

Opinnäytetyö AMK

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma, insinööri

2021

Tuisku Khan

RAKENTEELLISTEN RISKIEN KARTOITUS JA ANALYSOINTI KORJAUSRAKENTAMISESSA

Tuisku Khan

RAKENTEELLISTEN RISKIEN KARTOITUS JA ANALYSOINTI KORJAUSRAKENTAMISESSA

Opinnäytetyössä kartoitettiin korjausrakennuskohteiden rakenteellisia riskitekijöitä ja tunnettuja riskirakenteita. Tavoitteena oli tuottaa riskityökalu, jolla pystytään arvioimaan rakenteellisten riskien todennäköisyyttä ja sitä kautta määrittämään riskin suuruutta. Opinnäytetyönä tuotetun riskityökalun avulla on tarkoitus jatkossa kartoittaa, onko vastaavanlaiselle tuotteelle tarvetta ja mitä hyötyjä siitä voisi olla korjausrakentamisessa.

Työ toteutettiin kirjallisuustutkimuksena. Työssä käsitellään rakenteellisia riskejä, joita ilmenee korjausrakentamisessa. Riskityökalun ja -analyysin laatimisessa hyödynnettiin erilaisia riskianalyysipohjia.

Työn tuloksena saatiin riskityökalu, jonka avulla voidaan kartoittaa riskien todennäköisyyttä eri rakennetyypeissä. Riskityökaluun on kerättyä eri ajanjaksoille tyypillisiä rakennetyyppejä, joista osa on määritetty riskirakenteeksi. Riskityökalun avulla pyritään määrittämään rakenteellisten riskien toteutumisen todennäköisyyttä kyseisessä kohteessa ja valitussa rakennetyypissä. Työkalun avulla kerätyt tiedot haetaan erilliseen riskianalyysipohjaan, johon riskianalyysin tekijä arvioi riskin vakavuuden. Näiden kahden tekijän, riskin todennäköisyyden ja vakavuuden, perusteella lasketaan riskitulo, jolla kuvataan riskin suuruutta.

Riskityökalun todellinen hyödyllisyys selviää vasta, kun sitä päästään koekäyttämään oikeassa hankkeessa. Käytössä myös selviää tarkemmin, onko työkaluun sisällytettyjen riskin todennäköisyyttä määrittävien kysymysten määrä ja tarkkuus riittävä.

ASIASANAT:

riskianalyysi, riskitekijät, riskirakenteet, riskikartoitus, korjausrakentaminen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Construction and Municipal Engineering

2021 | 74 pages + 1 pages in appendices

Tuisku Khan

MAPPING AND ANALYSIS OF STRUCTURAL RISKS IN REPAIR CONSTRUCTION

In the thesis the structural risk factors in repair construction and known risk structures were mapped. The aim of the thesis was to produce a tool that could assess the probability of structural risks and thereby determine the magnitude of the risk. The purpose of the tool is to test if there is a need for similar product and what benefits it could have in repair construction.

The work was carried out as a literature research. In the beginning there is more general information about risks and risk management and later more about risks in repair construction projects and the structural risks. Various risk analysis bases were used in the preparation of the risk tool and analysis.

As the result a risk tool was made. It's meant to map the probability of risks in different types of structures. The tool includes a collection of structure types typical for different time periods, some of which have been defined as risk structures. The purpose of the risk tool is to determine the probability of the occurrence of structural risks. The information collected by the tool is retrieved on a separate risk analysis base, on which the person doing the risk analysis assesses the severity of the risk. Based on these two factors, the probability and severity of the risk, the risk product is calculated, which reflects the magnitude of the risk.

The real usefulness of a risk tool only becomes clear when it can be put to trial use in real projects. It also provides a better indication of the adequacy and accuracy of the risk assessment questions included in the tool.

KEYWORDS:

risk analysis, risk factors, risk structures, risk mapping, repair construction

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
1.1 Tausta	7
1.2 Työn tavoitteet	7
2 RISKIT – ARVIOINTI JA ANALYSOINTI	9
2.1 Riskin määritelmä ja riskitekijät	9
2.2 Riskienhallinta	9
2.3 Riskiarvio – erityismenettelyn tarvekartoitus	11
2.4 Erityismenettely – riskinhallintatyökalu	13
2.4.1 Historia ja kehitys	14
2.4.2 Erityismenettelyn käyttöönotto ja käyttö	15
2.4.3 Hankkeen vaativuuden määrittäminen	16
2.4.4 Erityismenettelyn toimenpiteet	17
2.5 Riskianalyysi	18
2.5.1 Riskianalyysin sisältö	19
2.5.2 Riskianalyysin laadinta ja vaiheet	19
2.5.3 Riskien tunnistaminen ja arviointi	21
2.5.4 Toimenpiteet	22
2.5.5 Riskianalyysin tulokset sekä niiden raportointi ja hyödyntäminen	23
2.5.6 Riskien seuranta ja päivitys	23
3 KORJAUSSUUNNITTELU JA RAKENTEELLISET RISKIT	25
3.1 Suunnittelun lähtökohdat	25
3.2 Rakenteelliset riskit ja vauriot korjausrakennuskohteissa	27
3.2.1 Perustukset ja sokkeli	29
3.2.2 Maanvastaiset seinärakenteet	31
3.2.3 Alapohjarakenteet	32
3.2.4 Ulkoseinärakenteet	36
3.2.5 Välipohjat ja -seinät	37
3.2.6 Vesikatteet ja yläpohjat	39
3.2.7 Ikkunat	41
3.3 Yleisesti tunnetut riskirakenteet	42
3.3.1 Alalaattapalkistojen eristeiden vauriot	43

3.3.2 Maanvastaisen betonilaatan yläpuoliset puulattiarakenteet	44
3.3.3 Ennen vuotta 1950 rakennetut hirsiseinät	46
3.3.4 Huonosti tuulettuvat puurakenteiset alapohjat	46
3.3.5 Ikkunoiden päällä olevat leukapalkit	47
3.3.6 Kaksoisbetonilaattarakenne	48
3.3.7 Kattoikkuna	48
3.3.8 Lattiapinnan alapuolelta lähtevät väliseinät	49
3.3.9 Levyväliseinen liitokset	50
3.3.10 Liian matala sokkeli	50
3.3.11 Maanvastaiset sisäpuolelta lämmöneristetyt seinät	50
3.3.12 Maanvastaiset tiilivuoratut kellariseinät	51
3.3.13 Maata vasten perustetut väliseinät	53
3.3.14 Putkikanavat, tarkastusluukut ja rappusten alustilat	55
3.3.15 Tasakatto	56
3.3.16 Tuulettumaton puurunkoinen ulkoseinä	56
3.3.17 Tuulettumaton vino yläpohjarakenne	57
3.3.18 Valesokkeli ja sokkelihalkaisut	58
3.4 Haitta-aineet	60
3.5 Materiaalit ja niiden käyttöikä	61
4 RAKENTEELLISTEN RISKIEN KARTOITUS JA ANALYSOINTI RISKITYÖKALUN AVULLA	62
4.1 Riskityökalun tarkoitus	62
4.2 Toimintaperiaatteet	62
4.3 Työkalun toteutus ja rakenne	64
4.4 Tulosten analysointi	68
5 YHTEENVETO JA POHDINTA	69
LÄHTEET	72

LIITTEET

Liite 1. Esimerkki riskianalyysitulosteesta.

KUVAT

Kuva 1. Riskienhallintaprosessi.	10
Kuva 2. Erityismenettelytarpeen selvittäminen rakennuslupavaiheessa.	12
Kuva 3. Riskin suuruuden ja etenkin todennäköisyyden rajoittaminen erityismenettelyllä.	14
Kuva 4. Kosteus- ja mikrobivaurioiden jakautumien eri rakenteisiin.	29
Kuva 5. Periaatteellinen toimintakuvaus maanvastaisesta alapohjasta ja sen vauriomekanismeista.	34
Kuva 6. Ryömintätilallisen alapohjarakenteen periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit.	35
Kuva 7. Märkätilan ja saunan väliseinän vaurioituminen.	38
Kuva 8. Ikkunan vauriomekanismit ja periaatteellinen toiminta.	41
Kuva 9. Alalaattapalkisto puukoolauksella ja betoniylälaatatalla.	44
Kuva 10. Puulattia eristämättömän betonilaatan päällä.	45
Kuva 11. Puulattia sahanpurueristeellä eristämättömän maanvastaisen betonilaatan päällä.	45
Kuva 12. Tuulettuva alapohja.	46
Kuva 13. Leukapalkin periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit.	47
Kuva 14. Betoniväliseinä alalaatan päällä.	49
Kuva 15. Puurakenteinen väliseinä eristämättömän betonilaatan päällä.	50
Kuva 16. Kellariseinän sisäpuolinen lämmöneristys.	51
Kuva 17. Rakenteen periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit.	52
Kuva 18. Osittain maanvastaisen kellariseinän periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit.	53
Kuva 19. Betonirakenteinen osastoiva väliseinä anturan päällä.	54
Kuva 20. Periaatteellinen toimintakuvaus ja rakenteen vauriomekanismit.	55
Kuva 21. Periaatteellinen toimintakuvaus putkikanaalista ja sen vauriomekanismeista.	56
Kuva 22. Tuulettumaton tiiliseinärakenne.	57
Kuva 23. Valesokkelin vauriomekanismit.	58
Kuva 24. Periaatteellinen toimintakuvaus ja sokkelihalkaisun vauriomekanismit.	59
Kuva 25. Riskityökalun vaiheet.	63
Kuva 26. Riskitulomatriisi ja riskin suuruuden määrittäminen.	64
Kuva 27. Riskityökalun puhelinnäkymä.	65
Kuva 28. Esimerkki kyselyn rakenteesta, kyselyn aloitus.	66
Kuva 29. Esimerkki kyselyn rakenteesta, rakennetyyppi ja kysymykset.	67

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Rakentamiseen ja etenkin korjausrakennushankkeisiin sisältyy paljon erilaisia riskejä ja niiden kartoittaminen on hyvä aloittaa jo projektin alussa, jolloin ne voidaan saada paremmin hallintaan. Korjausrakennuskohteiden rakenteiden riskianalyysi edellyttää tekijältään laajaa tuntemusta alasta, mahdollisista riskirakenteista, aiemmista rakennustavoista ja rakenneratkaisuista sekä niiden toiminnasta. Riskiarvioiden ja -analyysien tekemiseen löytyy joitain valmispohjia, mutta etenkin rakenteellisten riskien riskianalyysin tekemiseen malliesimerkkejä on vaikeampi löytää.

Maankäyttö- ja rakennuslaki on muuttumassa ja isona osana muutosta on rakennushankkeen vastuiden uudelleen järjestäminen. Kun aiemmin vastuut painottuivat rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulle ja rakennusvalvonnan suhteutettuun valvontaan, nyt painotus on siirtymässä myös muille tahoille. Tämän takia, mitä kattavammin ja aikaisemmin mahdolliset riskit saadaan suunnittelijoiden, rakennushankkeeseen ryhtyvän ja hankkeen muiden osapuolien tietoon, pystytään niihin myös reagoimaan aikaisemmin. Mahdollisten riskien tunnistaminen aikaisessa vaiheessa ja niistä viestiminen rakennushankkeen eri osapuolille tukee niin rakennushankkeeseen ryhtyvän kuin muidenkin osapuolien etua.

1.2 Työn tavoitteet

Tavoitteena on luoda korjausrakentamisen hankkeisiin työkalu, jolla pystytään järjestelmällisesti tuomaan ilmi hankkeeseen liittyvät rakenteelliset riskit. Riskityökalun ei tässä vaiheessa ole tarkoitus olla täydellinen, vaan tarkoituksena on hahmotella sen toimintaa ja myöhemmin sen avulla selvittää, onko vastaavalle työkalulle todellista tarvetta ja luoko se lisäarvoa hankkeelle. Riskityökalulla pyritään määrittämään riskit hyvissä ajoin, jolloin suunnittelijat ja muut osapuolet pystyvät jo varhaisessa vaiheessa reagoimaan niihin ja esittämään esimerkiksi erilaisia korjausvaihtoehtoja. Näin toimittaessa rakennushankkeeseen ryhtyvä ja muut osapuolet ovat kaikki tietoisia mahdollisista riskeistä ja pystytään valitsemaan kaikkien kannalta parempia korjausvaihtoehtoja. Vastaavanlaista työkalua voidaan hyödyntää eri tilanteisiin ja käyttötarkoituksiin hankkeen eri vaiheissa,

esimerkiksi kuntoarviota tehtäessä, suunnitteluvaiheessa tai alustavan riskiarvion aputyökaluna.

Tavoitteena on myös helpottaa riskien tunnistamista, koska korjausrakennuskohteissa riskien tunnistaminen vaatii riskikartoituksen tekijältä laajaa osaamista korjausrakentamisesta. Kun työkalussa on eri aikakausille määritetyt mahdolliset olemassa olevat rakenteet ja niiden riskitekijät, helpottaa se rakenteellisten riskien tunnistamista.

Rakenteellisilla riskeillä opinnäytetyössä tarkoitetaan eri rakenneosiin kohdistuvia riskejä, jotka johtuvat esimerkiksi rakenteen rakennusfysikaalisesta toiminnasta. Opinnäytetyössä ei ole käsitelty esimerkiksi talotekniikkaan liittyviä asioita.

Sitowise Oy, joka on opinnäytetyön tilaaja, pyrkii jatkuvasti kehittämään palveluitaan vastuullisempaan suuntaan ja tuomaan asiakkaalle parempia palveluita.

2 RISKIT – ARVIOINTI JA ANALYSOINTI

2.1 Riskin määritelmä ja riskitekijät

Riski-termillä kuvataan erilaisia asioita eri tilanteissa. Suomen kielessä vastaavaa tarkoitetaan synonyymeillä vahingonvaara ja vahingonuhka. Riskeihin liittyy aina tapahtumien todennäköisyyksien arviointi. (Suominen 2003, 9.)

Riskin suuruuden kuvataan yleisen riskiteorian mukaan määräytyvän odotettavissa olevien seurauksien, eli vahingon suuruuden (S) sekä tapahtuman todennäköisyyden (T) mukaan. Riskin suuruutta (R) kuvataan usein matemaattisena riskitulona, jolloin

$$R = T \times S$$

Riskin suuruus on siis tapahtuman todennäköisyyden ja vahingon suuruuden tai vakaavuuden tulo. Näin ollen suuri riski edellyttäisi, joko aiheutuvan vahingon olevan suuri tai vahinkotapahtuman todennäköisyyden olevan suuri. (RIL 2016, 15–16.) Riskitulon avulla vahinkojen suuruusluokkaeroja on helpompi vertailla keskenään. Mitä suurempi riskitulo, sitä suuremmasta riskistä on kyse. Vertailua tehtäessä tulee kuitenkin muistaa, että riskitulo on laskennallinen suure, jonka merkitystä ei pitäisi liiaksi korostaa. (Suominen 2003, 45.)

Riskien vaikutusten määrittäminen riskitulon avulla ei käytännössä ole täysin ongelmattonta, koska todennäköisyyksiin perustuvan laskennan aikajänne ulottuu ihmisiän yli. Kertolaskuun perustuvalla asteikolla tehtävän riskitarkastelun soveltumista katastrofaalisien riskien merkittävyyden arviointiin voidaan myös kyseenalaistaa. (Suominen 2003, 46.)

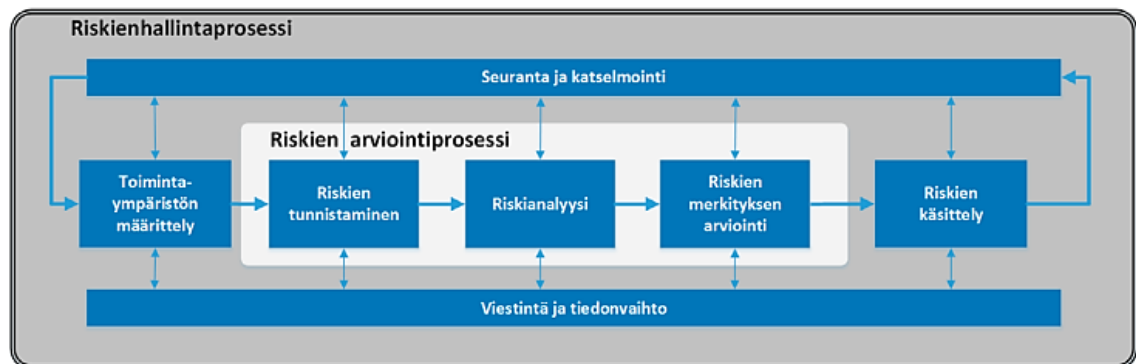
Riskien arviointia varten pyritään ne saamaan laajuutensa ja seurausvaikutustensa suhteen järjestykseen. Usein riskit luokitellaan seurauksiltaan esimerkiksi vähäisiksi, kohtalaisiksi, suuriksi tai katastrofaaliksi. (Suominen 2003, 10.)

2.2 Riskienhallinta

Riskienhallinnalla perinteisesti kuvataan prosessia, jolla pyritään estämään ja varautumaan uhkaaviin vaaroihin ja minimoimaan niistä aiheutuvat seuraukset. Riskienhallinnan

onnistuminen edellyttää riskien tunnistamista ja riskienhallintasuunnitelman toteuttamista. Riskienhallinta voidaan tehdä joko suppean tai laajemman ajattelu- ja toimintatapojen mukaan, riippuen kohteesta ja oletetuista riskeistä. (Suominen 2003, 27.)

Riskienhallinta on olennainen osa hankkeen tai projektin laadunvarmistusta ja erityismenettelyä. Riskienhallintaan liittyy riskien tunnistaminen, analysointi (riskianalyysi), mittaaminen, hallintasuunnitelman laadinta sekä siitä informointi ja toteuttaminen, mittaus- ja muiden tulosten arviointi ja dokumentointi sekä riskien hallintasuunnitelman mahdollinen päivitys. (RIL 2016, 22–23.) Riskienhallintaan sisältyy riskianalyysi ja siinä havaittujen riskien huomioiminen tai minimoiminen hyväksyttävälle tasolle (RIL 2016, 113). Kuvassa 1 on esitetty riskienhallintaprosessin toimintaa.



Kuva 1. Riskienhallintaprosessi (Rousku 2017, 18).

Riskienhallinta on tavoitteellista ja järjestelmällistä toimintaa. Riskianalyysillä selvitetään ne toimet, joilla mahdollisia uhkia ja mahdollisuuksia hallitaan. Osana riskienhallintaa kuuluu myös epävarmuuksien huomioiminen. Epävarmuudet ovat usein toiminnan kannalta epäedullisia tai seurauksiltaan negatiivisia uhkia tai vaaroja. Epävarmuustekijöiden onnistuneella minimoinnilla tai niiden välttämisellä voidaan saavuttaa myös positiivisia mahdollisuuksia ja onnistumisen kautta tulevaa hyötyä tai etua. (Rousku 2017, 11–12.)

Riskienhallinnan onnistuessa varmistetaan samalla hankkeiden ja projektien onnistuminen. Riskienhallinnassa on huomioitava hankkeen tai projektin aikaisten riskien lisäksi myös ne riskit, jotka vaikuttavat lopputuloksen onnistumiseen ja tavoitteiden saavuttamiseen. Riskiarvioinnin tulee olla jatkuvaa ja sitä on oleellista tehdä etenkin merkittävien muutosten yhteydessä. Riskit tulee tiedostaa, tunnistaa ja huomioida. Ne eivät häviä sivuuttamalla tai huomioimatta. Pyrkimyksenä on hallita epävarmuuksien vaikutuksia. (Rousku 2017, 13–14.)

Keskeistä on määritellä riskiarvioinnissa löydetuille merkittävillä riskeille vaaditut toimenpiteet ja vastuut, sekä varmistaa toimenpiteiden toteutuminen. On olemassa myös paljon riskejä, joita ei voida poistaa. Niiden seurauksiin voidaan kuitenkin varautua ja vaikuttaa mahdollisuuksiin selvittää niiden haittavaikutuksista. (Rousku 2017, 15.)

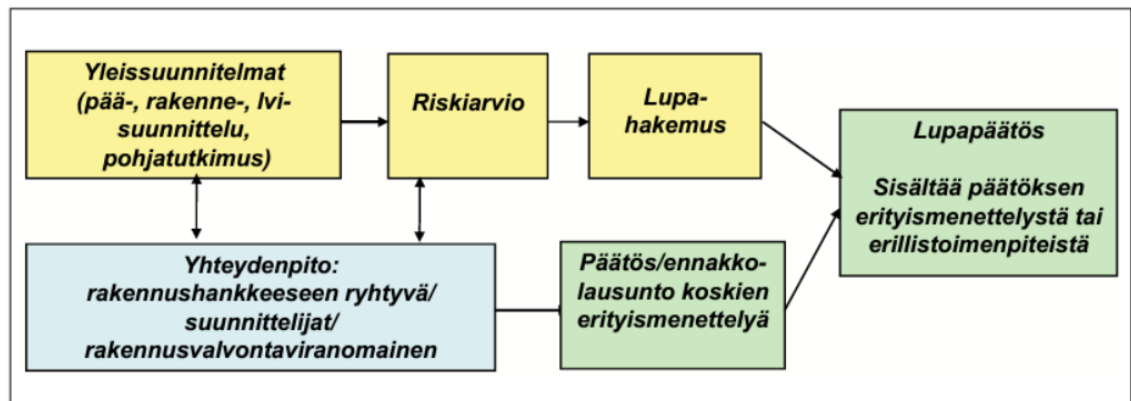
Riskienhallinta parhaimmillaan on suunnitelmallista, tietoista ja järjestelmällistä toimintaa, jossa vaaran esiintymistä ennaltaehkäistään. Se sisältää suunnittelun lisäksi käytännön tekoja, joissa korostuu kokemus. Pyrkimyksenä on tunnistaa vaaratilanteet ja onnettomuusmahdollisuudet. Vaarojen tunnistamisen lisäksi riskienhallintaan sisältyvät riskien merkityksen arviointi, riskien minimoimiseksi valittavat toimenpiteet sekä toteutumisen ja vaikuttavuuden seuranta. Mahdollisen vahingon toteutumiseen tulee myös varautua ja sitä varten olla suunnitelma valmiina. Jos vaaroja on mahdotonta ennaltaehkäistä, pyritään riskiä pienentämään tai rajaamaan mahdollisuuksien mukaan. (Malmén & Wessberg 2004.)

2.3 Riskiarvio – erityismenettelyn tarvekartoitus

Hankkeen aikaisessa vaiheessa tehtävällä riskiarviolla voidaan arvioida Maankäyttö- ja rakennuslain erityismenettelyn tai erillisten toimenpiteiden tarvetta. Riskiarviointi voi koskea kohteen rakenteellista turvallisuutta, paloteknistä turvallisuutta, rakennusfysikaalista tai rakennuksen terveellisyyteen liittyviä ominaisuuksia tai kulttuurihistoriallisten arvojen menettämisen vaaraa. Yleissuunnitteluvaiheessa yleensä tehtävän riskiarvion lähtötietoina ovat hanke- tai yleissuunnitelmataso tiedot, alustavat rakennussuunnittelijan yleissuunnitelmat, alustavat rakennevaihtoehdot sekä viranomaisohjeet. Näiden lisäksi korjauskohteissa lähtötietoina ovat selvitykset, jotka on laadittu olemassa olevan rakennuksen kunnosta. Vastaava erityissuunnittelija vastaa yleensä riskiarvion laadinnasta. Riskiarvio laaditaan yhteistyönä hankkeen eri osapuolten kanssa. Siitä, että riskiarvio laaditaan ja sitä varten toimitetaan kaikki tarvittavat lähtötiedot, vastaa rakennushankkeeseen ryhtyvä. (RIL 2016, 19.)

Riskien arviointiprosessi sisältää riskien tunnistamisen, analysoinnin ja merkityksen arvioinnin. Riskien merkitystä voidaan arvioida ympäristön, talouden tai terveyden kannalta. Arvioinnin ja analysoinnin jälkeen tulee riskien käsittely, jossa riskeihin kohdistetaan valittuja toimenpiteitä. (Rousku 2017, 20.)

Riskiarviossa tehdään ehdotus erityismenettelyn tarpeesta ja sisällöstä samalla, kun määritellään soveltamisalakohtainen riskitasoluokka (Åström 2017). Riskiarviolla pyritään selvittämään, kuuluuko rakennushanke erityismenettelyn piiriin. Samalla kartoitetaan, onko hankkeessa muita syitä käyttää erityismenettelyyn kuuluvia laadunvarmistustoimenpiteitä ja ehdottaa tarvittaessa käyttöönotettavia toimenpiteitä. Rakennusvalvontaviranomaisen on helpompi ottaa kantaa erityismenettelyn tarpeeseen, kun riskiarvio on tehtynä. (RIL 2016, 19.) Kuvassa 2 on esitetty erityismenettelytarpeen selvittämisen kulua rakennuslupavaiheessa.



Kuva 2. Erityismenettelytarpeen selvittäminen rakennuslupavaiheessa (RIL 2016, 19).

Rakennusvalvonta voi pyytää riskiarviota laadittavaksi tai se voidaan tehdä oma-aloitteisesti. Riskiarvio toimitetaan viranomaisille viimeistään lupahakemuksen kanssa, mutta sen voi toimittaa hyvissä ajoin ennen luvan hakemista esim. ennakkoneuvotteluissa. Hankkeissa, joihin liittyy mahdollisesti erityisiä riskejä tai joita voidaan MRL:n mukaan pitää joko ”erittäin vaativina” tai lähellä tätä tasoa, on yleensä aina syytä tehdä riskiarvio. Riskiarvion laadintaan syitä voi olla myös muita, riippumatta hankkeen erityisominaisuuksista tai toteutuksen organisoinnin teknisestä vaativuudesta. Jos hanke kuuluu selkeästi erityismenettelyn piiriin, esimerkiksi suuret konserttitalit, ei riskiarvion laatiminen tuota lisäarvoa. Tällaisissa ilmiselvissä hankkeissa on suositeltavaa aloittaa jo varhaisessa vaiheessa riskianalyysin laadinta osana riskienhallintaa. Näin saadaan myös kohdennettua ja valittua oikeat erityismenettelytoimenpiteet hyvissä ajoin. Viimeistään, kun rakennusvalvontaviranomainen päättää erityismenettelyn tarpeesta ja sen laajuudesta, on aloitettava varsinaisen riskianalyysin laadinta. (RIL 2016, 20.)

