



Muurattujen ja rapattujen rakenteiden kuntotutkijan pätevyys

Osa 7: Tulosten analysointi ja johtopäätökset

14.11.2024, Toni Pakkala

Analyysin periaatteet

- Kootaan yhteen kaikki havainnot ja mittaukset
 - Havaintoja on suunnitelmista, kenttätutkimuksista ja laboratoriotutkimuksista sekä erilaisista mittauksista
- Arvotetaan eri havainnot ja mittaukset
 - Pitää arvioida mittausten ja havaintojen luotettavuutta sekä edustavuutta
 - Jokaisen asiantuntijan tulee päätyä samaan lopputulokseen samalla aineistolla
- Arvioidaan korjaustarve ja ajankohta
 - Korjaustarve arvioidaan vaurioitumisen asteen ja laajuuden perusteella
 - Korjausajankohtaan vaikuttavat mm. korjaustapa sekä mahdolliset liittyvät korjaukset
 - Korjaustavan valintaa vaikuttaa tutkijan subjektiivinen käsitys eri korjaustapojen soveltuvuudesta, voi siis olla paljon eroja eri kuntotutkijoiden välillä
- **Esitetään tarvittavat toimenpiteet raportissa selkeästi!**

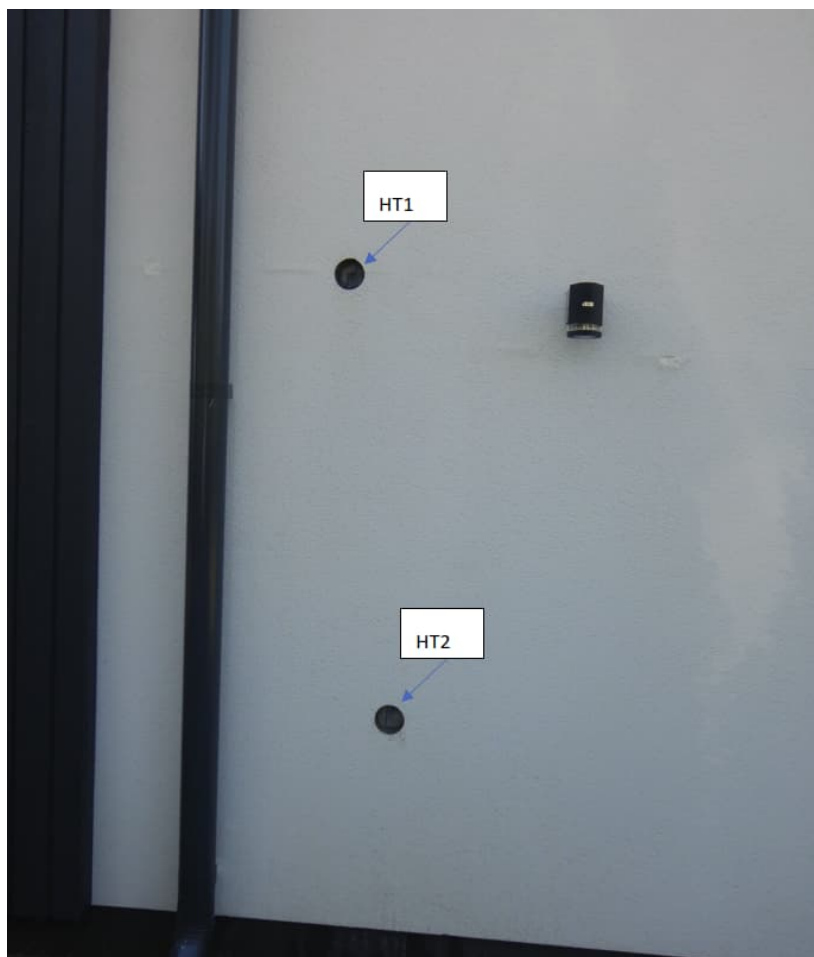
Analyysin periaatteet

- Analyysia tehdessä tulee muistaa kuntotutkimuksen tavoitteet eli selvittää luotettavasti rakenteen
 - kunto
 - vaurioitumisen laajuus ja aste
 - arvio vaurioitumisen etenemisestä tulevaisuudessa
 - korjaustarve
- Analyysin tulee aina sisältää arvio vaurioiden vaikutuksesta rakennuksen käyttäjien ja muiden ihmisten turvallisuuteen
- Analyysia tehdessä tulee tuntea tutkimusmenetelmät sekä niiden kattavuus
