteiden kosteudenmittaajat. [8. s.13]

#### 2.4.2 Rakennushankkeeseen ryhtyvä

Kiinteistön omistaja on useimmissa tapauksissa rakennushankkeeseen ryhtyvä. Rakennusalalla arkikielen nimityksenä rakennushankkeen ryhtyvistä käytetään tilaaja tai rakennuttaja. [7, s.20]

### 2.4.3 Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelija

Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelija on kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen erityissuunnittelija. Korjaustyön suunnittelijalla korostuu rakentamiseen liittyvien terveellisyysseikkojen huomioonottaminen, että korjausten suunnittelun laatua saadaan parannettua sekä sitä kautta varmistetaan korjaustyön riittävä laatu. Kosteusvaurion korjaustyön suunnittelijalla tulee olla riittävä tieto rakennusfysiikasta sekä kosteuden käyttäytymisestä rakenteissa. [9, s.4]

### 2.4.4 Pääsuunnittelija

Hankkeissa tulee olla pääsuunnittelija, mikäli korjaushanke edellyttää rakennuslupaa. Usein pienissä korjaushankkeissa korjaustyön suunnittelija toimii myös pääsuunnittelijana. [9, s.4]

### 2.4.5 Rakennusvalvontaviranomainen

Rakennusvalvontaviranomaisen tehtävä on valvoa rakentamista yleisen edun näkökulmasta sekä huolehtia osaltaan määräysten, säädösten ja lakien noudattamisesta luvanvaraisissa rakennushankkeissa. Rakennushankkeen osapuolten velvollisuuksiin ja kelpoisuuteen kiinnitetään erityistä huomiota. [7, s.20]

### 2.4.6 Urakoitsija

Urakoitsijat huolehtivat korjaustyön suorittamisesta suunnitelma-asiakirjoissa esitetyn lopputuotteen sekä hyvän rakennustavan mukaisesti. Urakoitsijoiden välisten urakkarakojen hallintaan on tärkeää kiinnittää huomiota, sillä rakennushankkeessa toimii pääsäänteisesti useita eri alojen urakoitsijoita. [7, s.20]

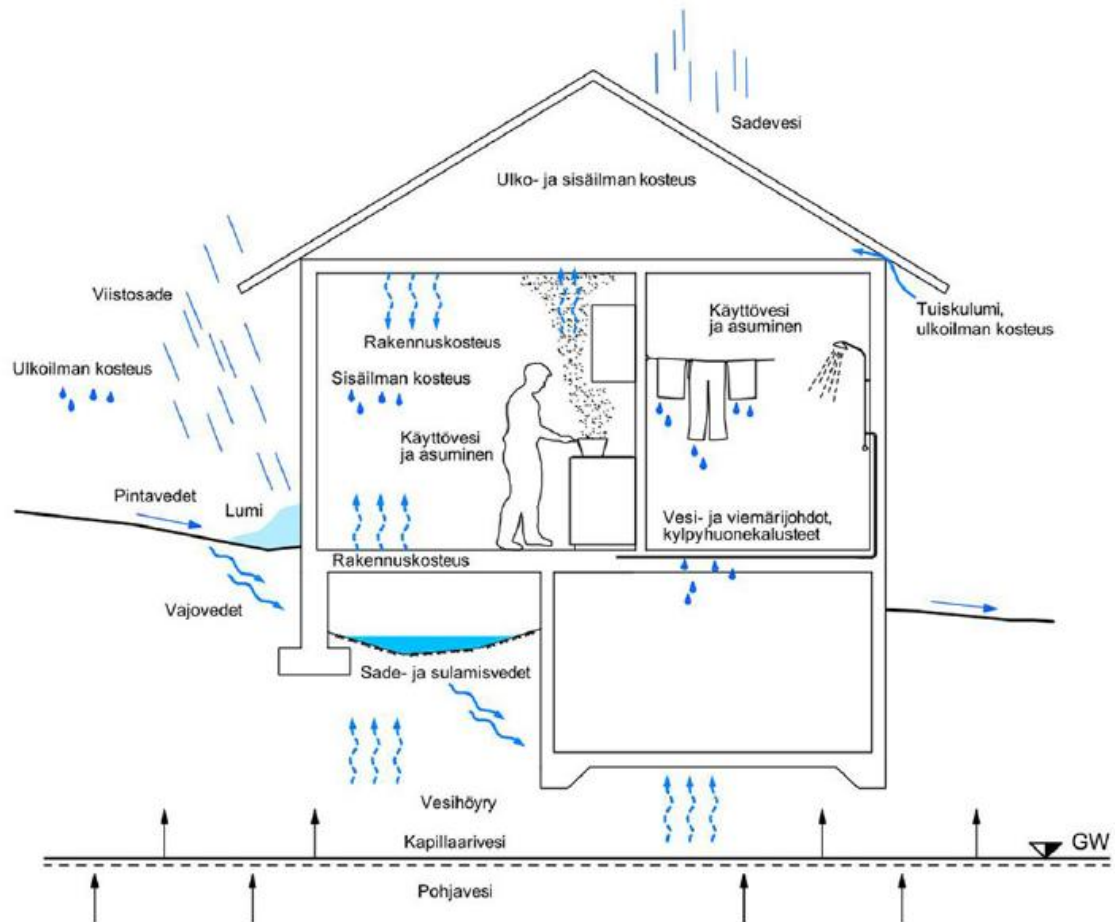
### 2.4.7 Valvoja

Valvoja valvoo korjaustyötä tilaajan puolesta. Valvojan tehtävä on varmistaa, että korjaustyö toteutetaan suunnitelmien sekä urakkasopimuksen edellyttävällä tavalla. Valvoja toimii puolueettomasti ja raportoi tilaajalle töiden etenemisestä. [9, s.5]

### 3 Rakenteiden vaurioituminen ja kosteustekninen käyttäytyminen

#### 3.1 Rakennuksen yleisimmät kosteuslähteet

Rakenteisiin kohdistuu sisä- ja ulkopuolelta kosteuslähteitä. Kuvassa 2 on esitetty rakennuksen yleisimmät kosteuslähteet. [8, s.106]



Kuva 2. Yleisimmät rakennuksen ulko- ja sisäpuoliset kosteuslähteet [8, s.107]

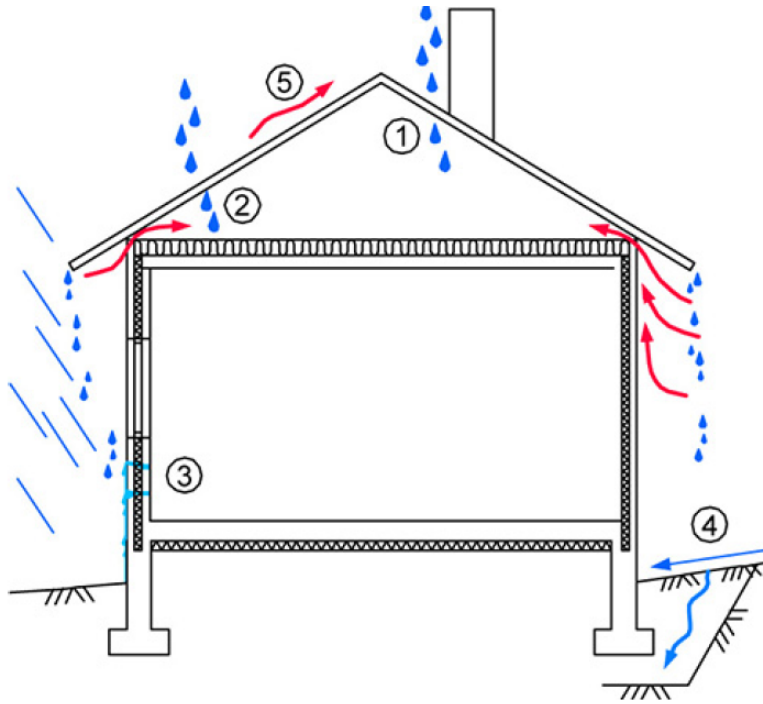
Huoneilman kosteus riippuu huonetilan kosteustuotosta, ulkoilman kosteudesta ja tilan ilmanvaihtuvuudesta. Huonetilan kosteuslähteitä ovat muun muassa ihmiset, eläimet, rakennuskosteus, kasvit, käyttövesi, pyykinkuivaus, ruoan laitto ja ilmankostuttimet. Etenkin pesuvesistä ja keittiötoiminnoista kosteustuotto voi olla suurta. [8, s.108-109]

Ulkoilman kosteuspitoisuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Talvella vesihöyryn määrä on pienempi kuin kesällä. Kesällä lämmin ilma voi sitoa kosteutta enemmän kuin talven kylmä ilma. Ilman vaihtuvuus kertoo, kuinka huoneilma vaihtuu. Ilmanvaihtokerroin  $n$  [1/h] kuvaa huoneilman vaihtuvuutta tunnin aikana. Huoneilman ilmanvaihtuvuuteen vaikuttaa ilmanvaihdon toteutustapa. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa huoneilma ei vaihdu yhtä tehokkaasti kuin koneellisesti järjestetyssä ilmanvaihdossa. [8, s.108-109]

Rakenteisiin sateesta aiheutuva kosteusrasitus esiintyy vetenä, jäänä ja lumena. Syksyisin sateen aiheuttama kosteusrasitus on suurinta, jolloin lämpötilamuutokset vuorokautisin ovat pienimmillään ja kuivuminen vähäistä sateiden yleisyyden vuoksi. Pystysuorasta sateesta aiheutuu kosteusrasitusta rakennuksen vaakapinnoille kuten katoille ja terasseille. Viistosateesta aiheutuu kosteusrasitusta vaakapintojen lisäksi pystysuorille rakennusosille kuten julkisivulle. Myös roiskevedestä voi aiheutua kosteusrasitusta rakenteisiin. Rakennuksen ulkopinnoilla tuuli voi aiheuttaa sadeveden kulkeutumisen ylöspäin, koska etenkin tuulenpuoleisella seinällä ilmavirtaus nousee ylöspäin. [8, s.110]

Saderasituksessa on huomioitava, että vesi voi valua tietyn rakenneosan pinnalla aiheuttamatta vaurioita edelleen toiseen rakenneosaan, jossa sadevesi voi aiheuttaa mahdollisen kosteusvaurion. Sadevesi voi kulkeutua kauaksi vuotokohdasta, mikä on otettava huomioon havainnoinnin yhteydessä. [8, s.110]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 3 on esitetty sadeveden kulkureittejä rakenteisiin.



Kuva 3. Sadevesistä rakennukseen aiheutuvia kosteusvaurioriskejä: 1) vesikaton epätiivit liitokset, 2) vesikaton vuotokohdat, 3) ulkoseinän epätiivit kohdat, 4) pintavesien aiheuttama kosteusrasitus, 5) sateen ja tuiskulumen pääsy tuulenpaineen takia (katto)rakenteisiin [8, s.110]

Maaperän kosteusrasitus syntyy maa-aineksen huokosilman vesihöyryn diffuusiosta, kapillaarisesta kosteuden noususta ja rakenteeseen kohdistuvasta vedenpaineesta. Maalaji, sen kapillaarisuus, salaojaverkoston toimivuus ja pohjaveden pinnan korkeus vaikuttavat maaperästä kapillaarisesti tulevan kosteuden määrään. Vapaan veden kanssa kosteuksissa olevaan rakenteeseen kohdistuu suurin kapillaarinen veden siirtyminen. [8, s.111]

Putkivuotoja voi esiintyä rakenteiden sisällä olevissa ja pintaan asennetuissa putkissa. Putkivuotoja voi tapahtua vesijohdoissa, lämmitysputkissa, viemäreissä ja järjestelmien laitteissa. Putkivuodoista voi kohdistua merkittävää kosteusrasitusta rakenteisiin. Putkivuodon havaitsemiseen voi kulua runsaasti aikaa, minkä vuoksi rakenteisiin on voinut muodostua alkuhetkestä vuodon havaitsemiseen merkittäviä kosteusvaurioita. [8, s.111]



## 3.2 Kosteuden siirtyminen rakenteissa

Kosteuden siirtyminen rakenteissa tapahtuu eri ilmiöiden avulla [8, s.111].

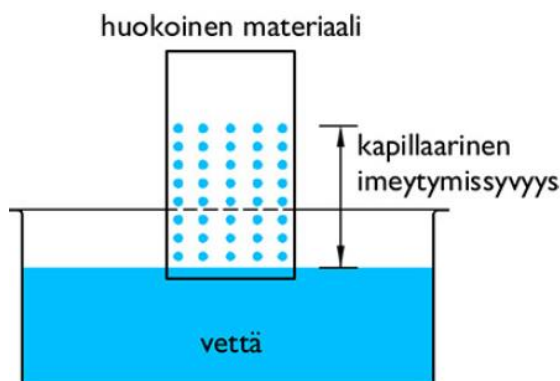
### 3.2.1 Painovoimainen siirtyminen

Vesi kulkeutuu alaspäin rakennuksen pystysuorilla ja kaltevilla sekä rakennuksen vierusmaan pinnalla painovoiman vaikutuksesta. Vesi voi kulkeutua rakenteisiin painovoimaisesti, jos veden poisjohtaminen rakenteista ulospäin ei toimi tai jos rakenteiden ulkopinnat eivät ole vesitiiviit. Vesivuodoista rakenteisiin siirtyvät kosteusmäärät ovat suuria, minkä vuoksi rakenteiden kosteusvaurioiden riski on painovoimaisen kosteuden siirtymisen seurauksena huomattava. [8, s.112-113]

### 3.2.2 Kapillaarinen siirtyminen

Vapaaseen veteen kosketuksissa olevaan huokoiseen materiaaliin imeytyy kapillaarisesti vettä. Kapillaarinen siirtyminen aiheutuu kapillaaristen voimien aiheuttamasta huokosalipaineesta. Huokosten koko vaikuttaa huokosalipaineen suuruuteen. Huokosalipaine on sitä suurempi, mitä pienempi huokonen on. Huokoisissa materiaaleissa vesi voi siirtyä kapillaarisesti niin pysty- kuin vaakasuunnassa. [8, s.112-113]

Periaate veden kapillaarisesta siirtymisestä huokoiseen materiaaliin on esitetty kuvassa 4.

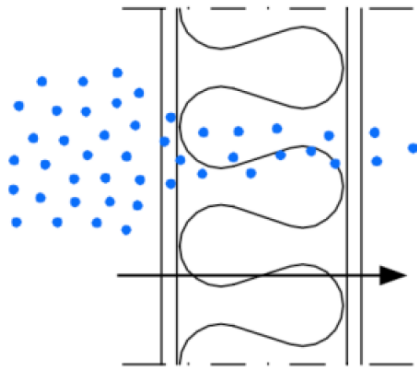


Kuva 4. Veden kapillaarinen imeytyminen huokoiseen materiaaliin [8, s.111]

### 3.2.3 Kosteuden siirtyminen diffuusiolla

Kosteuden siirtyminen diffuusiolla tapahtuu vesihöyryn pitoisuuserojen tasaantuessa. Vesihöyryn diffuusion suunta on suuremmasta vesihöyryn pitoisuudesta tai vesihöyryn osapaineesta pienempään päin. Diffuusiolla siirtyvän vesihöyryn määrä materiaalikerroksen läpi on sitä pienempi, mitä suurempi materiaalin vesihöyrynvastus on. Diffuusio riippuu ilman vesihöyryn osapaine-erosta ja materiaalin vesihöyrynvastuksesta. [8, s.112-113]

Kuvassa 5 vesimolekyylien määrä vasemmalla on suurempi kuin oikealla, jolloin vesihöyryn diffuusion suunta on vasemmalta oikealle.



