

Tutkimusmenetelmän valinta, esimerkkejä, riskirakenteita ja tutkimuksien raportoinnista

Tutkimusmenetelmät korjausrakentamisessa -opintojakso
Korjausrakentaminen ja kiertotalous -opintokokonaisuus

Niko Tolvanen, Savonia amk
Julkaistava aineisto (poikkeaa opintojaksolta)



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU



Tutkimusmenetelmän valinta



Ainetta rikkomattomat tarkastelut tehdään yleensä aina ensin ja tarpeen mukaan löydökset varmennetaan esim. rakennekosteusmittauksin tai rakenneavauksin

Menetelmiin voivat vaikuttaa rakennuksen käytön ja rakenteiden asettamat rajoitukset

Tutkimus ei saa muuttaa rakenteiden rakennusfysikaalista toimintaa

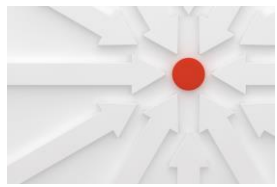
Kuntotutkijan tulee tuntea menetelmät eri riskitekijöiden mittaamiseksi ja selvittämiseksi

Kuntotutkijan tulee tehdä ja teettää vain sellaisia tutkimuksia tai mittauksia, joiden tuloksia hän pystyy analysoimaan tai tulkitsemaan osana tutkimuskokonaisuutta

Tarvittaessa käytettävä alihankkijoita tai tilattava osa tutkimuksista toiselta yritykseltä

Tulisi käyttää viranomaisten hyväksymiä menetelmiä, jotka on esitetty ympäristöministeriön julkaisemissa asetuksissa ja ohjeissa kuten asumisterveysasetuksessa ja sen soveltamisohjeissa

Arvioinneissa käytetään myös mm. TTL:n julkaisuja



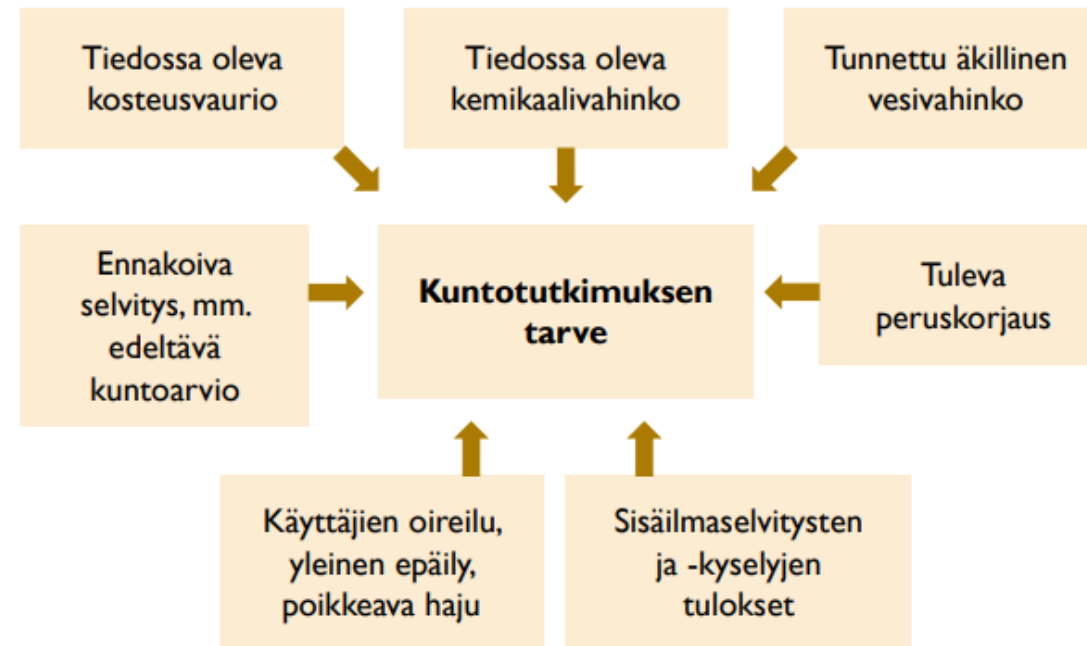
- Kustannussyyt voivat rajoittaa tutkimuksien laajuutta
- Esim. liian suppea mittaus tai näytemäärä voi aiheuttaa tuloksissa epävarmuutta, joka tulee tiedostaa.
 - Ilman tarkennuksia tai laajempaa tutkimusta voi hanke tulla kalliimmaksi korjausvaiheessa
- Käytetty mittauskalusto tulee olla kunnossa ja asianmukaisesti kalibroitu

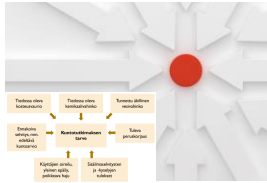


Kuva: Sitowise



Lähtötilanteen vaikutus



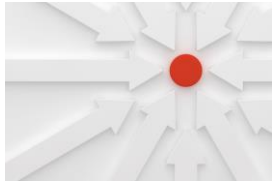


Ennakoiva selvitys

- Aiemmat havainnot esim. ammattilaisen aistinvaraisista tutkimuksista
- Käyttäjien tai huollon aktiivinen rakennuksen kunnon seuranta
- Alustava riskiarvio jossa kartoitettu kosteustekniset riskin mm. piirustuksista tai kyselyiden avulla

Tiedossa oleva kosteus- tai mikrobivaurio

- On tiedossa vaurio, mutta esim. laajuus ei ole tiedossa
- Aiheuttajaa ei tiedetä esim. vakuutus tai riitatilanne



Milloin mm. valitaan?

- Kun sisäpuolisessa tarkastuksessa havaitaan poikkeamia, jotka viittaavat rakenteen sisäisiin vaurioihin
- Jos on epäily rakenteen virheellisestä toteutuksesta, vaurioherkistä- tai riskirakenteista tai on tiedossa oleva vesivuoto.
- Etenkin vanhemmissa rakennuksissa kaikkien päärakennetyyppien suunnitelmienmukaisuus on suositeltavaa tarkastaa.
- Peruskorjausta tai -parannusta varten rakennetyyppien selvitys, korjaussuunnittelun lähtötiedoksi



Äkillinen kosteusrasitus

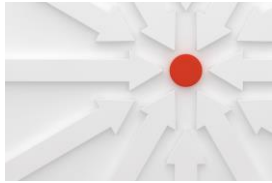
- Esim. putkivuoto, sammutusvesi tai tulva

Tärkeää selvittää kosteusvaurion laajuus ja välittömästi tehtävät korjaustoimenpiteet

Voidaan valita tutkimusmenetelmäksi esim.