Riskiarviossa arvioidaan hankkeen vaativuutta suunnittelun ja toteutuksen kannalta sekä siihen liittyvien vahinkojen todennäköisyyksiä. Korjauskohteissa myös

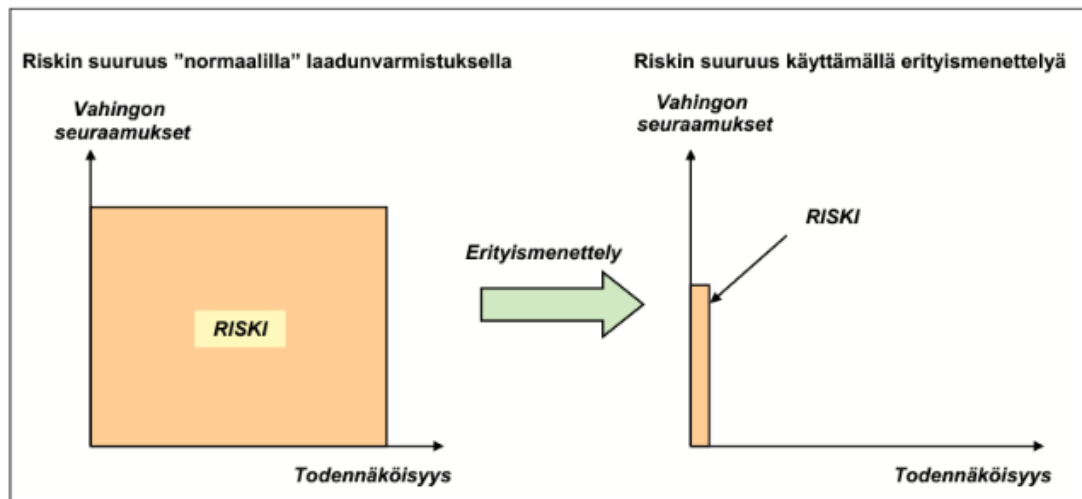
korjaustoimenpiteiden vaativuutta tulee tarkastella. Näiden lisäksi arvioidaan vahinkojen seurauksia, käytön ja ylläpidon vaatimuksia sekä ympäristöolosuhteiden rasituksia ja vaativuutta. Riskiarvio on yleisesti soveltamisalakohtainen lomake tai selvitys, johon on kirjattu kohteen perustiedot, hankkeen organisaatio, valitut rakenteet ja rakennejärjestelmät, mahdollisten vahinkoseuraamusten taso ja luonne, hankkeen vaativuustaso kyseisestä tarkastelunäkökulmasta ja laatijan näkemys erityismenettelyn tarpeesta ja tarvittavista toimenpiteistä. (RIL 2016, 20.)

Riskiarvio toimitetaan rakennusvalvontaviranomaisille ja hankkeen muille osapuolille ennalta sovitusti. Hankkeen aikana riskiarviota ei yleensä enää päivitetä, vaan riskiolosuhteita hallitaan hankkeen edetessä muilla keinoin, esimerkiksi riskianalyysillä. (RIL 2016, 20.)

2.4 Erityismenettely – riskinhallintatyökalu

On tilanteita, joissa hankkeen vaativuus, luonne tai toteuttamismenettelyt, voivat antaa syyntä viranomaisille tai rakennushankkeeseen ryhtyvälle edellyttää normaalikäytännöistä poikkeavia laadunvarmistustoimenpiteitä. Etenkin erittäin vaativissa hankkeissa, joihin sisältyy suurempia riskejä, on tarvetta erityismenettelyille. Erityismenettely on laadunvarmistusmenettely. (Åström 2016.)

Erityismenettely on koko rakennusajan kestävä prosessi, jossa pyritään vähentämään riskejä kohdekohtaisilla toimenpiteillä. Valituilla toimenpiteillä pyritään rajoittamaan erityisesti riskin todennäköisyys mahdollisimman pieneksi. Seuraamuksia pyritään myös vähentämään hyvän suunnittelun keinoin. Erityismenettelyn toimenpiteiden vaikutuksia on esitetty kuvassa 3. (RIL 2016, 16.)



Kuva 3. Riskin suuruuden ja etenkin todennäköisyyden rajoittaminen erityismenettelyllä (RIL 2016, 16).

Erityismenettelyllä on merkittävä rooli tavoiteltaessa laadukasta ja virheetöntä rakentamista. Sen käyttöalaa on laajennettu tietoisesti pyrittäessä parantamaan rakentamisen tasoa. Siihen ei tulisi suhtautua vain lisääntyneenä työmääränä tai lisäkustannuksena, vaan se ajaa myös hankkeeseen ryhtyvän etuja ja sillä saavutetaan luotettavampi lopputulos, joka loppujen lopuksi on useimmiten kokonaiskustannuksiltaan myös edullisempi. (Jääskeläinen 2017, 18.)

2.4.1 Historia ja kehitys

Alun perin vuonna 2006 erityismenettely tuli osaksi Rakentamismääräyskokoelmaa A1 ratkaisemaan rakenteellisen turvallisuuden ongelmia, koska normaali tilanteessa esimerkiksi kosteusongelmat eivät johda yhtä dramaattisiin tai äkillisiin vaaratilanteisiin kuin rakenteelliset virheet. Kansantalouden kannalta rakennusten kosteusvaurioiden rasitus on kuitenkin merkittävä verrattuna muihin rakentamisen laatuvaajeisiin. (Jääskeläinen 2017, 16).

Maankäyttö- ja rakennuslain erityismenettelyn käyttöalaa laajennettiin ja uudet pykälät astuivat voimaan vuonna 2014. Muutoksessa keskeisiä laadunvarmistustoimenpiteitä päivitettiin, soveltamisalaa laajennettiin ja toimenpiteet nostettiin lakitasolle. (Åström 2016.)

Erityismenettely on edelleen kohtuullisen vieras termi rakennuslalla. Siinä on hyviä laadunvarmistavia menettelyitä, joita kannattaisi soveltaa myös tavanomaisessa rakentamisessa. Erityismenettelyn käyttäminen varsinkin home- ja kosteusvaurioituneiden rakennusten korjaamisessa olisi suotavaa muulloinkin kuin viranomaisten sitä erikseen vaatiessa. (Knuutila 2017b.)

2.4.2 Erityismenettelyn käyttöönotto ja käyttö

Rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää maankäyttö- ja rakennuslain määrittelemiä laadunvarmistustoimenpiteitä hankkeen vaativuuden tai muun vastaavan syyn takia. Erityislaadunvarmistustoimenpiteitä ovat esimerkiksi ulkopuolinen tarkastus, laadunvarmistusselvitys ja rakennustyön asiantuntijatarkastus. Erittäin vaativissa uudis- sekä korjaushankkeissa, joissa on erityinen riski, että rakenteellisen turvallisuuden, paloturvallisuuden, terveellisyyden tai rakennusfysikaalisen toimivuuden vaatimuksia ei saavuteta tai kulttuurihistoriallista arvoa menetetään, voidaan edellyttää erityismenettelyä, jossa edellä mainitut toimenpiteet voivat olla osana. Erityismenettelyyn voi sisältyä lisäksi rakennuksen käytönaikainen tehostettu seuranta. (Åström 2017.)

Soveltamisalasta riippumatta erityismenettelyn käyttöönotto ja käyttö etenevät samaan tapaan. Yhteistä on, että jo hankkeen alkuvaiheessa täytyy rakennushankkeeseen ryhtyvän olla aktiivinen erityismenettelyn toimenpiteisiin liittyvien tarpeiden ja toimenpiteiden selvittämisessä, jotta laadunvarmistustoimenpiteistä saadaan varsinainen hyöty irti. Erityismenettelyn tarve ja toimenpiteet selvitetään yhteistyössä rakennusvalvontaviranomaisten kanssa. Erityismenettelyä valvontaviranomainen voi edellyttää lupapäätöksessään tai hankkeen aikana. (Åström 2017.)

Jos käytettäisiin ”erittäin vaativissa” hankkeissa normaalia laadunvarmistusta vahingon todennäköisyys kasvaisi, koska mitä vaativampi rakenne, sitä monimutkaisempi suunnittelu ja toteutusprosessi ja sitä alttiimpi se on virheille. Myös osapuolien kokemattomuus harvinaisemmista rakenteista lisää virhemahdollisuuksia ja eri osapuolten suuri määrä voi johtaa tieto- ja kommunikaatiokatkoksiin, jotka voivat ilmetä lopputuloksessa suunnittelu- ja/tai toteutusvirheinä. Vahingon todennäköisyyttä voi myös kasvattaa hankkeorganisaation vähäinen kokemus tai osaaminen vastaavanlaisista hankkeista, vaikkei kyseessä olosuhteiden tai rakenteiden osalta olisikaan poikkeuksellisen vaativa hanke. (RIL 2016, 17.)

2.4.3 Hankkeen vaativuuden määrittäminen

Vahingon todennäköisyyden tarkka määrittely on rakennushankkeissa käytännössä mahdotonta. Sen sijaan voidaan tarkastella hanketta sen vaativuuden kannalta, vaikka-kin hankkeen vahingon todennäköisyys ja sen vaativuus, eivät aina ole suoraan riippuvaisia toisistaan. Tämä on huomioitava hankkeen vaativuutta arvioitaessa. Näiden kahden, vaativuuden ja vahingon todennäköisyyden, välinen yhteys on kuitenkin riittävä erityis-
menettelyn tarpeen määrittelyyn. Ilman erityistoimenpiteitä, voidaan olettaa vahingon todennäköisyyden kasvavan hankkeen tai rakenteen vaativuuden kasvaessa. (RIL 2016, 16.)

Hankkeen vaativuutta ja riskitasoa arvioidaan alustavasti jo hankkeen alkuvaiheessa, jolloin tehdään riskiarvio, jonka avulla arvioidaan erityis-
menettelyn tai erillisten toimenpiteiden tarvetta. Alustava riskiarvio esitetään rakennusviranomaisille. (Åström 2016.) Eri-
tyis-
menettelyyn liittyen voi kuntien rakennusvalvontaviranomaisilla olla omia tai yhteisiä menettelytapoja. Näihin suunnittelijoiden ja rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee tutustua ennakkoon. (Åström 2017.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki ei erikseen määrittele erittäin vaativia hankkeita, vaan siihen voidaan katsoa kuuluvan uudis- tai korjaushankkeiden, joissa esimerkiksi suunnittelu- tai työnjohtotehtävä on maankäyttö- ja rakennuslain mukaan poikkeuksellisen vaativa tai lähellä sitä. Kyseinen tehtäväluokka on kuitenkin tarkoitettu sovellettavaksi koh-teissa vain erittäin harvoin. Kun taas erityis-
menettelyä tulisi hyödyntää huomattavasti useammin. Soveltamisalasta riippumatta erittäin vaativiksi hankkeiksi voidaan määritellä esimerkiksi hankkeet, joissa olosuhteet, tekniset ratkaisut, hankkeen toteutus tai käyttö ovat erityisen vaativia tai poikkeavia. Tällaisia ovat esimerkiksi erityisen vaativat raken-teet, järjestelmät tai korjauskohteissa vakavat vauriot, normaalia suurempia riskejä sisäl-tävät ratkaisut tai suojeltu tai muutoin kaupunkikuvallisesti, kulttuurihistoriallisesti tai mai-semallisesti arvokas kohde tai ympäristö. On myös huomioitava, miten pitkälle erityis-
menettelyn tarvetta voidaan kytkeä suunnittelijoiden ja työnjohtajien osaamistasoon. Vaikkakin itsestään selvää on, että se osittain määrittää hankkeen vaativuustasoa. Lop-pujen lopuksi hankkeen vaativuus ja se, milloin hanketta pidetään erittäin vaativana, on kokonaisharkintaa, jolle pitää olla riittävät perustelut. (Åström 2017; Jääskeläinen 2017, 16.)

2.4.4 Erityismenettelyn toimenpiteet

Erityismenettelyn kolmea eri osa-aluetta, laadunvarmistusselvitystä, ulkopuolista tarkastusta ja asiantuntijatarkastusta, voidaan käyttää erikseen tai yhdessä. Tunnetuin käytetty laadunvarmistustoimenpide näistä on ulkopuolinen tarkastus, joka on vaativissa koh-teissa ollut käytäntönä jo jonkin aikaa. Ulkopuolinen tarkastus voi sisältää suunnitelmien lisäksi myös laskelmien tarkastamisen. Ulkopuolisen tarkastuksen tekeminen vaatii teki-jältään laajaa kokemusta vastaavan tasoista suunnittelutehtävistä. (Knuutila 2017b.) Ulkopuolisen tarkastuksen tarkoituksena on varmistaa laadittujen soveltamisalakohtais-ten suunnitelmien riittävyys hankkeen vaativuuteen nähden ja taata tavoiteltu laatutaso. Suunnitelmat tarkastaa riippumaton, pätevä asiantuntija, joka laatii lausunnon vaatimuk-sien täyttymisestä. (Åström 2017.)

Laajin menettelytapa on laadunvarmistusselvitys, jossa pyritään osoittamaan rakentami-sen olennaisten teknisten vaatimusten täyttyminen. Päätyökaluna laadunvarmistusselvi-tyksessä toimii riskianalyysi. Laadunvarmistusselvityksestä ympäristöministeriöllä on oh-jeistus: YM5/601/2015 Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvon-nasta. (Knuutila 2017b.) Laadunvarmistusselvityksessä on kirjattuna tiedot toimista, joilla varmistetaan, että rakentamisessa saavutetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten edellyttämä lopputulos. Rakennustyössä on noudatettava laadunvarmistus-selvityksessä osoitettuja menettelyjä. (Åström 2017.)

Asiantuntijatarkastuksessa rakennushankkeeseen ryhtyvä tai hänen palveluksessaan oleva asiantuntija tarkistaa rakentamisen suunnitelmanmukaisuuden (Knuutila 2017b). Kuten ulkopuolisessa tarkastuksessa, asiantuntijan ei siis tarvitse olla ulkopuolinen tai riippumaton. Useimmiten asiantuntija tarkastus käytännössä tarkoittaa sitä, että erityis-suunnittelija tarkastaa oman suunnittelualansa rakennustöiden suunnitelmanmukaisuu-den työmaalla tai tuotantolaitoksella esimerkiksi raudoitustarkastukset. (Åström 2017.)

Rakennusviranomainen voi maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 150 §:n mukaan edellyttää yhtä tai useampaa edellä mainittua toimenpidettä erittäin vaativissa rakennus-hankkeissa, jos on olemassa erityinen riski, että rakenteellinen turvallisuus, paloturvalli-suus, terveellisyys tai rakennusfysikaalinen toimivuus eivät vastaa vaatimuksia tai jos on riski kulttuurihistoriallisien arvojen menettämisestä. Menettelyn laajuuden ja kohdistami-sen määrää rakennusviranomainen. (RT 103089 2019, 1.) Erityismenettelyn toimenpi-teet voivat kohdistua joko koko hankkeeseen, vain tiettyyn rakennukseen, rakennuksen

osaan tai järjestelmään tai vain tiettyyn rakenne- tai järjestelmäosaan. Toimenpiteiden laajuus valitaan kohdekohtaisesti. (Åström 2017.) Erityismenettelyn toimenpiteitä viranomainen voi edellyttää myös erillisinä laadunvarmistustoimenpiteinä riippumatta hankkeen vaativuudesta silloin, kun halutaan varmistaa, että lain edellyttämät terveellisuuden ja turvallisuuden kriteerit täyttyvät (Åström 2016).

Kaikkia erityismenettelyn laadunvarmistustoimenpiteitä voi hyödyntää myös ilman virallista erityismenettelyäkin. Hankkeeseen ryhtyvä voi itse olla aloitteellinen näiden rakentamisen ja korjaamisen hyvään lopputulokseen tähtäävien keinojen osalta. (Jääskeläinen 2017, 18.)

Ensisijaisesti rakennus tulee suunnitella siten, ettei sen käyttö tai ylläpito vaadi rakenteellisen turvallisuuden tai rakennuksen terveellisuuden varmistamiseksi erityistoimenpiteitä. Kuitenkin, jos riskianalyyssissä todetaan jonkun järjestelmät tai rakenteen käytön ja ylläpidon sisältävän riskejä, jotka vaativat erityistoimenpiteitä, tulee niiden hallitsemiseksi ryhtyä tehostettuihin käyttö-, ylläpito- ja huoltotoimenpiteisiin. (Åström 2017.)

2.5 Riskianalyysi

Riskianalyysi on riskiarviota syvällisempi. Siinä kartoitetaan tarkemmin suunnittelun, toteutuksen ja käytön riskit sekä niiden seuraukset ja todennäköisyydet. Riskien kartoituksen lisäksi määritetään toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Riskianalyysi on osa projektin riskienhallintaa. Sitä voidaan käyttää erityismenettelyn tarkennetun sisällön määrittelyssä ja se on esimerkiksi osa laadunvarmistusselvitystä. Lähtökohtana riskianalyyksille on aiemmin laadittu riskiarvio ja lähtötietoina toimivat alkuperäiset suunnitelmat, tiedot rakennuksen toteutuksesta ja tulevasta käytöstä, hankkeen lupapäätös sekä hankkeeseen liittyvät viranomaismääräykset ja ohjeet. (RIL 2016, 23.)

Riskianalyyssissä selvitetään järjestelmällisesti riskikohteet, riskien todennäköisyys, vakavuus ja mahdolliset seuraukset. Riskianalyyssissä pyritään selvittämään vahinkotapahduman todennäköisyys ja seurausvaikutukset. Riskianalyyssissä riskikohteet käsitellään systemaattisesti noudattaen tiettyjä logiikan sääntöjä. (Suominen 2003, 35.)

Riskianalyyksillä pyritään luomaan perusta päätöksille siitä, mitä ja miten riskejä käsitellään. Arviot todennäköisyyksistä ja vaikutuksista perustuvat aina riskianalyyksin tekijöiden subjektiivisiin näkemyksiin ja siksi onkin oleellista kirjata mahdolliset mielipiteisiin tai

muihin epävarmuustekijöihin perustuvat seikat selkeästi, jotta ne ovat nähtävillä myös myöhemmin päätöksenteossa. (Rousku 2017, 22.)

Rakennusviranomaisen voi edellyttää riskianalyysin tekoa lupamääräyksenä vaativissa ja poikkeuksellisen vaativissa rakennushankkeissa ja tästä syystä riskianalyysin tekeminen on yleistynyt. Riskianalyysi on myös osa erityismenettelyä. (Knuutila 2017a, 39.)

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry on julkaissut ohjeen vuonna 2016, jossa on esitetty yleisperiaatteita riskianalyysistä, mutta käyttö edellyttää ohjeen projektikohtaista soveltamista (Knuutila 2017a, 39).

2.5.1 Riskianalyysin sisältö

Riskianalyysi sisältää kyseiseen soveltamisalaan liittyvät kriittiset rakenneosat, järjestelmät tai tilat suunnittelun, toteutuksen sekä käytön ja ylläpidon kannalta. Soveltamisaloja ovat kantavat rakenteet, rakennusfysiikka, paloturvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot. (RIL 2016, 24.)

Alustava riskianalyysi voidaan tehdä jo rakennuslupavaiheessa erityismenettelyn toimenpiteiden valinnan tueksi. Varsinainen riskianalyysi tehdään, kun siihen on riittävät tiedot saatavilla ja hankkeen osapuolista on tehty päätös. Riskianalyysi ja siihen pohjautuva toimenpidesuunnitelma tarkentuvat hankkeen edetessä ja mahdollisten muutosten perusteella. Etenkin erittäin vaativissa hankkeissa riskianalyysiprosessin tulee olla jatkuvaa koko hankkeen ajan. Vaativissa kohteissa riskejä tulee myös tarkastella laaja-alaisemmin, usean eri osa-alueen riskitarkasteluna. (RIL 2016, 24.)

2.5.2 Riskianalyysin laadinta ja vaiheet

Usein rakennushankkeissa riskianalyysiä tehdään tiedostamatta, mutta silloin riskianalyysin tekeminen ei ole kovin systemaattista ja virheiden todennäköisyys kasvaa. Riskit olisi hyvä kerätä taulukkomuotoon, jolloin riskien yksilöinti, suuruuden ja hyväksyttävyyden arviointi, vastuuhenkilöiden määrittäminen ja toimenpiteiden määrittäminen helpottuu. (Knuutila 2017a, 40.)

Vastuu riskianalyysin laadinnasta kuuluu yleensä soveltamisalan vastaavalle erityissuunnittelijalle, joka kokoaa eri osapuolten yhdessä tai erikseen tuottamat tiedot

yhtenäiseksi asiakirjaksi. Saman henkilön vastuulle kuuluu yleensä myös riskianalyysin ylläpito ja tarkentaminen rakennustyön aikana. (RIL 2016, 23–24.)

Riskianalyysiä on toivottavaa tarkastella tasaisin väliajoin hankkeen kuluessa, jotta se olisi syvällisempi. Riskianalyysillä pyritään suunnitteluvaiheessa varmistamaan riskittömät suunnitteluratkaisut, niiden toteutettavuus ja huollettavuus sekä toteutusvaiheessa varmistamaan rakentamisen laatu ja esimerkiksi onnistunut kosteudenhallinta. Riskianalyysin luotettavuus ja kattavuus lisääntyvät, kun sen laatimiseen osallistuu useampi henkilö rakennushankkeen eri osaamisalueilta. Oikein toteutettuna riskianalyysi kokoaaakin eri suunnittelualojen asiantuntemuksen. Myös riskianalyysin tarkastuttaminen ulkopuolisella tarkastajalla olisi suositeltavaa. (Knuutila 2017b)

Riskianalyysin laatimisen alkuvaiheessa tunnistetaan riskit. Se edellyttää ymmärrystä ja kokemusperäistä tietoa rakenteiden toiminnasta, toteutusmenetelmistä ja vauriomekanismeista. Riskin tulee olla joko poistettavissa tai hallittavissa suunnittelu- ja rakennusvaiheen aikana. Valittaessa perinteisiä rakenneratkaisuja, joista on aikaisempaa kokemusta ja tietoa, voidaan säästää suunnittelu- ja rakennuskustannuksissa sekä säästää aikaa. Etenkin, jos uusi rakenneratkaisu edellyttäisi tuotekehittelyä ja rakenteen toiminnan kokeellista varmentamista. (Knuutila 2017a, 40.)

Suunnittelun edetessä yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheissa riskit tarkastellaan rakennusosittain. Rakennusosan vaurioitumisriskin todennäköisyydessä huomioidaan rakenneosan tekninen toimivuus, toteutettavuus, tarkastettavuus ja huollettavuus. Teknistä toimivuutta arvioitaessa tulisi huomioida aikaisemmat käyttökokemukset ja/tai teoreettinen toimivuus sekä olemassa olevan tiedon määrä. Työsuorituksen vaatavuus, suunnitelmien määrä ja laatu vaikuttavat vastaavasti toteutettavuuden arvioinnissa. Rakenneosan korkeuden, sijainnin, huoltotoimenpiteiden ja tarkastuksen hankaluuden taloudelliset vaikutukset tulisi huomioida arvioitaessa rakenneosan vaurioitumisriskiä. Riskin toteutumisesta aiheutuvat seuraukset tulisi myös arvioida rakennekohtaisesti. Vakavuudessa tulisi erotella mahdolliset terveydelliset ja taloudelliset haittavaikutukset. Todennäköisyyksiä ja seurauksia arvioitaessa voidaan käyttää lukuarvoja ilmaisemaan riskin suuruutta. (Knuutila 2017a, 41.)

Suosittelavaa olisi tehdä riskianalyysi ensimmäisen kerran ennen rakennusluvan hakemista. Riskipalavereissa voidaan hyödyntää hankkeen eri tahojen osaamista riskien arvioinnissa, mutta riskianalyysin teosta vastaa vastaava sovellusala-kohtainen vastaava

suunnittelija. Riskipalavereilla on suuri merkitys myös tiedotuksen kannalta. (Knuutila 2017a, 41.)

Riskit ovat erilaisia rakennushankkeen eri vaiheissa ja myös vaikutusmahdollisuudet niihin vaihtuvat hankkeen vaiheen mukaan. Esimerkiksi alkuvaiheessa hanketta voidaan vaikuttaa rakennuksen käyttötarkoitukseen, periaatteellisiin rakenneratkaisuihin ja rakennusaikatauluun, kun taas suunnitteluvaiheessa vaikutusmahdollisuudet rajoittuvat suunnittelun ohjaukseen ja varsinaiseen suunnittelutyöhön. Olennaista on löytää rakenneratkaisut, jotka täyttävät hankkeen tavoitteet, ovat teoreettisesti hyvin toimivia, sietävät rakentamisen epätarkkuudesta johtuvia puutteita ja joiden toiminta on tarkastettavissa. Myös rakenneratkaisujen käytettävyyteen, korjattavuuteen ja muunneltavuuteen, sekä suunnitelmien riittävyyteen ja yksityiskohtaisuuteen pystytään vaikuttamaan suunnitteluvaiheessa. Toteutusvaiheen aikana voidaan vaikuttaa rakennustyön laatuun ja yksityiskohtien toteutusratkaisuihin. Rakentamisen laadun varmistukseksi toteutusvaiheessa voidaan tehdä erilaisia laadunvarmistustoimenpiteitä. Luovutusvaiheessa on oleellista antaa tulevalle käyttäjälle tarvittavat tiedot ja ohjaus rakennuksen käyttämiseen. (Knuutila 2017a, 41.)

2.5.3 Riskien tunnistaminen ja arviointi

Tavoitteena riskien tunnistamisessa on havaita ja kuvata kaikki hankkeeseen liittyvät merkittävät riskit sekä mahdollisuudet, riskien lähteet, vaikutusalueet, tapahtumat sekä olosuhteiden muutokset ja niiden syyt ja mahdolliset seuraukset. Riskien tunnistaminen vaatii asiantuntemusta. (Rousku 2017, 21.)

Kun riskit on tunnistettu, voidaan arvioida niiden todennäköisyyttä ja seurausvaikutuksia. Riskit pyritään saattamaan jonkinlaiseen keskinäiseen järjestykseen. Riskejä tarkastellaan siis riskilajeittain ja niiden todennäköisyyksiä ja seurauksia arvioidaan karkealla asteikolla. Riskien todennäköisyyden arviointi voidaan toteuttaa verbaalisesti tai numeerisesti. Oleellisinta on, että kertaluokkaerot riskien todennäköisyyksissä ovat selkeitä. (Suominen 2003, 43.)

Riskien merkityksen arvioinnissa tavoitteena on saada käsitys siitä, mitä riskejä on tarpeen käsitellä ja missä tärkeysjärjestyksessä ne tulisi käsitellä. Joitain riskejä voidaan joutua arvioimaan myös uudelleen tai ne voivat vaatia jotain muuta täydentävää

analyysiä. Joitakin havaittuja riskejä voidaan jättää myös käsittelemättä, jos riskien merkityksen arvioinnin yhteydessä näin päätetään. (Rousku 2017, 25.)

Riskin suuruuden arviointi on haasteellista, eikä sitä juuri koskaan voida arvioida tarkasti. Arviointitehtävä tulisi mahdollisuuksien mukaan antaa samalle vastuuhenkilölle, joka on vastuussa myös riskin poistamisesta. Vastuuhenkilöltä edellytetään riittävää osaamista ja kokemusta. (Knuutila 2017a, 40.)

Erityistä huomiota riskianalyysissä tulisi kiinnittää niihin rakenneosiin, jotka eivät ole tavanomaisen rakennustavan mukaisia. Niihin liittyvien riskien suuruuden selvitys ja niistä tiedottaminen muille osallisille on oleellista onnistumisen kannalta. Riskin suuruus voidaan arvioida riskitulona. (Knuutila 2017a, 41.)