 - laaja vs. pistemäinen
 - karkea vs. tarkka
- Analyysia tehdessä tulee tuntea myös mahdolliset korjaus- ja suojaustavat sekä niiden vaikutukset
 - vaurioiden syntymiseen
 - vaurioiden etenemiseen
- **Mittaukset perustuvat aina otoksiin -> tutkimukseen sisältyy aina epävarmuutta!**
- Hajonta voi olla suurta -> analyysi tehtävä ns. varmalle puolelle

Analyysin läpivieminen

- Tuloksia analysoitaessa tarkastellaan yhtä rakennetyyppiä ja yhtä tätä koskevaa potentiaalista vauriotapaa kerrallaan
- Analyysissä kerätään kaikki rakennetyypin vauriotapaa kuvaavat tiedot ja viitteet yhteen, ja arvioidaan niiden perusteella
 - vauriotavan olemassaoloa
 - vauriotavan laajuutta (paikallinen, laaja-alainen)
 - vaurioiden sijaintia (erit. kantavuuden kannalta kriittiset osat)
 - vaurioastetta (alkava, pitkälle edennyt tms.)
 - vaurioiden syitä (esimerkiksi kosteusolosuhteet, materiaalivalinnat)
 - vaurioiden vaikutuksia (turvallisuus, korjattavuus)
 - vaurioiden etenemistä (kiihtyvä, hidastuva tms.)
- Jos tiedot ovat ristiriidassa, tulee arvioida eri tietojen painoarvoa ja luotettavuutta

Analyysin läpivieminen



Kuva 6. Halkeaman kohdalta otetussa näytteessä HT1 halkeaman taustalla on kuorikiven vaakasauma.



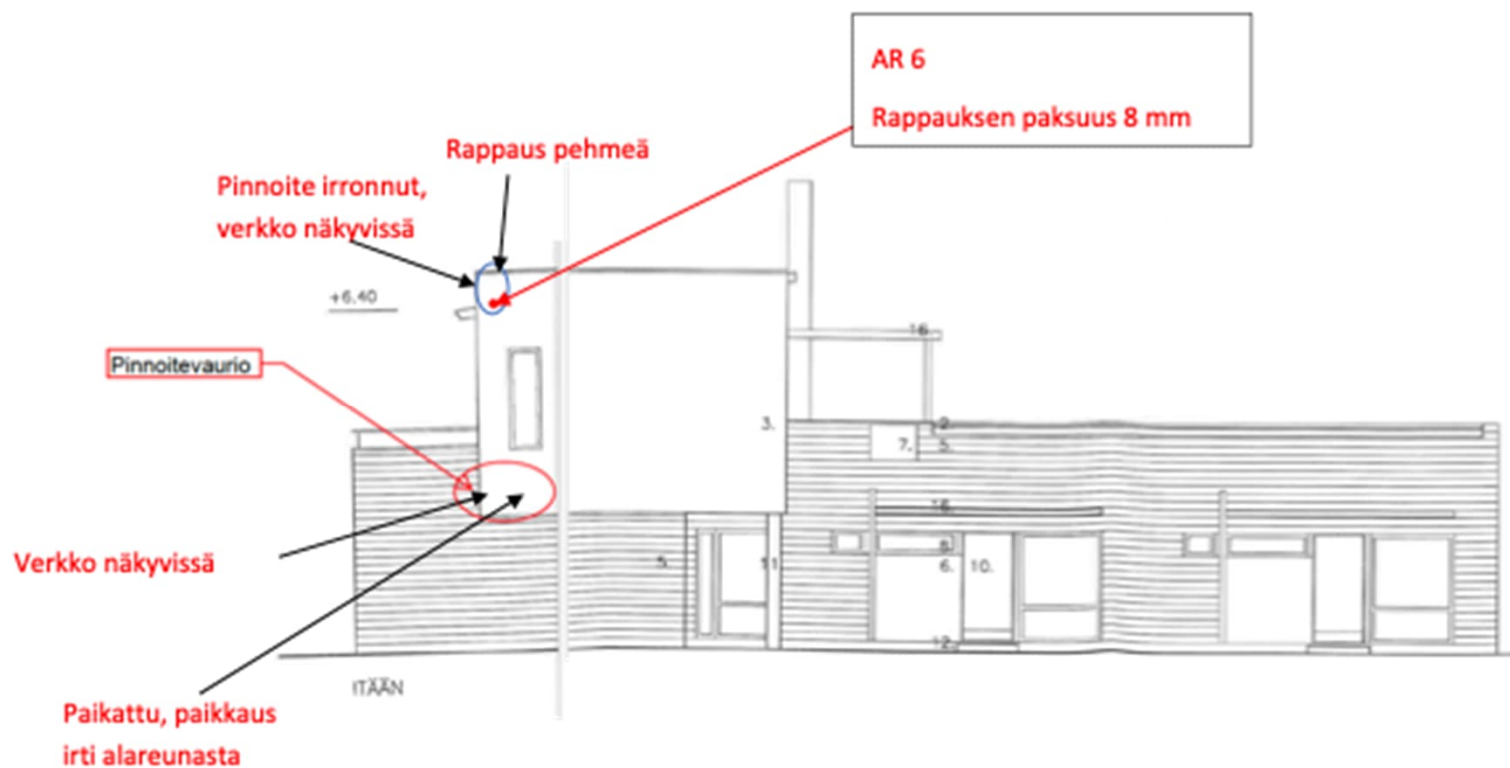
Kuva 7. Myös näytteen HT2 taustalla on kuorikiven vaakasauma, mutta pinnassa ei ole näkyvää halkeamaa tai pullistumaa.