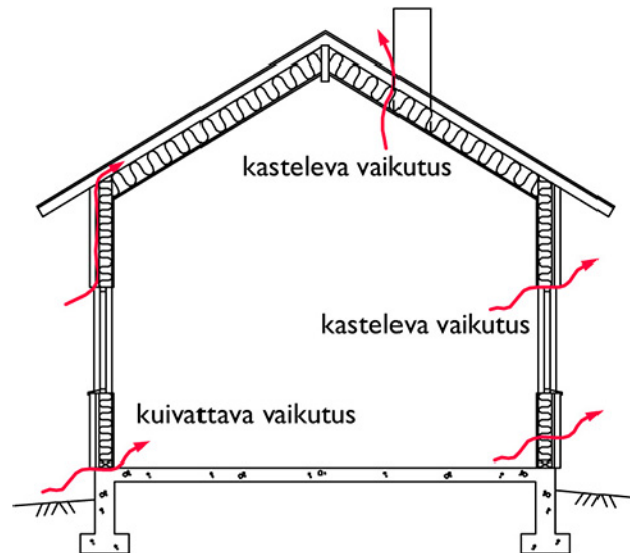
Kuva 5. Vesihöyryn diffuusion periaate. Pallojen lukumäärä kuvaa vesimolekyylien määrää ja nuoli diffuusion suuntaa [8, s.113]

### 3.2.4 Kosteuden siirtyminen konvektiolla

Rakenteen yli vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta syntyy ilmavirtaus, jota kutsutaan konvektioksi. Ilma virtaa suuremmasta ilmanpaineesta kohti pienempää ilmanpainetta. Ilman virtausta tapahtuu rakojen ja huokoisten materiaalien läpi. Rakenteen painesuhteet syntyvät ilman lämpötilaerojen, ilmanvaihdon tai tuulen tai niiden yhteisvaikutuksesta. Virtaavan ilman määrä riippuu materiaalien ilmanläpäisevyydestä, paine-erosta ja rakenteessa olevien rakojen virtausvastuksesta. [8, s.115]

Kun kosteus siirtyy ilmavirran mukana, puhutaan kosteuskonvektiosta. Kosteuskonvektiosta aiheutuvaa kosteusvaurioriskiä arvioidaan suhteellisen kosteuden ja lämpötilan

avulla. Kun ilma lämpenee tai siinä on kyllästysvajautta rakenteen läpi virratessaan, on kosteuskonvektiolla rakennetta kuivattava vaikutus. Kosteuskonvektio muuttuu kriittiseksi kosteusvaurion kannalta, kun ilma jäähtyy rakenteen läpi virratessaan. Kun ilma jäähtyy rakenteessa alle kastepisteen, tiivistyy kosteus rakenteeseen. Kuvassa 5 on esitetty konvektion vaikutus rakenteiden kuivumiseen ja kastumiseen. [8, s.115]



Kuva 6. Konvektion vaikutus rakenteiden kuivumiseen ja kastumiseen. Ilmavirtausten suunnat voivat tietyissä tilanteissa olla myös toisinpäin kuin kuvassa [8, s.116]

Epätiivien saumojen ja liitoskohtien kautta voi virrata sisäilman kosteaa ja lämmintä ilmaa ulkovaipparakenteisiin. Rakenteen kylmissä osissa on mikrobivaurioitumisriski. Lämpötilan lasku aiheuttaa ilman suhteellisen kosteuden nousua ja lopulta jopa kosteuden tiivistymistä. Rakenteen lämpötilajakauma määrittää riskialueen sijainnin. Rakennuksen painesuhteet suunnitellaan kosteuskonvektion estämiseksi lievästi alipaineiseksi ulkoilmaan nähden. [8, s.116]

Rakennuksen ilmanläpäisevyydestä, vesihöyrynläpäisevyydestä ja rakenteen eheydestä riippuu, kumpi on hallitseva kosteudensiirtymismuoto, kosteuskonvektio vai diffuusio. Haitallisten ilmavuotojen estämiseksi rakenne on pyrittävä tekemään sisäpinnasta riittävän ilmatiiviiksi. Ulkovaipan yli vallitsevien painesuhteiden on oltava rakennuksessa sellaiset, ettei kylmiin rakenteisiin tai rakennusosiin virtaa lämmintä ilmaa. Rakennuksessa vallitseva ylipaine aiheuttaa rakenteisiin vaurioriskin. [8, s.116]

### 3.3 Riskirakenteet

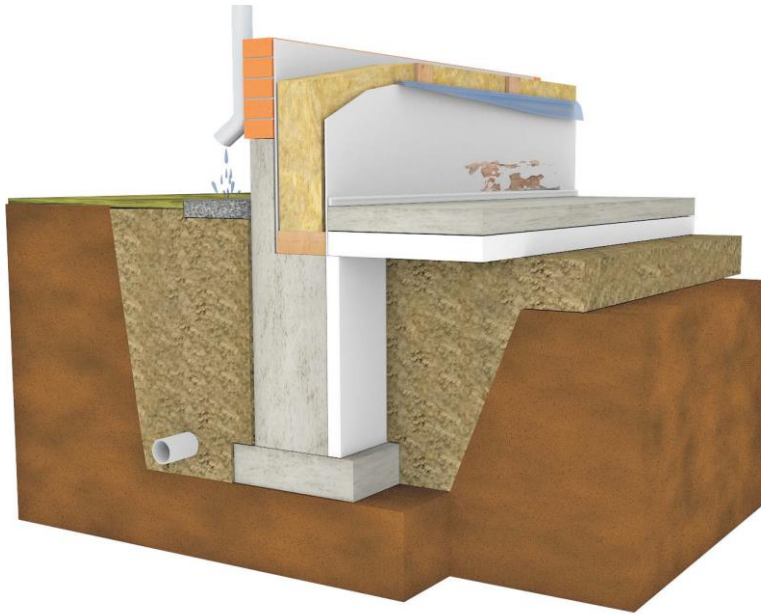
Riskirakenne on rakenneratkaisu, joka on kosteusvaurioaltis rakenne kapillaarisen veden kulkeutumisen, veden vuotamisen, vesihöyryn liikkeen tai muun veden kulkeutumisen johdosta. Rakenne on voitu suunnitella kosteusteknisesti toimimattomaksi tai rakenne on rakennekosteuden vaikutuksesta vaurioitunut rakennusvaiheessa. Sisäilman epäpuhtauslähteet voivat olla peräisin riskirakenteiden materiaaleista. Rakenne voi teknisen käyttöiän umpeutuessa muuttua riskirakenteeksi. Eri aikakausina rakennettujen talojen rakenteista on määritelty riskiherkimmät sekä ongelmallisimmat rakenteet. Kaikkien riskirakenteiden riskit eivät ole välttämättä toteutuneet, mutta niiden vaurioitumisherkyydestä johtuen rakenteet on usein syytä tutkia. [10, s.7]

Tyypillisiä tunnistettuja riskirakenteita ovat muun muassa valesokkelirakenne, kaksoisbetonilaattarakenteet, joiden lämmöneristeinä mineraalivilla tai lastuvillaeriste, betoni-laatan päälle koolatut puurakenteiset lattiat, heikosti tuulettuvat rossipohjaiset puurakenteiset alapohjat, lattiapinnan alapuolelle ulottuvat väliseinärakenteet sekä maanvastaiset puurunkoiset seinärakenteet. Lisäksi riskirakenteita on lukuisia muitakin.

#### 3.3.1 Valesokkelirakenne

Valesokkelirakenteessa rungon alaosa ulottuu lattia- ja sokkelipinnan alapuolelle. Rakenteessa sokkelin yläpinta ulottuu lattiapinnan yläpuolelle. Ulkoseinän alaosaan kohdistuu kosteusrasitusta sade- ja sulamisvesistä, maaperän kapillaarisesta kosteuden noususta sekä sisäilmasta. Rakenteessa ulkoseinän alaohjauspuuhun sekä seinän alaosan eristeisiin ja bitumikatkoihin kohdistuu suurinta kosteusvaurioitumisriskiä. Etenkin alaohjauspuun alapintaan voi kehittyä lahovaurioita, joita ei havaita pintapuolisessa tarkastuksessa. Valesokkelirakennetta on käytetty tyypillisesti 1960-luvulta aina 1980-luvun loppupuolelle rakennetuissa rakennuksissa. [11, s.13]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 7 on esitetty valesokkelirakenne.

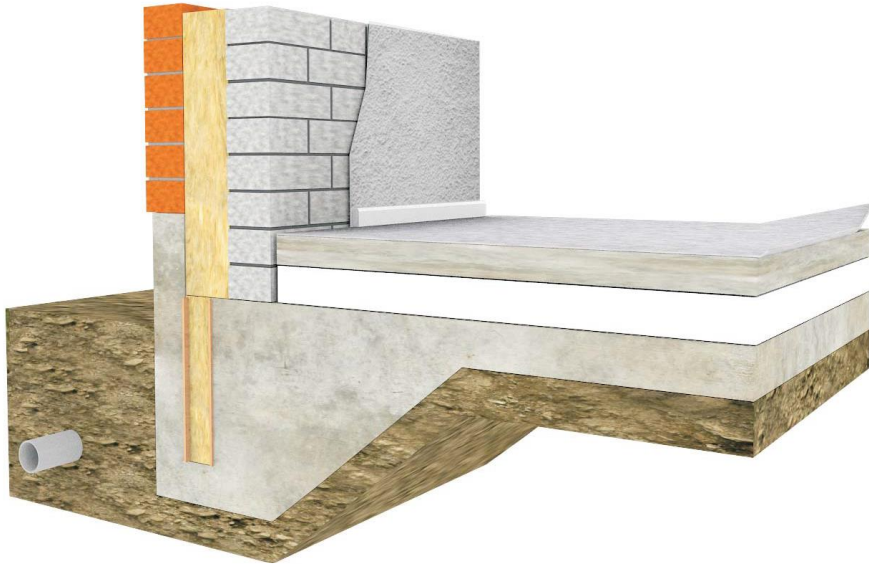


Kuva 7. Valesokkelirakenne on tyypillinen riskialtis rakenneratkaisu [11, s.11]

### 3.3.2 Kaksoisbetonilaattarakenteet

Kaksoisbetonilaattarakenteessa maanvastaisen betonilaatan sekä pintabetonilaatan välissä on eristekerros. Eristeenä on tyypillisesti käytetty polystyreenilevyä, mineraalivillaa tai lastuvillalevyä. Rakenteeseen kohdistuu maaperästä kapillaarista kosteusrasitusta. Rakenteessa käytetyt lastuvilla sekä mineraalivilla ovat vaurioitumisherkkiä materiaaleja rakenteen tuulettumattomuuden vuoksi. Kaksoisbetonilaattarakennetta on käytetty 1950-luvun loppupuolelta 1970-luvulle saakka. [11, s.23]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 9 on esitetty kaksoisbetonilaattarakenne.



Kuva 8. Kaksoisbetonilaattarakenteen eristekerrokseen kohdistuu vaurioitumisriskiä [11, s.23]

### 3.3.3 Lattiapinnan alapuolelle ulottuvat väliseinärakenteet

Lattiapinnan alapuolelle ulottuva väliseinärakenne tiedostetaan riskirakenteeksi. Rungon alaosaan muodostuu heikosti tuulettuva tila. Etenkin rungon alaosaan voi muodostua kosteusvauriota, mikäli kosteus ei pääse tuulettumaan riittävän nopeasti pois. Rakenteeseen kohdistuu kosteusrasitusta maaperästä sekä lisäksi myös sisäilmasta. Rakennetta esiintyy 1950-1980-luvun rakennuksissa. [11, s.5]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 9 on esitetty lattiapinnan alapuolelle ulottuva väliseinärakenne.

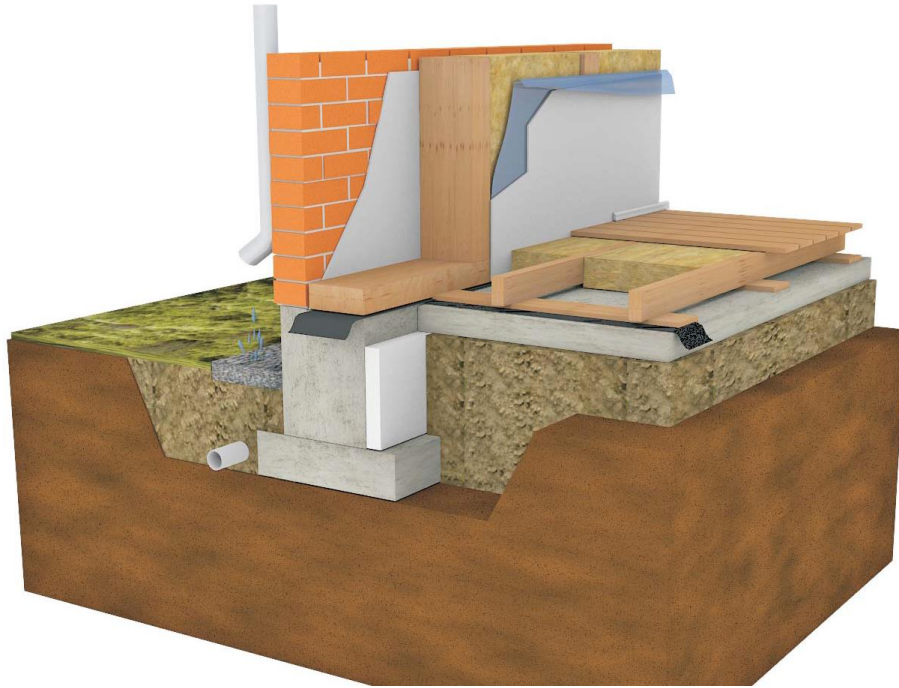


Kuva 9. Lattiapinnan alapuolelle ulottuvaan väliseinärakenne [11, s.10]

### 3.3.4 Betonilaatan päälle puukoolattu lattia

Puukoolattu lattia koostuu betonilaatan päälle asennetusta puukoolauksesta sekä koolauksen väliin asennetusta eristekerroksesta. Usein betonilaatta on eristämätön. Betonilaatan pinnassa on tyypillisesti epäpuhtauksia. Epäpuhtauksiin, puuosiin sekä eristekerrokseen kohdistuu vaurioitumisriskiä maaperän kapillaarisesta kosteusrasituksesta sekä sisäilman kosteudesta. Viileän betonilaatan pintaan voi ajoittain tiivistyä kosteutta. Rakenteen riittämättömän tuulettumisen vuoksi rakenteeseen kohdistuu kosteusvaurioitumisen riskiä. Rakennetta on tyypillisesti käytetty 1950-luvulta lähtien. [11, s.30]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 10 on esitetty puukoolattu lattiarakenne.



Kuva 10. Puukoolattu lattia eristämättömän betonilaatan päällä [11, s.29]

### 3.3.5 Heikosti tuulettuva rossipohja

Heikosti tuulettuvassa rossipohjarakenteessa ryömintätilan ilmanvaihto on riittämätöntä. Riittämättömästä ilmanvaihdosta johtuen ryömintätilan kosteuspuiteisuus on koholla. Ryömintätilaan muodostuu otolliset olosuhteet mikrobikasvustoa varten. Alapohjan sekä ryömintätilan materiaalit toimivat mikrobien kasvualustana. Kosteuslähteinä toimivat maaperä sekä ulkoilma. Ryömintätilan ilma on epäpuhdasta ja sisätilaan kulkeutuessaan se heikentää sisäilman laatua. [11, s.86]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 11 on esitetty heikosti tuulettuva rossipohjarakenne.



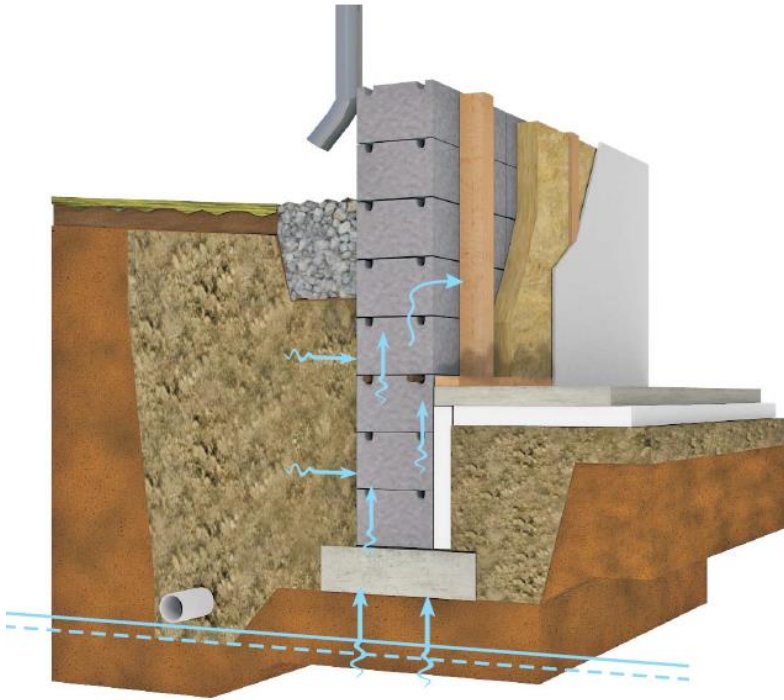


Kuva 11. Heikosti tuulettuva rossipohjarakenne on riskialtis rakenneratkaisu [11, s.85]

### 3.3.6 Maanvastaiset puurankaiset seinärakenteet

Maanvastaisissa seinärakenteissa vaurioituneita materiaaleja ovat puurungot, eristeet, bitumituotteet sekä levytykset. Seinän pinnalla vaurio voi ilmetä pinnoitteen pinnalla olevasta mikrobikasvustosta, maalin hilseilystä tai levyn kupruilusta. Vaurioitumismekanismi toimivat maaperästä kapillaarinen kosteuden siirtyminen, sade ja sulamisvedet sekä sisäilman kosteuden tiivistyminen. [11, s.70]

Seuraavalla sivulla, kuvassa 12 on esitetty maanvastainen, puurakenteinen seinärakenne.



Kuva 12. Maanvastaiset puurakenteiset seinärakenteet ovat alttiina maaperästä kohdistuvalle sekä sisäilman kosteusrasitukselle [11, s.72]

### 3.4 Mikrobikasvut ja vauriot rakenteissa

Kaikkialla elinympäristössä on mikrobeita sekä niiden itiöitä. Sisätiloissa esiintyvien mikrobien kasvuympäristöjä ovat muun muassa elävät kasvit ja lahoava kasvimateriaali, eläimet, elintarvikkeet sekä ihmiset. Mikrobeita kulkeutuu sisätiloihin myös ulkoilmasta. [12, s.146]

#### 3.4.1 Mikrobien kasvuedellytykset

Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen ravinteita, kosteutta sekä sopivan lämpötilan. Nämä vaikuttavat mikrobikasvun käynnistymiseen sekä kasvun nopeuteen. Useat bakteerit ja sienet ovat vaatimattomia kasvuedellytykseltään. Kasvualustana voi toimia jopa betonin pinnalla oleva pöly. Rakennuksissa on yleensä suotuisat lämpöolosuhteet mikrobikasvulle. Mikrobien optimaalinen lämpötila kasvulle on 20-30°C:ssa ja ne kasvavat yleisesti 5-40°C:n lämpötila-alueella. Vähimmäiskosteus rakennusmateriaaleilla on yleisesti noin RH 75...85%. Lahottajasienet tarvitsevat korkeamman kosteuspitoisuuden homesieniin

verrattuna. Mikrobikasvu voi kehittyä olosuhteista riippuen päivien, kuukausien tai vuosien kuluessa. [12, s.146]

Kuvassa 13 on esitetty eri mikrobiryhmien kasvun vähimmäiskosteusvaatimukset rakennusmateriaalissa.