Hyvä asiantuntemus ja kokemukseen perustuva tulkinta ovat edellytyksiä onnistuneeseen riskin suuruuden määrittämiseen. Riskianalyysin teossa on hyvä hyödyntää esimerkiksi kosteudenhallintatyöpajoja, joihin osallistuvat koko rakennushankkeen eri osapuolet, jolloin pystytään keräämään kokemusperäistä tietoa juuri kyseiseen kohteeseen liittyen. (Knuutila 2017a, 41.)

2.5.4 Toimenpiteet

Kun riskin suuruus on arvioitu, tehdään päätökset tarvittavista toimenpiteistä. Vaihtoehtoisia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi riskin torjuminen, syyn poistaminen, todennäköisyyteen vaikuttaminen, seurauksiin varautuminen tai vaikuttaminen, riskin jakaminen tai riskin hyväksyminen. Yksittäiseen riskiin voi kohdistua yksi tai useampi toimenpide. Toimenpiteiden valinnan jälkeen tehdään suunnitelma niiden toteuttajista, vastuuta hoista, aikataulutuksesta ja varsinaisesta toteutuksesta. Toimenpiteiden vaikuttavuutta ja turvallisuutta mitataan seurannan ja palautteen avulla. (Rousku 2017, 26; Malmén & Wessberg 2004.)

Toimenpiteitä riskien poistamiseksi voivat olla esimerkiksi rakenneratkaisun muuttaminen, tarkentavien rakennepiirustusten teko, tarkentavien laskennallisten tarkasteluiden teko tai kokeellisesti tehtävä testi tai tutkimus rakenteen toiminnasta. Ne edellyttävät ajallisia ja taloudellisia resursseja. Riskien hallitsemiseksi tehtävät toimenpiteet voivat liittyä myös rakennusaikaiseen laadunvarmistukseen. Riskit voivat johtua rakennuksen kokonaistoiminnasta, esimerkiksi painesuhteista, jolloin riskien poistaminen edellyttää yhteistyötä rakennushankkeen eri osapuolien välillä. (Knuutila 2017a, 41–42.)

Yleissuunnitteluvaiheessa, jos joku riski on todettu hyväksymättömän suureksi, suunnittelun toimenpide-ehdotukset liittyvät esimerkiksi rakenneratkaisujen muuttamiseen tai tarkentavaan laskennalliseen/kokeelliseen selvitykseen. Tietty rakennusosa voidaan myös päättää toimittaa toteutussuunnittelua sisältävänä tuoteosakauppana, jolloin riskin pienentäminen perustuu tuoteosatoimittajalta edellytettäviin suunnittelu- ja laadunvarmistusasiakirjoihin. (Knuutila 2017a, 41.)

Jos rakennushankkeessa on tiukka aikataulu ja taloudelliset vaatimukset, on suositeltavaa välttää rakenneratkaisuja, joista ei ole aiempaa kokemusta. Riskianalyysin mukaiset toimenpiteet edellyttävät ajallisia ja taloudellisia resursseja. (Knuutila 2017a, 41.)

2.5.5 Riskianalyysin tulokset sekä niiden raportointi ja hyödyntäminen

Rakennusvalvontaviranomaiselle ja muille, joiden tulee tehtävissään huomioida asiakirjan sisältöä, toimitetaan riskianalyysiasiakirja. Rakennusvalvontaviranomainen voi riskianalyysin ja muiden rakennushankkeeseen ryhtyvältä saamiensa selvitysten perusteella määritellä ja tarkentaa kantaansa erityismenettelyn sisällöstä ja laajuudesta. Riskianalyysiraportti toimii lähtötietona laadunvarmistusselvitykselle ja kohdentavana asiakirjana ulkopuoliselle suunnittelun ja toteutuksen tarkastukselle. Riskianalyysin mukaiset erityismenettely- ja muut toimenpiteet dokumentoidaan rakennustyön tarkastusasiakirjaan suoraan tai laadunvarmistusselvityksessä tarkennetun menettelyn mukaisesti. Muun muassa teknisiä suunnitelmia, työmaan työsuunnitelmia ja tarkastustoimenpiteitä tarkennetaan riskianalyysin perusteella. (RIL 2016, 24.)

2.5.6 Riskien seuranta ja päivitys

Suunniteltuna osana riskienhallintaprosessia tulee olla seuranta ja katselmointi, joiden avulla varmistetaan riskienhallintakeinojen vaikuttavuus ja tehokkuus. Vastuut niistä tulee määritellä ja viestiä selvästi etukäteen. Niihin sisältyy valvontaa ja tarkastuksia, joita suoritetaan sovituin määrävälein kohdekohtaisesti. (Rousku 2017, 28.)

Seurannassa ja katselmoinnissa pyritään havaitsemaan muutoksia ja muutostarpeita. Prosessista muodostuva dokumentaatio ja erilaiset tallenteet säilytetään, jotta ne ovat saatavilla myös jälkikäteen. (Rousku 2017, 28.)

Erilaisten riskien analysointi, tunnistaminen, merkityksen arviointi ja käsittely edellyttää osapuolten välistä aktiivista ja säännöllistä viestintää (Rousku 2017, 28).

3 KORJAUSSUUNNITTELU JA RAKENTEELLISET RISKIT

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Vanha rakennus on kokonaisuus, joka kuvastaa oman aikansa suunnittelua. Se on suunniteltu ja toteutettu oman aikansa normien ja olosuhteiden mukaisesti ja se on todiste aikansa suunnitteluperusteiden ja toteutustekniikan riittävästä kelpoisuudesta. Rakennus on voinut läpikäydä jo useampia muutos- ja korjaustöitä vuosien varrella, ja mitä vanhempi rakennus on, sitä epävarmemmat lähtötiedot usein on saatavilla. Lähtötietojen määrään ja saatavuuteen vaikuttaa kuitenkin merkittävästi se, miten niitä on aikanaan dokumentoitu ja varastoitu. (Lindberg 1994, 257.)

Korjauskohteen historia ja nykytilanne luovat lähtökohdat suunnittelulle korjauskoh-teissa. Korjauksien suunnittelu aloitetaan vanhojen suunnitelmien pohjalta, mutta niiden paikkansa pitävyyteen pitää kuitenkin suhtautua varauksella. Etenkin jos kohteessa on käytetty paikallarakentamisen tekniikkaa, on kohteessa todennäköisesti eroavaisuuksia vanhojen suunnitelmien ja toteutuksen välillä. Vanhojen suunnitelmien lisäksi korjaus-suunnittelussa on yleensä lähtötietoina rakennuksen kuntotutkimus ja vaurioselvitykset sekä selvitykset kantavuuksista ja purettavista rakenteista. (Kallio 2005, 531.)

Ennen suunnittelutyön aloittamista täytyy selvittää rakenteen nykyinen kunto sekä mah-dolliset vauriot ja puutteet. On tärkeää selvittää myös vaurioiden syyt, jotta vastaavan-laisten vaurioiden toistuminen voidaan estää. Suunnittelu- ja etenkin työmaavaiheessa kohteesta selviää aina lisätietoja ja sen takia lopputuloksen laatu ja kustannukset eivät ole yhtä hyvin ennakoitavissa kuin uudisrakentamisessa. Korjausrakennuskohteille on-kin ominaista, että hankkeen etenemistä on vaikeaa ennakoida. Tämän takia suunnitte-lijan mukana olo koko rakentamisajan on tärkeää, koska suunnitelmia joudutaan muut-tamaan ja päätöksiä tekemään vielä rakentamisvaiheessakin. Etenkin, jos suunnittelu-vaiheessa on heikosti lähtötietoja saatavilla, painottuu päätöksen teko enemmän raken-nusvaiheeseen. Kuntotutkimuksissa ei myöskään välttämättä ole osattu tuottaa kaikkia tarvittavia lähtötietoja suunnittelua varten, ja tutkimuksia sekä mittauksia joudutaan te-kemään lisää myöhemmissä vaiheissa. Korjausrakennuskohteiden suunnittelu on siis raskaampaa kuin uudisrakentamisessa ja vaikka absoluuttinen työmäärä uudisrakenta-misessa on usein suurempi, vaatii korjauskohteen suunnittelu enemmän resursseja

työmaavaiheessa. Etenkin suunnittelun alun merkitys korostuu, mutta myös purkuvaiheessa voi ilmetä asioita, joita ei edes huolellisella suunnittelulla ja esiselvityksillä olisi voitu välttää. Korjausrakennuskohteiden suunnittelu vaatii myös omanlaistaan tietämystä ja asiaan perehtymistä kaikilta osallisilta. Vanhojen rakenteiden ja rakentamistapojen tietämys on tärkeässä asemassa. Koko prosessin ajan on oleellista tehdä kiinteästi yhteistyötä eri alojen suunnittelijoiden, rakennuttajan ja viranomaisten kanssa, koska esimerkiksi määräyksiä voidaan joutua tulkitsemaan ja niistä joustamaan. Korjausrakentamisessa lopputulos onkin usein eri osapuolien muodostama kompromissi. (RIL 1988, 224–226; RIL 1995, 85.) Rakennushankkeeseen ryhtyvän, pääsuunnittelijan, erityisalojen suunnittelijoiden, projektin johtajan ja työmaan vastaavan mestarin vastuut sekä toiminta korostuvat korjausrakentamisessa (Nieminen ym. 2013, 9).

Rakenteiden tuntemisen lisäksi rakennuksen vaurioiden kartoittamisessa tulee tuntea koko rakennuksen fysiikka ja kosteustekninen toiminta. Vaurioiden kannalta merkittäviä tekijöitä ovat kostumis-/kuivumiskäyttäytyminen, tuuletus sekä painesuhteet tilojen välillä. (Kallio 2005, 530.)

Suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava rakenteissa todetut vauriot, niiden syyt ja seuraukset. Korjauksen periaateratkaisut eivät välttämättä korjaa olemassa olevaa vikaa, vaan vaurion syyt on selvitettävä ja poistettava ensin. Syy vaurioihin voi löytyä myös muualta kuin vaurioituneesta rakenteesta tai vauriokohdasta. Suunnittelijan onkin varmistettava ratkaisujen soveltuvuus kohteeseen, koska esimerkkiratkaisut eivät aina sovellu kaikkiin kohteisiin. Asiantuntemus korostuu riskitekijöitä määritettäessä, kun läheskään kaikki riskitekijät eivät ole laskennallisesti määritettävissä vaan tulosten tarkastelu vaatii kriittisyyttä ja ymmärrystä laskennan ulkopuolisten tekijöiden vaikutuksista. Suunnittelijan on aina varmistettava valittujen ratkaisujen soveltuvuus kohteeseen. Uudet rakenteet osana kokonaisuutta, joka on edelleen riskialtis, ei ole kestävä ratkaisu. (Nieminen ym. 2013, 21.) Ei siis pidä keskittyä vain yksittäiseen rakenneosaan tai ominaisuuteen, vaan tarkastella kokonaisuutta. Korjaussuunnittelussa lopputulos on aina jonkinasteinen kompromissi kaikkien rakenteen toiminnan kannalta tärkeiden kriteerien välillä, jotta saadaan kokonaisuutena toimiva ratkaisu. Tavoitteena on käyttäjille turvallinen ja terveellinen lopputulos. (RIL 2014, 50.)

Rakenneratkaisuissa tulisi pyrkiä selkeisiin perusratkaisuihin, joiden toimivuutta on helppo arvioida. Erityistä huolellisuutta tulisi kiinnittää eri kosteudenlähteiden synnyttämiin rasituksiin ja varmistaa rakenteen kuivuminen. Rakenneratkaisun tulisi olla myös

helposti rakennettavissa ja korjattavissa, eikä se saa olla herkkä työ- tai ylläpitovirheille. (RIL 2014, 17–18.)

Alkuperäiset rakenteet ovat usein kosteustekniseltä toiminnaltaan virheellisiä tai vähintäänkin nykykäsityksen mukaan niin sanottuja riskirakenteita. Suunnittelua ei päästä aloittamaan tyhjästä purkamalla kaikki, vaan suunnittelu tapahtuu olemassa olevan rakenteen ehdoilla. (RIL 2014, 50.)

3.2 Rakenteelliset riskit ja vauriot korjausrakennuskohteissa

Korjauskohteissa riskejä aiheuttavat muun muassa olemassa olevassa rakennuksessa piilevät ongelmat, uuden käytön vaatimat rakenteelliset muutokset, suunnittelijoiden osaaminen, suunnitelmien, materiaalien ja rakenteiden yhteensopivuus, vanhan rakennustekniikan tuntemus, korjaustyön taso sekä ympäristön ja käyttäjien huomioiminen olemassa olevissa tiloissa (Kallio 2005, 529). Esimerkiksi korjauskohteissa, joissa palokuorma on työmaalla jo valmiiksi paikalla, paloriskit ovat huomattavasti suuremmat kuin uudisrakentamisessa. Paloriskin suuruus kuitenkin vaihtelee paljon myös korjauskohteiden välillä. (RIL 1995, 37.) Rakennusmateriaalien ikääntyminen aiheuttaa myös riskejä korjauskohteissa. Rakenneosille ja rakennusmateriaaleille on yleensä määritetty niin sanottu tekninen käyttöikä, jolla kuvataan ajanjaksoa, jolloin kyseisen rakenneosan tai materiaalin tulisi täyttää sille asetetut tekniset toimivuusvaatimukset. Todellinen käyttöikä kuitenkin vaihtelee käytön ja kulutuksen mukaan. Riskit voivat aiheuttaa myös puutteita rakennuksen suorituskyvyssä, jolloin syntyy korjauskustannuksia sekä mahdollista haittaa rakennuksen käytössä sekä käyttäjien terveydelle että hyvinvoinnille. (Knuutila 2017a, 39.)

Perusedellytyksenä riskienhallinnassa on toimintaympäristön tunteminen, joten erikoistumisessa korjausrakentamiseen on iso etu. Käytettävä korjaustekniikka määrittyy tyyppisten vaurioiden, eri aikakausina käytettyjen kiellettyjen aineiden ja käytetyn rakennustekniikan mukaan. Korjauskohteisiin erikoistuminen ja osaaminen ilmenee korjaushankkeissa häiriöttömyytenä ja taloudellisena tuloksena. Rakenteiden ja rakennusosien sekä materiaalien tuntemus ja vanhenemismekanismit ovat nykypäivänä suhteellisen hyvin jo tiedossa ja niihin löytyy erikoistuneita kokeneita osaajia. Myös koulutuksen ansiosta osaaminen lisääntyy ja paranee koko ajan. (Kallio 2005, 529, 531.)

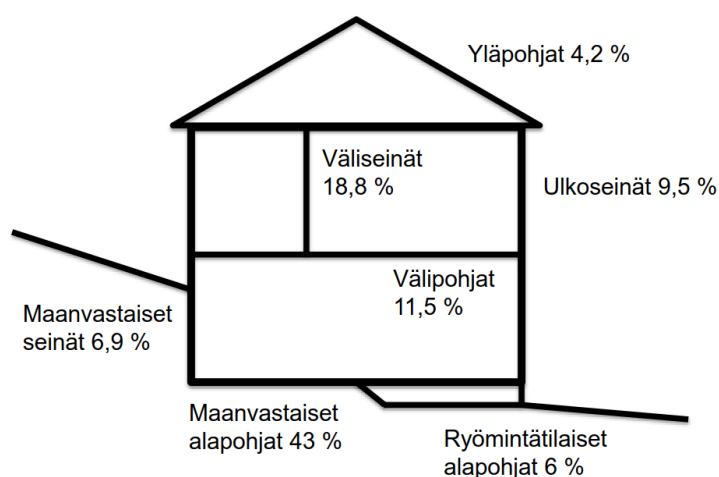
Vaurioitumis- ja sortumisriskit ovat suurimmillaan korjaustyön aikana, kun kuormitustilanteet muuttuvat, eikä kaikkiin niihin olla välttämättä osattu varautua. Tämä riski korostuu etenkin purkutoissa, joissa tuleekin noudattaa rakennesuunnittelijan etukäteen tekemiä suunnitelmia purkumenetelmistä ja tilapäistuennoista. (RIL 1995, 102–103.)

Vanhoissa rakennuksissa virheitä voi ilmetä teknisessä toimivuudessa, toiminnallisuudessa ja koettavuudessa. Ne ovat voineet syntyä rakennuttamisessa, suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä tai materiaalivalmistuksessa. Käytölle haitallisimpia virheitä ovat toiminnalliset virheet, mutta myös virheet teknisessä toimivuudessa voivat haitata käyttöä. Teknisen toimivuuden virheet aiheuttavat myös vaaran rakenteiden vaurioitumisesta. Koettavuudessa ilmenevät virheet perustuvat enemmänkin kokemukseen ympäristöstä, imagosta ja orientoitumisesta ympäristöön. Virheet voivat ilmetä välittömästi tai vasta vähitellen. Vähitellen ilmenneistä vaurioista hyvä esimerkki on esimerkiksi betonijulkisivut, joissa vauriot huomataan vasta vuosien päästä, jolloin vastaavaa rakennustapaa on käytetty laajalti muuallakin ja näin samoja virheitä ilmenee saman aikakauden rakennuskannassa. (Kaivonen 1994, 21–22.) Myös korjausrakentamisessa tapahtuu virheitä ja rakenteiden tasapainottumisessa kuluu aikaa, joten mahdolliset puutteet ilmenevät vasta myöhemmin (RIL 1988, 263). Rakennusfysikaalisilla simuloinneilla tai rakenteen vertailulaskelmilla voidaan vaikuttaa korjausrakentamisesta aiheutuviin riskeihin. Ongelmana on arvioida muun muassa vanhan rakenteen rakennusfysikaaliset ominaisuudet ja ikääntyminen.

Ongelman todellisen lähteen määrittäminen voi olla alussa hankalaa, koska alustavissa tutkimuksissa ei välttämättä ole tehty rakenneavauksia tai vastaavia tutkimuksia syyn selvittämiseksi. Korjaushankkeen aikana usein ilmeneekin uusia ongelmia, jotka edellyttävät kiinteää yhteistyötä eri suunnittelualojen ja muiden toimijoiden välillä. Lisätutkimuksia ja selvityksiä voidaan joutua tekemään hankkeen aikana, jotta korjaussuunnittelu saadaan toteutettua.

Tulevaisuudessa rakenteiden toimivuus ja säilyvyys korostuvat entisestään, kun esimerkiksi rakennusten ulkovaipparakenteet joutuvat toimimaan entistä vaikeammassa olosuhteissa ilmastonmuutoksen myötä. Samalla pyritään parantamaan rakennusten energiatehokkuutta, joka pienentää lämpöhäviöitä ja sitä kautta niitä ei voida hyödyntää ylimääräisten kosteuskuormien kuivaamiseen. Merkittävä tekijä on myös rakentamisen laatu, josta etenkin korjausrakentamisen kohdalla on vasta vähän tutkittua tietoa. (Nieminen ym. 2013, 9.)

TTY:n kosteus- ja mikrobivauriotietokannan perusteella rakenteelliset vauriot, jotka esiintyvät koulurakennuksissa jakautuvat eri rakenteisiin kuvan 4 mukaisesti. Huomattava osa vaurioista sijoittuu maanvastaisiin rakenneseisiin, etenkin alapohjaan. Tähän syynä voidaan pitää sitä, että rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta ei ole ymmärretty riittävästi, eikä kosteuden kulkeutumista kapillaarisesti ja diffuusiolla ole estetty. Myös rakenteissa käytetyt orgaaniset materiaalit vaikuttavat riskialttiuteen. Yläpohjarakenteissa ja ulkoseinissä havaittujen vaurioiden määrä oli huomattavasti pienempi. Tätä voidaan selittää sillä, että kyseiset rakenteet on suunniteltu suojaamaan rakennusta ulkoilman kosteusrasituksilta. Vanhojen rakennuksien yläpohja on myös usein tuulettuva ja heikosti eristetty, mikä johtaa hyvään kuivumiskykyyn. Yläpohjarakenteiden tutkiminen, vaurioiden havaitseminen ja korjaaminen on myös huomattavasti helpompaa, kuin maanvastaisissa rakenteissa, eli osa puutteista on jo ajan myötä todennäköisesti korjattu. (Annala, Suonketo, & Pentti 2014, 6–8.)



Kuva 4. Kosteus- ja mikrobivaurioiden jakautumien eri rakenteisiin (Annala ym. 2014, 6).

3.2.1 Perustukset ja sokkeli

Perustuksissa vauriot ilmenevät usein viimeiseksi, vaikka usein ylempänä rakenteissa ilmenevät vauriot ovat seurausta perustusten vaurioitumisesta. Vaurioita perustuksiin voi kehittyä hitaasti ajan myötä, jolloin kyse on rakenteen eliniän täyttymisestä tai nopeasti, joka viittaa siihen, että rakennusmateriaalit eivät olleet sopivia rakennuspaikkaan tai perustusrakenteiden heikko laatu johtuu rakennus- tai suunnitteluvirheestä. Syyt, jotka johtavat vaurioihin, voidaan karkeasti jakaa pohjatutkimuksissa tehtyihin virheisiin, suunnitteluvirheisiin, perustamistöissä tehtyihin virheisiin, ympäristössä tapahtuneisiin

muutoksiin, rakennuksen muutostöihin tai ympärillä tehtyyn uudisrakentamiseen. (Heinonen 1994, 235.)

Perustusrakenteiden ikääntyminen on syynä vanhan rakennuskannan perustusvaurioihin, sillä huonosta laadusta johtuneet vauriot ovat ilmenneet jo aiemmin ja näin ollen huonolaatuista rakennuskantaa on karsiutunut pois. Käyttötarkoituksen muutokset voivat kuitenkin vaurioittaa olemassa olevaa vanhaa rakennuskantaa, jos perustusratkaisua ei tarkisteta uusien suunnitelmien yhteydessä. Vastaavasti uudemmassa rakennuskannassa ilmenevät vauriot johtuvat pääosin huonosta suunnittelusta tai toteutuksesta, kun rakennusmenetelmille ja -materiaaleille ominaista ikääntymistä ei vielä ole tapahtunut, eikä tästä johtuvia vaurioita syntynyt. (Heinonen 1994, 238.)

Perustuksissa yleisin vaurio on ylisuuri painuma, joka ilmenee joko perustuksissa kauttaaltaan tai jossain sen osassa. Perustusten ylimääräinen painuma voi olla seurausta alapuolisten puurakenteiden lahoamisesta tai perustusten kantokyvyn ylittymisestä. Kantokyvyn ylittymiseen voivat johtaa joko perustusrakenteen vaurioituminen tai alkupe-
räisten suunnittelukuormien ylittyminen. (Heinonen 1994, 238.)

Pohjavesitilanne on merkittävin perustuksiin vaikuttava ympäristötekijä. Maapohjan painumista aiheuttaa mm. pohjaveden pinnan aleneminen, josta syntyy lisäkuormaa maakerroksille. Pohjaveden pinnan alentuessa myös mahdolliset puurakenteiset perustukset altistuvat laholle. Syitä pohjaveden pinnan alenemiseen ovat muun muassa syvärakentaminen, putkikaivantojen sora-arinat, kaukolämpöjohtojen lämpövuodot, rannikkoalueiden maan kohoaminen sekä imeytysalueiden pieneneminen. (Heinonen 1994, 238.)

Perustuksiin syntyy halkeamia, kun muodonmuutokset kasvavat suuremmiksi perustusten painuessa. Syntyneistä raoista vesi pääsee tunkeutumaan rakenteeseen ja jäätyessään se aiheuttaa lisää vahinkoja. Rakennuksen ympärillä tehtävät maatyöt ja -täytöt voivat myös lisätä alapuolisten maakerrosten kuormitusta, joka aiheuttaa maakerrosten kokoonpuristumista. Maa voi myös siirtyä täytön reunoilla sivuille päin, esimerkiksi rakennuksen alle, jolloin mahdollinen paalutus voi taipua tai jopa katketa. (Heinonen 1994, 239.)

Perustusrakenteisiin kulkeutunut kosteus homehduttaa ja lahottaa alapohjaa. Puutteellinen tai väärin mitoitettu salaojitus, rakennukseen päin viettävä maa sekä huonosti toimiva maanpainesoin vedenieristys ovat yleisiä syitä kosteusvaurioille. Perustusten ja alapohjan salaojitushiekkakerroksella katkaistaan veden kapillaarinen nousu rakenteisiin. Jos kapillaarikatkon paksuus ei ole riittävä tai veden kapillaarista nousua ei ole

muuten estetty, perustukset ja muut maata vasten tehdyt rakenteet ovat alttiita kosteusvaurioille. Muita syitä kosteusvauriolle voivat olla puu- ja kivirakenteiden välisen kosteuden eristeen puuttuminen, puutteellinen sadevesien ohjaus, maapinnan kallistukset tai sisäilman kosteus. (Heinonen 1994, 239; Weijo ym. 2019, 45.)

Sokkelirakenteissa ilmeneviä riskejä ovat valesokkeli, puiset rakenteet suorassa kosketuksessa betoniin, sokkelihalkaisun eristeen vaurioituminen, veden kulkeutuminen rakenteeseen, kylmäsilat, jotka voivat aiheuttaa kosteuden tiivistymisen rakenteisiin, pinnoitteen irtoaminen, kalkkihärme, ilmavuodot ja sokkelirakenteen kosteuden aiheuttamat vauriot muissa perustuksiin liittyvissä rakenteissa. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008f.)

3.2.2 Maanvastaiset seinärakenteet

Maanvastainen seinä voi olla anturallinen perusmuuri tai paaluille, kaivinpaaluille tai pilareille perustettu. Kellari voi olla kokonaan tai osittain maanalainen. Seinä voi olla tehty betonista, tiilestä tai kevytbetonista ja kevytbetoniharkoista. Vanhemmissa rakennuksissa seinä on voitu tehdä myös kiviladontana. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008b.)

Maanvastaiseen seinään lämmöneriste voidaan sijoittaa sisä- tai ulkopintaan tai rakenteen sisälle. Paras ratkaisu kosteusteknisesti on ulkopuolinen eristys. Kellari voidaan toteuttaa myös vesitiiviinä betonirakenteena, esimerkiksi pohjavedenpinnan alapuolella. Veden- ja lämmöneristeen sijoitus rakenteessa on vaihdellut eri aikakausina. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008b.)

Perinteisesti alimpiin kerroksiin on sijoitettu varasto ja säilytystiloja, jotka voivat olla osittain tai kokonaan maan alla. Käyttötarkoituksen muutoksessa näistä tiloista muutetaan usein esimerkiksi sauna-, kokous- tai kerhotiloja, mikä edellyttää muutoksia tilan lämpötilassa nostamalla sitä uutta käyttötarkoitusta vastaavalle tasolle. Muutostöissä on huomioitava olemassa olevan rakenteen kosteus, sillä esimerkiksi uudella pinnoitteella tai lisälämmöneristeellä voidaan aiheuttaa kosteusvaurio, jos rakenteeseen pääsee kosteutta. Sisäilman lämpötilan muutos voi myös aiheuttaa kosteuden tiivistymisen lämmöneristeen ja betonin rajapintaan. Pohjaveden hetkellinen nouseminen voi myös aiheuttaa veden nousemista lattiapinnoille. (Nieminen ym. 2013, 30.)

