



Altistumisen hallinta kiinteistöjen korjaustarpeen priorisoinnissa

Veli-Matti Pietarinen
Ramboll Finland Oy

Rahoittaja ja tutkimushankkeen työryhmä

Korjaussuunnitteluratkaisujen terveellisuuden arviointimalli, ISBN: 978-952-94-0068-3, www.tsr.fi

Yhteistyökumppani

- Savon koulutuskuntayhtymä

Työryhmä (Suomen Sisäilmakeskus Oy / Ramboll Finland Oy)

- Veli-Matti Pietarinen, Kai Nordberg, Juha Heikkinen, Liisa Kujanpää, Helmi Kokotti

Ohjausryhmä:

- Anne-Marie Kurka, Työsuojelurahasto; Timo Turunen, Ramboll Oy; Anne Hyvärinen, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos; Marko Vartiainen ja Marko Pasanen, Savon koulutuskuntayhtymä

Taustaa arviointimenetelmän kehittämistyölle

Tarvitaan selkeämpää ohjeistusta eri korjaustavoista erilaisiin käyttöikäavoitteisiin

- Peruskorjaus?
- Käyttöä turvaavat korjaustoimenpiteet?

Riittävä korjauslaajuus

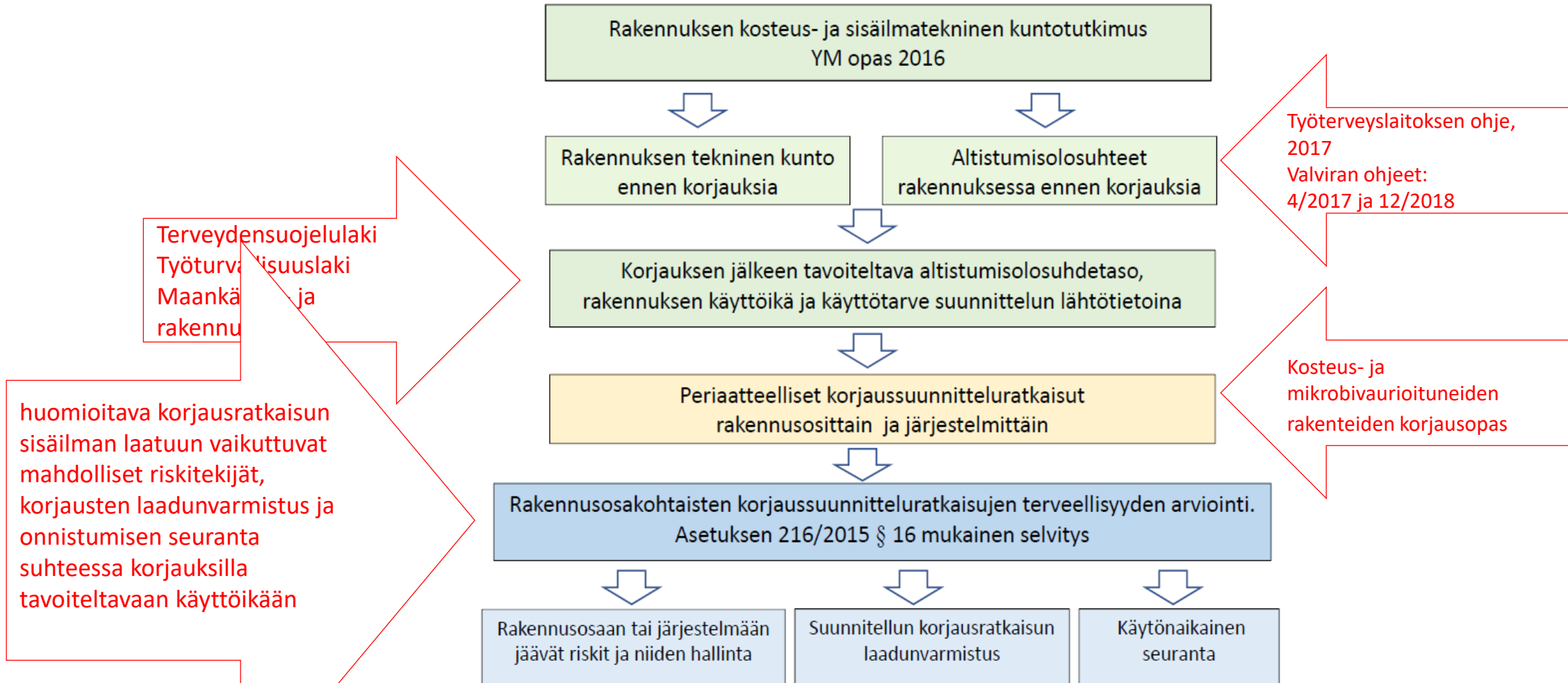
- Pohjana kokonaisuuden huomioonottava kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus
- Työ- ja oleskelutilat ovat terveelliset ja turvalliset käyttäjille rakennuksen koko elinkaaren ajan
 - Terveysturvallisuuslaki, Työturvallisuuslaki, maankäyttö- ja rakennuslaki
- Ympäristöministeriön asetus (216/2015 § 16), selvitys haitan ja sen vaikutuksen poistamisesta