Rappauskerrokset:	Verkotuslaastin paksuus on näytteessä HT1 2,0...2,7 mm ja näytteessä HT2 3,0...3,5 mm. Verkon sijainti on molemmissa näytteissä 1,0 mm verkotuslaastin sisäpinnasta. Verkon silmäkoko on molemmissa näytteissä arviolta 6x6. Molempien näytteiden pinnoite- ja primerikerroksen paksuus vaihtelee välillä 0,5...1,8 mm ollen keskimäärin n. 1,2 mm. Rappauskerrosten yhteenlaskettu paksuus on näytteessä HT1 3,0...4,0 mm ja näytteessä HT2 3,0...5,0 mm. Viistotun pystysauman kohdalla verkotuslaastia on painunut pystysaumaan noin 3 mm:n syvyydelle.
Aistinvaraisesti havaittavat vauriot:	Näytteessä HT1 on rappauskerroksen läpäisevä halkeama kuorikiven vaakasauman kohdalla. Rappaus on irronnut taustastaan (kopo) kyseisen halkeaman kohdalla ja reunoilla. Näytteessä HT2 on havaittavissa rappauksen vähäistä taustastaan irtoamista vaakasauman läheisyydessä.

Näytteiden ohuthieanalyysin tuloksista on tehty seuraavat rappauksen koostumukseen tai vaurioitumiseen liittyvät havainnot:

- Näytteiden laastit ovat kivi- ja sideaineksen osalta koostumukseltaan arviolta keskenään samankaltaisia, mutta huokosrakenteeltaan ja kuitujen osalta toisistaan poikkeavia. Rappauskerroksien tarkempi koostumus selvii tämän lausunnon liitteenä olevasta ohuthietutkimusraportista.
- Näyte HT1 eroaa laadultaan näytteestä HT2 jonkin verran, sillä ensin mainitun näytteen laastin laadussa on merkittäviä puutteita ja jälkimmäisessä vähäisiä puutteita.
- Molemmissa näytteissä havaittiin halkeamia. Halkeamat ovat ohuthieanalyysin perusteella kovettuneessa vaiheessa muodostuneita ja sijoittuvat muurauskappaleiden vaakasauman kohdalle.
 - Näytteessä HT1 halkeama läpäisee kaikki laastikerrokset. Halkeama levenee ulkopintaa kohti, mikä ohuthieraportin mukaan viittaa siihen, että halkeama on alkanut ulkopinnasta. Todennäköisimmin halkeaman leveneminen ulospäin on kuitenkin seurausta halkeaman kohdan pullistumasta, mikä on aiheuttanut rappauskerroksen taipumista ja siten halkeaman avautumisen.
 - Näytteessä HT2 <0,04 mm:n levyinen halkeama ulottuu laastikerrosten taustapinnasta aina uloimpaan pinnoitekerrokseen asti, mutta ei avaudu pintaan asti.
- Näytteiden kiviaines ja sideaines ovat pääosin normaaleja. Näytteessä HT1 on vain yksittäisiä kuituja, näytteessä HT2 puolestaan normaali määrä.
- Näytteiden huokosjakauman perusteella näytteiden laasti on arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Näytteen HT1 huokosten muoto on häiriintynyt, mutta jakauma on pääosin tasainen.