Diffuusiolla maaperästä siirtyvä kosteus, rakennekosteus, sisäilman kosteus ja hule- ja pohjavedet ovat maanvastaisten seinien merkittävimpiä kosteuslähteitä. Vedeneristysten puutteet, aiheuttavat tyypillisimmät vaurioitumistilanteet maanvastaisille seinärakenteille. Vedeneriste sijoitetaan maanpaineeseen ulkopuolelle, jolloin sen rikkoutuessa tai eristeen yläreunasta, vesi pääsee seinän ja eristeen väliin ja sitä kautta rakenteisiin. Lisäksi puutteet ympäröivän maanpinnan kallistuksissa, salaojajärjestelmässä sekä hulevesien ohjauksessa lisäävät maanvastaisten seinien ja perustusten kosteusrasitusta. (Weijo ym. 2019, 44; Heinonen 1994, 240.)

Maanvastaisissa seinärakenteissa tyypillisiä vaurioita aiheuttaakin juuri rakenteeseen tunkeutunut kosteus. Erityisesti, jos rakenne on lämmöneristetty sisäpuolelta, vesi ja kosteus rakenteessa on erityisen haitallista. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008b.)

3.2.3 Alapohjarakenteet

Kosteus aiheuttaa tyypillisimmät ongelmat alapohjarakenteissa. Vettä kulkeutuu alapohjarakenteisiin yleensä puutteellisen pintavesienohjauksen, salaojien puuttumisen tai puutteellisen toiminnan sekä puutteellisen tai virheellisen kapillaarikatkon seurauksena. Myös perusmuurien ja muiden maanpinnan alaisten rakenteiden puutteellinen vedeneristys, ryömintätilaisen alapohjan puutteellinen tuuletus tai muuten liian kostea ilma sekä mahdolliset putkivuodot lisäävät alapohjan kosteusrasitusta. Rakennuksen käytön aikana tehdyt muutokset ja puutteet piharakenteissa ja esimerkiksi pihastutuksissa voivat myös muuttaa pihan kuivana pidon ratkaisuja. (Nieminen ym. 2013, 30.)

Maanvarainen laatta on yleinen alapohjaratkaisu, kun maanpohjan kantavuus on riittävä. Niissä on ilmennyt paljon ongelmia, kun lattioita on pinnoitettu tiiviillä tai kosteutta kestävämmillä pinnoitteilla. Etenkin vuosina 1960–1990 rakennetuissa maanvaraisissa alapohjissa on havaittu paljon kosteusvaurioita. Maanvaraisissa alapohjissa tyypillisiä vaurioita ovat pintamateriaalien irtoaminen ja värivauriot, pintamateriaalin ja tasoitteen mikrobivauriot, kosteudesta aiheutuvat emissiot (liimat, materiaalien hajoaminen), betonilattiaan liittyvien puuosien mikrobivauriot sekä laatan ja lämmöneristeen alaisiin muovikalvoihin kertynyt kosteus. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008c.) Maanvaraisissa lattioissa kosteusvauriot voivat olla myös seurausta lattian alaisten vesi- ja lämpöputkien syöpymisestä (Heinonen 1994, 251).

Maanvastainen alapohja eroaa kosteustekniseltä toiminnaltaan muista rakennuksen vaipparakenteista. Se on jatkuvassa kosketuksessa lämpimän ja kostean pohja- tai täyttömaan kanssa. Jatkuva kosteusrasitus on huomioitava rakennesuunnittelussa. Vuodenajat ja vuodet aiheuttavat vaihtelua maaperän kosteustilanteessa. Kapillaarikatkon toimivuudella ja painesuhteilla on suuri merkitys rakenteen toimivuuden kannalta. (Peltola 2008, 114.)

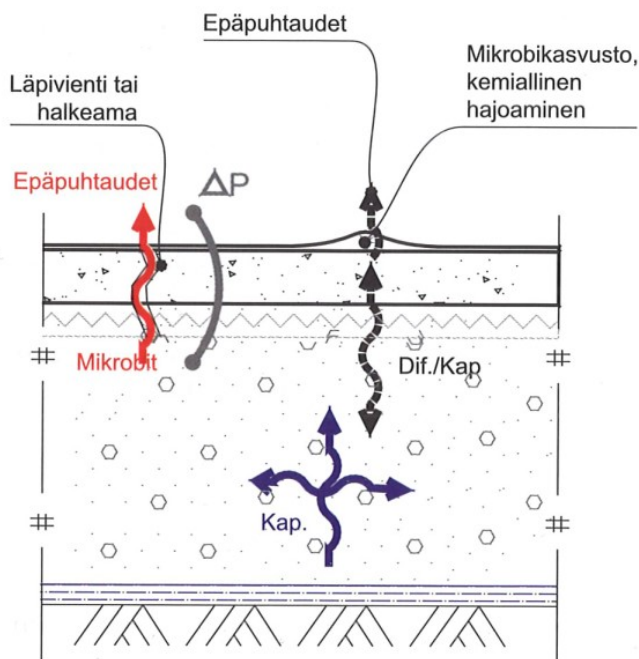
1970-luvulta eteenpäin maanvastaisissa laatoissa on eristeenä käytetty polystyreeniä. Rakennuksen keskialueilla eristettä ei kuitenkaan usein käytetty lainkaan betonilaatan alla. Aiemmin, 1960- ja 1970-luvuilla eristemateriaalina on käytetty myös mineraalivilla ja sementtipuukuitulevyä (Toja-levy). Mineraalivillassa, joka on maata vasten, esiintyy yleensä enemmän ja pahemmin haisevaa mikrobikasvustoa kuin polystyreenissä. Suuremman ilmanläpäisevyyden takia epäpuhtaudet pääsevät myös kulkeutumaan helpommin ja laajemmalle alueelle mineraalivillassa. Mineraalivilla päällä on myös käytetty usein paperia tai pahvia, joka on erittäin herkkä homehtumaan. Täyttösorassa on myös ollut paljon vaihtelua ja vielä 1980-luvulla saattoi se sisältää hienojakoista maa-ainesta, joka edesauttaa kosteuden kulkeutumista maanvastaisiin rakenteisiin kapillaarisesti. (Peltola 2008, 114, 116.)

Maapohjan lämpeneminen, jota tapahtuu erityisesti rakennuksen keskialueella, josta lämmöneriste lattiasta puuttuu, aiheuttaa kosteusvirran. Iso sisäänpäin siirtyvä kosteusvirta voi vaurioittaa rakennus- ja pintamateriaaleja ja sitä kautta edesauttaa epäpuhtauksien ja mikrobien leviämistä, josta seuraa terveys- ja hajuhaittoja. Sisäänpäin siirtyvä kosteusvirta voi aiheuttaa myös lattiapinnan keraamisten laattojen irtoamista. Erityisen herkkä kosteusvaurioille on betonilattian päällä oleva puukoolattu lattia, jota esiintyy esimerkiksi liikuntasaleissa ja teknisen työn tiloissa. (Peltola 2008, 114–115.)

Höyrynsulun sijoittaminen väärään paikkaan aiheuttaa myös vaurioita. Se saattaa estää rakenteen kuivumisen. Jos höyrynsulku on sijoitettu eristeen alapuolelle, on se erityisen ongelmallinen, koska silloin mahdolliset vuotovedet jäävät höyrynsulun päälle ja eriste on jatkuvasti kostea. Jatkuva kosteusrasitus eristekerroksessa johtaa mikrobivaurioihin. Käytännössä ilmavirtaukset ja epäpuhtauksien siirtyminen sisäilmaan voidaan estää tiiviillä betonilaatalla, mutta epätiiviyden läpivientien, halkeamien tai liitosten kautta epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan. (Peltola 2008, 115.)

Rakennus on suunniteltava alipaineiseksi ulkoilmaan nähden, jotta sisätiloista tuleva kosteuskonvektio ei aiheuttaisi pitkäaikaista kosteusrasitusta ulkovaipan rakenteisiin.

Jos korvausilman saantia ei ole huolellisesti suunniteltu ja toteutettu, korvausilma voi tulla alapohjan kautta ilmapuotoina. Paikalliset ilmapuodot ja suuri alipaine aiheuttavat tiettyihin paikkoihin keskittyneenä vetoa sekä epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin vuotoilman mukana. (Peltola 2008, 115.) Kuvassa 5 on havainnollistettu maanvastaisen alapohjan toimintaa ja vauriomekanismeja.



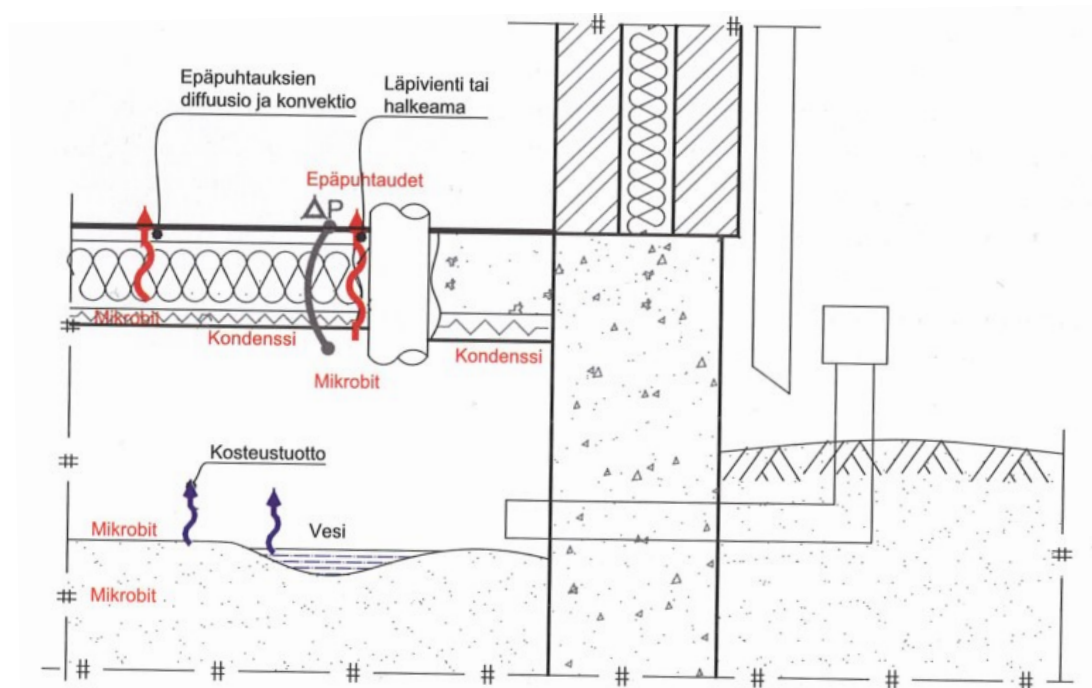
Kuva 5. Periaatteellinen toimintakuvaus maanvastaisesta alapohjasta ja sen vauriomekanismeista (Peltola 2008, 115).

Ryömintätilaisella alapohjalla tarkoitetaan kantavaa alapohjaa, jonka alla on tuulettuva tila. Ryömintätila mahdollistaa rakenteiden kunnon tarkkailemisen ja ryömintätilaan voidaan sijoittaa talotekniikkaa. Ryömintätilan tuuletuksesta tulee huolehtia ja jokaiseen osaan ryömintätilaa tulee olla järjestetty kulku.

Ryömintätilallinen, kantava alapohja on tyypillinen ratkaisu paalu- ja pilariperustuksilla. Tavallisin rakenne nykypäivänä on lämmöneristetty ontelolaattaelementti, jossa voi olla myös yläpuolinen lämmöneristys ja pintalaatta. Aiemmin tyypillisin toteutustapa on ollut paikallavalurakenteet, jonka päällä on lämmöneriste ja pintalaatta, mutta myös lämmöneristämättömiä rakenteita löytyy vanhimmasta rakennuskannasta. Tuuletuksen toimivuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota maanalaisissa tiloissa. Puurakenteinen alapohja on riskialttiimpi kuin betoninen. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008a.)

Ryömintätilallisissa alapohjissa ongelmia aiheuttaa useimmiten ryömintätilaan jätetty orgaaninen jäte, joka tuleekin poistaa korjaustöiden yhteydessä. Alustilaan jätetty ylimääräinen materiaali voi tuottaa terveydelle haitallisia yhdisteitä tai toimia mikro-organismien kasvualustana. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008e.)

Kosteudenlähteistä merkittävin on yleensä ulkopuolisen kosteuden pääseminen rakenteisiin ja ryömintätilaan. Ulkopuolinen kosteusrasitus johtuu useimmiten huonosti toteutetusta kapillaari- ja kosteuskatkoista, puutteellisesta tai kokonaan puuttuvasta salaojituksesta, täyttömaan aineksen kapillaarisuudesta tai puutteellisista maanpinnan kallistuksista ja sadevesien ohjauksesta. Yleisimmät ryömintätilallisten tuulettuvien alapohjien ongelmat liittyvätkin maasta nousevaan kosteuteen ja tuuletuksen riittämättömyyteen. Tuuletusaukkojen määrä, koko ja sijainnit tulee olla toteutettu niin, että alapohjan tuuletus on riittävä ja kattaa koko alapohjan kauttaaltaan. Ryömintätilan lämpö- ja kosteuskäyttäytymiseen vaikuttaa merkittävästi sen ilmanvaihto, koska jos se toimii puutteellisesti, kosteuspitoisuus pääsee nousemaan ja rakenteet vaurioitumaan. Orgaaniset aineet lisäävät mikrobien kasvuedellytyksiä ja helpottavat niiden leviämistä. Ryömintätilan käyttö tavaroiden säilytykseen heikentää myös alapohjan tuuletusta. (Raksystems 2020a, 10.) Kuvassa 6 on havainnollistettu alapohjan vauriomekanismeja.



Kuva 6. Ryömintätilallisen alapohjarakenteen periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit (Peltola 2008, 115).

Kosteusteknisesti ryömintätilainen alapohja toimii hyvin talvella, mutta kesäaikana ryömintätila on ongelmallinen. Ryömintätilan ilma on talvella lämpimämpää verrattuna ulkoilmaan, jolloin tuuletuskanavien kautta ryömintätilaan tuleva ilma lämpenee ja sen suhteellinen kosteus pienenee. Tämän takia ulkoilma kuivattaa ryömintätilaa talvella. Liian suuri ilmanvaihtuvuus kuitenkin jäädyttää ryömintätilaa ja kasvattaa suhteellista kosteutta. Kesäkaudella tilanne on päinvastainen kuin talvella ja ulkoa tuleva lämmin ilma kasvattaa ryömintätilan suhteellista kosteutta luoden otolliset olosuhteet homekasvustolle. Jos ryömintätilassa on esimerkiksi puurakenteita, voivat ne vaurioitua ulkoilmasta tulevasta kosteudesta. Ryömintätilan kosteuden kannalta lämpötila on kriittisen tärkeä. Ilman merkittävät lämpötilaerot voivat nostaa tilan suhteellista kosteutta asianmukaisesti rajoitetusta maaperän kosteudentuotosta ja toimivasta ilmanvaihdosta riippumatta. (Peltola 2008, 126.)

3.2.4 Ulkoseinärakenteet

Merkittävimmät kosteusriskit ulkoseinärakenteille ovat sadeveden tai lumen sulamisveden aiheuttamia. Veden pääsy rakenteisiin, imeytyminen julkisivumateriaaleihin tai sääsuojauksen puutteet julkisivua purettaessa edes auttavat vaurioiden syntymistä. Kosteuden pitkäaikainen ajoittainenkin rasitus lämmöneristyskerroksessa johtaa kosteus-, home- ja lahovaurioihin. Paine-erojen vaikutuksesta esimerkiksi homeitiöt pääsevät kulkeutumaan huoneilmaan, sillä etenkin vanhemmissa rakennuksissa rakenteen sisäkerrosten ilmapitävyys on usein riittämätön. Tehtävät korjaukset muuttavat ilmanvaihdon toimintaa ja siksi ilmanvaihdon suunnittelu kuuluu oleelliseksi osaksi korjaussuunnittelua. (Nieminen ym. 2013, 30.)

Julkisivumateriaaleihin imeytynyt vesi ja lämpötilamuutokset rapauttavat julkisivumateriaalia ja tämä taas heikentää julkisivukiinnityksiä. Myös betonin karbonatisoituminen johtaa korroosioon, joka heikentää betoniraudoituksien kestävyyttä. Ongelmat kasvavat, kun raudoitusta ei enää suojaa riittävä betonikerros. (Nieminen ym. 2013, 30–31.)

Ulkoseinillä tulisi olla aina riittävä kuivumiskyky. Usein vanhojen rakennuksien seinärakenteissa se on kuitenkin merkittävästi huonompi. Rankarunkoisia ulkoseiniä on aiemmin tehty tuulettumattomina, ilman ulko-osan tuuletusväliä. Lämmöneristeiset tuulettumattomat ulkoseinät yleistyivät 1960-luvulla ja niitä tehtiin aina 1990-luvulla saakka. Tuulettuvissa julkisivuissa tuulettuvan ilmatilan tarkoituksena on poistaa rakenteeseen pääsystä kosteutta tuuletusilman mukana. Jos tuuletusväliä ei ole tai se ei ole seinän

alareunasta avoin, rakenteeseen päässyt kosteus vaurioittaa tuulensuojalevyä, eristeitä ja runkorakennetta. Tuulettumattomassa rakenteessa kuivuminen tapahtuu materiaalien hygroskooppisuuden ja esimerkiksi julkisivulaudoituksen rakojen kautta. Vanhoissa ulkoseinärakenteissa on myös matalampi lämmöneristystaso, jolloin rakenteen läpi kulkeva suurempi lämpövirta kuivattaa rakennetta. Ulkoseinään kohdistuva kosteusrasitus vaikuttaa myös sen kuivumiskyvyn tarpeeseen. (Ympäristöministeriö 2016, 156; Peltola 2008, 191–192.)

Julkisivurakenteiden tulisi olla myrskysateenpitäviä ja toimia sadetakkiperiaatteella, jolloin sadevesi valuu hallitusti rakenteen pinnalta pois. Sadevesi voi imeytyä julkisivun pintaan kapillaarisesti tai valua tai konvektoitua epätiiviistä kohdista rakenteen sisään. Julkisivun vauriot, liitoskohdat, ikkunat, ovet sekä räystäät, vaikuttavat myös omalta osaltaan ulkoseinien kosteusrasitukseen ja rakenteen sisälle tunkeutuvaan kosteuteen. (Ympäristöministeriö 2016, 156.)

Lisälämmöneristys massiivisten ulkoseinärakenteiden sisäpinnassa alentaa rakenteen lämpötilaa ja altistaa sen esimerkiksi pakkasvaurioille, kun kylmemmässä rakenteessa kuivuminen tapahtuu hitaammin tai saattaa loppua jopa kokonaan. Mitä paksumpi sisäpuolinen lämmöneristys on, sitä suurempi todennäköisyys on rakenteen kosteusvaurioitumiselle pitkällä aikavälillä. Rakennuksissa, joissa käytössä muodostuu vain vähän sisäilmaan kosteutta, ohut sisäpuolinen lämmöneristys voi olla toimiva. (Ympäristöministeriö 2016, 156.)

Kosteus rakenteessa voi aiheuttaa mikrobikasvustoa esimerkiksi eristeissä tai puurakenteissa. Vaurioita voi ilmetä myös seinän sisäpuolella pintakäsittelyissä ja ilmapuodot vaurioituneesta rakenteesta sisätilaan aiheuttavat terveys- ja hajuhaittoja. Ulkoseinän tiili-verhous saattaa ulkopinnastaan rapautua, jos tiili ei ole pakkasenkestävää. Yleistä vanhoissa ulkoseinärakenteissa on myös sisäkuoren huono ilmatiiveys, etenkin ikkuna- ja oviliittymissä. (Peltola 2008, 191; Ympäristöministeriö 2016, 157.)

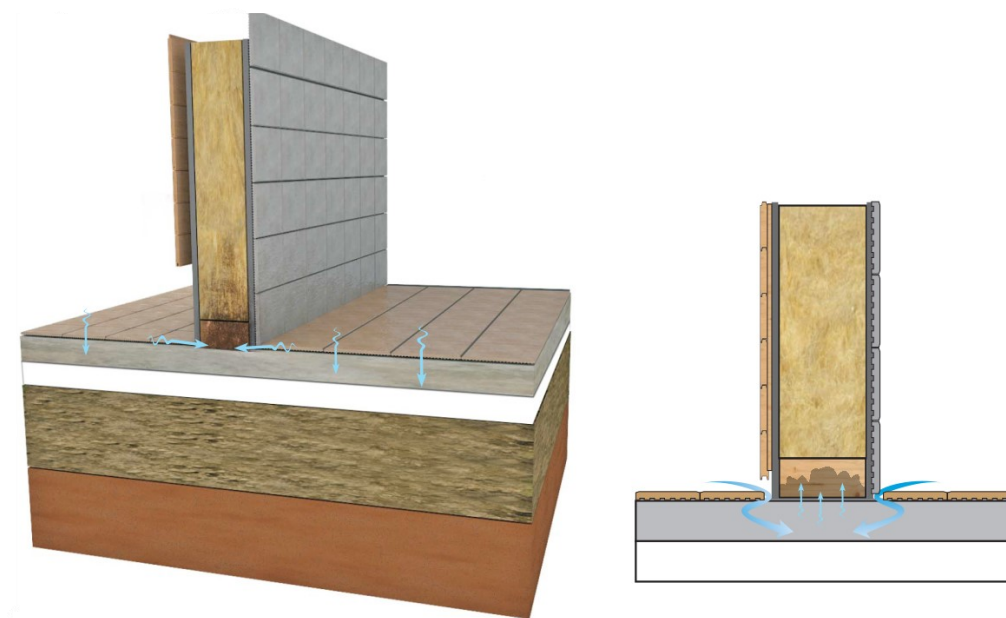
3.2.5 Välipohjat ja -seinät

Välipohjien ja -seinien yleisimmät kosteus- ja mikrobivaurioiden aiheuttajat ovat rakennusaikainen kosteus, putkivuodot, kosteiden ja märkätilojen vuodot, lattioiden pesu runsaalla vedellä ja sisäilman kosteuden tiivistyminen kylmille pinnoille. Rakennuksen kerrosten väliset paine-erot synnyttävät ilmavirtauksia, mikä johtaa epäpuhtauksien

leviämiseen vaurioituneesta rakenteesta sisäilmaan epätiivien liitosten ja läpivientien kautta. (Weijo ym. 2019, 50).

Välipohjat voidaan karkeasti jaotella kantavan rakenteen perusteella puurakenteisiin ja teräsbetoniin välipohjiin. Vanhoissa puurakenteisissa välipohjissa on usein erilaista orgaanista täytettä, joka vaurioituu herkästi kosteuden vaikutuksesta. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi turve, sammal, olki, sahanpuru ja kutterinlastu. Täytemateriaalien lisäksi puurakenteisissa välipohjissa kosteuden aiheuttamia vaurioita esiintyy kantavien vasojen päissä, jotka on upotettu muuratun ulkoseinän sisälle. Suurimman riskin teräsbetonisissa välipohjissa muodostaa kantavan laatan ja pintabetonin välinen täyte- tai eristekerros, jossa on käytetty esimerkiksi mineraalivillamattoa, lastuvillalevyä tai hiekkaa sekä rakenteen sisään jätetyt muottilaudoitukset. (Weijo ym. 2019, 50).

Vedeneristeen puutteet ovat usein syynä märkätilojen vaurioitumiseen, kuten kuvassa 7 on havainnollistettu. Puutteita voi syntyä vedeneristeen ikääntyessä, rakenteiden halkeillessa tai muun vaurioitumisen seurauksena. Myös virheet, jotka on tehty rakentamisen aikana, kuten läpivientien puutteellinen tiivistäminen, voi johtaa rakenteiden vaurioitumiseen. Vedeneriste voi myös vaurioitua märkätilojen muutoksissa sen elinkaaren aikana esimerkiksi uusista kiinnityksistä voi syntyä vuotoreitti vedeneristeen vaurioituessa. (Weijo ym. 2019, 50).



Kuva 7. Märkätilan ja saunan väliseinän vaurioituminen (Hometalkoot 2012, 101).

3.2.6 Vesikatteet ja yläpohjat

Yläpohja rakenne voi olla kalteva tai tasakattoinen. Yläpohjarakenteen kattokaltevuus vaihtelee katemateriaalin ja rakennustyyppien mukaan. Yleensä kosteuden tiivistyminen yläpohjarakenteisiin johtuu yläpohjarakenteen epätiiviydestä ja sen tuomasta lämmöstä, joka ei olemassa olevalla tuuletuksella poistu rakenteesta. Tuuletustila voi olla myös liian matala tai tuuletusraot puutteelliset. Läpiviennit, kuten kattokaivot ja -ikkunat sekä vesikatteen rikkoutuminen aiheuttavat vuotoja yläpohjarakenteisiin. Lämmöneristeissä ilmenee myös usein puutteita. Yläpohjan vuodot ja vauriot voivat aiheuttaa vaurioita myös seinäarakenteisiin. (Raksystems 2020b, 11.)

1950-luvulla tiilikatteet olivat vielä yleisiä, kun taas 1960-luvulla peltikatteet ja 1970-luvulla yleistyivät loivat kermikatteiset katot. Kattovuotojen aiheuttamia ongelmia ilmenee kaiken ikäisissä rakennuksissa. Vauriot ja puutteet räystäspellityksissä ovat myös yleisiä kaikenikäisissä rakennuksissa. Esimerkiksi vanhoista koulurakennuksista usein puuttuu räystäältä myrskypellit ja räystäspellitykset ovat muutenkin niukkoja. (Peltola 2008, 215.)

Vanhan rakennuskannan loivien kattojen vedeneristys on käytännössä vähintään kerran uusittu. Pääasiallinen syy korjauksille on katon toimivuuden ja vedeneristeen kestävyysvarmistaminen, mutta myös kattojen lämmöneristävyttä parannetaan. Tehdyillä korjauksilla on pyritty parantamaan liikuntasaumojen, ylösnostojen ja läpivientien vedenpitävyyttä ja katteiden käyttöolosuhteiden parantamiseen. Uudet katteet, etenkin kumibitumikermi, lisäävät samalla vedeneristyksen kestävyyttä mekaanista rasitusta vastaan. (Nieminen ym. 2013, 31.)

Perinteisesti loivien kattojen tuulettamiseen on käytetty alipainetuulettimia. Jos rakenteeseen on kuitenkin päässyt kosteutta, sen kuivuminen pelkkien alipainetuulettimien kautta voi kestää jopa vuosikymmeniä. Uritetut villarakenteet otettiin käyttöön 1980-luvulla ja niiden oli tarkoituksena tehostaa kattorakenteen tuulettumista urien kautta. Urisissa oleva tuuletusilma lämpenee, jolloin sen kyky sitoa kosteutta kasvaa ja tuuletusilman kautta kosteutta poistuu rakenteesta. Auringon lämmittävä voima tehostaa katon kuivatusta. (Nieminen ym. 2013, 64.)