Korjausten laatu

- Mille altistumisolosuhtetasolle korjauksilla pyritään?
- Laadunvarmennus ja seuranta tilojen käytön aikana
 - varmistetaan suunnitellun altistumisolosuhteen säilyminen koko käyttöiän ajan

- Työsuojelurahaston rahoittaman hankkeen tavoitteena on kehittää korjaussuunnitteluun tarkastustyökalu, jolla arvioidaan käyttöikäavoitteiltaan erilaisten korjaussuunnitteluratkaisujen vaikutusta rakennuksen altistumisolosuhteisiin

Korjaussuunnitteluratkaisujen terveellisyysarviointimalli



Korjaussuunnitteluratkaisujen terveellisyysarviointimalli, ISBN: 978-952-94-0068-3, www.tsr.fi

Arviointimenetelmä, suunnitteluratkaisujen periaatteet

Hankkeessa määritetään korjausratkaisujen periaatteet:

- Peruskorjaus, tavoiteltava altistumisolosuhdetaso 1
- Käyttöikä 5 – 15 vuotta, altistumisolosuhdetaso 2
- Käyttöikä 1 – 5 vuotta, altistumisolosuhdetaso 2
- Käyttöikä alle vuosi, altistumisolosuhdetaso 2 tai 3*
- Rakennuksen käytöstä luopuminen

*Korjauksilla tavoiteltava altistumisolosuhdetaso sekä siihen liittyvät *korjausten laadunvarmistus ja korjausten seurantamenetelmät tulee hyväksyttää* sisäilmaryhmällä, työterveyshuollolla sekä tarvittaessa kohteen terveydensuojelulain tai työsuojelulain viranomaisilla

Arviointimenetelmä, suunnitteluratkaisujen periaatteet

Korjauksen onnistuminen edellyttää, että kaikille **rakennusosille** valitaan **käyttöältään samantasoiset korjaustoimenpiteet**

- Kuntotutkimusten merkitys
- Kokonaisuuden hallinta
- Suunnitellun käyttöiän loputtua tilojen soveltuvuutta käyttötarkoitukseen arvioidaan uudelleen

Ympäristöministeriön asetuksen (216/2015 § 16) mukainen **selvitys haitan ja sen vaikutuksen poistamisesta**

- Korjauksilla saavutettava altistumisolosuhdetaso
- Korjausratkaisun onnistumiseen liittyvät riskit ja riskien hallintaan liittyvä seurantasuunnitelma

Suunnitteluvaiheen onnistuminen edellyttää **päteviä toimijoita** hankkeen eri vaiheissa

Hankkeen korjauskohteet

- Seitsemän koulurakennusta, joilla erilaiset käyttöikätaivoitteet
- Kohteet eri vaiheissa (hankesuunnittelu, toteutussuunnittelu, toteutus)
- Kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset
- **Kohteille tehtiin arviointimallin mukaan asetuksen 216/2015 mukaiset selvitykset**