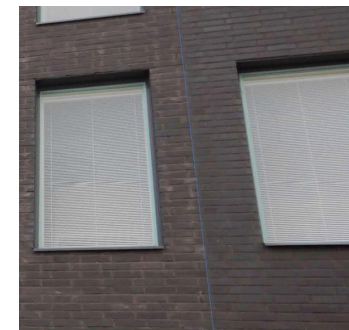
Analyysin läpivieminen



Analyysin läpivieminen

- Vauriutilanneanalyysin perusteella tehdään johtopäätös siitä, miten vauriotapa vaikuttaa rakennetyypin
 - turvallisuuteen
 - muiden ominaisuuksien heikkenemiseen
 - korjaustarpeeseen (ajankohta, laajuus)
 - käytettävissä oleviin korjaustapoihin (vaihtoehtoisten tapojen tekninen soveltuvuus ja toteutusajankohta)
- Tärkeimmät vauriotavat, joihin analyysissä on syytä keskittyä, ovat
 - rakenteellinen toimivuus
 - kiinnitysten ja kannatusten sekä muiden vastaavien rakenneosien vauriot
 - materiaalien rapautuminen
 - rakenteiden kosteustekninen toimivuus
- Korjattavuutta arvioitaessa aina suositeltavaa ottaa kantaa kosteusrasitustasoon ja sen alentamismahdollisuuksiin

Analyysin läpivieminen



Paikkakorjattavat alueet

Julkisivu luoteeseen



Havainnot vs. korjaustarve

Korjattavuuden analysointi

- Usein yksittäinen vauriotapa on määräävä -> muu vauriotilanne voi olla merkityksetön
- Korjattavuutta voidaan arvioida seuraavassa järjestyksessä:
 1. voidaanko rakenne säilyttää vai joudutaanko se purkamaan joko kokonaan tai osittain
 2. onko vauriotilanteen vuoksi valittava ns. peittävä korjaus
 3. voidaanko rakenne korjata ulkonäkö säilyttäen
 4. ei korjata lainkaan eli käytetään rakenne ns. loppuun
- Yllä esitetyt pohjautuvat tekniseen pohdintaan, korjattavuuteen vaikuttavat myös mm.
 - taloudelliset tekijät
 - arkkitehtuuri
 - viranomaismääräykset (suojaus jne.)

Korjattavuuden analysointi

- Purkamiseen voivat johtaa lähinnä seuraavat seikat:
 - rakenteen kiinnitykset tai kantavuus heikentyneet merkittävästi, ja lisäkiinnittäminen tai tuenta ei mahdollista tai muuten mielekäästä
 - muurauksessa niin laajaa ja pitkälle edennyttä rapautumaa, ettei vanha tiilirakenne kelpaa korjatun rakenteen osaksi
 - rappauksessa on niin laajoja vaurioituneita alueita, että paikkauskorjaus ei ole enää taloudellisesti mielekäs
 - ulkoseinän kosteus- ja mikrobivaurio etenkin, jos mikrobien kulkua sisätiloihin ei pystytä estämään

Korjattavuuden analysointi

- Peittävään korjaukseen johtavat yleensä seuraavat tekijät
 - rakenneosia joudutaan lisäkiinnittämään tai tukemaan, eikä kiinnittämistä voida toteuttaa ulkonäkösyistä ilman pinnan verhoilemista
 - näkyviä tiilipinnan tai rappauksen vaurioita on syntynyt tai on syntymässä niin runsaasti, että paikkauskorjaus ei ole enää taloudellisesti mielekäs
 - rakenteissa on sellaista pakkasrapautumaa, että rakenteen lujuus on jo selkeästi alentunut, rakenteessa on haitallisen suuria muodonmuutoksia (dynaamista halkeilua) tai vaurioita ei pystytä enää pysäyttämään muulla tavoin