Puutteellinen tuuletus ja yläpohjan huono ilmanpitävyys sekä siitä aiheutuva kostea sisäilma ullakotiloissa ovat keskeisiä riskitekijöitä harjakatoissa. Lisälämmöneristyksellä voidaan entisestään pahentaa tilannetta pienentämällä tuuletusta ja hidastamalla rakenteiden kuivumista. Harjakatto on yleensä kuitenkin varmempi toiminnaltaan, kuin vanhat

loivat katot. (Nieminen ym. 2013, 31.) Etenkin loivissa katoissa yläpohjan tuuletus voi olla puutteellinen, jos seinän ja räystäspellityksen välissä on liian pieni rako. Tämä voi aiheuttaa kosteusvaurioita, jos kosteus kondensoituu kylmille pinnoille. Lämmöneristyskerroksen vahvuus yläpohjassa etenkin 1950- ja 1960-luvuilla rakennetuissa rakennuksissa on riittämätön. (Peltola 2008, 214.)

Kosteutta yläpohjaan voi päästä katemateriaalin vuotokohdista, joita ovat esimerkiksi kattorakenteen läpiviennit ja liitoskohta tai katemateriaalin ikääntymisen seurauksena. Talvisin lumen sulaessa kosteutta yläpohjarakenteisiin voi päästä myös matalien katto-
luukkujen ja -ikkunoiden sekä muiden läpivientien kautta. Vanhemmista tiili- ja peltika-
toista puuttuu useimmiten aluskate. Uudemmissa rakennuksissa siinä taas on usein rei-
kiä tai limitykset ovat puutteelliset. Aluskatteet ovat myös moni paikoin liian lyhyitä, ja
sitä kautta vesi pääsee valumaan ulkoseinärakenteen sisään. (Peltola 2008, 214.)

Räystäspellityksellä on myös suuri merkitys seinä ja yläpohjarakenteiden suojauksessa kosteudelta. Myrskypellin tulee estää myrskytuulella veden ja lumen pääsy rakenteisiin. Pellityksien saumat, peltien irtoaminen tai niissä olevat reiät altistavat yläpohjan kosteus-
vaurioille. (Peltola 2008, 214.)

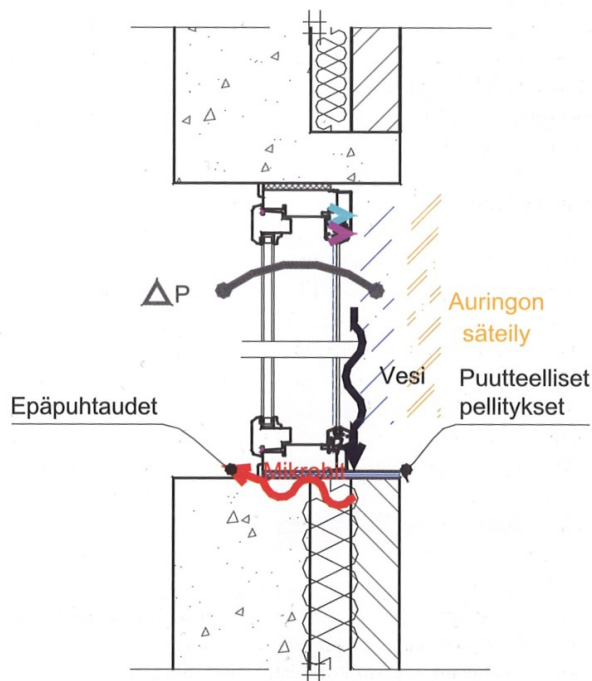
Jos ilmanvaihto on voimakkaasti alipaineinen se voi imeä epäpuhtauksia yläpohjasta si-
säilmaan. Yläpohjassa oleva kosteus voi vaurioittaa myös alakattoa ja seiniä sisätiloissa. Kosteusvauriot ilmenevät sisätiloissa usein esimerkiksi pintakäsittelyn hilseilynä tai
akustiikkalevyjen vuotojälkinä. Pitkäaikainen kosteusrasitus aiheuttaa myös sisäpuoli-
sissa pintarakenteissa mikrobikasvustoa, josta seuraa terveys- ja hajuhaittoja. Vastaa-
vasti, jos rakennuksessa vallitsee ylipaine ja höyrynsulun liittymät eivät ole tiiviitä, kos-
teutta voi siirtyä sisätiloista rakenteisiin. (Peltola 2008, 214.)

Kevytsoraeristeisissä loivissa katoissa ilmenee vähiten ongelmia, koska kevytsora tasaa
kosteuksia. Tuulettuva kevytsorakerros kuivuu vesivuotojen jälkeen. Jos vettä pääsee
kuitenkin kevytsoran alapuolisiin rakenteisiin, rakenteet voivat mikrobivaurioitua. (Peltola
2008, 215.)

Ylösnostot ja läpiviennit on kaikissa kattotyypeissä tarkastettava ja korjattava säännölli-
sesti. Tuulettuvien kattojen tuulettavuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, kun taas
loivissa katoissa vedenpoiston merkitys korostuu. 1960- ja 1970-luvuilla tehdyissä loi-
vissa katoissa on usein ongelmia kattokaivojen ja -ikkunoiden kanssa. Katemateriaalin
suosituskaltevuudet on huomioitava kaikissa kattotyypeissä. (Peltola 2008, 215.)

3.2.7 Ikkunat

Ikkunoiden vaurioita ilmenee kaikenikäisissä rakennuksissa. Ikkunoiden yleisimpiä vaurioitumisen syitä ovat ulkoinen säärasitus, joka voi käsittää auringon säteilyn, viistosateen, lämpötilan vaihtelun, lumen, jään ja tuulen rasituksen, käytöstä aiheutuva rasitus, huollon puute, mahdollinen virheellinen pintakäsittely ja valikoimattoman puun käyttö karmi- ja puitterakenteissa. Ikkunoiden vauriomekanismeja ja periaatteellista toimintaa on esitetty kuvassa 8. Säärasitus vaihtelee rakennuksen eri julkisivuilla. Pienimmillään säärasitus on pohjois- ja itäsivuilla, jolloin vaurioita syntyy vähemmän, kun taas länsi- ja eteläisivuilla rasitus on suurempi. Vauriot ilmenevät maalipinnan hilseilemisinä, puun halkeiluna sekä home- ja lahovaurioina. Vaurioiden lisäksi ikkunoiden uusimiseen voi olla syynä niiden huono ilmatiiviyys ja lämpötalous. (Peltola 2008, 200.)



Kuva 8. Ikkunan vauriomekanismit ja periaatteellinen toiminta (Peltola 2008, 201).

Kosteus altistaa rakenteet, seinän lämmöneristeet, ikkunan apukarmit, ikkunan karmit ja puitteet, mikrobikasvustolle. Vaurioita voi ilmetä myös seinän sisäpuolisessa pintakäsittelyssä. Päästyään sisäilmaan mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet aiheuttavat terveyshaittoja sekä hajuhaittoja. (Peltola 2008, 200–201.)

Ikkunoilla on ilmanvaihdolle oleellinen merkitys, kun ilmanvaihto on painovoimainen tai siinä on koneellinen poisto. Tällöin korvausilma tulee ulkoilmaventtiilien lisäksi ikkunoiden kautta. Ilmanvaihdon toiminta on huomioitava ikkunoita uusittaessa, jottei se heikkene tai rakennuksen painesuhteet muutu merkittävästi. Jos ikkunat uusitaan liian tiiviinä, ilman että huomioidaan kokonaisuutta, muodostuu alipaine, jonka seurauksen ilmavirtauksia tulee rakenteiden läpi. Alipaineesta johtuvat rakenteiden läpi tulevat ilmavirtaukset voivat kuljettaa mukanaan mahdollisia epäpuhtauksia rakenteista. (Peltola 2008, 201.)

3.3 Yleisesti tunnetut riskirakenteet

Riskirakenteella tarkoitetaan rakennetyyppejä, joka on todettu vaurioherkäksi rakenteeksi niin käytännössä kuin rakenteita tutkittaessakin. Riskirakennemääritelmä ei kuitenkaan suoraan tarkoita, että rakenne on automaattisesti vaurioitunut, vaan sen kunto tulee selvittää. Useimmiten riskirakenteet ovat oman aikakautensa määräysten ja ohjeiden mukaisia ja riskialttius on ilmennyt vasta myöhemmin. Näiden riskialttiiksi todettujen rakennetyyppien käytöstä on sittemmin luovuttu. Tyypillistä riskirakenteille on, että vaurio aiheutuu kosteuden kulkeutumisesta rakenteeseen, joko ulkopuolelta maaperän kautta tai sisäilmasta vesihöyrynä. Vaurion tapahtuminen, eli riskin toteutuminen tulisi pyrkiä todentamaan ja useimmiten se on mahdollista vain rakenneavauksin. (Raksystems 2020a, 3.)

Veden pääseminen rakenteisiin on itsessään jo ongelma, mutta suurempi ongelma ilmenee, jos rakenteiden kuivuminen on estetty, eikä rakenteeseen päässyt vesi näin ollen pääse poistumaan. Tällaisia tilanteita voi ilmetä esimerkiksi alapohjissa puutteellisen tuuletuksen, salaojituksen, kapillaarikatkojen tai veden ohjauksen seurauksena. Myös erilaiset lisälämmöneristykset muuttavat rakenteen toimintaa, jolloin alkuperäisen rakenteen lämpötila ja fysikaalinen toiminta muuttuvat, jonka seurauksena vettä voi päästä tiivistymään rakenteisiin. Myös rakenteiden tiivistykset, tuuletusrakojen puute tai niiden tukkeutuminen tai julkisivun liian tiivis pinnoite ovat yleisiä ongelmakohtia julkisivuissa. Puutteellinen tuuletus ja lisääntynyt kosteusrasitus luovat otolliset olosuhteet kosteusvaurion kehittymiselle. Höyry- ja ilmatiiveys ovat myös isossa asemassa, kun puhutaan kosteusvaurioista, koska epätiiveyskohdista ilma pystyy kuljettamaan paine-erojen takia kosteutta ja mikrobeja ulko- tai sisäilmaan. (Paju 2014, 51–52.) Veden pääsy rakenteisiin onkin ehdottomasti estettävä ja tämän takia esimerkiksi vesikatto- ja

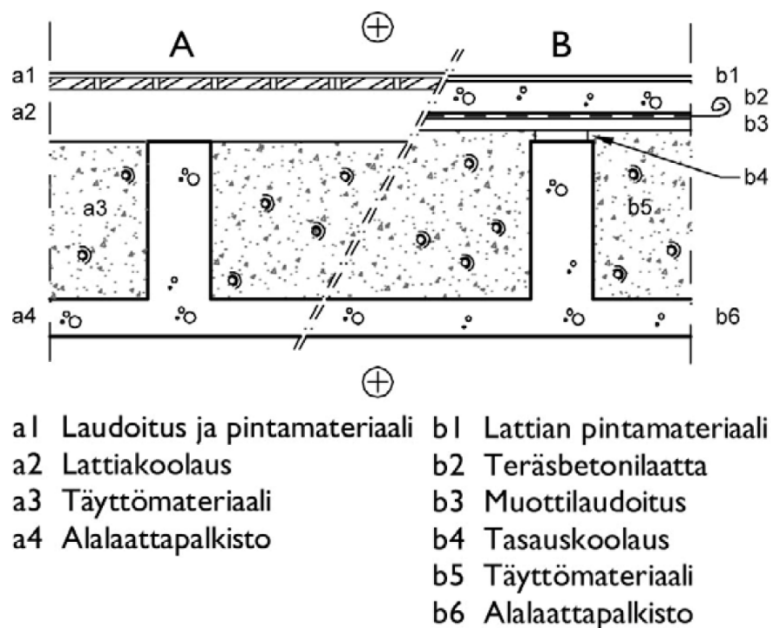
julkisivukorjauksissa tulee käyttää ns. suojatelttarakenteita, jotta työt voidaan tehdä suojatuissa olosuhteissa. (Kallio 2005, 532.)

1970-luvun loppuun asti riskirakenteita ovat olleet alapohjarakenteet ja maanvastaiset seinärakenteet. Niiden suunnittelussa kaikkia kosteuden siirtymismuotoja ei ole osattu huomioida, vaan kosteus on päässyt vaurioittamaan rakenteissa olevia sisäpuolisia lämmöneristeitä, rakennuslevyjä ja puurakenteita. 1970-luvun lopun jälkeen vaurioita ulkoseiniin ja alapohjiin ovat aiheuttaneet esimerkiksi valesokkeli ja liian matalat perustusratkaisut, jotka ovat johtaneet puuosien, erityisesti alajuoksujen, vaurioitumiseen. 1980-luvulla märkätiloissa muovipintaiset lattiamatot ja seinätapetit syrjäytti keraaminen laatoitus, joka ei yksistään kuitenkaan ollut riittävä vedeneriste. Vedeneristämättömät märkätilat luokitellaan nykypäivänä riskirakenteeksi. Etenkin väliseinissä ja välipohjissa ilmevät vauriot liittyvät usein märkätiloihin tai muihin vesipisteisiin niiden läheisyydessä. (Annala 2015, 166–167.)

Usein kosteus- ja mikrobivauriot havaitaan pinnoitteissa tapahtuvista muutoksista. Kuitenkin kolmasosa vaurioista on piileviä ja niiden havaitseminen edellyttää joko rakenneavauksia tai tilassa esiintyvää mikrobiperäistä hajua. Vauriot esiintyvät yleensä kivirakennetta vasten olevissa materiaaleissa, joten rakenteen näkyvä pinta voi näyttää täysin virheettömältä. (Annala 2015, 167.)

3.3.1 Alalaattapalkistojen eristeiden vauriot

Alalaattapalkistoa on käytetty ylä-, väli ja alapohjarakenteena 1920–1950-luvuilla. Siinä voi olla joko puukoolaus tai betonirakenteinen ylälaatta, kuten kuvassa 9 on esitetty. (Hongisto 2016, 2.) Alalaattapalkisto on yleinen rakenne esimerkiksi tiilirakenteisissa kouluissa, jotka on rakennettu ennen 1960-lukua. Yleisimpänä vaurioitumisen syynä alalaattapalkistoissa on vesijohto- ja viemäriputkien vuodot laatan päällä olevassa eristetilassa. Etenkin hitaasti ajan mittaan tapahtuvaa vuotoa on vaikea havaita. Lattioiden pesussa käytetty runsas vesimäärä on voinut myös vaurioittaa rakennetta. Vaurioita on havaittu myös ulkoseinän alueilla, kun esimerkiksi tiiliseinän läpi on tullut vettä kapillaarisesti tai ikkuna- ja ovirakenteiden liittymät ovat vuotaneet. Laatan kannatinpalkit muodostavat talvella rakenteessa kylmäsilan ja kylmän välipohjan kohdalla voi olla umpitiiliseinän sisäpinta. Etenkin betonipalkkien kyljessä on tämän takia vaara kosteuden tiivistymiseen. (Peltola 2008, 187.)



Kuva 9. Alalaattapalkisto puukoolauksella ja betoniylälaataalla (Ympäristöministeriö 2016, 199).

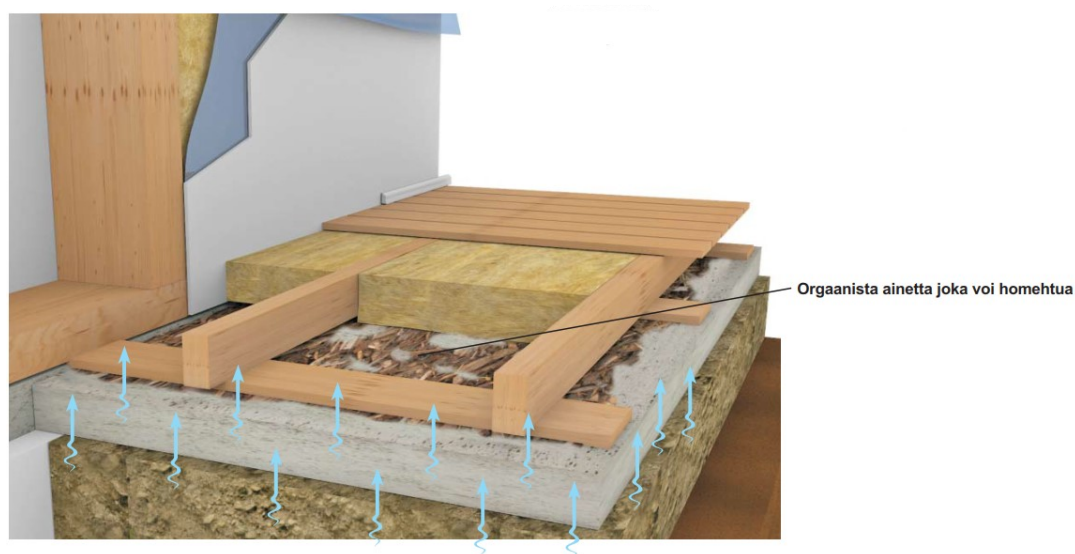
Useimmiten eristeenä alalaattapalkiston välissä on käytetty kutterinlastua ja purua, mutta myös turvetta, sammalta sekä erilaista rakennusjätettä. Palkkien muottilaudat on usein myös jätetty paikoilleen. Rakenteen välissä on siis kosteudesta hyvin herkästi vaurioituvaa materiaalia. Jo rakennusaikainen kosteus on voinut homehduttaa eristemateriaalit tai kosteus on voinut päästä rakenteeseen käytön aikana. Tehtäessä jälkeinpäin läpivientejä timanttiporaamalla, sen jäähdytysvesi saattaa myös aktivoida homekasvun. Läpiviennit vaikuttavat myös ilmavirtauksiin ja niiden suuntaan, jolloin vanhojen eristeiden epäpuhtaudet voivat päästä kulkeutumaan sisäilmaan. Koneellinen poistoilmanvaihto ja sen aiheuttama alipaine saattaa lisätä vaurioiden haittavaikutuksia sisäilman laatuun. (Peltola 2008, 187.)

3.3.2 Maanvastaisen betonilaatan yläpuoliset puulattiarakenteet

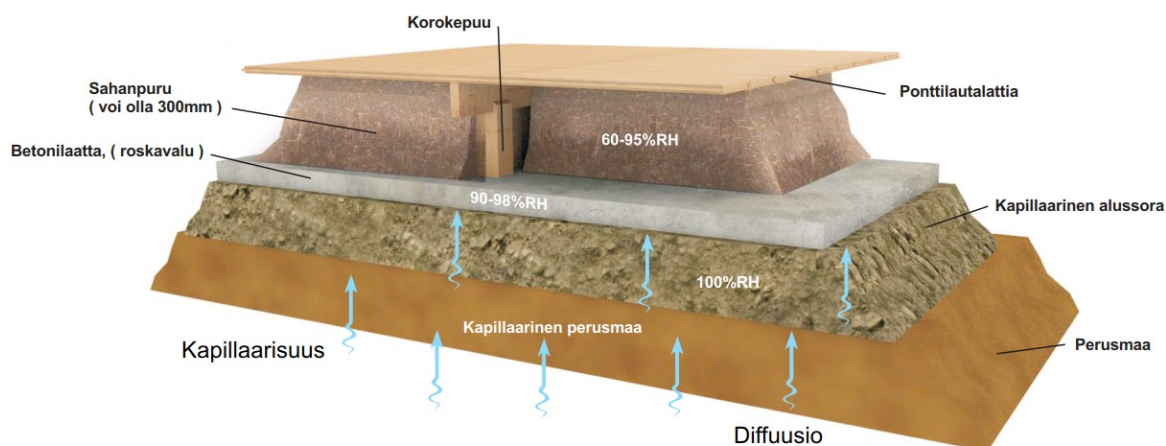
Yleisesti betonilaatan yläpuolisia puulattiarakenteita rakennettiin 1940–1980-luvuilla. Riskinä rakenteessa on, että maaperän kosteus pääsee nousemaan betoniin, jolloin se vaurioittaa lämmöneristeitä ja puurakenteita. Mahdollinen rakennusvaiheessa rakenteisiin jäänyt kosteus ja sisäilman vesihöyryn tiivistyminen betonilaatan ja lämmöneristeen rajapintaan lisää vaurioitumisriskiä. Jos betonilaatan alla ei ole lämmöneristettä ja sen alainen täyttömaa on hienojakoista, rakenne on herkkä kosteusvaurioille. Vauriot eivät

ilmene lattiapintaa tarkastelemalla tai tutkimalla, koska vauriot ilmenevät lämmöneristeen ja sen alla olevan betonilaatan rajapinnassa. (Raksystems 2020a, 7.) Lattian pintamateriaalista ja sen tiivyydestä riippuen, lattian sisällä syntyneen mikrobivaurion itiöt, rihmasto ja aineenvaihduntatuotteet, voivat päästä leviämään huonetilaan. Eristeiden lisäksi myös betoni voi mikrobivaurioitua. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008d.) Kuvissa 10 ja 11 on havainnollistettu rakennetta ja sen kosteusriskejä.

Betonilattian yläpuolisia puukoolattuja lattioita esiintyy esimerkiksi teknisen työn tiloissa ja liikuntasaleissa (Peltola 2008, 114).



Kuva 10. Puulattia eristämättömän betonilaatan päällä (Hometalkoot 2012, 30).



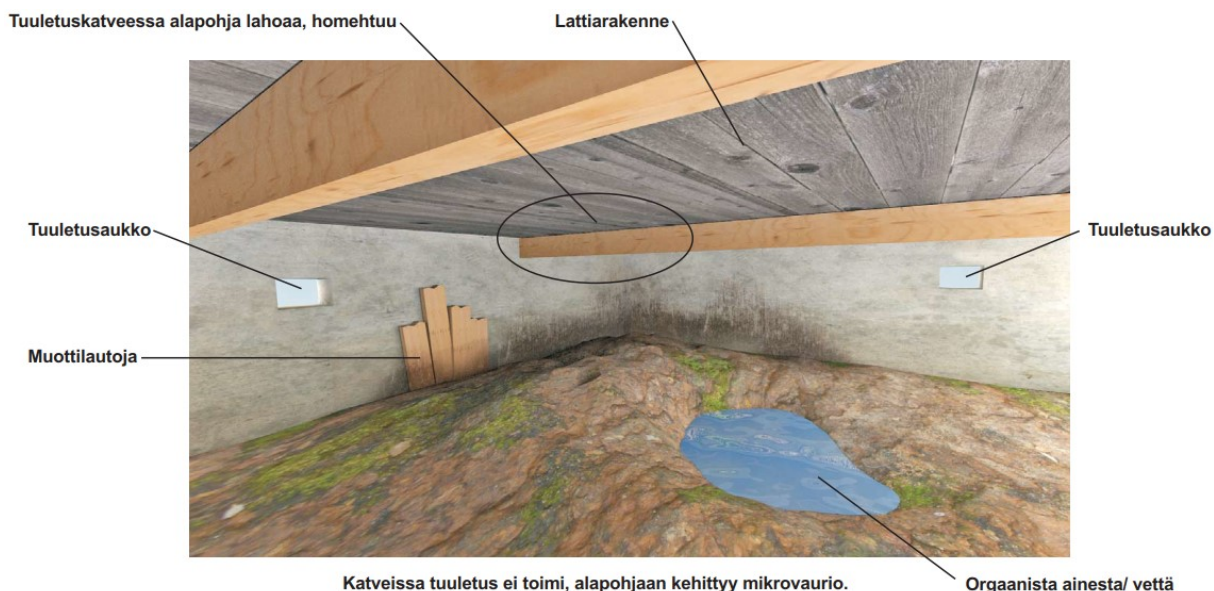
Kuva 11. Puulattia sahanpurueristeellä eristämättömän maanvastaisen betonilaatan päällä (Hometalkoot 2012, 34).

3.3.3 Ennen vuotta 1950 rakennetut hirsiseinät

Pientaloissa käytettiin ennen vuotta 1950 runkorakenteena tyypillisesti hirttä, joka oli verhoiltu sisä- ja ulkopuolelta. Hirsirungon kunnon tarkistaminen ei siis onnistu ilman rakenneavauksia. Hirsirungoissa tyypillisiä vaurioita ovat alimman hirsikerran laho- ja hyönteisvauriot. Syynä vaurioihin on kosteuden kapillaarinen nousu, kosteudeneristysten puuttuminen, liian tiivis julkisivuverhoilu tai sisäpuolinen lisälämmöneristys. Myös piileviä kosteusvaurioita esiintyy runsaasti, jotka ovat syntyneet vuosikymmenten varrella. (Raksystems 2020a, 9.)

3.3.4 Huonosti tuulettuvat puurakenteiset alapohjat

Alapohjarakenteena tuulettuva puurakenteinen rossipohja on ollut käytössä 1800-luvulta saakka ja sitä käytetään edelleen. Alapohjan ryömintätilan lämpö- ja kosteustekninen toimivuus vaikuttavat koko alapohjarakenteen toimivuuteen. Oikeanlaisella kunnossapidolla ja käytöllä rakenne on turvallinen. Jos ryömintätilaan kertyy kosteutta, se luo kasvualustan mikrobikasvustolle. (Raksystems 2020a, 10.) Ryömintätilaisia alapohjarakenteita ja niiden vaurioitumista on käsitelty aiemmin yleisesti luvussa 3.2.3. Kuvassa 12 on esitetty tuulettuvan alapohjan rakenteita ja vauriomekanismeja.



Kuva 12. Tuulettuva alapohja (Hometalkoot 2012, 89).

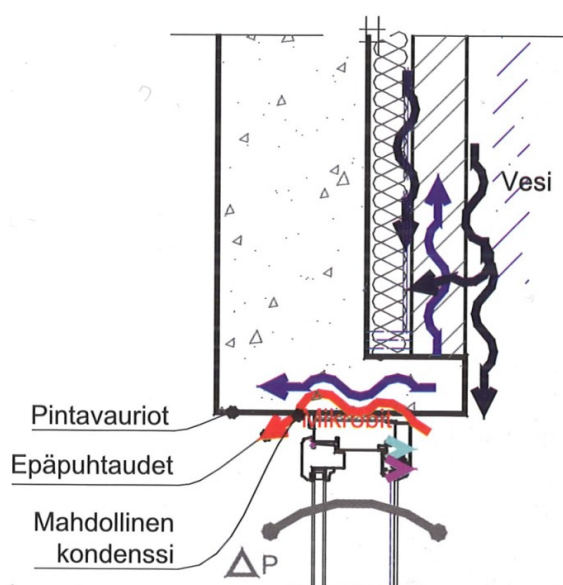
3.3.5 Ikkunoiden päällä olevat leukapalkit

Leukapalkki alkoi yleistyä 1950-luvun puolivälin jälkeen puolinauha- ja nauhajulkisivuissa betonirunkoisissa rakennuksissa. Tiilimuuratuissa julkisivuissa sitä käytettiin 1980-luvun alkuun saakka. (Peltola 2008, 209.)

Tiilijulkisivuissa, joissa leukapalkkia yleisesti käytetään, puuttuu usein tiiliseinien liikuntasaumat, jolloin tiiliseinä vaurioituu leukapalkin lämpö- ja kosteusliikkeistä. Tiiltien muurausauomoissa leukapalkkien päätyjen alueella on usein nähtävissä halkeamakuviot. Lämpö- ja kosteusliikkeet voivat aiheuttaa myös halkeilua ja lohkeilua leukapalkeissa, jonka takia raudoiteteräksset voivat altistua korroosiovaurioille. Seinien halkeilu aiheuttaa myös sortumavaaran. (Peltola 2008, 208.)