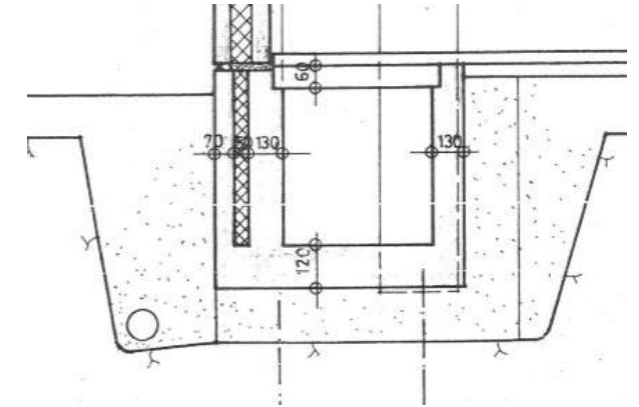
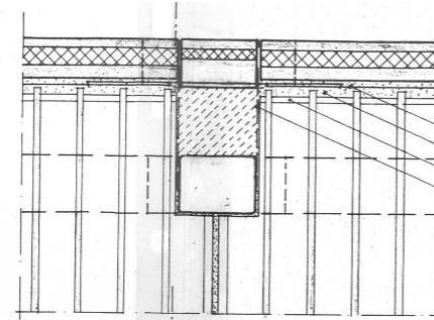
Esimerkkikohteen taustatiedot

- Vuonna 1976 valmistunut koulurakennus ($A = 7000 \text{ m}^2$)
 - Peruskorjaus 2009 (talo- ja sähkötekniikka, ulkoseinärakenne, yläpohja- ja vesikattorakenne, sisätilojen pintamateriaalit)
 - Laajennus 2009 (korotettu yhdellä kerroksella ja tehty laajennusosa)
 - Rakennuksen yhteydessä on usean eri rakennusaikakauden rakennuksia, joita yhdistää yhdyskäytävät ja rappukäytävät
- Koulurakennukseen tehty kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus korjausten lähtötiedoksi
 - Altistumisolosuhteen arviointi
 - **Ennen korjaustoimenpiteitä tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde oli todennäköinen**
 - Terveydellisen merkityksen arviointi (asiantuntijalääkäri)

Esimerkkikohde, alapohjarakenne kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimukset tulokset

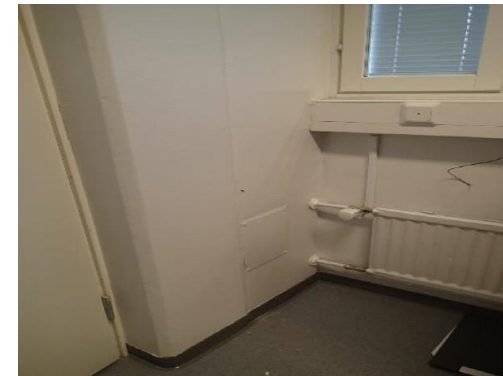
Laaja-alaiset ja merkittävät epäpuhtauslähteet

- Maanvarainen talotekniikkakanaali rakennuksen molemmilla sivuilla
 - Ilmayhteys ensimmäiseen kerrokseen sekä ylempiin kerroksiin hormien kautta
- Ilmavuodot alapohjan täyttömaasta kantavien seinien ja alapohjan liitoskohdista



Paikalliset tai vähäiset epäpuhtauslähteet

- Koneellisesti tuulettuvan lattian ja ulkoseinän liitoksissa vähäisiä / pistemäisiä vuotoja alapohjan täyttömaasta, yhteensä 400 m²
- Lattiapinnoitevaurioita yksittäisissä tiloissa, yhteensä 150 m²
- Palo-ovien kynnyksen ja alapohjan liitoksessa vuotoja
- Kantavien pilarien ja alapohjan liitoksessa vuotoja
- Yksittäisen kantavan väliseinän ja alapohjan liitoksessa vuotoja
- Talotekniikan tarkastusluukut epätiivittä



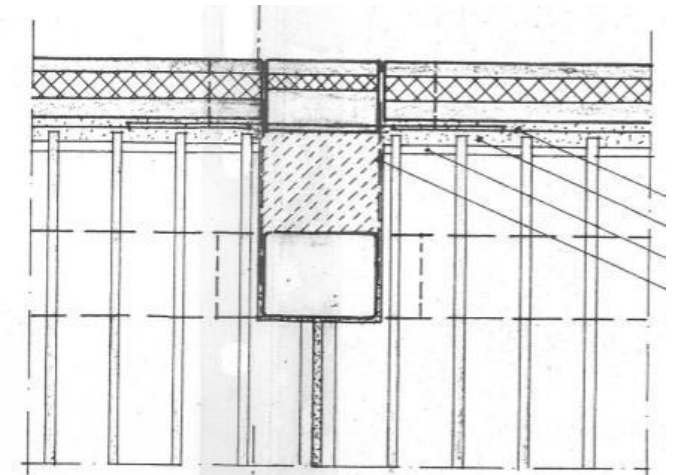
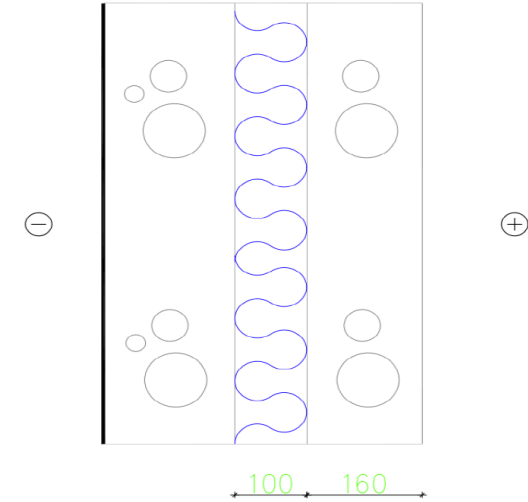
Esimerkkikohde, maanvastainen seinärakenne kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimukset tulokset