Korjattavuuden analysointi

- Ulkonäön säilyttävän korjauksen edellytyksenä on yleensä
 - rakenteen kiinnitys ja kantavuus ovat kunnossa
 - tiilissä tai rappauksessa ei ole pakkasrapautumaa tai rapautuma on alueellista ja voidaan soveltaa rasiustason alentamista ja ns. suojaavien pinnoitteiden yhteisvaikutusta
- Ei korjata –vaihtoehdon syynä on yleensä
 - rakenteessa on vaurioita, jotka johtavat selkeästi perusteelliseen korjaukseen, mutta rakenne on vielä esteettisesti hyväksyttävissä eikä rakenteen vaurioituminen aiheuta turvallisuusriskejä
 - rasiustason alentaminen silti suositeltavaa
 - (taloudelliset tekijät, jääräpäisyys...)

Korjattavuuden analysointi

- Jos on useita teknisesti soveltuvia korjausvaihtoehtoja, tulee valinnan vahvistamiseksi arvioida
 - hidastaako korjaus riittävästi vaurioiden etenemistä?
 - voiko korjaus saavuttaa riittävän pitkän käyttöiän, kun alustana on tutkittava (mahdollisesti vaurioitunut) rakenne?
 - poistaako korjaus vaurioiden jo aiheuttamat haitat (turvallisuus, terveellisyys, ulkonäkö, muut)?
 - voidaanko korjaustapaan mahdollisesti liittyvät riskit ja epävarmuustekijät hyväksyä?
 - onko korjaustapa arkkitehtonisesti mahdollinen?
 - onko korjaustapa taloudellisesti mielekäs tai tilaajan rahoituspuitteisiin nähden mahdollinen?
- Rakennetyyppikohtaisen arvioinnin jälkeen tarkastellaan rakennetyyppien muodostamia kokonaisuuksia (esim. vaipparakenteet)
 - korjausmahdollisuudet riippuvat usein toisistaan!

Pakkasrapautumisen analysointi

- Pakkasrapautumisen analysoinnin taustatiedoiksi
 - määritetään vaurioiden laajuustieto aistinvaraisen tarkastuksen ja koputtelun perusteella
 - määritetään rakenteen säilyvyysominaisuudet ja pakkasenkestävyys materiaalien laboratorioanalyysien avulla
 - määritetään pinnoitteen tyyppi sekä
 - määritetään rakenteen rasiustaso ja vaurioitumiselle alttiimmat julkisivun kohdat perustuen suunnitelma-asiakirjoihin ja aistinvaraiseen tarkastukseen kohteella

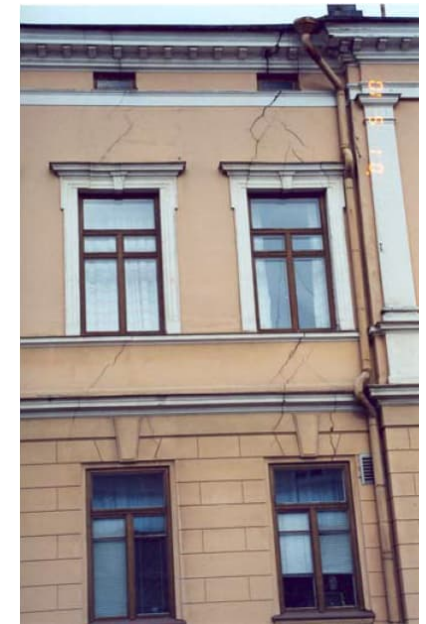
Pakkasrapautumisen analysointi

- Analyysissä keskitytään selvittämään seuraavat kysymykset:
 - Mitkä tekijät ovat aiheuttaneet rapautumista?
 - rakenteelliset ominaisuudet, rasiustaso ja/vai materiaalien ominaisuudet?
 - Onko rapautuminen alkavaa tai pitkälle edennyttä?
 - Miten laajasti ja syväälle rakenteen sisällä rapautuminen on edennyt (laastikerrokset, alusrakenne)?
 - Mikä on rapautuman tyypillinen sijainti?
 - Miten rapautuminen vaikuttaa rakenteen toimintaan, turvallisuuteen ja korjausmahdollisuuksiin?
 - Miten pakkasrapautuminen etenee tulevaisuudessa?
 - Mihin tekijöihin vaikuttamalla voidaan parhaiten hidastaa/ehkäistä vaurioitumisen etenemistä?
- Korjausvaihtoehtojen tarkastelussa kiinnitetään huomiota kosteusrasitustason sekä siihen vaikuttaviin rakenteiden ominaisuuksiin, virheisiin ja vaurioihin