Vanhat tiiliseinät ovat usein tuulettumattomia tai tuuletusraot ovat liian pieniä tai täynnä muurauslaastia. Ikkunapalkin yläpuolisesta tiilirakenteesta puuttuu usein tuuletus- ja vedenpoistoaukot, jolloin leukapalkki patoaa rakenteeseen esimerkiksi pitkään jatkuneen viistosateen takia tunkeutuneen kosteuden. (Peltola 2008, 208.)

Leukapalkki toimii myös kylmäsiltaana rakenteessa. Leukapalkin kautta rakenteeseen päätynyt vesi voi vaurioittaa ikkuna- tai seinärakenteita ja aiheuttaa rakenteisiin mikrobikasvustoa. Vauriot voivat ilmetä myös seinän sisäpuolella pintakäsittelyn vaurioitumisena. (Peltola 2008, 208.) Kuvassa 13 on esitetty leukapalkin toimintaa ja vaurioitumista.



Kuva 13. Leukapalkin periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit (Peltola 2008, 208).

3.3.6 Kaksoisbetonilaattarakenne

Pääsääntöisesti kaksoisbetonilaattarakenne on ollut käytössä 1960–1970-luvuilla, mutta eri muodoissa sitä on käytetty tähän päivään asti. Siinä pohjalaatan ja se päälle asennetun lämmöneristeen päälle on tehty toinen betonivalu. Rakenne luokitellaan riskirakenteeksi, jos lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaa tai lastuvillaeristettä eli Toja-levyä, tai eristetilassa kulkee vesi- tai lämpöjohtoja. Riskialttiin rakenteesta tekee maaperästä ja ryömintätilasta rakenteeseen siirtyvä kosteus sekä mahdolliset putkivuodot. Lämmöneristekerrokset betonilaattojen välissä voivat olla mikrobivaurioituneet. Vauriota ei useimmiten näy lattiapinnalla vaan se havaitaan poikkeavan hajun perusteella tai seinien alaosien kosteusjäljistä. (Raksystems 2020a, 12.)

Tyypillisesti kosteus rakenteeseen tulee joko maaperästä alemman betonilaatan kautta tai vesi pääsee valumaan perustusten kautta lämmöneristekerrokseen. Jos vettä pääsee leviämään laajalle alueelle eristetilassa, vaurioalueet muodostuvat varsin laajoiksi. (Raksystems 2020a, 12.)

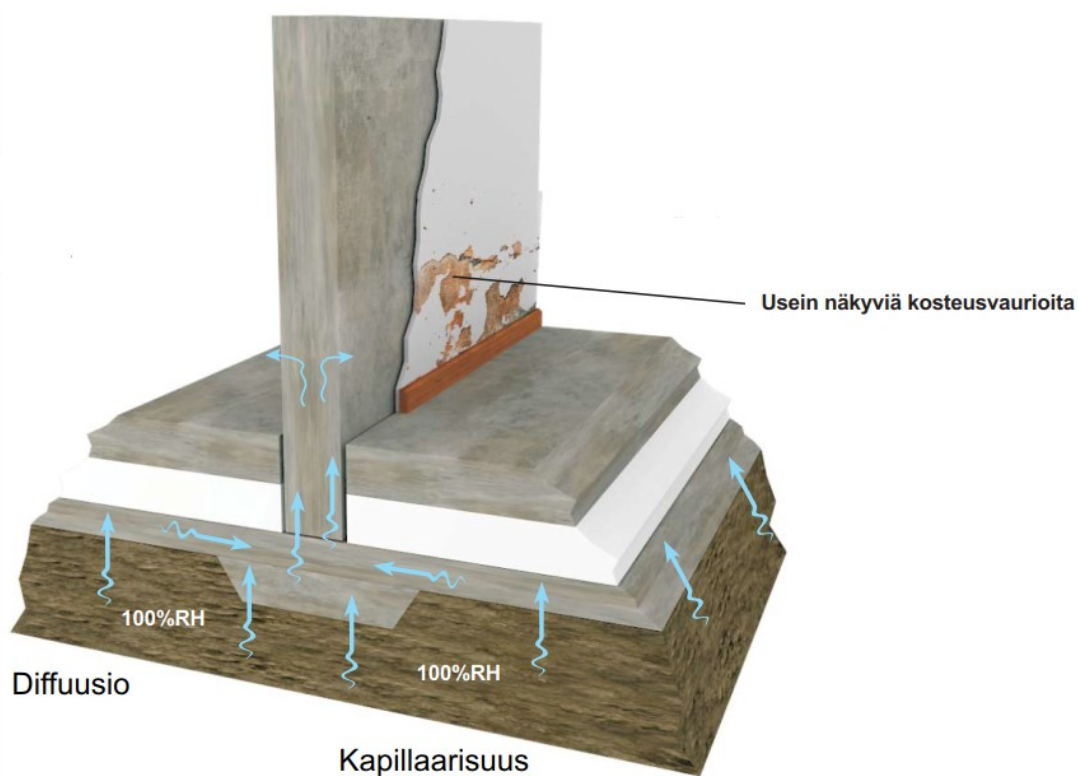
3.3.7 Kattoikkuna

Kattoikkunoihin kohdistuu räsistystä lumesta ja jäästä sekä poikkeuksellisista sääolosuhteista. Lumen ja jään sulaessa ikkunarakenteille kohdistuu kosteusrasituksen lisäksi vedenpaine, joka rasittaa ikkunan tiivisteitä. Vinoissa yläpohjissa kattoikkunoiden kohdalla tuuletus ei useimmiten toimi ja se kasvattaa rakenteiden vaurioitumisriskiä. (Raksystems 2020a, 14.)

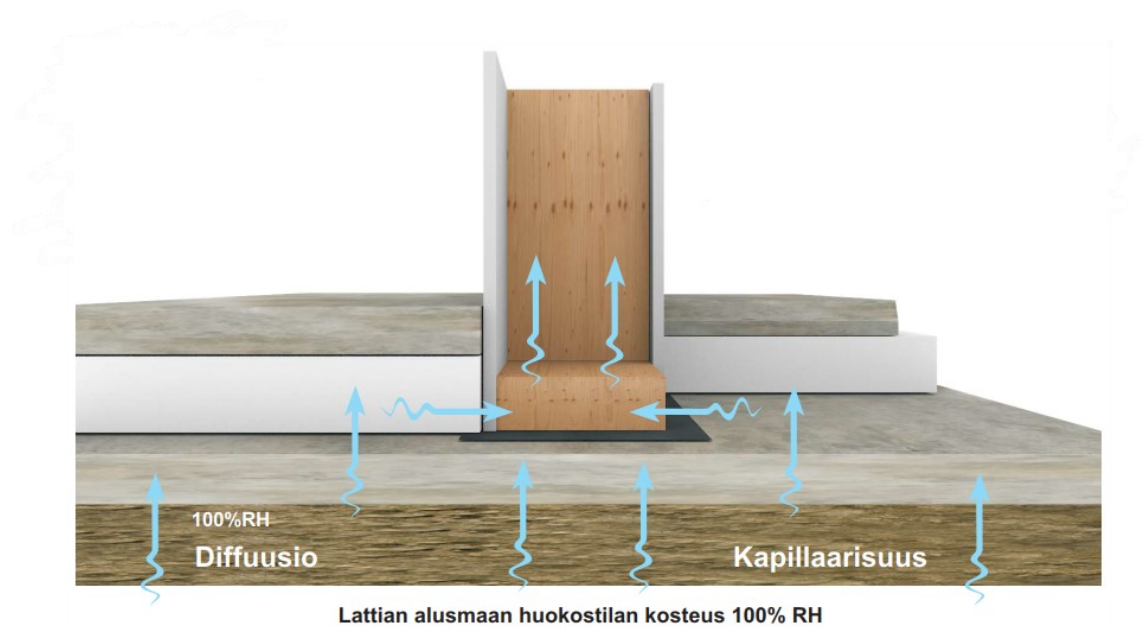
Yleisesti vaurio aiheutuu ikkunaliitosten ollessa epätiivittä, ylösnostokorkeuden vesikatteesta ollessa puutteellinen, ikkunoiden huoltoa on laiminlyöty, roskia ja lunta kerääntyy ikkunan kohdalle, tuuletus on puutteellinen, höyrynsulku on puutteellinen tai sitä ei ole ollenkaan ikkunan pielissä, samoin lämmöneristys. Myös rakennuksen ilmanvaihdon puutteet ja mahdollinen ylipaineisuus lisäävät vaurioitumisriskiä. Nämä puutteet edesauttavat kosteuden tiivistymistä kattoikkunan ympäröiviin rakenteisiin, jos ikkuna on asennettu märkätilaan tai uima-altaan kanssa samaan tilaan korostuu höyrynsulun puutteista aiheutuva riski. (Raksystems 2020a, 15.)

3.3.8 Lattiapinnan alapuolelta lähtevät väliseinät

Lattiapinnan alapuolelta lähteviä väliseiniä on rakennettu pääsääntöisesti 1960–1980-luvuilla. Näin rakennetuissa väliseinissä seinän alaosan puu- ja levyrakenteet ovat vasten alapohjan betonilaattaa tai lämmöneristettä, jolloin kosteus pääsee niiden kautta siirtymään väliseinän alaosiin. Rakenteesta riskialttiin tekee juuri maaperästä rakenteisiin kulkeutuva kosteus. Kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin johtuu useimmiten puutteellisesti toimivasta tai kokonaan puuttuvasta salaojituksesta ja kapillaarisen katkon riittämättömyydestä tai puuttumisesta. Mahdolliset putkivuodot lattian eristetilassa aiheuttavat myös kosteusvaurioita väliseinärakenteille. Useimmiten alajuoksupuun ja kiviainesrakenteen välissä ei myöskään ole kosteudeneristystä. (Raksystems 2020a, 18.) Kuivissa 14 ja 15 on esitetty betoni- ja puurakenteisten lattian alapuolelta lähtevien väliseinien vauriomekanismeja.



Kuva 14. Betoniväliseinä alalaatan päällä (Hometalkoot 2012, 44).



Kuva 15. Puurakenteinen väliseinä eristämättömän betonilaatan päällä (Hometalkoot 2012, 5).

3.3.9 Levyväliseinen liitokset

Ongelma ilmenee tiloissa, joissa lattian pesussa käytetään runsaasti vettä. Kosteus pääsee lattialistan taakse ja kostuttaa seinälevytystä. Rakenteessa kosteus aiheuttaa mikrobikasvustoa ja vaurioittaa seinän pintakäsittelyä. Terveys- ja hajuhaittoja ilmenee, kun mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet pääsevät sisäilmaan. (Peltola 2008, 185.)

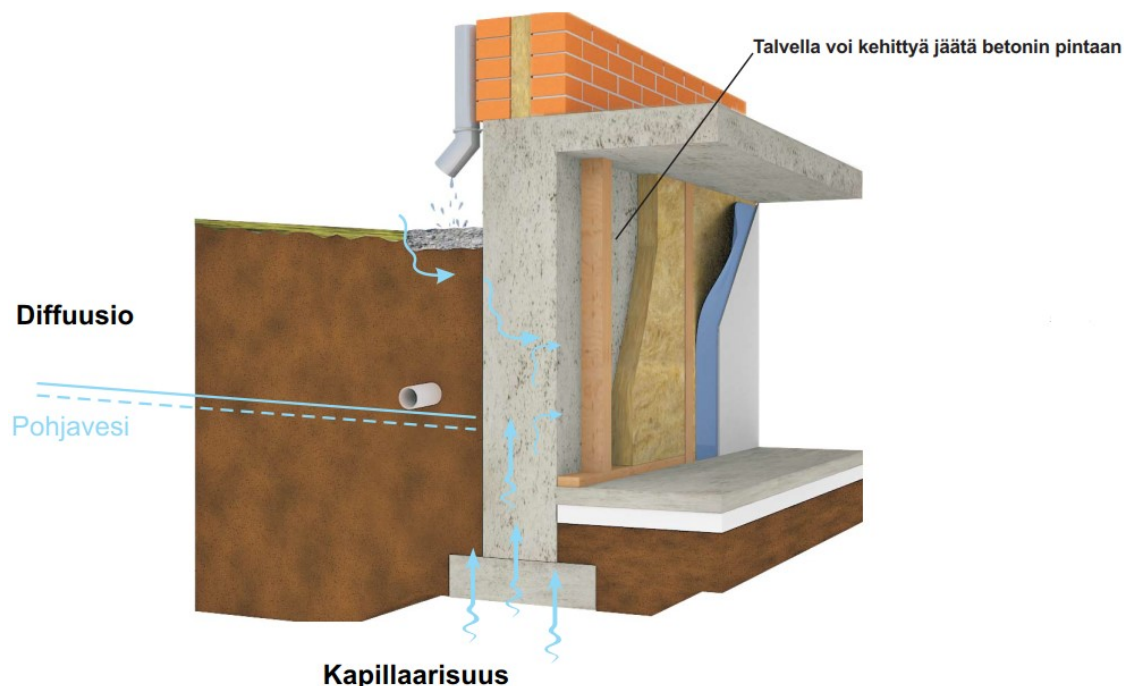
3.3.10 Liian matala sokkeli

Ulkoseinärakenteen puuosat altistuvat kosteusvauriolle, jos ne ovat liian lähellä maanpintaa. Maanpinnan läheisyys edesauttaa ulkopuolisen kosteuden pääsyä rakenteisiin. Nykyohjeiden mukaan puurakenteiden korkeus maanpinnasta tulisi olla vähintään 300 mm. (Raksystems 2020b, 9.)

3.3.11 Maanvastaiset sisäpuolelta lämmöneristetyt seinät

Yleisesti rakennettu 1950-1990 luvuilla ja tyypillinen esimerkiksi 1950-luvun rintamamiestalojen kellarikerroksissa. Jos ulkopuolinen kosteus pääsee kulkeutumaan

seinärakenteeseen, vaurioittaa se mahdollisia seinää vasten olevia sisäpuolisia lämmöneristeitä ja puurakenteita. Rakenteeseen voi kosteutta päästä myös sisäilman höyrynä sen tiivistyessä kivirakenteisen seinän ja sisäpuolisen lämmöneristeen rajapintaan. (Raksystems 2020b, 7.) Kuvassa 16 periaatteellinen kuva rakenteesta ja sen kosteusrasituksesta.



Kuva 16. Kellariseinän sisäpuolinen lämmöneristys (Hometalkoot 2012, 75).

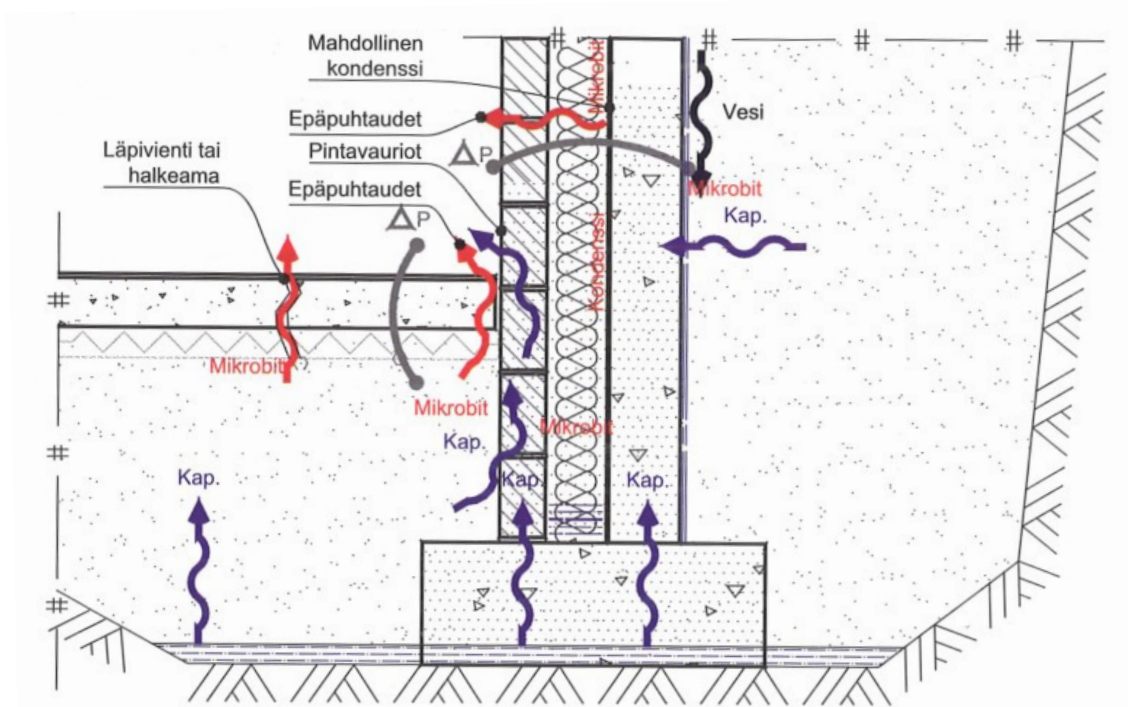
Rakenteen sisäpuolisen eristyksen takia lämmöneristuksen ja sisäpuolisen seinärakenteen ulompi osa on lämpötilaltaan alaisempi kuin sisälämpötila, minkä takia kuivumista sisätilaan ei tapahdu tai se on erittäin hidasta. Rakenteen pitkäaikainen kosteusrasitus johtaa mikrobivaurioihin. (Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008b.)

3.3.12 Maanvastaiset tiilivuoratut kellariseinät

Maanvastaiset tiilivuoratut kellariseinät ovat yleisiä 1970-luvun rakennuksissa. Niiden täyttösora saattaa vaihdella runsaasti, sillä vielä 1980-luvulla se saattoi sisältää humusta tai muuta kapillaarista maa-ainesta. Käytetty täyttösora voi siis kuljettaa kosteutta kapillaarisesti rakenteeseen ja vaikka kapillaarista kosteudensiirtoa ei tapahtuisikaan, kosteus voi siirtyä rakenteisiin diffuusiolla. (Peltola 2008, 142.)

Kyseisessä ongelmarakenteessa ulottuvat seinän villatila ja tiilinen kuorimuuraus maanvastaisen laatan alle. Kellariseinään voi siis kohdistua ympärivuotista räsytystä lämpimästä ja kosteasta pohjamaasta. Huokoinen tiilikuori kuljettaa kapillaarisesti kosteutta ylöspäin villatilaan. Pelkkä tiilinen sisäkuori, ilman lämmöneristettä, voi myös mikrobivaurioitua betonin ja tiilen välistä. On myös mahdollista, että seinän antura on kuopassa, johon ympärillä oleva vesi kasaantuu ja nousee sieltä kapillaarisesti rakenteeseen. (Peltola 2008, 140.)

Kosteutta kulkeutuu rakenteisiin myös vaakasuunnassa seinää vasten olevan maan kautta. Ulkopuolelta, maanpinnalta rakennuksen vierelle tulevat pinta- ja kattovedet lisäävät kosteusrasitusta. Liitoskohtien ja halkeamien kautta vesi pääsee kulkeutumaan sisään rakenteeseen, jos siinä ei ole vedeneristettä. Jotta vapaata vettä ei pääsisi kulkeutumaan rakenteeseen, on vedeneristysten, salaojituksen ja täyttömaan oltava kunnossa. (Peltola 2008, 140.) Rakenteen vauriomekanismit ja toimintakuvaus on esitetty kuvassa 17.

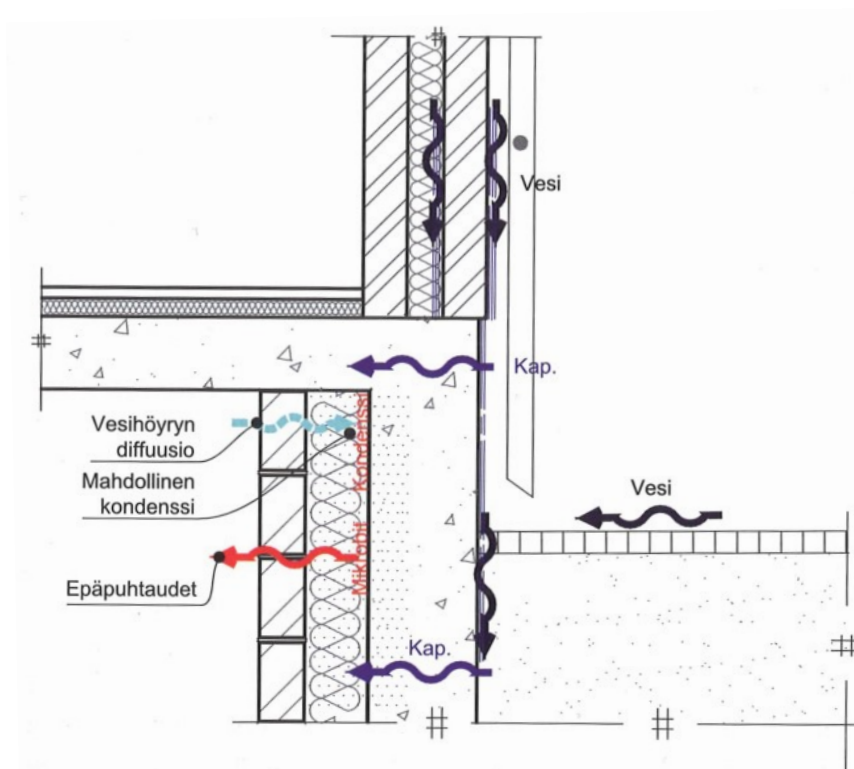


Kuva 17. Rakenteen periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit (Peltola 2008, 141).

Myös kellaritiloissa korvausilman saanti on suunniteltava huolella. Jos tilassa vallitsee suuri alipaine, korvausilma voi tulla sisään ilmavuotoina kellariseinän tai sen ja alapohjan

liitosten kautta. Ilmavuodot kuljettavat epäpuhtauksia ja radonpitoisilla alueilla radonia sisäilmaan. (Peltola 2008, 140.)

Vain osittain maan alla olevissa seinissä ilmenee myös toisenlainen vauriomekanismi, kun maanpinnan yläpuolinen kellariseinä edellyttää lämmöneristystä. Kellariseinän ollessa eristämätön lämpöhäviöiden lisäksi vallitsee kondensaatoriski betonin sisäpinnassa. Rakenteen toimintaa on havainnollistettu kuvassa 18. Jos sisäpuolinen lämmöneriste joudutaan poistamaan ilman, että lisälämmöneristystä voidaan asentaa ulkopuolella, syntyy ongelmatilanne. Esteet ulkopuoliselle eristämiselle voivat liittyä esimerkiksi rakennuksen ulkonäköön tai koulurakennuksissa rakenteen kulutuksenkestoon. Villeristeeet ovat voineet myös ajan mittaan painua ja seinän yläosaan muodostua sitä kautta eristämätön kohta. (Peltola 2008, 140.)



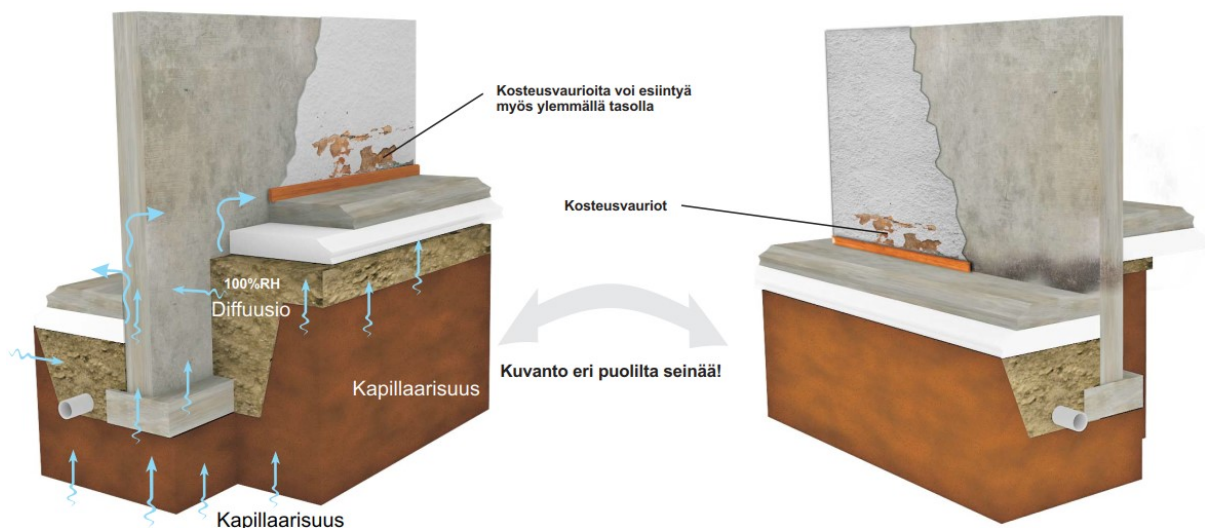
Kuva 18. Osittain maanvastaisen kellariseinän periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit (Peltola 2008, 141).

3.3.13 Maata vasten perustetut väliseinät

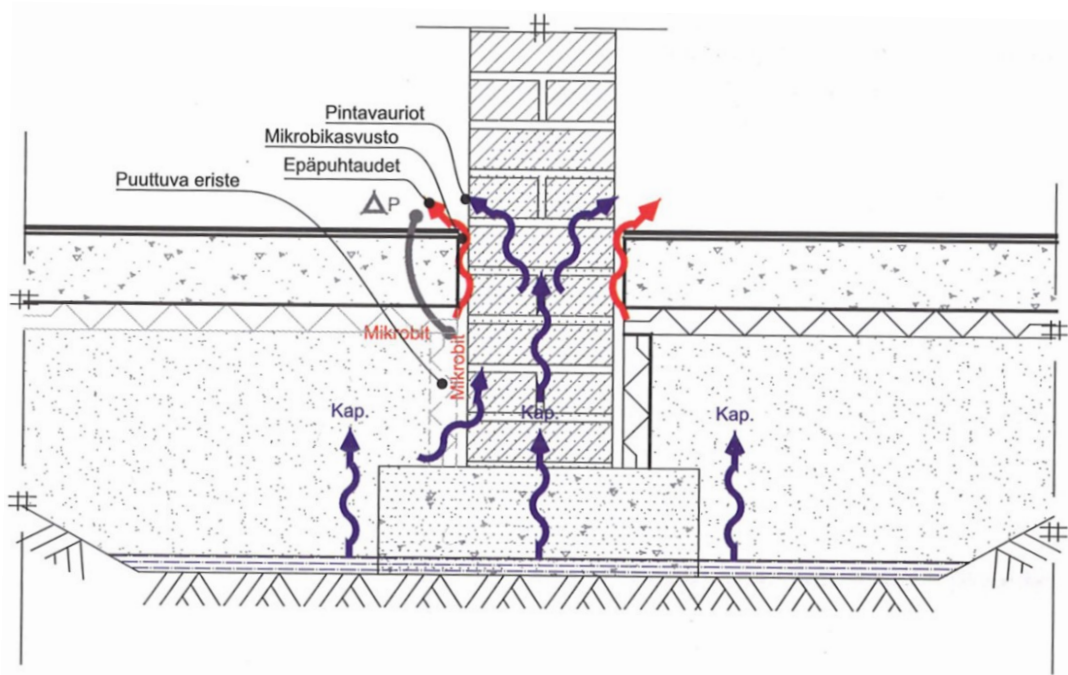
Maata vasten perustettu tiilirakenteinen väliseinä on yleinen etenkin vanhemmissa rakennuksissa. Betonirakenteena se yleistyi 1970-luvulta alkaen. Rakennuksen

keskialueilla ei usein käytetty betonilaatan alla lämmöneristettä ja betonilaatan alaisen täyttösoran materiaali oli vaihtelevaa. (Peltola 2008, 173.)