- Aistinvarainen tutkimus (pelkkä aistinvarainen harvoin riittää)
- Pintakosteuskartoitus ja rakennekosteusmittaus
- Rakenneavaukset
- Viemärivuodoissa voi olla tarpeen selvittää ulostep. mikrobien analyysillä

Myöhempi tutkimus edellyttää selkeästi enemmän tutkimuksia mm. rakenneavauksia ja on vaikeampaa.



Kun halutaan selvittää rakenteen kosteusteknistä toimintaa.

Mittauspaikat valikoidaan aistinvaraisten tarkastelujen, pintakosteuskartoituksen sekä rakennetyyppien tarkastelujen perusteella.

Kosteusmittaukset voidaan toteuttaa suuntaa-antavina silloin, kun menetelmän mittauserätarkkuus tiedostetaan ja se sallitaan.

Pintakosteuskartoituksessa havaitut poikkeamat tarkastetaan rakennekosteusmittauksin

Tutkimusmenetelmän valinta – Epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen



Kun epäillään, että rakenteiden sisällä olevia epäpuhtauksia kulkeutuu rakenteiden epätiiveyden ja/tai alipaineen takia sisäilmaan.

Kun halutaan paikantaa ilmavuotojen ja kosteuskonvektion riskikohtia.

Epäpuhtauksien kulkeutumisen arviointi edellyttää aina rakenteen yli vallitsevien painesuhteiden mittaamista, koska ne vaikuttavat ilmavuotomääriin. Pitkäaikaismittaus 1–2 vk ajanjaksolla on suositeltavaa.

Koko rakennuksen ilmavuotoriskien arvioimiseksi paine-eroja tulee mitata ilmanvaihtojärjestelmän eri palvelualueilta sekä eri ilmansuunnista ja kerroksista, koska paine-erojen suuruuteen vaikuttaa ilmanvaihdon lisäksi tuuli, lämpötilaerot sekä luonnollinen savupiippuvaikutus.

Tutkimusmenetelmän valinta – Epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen



Merkkiainetutkimuksia käytetään,

- kun arvioidaan rakenteiden tarkkoja ilmavuotopaikkoja ja ilmavuotojen voimakkuutta.
- työmaa-aikaisena tai käytön aikaisena laadunvarmistusmenetelmänä

Merkkisavua käytetään tavanomaisesti aistinvaraisten havaintojen tukena ilmavirtauksien suuntien ja voimakkuuksien arvioimiseksi

Puhdassavua voidaan käyttää suurten tilojen ilmatiiveyden tutkimiseen, esim. laskemalla alapohjaan savua, ja tarkastelemalla havaitaanko vuotokohtia esimerkiksi rakenteen liittymistä

Puhdassavua voidaan käyttää tilan ilmanjaon toimivuuden ja ilman liikkeiden tutkimiseen

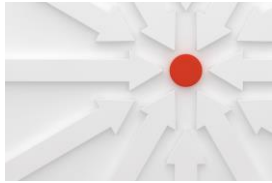
Ilmavuotoluvun eli q50-luvun määrittäminen tehdään tyypillisesti uudisrakennuksen energiatodistuksen laadintaa varten. Tiiveysmittauksien yhteydessä voidaan paikallistaa tarkempia ilmavuotokohtia esimerkiksi lämpökameralla



Kuva: Ritowise Niko Tolvanen



Kuva: Hometalkoot



Lämpötila ja suhteellinen kosteus

- kuntotutkimuksen perusmittauksia, joita toteutetaan myös muiden mittausten yhteydessä (esim. rakennekosteusmittaus)
- Eniten tietoa pitkäaikaisena seurantamittauksena kun arvioidaan sisätilojen kosteuslisän määrää, lämpöolosuhteita ja talotekniikkaa
- Ennen mittauksia tarkastetaan
 - ilman virtaus IV:n pääte-elimiltä (esim. merkkisavu)
 - Ulkovaipan yli olevat paine-erot (väh. lyhytkestoinen mittaus)

Hiilidioksidi

- Kuvaa tilan tunkkaisuutta
- Ilmanvaihdon riittävyttä
- Korreloi muiden epäpuhtauksien määrään

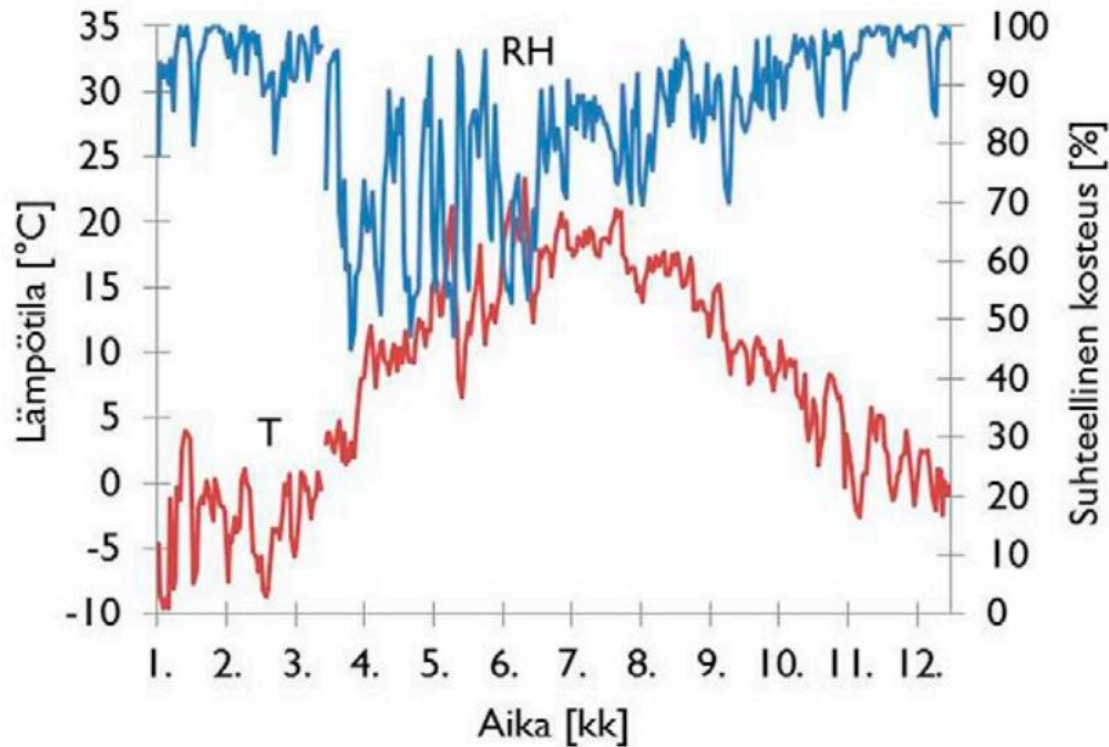


Rakennuksen käyttö normaalissa käytössä (mm. henkilökuorma ja ilmanvaihto)