Laaja-alaiset epäpuhtauslähteet

- Sandwich-rakenteen mineraalivillaeristekerroksen laaja-alaiset vauriot, joista todettu merkittäviä vuotoilmavirtauksia sisäilmaan

Paikalliset epäpuhtauslähteet

- Pistemäisiä ja vähäisiä vuotoja ikkunarakenteen ja ulkoseinän liitoksessa (yksittäiset tilat)
- VSS-tilan maali- ja tasoitekerroksen vauriot
 - VSS-tiloissa henkilökunnan tauko- ja sosiaalitiloja



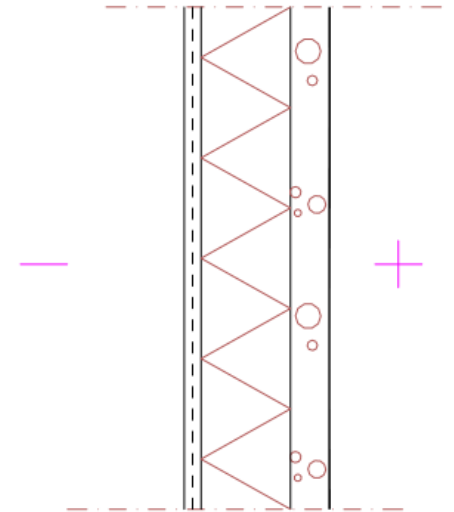
Esimerkkikohde, ulkoseinärakenne kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimukset tulokset

Ei todettu laaja-alaisia epäpuhtauslähteitä tai vaurioita

- Sandwich-elementtirakenteisen ulkoseinän julkisivuelementti ja eristekerros uusittu peruskorjauksessa
- Ikkunarakenteet uusittu peruskorjauksessa

Vähäiset epäpuhtauslähteet

- Ikkunarakenteen ja ulkoseinän liitoksen pistemäiset ja vähäiset vuotoilmavirtaukset
- Pilarien kohdalla olevien elementtisaumojen kautta tulevat vuotoilmavirtaukset ulkoseinärakenteista



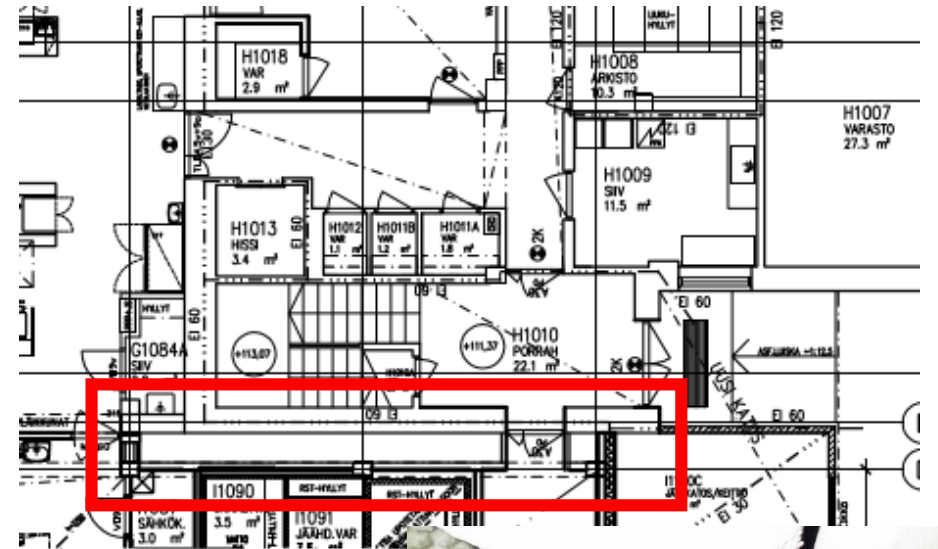
Esimerkkikohde, välipohjarakenne kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimukset tulokset