Rakenteellisen halkeilun analysointi

- Halkeilulla on ulkonäöllisen haitan lisäksi keskeinen vaikutus käyttöikään ja säilyvyyteen, koska se
 - mahdollistaa kosteuden pääsyn rakenteen sisään kiihdyttäen näin vaurioitumista paikallisesti
 - voi olla merkki rakenteen muodonmuutoksista, liikkeistä ja painumasta
- Kuntotutkimuksessa tulee pyrkiä selvittämään,
 - mikä on halkeilun syntysyy?
 - kutistuma?
 - rapautuminen?
 - alustan liikkeet tai painuma (onko halkeama ns. liikkuva)?
 - vaihtuva alusmateriaali (puuttuva liikuntasauva)?
 - mitkä ovat halkeilun vaikutukset julkisivun säilyvyyteen?
 - mitkä ovat soveltuvat korjaustavat halkeilun korjaamiseksi?



Rakenteellisen halkeilun analysointi

- Kovalle alustalle tehdyn rappauksen halkeamien vaikutusta esteettisyyteen sekä säilyvyyteen voi arvioida by 46 Rappauskirjan halkeiluluokituksen avulla
- Tarkastelu pinnan lämpötilan ollessa yli 0 °C
- Vähintään 3 x 3 m² -tarkastelualue
- Rakenteellisen halkeilun osalta on selvitettävä halkeilun syy sekä arvioitava vahvistus- ja tuentatarve ennen julkisivuverhouksessa esiintyvän halkeilun korjaamista
- Jos alustan/rungon vahvistusta ei tehdä, julkisivuverhouksen halkeilun uusiutumisen riski on suuri erityisesti, jos halkeamat ovat liikkuvia

		Rappausten halkeiluluokitus		
		Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Halkeaman leveys (mm)		0,05...0,1	0,2...0,3	0,4...0,5
Halkeaman pituus (mm)		≤ 1000	≤ 1000	≤ 500
Halkeamien esiintymistiheys (kpl/m ²)		≤ 1	≤ 1	≤ 0,2
Luokka 1		Vaaleat sileät rappaukset, joille asetetaan korkeat ulkonäkövaatimukset tai alustan kuivumista hidastavilla pinnoitteilla pinnoitettavat rappaukset. Mikäli rappaukselle halutaan asettaa erityisen korkea laatuvaatimus halkeilun suhteen, kaikkien rappauskerrosten tulee täyttää asetetut vaatimukset.		
Luokka 2		Rappauspinnan yleensä.		
Luokka 3		Karkeat roiskepintaiset rappaukset, joita ei käsitellä vettä hylkivillä tai alustan kuivumista hidastavilla pinnoitteilla.		