Mikrobiryhmä	Ilman suhteellinen vähimmäiskosteus
Homesienet	70...85 %
Bakteerit ja sädesienet	95 %
Sinistäjä- ja lahottajasienet	95 %

Kuva 13. Eri mikrobiryhmien kasvun vähimmäiskosteusvaatimukset rakennusmateriaalissa [8, s.131]

Kuvassa 14 on esitetty esimerkkejä eri mikrobiryhmien ja -lajien vähimmäiskosteusvaatimuksista, jotka on määritetty rakennusmateriaaleilla noin +25°C:n lämpötilassa laboratorio-olosuhteissa.

RH <sub>min</sub> <sup>1)</sup>	Esimerkkilajeja ja -sukuja
RH <sub>min</sub> < 75 %	<i>Aspergillus penicillioides / restrictus, Eurotium, Wallemia</i>
75 % ≤ RH <sub>min</sub> ≤ 79 %	Useimmat <i>Aspergillus</i> -lajit (mm. <i>A. versicolor, A. ochraceus</i> ja <i>A. sydowii</i> ), <i>Paecilomyces</i> , eräät <i>Penicillium</i> -lajit
80 ≤ RH <sub>min</sub> ≤ 89 %	Useimmat <i>Penicillium</i> -lajit, <i>Aspergillus fumigatus, Alternaria, Aureobasidium, Chaetomium, Cladosporium</i>
RH <sub>min</sub> ≥ 90 %	<i>Fusarium, Stachybotrys, Mucor, Rhizopus</i> ja <i>Ulocladium</i> , lahottajasienet, sädesienet

Kuva 14. Esimerkkejä eri mikrobilajien ja -ryhmien vähimmäiskosteusvaatimuksista [8, s.131]

### 3.4.2 Mikrobivaurio

Rakennuksen mikrobivauriolla tarkoitetaan pinnoilla tai rakenteissa olevaa hiiva-, bakteri- tai homekasvustoa, joka on varmennettu mikrobiologisten analyysien avulla tai se on silminnähtävää [12, s.147].

Kosteusvaurioituneissa rakenteissa kasvaa sisä- ja ulkoilmassa yleisesti esiintyvien mikrobilajien lisäksi kosteusvaurioindikaattorimikrobeita. Indikaattorimikrobit ovat mikrobeita, jotka esiintyvät vaurioituneissa materiaaleissa ja joita esiintyy harvemmin vaurioitumattomissa rakenteissa. [8, s.128]

Asuinrakennuksessa mikrobien toimenpideraja-arvon ylittyminen on määritelty asumisterveysasetuksen 20 § mikrobit -kohdassa seuraavasti [13]:

”Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyyseillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua.”

Rakennuksen sisäpinnoilla tai rakenteissa silmin nähtävä mikrobikasvusto voi näkyä pistemäisinä, pölymäisinä tai puuterimaisina kasvustoina tai värimuutoksena materiaalin pinnalla. Mikrobivauriot sijaitsevat suureksi osaksi piilossa rakenteiden sisällä. Mikrobikasvu rakenteen sisällä havaitaan rakenneavauksien avulla. [8, s.138]

Kosteus- ja mikrobivaurio voi kehittyä pitkän ajanjakson kuluessa ilman, että sisäpinnoilla havaitaan merkkejä mikrobi- tai kosteusvaurioista. Ajoittain aistittava tunkkainen, imelä, maakellarimainen, ”mummonmökkimäinen” haju voivat viitata mikrobikasvustoon. Hajua voi esiintyä silloin tällöin tai tietyissä tilanteissa. Haju aiheutuu mikrobien aineenvaihdunnasta, johon vaikuttavat muun muassa kosteusolosuhteet. [8, s.139]

### 3.4.3 Mikrobivaurion toteaminen

Mikrobivaurion toteaminen perustuu rakenteisiin tehtävien tutkimusten ja tutkimusten yhteydessä tehtyihin mittauksiin sekä tarvittaessa rakenteista otettuihin mikrobiologisiin näytteisiin [14, s.4].

### 3.5 Rakennuksen painesuhteet

Rakennuksen painesuhteet määräytyvät ilmanvaihdon, tuulen, savupiippuvaikutuksen sekä tilojen käytön yhteisvaikutuksesta. Painesuhteet voivat muuttua nopeasti ja voimakkaasti ja tyypillisesti ne vaihtelevat. Paine-erojen seurauksena ilma virtaa esimerkiksi ulkovaipparakenteiden läpi, huonetilasta toiseen tai rakennuksen eri kerrosten välillä. [8, s.118]

Ilmavirtausten mukana siirtyy kosteutta, lämpöä ja epäpuhtauksia, kuten hajuja, mineraalikuuituja, hiukkasia, mikrobiperäisiä epäpuhtauksia sekä radonia. Rakennuksessa tapahtuvien ilmavirtausten suuntaa, suuruutta ja ilmavirtausten mukana siirtyvän lämmön, kosteuden ja epäpuhtauksien merkitystä sisäilman laatuun voidaan arvioida selvittämällä rakennuksen painesuhteita. Suomessa oleskelutilat ja asuinrakennukset suunnitellaan alipaineisiksi kosteuskonvektiosta rakenteisiin aiheutuvan vaurioitumisriskin takia. Tavanomaisessa tilanteessa ilman virtaussuunta on maaperästä ja ulkoa sisätilaan päin. Rakennuksen alapuolisessa maaperässä ja ulkovaipparakenteissa on lähes aina epäpuhtauksia, jotka huonetilaan kulkeutuessaan voivat heikentää sisäilman laatua. Tämän takia rakennuksen korvausilmaa ei tulisi ottaa rakenteista tai rakennuksen alta, vaan se tulisi ottaa hallitusti raitisilmanottoaukkojen tai tuloilmaventtiilien kautta. [8, s.118]

#### **4 Ennakoivat tutkimukset- ja selvitykset**

Korjaushankkeen onnistumisen edellytyksenä on, että korjaussuunnittelua varten on käytettävissä riittävät lähtötiedot. Korjaushankkeen luonteesta riippuen esiselvitykset vaihtelevat tapauskohtaisesti. Korjaus- ja huoltohistoria, rakennuksen ikä, sekä rakenteet, rakennusmateriaalit sekä tekniset järjestelmät määrittelevät osaltaan esiselvitysten tarvetta. Korjaus- ja muutostöille asetetut tavoitteet vaikuttavat yhtä lailla tarvittaviin selvityksiin. [15, s.7]

Onnistuneen korjaussuunnittelun edellytyksenä ovat riittävän perusteelliset esiselvitykset. Rakenteet, rakennusmateriaalit, talon käyttö, talotekniikka ja sisäilmasto muodostavat kokonaisuuden, jonka palaset ovat kytköksissä toisiinsa. Vaikka vain tiettyä yksittäistä tilaa, rakennusosaa tai teknistä järjestelmää tutkittaisiin, on sen liittyminen otettava huomioon kokonaisuuteen. Yksiselitteistä ja yleispätevää vastausta kysymykseen millaisia esiselvityksiä korjaushankkeessa tarvitaan, ei pystytä antamaan. [15, s.7]

##### **4.1 Kuntotarkastus**

Rakennetta rikkomattoman ja aistinvaraisen kuntotarkastuksen tavoitteena on antaa puolueetonta tietoa rakennuksen sekä siihen liittyvän tekniikan kunnosta, vaurio-, terveys- sekä käyttöturvallisuusriskeistä, korjaustarpeista sekä toimenpide-ehdotuksista.

Kuntotarkastuksessa käydään läpi kohteen kaikki tilat, rakennusosat ja rakenteet suoritushjeen mukaisesti. Rakenteiden, rakennusosien, aluerakenteiden ja LVIA-järjestelmien arvioinnin apuna käytetään niille määritettyjä teknisiä käyttöikiä sekä kunnossapitajaksoja. Asuntokaupan yhteydessä tehtävän kuntotarkastuksen tekijän on oltava riittävän pätevä. [16, s.2]

#### 4.2 Kuntoarvio

Kiinteistön rakennusosien, tilojen, ulkoalueiden ja taloteknisten järjestelmien kuntoa selvitetään kuntoarviossa aistinvaraisesti sekä arvioidaan yleispiirteisesti korjaustarpeita. Kuntoarvio tehdään rakennus- ja taloteknisten (viemäri, vesi, sähkö, ilmanvaihto, automaatio) asiantuntijoiden toimesta ryhmätyönä. Kuntoarvion tavoitteena on hankkia lähtötietoa kunnossapitosuunnittelua varten. Kuntoarvio sisältää yleensä pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelman (PTS-ehdotus). [16, s.2]

#### 4.3 Kuntotutkimus

Kuntotutkimus on kuntotarkastusta ja -arviota tarkempi selvitys rakennuksen tai sen osan kunnosta. Kuntotutkimuksessa hyödynnetään usein aistinvaraisten havaintojen lisäksi rakennekosteusmittauksia sekä materiaalinäytteitä. Kosteus- ja sisäilmatekniikassa kuntotutkimuksessa selvitetään epäiltyjen rakenteiden lisäksi myös muita sisäilman laatuun mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä, joita ovat muun muassa päästölähteet, materiaalit sekä talotekniset tekijät. Kuntotutkimusselostus sisältää havainnot, tutkimustulokset, johtopäätökset sekä toimenpide-ehdotukset. Kuntotutkimuksen sisältö ja laajuus vaihtelevat lähtötilanteesta riippuen.

Seuraavalla sivulla, kuvassa 15 on esitetty kuntotutkimuksen lähtökohtia sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa.



Kuva 15. Kuntotutkimuksen lähtökohtia sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa [8, s.25]

#### 4.3.1 Tiedossa oleva mikrobi- tai kosteusvaurio

Tiedossa olevan kosteus- ja mikrobivaurion kuntotutkimus tehdään usein riita-asian ratkaisemiseksi. Tapauksessa kosteus- ja mikrobivaurion vaurio on tiedossa, mutta sen laajuutta ja syytä ei tiedetä, jonka vuoksi voi syntyä erimielisyyksiä asian ratkaisemiseksi. Tutkimus kohdistetaan ensisijaisesti vaurioituneisiin rakennusosiin. Otannan tulee olla riittävän suuri ja tutkimuksia tulee kohdistaa myös muihin rakennusosiin, mikäli epäillään vaurioiden olemassaoloa myös muissa rakennusosissa. Tarvittaessa mikrobivaurioiden laajuutta selvitetään materiaalinäytteistä tehtävien laboratorion mikrobitutkimuksien avulla. [8, s.27]

#### 4.3.2 Tuleva peruskorjaus

Rakennuksen merkittävä käyttöiän pidentäminen on peruskorjauksen tavoitteena. Tämä tehdään korjaamalla tai uusimalla teknisen käyttöikänsä päässä olevat talotekniset järjestelmät tai rakennusosat. Usein samalla tehdään tilojen käyttötarkoituksen muutoksia tai tilamuutoksia. Korjauslaajuudet, -tarpeet ja menetelmät selvitetään kuntotutkimusmenettelyin hankesuunnitteluvaiheessa. [8, s.29]

#### 4.3.3 Tunnettu äkillinen vesivahinko

Putkivuoto, sammutusvesi tai tulva voivat olla tunnettuja äkillisiä kosteusrasituksia. Kosteusvaurion laajuus selvitetään ja välittömät korjaustoimenpiteet määritetään kuntotutkimuksessa. Näitä ovat muun muassa rakenteiden kuivaus- ja purkutyöt, joiden avulla ehkäistään rakennusmateriaalien homehtuminen. Kosteusvaurion laajuus selvitetään mahdollisimman joutuin vuototapahtuman jälkeen aistinvaraisesti ja kosteusmittauksin. Rakenneavauksia tehdään tarvittavilta osin. Rakenteisiin tai järjestelmiin esitetään mahdolliset parannukset korjausvaihtoehtojen yhteydessä, ettei tapahtunut vahinko enää toistu. [8, s.26]

Äkillisen vesivahingon yhteydessä rakennusmateriaalien homehtuminen voidaan yleensä ehkäistä aloittamalla tehokkaat kuivatukset riittävän nopeasti ja tekemällä kuivumista edistävät purkutyöt. Mikrobikasvuston kehittymiseen kuluva aika riippuu lämpötilasta, kosteudesta ja materiaalista. Ulosteperäisten mikrobien analyysi saattaa olla tarpeen selvitettäessä viemäriverivuototapauksia. Analyysillä selvitetään, onko esimerkiksi alapohjarakenteessa todettu vesi maaperän kosteutta vai viemärivettä. [8, s.26]

#### 4.3.4 Käyttäjien oireilu, yleinen epäily, poikkeava haju

Kun rakennuksessa esiintyy poikkeavia hajuja, jos käyttäjät kokevat sisäilmaongelmaan viittaavaa oireilua tai jos on yleinen epäily kosteus- ja mikrobivaurioista, kuntotutkimuksen avulla selvitetään ongelmien laajuudet ja syyt. Jos tiedossa ollut kosteus- tai mikrobivaurio on korjattu ja käyttäjät oireilevat edelleen, voi yleinen epäily tulla kyseeseen myös tällöin. Poikkeavien hajujen ja oireiden syyksi epäillään pääosin mikrobi- ja kosteusvaurioita, mutta oireilun lähteitä voivat olla myös esimerkiksi rakennusmateriaalien tai kalusteiden kemialliset päästöt, vanhojen rakennusmateriaalien sisältämät haitalliset aineet ja niistä aiheutuvat päästöt tai ympäristöstä kulkeutuva hajut. Myös korkea huoneilman lämpötila sekä puutteellinen ilmanvaihto voivat aiheuttaa oireilua. Ongelman aiheuttajan paikallistamiseksi ja osoittamiseksi voidaan joutua tekemään laajoja tutkimuksia ja selvityksiä. [8, s.27]



#### 4.3.5 Ennakoiva selvitys

Aiemmin tehdyn ennakoivan selvityksen perusteella todetaan usein tarve kosteus- ja sisäilmatekniselle kuntotutkimukselle. Ennakoivia selvityksiä voivat olla muun muassa asuntokaupan yhteydessä tehty kuntotarkastus, kiinteistölle tehty kuntoarvio, huolto- tai kiinteistöyhtiön ennakoiva kiinteistön kuntotarkastus, alustava riskiarvio tai kiinteistön huoltohenkilökunnan tai käyttäjien aktiivinen rakennuksen kunnan seuranta. [8, s.25]

#### 4.4 Asbesti- ja haitta-ainekartoitus

Vanhoissa rakennuksissa on käytetty materiaaleja, jotka on jälkepäin todettu sisältävän terveydelle haitallisia aineita. Tyypillisiä haitta-aineita ovat asbesti, PAH-yhdisteet, raskasmetallit, kuten lyijy sekä PCB-yhdisteet. Lisäksi muita tunnistettuja haitta-aineita ovat esimerkiksi POP-, HBCD- ja SCCP-yhdisteet.