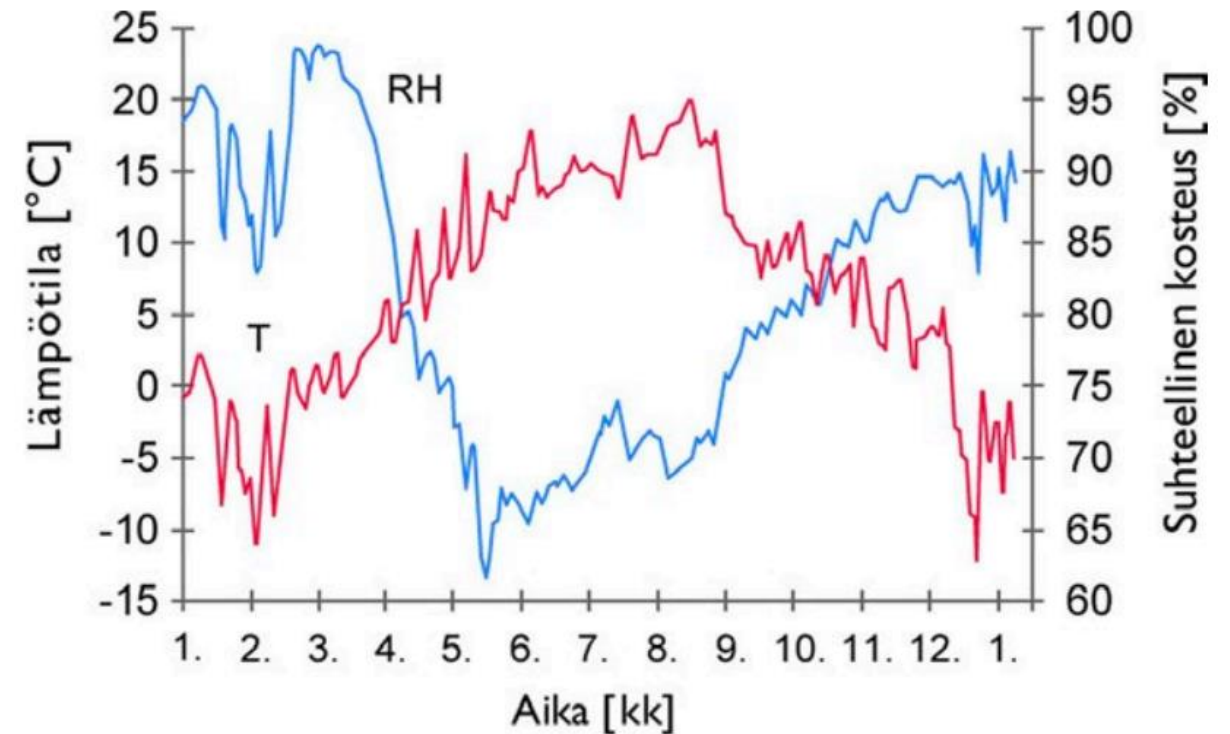
Vuodenajan ja vuorokauden ajankohdan huomiointi

Pidempi mittausjakso on luotettavampi

- Lyhin mittausjakso on 1 vrk (vuorokauden vaatimukset)
- Luotettavampi on 1-2 vk
- Tarvittaessa useita mittauksia eri vuodenaikoina



Kuva 2.3. Esimerkki ulkoilman olosuhteiden vaihtelusta vuoden aikana pääkaupunkiseudulla meren läheisyydessä sijaitsevassa mittauspaikassa. Kuva: Vahanen Oy.



Kuva 2.4. Perusmuurin ja alapohjarakenteen liitoskohdan lämpötila ja suhteellinen kosteus vuoden mittausjaksolla. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Kuva: Ympäristöministeriö 1997a.



Talvella ulko-olosuhteissa pienempää vaihtelua ja matalampi lämpötila

→ luotettavampi mitata rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknistä käyttäytymistä

→ Helpompi analysoida tuloksia

Vuodenajan merkitys mittausajankohdan valintaan jos kosteusvaurion syy on:

- diffuusiolla siirtyvä kosteus tai kosteuskonvektio
 - > mittaus kylmä kausi
- kapillaarisesti rakennuspohjasta siirtyvä vesi,
 - > kun pohjavedenpinta on korkeimmillaan
 - ajankohta riippuu sade- ja kuivan ajanjakson ajoittumisesta
- painovoimalla siirtyvä vesi
 - > lämmin vuodenaika ja sadejakso sekä perustus ja kellarirakenteiden osalta maan sulamisvaihe
- äkillinen vesivahinko
 - > vuodenajalla ei ole merkitystä vaan tutkimus on suoritettava viipymättä



- Todennäköinen vauriomekanismi
- Optimaalinen ajanjakso vs ei optimaalinen -> mittausjakson kesto (kaikkea ei voi kompensoida mm. talviolosuheet)
- Kosteuden muutoksien nopeus esim. massiivisissa rakenteissa kosteusmuutokset hitaita -> mittausjakso voi olla lyhyempi
- Kevyissä rakenteissa -> mittausjakso riittävän pitkä
- Paine-erojen vaihtelut vuorokausitasolla voivat vaihdella merkittävästi-> mittausjakso riittävän pitkä, normaalissa käytössä ja kuormituksessa, esim. 2 viikkoa.

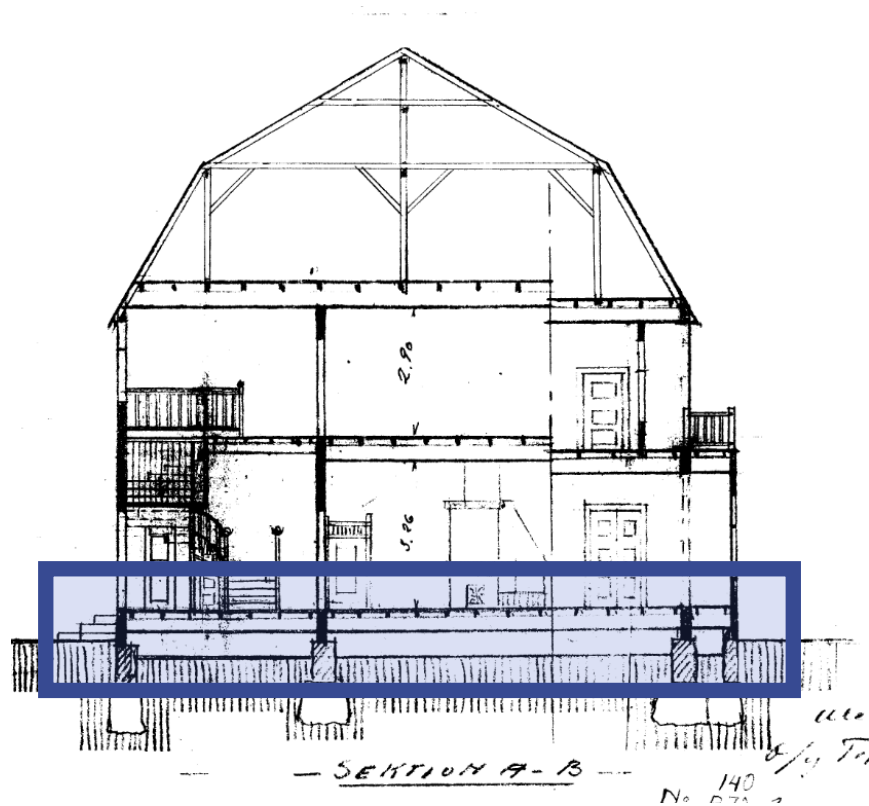
- Tutkimusmenetelmiä usein yhdistetään jotta saadaan ongelma selville