- **Ei todettu laaja-alaisia epäpuhtauslähteitä tai vaurioita**
 - Välipohjarakenteena ontelolaatasto, pinnoitteet uusittu peruskorjauksessa
- **Paikalliset epäpuhtauslähteet**
 - VSS-kattorakenteessa poikkeavaa kosteutta
 - Muovimattopinnoitteen vauriot
 - VSS-kattorakenteen hiekkakerroksesta vuotoilmavirtauksia sisäilmaan



Esimerkkikohde, liittymäalueet viereisiin rakennuksiin kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimukset tulokset

- **Laaja-alaiset epäpuhtauslähteet**
- Keittiö- ja ruokala 2,2 metriä koulurakennuksen ensimmäistä kerrosta alempana
 - Osittain maanvastaiset seinärakenteet
 - Alapohjan ja seinän liitoksen kautta vuotoja
 - Maanvastaisissa seinärakenteissa todettiin vaurioita
- **Paikalliset epäpuhtauslähteet**
 - Liittymäalueella talotekniikkahormi, jonka kautta epäpuhtauksia vuotoilmavirtausten mukana työtiloihin



Esimerkkikohde

kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimukset tulokset

Yläpohja- ja vesikattorakenteet

- **Ei todettu laaja-alaisia epäpuhtauslähteitä tai vaurioita**
 - Vesikattorakenteet uusittu peruskorjauksessa 2009
 - Yläpohjarakenteen uusittu peruskorjauksessa 2009

Ilmanvaihtojärjestelmä

- Peruskorjattu 2009
- Paine-erot eri kerrosten välillä
- Ulko- ja sisäilman välinen paine-ero
 - Osa kerroksista ja tiloista merkittävästi alipaineisia

Esimerkkikohde, korjausratkaisut

- Korjauksilla tavoiteltava käyttöikä 1 – 5 vuotta, altistumisolosuhtetaso 2
 - Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat eivät ylity tiloissa korjausten jälkeen
 - Rakennuksessa ei ole korjausten jälkeen laaja-alaisia epäpuhtauslähteitä
 - Tiivistyskorjauksilla tavoiteltavaksi tiiviystasoksi valittiin taso 2 (RT14-11197)
- Korjausratkaisut on suunnitellut pätevä korjausrakentamiseen perehtynyt korjaussuunnittelija

Alapohjarakenne

käyttöikätaavoite 1 – 5 vuotta, korjausratkaisut ja laadunvarmistus

- Alapohjan ja ulkoseinän liitoksen tiivistyskorjaus
 - Vedeneriste + kumibutyylinauha
- Talotekniikkakanaalin läpivientien tiivistys
 - Juotosvalu + vedeneriste
- Vaurioituneiden muovimattopinnoitteiden sekä tasoite- ja liimakerrosten poistaminen (AP + VP), yhteensä 150 m²
 - Aktiivihiilimatto (cTrap), jonka päälle laminaattipinnoite
- Palo-ovien kynnysten ja alapohjan liitoksen tiivistyskorjaus
- Talotekniikkakanaalien tarkastusluukkujen tiivistäminen

Korjausten laadunvarmistus: Tiivistyskorjausten laadunvarmistuskokeet, toteutunut tiiviystaso 2 (RT14-11197)



Alapohjarakenne

rakennusosaan liittyvät riskit korjausten jälkeen ja niiden hallinta

- Koneellisesti tuulettuvassa lattiassa todettiin pistemäisiä / vähäisiä vuotokohtia alapohjan ja ulkoseinän / maanvastaisen seinän liitoksissa (yhteensä noin 400 m²)
 - Liittymien kautta tulevat ilmavuodot hallitaan osittain tuulettuvan maton poistoilmanvaihdolla
 - **Järjestelmä toiminnan seuraaminen**
- Alapohjarakenteeseen jää paikallisia ilmavuotokohtia
 - Pilarien ja alapohjan liitokset
 - Paikallisen kantavan seinän ja alapohjan liitos
 - Väliseinärakenteiden kohdalla olevat alapohjarakenteen työsaumat
 - Ilmanvaihtojärjestelmän tasapainottaminen
- Palo-ovien ja alapohjan liitos tiivistetty elastisella massalla
 - Käyttöikä ei vastaa muissa tiivistyskorjauksissa käytettävien materiaalien käyttöikää
 - **Ilmanvaihtojärjestelmän tasapainottaminen**