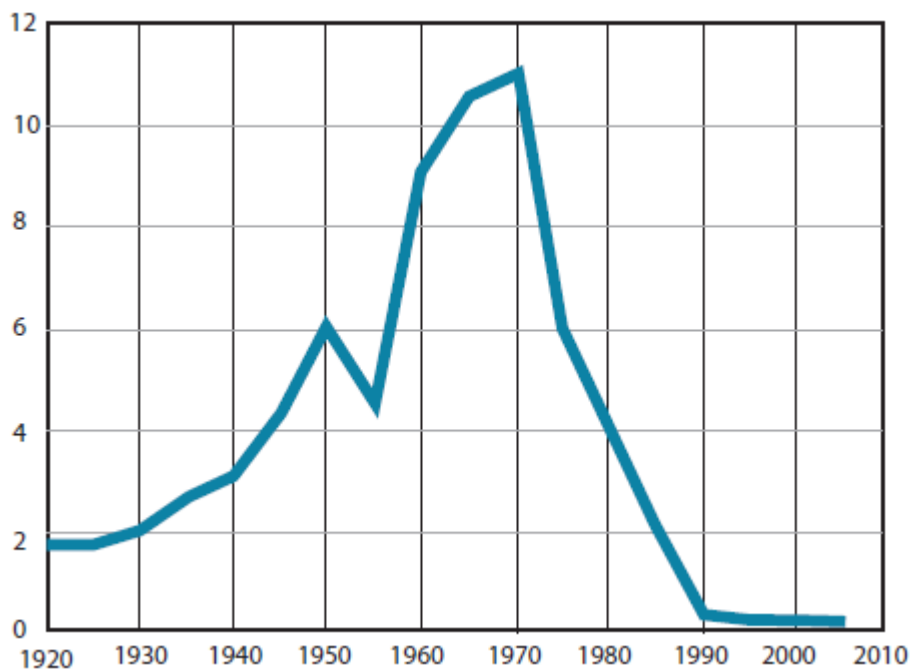
Ennen vuotta 1994 rakennettuihin kiinteistöihin on tehtävä lain mukaan asbestikartoitus ennen remontointia tai rakennuksen purkua. Asbestikartoituksen tekemisestä huolehtii rakennuttaja tai joku muu, joka valvoo tai ohjaa rakennushanketta. Asbestikartoituksessa selvitetään rakennuksen asbestipitoiset materiaalit, asbestipitoisten materiaalien määrä ja niiden sisältämä asbestilaatu ja pölyävyys. Asbestikartoituksen tekijän tulee olla riittävän perehtynyt asbestiin, rakenteiden purkamiseen ja asbestin esiintymiseen. Lisäksi tekijältä edellytetään laajuuden ja suunnitellun kartoituksen laadun edellyttämää ammattillista osaamista. Asbestikartoituksesta on tehtävä dokumentti ja se on luovutettava itsenäisen työsuorittajan käyttöön tai asbestipurkutyöhön ryhtyvän työnantajan käyttöön. [17]

##### 4.4.1 Asbesti

Asbesti on yleisnimi kuitumaisille luonnosta saataville silikaattimineraaleille. Asbestilajeja ovat krokidoliitti, krysotiili, antofylliitti, amosiitti, tremoliitti sekä aktinoliitti. Asbesti on ohutta, mekaanisesti ja kemiallisesti kestävää kuitua. Asbestia on käytetty rakentamisessa 1900-luvun alkupuolelta 1990-luvulle saakka. Asbestipölylle altistuminen voi aiheuttaa muun muassa asbestoosia, keuhkosityöpää mesoteliomaa sekä keuhkopussin

sairauksia. Asbestia on käytetty esimerkiksi tasoitteissa, putkieristeissä, laasteissa, rakennuslevyissä, palo-ovissa, bitumituotteissa sekä lattiapinnoitteissa. [18, s.2-3]

Kuvassa 16 on esitetty asbestin käytön määrä vuosittain.



Kuva 16. Asbestin käyttö, tuhatta tonnia/vuosi [18, s.3]

#### 4.4.2 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteitä (polysykliset aromaattiset hiilivedyt) muodostuu orgaanisen materiaalin epätäydellisessä palamisessa. PAH-yhdisteitä on käytetty rakennusmateriaaleissa 1800-luvulta lähtien 1970-luvun loppupuolelle saakka muun muassa pikisivelyissä ja ter- vapapereissa. Lisäksi mm. ratapölkyissä ja sähköpylväissä on käytetty PAH-yhdisteitä sisältävää kreosoottia. PAH-yhdisteet aiheuttavat hajuhaittaa ja syöpäriskin kasvua. [19]

#### 4.4.3 PCB-yhdisteet

PCB-yhdisteiden (polyklooratut bifenyylit) pääkäyttöaika on 1920-1970-luku. PCB-yhdis- teitä on käytetty elastisissa saumoissa, liimoissa, tiivisteissä, muuntajissa sekä

maaleissa. PCB-yhdisteet ovat terveydelle haitallisia aineita ja niiden on todettu aiheuttavan syöpää. [20, s.7]

#### 4.4.4 Lyijy ja muut raskasmetallit

Lyijyä on käytetty etenkin saumamassojen kovetteena 1950-80-luvulla. Lisäksi lyijyä on käytetty esimerkiksi vedenpaine-eristeenä sekä viemäreiden tiivistyksissä. Raskasmetalleja on käytetty muun muassa maaleissa, PVC- ja muovimatoissa. [20, s.7]

## 5 Korjaussuunnittelu

### 5.1 Yleistä

Riittävien tutkimuksien sekä esiselvityksen jälkeen alkaa korjaussuunnitelmien laatiminen. Kosteus- ja homevaurioiden rakennusten korjaustöihin tehdään omat yksilölliset korjaussuunnitelmat. Onnistuneen korjaussuunnittelun edellytyksenä on, että selvitystöiden ja tutkimuksien tieto välittyy eteenpäin. Korjaussuunnitelmissa esitetään mitä korjataan, kuinka laajasti korjataan ja miten korjataan. Korjaushankkeen tavoitteena on poistaa vauriot sekä vaurioiden aiheuttajat ja korjata uudet rakenteet rakennusfysikaalisesti toimiviksi. Lisäksi korjaushankkeen tavoitteena on saada rakennus teknisesti käyttötarkoitustaan palvelevaan kuntoon ja vähentää terveyshaittaa aiheuttavia tekijöitä [21, s.6].

Rakennuksia suunniteltaessa on rakennesuunnittelijan sekä arkkitehdin hallittava rakennusfysiikkaa riittävällä laajuudella, ettei suunnitella tietämättömyydestä johtuvia kosteusteknisesti riskialttiita rakenteita [22, s.56].

Rakenteita suunniteltaessa kosteusteknisessä mitoituksessa on otettava huomioon kaksi lähtökohtaa: rakenteiden kosteuspitoisuus ei missään vaiheessa aiheuta haittaa rakennuksen käytölle ja rakenteen toiminnalle, sekä suunnittelussa varaudutaan siihen, että rakenteilla on riittävä kyky kuivua riittävän nopeasti satunnaisen kastumisen seurauksena. [22, s.57]

Korjaussuunnitelmassa korjaussuunnittelijan täytyy osoittaa, että korjaukset kohdistuvat selvityksissä ja tutkimuksissa havaittuihin ongelmiin. Kun käytettävät korjausmenetelmät on päätetty, tehdään riittävän yksityiskohtaiset työselostukset ja korjaussuunnitelmat, joissa esitetään korjattavat, purettavat ja uusittavat rakenteet sekä korjausmateriaalit ja -menetelmät. Rakennusosien yksityiskohtien esittämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnitelmissa. Suunnittelussa selvitetään rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus ja se osoitetaan tarvittaessa laskelmien avulla. Selostuksissa annetaan työmaatoteutusta ja rakennustöiden laadunvarmistusta koskevia ohjeita, joita ovat muun muassa kosteuden- sekä pölyn ja puhtaudenhallintaohjeet. [7, s.12]

Ennen korjaussuunnittelua korjaushankkeen luvanvaraisuus tulee selvittää paikallisesta rakennusvalvonnasta. Luvanvaraisissa hankkeissa on otettava huomioon energiamääräykset.

## 5.2 Korjaussuunnitelmat

Korjaussuunnitelmissa esitetään korjattavat, purettavat ja uusittavat rakenteet sekä korjauksissa käytettävät materiaalit ja korjaustyömenetelmät. Rakennusosien välisten liittymien yksityiskohtainen esittäminen on tärkeää osoittaa selkeästi. Piirustuksissa osoitetaan selkeästi, mitkä ovat alkuperäisiä, mitkä jääviä materiaaleja ja rakenteita sekä mitkä ovat uusia materiaaleja ja rakenteita. Lisäksi suunnitelmissa esitettyjen ratkaisujen toteutumiskelpoisuutta on huolellisesti mietittävä. [7, s.25]

### 5.2.1 Paikannuskaavio

Korjaustyötä varten tehtävissä paikannuskaavioissa tai laajuuspiirroksissa esitetään uusien ja jäävien rakennusosien rakennetyyppien sekä detaljipiirrosten ja rakenneleikkausten sijaintimerkinnot. Paikannuskaaviossa esitetään lisäksi mittatietoja. [7, s.27]

## 5.2.2 Rakennetyypit

Rakennetyypit, jotka tehdään korjaustyötä varten, sisältävät uusien rakennekerrosten lisäksi jäävät rakennekerrokset. Rakennetyypeissä esitetään rakennekerrosten lisäksi yksityiskohtaisen materiaalitiedot. [7, s.27]

## 5.2.3 Rakenneleikkaukset

Rakenneleikkauksissa tuodaan esille eri rakenneosiin liittyvät höyryn- ja ilmansulut liitoksineen, läpivientikohtineen, saumoineen sekä kosteuden-, lämmön- ja vedeneristeet. Lisäksi rakenneleikkauksissa esitetään eri rakennusosien tuuletuksen toteutuminen, kosteuden ja veden rakenteisiin tunkeutumisen estäminen sekä rakenteisiin tunkeutuneen veden pois johtaminen rakenteita vahingoittamatta. [7, s.27]

## 5.2.4 Detaljipiirustukset

Yksityiskohtaiset detaljipiirustukset täydentävät rakenneleikkauksia. Detaljipiirroksissa esitetään rakennusosien saumojen, liitosten ja läpivientien toteutus riittävän yksityiskohtaisesti luotettavan toteutuksen varmistamiseksi sekä ymmärrettävyyden parantamiseksi. Esimerkiksi ikkunoiden ja ulkoseinien liittymistä voidaan tapauskohtaisesti piirtää vaakasuuntainen detalji perinteisten pystysuuntaisten detaljien tueksi. Korjaushankkeissa yksityiskohtien suunnittelu on erityisen tärkeää. [7, s.27]

Alapohjien osalta on tärkeää tuoda ilmi rakenteen kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus. Lisäksi esitetään, kuinka vältetään maaperän radonin sekä epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. Alapohjan detaljipiirustuksia on syytä esittää muun muassa alapohjan sekä maanvastaisen- ja ulkoseinän liittymistä, kantavien pystyrakenteiden ja alapohjan liittymistä, ei-kantavien väliseinien ja alapohjan liittymistä sekä alapohjan liikuntasaumoista, työ- ja kutistumissaumoista ja läpivientikohdista. [7, s.27]

Välipohjista tehtävissä detaljipiirustuksissa esitetään muun muassa välipohjan sekä maanvastaisen- ja ulkoseinien liittymät, kantavien pystyrakenteiden sekä ei-kantavien ja välipohjien liittymät sekä välipohjien läpivientikohdat ja välipohjan liikuntasaumat [7, s.27].

Ulkoseinissä on tärkeää huolehtia, että veden haitallinen tunkeutuminen viistosateesta ja tuiskulumesta ulkoseinärakenteeseen on estetty rakennuksen ulkopuolelta. Lisäksi on varmistuttava, että rakenteeseen ei kulkeudu kosteutta sisäilman konvektion tai diffuusion vuoksi haitallisessa määrin ja toisaalta, ettei rakenteissa olevat epäpuhtauden pääse kulkeutumaan sisäilmaan. Ulkoseinän detaljipiirustuksia ovat esimerkiksi seuraavat detaljit:

- ulkoseinän ala- ja yläosa sekä julkisivun epäjatkuvuuskohdat ja liittymät (räystään myrsky- ja suojapellit, julkisivua vasten olevat peltien ylösnostot, tuuletusjärjestelyt, julkisivun taakse tunkeutuneen veden poisto)
- ulkoseinään liittyvien parvekkeiden katosten, syöksyjen ja taloteknisten laitteiden liittymät
- ovien, ikkunoiden ja läpivientien liittyminen ympäröiviin rakenteisiin (tuulensuoja-kerrosten liittymät, tuuletusjärjestelyt, ikkuna- ja ovipellitykset, saumaukset); näistä sekä pysty- että vaakasuuntainen detaljipiirustus
- ulkoseinän ja yläpohjan liittymät
- ulkoseinän nurkkaliittymät
- ulkoseinän ja väliseinän liittymät [7, s.27]

Yläpohjan detaljipiirustuksissa esitetään, miten sisäilman vesihöyryn haitallinen kulkeutuminen konvektion tai diffuusion vuoksi estetään, miten rakenne tuuletetaan ja miten vältetään yläpohjarakenteisiin sadeveden, lumen tai sulamisveden haitalliselta kulkeutumiselta rakenteeseen. Yläpohjan detaljipiirustuksia on syytä esittää muun muassa räystäistä, rakenteen läpivienneistä, kattokaivoista sekä vesikattovarusteiden kiinnityksistä. [7, s.28]

Märkätiloista on syytä laatia detaljit lattian vedeneristeen nostoista kaikkiin ympäröiviin erilaisiin rakenteisiin sekä vedeneristeen liittämistä kynnykseen, lattiakaivoon, hanakulmarasioihin sekä muihin läpivienteihin. [7, s.28]

### 5.2.5 Korjaustyöselostus

Korjaustyöselostuksessa tuodaan ilmi kirjallisesti korjaustyön vaiheista ja niiden toteuttamisesta. Korjaustyöselostus täydentää suunnitelmia ja sen sekä Rakennustöiden yleisten laatuvaatimusten (RYL) avulla määritetään työn laadullisia ominaisuuksia. Korjaustyöselostus ja RYL täydentävät toisiaan: RYL:ssä esitetään hankkeista riippumattomat laatutavoitteet, kun taas korjaustyöselostuksessa tuodaan ilmi hankekohtaisesti määriteltyjä laatuvaatimuksia. [7, s.28]

### 5.3 Korjausmenetelmät

Korjausmenetelmien valintaan vaikuttavat esimerkiksi vaurioiden laajuus ja laatu, rakenteiden kosteustekninen toimivuus, rakenteiden tiiviys, rakenteissa esiintyvät haitta-aineet ja epäpuhtaudet, kiinteistöstrategia, korjaushankkeen erityiset tavoitteet sekä taloudelliset sekä toiminnalliset näkökulmat [7, s.34].

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmiä ovat muun muassa:

- rakennusosan uusiminen
- kosteusteknisen toimivuuden parantaminen
- kapselointikorjaus
- rakennusosien ilmatiiviyden parantaminen
- kuivaaminen
- rakennuksen painesuhteiden muuttaminen [7, s.37]

Korjausmenetelmä tulee valita tapauskohtaisesti. Korjausmenetelmiin liittyy epävarmuustekijöitä, ja niiden soveltuvuus, onnistumisen edellytykset ja riskit tulee käsitellä ennen korjausmenetelmän valintaa.

Kuvassa 17 on esitetty kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen keskeisten korjausmenetelmien soveltuvuus, riskit sekä onnistumisen edellytykset.

Korjausmenetelmä	Korjauksen soveltuvuus	Keskeiset onnistumisen edellytykset	Riskitekijät onnistumiselle
Kosteusteknisen toimivuuden parantaminen	Kaikissa tapauksissa, jos ei ennestään toimiva.	Rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kokonaisvaltainen tarkastelu. Toimivuuden parantamisen mahdollistavien korjausmenetelmien valinta.	Kosteusteknistä toimivuutta ei tarkastella tai ymmärretä rakennuksessa kokonaisvaltaisesti. Vanhan rakennusosan kosteusteknisen toimivuuden puutteet tai vanhat rakenteet on selvitetty huonosti.
Rakennusosan uusiminen	Uusiminen on rakennusteknisesti ja suojelunäkökulmista mahdollista, korjauksen kannalta tarpeellista ja siihen on käytettävissä tarvittavat resurssit.	Uusittavan osan tarkoituksenmukainen rajaaminen. Hankkeen kokonaisvaltainen hallinta, resurssien riittävyys. Uuden rakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus.	Ympäristön rakenteiden, stabiiliteetin, paloturvallisuuden, taloteknisten järjestelmien ja ääneneristyksen riittämätön hallinta. Liitokset ympäristöön rakenteisiin. Pölynhallinta. Joudutaan samalla purkamaan hyviä, toimivia rakenteita.
Kuivaaminen	Kun löydetään kostea materiaalia, jota ei ole kannattavaa poistaa. Riittää yksin, jos vaurio on paikallinen, eikä ole ehtinyt aiheuttaa mikrobikasvua materiaaleihin, ja kaikkien kastuneiden rakenteiden kuivaaminen on mahdollista.	Varmistetaan siitä, että (1) kaikki kastuneet rakenteet ovat kuivat ennen rakenteiden sulkemista, (2) mikrobikasvu ei ole ehtinyt alkaa, (3) materiaalit eivät ole vaurioituneet.	Huolimaton kastuneiden rakenteiden kartoitus ja riittämätön kuivaaminen. Rakenteiden sulkeminen ennen niiden riittävää kuivumista. Rakenteeseen jää mikrobivaurioita, joita ei ole huomattu, tai kuivaaminen on liian hidasta niin, että rakenne ehtii sen aikana mikrobivaurioitua.
Rakennuksen painesuhteiden muuttaminen	Paine-eron aiheuttamien epäpuhtauksien kulkeutumisen hallinta laajempaa korjausta odotettaessa tai sen jälkeen. Painesuhteiden tarkistaminen ja ilmanvaihdon säätäminen sisältyvät kaikkiin korjaustoimenpiteisiin.	Taloteknisten järjestelmien, ilmavirtausten, painesuhteiden ja ilmapuotojen hallinta, rakenteiden kosteusteknisen käyttäytymisen hallinta.	Rakennuksen taloteknistä ja rakennusfysikaalista toimintaa ei tarkastella kokonaisuutena. Tuulen aiheuttaman ja terminen paine-eron vaikutukset, jotka eivät ole hallittavissa pelkästään ilmanvaihdolla (tuulinen rakennuspaikka, korkea rakennus, korkeat kiuilat tai epätiivit vaipparakenteet).
Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen	Vaurio ei ole etenevä, vaurio on vähäinen ja sitä ei voida poistaa kokonaan esim. rakenneteknisistä syistä. Terveystaitan poistuminen korjauksilla on vahvasti perusteltu.	Korjauksella saadaan estettyä epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan. Lisäksi tehdään etenevän vaurion korjaustoimet. Korjauksien kokonaisvaltainen hallinta (muun muassa ilmanvaihto).	Epäpuhtauslähde jää ilmayhteyteen sisätilan kanssa, tiivistyksen rikkoutuminen esimerkiksi käyttäjien tai huollon toiminnan vuoksi. Etenevän vaurion korjaustoimien puuttuminen. Vuotojen lisääntyminen jonkun toisen rakennusosan kautta tiivistämisen seurauksena. Pitkäaikaisesta käytöstä nyky-menettelyillä ei ole kokemusta, käyttöikä epävarma.
Kapselointikorjaus			