Esimerkkejä

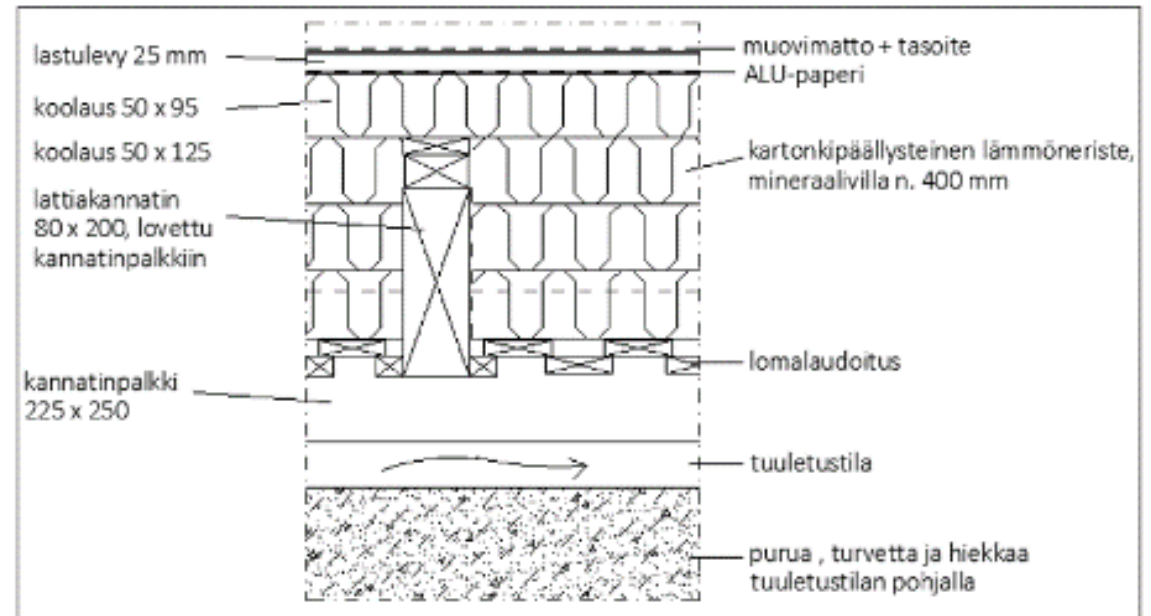


Tutkimusmenetelmät korjausrakentamisessa -opintojakso
Niko Tolvanen, Savonia amk

Tutkimusmenetelmät valitaan rakenneratkaisujen mukaan



Kuva: Sitowise



Kuva: Sitowise, kuntotutkimukset

Esimerkki – alapohjan tutkiminen

Selvitetään lähtötiedot (mm. piirustukset, aikaisemmat tutkimukset, korjaushistoria jne.)

Tutustumiskäynti (aistinvarainen)

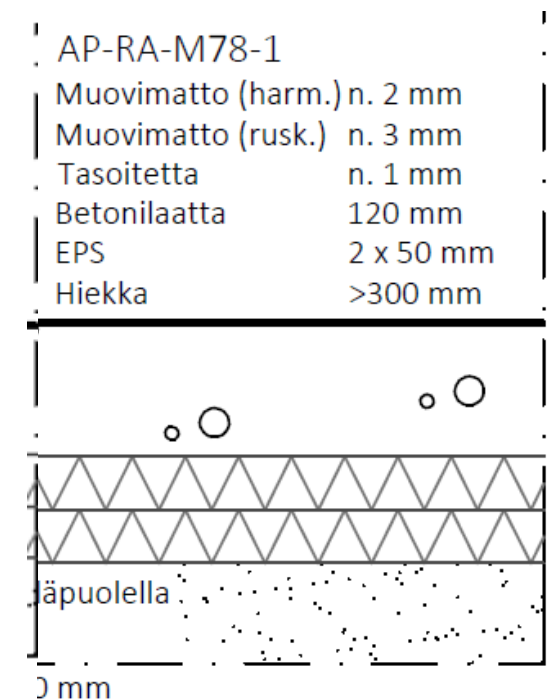
Tutkimussuunnitelma

Pintakosteuskartoitus koko alapohjaan

Ilmavuotojen ja tiiveyden tutkimuksia

Rakenneavauksia eri kohtaan alapohjaa (esim. ulko- ja väliseinien lähettyvyyteen ja keskialueille, pilarit huomiointi jne.)

Rakennekosteusmittaukset (rakenneratkaisun huomiointi, mittaussyvyyksien suunnittelu ja kentällä tarkastus ja päivitys)



Kuva: Sitowise

Esimerkki – alapohjan tutkiminen

Ulkopuolisten kuivatusrakenteiden huomiointi, esim:

- Salaojien toimivuus
 - Tarkastuskaivot
 - Korko
 - Putkien kunto
 - Putkien ympäröivä täyttömateriaali ja suodatinkangas
- Sadevesien ohjaus (katto- ja pintavedet)
- Maanpinnan kallistukset (yleensä jo aistinvaraisissa)
- Perumuurilevyt ja vedeneristeet
- Tarvittaessa maanäytteitä