Kosteus pääsee kulkeutumaan rakenteeseen kapillaarisesti sekä alakautta että sivuilta, kun vapaanvedenpinnan korkeuden oletetaan olevan anturan alapinnassa tai sen alapuolella. Rakenteen toimintaa ja vaurioitumista on havainnollistettu kuvissa 19 ja 20. Ongelman rakenteessa aiheuttaa väliseinän perustukset ja seinän maanalainen osa, jotka ovat kosketuksissa kapillaariseen maa-ainekseen. Antura voi olla kuopassa, jolloin vesi valuu ympäriltä kuopan pohjalle ja kosteus pääsee nousemaan kapillaarisesti rakennetta pitkin. Tiilirakenteisessa väliseinissä kapillaarinen nousu voi olla jopa muutamia metrejä, jos seinässä on tiivis pinnoite. Vastaavasti betoniseinässä nousu on vain kymmeniä senttejä. Seinärakenteeseen kapillaarisesti noussut kosteus voi aiheuttaa mikrobikasvustoa ja vaurioittaa seinärakennetta, jalkalistoja ja seinän pintakäsittelyä. Tiiliseinän huokoisen rakenteen vuoksi sen puhdistaminen ja hajunpoistaminen on erittäin vaikeaa. Sisäilmaan päässeet mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet aiheuttavat terveys ja hajuhaittoja. (Peltola 2008, 172.)



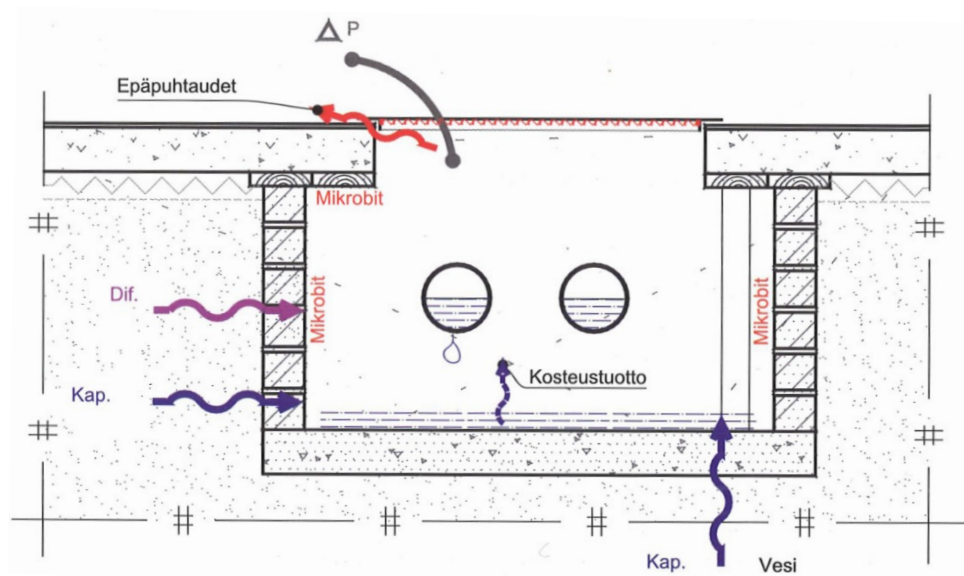
Kuva 19. Betonirakenteinen osastoiva väliseinä anturan päällä (Hometalkoot 2012, 50).



Kuva 20. Periaatteellinen toimintakuvaus ja rakenteen vauriomekanismit (Peltola 2008, 172).

3.3.14 Putkikanavat, tarkastusluukut ja rappusten alustilat

1960–1980-luvuilla rakennetuissa rakennuksissa purkamattomat muottilaudoitukset ovat yleisiä paikalla valetuissa rakenteissa, esimerkiksi sisärappusten alla, putkikanaleissa ja perustusten suljetuissa tiloissa. Rakennusaikaisen kosteuden, maapohjasta nousevan kosteuden ja mahdollisten putkivuotojen vaikutuksesta muotti- ja muut tukilaudoitukset voivat homehtua. Tämän takia tarkastustilat ja putkikanalit usein haisevatkin voimakkaasti homeelta. (Peltola 2008, 166.) Rakenteen kosteusrasitusta ja toimintaa esitetty periaatteellisessa kuvassa 21.



Kuva 21. Periaatteellinen toimintakuvaus putkikanaalista ja sen vauriomekanismeista (Peltola 2008, 166).

3.3.15 Tasakatto

Tasakatto oli tyypillinen vesikattorakenne 1960-luvun loppupuolelta 1980-luvun alkuun. Vesikatteen vedenpitävyyden lisäksi yläpohjan riittävä tuuletus on kosteusteknisen toiminnan kannalta oleellista. Tasakatoille on tyypillistä, että tuuletus on puutteellinen, mikä taas saattaa johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteissa ja sitä kautta rakenteiden vaurioitumiseen. Rakenteen ilmanvaihdon puutteet, ilma- ja lämpövuodot sekä kattovuodot lisäävät rakennuksen yläpohjarakenteiden kosteusrasitusta. Myös lumenpoisto katoilta, jota joudutaan tekemään erityisesti tasakatoilla, lisää riskialttiutta, kun mahdollisista lumenpoiston työvirheitten takia katemateriaali saattaa vaurioitua. Painovoimainen ilmanvaihto korostaa tasakattorakenteiden ongelmia, jos sisäilmankosteuspitoisuus on poikkeuksellisen suuri esimerkiksi tiloissa, joissa on uima-allas. (Raksystems 2020b, 11; Paju 2014, 52.)

3.3.16 Tuulettumaton puurunkoinen ulkoseinä

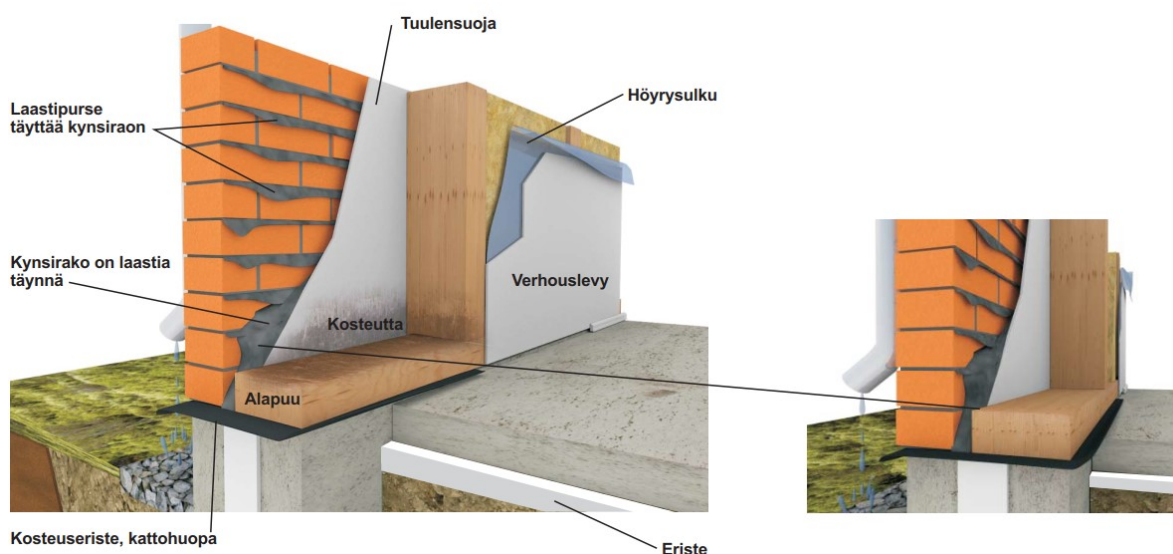
Ulkoseinärakenteita rakennettiin yleisesti tuulettumattomina ja lämmöneristeisenä 1960-luvulla ja niiden rakentamista jatkui aina 1990-luvulle saakka. Rakenteessa on riskinä ajoittainen sisäilman kosteuden tiivistyminen rakenteisiin, joka pitkällä aikavälillä johtaa

rakenteen vaurioitumiseen. Jos ulkoseinälaudoituksen pinnoitteena on käytetty tiivistä pinnoitetta, esimerkiksi lateksimaalia, riski kasvaa entisestään. Tiiliverhottuissa julkisivuissa on yleistä, että rakenne on tuulettumaton, tuuletusrako on liian pieni tai se on täynnä muurauslaastia. Esimerkiksi pitkään jatkuneen viistosateen aiheuttama kosteuden tunkeutuminen rakenteeseen vaurioittaa rakenteita, kun kosteus ei pääse tuuletuksen myötä poistumaan rakenteesta. (Peltola 2008, 192, 208; Raksystems 2020b,12.)

Kattohuovan eli bitumikermin asennus sääsuojaksi vinolaudoituksen päälle ennen julkisivulaidoitusta oli yleistä 1950-luvulla. Jos se jätettiin poistamatta laudoituksen alta, vesihöyrynvastukseltaan hyvin tiiviinä materiaalina lisää se vaurioitumisen riskiä. Tiiliverhoiluissa puurakenteisissa seinissä ilmarakojen puuttuminen tai niiden ollessa laastin täyttämiä, seiniin syntyy vaurioita. (Raksystems 2020b,12.)

Vettä voi rakenteeseen päästä myös vesikattovuodon yhteydessä, kosteuden kondensoitessa puutteellisesti toimivaan yläpohjaan ja valuessa seinärakenteen yläosaan, ikkunan vesipellitusten epätiiviyistä kohdista (Raksystems 2020b ,12).

Kuvassa 22 on esitetty tuulettumattoman tiilijulkisivun vaikutuksia seinärakenteeseen.



Kuva 22. Tuulettumaton tiiliseinärakenne (Hometalkoot 2012, 20).

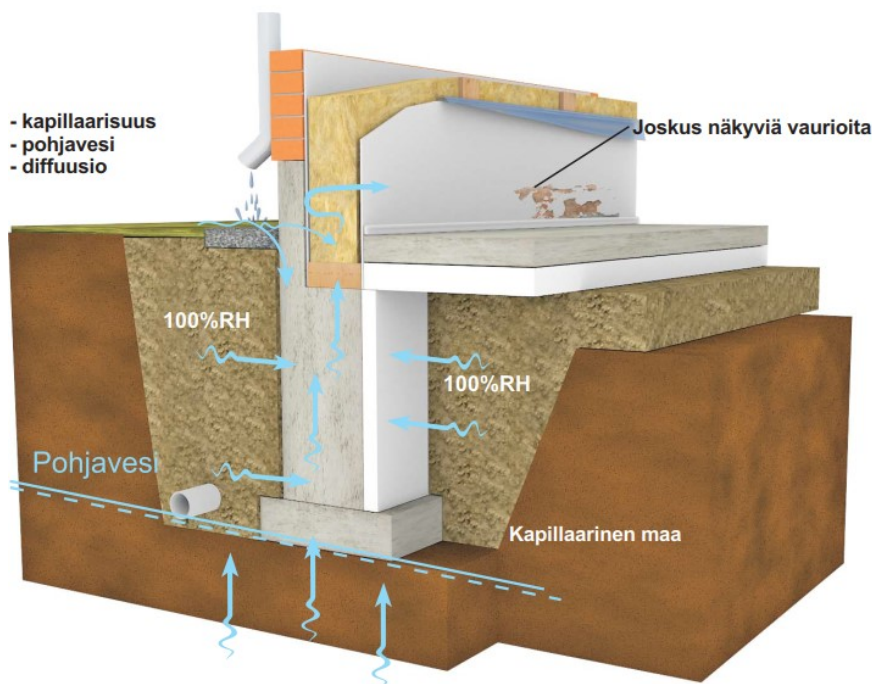
3.3.17 Tuulettumaton vino yläpohjarakenne

Tyypillinen rakenneratkaisu esimerkiksi 1½ -kerroksisissa rakennuksissa on tuulettumaton, vino yläpohjarakenne, joka on edelleen yleisesti käytössä. Erityistä huomiota

kosteusteknisen toiminnan kannalta tulisi kiinnittää matalissa ja loivissa harja- ja pulpettikatoissa yläpohjan riittävään tuulettumiseen. Aiemmin tuuletusvälivaatimukset ovat olleet nykyistä pienemmät. Puutteellinen tuuletus voi johtaa kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin, joka pitkällä aikavälillä johtaa rakenteiden vaurioitumiseen. Sisäpuolinen höyrinsulku voi myös olla epätiivis tai puuttua kokonaan. (Raksystems 2020b, 14.)

3.3.18 Valesokkeli ja sokkelihalkaisut

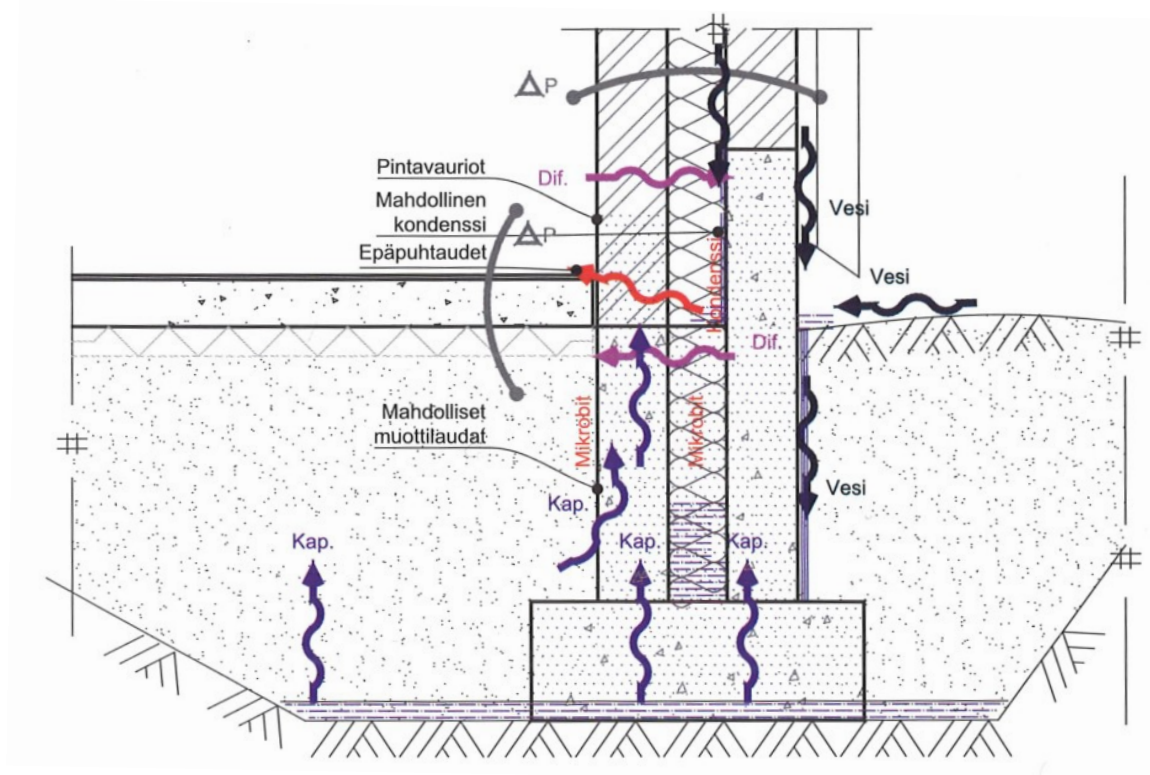
Valesokkeli on rakenneratkaisu, jota on tyypillisesti käytetty 1960–1980-luvuilla. Ajatuksena oli, että lattian, seinän ja sokkelin liittymä olisi tiivis ja lämpötekniisesti hyvä ratkaisu. Myöhemmin on kuitenkin tullut ilmi, miten riskialtis rakenne valesokkeli oikeasti on. Valesokkelissa ulkoseinän puurunko on ympäröivän maanpinnan tasolla tai alapuolella. Tämä altistaa puurungon alaosa maankosteuden vaikutuksille ja voi johtaa puurakenteiden kosteusvaurioitumiseen. Alajuoksun kuivumiskyky valesokkelissa on heikko, mikä johtuu ympäröivistä rakenteista. Alajuoksun ja kiviainesrakenteen välistä puuttuva kosteudeneristys lisää rakenteen riskiherkkyyttä. Nykyohjeistuksessa alaohjauspuun tulee sijaita maanpinnan yläpuolella, eikä perusmuurin yläpinta nouse alaohjauspuun eteen heikentämään sen kuivumiskykyä. (Raksystems 2020b, 16; Ympäristöministeriö 2016, 158.) Valesokkeliin kohdistuvia kosteusrasituksia on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Valesokkelin vauriomekanismit (Hometalkoot 2012, 12).

Sokkelihalkaisut, joissa on mineraalivillaeriste, yleistyivät 1960-luvulla. Sitä ennen 1950-luvulla, sekä myös 1960-luvulla sokkelihalkaisun lämmöneristeinä on käytetty myös korkki- ja sementtipuukuivulevyä. Sokkelihalkaisun ja valesokkeleiden lämmöneristeet (mineraalivilla, korkki, sementtipuukuitulevy) mikrobivaurioituvat helposti. Mikrobien ja niiden aineenvaihduntatuotteiden päästessä sisäilmaan, aiheutuu terveys- ja hajuhaittoja. Kosteus rakenteessa aiheuttaa myös vaurioita seinän ja lattian pintakäsittelyissä. (Peltola 2008, 154.)

Jos seinän sisäpuolella on tiilimuuraus ja sokkelihalkaisun kohdalla ulkopuolella betonirakenne, kuten esitetty kuvassa 24, sisältäpäin kulkeutuva vesihöyry tiivistyy tiiviimmän kerroksen sisäpintaan, eli tässä tapauksessa betonin sisäpinnalle. Eriste sokkelihalkaisussa on yhteydessä esimerkiksi tuulettumattoman seinärakenteen lämmöneristeeseen, jonka kautta kosteutta voi myös siirtyä sokkelin eristetilaan. Toisinaan sokkelihalkaisu myös ulottuu ympäröivän maanpinnan alapuolelle, jolloin sokkelihalkaisun lämmöneriste altistuu sokkelin ulkopuolelta tuleville pinta- ja kattovesille. (Peltola 2008, 154.)



Kuva 24. Periaatteellinen toimintakuvaus ja sokkelihalkaisun vauriomekanismit (Peltola 2008, 154).

3.4 Haitta-aineet

Rakentamisen ja rakennustekniikan kehittyessä, myös materiaalit ja tietämys niistä ovat kehittyneet ja muuttuneet. Aikaisemmin hyvänä pidettyjä materiaaleja on todettu vaaralliseksi ja voimakkaasti terveysriskejä aiheuttaviksi. Terveysriskit tunnetaan suhteellisen hyvin tänä päivänä. Korjaustekniikoihin vaikuttavia, lainsäädännöllä säädeltyjä haitta-aineita ovat muun muassa asbesti, kreosootti (esim. kivihiilipiki), PCB-yhdisteet, öljyt ja raskasmetallit, kuten lyijy. Sisäilman kannalta haitallisia aineita on useampia. Terveydelle vaaralliseksi todettujen aineiden purkuteknikka on luvanvaraistettu ja täten purkumenetelmät ovat suhteellisen turvallisia. (Kallio 2005, 530, 532; Komulainen, Huttunen & Sääntti 2011, 98.)

Haitallisten aineiden kartoitukseen velvoittaa Suomen lainsäädäntö. Ensisijainen vastuu haitta-aineiden kartoituksesta ja oikeaoppisesta purusta ja hävittämisestä on kiinteistön omistajalla. Haitallisia aineita sisältävien rakennusosien purku- ja korjaustyöt pyritään tekemään mahdollisimman vähän altistavalla tavalla ja rakennusjätteet käsitellään asian mukaisesti. (Komulainen ym. 2011, 98.)

Haitta-ainekartoituksia tehdään yleensä esimerkiksi peruskorjauksen hankesuunnitteluvaiheessa, putkiremontin yhteydessä, julkisivun tai vesikaton korjauksen yhteydessä, sisäilmaongelmien selvityksen yhteydessä, ennen rakennuksen purkusuunnittelua, teknisten tilojen, ullakkotilojen, kellaritilojen tai esimerkiksi vanhan teollisuusrakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa. Kartoitus tulee tehdä hyvissä ajoin ennen korjaus- tai purkutöiden aloittamista, jotta vältytään ylimääräisiltä kustannuksilta, viivytyksiltä ja ihmisten ja ympäristön tarpeettomalta altistumiselta terveydelle haitallisille aineille. Jos purkutöiden yhteydessä havaitaan epäilyttäviä materiaalikerroksia, on niistäkin selvitettävä haitta-aineiden esiintyminen ennen purkutöiden jatkumista. (Komulainen ym. 2011, 98.)

Asbestin, PCB-yhdisteiden ja lyijyn kartoitus-, suojaus- ja purkumenetelmistä on julkaistu useita viranomaissäädöksiä sekä erilaisia ohjeita ja niiden purkumenetelmät ovat varsin vakiintuneita. Suhteellisen yksiselitteinen menettelytapaohje on myös saastuneiden maa-ainesten käsittelyyn. Korjaustarpeen määrittelystä ja korjausmenetelmistä esimerkiksi kivihiilipikeä sisältäville rakenteille, mineraaliöljyille tai muille haitallisille aineille on olemassa vähemmän yksityiskohtaista ohjeistusta ja käytännöt vaihtelevat kohdekohtaisesti. (Komulainen ym. 2011, 98.)

3.5 Materiaalit ja niiden käyttöikä

Likimääräinen arvio materiaalin kunnosta ja uusimistarpeesta saadaan käyttöikäennusteista. Uusimistarve usein huomataan vasta rakenteen vanhettua tai kun rakenteelle on syntynyt vaurioita. Rakenteiden ja rakennusmateriaalien vanhenemista nopeuttavat ja käyttöikää lyhentävät suunnittelu-, rakennus-, käyttö- ja huoltovirheet. Rakennuksen korjaushistoriasta selviää tehdyt huoltokorjaukset ja perusparannukset, jolloin materiaaleja on uusittu. Rakenteille on määritetty tietyt huoltovälit, jotka on hyvä selvittää vanhenemisen arviointi varten. (Ympäristöministeriö 2016, 153.)

Tyypillinen esimerkki materiaalin vanhenemisen aiheuttamasta kosteus- ja homevauriosta on aikaisempina vuosina rakennetut loivat tai tasakatot ja niiden vesivuodot. Tyypillisesti 1970–1990-luvuilla loivilla katoille käytetyn bitumikermikatteen käyttöikä jäi 20...30 vuoteen, kun taas 1990-luvun jälkeen yleistyneen polyesteritukikerroksisen bitumikermikatteen käyttöikäennuste on 30–50 vuotta. (Ympäristöministeriö 2016, 153.)

Muovimattoja on käytetty yleisesti märkätiloissa vedeneristeenä. Niiden vanhetessa muovimateriaali haurastuu ja seinälle nostojen liimaukset pettävät ja saumat aukaavat materiaalin kutistuessa. Vedeneristeenä käytetyt muovitapetit ja -matot ovat myös alttiita saumausten työvirheille, mikä lyhentää materiaalin käyttöikää. Nykypäivänä vedeneristämättömät märkätilat luokitellaan riskirakenteeksi. (Ympäristöministeriö 2016, 153.)

Elementti- ja ikkunaliittymien elastiset saumat ovat ongelmallisia julkisivupinnoilla, sillä niillä on verrattain lyhyet kestoiät, 15–25 vuotta. Käyttöikä lyhenee usein virheellisten työmenetelmien takia. Saumausten merkityksen ymmärtäminen on usein myös puutteellista niiden huoltokorjauksia ajoitettaessa. Saatetaan odotella perusteellisempaa julkisivukorjausta, vaikka elastiset saumat ovat jo ikääntyneet käyttökelvottomiksi, jolloin rakenteisiin ehtii muodostua kosteus- ja homevaurioita. (Ympäristöministeriö 2016, 153.)

4 RAKENTEELLISTEN RISKIEN KARTOITUS JA ANALYSOINTI RISKITYÖKALUN AVULLA

4.1 Riskityökalun tarkoitus

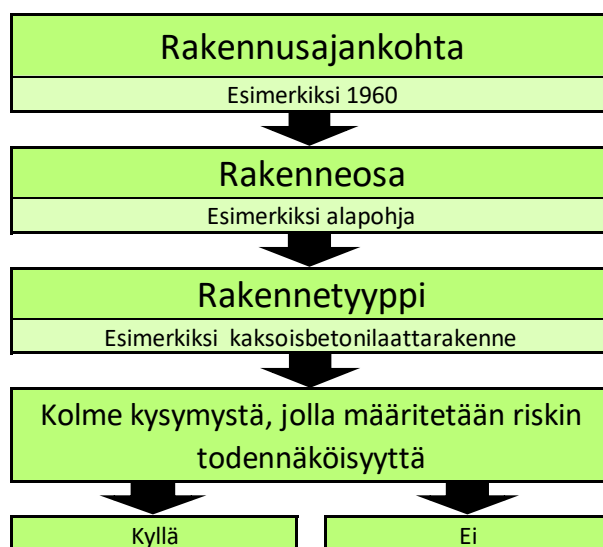
Työkalun avulla on tarkoitus pystyä järjestelmällisesti kartoittamaan korjausrakennuskohteen rakenteellisia riskejä ja helpottaa niiden tunnistamista. Tavoitteena on kartoittaa kohteeseen liittyvät rakenteelliset riskit ja arvioida niiden toteutumisen todennäköisyyttä kohdekohtaisesti. Kuten aiemmin riskirakenteista kerrottu, ei riskirakenne määritelmä itsessään tarkoita, että vaurioita tulee varmasti ilmenemään, vaan riskirakenteella on suurempi todennäköisyys vaurioitua verrattuna niin sanottuun riskittömään rakenteeseen. Olosuhteilla on kuitenkin merkittävä vaikutus rakenteiden vaurioitumiseen, eikä mikään rakenne ole varmuudella riskiton. Useimmiten esimerkiksi erilaiset kosteustekniset asiat vaikuttavat rakenteen riskialttiuteen.

Riskityökaluun valmiiksi määriteltujen riskirakenteiden ja riskin todennäköisyyttä kartoittavien kysymysten avulla on tavoitteena helpottaa riskien havaitsemista, jolloin riskiaroituksen tekeminen ei olisi yhtä vahvasti tekijänsä osaamisen ja vanhojen rakenteiden ja rakennustapojen tuntemisen varassa.