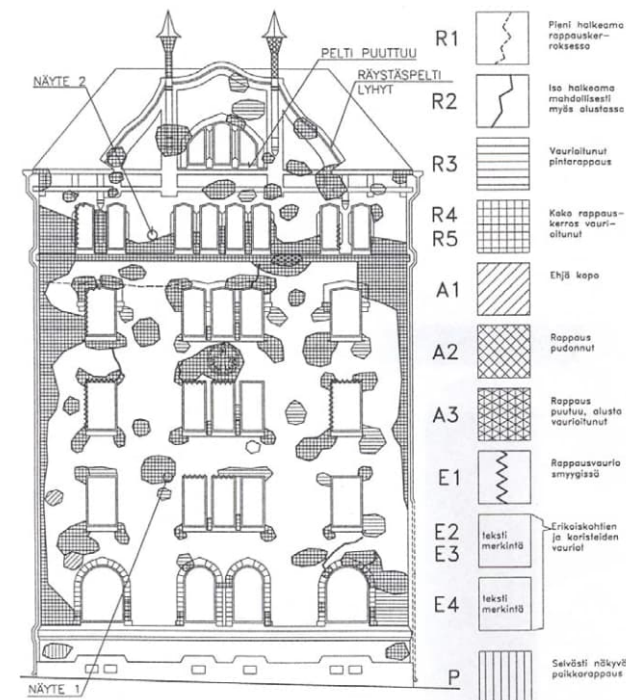
Raportointi

- Kootaan yhteen kaikki havainnot ja mittaukset
 - Havaintoja on suunnitelmista, kenttätutkimuksista ja laboratoriotutkimuksista sekä erilaisista mittauksista
- Arvotetaan eri havainnot ja mittaukset
 - Pitää arvioida mittausten ja havaintojen luotettavuutta sekä edustavuutta
 - Jokaisen asiantuntijan tulee päätyä samaan lopputulokseen samalla aineistolla
- Arvioidaan korjaustarve ja ajankohta
 - Korjaustarve arvioidaan vaurioitumisen asteen ja laajuuden perusteella
 - Korjausajankohtaan vaikuttavat mm. korjaustapa sekä mahdolliset liittyvät korjaukset
 - Korjaustavan valintaa vaikuttaa tutkijan subjektiivinen käsitys eri korjaustapojen soveltuvuudesta, voi siis olla paljon eroja eri kuntotutkijoiden välillä

Esitetään tarvittavat toimenpiteet raportissa selkeästi!

Raportointi






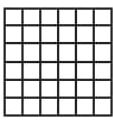

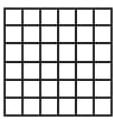


- 1) Tiivistelmä, jossa esitetään tutkimuksen keskeisimmät lopputulokset
- 2) Sisällysluettelo varustettuna sivunumeroin
- 3) Kohteen tunniste- ja yleistiedot
- 4) Tutkimuksen sovitut tavoitteet ja rajaukset
- 5) Tutkittujen vauriomekanismien lyhyt esittely
- 6) Kuntotutkimuksessa suoritettavat toimenpiteet ja käytetyt tutkimusmenetelmät
- 7) Havainnot ja mittaustulokset yms. sekä niiden tarkastelu
- 8) Johtopäätökset rakenteiden kunnosta
- 9) Turvallisuutta ja terveellisyyttä heikentävät tekijät
- 10) Kysymykseen tulevat toimenpidevaihtoehdot ja niiden tarkastelu
- 11) Lisä- ja jatkotutkimustarve (tarvittaessa)
- 12) Liitteet (vaurio- ja näytteenottokartta, laboratoriotutkimukset jne.)


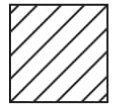

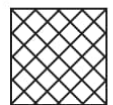

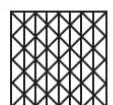
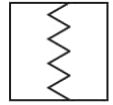
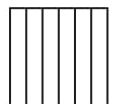


Piirustus- merkintöjä

LIITE 5

Piirustusmerkintöjä rappauksen eri vauriotyypeille.

Vauriotyyppi	Kuva	Piirustusmerkintä
Rappauskerrosten vauriot		
Halkeamat rappauskerroksessa		
Pintarappauksen hilseily tai paikalliset vauriot (kolot, irtoaminen tai rapautuminen)		
Rappauskerroksen lohkeilu (pinta- tai täyttörappaus)		
Rappauskerrosten rapautuminen		
Rappauksen ja alustarakenteen tai niiden tartunnan vauriot		
Halkeamat rappauskerroksessa ja alustarakenteessa		

Vauriotyyppi	Kuva	Piirustusmerkintä
Kopo (ehjä mutta taustastaan irtonainen rappaus)		
Pudonnut rappaus		
Rappauskerroksen irtoaminen ja alustan vaurioituminen		
Erityiskohtien vauriot yms.		
Pielirappauksen vauriot		
Kiinnitysten/kiinnikkeiden vauriot		TEKSTI
Liittyvien rakenteiden (parvekkeet, katokset jne) vauriot		TEKSTI
Koristeiden, listojen yms. vauriot		TEKSTI
Paikkarappaukset		

Kiitos!

toni.pakkala@tuni.fi

toni.pakkala@renovatek.fi

Väitöskirja: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1423-1>

www.julkisivuyhdistys.fi