Kuva: Sitowise NTO



Kuva: Sitowise NTO

Esimerkki – lisäksi muita rakenteita mm. US

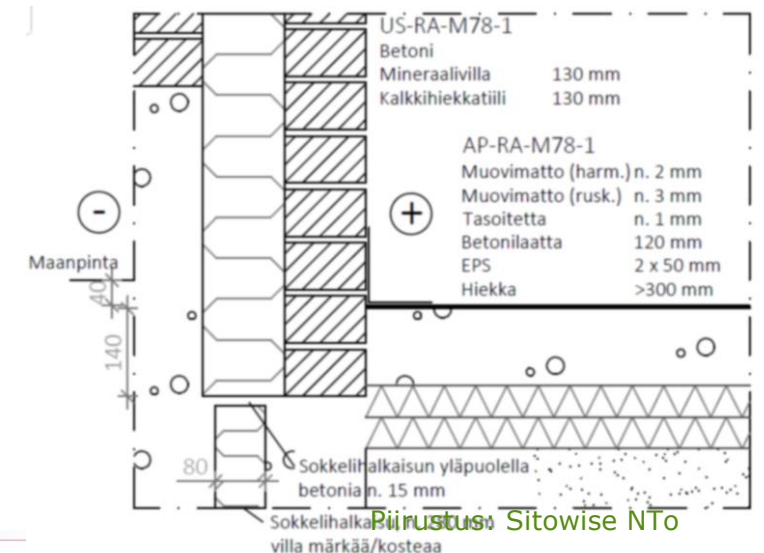
Saadaan parempi kokonaiskäsitely mahd. ongelmista
Kalliimpi, mutta tehokkaampi
Lähtötietojen selvitys suhteessa nopeampi /
rakennusosa

Pintakosteuskartoitus, samalla kierroksella lisäksi
mm. US alaosat, kellarin ulkoseinä jne.

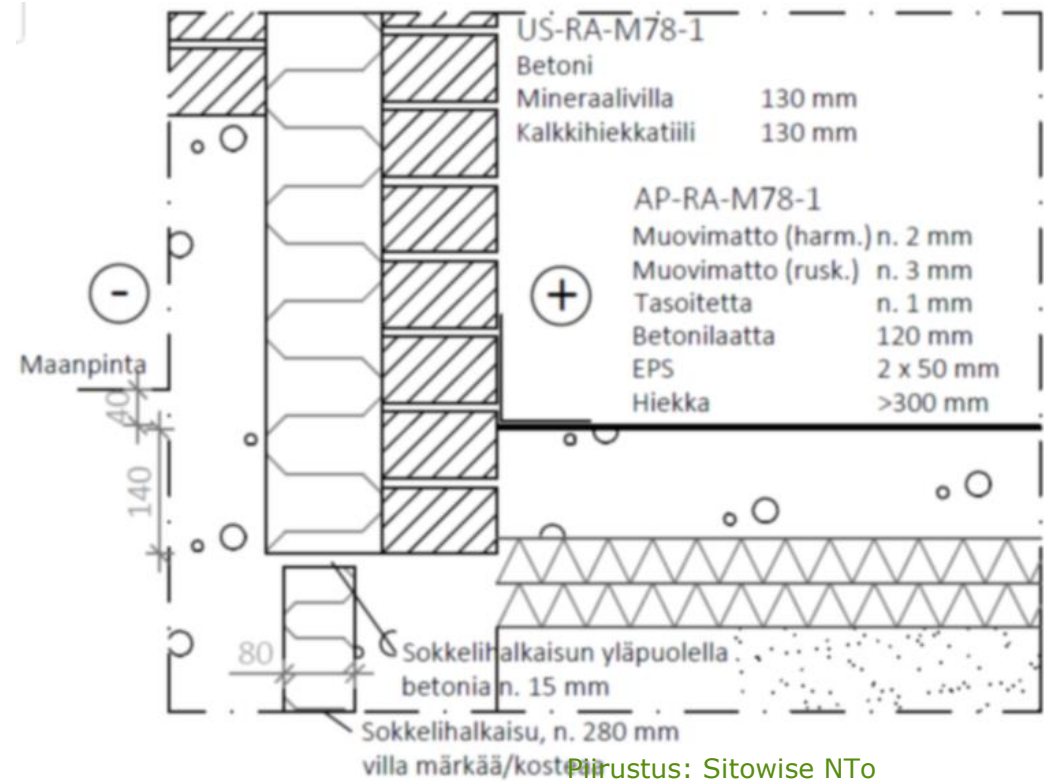
Rakenneavauksia US-AP liittymiin

Rakennekosteusmittauksia lisäksi mm. ulkoseinän
alaosaan

Esim. sisäilman olosuhdemittaukset ja paine-
eromittaukset palvelevat molempien rakennneosien
tutkimuksia



Esimerkki – alapohjan tutkiminen



Laaditaan kirjallinen tutkimusselostus, jossa esitetään mm.:

- Tutkimus- ja mittaustulokset
- Johtopäätökset
- Jatkotoimenpide-ehdotukset
 - Jatkotutkimustarpeet
 - Korjaustarpeet

Ohjeellinen sisältö

1. Kansilehti
2. Tiivistelmä (laajemmissa selvityksissä)
3. Sisällysluettelo (laajemmissa selvityksissä)
4. Yleistiedot
5. Kohteen yleiskuvaus
6. Lähtötiedot
7. Tutkimusmenetelmät
8. Rakenneteknisten tutkimusten tulokset ja tulosten tarkastelu
9. Ilmanvaihto- /LVI-järjestelmien tutkimusten tulokset ja tulosten tarkastelu
10. Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaustulokset ja tulosten tarkastelu
11. Muiden selvitysten tulokset ja tulosten tarkastelu
12. Yhteenveto tärkeimmistä suositeltavista toimenpiteistä
13. Päiväys ja allekirjoitukset
14. Liitteet

Raportoinnista – rakennetekniset tutkimustulokset

- Esitetään yleensä kunkin rakenneosan yhteydessä
- Yleensä esitetään kustakin rakennusosasta erikseen johtopäätökset ja jatkotoimenpide-ehdotukset
- Voi jaotella esim. talo-2000 –nimikkeistön mukaan