Kuva 17. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausmenetelmiä [8, s.37]

Valittava korjaustoimenpide voi koostua eritasoisista korjausmenetelmistä tarpeen mukaisesti. Ensisijainen korjaustoimenpide tulee aina kaikissa tapauksissa olla vaurion aiheuttajan poistaminen. Vaurioituneet materiaalit tulee lähtökohtaisesti pyrkiä poistamaan tai jos vaurioita ei poisteta, on vaurion aiheuttama haitta estettävä sisäilmaan. [7, s.39]



## 5.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus on tärkeä osa hankkeen eri vaiheissa ja se kuuluu kaikille hankkeen osapuolille. Kriittisimpien vaiheiden valvontaan ja laadunvarmistukseen kiinnitetään koko hankkeen ajan erityistä huomiota. Onnistuneen laadun varmistuksen ja hankkeen edellytyksenä on hankkeen osapuolten välillä sujuva tiedonkulku. Työmaakokoukset ovat tärkeä osa korjaushankkeen laadunvarmistusta, sillä osa laadunvarmistusta koskevista asioista tarkentuu työn edetessä. Työmenetelmien yhteensovittamisen kannalta myös erilliset katselmukset ja urakoitsijapalaverit ovat tärkeitä. [7, s.72]

Korjausten suunnitteluvaiheessa määritetään selkeät mitattavissa olevat tavoitteet sisäympäristön laadulle, korjaushankkeen toteutukselle ja tilojen terveellisyydelle korjausten jälkeen. Hankkeen laadukasta toteutusta varten tarvittavat laadunvarmistustoimenpiteet määrittelee korjaussuunnittelija, hyväksyy tilaaja ja toteuttaa urakoitsija. Laadunvarmistusselvityksessä esitetään työnaikainen laadunvarmistus, työvaiheiden dokumentointi, vastuut, puhtauden- ja kosteudenhallinta sekä loppusiivous. Suunnitteluvaiheessa tilaaja voi asettaa myös tavoitteita vähäpäästöisten materiaalien käytöstä sekä vaadituista sisäilman raja-arvoista (sisäilmaluokitus). [7, s.72]

Tavanomaiseen korjaushankkeeseen verrattuna kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaushankkeessa riskien hallinta korostuu. Myös pölyn- ja puhtaudenhallinnan suhteen korjaushanke eroaa tavanomaisesta hankkeesta. Osa laadunvarmistustoimenpiteistä, toimintakokeista ja käyttöönottokokeista kohdistuu keskeneräiseen, rakenteilla oleviin rakenteisiin, ja osa laadunvarmistustoimenpiteistä suoritetaan korjaustoimenpiteiden valmistuttua. [7, s.72]

Rakentamisvaiheen laadunvarmistukseen kuuluu työmaan pölyn- ja puhtaudenhallinta, työsuoritusten tavoitelaadun toteutumisen seuranta, työvirheiden määrän minimointi, työturvallisuus, rakennusaikainen kosteudenhallinta ja kosteusmittaukset. Käytetyimpiä ja tärkeimpiä laadunvarmistustoimenpiteitä ovat työmaan työvaihetarkastukset, olosuhdehallinta (kuivatus, lämmitys, olosuhdemittaukset), kosteudenmittaukset, mallityökatselmukset, merkkiainekokeet, lämpökuvaukset, loppusiivouksen laadunvarmistus sekä niiden dokumentointi. Urakoitsijan ja suunnittelijoiden välinen yhteistyö on tärkeimpänä edellytyksenä onnistuneen työn toteutukselle. [7, s.73]

#### 5.4.1 Kosteudenhallinta

Työmaan kosteudenhallinnan ensimmäinen kriittinen osa on sateelle altistuvien rakennusosien sekä rakennustarvikkeiden ja -materiaalien sääsuojaus. Rakenteiden kuivumista seurataan mittauksilla ja kosteudenhallintasuunnitelman mukaisilla toimenpiteillä. Mitattavia tekijöitä ovat betonirakenteiden suhteellinen kosteus rakenteiden riittävän kuivumisen toteamiseksi sekä sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Kosteusmittaukset tehdään uusista ja kastuneista rakenteista sekä kosteusteknisesti kriittisistä rakennosista. [7, s.76]

#### 5.4.2 Pölyn- ja puhtaudenhallinta

Pölyn- ja puhtaudenhallinnan laadunvarmistustoimina käytetään korjaustyön aikaisia ja purkutyön jälkeisiä katselmuksia sekä puhtaustarkastuksia. Puhtausluokka P1 asettaa hankkeelle erityisiä vaatimuksia, mikä edellyttää erityisen tiukkaa seuranta. [7, s.74-75]

#### 5.4.3 Rakenteiden ilmatiivyyden tarkastelu

Rakenteiden ilmatiivyyden laadunvarmistusmenetelmiä ovat muun muassa aistinvarainen tarkastelu, merkkiainekokeet sekä tarkastelu merkkiainekaasuilla. Laadunvarmistamisen kannalta suositellaan tehtäväksi mallityö. Mallityö suoritetaan samoilla menetelmillä ja materiaaleilla kuin varsinainen työ. Työn huolellisuudella on ilmatiivyyden parantamisessa tavanomaista suurempi merkitys hyvän lopputuloksen kannalta. [7, s.76-77]

#### 5.4.4 Talotekniset järjestelmät

Taloteknisten järjestelmien laadunvarmistus on tärkeä osa rakennusteknisten korjausten rinnalla. Etenkin tiivistyskorjausten yhteydessä uudelleensäätö ja toiminnan varmentaminen tulee tehdä poikkeuksetta. Asetettujen laatuvaatimusten toteutuminen varmistetaan kuntotutkimusmenetelmillä, jatkuvalla kunnontarkkailulla sekä hyödyntäen jatkuvatoimisia mittauksia, joita voivat olla esimerkiksi paine-eroseuranta tai hiilidioksidipitoisuuden mittaus. [7, s.78]

## 6 Korjauksien valmistelu

### 6.1 Korjaustyön kilpailutus

Korjaussuunnitelmien laadinnan jälkeen korjaustyön urakointi kilpailutetaan. Huolellisesti laadituilla kilpailutusasiakirjoilla saadaan minimoitua korjaustyön lisäkustannukset. Kilpailutusasiakirjat luovat urakalle reunaehdot, joiden mukaan urakoitsijat laskevat tarjouksen. Tavoitteena on saada keskenään vertailukelpoisia tarjouksia. Tarjouspyyntöjä kysytään urakoitsijoilta, joilla on homekorjaushankkeista aiempaa kokemusta. Tarjouspyyntö lähetetään vähintään 3-6 sopivalle urakoitsijalle.

Homekorjaushankkeen urakkapyyntöön sisällytetään kaikki tekniset asiakirjat sekä kaupalliset asiakirjat. Urakkatarjouspyyntöön ja sen liitteisiin kirjataan tarkasti homekorjauksen sisältö, toteutustapa, rajaukset, vastuut, laadunvarmistustavat sekä mahdolliset sanktiot. Korjaushankkeen kilpailutusasiakirjoja kuluttajapuolella ovat muun muassa RYS-9 1998, tarjouspyyntö, urakkaohjelma, urakkarajaliite, tarjouksenantolomake, urakkaneuvottelupöytäkirja, korjaustyöpiirustukset sekä korjaustyöselostus. [2, s.11]

Ennen tarjouksen jättämistä kohteella on suositeltavaa pitää näyttö urakoitsijoille. Urakoitsijanäytössä urakoitsijat tutustuvat kohteeseen ja tuovat ilmi asioita, joita ei tarjouspyyntöasiakirjoista käy ilmi, ja jos havaitaan epäselvyyksiä tai ristiriitaisuuksia kohteen ja suunnitelmien välillä.

Tarjosten jättöajan umpeuduttua ja tarjouksien saavuttua tarjouksista tehdään koonti ja niitä vertaillaan keskenään. 1-2 parhaan tarjouksen jättänyttä urakoitsijaa pyydetään urakkaneuvotteluihin. Urakkaneuvottelussa varmistetaan, että urakoitsija on ymmärtänyt täysin tarjouspyynnön sisällön, urakoitsija täyttää tarjouspyynnössä esitetyt vaatimukset. Lisäksi varmistetaan, että tarjouspyynnössä esitetyt työt sisältyvät urakoitsijan tarjoamaan hintaan. [2, s.12]

Kun sopiva urakoitsija on valikoitunut, tehdään kirjallinen urakkasopimus. Urakkasopimukseen kirjataan ainakin seuraavat asiat:

- työn hinta ja perusteet (urakkahinta tai tuntihinta ja kustannusarvio)

- kaikki tarjouspyynnössä esitetyt asiat
- työn sisältö riittävän laajasti
- maksuerätaulukko
- lisä- ja muutostyöhinnat
- työn aloitus- ja valmistumisaika
- viivästymissanktiot (RYS-9 1998)
- työn tarkastusmenettelyt ja vastaanottokatselmuksen sopiminen
- kaikki liiteasiakirjat (kaupalliset ja tekniset asiakirjat, sopimusasiakirjat)
- takuu aika [2, s.12]

## 6.2 Urakkamuodot yleisesti homekorjaushankkeessa

Urakkamuodot voidaan jaotella urakkahinnan maksuperusteen, suoritusvelvollisuuden laajuuden ja urakoitsijoiden välisten suhteiden mukaan. Urakan laajuus vaikuttaa urakkamuotoon. Ottamalla huomioon hankkeen erityispiirteet ja eri tekijöitä yhdistelemällä saadaan valittua homekorjaushankkeeseen sopiva urakkamuoto. [23, s.73]

Kokonaisurakka on pientalojen homekorjaustöiden käytetyin urakkamuoto. Kokonaisurakassa sopimus tehdään yhden urakoitsijan kanssa, joka hankkii omat aliurakoitsijat. Kokonaisurakassa urakoitsija vastaa kaikista urakkasopimuksen mukaisista töistä, joita voivat olla rakennusurakan lisäksi sähkö- ja LVIA-työt. [23, s.87]

Urakoitsijalla on usein tarvittavat aliurakoitsijayhteistyökumppanit. Joskus voi kuitenkin olla hankala löytää urakoitsijaa, jolla on aliurakoitsijayhteistyökumppanit. Silloin voidaan joutua käyttämään osaurakka- tai jaettua urakkamuotoa. Työ jaetaan käytännössä pää-

sekä sivu-urakoihin, esimerkiksi sisäpuoliset työt pääurakkana ja rakennuksen ulkopuoliset työt sivu-urakkana. Tällöin rakennuttaja solmii eri urakoitsijoiden kanssa omat sopimukset. Tämä urakkamuoto voi muodostua hankalaksi töiden yhteensovittamisen kannalta, mikäli rakennuttajalla ei ole riittävää ammattitaitoa. Rakennuttaja voi tehdä alistamissopimuksen, jossa sivu-urakat alistetaan pääurakkaan. Tällöin pääurakoitsija vastaa töiden yhteensovittamisesta. [23, s.87]

Pientalojen homekorjaustöiden maksuperusteina ovat pääsääntöisesti kokonaishinta tai yksikköhinta (tuntiveloitus). Tuntiveloitushintaisesta työstä pyydetään kokonaiskustannusarvio. [23, s.87]

Kuvassa 18 on esitetty pientalojen homekorjaushankkeiden eri urakkamuodot.



Kuva 18. Homekorjaushankkeiden pääasiallisia urakkamuotoja pientaloissa [23, s.88]

### 6.2.1 Kokonaisurakka

Kokonaisurakassa tilaaja solmii sopimuksen yhden urakoitsijan kanssa. Urakoitsija hoitaa rakennustyöt kokonaisuudessaan suunnitelma-asiakirjojen pohjalta urakkasopimuksen mukaisesti. Urakoitsija yhteensovittaa työvaiheet ja hoitaa toteutuksen hallinnan ja aikataulutuksen. Pääurakoitsija vastaa alihankintana teettämistä töistä ja niiden suorituksesta. Pääurakoitsija on vastuussa aliorakoitsijoiden töistä oman työn lisäksi. Korjaushanke on kokonaishintainen. Jos hinta ylittyy muusta kuin rakennuttajan toimesta, vastaa urakoitsija yli menevistä kustannuksista. [23, s.73]

### 6.2.2 Osaurakkamuotoinen toteutus (osa urakka ja jaettu urakka)

Rakennustyö on osaurakkamuotoisessa urakassa pilkottu osasuorituksiin, joissa rakennuskohteen työsuorituksesta vastaa omalta osaltaan kukin urakoitsija rakennuttajalle. Käytännössä hanke koostuu pääurakasta ja sivu-urakoista. Urakkamuoto on toteutuksen osalta haasteellisempi kuin kokonaisurakka. [23, s.76]

### 6.2.3 Yksikköhintaurakka

Kun työn määrää ei ennalta voida arvioida tarkasti, käytetään silloin yksikköhintaurakkaa. Yksikköhintaurakassa työ pilkotaan osiin, joille määritetään yksikköhinta. Toteutunut yksikkömäärä on urakoitsijan korvauksen määräytymisperusteena. [23, s.82]

## 7 Rakennusvaihe

Rakennuksen korjaukset toteutetaan sopimuksen mukaisesti noudattamalla suunnitelma-asiakirjoja, hyvää rakennustapaa, voimassa olevaa lainsäädäntöä, viranomaisohjeita, rakentamista ohjaavia määräyksiä sekä materiaalitoimittajien ohjeistusta. [24, s.161]

Urakoitsijan kanssa pidetään ennen korjaustyön aloitusta aloituskokous, jossa käydään korjaustyön sisältö läpi. Aloituskokouksessa varmistetaan, että korjaussuunnitelmat, korjauslaajuudet, työturvallisuusasiat, aikataulut sekä hankkeen erityispiirteet ovat urakoitsijan tiedossa. Korjaustyön laadukas onnistuminen saavutetaan, kun hankkeessa mukana olevilla on ymmärrys siitä, miksi tehdään, mitä on suunniteltu. [2, s.16]

### 7.1 Aikataulut

Korjaustyön liian kireä aikataulu voi aiheuttaa ongelmia hyvän lopputuloksen saavuttamisessa. Aikatauluun on hyvä jättää pelivaraa. Homekorjauksissa rakenteista voi löytyä yllätyksiä, joita tutkimuksessa ei ole välttämättä havaittu. Liian kireässä aikataulussa näiden yllätysten huomioon ottaminen voi muodostua ongelmalliseksi, jolloin suunniteltu aikataulu ei pidä.

Etenkin rakenteiden kuivatukseen sekä uusien valujen suunniteltu kuivumisaika voi vaihdella kuivumisaika-arviosta. Kuivumiseen vaikuttaa oleellisesti korjaustyön ajankohta. Kesäisin ja syksyisin rakenteiden kuivatukseen voi kulua huomattavasti enemmän aikaa kuin talviaikaan, mikä tulee huomioida aikataulua suunniteltaessa.

Aikataulutuksessa olisi hyvä huomioida viivästysvaraukset. Liian kireän aikataulun toteuttaminen voi kostautua jälkikäteen. Esimerkiksi liian kostean betonin päälle asennetusta lattiapinnoitteesta voi aiheutua jälkeenkäynnin sisäilmaan haitallisia emissioita, jolloin uusittu lattia joudutaan vaihtamaan uuteen.

## 7.2 Korjaustyön valvonta

Korjaustyön toteuttamista tulee valvoa töiden edetessä säännöllisesti. Valvonnan avulla varmistetaan, että työ tehdään suunnitelmien ja sopimusten mukaisesti. Urakoitsijaa pyydetään ilmoittamaan valvojalle työvaiheiden etenemisestä, esimerkiksi eri työvaiheiden valmistuessa, jolloin valvoja käy tarkastamassa tilanteen. Mikäli valvontaa laiminlyödään, on riskinä, että kriittinen työvaihe toteutetaan väärin. Esimerkiksi vanhojen vaurioituneiden materiaalien purkamisen jälkeen valvojan on hyvä käydä toteamassa jäävien rakenteiden riittävä puhtaustaso ennen uusien asentamista.

Valvonnan tarkoituksena on saada laadukas lopputulos korjaustyössä. Valvojan on tehtävä yhteistyötä urakoitsijan sekä suunnittelijan kanssa. Valvojan tulee olla ammattitaitoinen, riittävän rakennusfysikaalisen taidon omaava, puolueeton henkilö. Ammattitaitoinen valvoja osaa ennakoida ja tunnistaa kriittisiä työvaiheita, joita ovat esimerkiksi purku-, puhdistus-, kuivatus- ja vedeneristetyöt. Lisäksi valvojan on hyvä arvioida aikataulun riittävyttä, esimerkiksi valun kuivumisen suhteen pinnoitettavuutta varten.