Maanvastainen seinärakenne käyttöikätaivoite 1 – 5 vuotta, korjausratkaisut ja laadunvarmistus

Maanvastainen seinärakenne

Alapohjan ja maanvastaisen seinärakenteen liitoksen tiivistys

- Vedeneristemassa + kumibutyylinauha

Elementtisaumojen tiivistys, rakennuksen päädyissä olevat pilarit

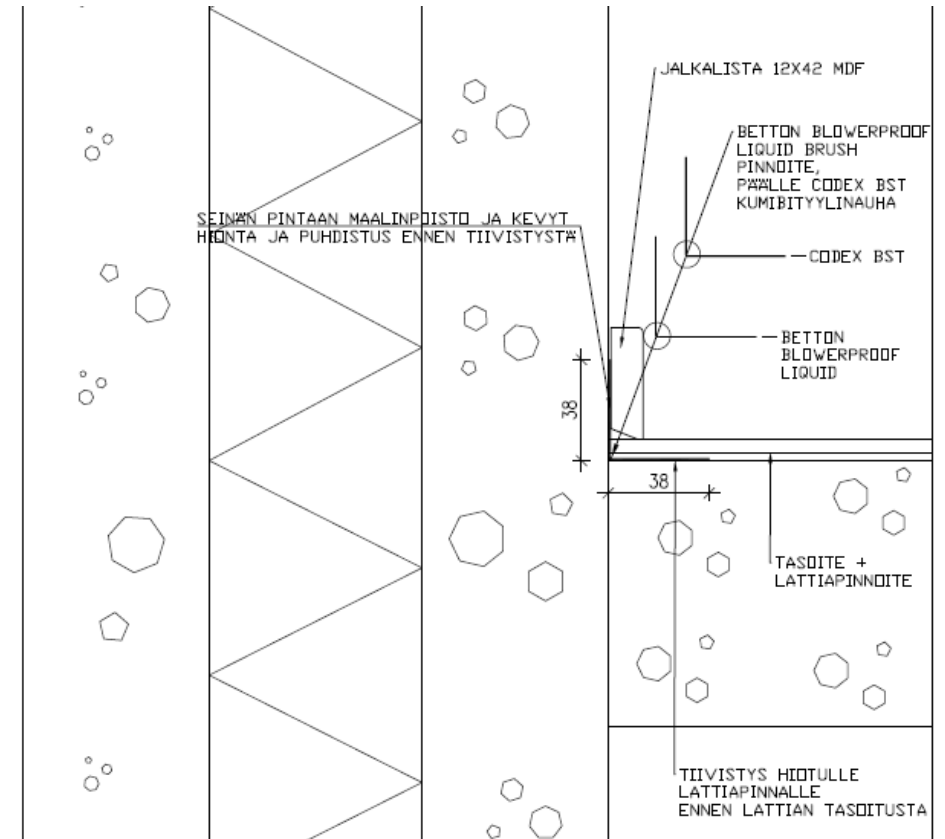
- Vedeneristemassa + kumibutyylinauha

VSS-tiloissa olevien sosiaali- ja taukotilojen käytöstä poistaminen ja tilojen alipaineistaminen ympäröiviin tiloihin nähden

Korjausten laadunvarmistus

Tiivistyskorjausten laadunvarmistuskokeet, toteutunut tiiviystaso 2 korjatuilla kohdilla (RT14-11197)

VSS-tilojen alipaineisuuden varmistaminen seurantamittauksilla



Maanvastainen seinärakenne rakennusosaan liittyvät riskit korjausten jälkeen ja niiden hallinta

- Maanvastaisen seinärakenteen eristekerroksesta on paikallisia ilmavuotokohtia sisäilmaan
 - Ikkunarakenteiden ja ulkoseinän liitoksia ei tiivistyskorjattu (yksittäiset tilat)
 - Liitoksen tiiviystaso selvitysten perusteella tasoa 3 (RT14-11197) (liitoksessa uretaanivaahdotus + saumamassa)
 - Elementtisaumoissa pistemäisiä / vähäisiä vuotokohtia kantavien pilarien takana
 - Rakennuksen päädyissä olevat pilarit, tiivistyskorjausten tehtiin pilarin ja elementin liitokseen
- **Ilmanvaihtojärjestelmän tasapainottaminen**