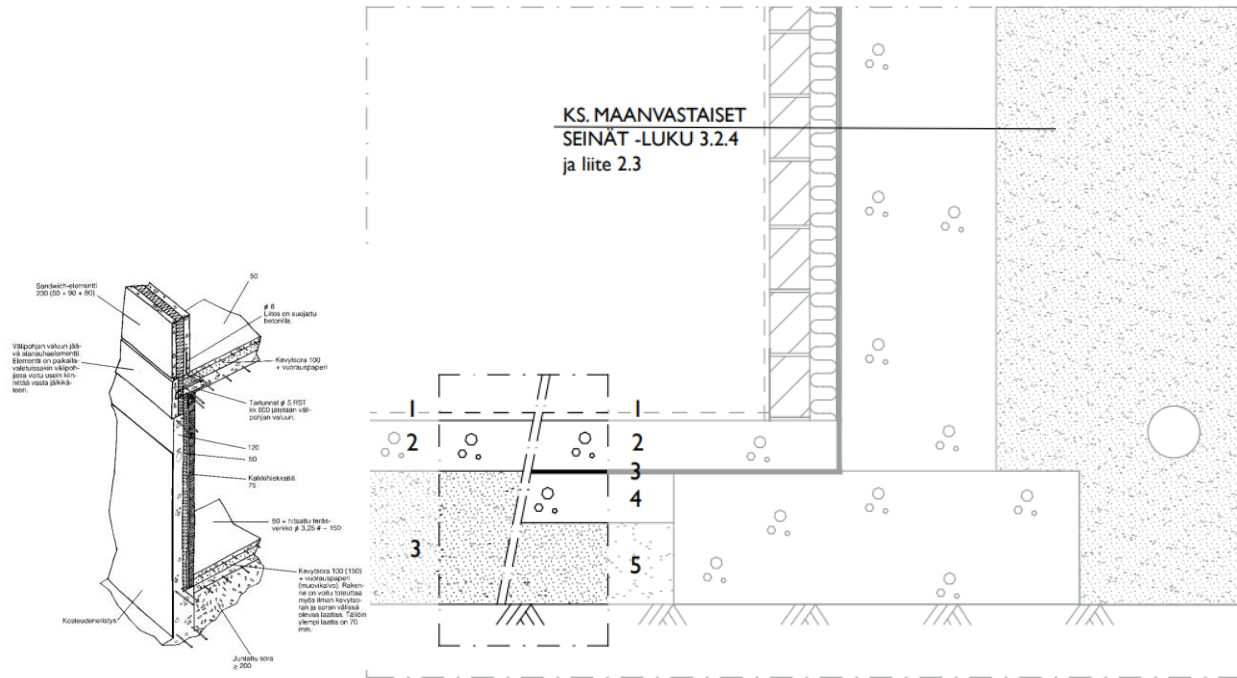
- Alussa esitetään rakenneratkaisut, niiden suunnitelmienmukaisuus ja poikkeamat suunnitelmista
- Sen jälkeen puutteet ja vauriot
- Avauksien sijainti on esitettävä esim. pohjapiirustukseen
- Pohjapiirustukseen on hyvä myös esittää merkittävimmät havainnot ja tutkimustulokset (mittaus, analyysi)
- Valokuvat tukemaan tekstiä

- Johtopäätöksissä esitetään tutkimustuloksiin ja lähtötietoihin perustuvat päätelmät eri puutteista, vaurioista ja vioista ja niiden syistä ja laajuudesta.
- Lisäksi esitetään riskiarvio niiden vaikutuksista mm. rakenteen tekniseen toimivuuteen ja sisäilman laatuun
- Johtopäätöksissä tulee kertoa selkeästi, mihin mittaustuloksiin tai havaintoihin johtopäätökset perustuvat
- Rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan liittyvät johtopäätökset perustellaan tarvittaessa rakennusfysikaalisin laskelmin
- Jos johtopäätöksiä ei voida perustella luotettavasti, tulee se mainita tutkimusselostuksessa
 - > Esitetään jatkotutkimuksia

Raportoinnista – Jatkotoimenpide-ehdotukset yleensä

- Jatkotutkimukset
- Vaihtoehtoiset korjaustavat
 - Ei ole tarkoitus laatia korjaussuunnitelmaa
 - Periaatteelliset ratkaisut, joilla varmistetaan rakenteiden moitteeton lämpö-, kosteus- ja virtaustekninen toiminta sekä rakenteen toimivuus sisäilman laadun kannalta
 - Esitettäessä useampia korjaustapavaihtoehtoja eritellään eri vaihtoehtojen epäonnistumisriskit
 - Jos epäonnistumisriski kuntotutkimuksen perusteella jää liian suureksi, tulee kuntotutkijan esittää jatkotutkimusehdotus korjauksen onnistumisen varmistamiseksi
- Tarkkuus riippuu kuntotutkijan korjausrakentamis- ja korjaussuunnittelukokemuksesta ja -pätevyydestä
- Lisäksi esitetään arvio eri korjausten ja toimenpiteiden kiireellisyydestä