## 8 Korjaustyön valmistuminen ja jälkiseuranta

Kun korjaustyö valmistuu, luovutetaan tilat tilaajalle, jonka jälkeen korjausten onnistumista seurataan rakennuksen käytön aikana. Käyttäjien kokemukset toimivat tärkeänä jälkiseurantamenetelmänä korjausten onnistumista arvioitaessa.

## 8.1 Vastaanotto

Urakoitsijan ja tilaajan välisessä vastaanottotarkastuksessa tarkastetaan, että tehdyt korjaukset on tehty suunnitelmien ja sopimusten mukaisesti. Mikäli korjaushanke on luvanvarainen, pidetään rakennusvalvonnan loppukatselmus. Loppukatselmuksessa varmistetaan, että rakennusta on turvallista käyttää ja että korjaukset on suoritettu rakennusluvan mukaisesti. [15, s.20]

## 8.2 Takuu aika

Urakoitsija vastaa RYS-9 1998 -ehtoja noudatettaessa vielä 6 kuukauden ajan luovutuksen jälkeen ainoastaan sellaisista puutteista tai virheistä, joita ei ole voitu havaita luovutushetkellä. Reklamointiaika siitä, kun virhe on havaittu, on 14 vuorokautta, lukuun ottamatta RYS-9 1998 -ehtojen 12.4 kohdassa esitettyjä poikkeuksia. Rakennuttajan on suositeltavaa kirjata urakasopimukseen RYS-1998 ehdoista poiketen, että takuu aika on esimerkiksi 12 kuukautta taloudellisen loppuselvityksen jälkeen. [2, s.17]

## 8.3 Jälkiseuranta

Homekorjauksen jälkiseurantana omakotitaloissa voidaan pitää asukkaiden omia kokemuksia. Erityistapauksissa seurantaa voidaan tehdä myös sisäilman mikrobinäytteiden avulla, jos rakennuksesta on otettu ennen korjauksia mikrobinäytteitä. Näytteet tulee ottaa talvella, kun maa on jäänyt. Mikrobinäytteenottoon ja -sisäilmanäytteisiin liittyy huomattavaa epävarmuutta, jonka vuoksi mikrobinäytteenottoa jälkiseurantamenetelmänä tulee harkita tarkkaan. [2, s.17]

Jos asukkaiden oireet eivät korjaustöiden jälkeen helpota, tulee tilanteesta tehdä uudelleenarviointi. Rakennuksessa voi olla joku muu oireilun aiheuttama syy, joka on jäänyt korjaustöiden ulkopuolelle. [2, s.17]



## 8.4 Rakennuksen kunnossapito

Rakennukset eivät ole huoltovapaita. Rakennuksista alkaa kertymään korjausvelkaa heti sen valmistumisesta lähtien, minkä vuoksi siihen tulee kohdistaa huolto ja korjaustoimenpiteitä. Säännöllisesti tehdyt huolto- ja korjaustoimenpiteet pidentävät rakennuksen käyttöikää. Rakennuksen kunnossapitoon vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ympäristö, rasiustekijät, ilmansuunta sekä rakennuksen käyttö.

### 8.4.1 Huoltokirja

Huoltokirjaan, jota myös käyttö- ja huolto-ohjeeksi kutsutaan, kootaan suunnitelmat, työmaa-asiakirjat, laitteistojen ja järjestelmiin liittyvät asiakirjat, laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeet sekä muut käyttöön ja huoltoon liittyvät asiakirjat sekä tarvittavat tiedot. Lisäksi ohjekirjaan on hyvä sisällyttää käytettyjen korjausmateriaalien ja teknisten järjestelmien tiedot tulevaisuutta varten. Huoltokirjassa kuvataan, miten laitteistoja ym. huolletaan ja käytetään. Huoltokirjaan merkataan vähäisetkin huoltotoimenpiteet, joita voivat olla esimerkiksi ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihtaminen. [25, s.18]

## 9 CASE-esimerkkikohde

Tapauskohteena on Pohjois-Karjalassa sijaitseva omakotitalo. Omakotitalon omistaja on kokenut huonoon sisäilmaan viittaavaa oireilua sekä aistinnut sisätiloissa mikrobiperäistä hajua. Omakotitalon omistajalla ei ole ollut tietoa, kuinka edetä asian suhteen, jolloin hän on tehnyt yhteydenoton.

Kohderakennus on rakennettu vuonna 1986. Ulkoseinärakenne on toteutettu puurungon avulla ja julkisivuna on käytetty lomalaudoitusta. Sokkelirakenne on toteutettu betonirakentein. Kohteen alapohjanrakenteena on käytetty maanvaraista, alapuolelta EPS-lämmöneristein lämmöneristettyä betonilaattaa. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto.

Rakennukseen on tehty kuntotarkastus sekä homekoiratarkastus, jotka toimivat lähtötietoina kuntotutkimustarjoukselle. Lisäksi rakennuksesta oli käytettävissä rakennuslupa-asiakirjat.

### 9.1 Riskiarvio ja kuntotutkimus

Ennen kuntotutkimusta rakennukseen suoritettiin riskiarviokäynti, jossa rakennuksen riskitekijöitä selvitettiin aistinvaraisesti sekä pintakosteuskartoituksen avulla. Lisäksi selvitettiin rakennuksen painesuhteita ulkoilmaan nähden. Riskiarviokäynnin sekä lähtötietojen perusteella tehtiin kuntotutkimustarjous.

Lähtötietojen perusteella voidaan yleensä kohdistaa kuntotutkimustoimenpiteitä oikeisiin kohtiin. Lopulliset rakenneavauskohdat määrittävät kuitenkin usein tutkimuksia tehdessä, sillä paikan päällä sekä rakenteista voi ilmetä asioita, joiden vuoksi tutkimuksia on järkevää kohdistaa muualle.

Kuntotarkastuksessa ei ole havaittu sisäilman kannalta merkittäviä riskitekijöitä tai lisätutkimustarpeita. Kuntotarkastusraportin mukaan sisäilmassa ei ole havaittavissa poikkeavia hajuja. Homekoiratarkastusraportissa koirat ovat merkanneet kahdeksan (8) kohtaa ulkoseinän ja alapohjan liitoksesta. Koirien tekemiin ilmaisukohtiin on syytä kohdistaa osa tutkimuksista. Myös riskiarviokäynnillä sisäilmassa havaittiin poikkeavaa hajua. Kuntotutkimustarjouksessa ulkoseinän ja alapohjan liitoskohtaan suositeltiin 3-4 rakenneavausta sekä lisäksi suositeltiin yläpohjan tarkastamista. Rakenneavauksista rakenteiden kuntoa selvitetään aistinvaraisesti, kosteusmittauksien avulla sekä tarvittaessa laboratorion mikrobianalyyysien avulla.

Kuntotutkimustarjouksen hyväksymisen jälkeen aikataulutetaan tuleva kuntotutkimus. Kuntotutkimuksen ajankohta sijoittui talviaikaan, loppuvuoteen. Kuntotutkimusta varten käyttäjille tuodaan ilmi tarvittavista valmisteluista sekä kuinka toimitaan tutkimuksien yhteydessä. Usein käyttäjät haluavat seurata tutkimuksia vierestä. Kuntotutkijan näkökulmasta käyttäjien läsnäolo koko tutkimuksien aikana ei ole suotavaa muun muassa rakenneavauksista aiheutuvan meluhaitan takia. Käyttäjien kanssa on hyvä käydä tutkimuksiin liittyvät toimenpiteet läpi ennen tutkimuksia. Tutkimusten valmistuessa

kutsutaan käyttäjät paikalle, jolloin rakenneavauksiin ja tutkimuksiin liittyvät alustavat tulokset käydään läpi. Tämä on hyväksi havaittu toimintamalli.

Kuntotutkimuksessa ulkoseinän ja alapohjan liitoskohtaan tehtiin kolme rakenneavausta eri puolelle taloa. Rakenneavauspisteet sijoitettiin eri puolelle taloa tarkoituksenmukaisesti, sillä rakenteiden kunnosta haluttiin saada kokonaisvaltainen kuva koko rakennuksen osalta. Osa rakenneavauspisteistä sijoittui homekoiran merkitsemään kohtaan. Ennen rakenneavauksia rakenteisiin tehtiin merkkiainekoe, jonka avulla selvitettiin rakenteiden mahdollista ilmayhteyttä sisätilaan. Merkkiainekokeessa rakenteeseen laskettiin kaasua ulkoapäin ja sen kulkeutumista sisälle seurattiin kaasuanalysaattorin avulla sisätilasta käsin. Merkkiainekokeessa rakenteista todettiin olevan selkeä ilmayhteys sisäilmaan.

Yläpohjan kuntoa selvitettiin kylmästä ullakotilasta käsin. Yläpohjan kantava rakenne on toteutettu liimapuupalkin avulla, johon kattovasat tukeutuvat. Ulkopuolisessa tarkastelussa sokkelin pinnassa havaittiin runsaasti kalkkihärmää.

Rakennuksen painesuhteita selvitettiin tutkimuksien yhteydessä. Rakennus oli tutkimuksessa 6-7 Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, mutta ei korvausilmaventtiilejä. Sisätiloihin kulkeutuva korvausilman saanti ei ole hallittua, jolloin korvausilmaa voi kulkeutua esimerkiksi rakenteista.

Kuntotutkimusraportin tiivistelmässä on mainittu seuraavasti:

”Kuntotutkimuksen kohteena oleva rakennus on valmistunut vuonna 1986. Ulkoseinärakenne on toteutettu puurungon avulla. Julkisivuna on lomalaudoitus. Sokkelirakenne on toteutettu betonirakentein. Alapohjarakenteena on käytetty maanvaraista, alapuolelta EPS-lämmöneristein lämmöneristettyä betonilaattaa.

Ulkoseinän puinen runko on asennettu teräsbetonisen sokkelin päälle. Alaohjauspuun ja sokkelin välissä on bitumi- ja mineraalivillakaista. Sokkelin pinnassa havaittiin paikoin runsaasti kalkkihärmettä. Kalkkihärmä kertoo rakenteeseen kohdistuvasta poikkeavasta kosteusrasituksesta. Sokkelissa ei havaittu ulkopuolista kosteuseristystä tarkastetulta osin. Perusmuurirakenteeseen ja ulkoseinän alaosaan on kohdistunut poikkeavaa kosteusrasitusta etenkin maaperästä. Kosteus ei ole päässyt kuivumaan riittävän nopeasti

pois, jolloin materiaalien kosteudensietokapasiteetit ovat ylittyneet ja materiaalit ovat kosteus- ja mikrobivaurioituneet. Kosteus- ja mikrobivaurioita havaittiin rungon alaosan materiaaleissa. Vaurioalueelta sisätilaan kulkeutuva ilma heikentää sisäilman laatua. Havaintojen perusteella ulkoseinästä on selkeä ilmayhteys sisäilmaan.

Yläpohjan kantavarakenne on toteutettu liimapuupalkin (kurkipalkki) avulla, johon kattovasat tukeutuvat. Leikkauspiirroksen ja havaintojen perusteella yläpohjan eristetilän ja vesikatteen välissä ei ole merkittävää tuuletusväliä, jolloin rakenteen tuuletus voi heikentyä merkittävästi. Ullakkotilan kohdalla vesikatteen aluskatteena on käytetty paperia. Paperi on paikoin repeytynyt, ja siinä havaittiin paikoin kosteusjälkiä. Sisätilasta voi kulkeutua kosteutta yläpohjaan etenkin haitallisen kosteuskonvektion avulla. Mikäli kosteus ei pääse tuulettumaan pois, voi se kylminä ajanjaksoina tiivistyä vesikatteen alapintaan. Epätiivis aluskate mahdollistaa vesikatteen alapintaan tiivistyneen kosteuden kulkeutumisen edelleen yläpohjarakenteeseen aiheuttaen rakenteeseen kosteusvaurioitumisen riskiä.

Höyrynsulkumuovin sisäpuolisissa rakenteissa on näkyvissä mineraalivillaa. Mineraalivillasta voi ilmavirtauksien mukana irrota mineraalikuituja sisäilmaan. Mineraalikuidut heikentävät sisäilman laatua sinne kulkeutuessaan.

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Rakennus oli tarkasteluhetkellä 6-7 Pa alipaineinen ulkoilmaan nähden. Rakennuksessa ei ole korvausilmaventtiilejä, jonka vuoksi sisätiloihin muodostuu suuri alipaine ulkoilmaan nähden. Sisätiloihin kulkeutuva korvausilman saanti ei ole hallittua, jolloin rakennukseen voi kulkeutua korvausilmaa mm. rakenteista. Rakenteista kulkeutuva ilmavirta voi tuoda sisätiloihin epäpuhtauksia (mikrobit, mineraalikuidut yms.) heikentäen sisäilman laatua.”

Ulkoseinän alaosan materiaaleissa todettiin aistivaraisesti arvoituna kosteus- ja mikrobivaurioita. Alaohjauspuun alla olevista bitumi- ja mineraalivillakaistoista oli aistittavissa selkeää mikrobiperäistä hajua. Lisäksi rungon alapinnassa todettiin näkyvää mikrobikasvustoa. Koska ulkoseinän alaosan rakenteissa todettiin aistinvaraisesti selkeä mikrobivaurio, ei materiaaleista lähetetty materiaalinäytteitä laboratorioon mikrobianalyyysiin.

Kuntotutkimuksessa annettiin toimenpide-ehdotukset ulkoseinän alaosan korjaamiseen, maaperästä rakenteisiin kohdistuvan kosteustuoton pienentämiseen (salaojitus,

perusmuurin kosteuseristys), korvausilmaventtiilien asentamiseen, paljaiden mineraalivillojen peittämiseen sekä kylmässä tilassa kulkevien putkien eristämiseen. Lisäksi yläpohjan kuntoa suositeltiin seurattavaksi.

Kuntotutkimusraportin luovuttamisen jälkeen omistajan kanssa sovittiin palaveri, jossa kuntotutkimusraportti on sekä raporttiin liittyvät kysymykset käytiin läpi. Palaveri on koettu erittäin hyödylliseksi raportin purkamiskäytänteeksi, sillä usein kuntotutkimusraportissa käytetty sanasto on osittain teknistä, jolloin asian ymmärrettävyys voi vaikeutua. Palaverissa epäselvyydet käydään läpi. Lisäksi käsitellään suositellut jatkotoimenpiteet ja kuinka edetä korjaamisten suhteen.

## 9.2 Korjaussuunnittelu

Kuntotutkimusraportti toimii korjaussuunnittelun lähtötietona. Ennen korjausten toteuttamista on suositeltavaa teetättää korjauskustannusarvio. Kustannusarvion avulla arvioidaan, kuinka paljon korjaukset kustantavat. Mitä tarkemmat korjaussuunnitelmat on, sitä tarkempi kustannusarvio on. Esimerkkikohteen korjauslaajuus rajoittuu pääosin yhteen rakenneosaan. Asiakkaalla oli vahva tahtotila tehdä korjaukset, minkä vuoksi kohteeseen ei tehty erillistä korjauskustannusarviota.

Kuntotutkimusraportissa on tuotu ilmi havaitut rakenteet leikkauspiirroksen muodossa. Leikkauskuvat toimivat lähtötietoina, kun kartoitetaan korjausmenetelmää ja uutta rakennetta. Korjaussuunnittelun alkuvaiheissa käydään läpi eri vaihtoehtoja, ja niiden soveltuvuutta arvioidaan olemassa olevaan rakenteeseen.

Ennen korjaussuunnitelmien laadintaa tulee varmistaa paikallisesta rakennusvalvonnasta, onko korjaushanke luvanvarainen. Kyseinen korjaushanke ei paikallisen rakennusvalvonnan mukaan edellytä rakennuslupaa tai toimenpidelupaa.

Ulkoseinän alaosan rakenne ulottuu lattiapinnan alapuolelle 200mm. Rakenteeseen ei muodostu valesokkelia, vaikka rakenne muistuttaa tätä ns. kosteusteknisesti riskialtista rakennetta. Käytetyn rakenteen alaosa on kosteus- ja mikrobivaurioitunut. Korjaussuunnitelman lähtökohtana on poistaa vaurio sekä vaurion aiheuttaja. Vaikka lähtökohtaisesti vaurion aiheuttaja pyritään poistamaan, ei se aina ole mahdollista. Siksi uusi rakenne

suunnitellaan siten, että sillä on mahdollisuus ottaa kosteusrasitusta vastaan siten, ettei kosteus- ja mikrobivauriota pääse syntymään. Tämä huomioidaan muun muassa materiaalivalintojen sekä rakenteen riittävän tuulettumisjärjestelyjen muodossa.

Korjausmenetelmäksi valikoitui ulkoseinän vahvuuden sekä liitoskohdan rakenteen johdosta kengitys. Kengitys suunniteltiin tehtäväksi metallisten termokenkien sekä XPS-eristeiden avulla. Ulkoseinän alaosassa ei haluttu käyttää orgaanisia materiaaleja, sillä perustusten kautta voi tapahtua jatkossa kapillaarista kosteuden nousu ulkoseinän alaosan materiaaleihin. Orgaaninen aines kosteusvaurioituu herkästi, mikäli kosteus ei tuuletetu riittävän nopeasti pois. Alapohjan ja liitoskohdan rakenne suunniteltiin siten, että rakenteesta tulisi mahdollisimman tiivis ja kosteusteknisesti toimiva rakenne.