Alustavalla riskityökalulla pyritään kartoittamaan, onko vastaavalla tuotteelle tarvetta ja kenelle rakennushankkeessa se olisi hyödyllisin työkalu.

4.2 Toimintaperiaatteet

Riskityökalun toimintaperiaatteena on, että riskitarkastelu tapahtuu rakenneosittain rakennusajankohdan mukaan. Valitun vuosiluvun ja rakenneosan mukaan valitaan aikakaudelle tyypillisistä rakennetyypeistä kohteessa oleva rakennevaihtoehto. Jokaiseen rakennetyyppiin on liitetty kolme kyllä/ei-kysymystä, joiden avulla pyritään määrittämään riskin todennäköisyyttä. Kuvassa 25 on hahmoteltu kyselyn rakennetta, jolla pyritään määrittelemään riskin todennäköisyyttä.



Kuva 25. Riskityökalun vaiheet.

Riskityökalulla pyritään nimenomaan määrittämään riskin todennäköisyyttä ja riskianalyysin tekijä arvioi riskin vakavuuden kohdekohtaisesti. Näistä kahdesta tekijästä, riskin todennäköisyydestä ja vakavuudesta, saadaan riskitulo, jolla kuvataan riskin suuruutta. Riskin suuruuden perusteella tehdään päätös riskiin kohdistuvista jatkotoimenpiteistä. Jossain tapauksissa voidaan haluta tehdä tarkempia tutkimuksia, esimerkiksi rakenneavauksia tai kosteusmittauksia, jotta riskin todennäköisyyttä pystytään vielä paremmin todentamaan.

Kyselyyn voi vastata useamman kerran, jos haluaa täyttää sen esimerkiksi useamman rakenneosan osalta tai haluaa tehdä tarkastelun uudelleen samalla rakennetyypille. Sama rakennetyyppi voidaan tarkastella esimerkiksi kaksivaiheisesti, eli ensin vanhojen suunnitelmien perustella ja myöhemmin uudelleen kohdekäynnillä. Kyselyn täyttämisen jälkeen vastauksista pystytään luomaan Excel-muotoinen tiedosto, josta tiedot pystytään hakemaan varsinaiseen riskianalyysipohjaan. Kyselyssä annettujen vastauksien perusteella määritetty lukuarvo riskin todennäköisyydelle, jonka jälkeen riskianalyysin tekijä arvioi riskin vakavuutta kohdekohtaisesti. Riskianalyysipohja laskee näiden tekijöiden avulla riskin suuruuden. Riskin suuruus määritetty riskitulona matriisiperiaatteella kuvan 26 mukaisesti.

Todennäköisyys	4				
	3				
	2				
	1				
		1	2	3	4
	Vakavuus				

	Kriittinen riski
	Merkittävä riski
	Kohtalainen riski
	Matala riski

Kuva 26. Riskitulomatriisi ja riskin suuruuden määrittäminen.

Riskituloa riskianalyysissä tarkastellaan 4×4 -matriisin muodossa, jotta riskien keskinäinen tarkastelu olisi helpompaa. Riskimatriisin kooksi voisi periaatteessa valita jonkin muunkin, mutta jos valitaan pariton luku, useimmiten vastaukset jäävät keskimmäiseen riskiluokkaan, kun esimerkiksi riskin vakavuuden määrittäksessä on helpointa valita keskimääräinen vastausvaihtoehto. Parillinen määrä pakottaa siis valitsemaan, mihin suuntaan riskin vakavuus ja näin ollen koko riskin suuruus kallistuu.

4.3 Työkalun toteutus ja rakenne

Alkuperäisenä ajatuksen oli toteuttaa täysin Excel-pohjainen riskianalyysilomake, mutta myöhemmin todettiin Forms-pohja toimivammaksi ratkaisuksi. Forms-kyselyn vastauksista pystytään luomaan Excel-formaatissa oleva tiedosto. Josta tiedot pystytään hakemaan jatkotyöstöä varten. Forms-kyselyyn vastaaminen onnistuu myös sujuvasti puhelimitse, joten sitä pystyy täyttämään kätevästi esimerkiksi kohteessa ollessaan. Puhelimen esikatselunäkymä on esitetty kuvassa 27.

The screenshot shows a mobile application interface for 'SITOWISE'. The title is 'Rakenteiden riskianalyysi'. Below the title, there is a message: 'Kun olet täyttänyt kyselyn yhden rakenneosan osalta, pystyt kyselyn päätteeksi siirtymään takaisin alkuun ja täyttämään tiedot toisesta rakenneosasta.' Below this, there is a greeting: 'Hei Tuisku! Kun lähetät lomakkeen, sen omistaja näkee nimesi ja sähköpostiosoitteesi.' Then, there is a section titled 'Rakennusajankohta ja rakenneosa' with the instruction: 'Valitse rakennusajankohta ja se rakenneosa, jota haluan ensimmäisenä tarkastella.' Below this, there is a question: '1. Valitse rakennusajankohta'. There are five radio button options: '1930 tai aiemmin', '1940', '1950', '1960', and '1970'.

Kuva 27. Riskityökalun puhelinnäkymä.

Kyselyssä käsitellään valitun rakennusajankohdan ja rakenneosan rakennetyyppi, joka on valittu tarkasteltavaksi. Jokaiseen rakennetyyppiin on liitetty siihen oleelliset kolme kysymystä, joiden avulla pyritään määrittämään riskin todennäköisyyttä. Vastauksien selkeämmän käsittelyn vuoksi kysymykset on muotoiltu niin, että vastaukset ovat kyllä tai ei ja jokaisen rakennetyypin kysymysten jälkeen on tekstiruutu, johon voi kirjata muita tekemiään huomioita rakenteesta. Esimerkki aloitusnäköymästä on esitetty kuvassa 28 ja kysymysnäköymästä kuvassa 29.

Rakennusajankohta ja rakenneosa

Valitse rakennusajankohta ja se rakenneosa, jota haluat tarkastella.

1. Valitse rakennusajankohta

- ☐ 1930 tai aiemmin
- ☐ 1940
- ☐ 1950
- ☒ 1960
- ☐ 1970
- ☐ 1980
- ☐ 1990
- ☐ 2000 tai myöhemmin

2. Valitse rakenneosa, jota haluat tarkastella.

- ☒ Alapohja
- ☐ Välipohja
- ☐ Yläpohja
- ☐ Sokkeli
- ☐ Maanvastainen seinä
- ☐ Ulkoseinä
- ☐ Väliseinä
- ☐ Putkikanavat, tarkastusluukut ja rappusten alustilat

Seuraava

Kuva 28. Esimerkki kyselyn rakenteesta, kyselyn aloitus.

SITOWISE
Rakenteiden riskianalyysi

Alapohjarakenteet
Valitse alapohjarakenne, jota haluat tarkastella.

3. Alapohjarakenne

- ☐ Betonilaatta ja sen yläpuolinen puulattiarakenne
- ☒ Kaksoisbetonilaattarakenne
- ☐ Betonilaatta, alalaattapalkisto
- ☐ Tuulettuva alapohja
- ☐ Maanvastainen betonialapohja

4. Onko lämmöneristeenä käytetty mineraalivillaa tai lastuvillaeristettä (Toja-levy)?

- ☒ Kyllä
- ☐ Ei

5. Onko eristetilaan sijoitettu vesi- tai lämpöjohtoja?

- ☐ Kyllä
- ☒ Ei

6. Onko betonilaatan alapuolinen täyttömaa hienojakoista, eli puuttuuko kapillaarikatko?

- ☒ Kyllä
- ☐ Ei

7. Haluatko kirjata muita huomioita rakenteesta?

Kirjoita vastaus

Edellinen Lähetä

Kuva 29. Esimerkki kyselyn rakenteesta, rakennetyyppi ja kysymykset.

Rakennetyypit-osio sisältää kaikki valitulle ajanjaksolle tyypilliset rakennetyypit, joista osa on määritetty riskirakenteeksi. Kysymykset on muotoiltu niin, että jokainen kyllä-vastaus lisää riskin todennäköisyyttä.

4.4 Tulosten analysointi

Kyselyn vastauksista saatavassa Excel-muotoisessa tiedostossa annetut vastaukset näkyvät pitkänä jonona yhdellä rivillä, josta niiden tarkasteleminen on haasteellista. Tuloksien analysoinnin ja helpomman tarkastelun sekä selkeyden vuoksi tiedot viedään erilliseen Excel-pohjaan, joka muodostaa annetuista vastauksista numeerisesti riskin todennäköisyyden ja hakee oleelliset tiedot valmiiksi riskianalyysipohjaan. Tästä valmispohjasta saadaan lopullinen tuloste. Liitteessä 1 on esitetty yksinkertainen vaihtoehto riskianalyysitulosteesta.

Riskien todennäköisyyden arvioinnissa käytettiin periaatetta, että riskirakenteeksi määritellystä rakenteesta tulee yksi piste ja jokaisesta kyllä-vastauksesta yksi piste. Tällä periaatteella rakenteelle tuleva pistemäärä on siis välillä 0...4. Vastaavasti riskianalyysin tekijä täyttää riskianalyysipohjaan riskin vakavuudelle numeron väliltä 1...4 ja näiden lukuarvojen lukujen perusteella muodostuu riskitulo eli riskin suuruus.

Alustavassa riskityökalussa riskin suuruuden määrittämisen jälkeen päätetään toimenpiteistä riskin pienentämiseksi. Jos työkalua lähdetään kehittämään pidemmälle voisi siihen sisällyttää esimerkiksi ehdotuksia riskien ehkäisemiseksi tai mahdollisia korjausvaihtoehtoja.

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa rakenteellisia riskejä korjausrakennuskohteissa ja kehittää riskityökalu, jota voitaisi hyödyntää korjausrakentamisen hankkeissa riskien kartoitukseen ja niiden todennäköisyyksien arvioimiseen. Työkalun on myös tarkoitus helpottaa rakenteellisten riskien tunnistamista.

Yleistietoa riskeistä ja niiden hallinnasta löytyy runsaasti ja sen läpikäyminen ja opinnäytetyön kannalta oleellisten asioiden erittely vei oman aikansa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry on julkaissut oman teoksensa ”Erityismenettelyn soveltaminen – rakennuksen turvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot”, jossa käsitellään riskejä rakennushankkeissa sekä niiden mahdollista erityismenettelyä. Erilaisia riskianalyysejä, joissa käsitellään riskejä projektin hallinnolliselta kannalta on myös helposti saatavilla, mutta pelkästään rakenteellisia riskejä käsittelevää riskianalyysejä oli haasteellisempaa löytää. Yleisistä pientalojen riskirakenteista on myös hyvin tietoa saatavilla. Vaikeammaksi osoittautuikin löytää riskejä, jotka esiintyvät muuallakin kuin vain pientaloissa.

Yleistä tietoa rakenteiden toiminnasta ja siitä, mikä vauriot aiheuttaa ja miten ne ilmenevät, löytyy runsaasti, mutta tarkkoja riskirakenteeksi määritettyjä rakennetyyppejä, joita ilmenee esimerkiksi julkisissa rakennuksissa, löytyi vähemmän. Loppujen lopuksi niitäkin löytyi, mutta siinä edellytyksenä oli, että tietää mistä etsiä. Muun muassa FISE-virhepankkiin on kerättyä muitakin kuin kosteuteen liittyviä riskejä.

Vaikka joistain aihepiireistä oli tietoa runsaasti tarjolla, tulee eteen myös paljon jo vanhentunutta tietoa. Riskirakenteista ja rakenteissa tehdyistä virheistä sekä rakenteissa ilmenevistä vaurioista tulee jatkuvasti lisää tietoa. Esimerkiksi aikanaan maanvastaaiset rakenteet ja niiden kosteusteknisen toiminnan puutteellinen tietämys on lisännyt niiden riskialttiutta, kun taas nykyään niiden kosteustekninen toiminta tunnetaan paremmin. Vastaavasti ulkoseinät kohdistuvat uudentilaiselle rasitukselle ilmaston muuttuessa ja kun kehitellään uudentilaisia rakenneratkaisuja, on niistä vähän tietämystä pitkäaikaisessa rasituksessa.

Opinnäytetyössä käsiteltiin myös laajasti jokaisen rakenneosan toimintaa yleisellä tasolla ja niiden yleisiä riskitekijöitä, joista kosteus oli kaikissa isossa osassa. Kosteuden lisäksi tuuletuksella ja vallitsevalla ilmanpaineella on suuri merkitys rakenteiden toiminnassa ja riskialttiudessa. Yleinen ymmärrys rakenteiden toiminnasta ja ominaisuuksista

on oleellista, kun pohditaan rakenteen riskialttiutta. On ymmärrettävä rakenteen kuivumiskäyttäytymistä ja mitkä ovat suurimmat riskialttiuteen vaikuttavat tekijät. Vasta kun ymmärretään, mitkä tekijät tekevät rakenteesta riskirakenteen tai kasvattavat rakenteen vaurioitumisriskiä, voidaan arvioida riskin todennäköisyyttä.

Ajatus opinnäytetyönä tehtävästä riskityökalusta muuttui opinnäytetyöprosessin aikana ja alkuperäisestä kokonaan Excel-pohjaisesta riskien arviointilomakkeesta luovuttiin. Sen tilalle valittiin Forms, josta lopputuotteena saadaan Excel-formaatissa oleva tiedosto, josta kyselyn vastaukset pystytään hakemaan jatkokäsittelyä varten. Alun perin ajatuksena oli myös, että riskityökalu tulisi rakennesuunnittelijoiden käyttöön, mutta mitä pidemmälle opinnäytetyö eteni, alkoi tulla esiin kysymyksiä, miten työkalu olisi hyödyllisimmillään rakennesuunnittelijoille ja kenen käytössä siitä saataisiin suurin hyöty irti. Riskien tunnistaminen on hankkeen kannalta oleellisempaa alkuvaiheessa, jolloin rakennesuunnittelija ei välttämättä ole vielä mukana prosessissa, vaan rakenteita vasta alustavasti tarkastellaan. Työkalu on siis hyödyllisempi niiden henkilöiden käytössä, jotka ovat mukana prosessissa jo aiemmin. Rakenteellisten riskien järjestelmällisellä käsittelyllä riskityökalun avulla, saadaan riskit niin tilaajan kuin muidenkin hankkeen osapuolien tietoon ja myöhemmässä vaiheessa hanketta riskityökalun avulla kerätyt tiedot hyödyttävät myös rakennesuunnittelijoita.

Riskin suuruuden määrittäminen ei myöskään ollut täysin yksiselitteinen asia. Etenkin kun riskityökalun toteutuslaskusta muuttui työn edetessä. Alkuperäinen ajatus matriisimuotoisesta riskianalyysistä kuitenkin pysyi ja kyselymuotoisen riskityökalun ajatuksen selkeytyessä kirkastui myös ajatus siitä, miten riskien suuruutta voitaisiin määrittää. Suositeltavaa on valita matriisiin parilliset luvut, jotta riskin suuruus ei liian usein ja helposti osuisi asteikon keskelle, mikä hankaloittaa riskien keskenään vertailua. Parillinen luku ei anna vaihtoehtoa valita turvallista keskitietä, vaan esimerkiksi riskin vakavuutta mietittäessä joudutaan valitsemaan, mihin suuntaan riskin vakavuus kallistuu. Riskityökaluun valittiin alustavasti 4 × 4 -matriisi. Myöhemmin, jos työkalua halutaan muokata, voidaan helposti lisätä kyselyyn kysymyksiä ja muuttaa vakavuuden arviointi esimerkiksi asteikolle 1–6, jolloin muodostuisi riskimatriisi muodossa 6x6.

Kysymysten määrä ja riskirakenteille etukäteen määritetyt pisteet vaikuttavat matriisiin kokoon. Joissain rakennetyypeissä, etenkin alapohjissa, olisi helppo keksiä useampiakin kysymyksiä riskin määrittämiseen. Varsinaisen rakenteen lisäksi alapohjiin vaikuttaa esimerkiksi salaojien toiminta, maanpinnan kallistukset rakennuksen vieressä ja vedeneristykset. Kun kysymysten määrä rajattiin vain kolmeen, joudutaan joitain kysymyksiä joko

tiivistämään tai jättämään kokonaan pois. Kuitenkin, jotta kyselyyn annetut vastaukset saadaan kätevästi riskianalyysipohjan avulla poimittua, edellyttää se, että kysymysten määrä olisi kaikissa sama, jotta tiedot poimitaan oikeista sarakkeista. Tämä toi pieniä haasteita niiden rakenteiden osalta, joissa useamman kysymyksen keksiminen ei ollut yhtä helppoa.

Riskianalyysin kysymyksiä olisi hyvä myös pohtia vielä tarkemmin, esitetäänkö vain sellaisia kysymyksiä, joihin pystytään vastaamaan ilman rakenneavauksia vai voidaanko esimerkiksi kysyä maanvastaisen alapohjan kapillaarikatkon puuttumisesta, joka vaatisi rakenteen tarkempaa tutkimista ja rakenneavauksia. Kysymyksien osalta voisi vielä miettiä myös sitä, voisiko kapillaarikatko olettaa puuttuvan tiettyinä aikakautena, kun tiedetään, että vielä 1980-luvulla täyttömaa-aineksen laadussa oli paljon vaihtelua, eikä näin ollen toimivaa kapillaarikatkoa todennäköisesti ole. Lopputuloksena riskianalyysissä voitaisiin esimerkiksi kehottaa tarkistamaan kapillaarikatkon olemassaolo.

Salaojia ja maanmuotoilua olisi voitu työssä käsitellä vielä ihan omana lukunaan. Aihe oli kuitenkin sen verran laaja, että johonkin oli rajavedettävä ja vaikka salaojat ja maanpinnan muotoilut useaan kertaan mainittiinkin teoriassa, päädyttiin siihen, ettei niitä käsitelty omana osuutenaan.

Opinnäytetyön alussa pohdittiin mahdollisia haastatteluja tai yrityksen sisäistä kyselyä, jossa olisi kartoitettu vastaan tulleita yleisiä riskejä ja niiden todennäköisyyksiä. Näistä kuitenkin luovuttiin aikataulullisten haasteiden vuoksi. Lopullisen opinnäytetyössä tehdyn testikäyttöön tarkoitetun riskityökalun kannalta haastatteluilla ei välttämättä olisi loppupeleissä ollut niin suurta arvoa, mutta esimerkiksi työkalun testikäyttö jossain todellisessa projektissa olisi tuonut varmasti lisätietoa sen kehitystarpeista ja toiminnasta. Riskityökalua ei vielä ole päästy testikäyttämään, joten sen todellisesta hyödystä ei vielä ole näyttöjä. Jos opinnäytetyötä olisi tehty esimerkiksi osana jotain työprojektia, sen toteutus olisi varmemmin edennyt työprojektin edetessä.

Seuraavana vaiheena työkaluun voisi lisätä vielä ehdotuksia riskien ehkäisemiseksi ja mahdollisia korjausvaihtoehtoja esimerkiksi eritasoisille korjauksille: (1) kevyt korjaus, (2) keskiraskas korjaus ja (3) raskas korjaus, jolloin myös mahdolliset korjausvaihtoehdot saataisiin aikaisessa vaiheessa tilaajan tietoon. Jos asiaa halutaan viedä vielä pidemmälle, voisi pohtia kyseisten korjausvaihtoehtojen onnistumisen todennäköisyyttä.

LÄHTEET

- Annala, P. 2015. Kosteus- ja mikrobivaurioiden merkkien havaitseminen rakenteista. Julkaisussa: Rakentajain kalenteri 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy, 166–170. Viitattu 15.5.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150502.pdf>
- Annala, P., Suonketo, J. & Pentti, M. 2014. Kosteus- ja mikrobivauriot koulurakennuksissa TTY:n suorittamien kuntotutkimusten perusteella. Sisäilmastoseminaari 2014. Viitattu 15.5.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Tapahtumat/Sisailmastoseminaarit/Sisailmastoseminaari-2014>
- Heinonen, J. 1994. Perustusten vauriot ja korjausmenetelmät. Teoksessa Kaivonen, J.-A. (Toim.) Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Helsinki: Rakennustieto Oy, 235–252.
- Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008a. Betoninen alapohja. Viitattu 16.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Betoninen-alapohja>
- Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008b. Kellarin seinät. Viitattu 16.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Kellarin-seinat>
- Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008c. Maanvastainen betonilaatta. Viitattu 16.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-betonilaatta>
- Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008d. Maanvastainen kaksoislaatta tai puukorotettu lattia. Viitattu 16.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-kaksoislaatta-tai-puukorotettu-lattia>
- Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008e. Ryömintätilojen korjaukset. Viitattu 16.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Ryomintatilojen-korjaukset>
- Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. 2008f. Sokkelit. Viitattu 16.3.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Sokkelit>
- Hometalkoot. 2012. Tunnista ja tutki riskirakenne. Viitattu 15.5.2021. <http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html>
- Hongisto, L. 2016. Kaksoislaattapalkiston korjausmenetelmät sisäilman laadun parantamiseksi. Viitattu 15.5.2021. <https://hometalkoot.fi/guides>
- Jääskeläinen, L. 2017. Erityismenettely. *Rakennettu Ympäristö Ry 2/2017*. Helsinki. Rakennustieto Oy. Viitattu 20.4.2021. <http://proofer.faktor.fi/epaper/Ry217B/index.html#16>
- Kaivonen, J.-A. 1994. Korjausrakentaminen. Teoksessa Kaivonen, J.-A. (toim.) 1994. Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Helsinki: Rakennustieto Oy, 13–30.
- Kallio, M. 2005. Korjausrakentamisen riskit. Julkaisussa: Rakentajain kalenteri 2005. Helsinki: Rakennustieto Oy, 529–533. Viitattu 20.4.2021. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050602.pdf>
- Knuutila, A. 2017a. Riskianalyysi rakennusfysikaalisen toiminnan varmistamisen työkaluna. Teoksessa Vinha, J. & Kivioja, H. (toim.) Rakennusfysiikka 2017, Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut. Osa 1. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, 39–44.

- Knuutila, A. 2017b. Erityismenettely rakennusfysikaalisen toiminnan varmistamisessa. Viitattu 15.3.2021. <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/erityismenettely-rakennusfysikaalisen-toiminnan-varmistamisessa.html>
- Komulainen, J., Huttunen, J. & Sääntti, J. 2011. Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. Julkaisussa: Rakentajain kalenteri 2011. Helsinki: Rakennustieto Oy, 98–106. Viitattu 15.5.2021 <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110305.pdf>
- Lindberg, R. 1994. Runkorakenteiden korjaus- ja muutostyöt. Teoksessa Kaivonen, J.-A. (toim.) Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Helsinki: Rakennustieto Oy, 253–286.
- Malmén, Y & Wessberg, N. 2004. Mitä tarkoitetaan riskillä, riskianalyysillä, riskin arvioinnilla ja riskienhallinnalla. VTT. Viitattu 18.3.2021. <http://www.nbcsec.fi/sptry/arkisto/art-01.pdf>
- Nieminen, J., Kouhia, I., Ojanen, T. & Knuuti, A. 2013. Kosteusteknisesti toimivia korjausrakentamisen periaateratkaisuja. Espoo: VTT. Viitattu 19.4.2021. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2013/T144.pdf>
- Paju, R. 2014. Kosteus- ja homevaurion korjausprosessin riskianalyysi. Rakennustekniikan koulutusohjelma, korjausrakentaminen. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Saatavilla: http://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/jdownloads/Muut%20julkaisut/Opinnaeytetyoet/Kosteus_ ja _homevaurion_korjausprosessin_riskianalyysi_-_Riina_Paju_2014.pdf
- Peltola, S. 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Vammala: Vammalan kirjapaino, 50–245.
- Raksystems. 2020a. Riskirakenteet – osa 1. Opas kotisi riskirakenteiden tunnistamiseen ja ymmärtämiseen. Viitattu 20.4.2021. https://www.raksystems.fi/wp-content/uploads/2020/09/Riskirakenne_OPAS_1%EF%80%A2_RGB_08-2020_web.pdf
- Raksystems. 2020b. Riskirakenteet – osa 2. Opas kotisi riskirakenteiden tunnistamiseen ja ymmärtämiseen. Viitattu 20.4.2021. https://www.raksystems.fi/wp-content/uploads/2020/10/Riskirakenne_OPAS_2%EF%80%A2_RGB_VALMIS.pdf
- RIL 1988. RIL 174-1 Korjausrakentaminen I, Yleiset perusteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 1995. RIL 174-6 Korjausrakentaminen VI, Työturvallisuus. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- RIL 2014. RIL 255-1-2014, Rakennusfysiikka Osa 1: Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- RIL 2016. RIL 241-2016, Erityismenettelyn soveltaminen – rakennuksen turvallisuus, terveellisyys ja kulttuurihistorialliset arvot. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- RT 103089. 2019. Rakennesuunnitelmien ulkopuolinen tarkastus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 18.2.2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/25036#page=1>
- Rousku, K. 2017. VM 22/2017 Ohje riskienhallintaan. Viitattu 18.3.2021. https://www.suomidigi.fi/sites/default/files/2020-06/VM_22_2017_1.pdf
- Suominen, A. 2003. Riskienhallinta, 3. uudistettu painos. Vantaa: Werner Söderström Osakeyhtiö, Dark Oy.
- Weijo, I., Lahdensivu, J., Turunen, T., Ahola, S., Sistonen, E., Vornanen-Winqvist, C. & Annala, P. 2019. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 19.4.2021. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161855/YM_2019_18_211019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Åström, G. 2016. Erityismenettely – rakennuksen laadun työkalu. Viitattu 15.3.2021. <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/erityismenettely-rakennuksen-laadun-tyokalu.html>

Åström, G. 2017. Erityismenettelyllä laatua, turvallisuutta ja terveellisyyttä. Viitattu 15.3.2021. <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/teemat/erityismenettelylla-laatua-turvallisuutta-ja-terveellisytta.html>

Ympäristöministeriö 2016. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Viitattu 15.5.2021. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimusopas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liite 1. Esimerkki riskianalyysitulosteesta

SITOWISE

Riskianalyysi

Tilaaja:

Kohteen nimi:

Osoite:

Rakennuksen käyttötarkoitus:

Rakennusajankohta: 1960

Riskianalyysin tekijä: Tuisku Khan

Tarkastellut rakennetyypit

Rakennetyyppi	Todennäköisyys	Vakavuus (Täytä arvo 1-4)	Riskin suuruus	Muita huomioita	Toimenpiteet riskin pienentämiseksi
Kaksoisbetonilaattarakenne	3 Todennäköinen	2 Kohtalainen	Merkittävä riski		

Todennäköisyys:

- 1 Epätodennäköinen
- 2 Mahdollinen
- 3 Todennäköinen
- 4 Lähes varma

Vakavuus

- 1 Vähäinen
- 2 Kohtalainen
- 3 Merkittävä
- 4 Kriittinen

Todennäköisyys	4	3	2	1
	4	3	2	1
	3	2	1	
	2	1		
	1			
Vakavuus				
	1	2	3	4

Kriittinen riski
Merkittävä riski
Kohtalainen riski
Matala riski

Sitowise Oy

www.sitowise.com

Y-tunnus 2335445-0

Sähköposti etunimi.sukunimi@sitowise.com