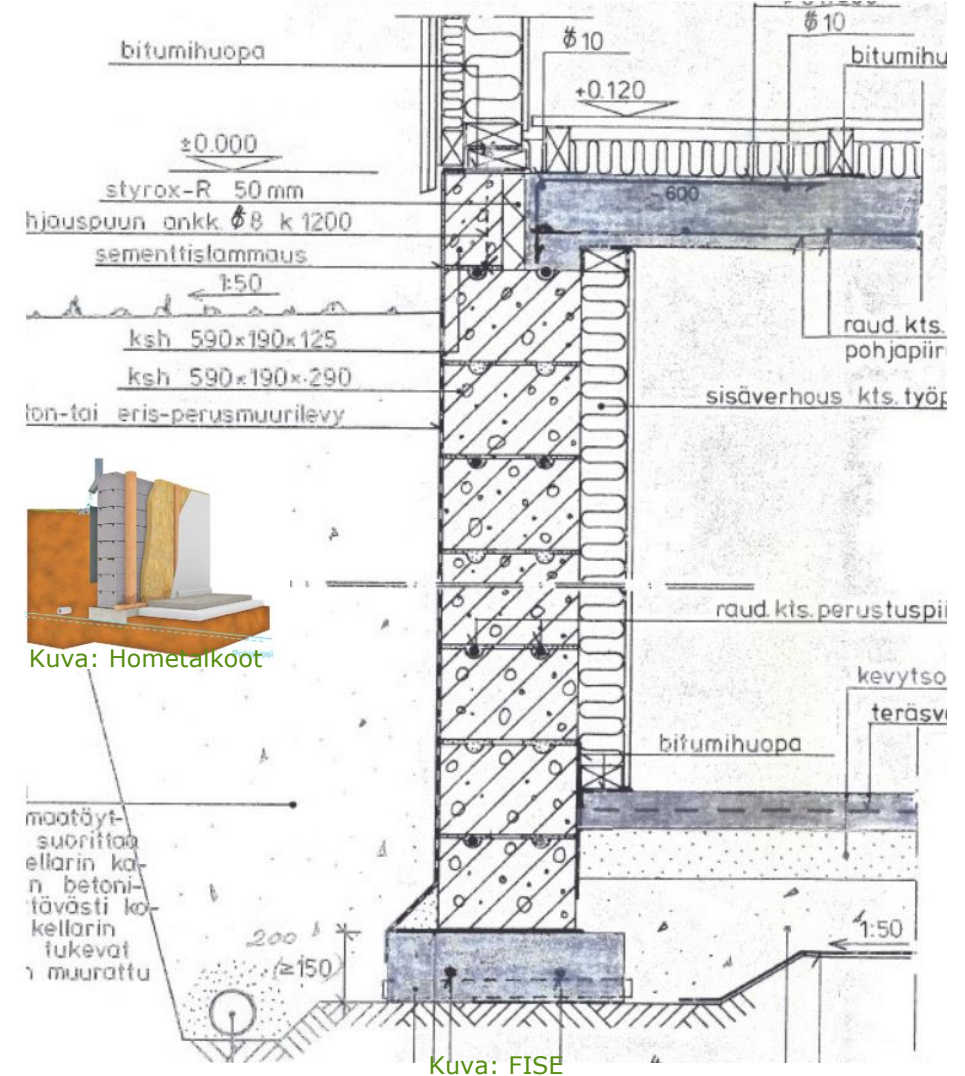
Esimerkki – riskirakenne

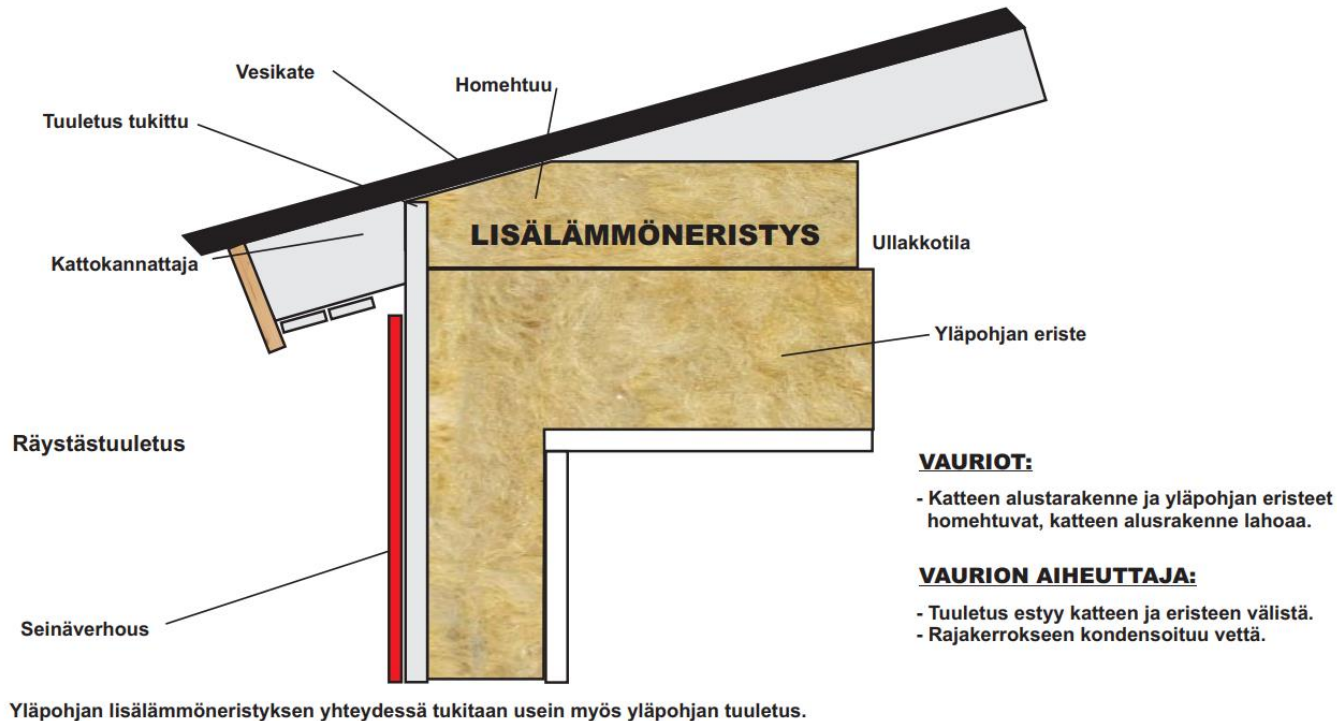


Eristämätön betonilaatta
1 Vanha lattiapinnoite
2 Vanha teräsbetonilaatta
3 Vanha alustäyttö

Bitumisivelyllä varustettu, halkaistu ja lämmöneristämätön betonilaatta
1 Vanha lattiapinnoite
2 Vanha teräsbetonilaatta
3 Vanha piki- tai bitumisively
4 Vanha teräsbetonilaatta
5 Vanha alustäyttö

Kuva: Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus





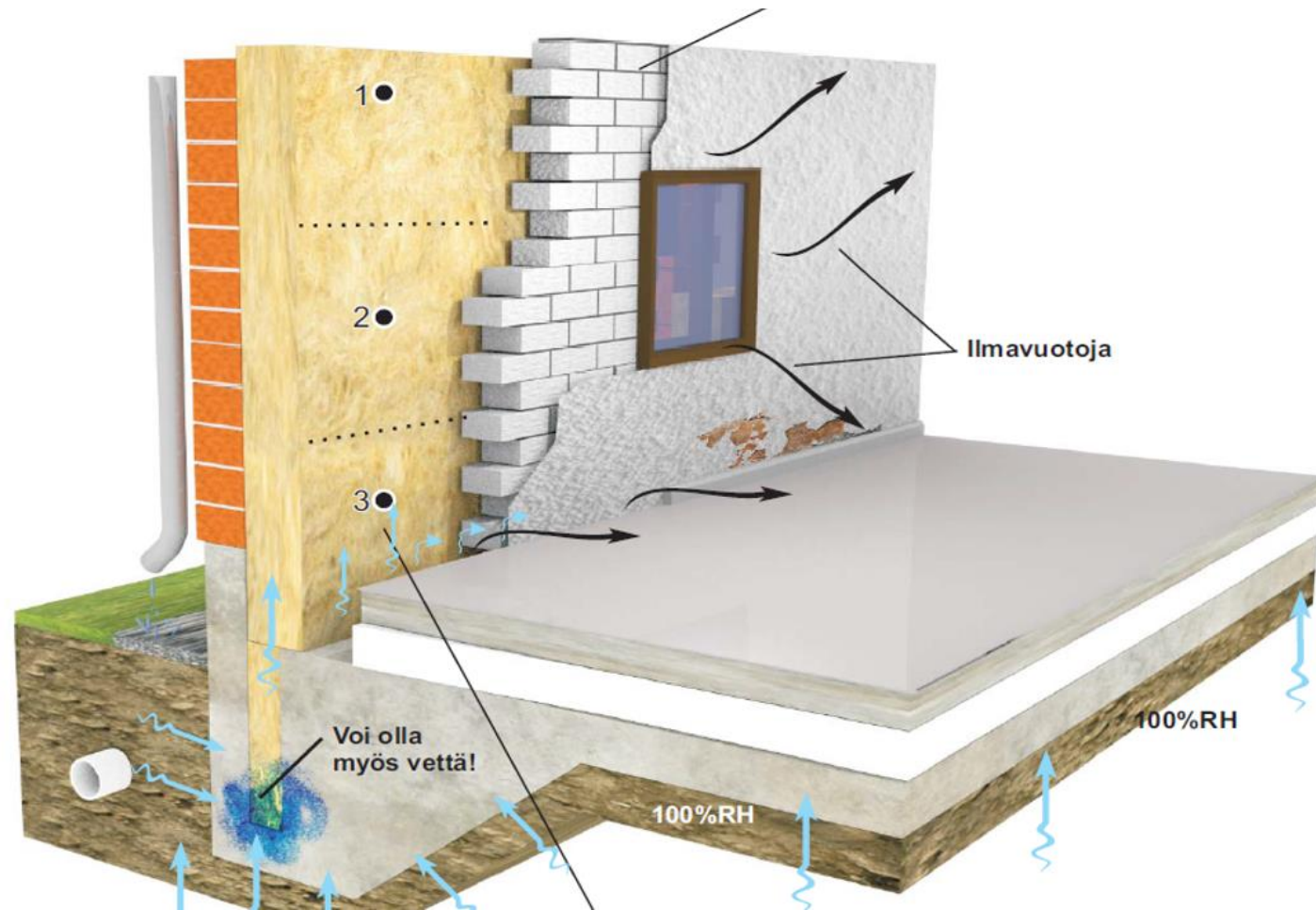
Tuuletuksen tukkiminen voi aiheuttaa kuuran ja jään muodostumista kattorakenteisiin. Ilman lämmitessä jää ja kuura sulaa ja kastelee rakenteet ja voi aiheuttaa homehtumisen yläpohjaan ja kattorakenteisiin.