Rakenteesta tehtiin leikkauspiirrokset, joissa on tuotu ilmi purettava- sekä uusi rakenne. Piirroksista käy ilmi purkulaajuudet, säilytettävät materiaalit, uusi rakenne, käytettävät materiaalit ja tuotteet sekä asennus/työohjeet. Leikkauskuvan yhteydessä on ulkoseinän alaosan ja alapohjan liitoksesta detalji, jossa rakenteen toteutus on tuotu ilmi yksityiskohtaisemmin. Saunan ja pesutilojen korjauskustannukset ovat huomattavasti arvokkaampia oleskelu- ja makuutiloihin verrattuna. Talon pesu- ja saunatilat eivät sijaitse korjausalueella, minkä vuoksi suunnitelmia ei näistä kohdista tarvinnut toteuttaa. Leikkaussuunnitelmat sekä detaljit tehtiin ulkoseinän kohdalta sekä lisäksi ikkunan kohdalta. Suunnitelmien tulee olla tarpeeksi yksityiskohtaiset, ettei suunnitelmiin muodostu tulkinnanvaraisuutta.

Korjaustyön toteutusalue tulee esittää suunnitelmissa. Laajuuspiirroksessa esitetään muun muassa toimenpidealue sekä leikkausmerkinnät, joihin leikkauskuvat sijoittuvat. Lisäksi on syytä esittää mittatietoja. Usein vanhoissa rakennuksissa on puutteelliset lähtötiedot, jolloin myös kohteen pohjapiirros voi uupua. Tällöin kohteesta joudutaan tekemään ainakin viitteellinen pohjapiirros, johon merkinnät tehdään. Kohteessa ei ollut käytettävissä selkeää pohjapiirrosta, jolloin tämä jouduttiin tekemään. Laajuuspiirros on tärkeä toteutuksen lisäksi myös urakkalaskentaa varten.

Korjaustyön toteutus ilmenee leikkaus- ja detaljipiirroksista. Korjausten yksityiskohtaisempi toteutus käy ilmi korjaustyöselostuksessa, jossa toteutus käydään läpi sanallisesti. Korjaustyöselostuksessa on kerrottu muun muassa yleistietoja korjaushankkeesta sekä siihen liittyvistä ohjeista ja asiakirjoista, käytettävistä materiaaleista,

laadunvalvonnasta, dokumentoinnista, työalueen suojauksesta, osastoinneista ja puhtaudesta, purkutöistä, korjaustöistä, loppusiivouksesta sekä urakan vastaanotosta. Korjaustyöselostuksessa käy ilmi toteutustapa ja käytettävät tuotteet. Selostusta tehtäessä on syytä asettaa korjausurakoitsijan saappaisiin: kuinka korjaukset ovat toteutettavissa, miten tietty työvaihe tehdään, onko suunniteltua tuotetta saatavillaärkevin toimitusajoin jne. Hyvin tehty korjaustyöselostus ehkäisee lisäksi mahdollisia lisätöitä.

### 9.3 Korjaustyön kilpailutus

Korjaussuunnitelmien valmistuttua tehtiin alustava soittokierros mahdollisille urakoitsijoille. Soittojen avulla kartoitettiin urakoitsijoiden työtilannetta sekä kiinnostusta kyseisen kohteen korjaustyöhön. Alustava soittokierros toimii työkaluna kilpailutuksessa. Tämän avulla saadaan osviittaa, onko korjaustyöärkevää kilpailuttaa lähikuukausien vai esimerkiksi puolen vuoden päästä. Yleensä urakoitsijat ovat kiireisimpiä kesäisin, ja hiljaisin aika painottuu vuoden vaihteeseen. Kesää kohti tultaessa urakoitsijoiden hinnoissa voi työtilanteiden vuoksi olla hinnan nousua verrattuna hiljaisempiin aikoihin. Siksi korjaustyön kilpailutus on suositeltavaa suorittaa hiljaisina ajanjaksoina.

Kohteen kilpailutusajankohta sijoittuu helmikuun loppupuolelle. Alustavan soittokierroksen perusteella viidellä rakennusliikkeellä oli kiinnostusta tehdä tarjous korjausurakan suorittamiseen, jolloin kilpailutus oliärkevää suorittaa. Mikäli urakoitsijoilla ei olisi ollut mahdollisuutta tehdä tarjouta tuolloin, oltaisiin kilpailutusta siirretty lähemmäksi loppuvuotta.

Korjaussuunnitelmien lisäksi laadittiin urakkaohjelma, yksikköhintaluettelo sekä tarjouksenantolomake. Kilpailutusasiakirjojen lisäksi myös urakkasopimuksen laadinta kuului toimeksiantoon.

Urakkaohjelmassa on tuotu esille rakennuskohteen sekä rakennushankkeen yleistietoja. Rakennuskohteesta on kerrottu siinä laajuudessa, että lukija saa käsityksen kohteena olevasta rakennuksesta. Rakennushankkeen kuvauksessa on tuotu ilmi korjaustyön tavoitteet ja korjaustyöhön johtaneet tekijät.

Rakennuspaikkaan on edellytetty tutustuttavaksi ennen tarjouksen jättämistä. Urakoitsijanäytölle on määritelty tarkka aika urakkaohjelmassa. Urakoitsijanäyttöpäivä on asetettu tarjouspyyntöasiakirjojen luovuttamisesta noin kolmen viikon päähän.

Hankkeen urakkamuodoksi on valikoitunut kokonaisurakka, joka käsittää kaikki rakennushankkeeseen sisältyvät työt ja jonka toteuttamisesta ja työmaan johtovelvollisuuksista vastaa pääurakoitsija. Pääurakoitsijan on veloitettu hyväksyttävän tarvitsemansa aliurakoitsijat tilaajalla urakkaneuvotteluissa. Tilaajalla on oikeus olla hyväksymättä aliurakoitsijaa perustellun syyn vuoksi. Kaikkien urakoitsijoiden on edellytetty kuuluvan vastuu group-palveluun.

Kokonaisurakan maksuperusteena on kokonaishinta sekä tarvittaessa tarjouksen yhteydessä annetut yksikköhinnat. Kokonaishinnan maksaminen tapahtuu työsuorituksen etenemisen mukaan maksuerätaulukon mukaisesti. Maksuerätaulukko on hyväksytetty rakennuttajalla urakkaneuvottelujen yhteydessä.

Urakkaohjelmassa on käsitelty työn toteutusta ja yhteistoimintaa. Ennen korjaustöiden alkamista on edellytetty pidettäväksi aloituskatselmus, jossa tarkastetaan urakkaan kuuluvien rakennusosien ja urakka-alueen ympäristön kunto. Katselmuksen yhteydessä työmaa-alue on määritelty luovutettavaksi urakoitsijan käyttöön työn toteutusta varten. Työmaajärjestelyistä ja työmaapalveluista on annettu urakkaohjelmassa tarkempia tietoja. Sähkön- ja veden kustannukset on määritelty kuuluvaksi tilaajalle. Osastointien ja alipaineistuksien tekeminen kuuluu urakoitsijalle.

Urakkaohjelmassa on määritelty sekä annettu vaatimuksia ja ehtoja laadulle, ympäristölle, vastuuvetoille, maksuvelvollisuudelle, valvonnalle, työmaan hallinnolle ja toimituksille, vastaanottomenettelylle, erimielisyyksille sekä urakoitsijan valintaperusteille.

Tarjouksen jättämiselle on asetettu ehtoja. Tarjouksen tulee sisältää erinäisiä liitteitä yrityksestä, verovelkatodistus jne. Selvitysten tulee olla enintään kaksi kuukautta vanhoja. Tarjouksen jättöpäiväksi on määritetty noin kuukauden päähän tarjouspyyntöasiakirjojen lähettämispäivästä. Rakennuttajalle on kirjattu oikeus kieltäytyä hyväksymästä sellaista urakoitsijaa tai aliurakoitsijaa, joka ei ole toimittanut vaadittavia selvityksiä tai jolla on suorittamattomia maksuja.



Mikäli piirustuksissa, työselostuksissa tai muissa urakkalaskenta-asiakirjoissa esiintyy urakkahintaan vaikuttavia tekijöitä, on urakkaohjelmassa veloitettu ilmoitettavan niistä kirjallisesti rakennuttajalle viimeistään seitsemän vuorokautta ennen tarjousajan päättymistä. Urakoitsijanäyttöpäivä on määritetty siten, että urakoitsijanäytön yhteydessä ilmenneet asiat on mahdollista esittää kirjallisena ennen seitsemää vuorokautta ennen tarjousajan päättymistä. Epäselvyyksien johdosta annetut lisäselvitykset toimitetaan kaikille urakkalaskentaan osallistuville urakoitsijoille. Urakoitsijanäytössä ilmeni muutamia epäselvyyksiä, joista tehtiin kirjallinen lisäkirje urakoitsijoille. Lisäkirje sisälsi suunnitelmien täydennyksiä lattiapinnoitteeseen sekä sokkelin pinnoittamiseen liittyen.

Kilpailutusasiakirjat lähetettiin viidelle urakoitsijalle. Urakoitsijanäyttöön osallistui kolme urakoitsijaa ja lopulta korjaustyön urakoinnista saatiin kolmelta rakennusliikkeeltä tarjoukset.

Tarjousten avauksista tehtiin tarjousten avauspöytäkirja, jossa on käyty läpi muun muassa saapuneet urakkatarjoukset ja tarjoushinnat, huomiot ja poikkeamat tarjouspyynnöstä sekä päätös urakkaneuvotteluihin pyydetävistä urakoitsijoista. Urakoitsijaksi valittiin lopulta edullisin tarjous. Urakkaneuvottelussa käytiin läpi esimerkiksi korjaustyön toteutus sekä urakkaohjelmassa vaadittavat asiat. Halvimman ja kalleimman tarjoushinnan välinen ero oli noin 10 000 euroa.

Urakoitsijan valinnan jälkeen tehtiin urakkasopimusluonnos. Sopimus pohjana toimi ”RT Rakennusalan töitä koskeva kuluttajasopimus RYS-9 1998-S” -asiakirja. Asiakirja sisältää yleisiä tietoja, tietoja urakkakohteen vakuuttamisesta, urakan suunnittelusta, urakan sisällöstä, urakkahinnasta ja sen maksamisesta, urakan suoritusajasta, lisä- ja muutostöistä, viivästyssakosta, vastaanotokatselmuksesta sekä yleisistä sopimusehdoista. Urakkasopimusluonnos annettiin kommentoitavaksi ja hyväksyttäväksi tilaajalle sekä urakoitsijalle. Luonnoksen hyväksymisen jälkeen tehtiin sopimus, jonka tilaaja ja korjaustyönurakoitsija allekirjoittivat.

#### 9.4 Korjaustyö ja korjaustyön valvonta

Korjaustyön valvonta suoritettiin hyväksytyyn, kiinteähintaisen tarjouksen perusteella. Tarjous sisälsi kaikki valvontaan liittyvät toimenkuvat: valvontakäynnit,

valvontakäynneiltä valvontamuistiot sekä yhteenvetomuistion korjaushankkeesta. Valvontakäyntien määrää ei tarjouksessa rajoitettu tiettyyn käyntimäärään.

Korjaustyö aloitettiin ennen kesää. Korjaustyön valmistuminen kirjattiin urakkasopimukseen kesän lopulle.

Korjaustyön toteutusta valvottiin säännöllisesti koko korjaustyön ajan. Erityisesti rungon alaosan purkulaajuuden sekä puhdistuksen riittävyttä valvottiin tehostetusti. Urakoitsijaa pyydettiin ilmoittamaan ennen seuraavan työvaiheen alkamista. Työvaihe käytiin tarkastamassa, jonka jälkeen töitä voitiin jatkaa. Maksuerätaulukko toimi korjaustyössä hyvänä apuna. Kun tietyt työvaiheet hyväksytettiin, sai urakoitsija lähettää hyväksynnän jälkeen maksuerän taulukon mukaisesti.

Kohteen urakoitsijalla oli aiempaa kokemusta kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaustyöstä. Tämä näkyi korjaustyössä. Urakoitsija otti valvojan yhteyttä matalla kynnyksellä, mikäli asiaan liittyi pienintäkään epävarmuutta tai kysymysmerkkejä. Korjaustyön valvojan näkökulmasta tämä helpotti valvontatyötä huomattavasti. Tiedonkulku urakoitsijan, valvojan ja käyttäjien välillä oli saumatonta, mikä takasi korjaustyön onnistuneen lopputuloksen.

Rakentamisen aikana ulkoseinän alaosan korjaustyö laajeni suunnitellusta. Pesuhuone-remontin yhteydessä ulkoseinän alaosa oli saatujen tietojen perusteella korjattu aiemmin. Rakennetta päätettiin tutkia korjaustyön yhteydessä. Kyseinen rakenne todettiin rungon osalta alkuperäiseksi sekä kosteus- ja mikrobivaurioituneeksi, jolloin se päätettiin korjata lisätyönä urakan yhteydessä.

Valvontakäynneistä tehtiin valvontamuistiot. Valvontamuistioihin kirjattiin valvontatapahumat sekä korjaustyön kannalta pienimmätkin korjaustyötä koskevat asiat. Näiden avulla korjaustyön toteutukseen voidaan jatkossa palata tarvittaessa. Valvontamuistit ovat tärkeitä dokumentteja tulevaisuudessa. Kun rakennukseen suunnitellaan seuraavaa peruskorjausta, toimivat nämä muistijälkinä olevasta toteutustavasta, jota voidaan mahdollisesti hyödyntää.

Korjaushankkeesta tehtiin lopuksi yhteenvetomuistio. Yhteenvetomuistioon kirjattiin korjaushankkeen yleistietoja, korjaushankkeen etenemiseen liittyvät tapahtumat,

rakentamisen aikana tehdyt muutokset/lisätyöt/lisätutkimukset, rakentamisen aikaiset merkittävimmät havainnot ja huomiot sekä yhteenveto korjauksista.

Korjaustyö onnistui hyvin ja suunnitellusti. Lopputulos todettiin laadukkaaksi ja korjauksissa saatiin poistettua ulkoseinärakenteessa havaitut kosteus- ja mikrobivauriot ulkoilmaan rajoittuvilta osuuksilta. Samalla ulkoseinärakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus parani entiseen rakenteeseen verrattuna. Korjattujen rakenteiden tekniset käyttöiät jatkuvat alkuperäisiä rakenteita selkeästi pidemmälle. Myös rakennuksen ilmanvaihtoa saatiin parannettua huomattavasti puhtaisiin tiloihin asennettujen korvausilmaventtiilien avulla. Rakennuksen sisätilojen painesuhteet todettiin korjaustöiden valmistuttua olevan lievästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Rakennuksen ilmanvaihdon todettiin olevan hallittua, mikä takaa sen, ettei rakenteiden kautta tapahdu sisätilaan haitallista ilmavirtausta.

#### 9.5 Korjaustyön valmistuminen ja jälkiseuranta

Korjaustyön valmistuttua urakoitsija luovutti tilaajalle huoltokirjan. Huoltokirja sisälsi korjaustyösuunnitelmat, valvontamuistiot, käytettyjen materiaalien tuoteselosteet, korvausilmaventtiilien käyttöohjeet sekä yleisiä huoltotoimenpideohjeita.

Urakasopimuksen mukaisesti korjattuihin tiloihin tehtiin 1.vuotistakuutarkastus, jossa korjaustyön puutteet käytiin läpi ja korjattiin. Samassa yhteydessä tarkastettiin rakennuksen painesuhteet, joiden todettiin säilyneen korjauksien jälkeisellä tasolla.

Jälkiseurantamenetelmänä toimivat käyttäjien kokemukset. Käyttäjät olivat tyytyväisiä korjaustyöhön sekä korjaustyön jälkeiseen sisäilman laatuun. Sisäilmassa ei ollut enää aistittavissa tunkkaista hajua ja tilojen ilmanvaihtuvuuden todettiin parantuneen huomattavasti.

Myös korjaustyön läpikäyntiin käyttäjät olivat erityisen tyytyväisiä. Korjausprosessin nopea eteneminen yllätti positiivisesti. Korjausprosessin aikana tieto kulkeutui hyvin eteenpäin, jolloin ylimääräisiltä selkkauksilta vältyttiin. Korjausprosessin eteneminen oli käyttäjien mielestä jouhevaa sekä tehokasta, mikä helpotti esimerkiksi asumisjärjestelyissä. Korjaustyön jälki todettiin laadukkaaksi.