Liittymäalueet viereisiin rakennuksiin käyttöikätaavoite 1 – 5 vuotta, korjausratkaisut ja laadunvarmistus

- Maanvastaisten seinärakenteiden tiivistyskorjaukset
 - Vedeneristemassa + vahvikenauha
- Eri rakennusaikakautena tehtyjen rakennusten liitoksessa olevan talotekniikkahormin puhdistaminen, maapohjan betonointi
 - Hormin ja rappukäytävien liitosten tiivistyskorjaus (koteloinnin tiivistys vedeneristemassalla)
 - Hormien läpivientien tiiviiden parantaminen (uretaanivaahdotus)
 - Näkyvien (merkittävien) ilmavuotokohtien tiivistäminen
 - Hormin koneellinen alipaineistaminen ympäröiviin tiloihin nähden

Laadunvarmistus

- Tiivistyskorjausten laadunvarmistuskokeet, toteutunut tiiviystaso 2 (RT14-11197)
- Hormin paine-erojen seuranta eri kerrosten välillä
- Hormin läpivientien ja liittymien tiiviiden parantamisen tarkastus aistinvaraisesti

Liittymäalueet viereisiin rakennuksiin

Korjausratkaisuihin liittyvät riskit ja niiden hallinta

- Tiivistyskorjattujen maanvastaisten seinärakenteiden tiiviystasoksi saavutettiin taso 2
 - Rakenteissa pistemäisiä ilmavuotokohtia
 - Ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotus
- Paine-erot talotekniikkahormissa rakennuksen eri kerroksissa voivat vaihdella tuuliolosuhteiden vaikutuksesta sekä tilojen käyttöajan ulkopuolella
 - Hormin alipaineisuutta tulee valvoa paine-eron muutoksista hälyttävällä mittalaitteella
 - Hormin tiivistäminen tiiviystasolle 2 vaatisi laajempia purku- ja korjaustöitä, jotka olisi kustannustehokasta tehdä rakennuksen peruskorjausvaiheessa

Esimerkkikohde, käytön aikainen seuranta

- Tiivistyskorjattujen rakenteiden laadunvarmistus merkkiainekaasututkimuksilla käyttöiän puolessa välissä
 - Maaliskuu 2019
- Ilmanvaihtojärjestelmän paine-erojen seurantamittaukset
 - Maaliskuu 2019
- Koneellisesti alipaineistettujen hormien ja tilojen paine-erojen seuranta sekä paine-erojen vaihtelusta hälyttävä mittausjärjestelmä
- Jos tilojen käyttöä jatketaan yli suunnitellun käyttöiän, tulee tiivistyskorjattujen rakenteiden tiiveys varmistaa ennen käyttöiän jatkamista.
- Jos tiivistetyissä rakenteissa havaitaan puutteita tai niiden epäillään aiheuttavan haittaa, tulee vuotoilmareitit ja niiden merkitys varmentaa merkkiainekokeilla.

Korjaukset tehty kesällä 2017, miten korjauksissa onnistuttiin?

Kohteen sisäilmaryhmän näkemys korjausten onnistumisesta

- Sisäilman huonosta laadusta- tai oireisiin viittaavat viestit on huomattavasti vähentyneet tehdyn korjauksen jälkeen
 - Yksittäisistä tiloista on saatu joitakin yhteydenottoja, joissa käyttäjä kokee saavansa vieläkin oireita
 - Korjauslaajuutta laajennetaan yksittäisten tilojen osalta. Korjausten toteutus mahdollisesti joulukuu 2018 – tammikuu 2019
- Muutos korjausten jälkeen on selkeästi aistittavissa jopa aistinvaraisesti (hajut suurelta osalta poistuneet).
- Käyttäjiltä on saatu hyvää palautetta ko. osan yleisestä sisäilmalaadusta
- Yksittäisten luokkatilojen merkittävimpänä ongelmana ylisuuret käyttäjäryhmät, jolloin ilmanlaatu koetaan huonoksi (riittämätön ilmanvaihto käyttäjämääriin nähden)
- Korjausten käyttöikätaavoite on suunnitellun käytön valossa riittävä. Rakennuksen käyttöä tehostetaan ns. sisäisenä väistötilakohteena muiden alueen koulurakennuksien osalta.
 - Varaudutaan alkuperäisen käyttöikätaavoitteen muutoksiin
- Kohteen koko sisäilmaongelman korjausprosessi on pyritty viemään läpi tilaajan toimintatapaohjeen mukaisesti ja siinä on vähintäänkin tyydyttävästi onnistuttu (ongelmia toki ollut paljon). Korjausprosessia on myöskin kehitetty osana ko. korjauksia ja tuloksia tullaan käyttämään tulevaisuuden kehitystyössä
 - Jälkiseurantaa on syytä parantaa (tilaajan osalta); vaatii resursseja