KUNTOTUTKIMUS:

- Valokuvaamalla
- Tarvittaessa mikrobinäytteenotto vesikatton ja yläpohjan rakenteista.

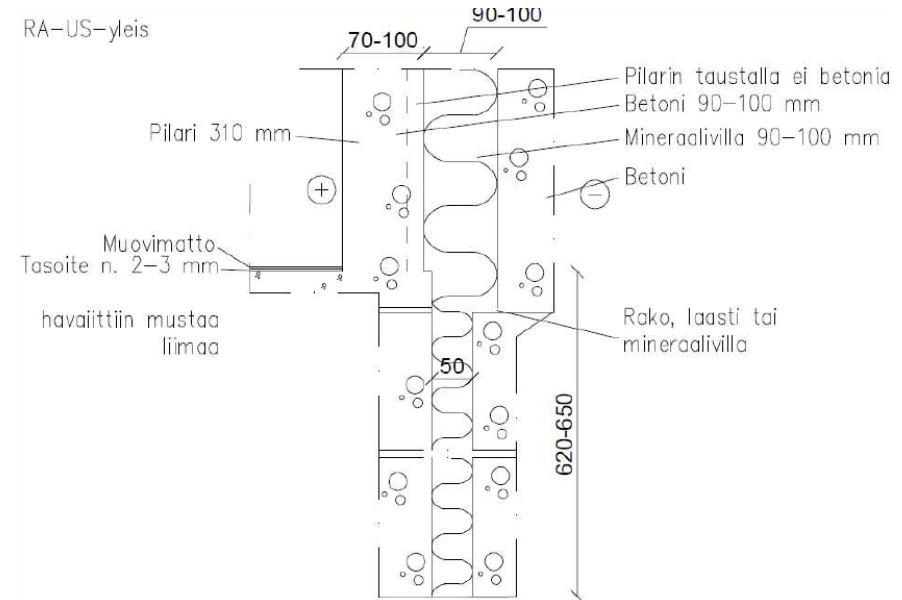
Lähde: Hometalkoot

Esimerkki – riskirakenne



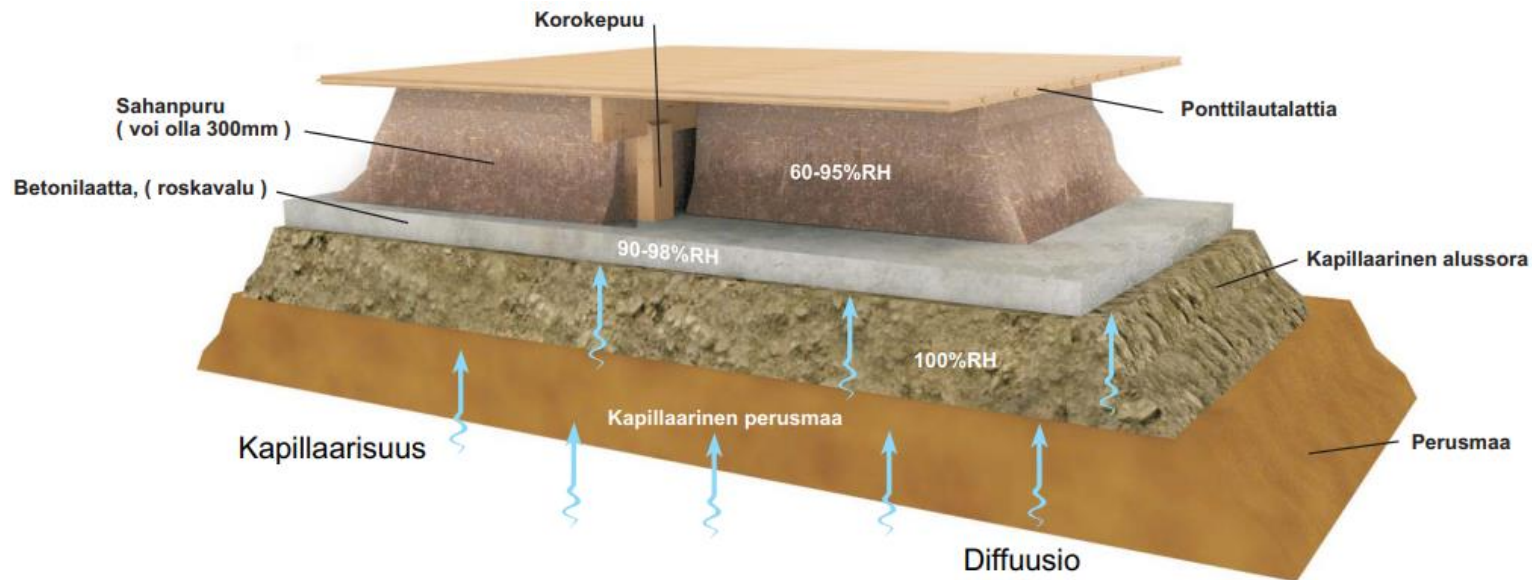
Lähde: Hometalkoot

Esimerkki – riskirakenne



Kuva: Sitowise

Esimerkki – riskirakenne



Lähde: Hometalkoot



Maali hilseilee, pinnat ja muovimaton tausta homehtuu

Lähde: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Sitowisellä tehdyt omat kuntotutkimukset

Työterveyslaitos TTL

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöministeriö

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, Ympäristöministeriö

Sisäilmayhdistys

Terveet tilat 2028



SAVONIA
AMMATTIKORKEAKOULU

Kiitos mielenkiinnosta

Niko Tolvanen
niko.tolvanen@savonia.fi
Savonia amk

www.savonia.fi