## 10 Johtopäätökset

Hajuhaitan tai oireilun alkamisen jälkeen otetaan yhteyttä asiantuntijaan, jolle tuodaan ilmi todettu ongelma sekä lähtötietoja rakennuksesta. Asiantuntijalle muodostuu näistä tiedoista näkemys, miten asiassa olisi suositeltavaa edetä. Ennen kuntotutkimusta kohteeseen suositellaan riskiarviokäyntiä, jossa rakennukseen liittyviä riskitekijöitä selvitetään pintapuolisesti. Havaitut hajut, kosteusjäljet, ilmanvaihtojärjestelmän puutteet sekä rakenteiden riskialttiit kohdat tarkentavat tutkijan näkemystä tutkimuslaajuudesta. Riskiarviokäynnin ja lähtötietojen perusteella tehdään tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmassa tuodaan ilmi rakenneavauspaikat, tutkimusmenetelmät sekä tehtävät muut toimenpiteet. Vaikka ongelma rajoittuisi yhteen rakenneosaan, tulisi rakennukseen tehdä kokonaisvaltainen kuntotutkimus. Kokonaisvaltaisessa kuntotutkimuksessa otetaan huomioon rakenteiden lisäksi muun muassa ilmanvaihto, muu tekniikka sekä muita sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä. Rakenteissa olevat kosteus- ja mikrobivauriot voivat korostua puutteellisen ilmanvaihdon vaikutuksesta. Tyypillisesti vanhat rakennukset voivat sisältää koneellisen poiston, mutta korvausilman hallittu saanti rakennukseen puuttuu. Kun rakennuksesta poistetaan ilmaa, tulee tilalle korvausilmaa sieltä, mistä se helpoiten rakennukseen kulkeutuu. Usein rakenteiden, etenkin lattian ja ulkoseinien liitoskohdat toimivat ilmapuoreitteinä, jolloin korvausilman saanti ei ole hallittua. Vaurioituneista rakenteista sisätilaan kulkeutuva ilma heikentää sisäilman laatua. Epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan havaitaan monesti hajuhaittana tai oireiluna.

Kuntotutkimuksessa selvitetään käytettyjä rakenteita sekä niiden kuntoa. Kuntotutkimus toimii tärkeimpänä työkaluna rakennuksen kunnan selvittämisessä. Siksi se on syytä tehdä huolella. Rakenneavausten tulee olla riittävän suuria, että rakenteiden todellinen kunto saadaan selvitettyä riittävällä varmuudella. Rakenneavausten koko olisi suositeltavaa olla vähintään 400mm x 400mm, tapauksesta riippuen. Porareikien avulla tehdyt tutkimukset eivät anna rakenteista riittävää kuvaa, eikä niiden kautta rakenteita pystytä havainnoimaan riittävällä laajuudella. Mikäli rakenneavaukset ovat liian pieniä, voivat olennaiset havainnot jäädä huomaamatta. Rakenneavauksista dokumentoidaan käytetyt rakenteet, jotka toimivat korjaussuunnittelun lähtötietona. Rakenneavauksista kirjataan käytetyt materiaalit, rakenteiden tarkat mittatiedot, kosteusmittaustulokset sekä havainnot. Lisäksi materiaaleista otetaan materiaalinäytteet, vaikka näytteitä ei lähetettäisikään laboratorioon mikrobianalyysiin. Materiaalinäytteet toimivat tärkeinä aistinvaraisina havaintoina. Kohdetta tutkittaessa hajuaisti turtuu nopeasti, jolloin hajuhavaintoja voi alun

jälkeen olla hankalaa havaita. Materiaaleista otetaan näytteet, jotka analysoidaan seuraavana päivänä puhtaassa ympäristössä, esimerkiksi toimistolla. Muun muassa sahanpuru voi näyttää kirkaalta ja ”terveeltä”, vaikka se olisi kosteus- ja mikrobivaurioitunut. Kohteella tutkittaessa tämä voi johtaa väärään kuvaan rakenteesta. Kun näytepussissa olevaa sahanpurua haistellaan seuraavana päivänä puhtaassa ympäristössä, on hajuhavainto näköhavaintoon verrattuna täysin päinvastainen: sahanpurusta on aistittavissa selkeä mikrobiperäinen haju. Vanhoista rakennuksista voidaan tehdä väriä johtopäätöksiä pelkkien näköhavaintojen perusteella. Epäselvissä tapauksissa materiaalinäytteet lähetetään laboratorioon, jossa sen mikrobiologinen kunto selvitetään.

Yleisin paikka ulkoseinän alaosan vauriolle löytyy rungon alaosasta, alaohjauspuun alapinnasta. Etenkin vanhoissa pientaloissa rungon alaosaan muodostuu usein heikosti tuulettuva tila. Lisäksi sinne kohdistuu useimmiten merkittävin kosteusrasitus. Kun kosteus ei pääse tuulettumaan riittävän nopeasti pois, kosteus- ja mikrobivaurioituu materiaali. Koska alaohjauspuun alapinta on rungon potentiaalisin vaurioitumiskohta, tulee se aina tarkastaa kuntotutkimuksessa. Valitettavan usein tulee vastaan tutkimusselostuksia, joissa rakenteissa ei ole todettu kosteus- tai mikrobivaurioita. Näissä rakenneavausten koko on pieni, jolloin alaohjauspuuta ei ole katkaistu. Alaohjauspuussa on todettu olevan ”terve” ja kunnossa pintapuolisen tarkastelun perusteella. Kun kohdetta on tutkittu uudelleen oireilun takia, on vaurioiden todettu sijaitsevan juuri alaohjauspuun alapinnassa, jota ei aiemmin havaittu.

Kuntotutkimusta suunniteltaessa tulee huomioida tutkimuspisteiden määrä ja sijoitus. Rakenneavausten otanta tulee olla sellainen, että rakenteiden kunnosta saadaan koko rakennuksen osalta riittävän tarkka kuva. Vauriot voivat sijaita esimerkiksi rinteiden puoleisella sivulla, mutta myös rakennuksen muiden sivujen kuntoa on syytä selvittää korjauslaajuuden määrittämiseksi. Tutkimuksia tehtäessä rakenteisiin voi jäädä epäselvyyksiä. Epäselvyydet kirjataan selostukseen lisätutkimustarpeiksi. Rakenteiden kokonaiskuva ei tutkimuksista huolimatta voida aina tietää täysin. Mitä tarkemmat tutkimukset ovat, sitä vähemmän epäselvyyksiä rakenteiden sisälle jää. Kuntotutkimustarjouksia kysyttäessä on syytä selvittää tutkimusten toteutustapaa, käytettäviä menetelmiä sekä tutkimuksen kulusta yleisesti. Lähetettävien mikrobinäytteiden määrää ei ennen kuntotutkimusta voida tietää. Tietyissä tapauksissa näytteitä ei välttämättä tarvitse lähettää analysoitavaksi ollenkaan.

Rakenneaivausten lisäksi myös muita sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä selvitetään kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa. Esimerkiksi rakennuksen painesuhteet ja ilmvaihtojärjestelmän kunto tarkastetaan, sisätilojen mahdolliset kuitu- ja emissiolähteitä selvitetään ja rakenteiden ilmayhteyttä selvitetään merkkiainekokeiden avulla. Käytettävät menetelmät sekä tutkittavat asiat vaihtelevat tapauskohtaisesti.

Kuntotutkimusselostus toimii korjaussuunnittelijan lähtötietona. Mikäli kuntotutkija ja korjaussuunnittelija ovat eri henkilöitä, on kuntotutkimusraportista syytä pitää korjaussuunnittelijan kanssa erillispalaveri. Palaverissa kuntotutkimuksesta saatu tieto välitetään korjaussuunnittelijalle. Mikäli korjaussuunnittelija ei sisäistä raporttia, ja hänelle jää eri näkemys korjaustavasta tai -laajuudesta kuin kuntotutkijalle, voi korjaus epäonnistua. Korjaussuunnittelijan tulee myös tiedostaa, kuinka kosteus käyttäytyy rakenteissa. Korjaussuunnitelmia tehtäessä vaurioiden lisäksi myös vaurion aiheuttaja pyritään poistamaan. Uudet rakenteet suunnitellaan siten, että ne ovat kosteusteknisesti toimivia. Uuden rakenteen suunnittelussa on syytä ottaa huomioon myös se seikka, että rakenteeseen voi kohdistua tulevaisuudessakin kosteusrasitusta. Vanhat rakennukset on usein perustettu suoraan perusmaan päälle. Vaikka rakennukseen olisi rakennettu jälkeen päin toimiva salaojajärjestelmä, voi perustusten ja lattiarakenteiden alla oleva maa-aines nostaa vettä kapillaarisesti edelleen yläpuolisiin rakenteisiin. Suunnitelmissa otetaan huomioon rakenteiden riittävä tuulettuminen myös poikkeavan kosteusrasituksen kohdistuessa.

Korjaussuunnitelmat esitetään korjausurakoitsijalle korjaussuunnittelijan toimesta. Korjaussuunnitelmat käydään läpi riittävän yksityiskohtaisesti. Työvaiheiden tärkeyttä korostetaan ja selostetaan, miksi korjaustyö tulee tehdä suunnitellusti. Jäävien rakenteiden puhdistustyö on yksi kriittisimmistä työvaiheista. Tämän tärkeyttä korostetaan. Mikäli korjaustyön valvojana toimii eri henkilö kuin korjaussuunnittelija tai kuntotutkimusten tekijä, tulee hänellekin tuoda nämä asiat tiedoksi. Korjaustyön onnistumisen kannalta urakoitsijan ja valvojan tulee tehdä yhteistyötä. Korjaustyön aikana rakenteista voi löytyä yllätyksiä, joita ei tutkimuksissa ole havaittu. Urakoitsijan ja valvojan rooli korostuvat asian ratkaisemisessa. Rakenteista voi löytyä korjaustyössä esimerkiksi vaurioituneita muottilautoja. Urakoitsijan tulee ilmoittaa näistä korjaustyön valvojalle, joka tekee tilaajan kanssa päätöksen näiden poistamisesta. Mikäli urakoitsija ei ilmoita löydöksistä valvojalle ja vaurioituneet muottilaudat jätetään rakenteisiin, voi näistä aiheutua haittaa sisäilmalle ja korjaukset menevät hukkaan.

Omakotitalon omistajat voivat kokea asiantuntijan palvelut kulueraan. Erityisesti kilpailutusvaihe koetaan usein tällaiseksi. Asiantuntijan on tärkeää korostaa kaikkien korjausvaiheiden tärkeyttä. Korjaustyön onnistumisen kannalta korjaushankkeessa on useita kriittisiä vaiheita. Mikäli tieto ei kulje hankkeen eri vaiheiden välillä toivotulla tavalla, voi korjaustyön toteutus olla jotain muuta, kuin suunnitelmissa on esitetty. Tällöin rakenne ei toimi niin kuin se on suunniteltu toimivan. Korjaushankkeen eri vaiheiden asiantuntijoiden on osattava rakennusfysiikkaa ja tiedettävä, kuinka kosteus käyttäytyy. Ilman tätä tietämystä uudesta rakenteesta voi tulla kosteusteknisesti riskirakenne, jonka tekninen käyttöikä voi olla huomattavan lyhyt. Hankkeen eri vaiheissa tehdyt säästöt voivat koitua moninkertaiseksi, mikäli asioissa oioitaan. Kosteusteknisen tietämyksen uupuminen johtaa virheisiin, jotka ovat vältettävissä pätevää asiantuntijaa käyttämällä. Korjaushankkeen tarkoituksena on saattaa rakenne sellaiseen kuntoon, että se on kosteusteknisesti toimiva ja ettei siitä aiheudu käyttäjälle terveyshaittaa. Tämä on syytä tiedostaa korjaushankkeen kaikissa vaiheissa.

Ilmaston lämpeneminen voi osaltaan aiheuttaa harmia uusien rakenteiden toimivuuteen pitkällä aikavälillä. Rakenteiden paksuudet ovat vuosien myötä kasvaneet rakenteiden energiatehokkuuden kiristyessä. Lauhat talvet voivat aiheuttaa etenkin passiivirakenteisiin ongelmia. Sisätilojen kosteudenpoisto ja viilennys aiheuttavat sen, että kosteuden liike diffuusiolla voi kesäisin olla ulkoilmasta sisätiloihin päin. Rakenteisiin voi muodostua otolliset olosuhteet mikrobitoiminnan kannalta pitkäksikin ajaksi. Korjausrakentamisessa on syytä tarkastella uusien rakenteiden toimivuutta pitkällä aikavälillä eri olosuhteiden osalta, myös ilmaston lämpenemisen huomioiden.

## 11 Yhteenveto

Kun asukas alkaa oireilemaan, mitä seuraavaksi kannattaisi tehdä? Tämä kysymys määrittelee rakennukseen tehtävät tulevat toimenpiteet. Etenkin omakotitaloasujien on syytä tiedostaa, miten asiassa tulisi edetä. Seuraavaksi tehtävät toimenpiteet voivat aiheuttaa väärällä etenemistavalla huomattavia kustannuksia, joilta voitaisiin välttyä laadukkaalla etenemistavalla.

Rakennuskannan vanhetessa talojen korjausvelka kasvaa. Rakenteiden kunto heikenee ja käytetyt materiaalit saavuttavat teknisen käyttöikänsä lopun. Tulevaisuudessa

sisäilmaongelmat lisääntyvät enenevässä määrin. Jos aiemmin sisäilmaongelmia on jossain määrin vähätelty, niin nykyisin tiedon lisääntyessä sekä median osaltaan asiaa nostamana sisäilmaongelmiin suhtaudutaan vakavasti. Sisäilmaongelmia voivat aiheuttaa monet eri tekijät, joista yksi merkittävin tekijä pientaloissa on kosteus- ja mikrobivauriot. Jo lainsäädännössä on määritetty, ettei rakennuksesta saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. Rakennukset eivät ole huoltovapaita. Rakennusosat sekä tekniikka vaativat jatkuvaa huoltoa. Huoltotoimenpiteiden laiminlyönti vähentää merkittävästi niiden käyttöikä.

Korjausprosessissa on eri vaiheita selvityksistä korjausten valmistumiseen. Eri vaiheissa tehdyt säästöt voivat moninkertaistua, mikäli asioita ei oteta huomioon riittävällä tarkkuudella. Tiedonkululla ja asiantuntijan kosteusteknisellä osaamisella on ratkaiseva merkitys korjausten onnistumisen kannalta. Laadukkaasti toteutetut selvitykset, korjaussuunnitelmat, korjaustyön kilpailutusvaihe, korjaustyö ja sen valvonta takaavat onnistuneen lopputuloksen korjaushankkeessa.



## Lähteet

- [1] Terttu Vainio, Liisa Jaakkonen, Eero Nippala, Erkki Lehtinen ja Kaj Isaksson. Korjausrakentaminen 2002. VTT tiedotteita 2154. Espoo 2002
- [2] Kosteus- tai homevaurion korjauttaminen. Omakotitalon omistajan opas. Kosteus- ja hometalkoot
- [3] Rakennusteollisuus. Korjausrakentaminen. <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/>. Luettu 31.1.2023
- [4] Ympäristö. 2016. Kiinteistön ylläpito ja korjaaminen. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/kiinteiston\\_yllapito\\_ja\\_korjaaminen](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/kiinteiston_yllapito_ja_korjaaminen). Luettu 31.1.2023
- [5] RT tietoväylä. KH kortti 90-00403 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot tammikuu 2008. Rakennustieto Oy
- [6] Sisäilmayhdistys Ry. Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>. Luettu 31.1.2023
- [7] Ympäristöministeriö. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Hansaprint Oy. Vantaa 2019
- [8] Ympäristöministeriö. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 2016. Ympäristöopas 2016. Hansaprint Oy. Turenki 2016
- [9] Teriö Olli. Asuinrakennusten kosteusvauriokorjausten opas taloyhtiöille ja pientalojen omistajille. Oulu rakennusvalvonta. 2021
- [10] Kemoff Tapio. Asuinrakennuksen kuntotarkastusopas. 2015 Tammerprint Oy. Tampere
- [11] Heikkinen Pertti. Tunnista ja tutki riskirakenne. Opetusdiat. 2012

- [12] Asumisterveysopas. Ympäristö ja Terveys-lehti. Vaasa 2009
- [13] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 2015. 545/2015. Luettu 13.12.2022
- [14] Valvira. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa IV. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. 8/2016
- [15] RT tietoväylä. Korjaus RYL, Esiselvitykset ja purkaminen. Rakennustieto Oy. Viro 2016
- [16] RT tietoväylä. KH kortti 90-00393 Kuntotarkastus asuntokaupan yhteydessä. Tilaa-  
jan ohje. Toukokuu 2007. Rakennustieto Oy
- [17] Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. 798/2015.
- [18] RT tietoväylä. RT kortti 18-11246 Asbesti rakentamisessa. Marraskuu 2016. Rakennustieto Oy
- [19] PAH-yhdisteitä sisältävät rakennusmateriaalit huomioitava purkukohteissa. 11.4.2019. <https://www.tyosuojelu.fi/-/pah-yhdisteita-sisaltavat-rakennusmateriaalit-huomioitava-purkukohteissa>. Luettu 31.1.2023
- [20] RT tietoväylä. RATU kortti 82-0382 PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumamassojen purku. Toukokuu 2011. Rakennustieto Oy
- [21] Jokelainen Heidi-Johanna. Kosteus- tai homevaurion korjauttaminen. Omakotitalon omistajan opas. Kosteus- ja hometalkoot. Lokakuu 2015
- [22] RIL ry. RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. 2011
- [23] Jokelainen Heidi-Johanna, Salmi Piritta. Omistajan rooli homevaurioituneen rakennuksen tai rakenteen korjauttamisessa. Opinnäytetyöt. Rakennusterveys 2014

- [24] RIL ry. RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. Hansaprint Oy. 2020
- [25] RT tietoväylä. Korjaustöiden laatu 2011 RATU. Talonrakennusteollisuus Ry. Tampere 2010. Rakennustieto Oy.