Taulukko 10. Korjausratkaisujen periaatteet, joilla rakennuksen käyttöikää jatketaan 1 – 5 vuotta. Tavoiteltu altistumisolosuhdetaso on 2.

| Suunniteltu korjausratkaisu | Vastaava asiantuntija | Suunnitteluvaiheen laadunvarmistus | Vastaava asiantuntija | Tilojen käytön aikainen seuranta | Vastaava asiantuntija |
|--|-----------------------|--|--|--|------------------------|
| Laaja-alaisten, koko rakennusosaa koskevien haittojen vaikutusta sisäilmaan vähennetään, pienentämällä vuotoilmavirtauksia vauriosta sisäilmaan. Tiiviystaso 3 [25]. | KVKS | Päätetään mallihuoneen koekorjauksesta sekä tiivistyskorjauksen laadunvarmistuksesta Käytettävien materiaalien soveltuvuuden arviointi käyttöikätaivoitteeseen verrattuna. Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja* Kosteudenhallintaselvitys** Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma | KVKS, KVKT RTA* KVKS, KVKT, RTA* KVKS KVKS KVKTJ, KVKS | Tiiviystason seuranta erillisen suunnitelman mukaisesti. Suunnitelma liitetään kiinteistön huoltokirjaan. | RTA*, KVKT KVKS |
| Laaja-alaiset, koko rakennusosaa koskevat rakenteen sisäpinnalla olevat vauriot poistetaan (esim. laaja-alainen muovimattovaurio). Laaja-alaiset teolliset mineraalikulutulähteet poistetaan. | KVKS KVKS | Korjauslaajuuden määrittäminen. Suunnitelmien tarkastus, tavoiteltava käyttöikä vastaa muiden rakennusosien käyttöikää. Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja* Kosteudenhallintaselvitys** Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma | KVKS, KVKT KVKT, RTA* KVKS KVKS KVKTJ, KVKS | Korjaustavan perusteella määritetty seuranta Suunnitelma liitetään kiinteistön huoltokirjaan. | RTA*, KVKT KVKS |
| Rakennusosien paikalliset vauriot korjataan pienentämällä vuotoilmavirtauksia haitasta sisäilmaan. Tiiviystaso 3 [25]. | KVKS | Paikallisen vaurion vaikutuksen arviointi tilan altistumisolosuhdeluokkaan. Päätetään mallihuoneen koekorjauksesta sekä tiivistyskorjauksen laadunvarmistuksesta Pölyn- ja puhtaudenhallinta-asiakirja* Kosteudenhallintaselvitys** Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma | RTA* RTA*, KVKT KVKS KVKS KVKTJ, K | Korjaustavan perusteella määritetty seuranta Suunnitelma liitetään kiinteistön huoltokirjaan. | RTA*, KVKT KVKS |
| Ilmamäärien säätäminen tilojen käyttötarkoituksen perusteella. Paine-erojen hallinta. Rakennuksen paine-erojen tasapainotus tai lievä ylipaineistus. | IV IV | Ilmamäärien mittaus. Tilamuutosten ja -järjestelyjen huomiointi ilmanvaihtojärjestelmän korjauksessa Paine-eroseurantamittaukset | IV, RTA, SISA IV IV, SISA, RTA | Paine-eron seuranta, paine-eron valvonta- ja hälytysjärjestelmä. | IV, KVKT, RTA |

* Pölyn ja -puhtaudenhallinta-asiakirjassa nimetään puhtaudenhallintakoordinaattori

** Kosteudenhallintaselvityksessä nimetään kosteudenhallintakoordinaattori